

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
Facultad de Ciencias Económicas.
Departamento de Contabilidad y Finanzas.**



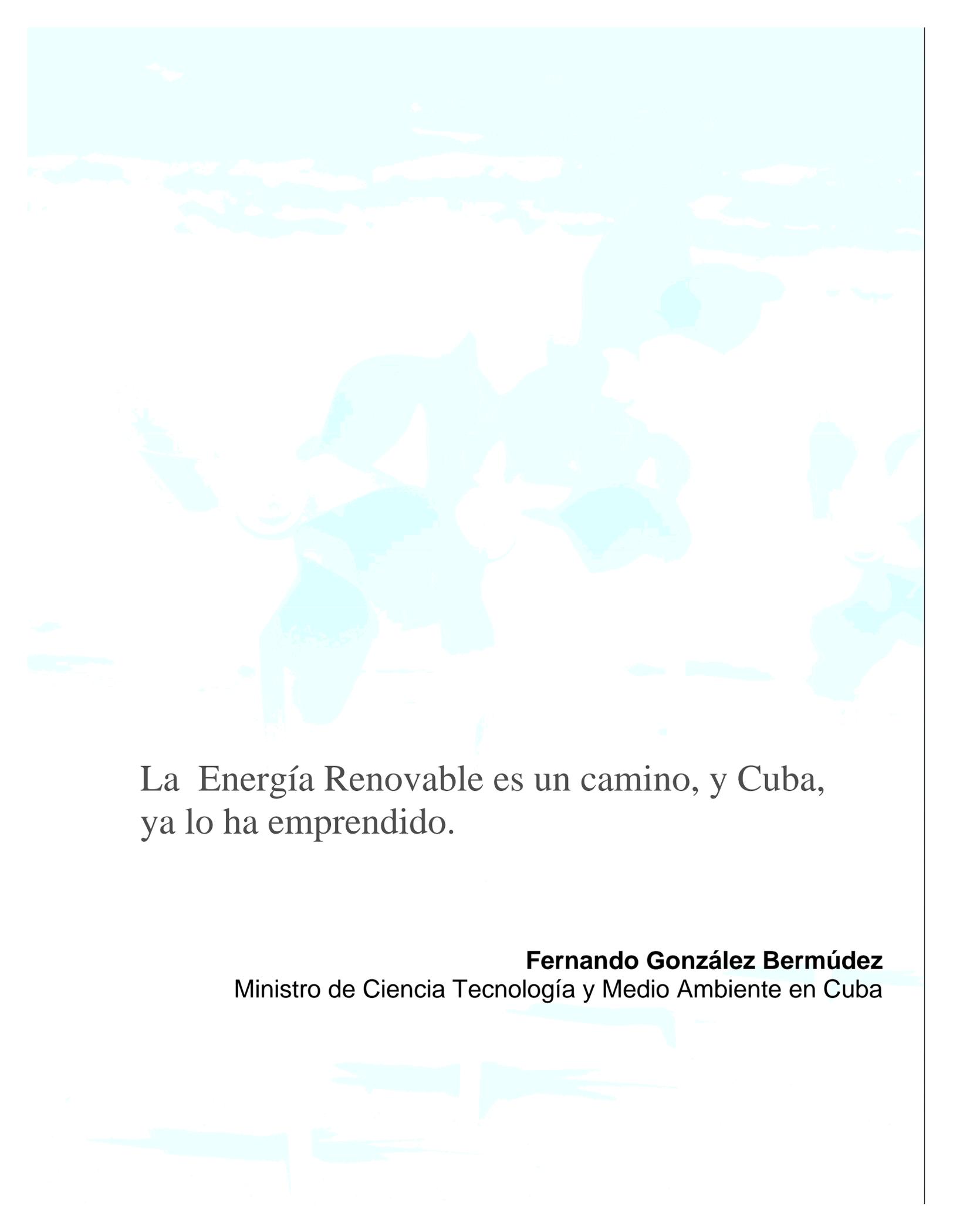
Trabajo de Diploma

**Propuesta de un Procedimiento para
el Análisis Técnico Económico de
Sistemas Híbridos de Generación de
Electricidad en Cuba.**

Autor: Abel Díaz Odales.

Tutor: MSc. Lianet Herrera González.

**Curso: 2006 – 2007
Santa Clara 2007**

A group of people, including children and adults, are gathered in a field. They are holding up a large, colorful map of Cuba, which is the central focus of the image. The map is held high, and the people are looking at it with interest. The background shows a grassy field and a clear sky.

La Energía Renovable es un camino, y Cuba,
ya lo ha emprendido.

Fernando González Bermúdez
Ministro de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente en Cuba



RESUMEN / SUMMARY

RESUMEN

El presente trabajo está enfocado a la problemática actual en la toma de decisiones para la ejecución de proyectos de energización rural, particularmente para aquellas comunidades cubanas, aún carentes del servicio eléctrico; partiendo de investigaciones anteriores desarrolladas en el Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), donde se presenta el uso de las energías renovables como una necesidad cubana. Esta investigación analiza aspectos relacionados con esta temática comenzando con una breve definición de las energías renovables que pueden ser aplicables a la electrificación rural, así como la revisión de algunos de los conceptos básicos de la teoría de los Modos de Vida Sostenibles. Además, se presenta la descripción de las alternativas posibles que se complementan de forma provechosa mediante técnicas de análisis multiobjetivo.

El objetivo principal de esta investigación es proponer un procedimiento que ayude a la toma de decisiones por parte de todo tipo de decidores, expertos y no expertos, en el tema de la electrificación rural, de tal forma que éstos tengan más herramientas y argumentos para hacer la toma final de sus decisiones en el campo de la energización rural.

SUMMARY

The present work is focused to the current problem in the taking of decisions for the execution of projects of rural energization, particularly for those Cuban communities, even lacking of the electric service; leaving east of previous investigations developed in the Center of Studies of Renewable Energy Technologies (CETER), where the use of the renewable energy is presented as a Cuban necessity. This investigation analyzes aspects related with this thematic one beginning with a brief definition of the renewable energy that you/they can be applicable to the rural electrification, as well as the revision of some of the basic concepts of the theory in the Sustainable Ways of Life. Also, the description of the possible alternatives is presented that are supplemented in a profitable way by means of technical of analysis of many objectives. The main objective of this investigation is to propose a procedure that helps to the taking of decisions on the part of all type of people that make the decisions, expert and non experts, in the topic of the rural electrification, in such a way that these have more tools and arguments to make the final taking of its decisions in the field of the rural energization.



Índice

NTRODUCCION	7
CAPITULO I: Estudio bibliográfico de los Sistemas Híbridos de generación de electricidad y su evaluación.	12
1.1 Energías Renovables y Energías Renovables No Convencionales.	13
1.2 Las energías renovables aplicables a la electrificación rural.....	14
1.3 El Desarrollo Rural y Sostenible.....	20
1.3.1 Desarrollo rural.	20
1.3.2 Desarrollo sostenible	23
1.4 Los modos de vida sostenibles.	23
1.5 Corrientes económicas que estudian la sostenibilidad económica y ecológica.	25
1.6 La electrificación rural y la energía renovable como alternativa eficiente y sustentable.....	29
1.6.1 Electrificación rural en Cuba.....	30
1.7 Conclusiones Parciales.....	33
CAPITULO II Propuesta del Procedimiento para la valoración técnico económico de Sistemas Híbridos de generación de electricidad.....	35
2.1 Introducción.....	36
2.2 Propuesta de un Procedimiento para la valoración de los Sistemas Híbridos de generación de electricidad	37
2.2.1 Desarrollar un estudio previo de la zona rural a electrificar	40
2.2.2 Aplicar el Método de Valoración Contingente	41
2.2.3 Garantizar un sistema de información sobre todos los proyectos de energías nuevas y renovables	42
2.2.4 Capacitación a todo nivel, incluyendo usuario, ente suministrador, etc	44
2.2.5 Valorar las alternativas de electrificación.....	45
2.2.6 Aplicación del método de Análisis Multicriterio y ordenamiento de las alternartivas	52
2.2.7 Marco legal y normativo.....	56
2.2.8 Aplicación del Sistema Computacional SURE. (A Decision Support System for Rural Energy)	57
2.2.9 Analizar fuentes que permitan el financiamiento	58
2.2.10 Existencia de una organización estructurada para manejar la implementación de los proyectos.....	60
2.3 Conclusiones Parciales	60
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFIA.....	66



introducción

INTRODUCCION

El sector rural, hoy no puede ser considerado como espacio independiente, pues vive una desesperada revitalización generalizada, y para ello, debe establecerse una relación de interdependencia con los demás espacios, ya sean urbanos o periurbanos.

No es menos cierto, existen tanto políticas estructurales como dinámicas territoriales y sectoriales que han dedicado tiempo y esfuerzo a este sector, pero todavía resultan insuficientes estas alternativas para el logro de un desarrollo humano sostenible, y por qué no, para la sostenibilidad del desarrollo de aquellas comunidades rurales, carentes de oportunidades que accionen a favor del desarrollo local, donde se tomen en cuenta sus verdaderos intereses.

La realidad es que hay una elevada población mundial que carece de acceso a la electricidad, aproximadamente un tercio de los 6 mil 400 millones de habitantes de la Tierra. Por ejemplo, en la Argentina existen entre 2 y 3 millones de habitantes de áreas rurales de baja densidad de población que en alta proporción no pueden obtener un servicio eléctrico a través de la extensión de las redes existentes por razones tanto técnicas como económicas¹. En condiciones similares se encuentran alrededor de 6.000 servicios públicos que atienden las mismas zonas rurales (escuelas, dispensarios médicos, servicios civiles diversos, policía, etc).

En México, unos 4 millones de personas en 87.000 comunidades de todo el país, carece de acceso a la red eléctrica. La mayoría de estas personas viven en comunidades pequeñas y remotas.²

En el Perú, aproximadamente 6,5 millones de personas están esperando acceder al servicio eléctrico hace muchos años. Si bien en los últimos tiempos se ha logrado extender la cobertura, según datos del Ministerio de Energía y Minas del Perú (MEM), ésta solo llega al 35% en el área rural, lo que en buena medida revela la necesidad de una gran inversión³.

En el caso particular de Brasil, con alrededor de 170 millones, tiene 25 millones de ciudadanos en permanente oscuridad⁴.

¹ Tomado de <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Energía-Vs-Ambiente/arlefune.htm>

² Tomado de <http://www.re.sandia.gov/sp/pu/bl/4/nl4-rt.htm>

³ Tomado de http://www.infodes.org.pe/img_upload/1f198af9ea53d6893162afb44079f14/05_CEDECAP_1.pdf

⁴ Tomado de <http://www.vanguardia.co.cu/index.php?tpl=design/secciones/lectura/portada.tpl.html>

Y en Cuba, según el Anuario Estadístico de Población (Cálculo 31 de Diciembre de 2005)⁵, existen 2 748 133 habitantes que residen en zonas rurales, de ellos, alrededor de 150 000 a 200 000 (aproximadamente 101 000 viviendas) viven en zonas rurales aisladas no electrificadas, independientemente de que durante el período revolucionario y antes del período especial se pudo desarrollar el Sistema Energético Nacional (SEN) sobre la base de termoeléctricas y petróleo importado, dependencia que se pensaba ir reduciendo en la medida que se desarrollara la cogeneración en la industria azucarera como alternativa, pero que en la problemática actual no trajo los resultados esperados.

El bloqueo impuesto a Cuba para quebrantar sus ideas, penaliza las actividades económicas financieras y dentro de ellas al petróleo, por ello la situación cubana a partir del 2001 se ha visto caracterizada por la erogación de millonarias sumas para la compra de combustible, muy por encima de lo previsto, dado los elevados precios del barril de petróleo.

Desde la caída de la Unión Soviética en 1991, la economía de Cuba no se ha recuperado aún, pues este era su mayor socio comercial, que le aportaba millonarios subsidios, entre ellos el suministro de combustibles.

La desintegración de la Unión Soviética también puso fin a un acuerdo mediante el cual Venezuela suministraba petróleo a Cuba a cambio de que los soviéticos hicieran lo mismo con los clientes venezolanos en Europa y Asia. El propósito de ese convenio era el ahorro mutuo de los costos derivados del transporte de crudos.

Actualmente, los presidentes de Venezuela, Hugo Chávez Frías, y de Cuba, Fidel Castro Ruz, firmaron un acuerdo de cooperación, donde Cuba presta los servicios y tecnologías que están a su alcance para apoyar el programa de desarrollo económico y social en Venezuela. Estos programas son definidos cada año precisando el monto monetario, las especificaciones, regulaciones y modalidades en las que son entregados. Estos bienes y servicios son pagados por Venezuela, de acuerdo al precio mundial del petróleo y sus derivados.

Venezuela se ha comprometido a proveer a Cuba bienes y servicios que comprenden asistencia y asesoría técnica proveniente de entes públicos y privados, así como el suministro de crudo y derivados de petróleo hasta por un total de 53 mil barriles diarios.⁶

⁵ Tomado de <http://www.one.cu/anuariopdf.2005/capitulo2/11.7.pdf>

⁶ Tomado de <http://www.efemeridesvenezolanas.com/htm/ciccu2.htm>

A pesar de esto, queda un pretencioso desafío: considerar el uso de la energía renovable, pues es una necesidad cubana para aquellas regiones pobladas donde la electricidad no ha podido llegar, y posee gran impacto en la economía, en el nivel de vida social, y en el medio ambiente.

En Cuba, existen asentamientos humanos e instalaciones que requieren de energía eléctrica, también en esos lugares existen diversas fuentes de energías renovables y ya se ha comenzado a instalar algunos sistemas híbridos. Lo que evidencia que se está produciendo un cambio muy positivo en la cultura energética, donde tiene un lugar importante las tecnologías energéticas de máximo potencial y el desarrollo de sistemas a partir de fuentes de energía renovable (FER). Pero hasta el momento no se ha definido un procedimiento que permita la valoración de varias alternativas de sistemas híbridos que permitan dar respuesta a la electrificación de algunas zonas según sus características y financiamiento.

El uso simultáneo de dos o más fuentes de energía requiere de un diseño de las proporciones en que cada fuente de energía ha de contribuir, así como la selección de la tecnología para cada tipo de fuente, lo que se encuentra en constante desarrollo.

Debido al contexto antes expuesto, este trabajo de investigación se plantea la siguiente

Hipótesis

La creación de un procedimiento para el análisis técnico económico de sistemas híbridos de generación de electricidad dotará a los investigadores de una herramienta para la toma de decisiones.

Objetivo General

- Desarrollar un procedimiento para el diseño y análisis técnico económico de sistemas híbridos de generación de electricidad que garanticen un suministro de electricidad de calidad las 24 horas del día en instalaciones autónomas.

Objetivos específicos.

- Hacer un estudio previo de análisis económico financiero de sistemas híbridos.
- Analizar los sistemas híbridos que puedan ser empleados en Cuba.
- Delimitar un procedimiento que permita la toma de decisión.

La exposición de la investigación se estructura en correspondencia con los objetivos del trabajo y la hipótesis trazada en dos capítulos:

CAPITULO I: Estudio bibliográfico de los Sistemas Híbridos de generación de electricidad y su evaluación económica.

CAPITULO II Propuesta del Procedimiento para la valoración técnico económico de Sistemas Híbridos de generación de electricidad.

Esta investigación tiene un corte técnico metodológico pues partirá del estudio de la teoría de los sistemas híbridos existentes y propiciará la delimitación de un procedimiento para valorar las alternativas posibles de los diferentes sistemas híbridos que pueden ser empleados para la electrificación.

Esto permite garantizar una mejor toma de decisión y dotar a los investigadores de herramientas económicas que garantizarán el ahorro de los recursos financieros.

Este trabajo forma parte de un proyecto que pretende dar continuidad a investigaciones anteriores desarrolladas en el Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), y considerando el año finalizado "Año de la Revolución Energética en Cuba", se requiere del desarrollo de estudios y análisis para las posibles inversiones en los próximos períodos, en particular, para los asentamientos humanos alejados de la red eléctrica que aún no poseen este servicio.

Hay que destacar además, que esta investigación se hace sobre la base de la revisión bibliográfica donde se pretende analizar componentes que permitan el desarrollo de una propuesta de procedimiento, capaz de concebir las mejores alternativas y herramientas para brindar al decisor elementos que conlleven a satisfacer una necesidad (de energía) en zonas rurales, de manera que se garantice el incremento de la calidad de vida y la sostenibilidad del desarrollo de la zona.



CAPÍTULO I

CAPITULO I: Estudio bibliográfico de los Sistemas Híbridos de generación de electricidad y su evaluación.

1.1 Energías Renovables y Energías Renovables No Convencionales.

La energía fue definida por mucho tiempo como la capacidad de producir trabajo, es decir, de llevar a cabo procesos para desplazar, modificar o transformar un cuerpo mediante la acción de una fuerza. Sin embargo, a pesar de que la energía entrega la posibilidad de desarrollar trabajo, el concepto de energía interna de los elementos está más relacionado con la materia misma y la masa de los elementos. La energía interna de un sistema es la suma de la energía de todas sus partículas.

La primera ley de la termodinámica explica que la energía de un cuerpo no se crea, no se gana ni se pierde, la energía se conserva y sufre transformaciones. El trabajo posible de realizar por un sistema mecánico corresponde a una transformación de la energía⁷.

Energías Renovables y Energías Renovables No Convencionales

Las llamadas Energías Renovables en un sentido estricto son regeneradas por el Sol. La energía solar y la geotérmica son casos aparte, puesto que en ninguno de los dos puede hablarse de regeneración, sin embargo se incluyen entre las renovables porque tienen muchas de sus características.

Las energías renovables se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se consumen ni agotan, generando a la vez un mínimo impacto en el medio ambiente. Esta condición hace que, frente a la mayor preocupación en el mundo por los temas ambientales, su utilización comienza a ser día a día más extendida.

Dentro de las Energías Renovables se utiliza el término No Convencional para clasificar a las tecnologías energéticas renovables que no han contribuido significativamente hasta ahora al balance de energías primarias utilizadas. Esto se refiere a aquellas energías que están disponibles sin necesidad de transformación previa a su uso y quiere decir que no son significativas en la producción de grandes bloques energéticos. Lo anterior conlleva que la penetración en el mercado es baja para estas tecnologías, entre las que se encuentran la energía solar, eólica, biomasa, micro y/o minicentrales hidráulicas, geotérmica y oceánica.

⁷ Tomado de <http://www.tecnologiasrenovablesenelctricacionrural.com/Energia.htm>

La experiencia con las energías renovables da cuenta de un importante desarrollo de la energía hidroeléctrica en gran escala destinada al abastecimiento de energía eléctrica; sin embargo, estos aprovechamientos energéticos renovables son de uso Tradicional o Convencional (al igual que los aprovechamientos energéticos No Renovables como el carbón, petróleo, termoelectricidad, gas natural y la energía nuclear, que también son clasificados como aprovechamientos Convencionales).

Por otro lado, las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) han tenido un amplio espacio de desarrollo dentro del Programa Nacional de Electrificación Rural, de tal forma que hoy existen en el país numerosas instalaciones que proveen de electricidad a comunidades rurales aisladas mediante el uso de energías renovables.

1.2 Las energías renovables aplicables a la electrificación rural.

Entre las principales energías renovables aplicables a la electrificación rural se encuentran:

Energía Solar

Toda la energía disponible en la tierra tiene su origen común en la radiación electromagnética proveniente del Sol, ya sea a través de un aprovechamiento directo o indirecto de la misma, a través de transformaciones de esa energía, o bien luego de lentos procesos de acumulación, como la fosilización de componentes orgánicos.

El Sol puede ser considerado como una gigantesca central nuclear de energía.

Diversas perturbaciones en la atmósfera hacen que la intensidad de la radiación solar cambie durante su viaje hasta la superficie terrestre, por lo tanto, se distingue: la radiación directa, aquella proveniente directamente desde la dirección del Sol, y la radiación difusa, proveniente de todos lados excepto de la dirección del sol, como producto de procesos de reflexión, absorción, refracción y dispersión por efecto de gases, vapores y obstáculos.

En septiembre del 2000 comenzó a ejecutarse un programa de electrificación fotovoltaica (solar) en las zonas rurales cubanas. El programa incluye la electrificación, con paneles solares, del consultorio médico y de la escuela de la población. También se construye una sala de televisión y video. En dichas salas los paneles solares garantizan diariamente 5 horas de servicio de un televisor, video e iluminación.

En algunas regiones se han utilizado sistemas híbridos eólicos-fotovoltaicos, capaces de aprovechar simultáneamente la energía del sol y el viento para cargar las baterías, como por ejemplo en la provincia de Guantánamo. En esta provincia se instaló recientemente la central eólico-fotovoltaica con mayor potencia en el país. El centro de señales televisivas y otro de radioenlace ubicado en la segunda elevación de la provincia más oriental y capital solar de la Isla, se beneficia del sistema compuesto por aerogenerador de seis kilowatts de potencia y un centenar de paneles solares que en conjunto triplican esa capacidad de generación. En esta provincia algunas escuelas tienen pequeños sistemas energéticos mixtos que constan de 1 pequeño aerogenerador de 400 Watts y un panel fotovoltaico de 165 Watts. El sistema híbrido eólico-fotovoltaico asegura un suministro estable e ininterrumpido en diferentes condiciones climáticas.

Cada consultorio del médico y enfermera de la familia está dotado de una instalación solar con capacidad de 400 a 425 W de potencia eléctrica pico fotovoltaica, garantizando la prestación de los servicios sanitarios y mejorando las condiciones de vida del personal médico. Como parte de la electrificación se suministra e instalan lámparas para la iluminación, equipo de radio-comunicación, refrigerador para la conservación de vacunas y medicamentos, un televisor en colores y un equipo de fototerapia. Además se ponen en funcionamiento los equipos electromédicos existentes en los consultorios como son el negatoscopio, la lámpara de cuello y el electrocardiógrafo. A cada centro de referencia que agrupa un grupo de consultorios se le incluye como parte del equipamiento un equipo láser.

La experiencia adquirida con el transcurso de los años ha permitido extender el programa de electrificación fotovoltaica a los hospitales rurales ubicados en zonas montañosas remotas y de difícil acceso que contaban con un servicio eléctrico inestable. Dentro de la estructura del sistema de salud, los hospitales rurales, juegan un papel importante. A ellos se encuentran vinculados los consultorios del médico de la familia del territorio y es el lugar al que son remitidos los pacientes del consultorio médico en caso de que necesiten un cuidado más especializado.

La fábrica de Energía Fotovoltaica (FEF) del Combinado de Componentes Electrónicos Ernesto Che Guevara, de Pinar del Río, única de su tipo en Cuba, confecciona una amplia gama de paneles solares de tamaño pequeño que abarca los de 5 hasta 165 watts.

Energía Eólica

Proveniente de la palabra griega Eolo (nombre del dios griego del viento) la energía eólica se considera una forma indirecta de energía solar. La radiación solar, al calentar las masas de aire, produce un incremento de la presión atmosférica y con ello el desplazamiento de estas masas a zonas de menor presión. Se originan así los vientos, portadores de energía cinética que puede ser transformada a otras formas de energía útil, como la energía mecánica o la eléctrica. La velocidad, constancia y nivel de turbulencias del viento están muy determinados por condiciones locales como la orografía y la rugosidad del suelo, por lo que es necesario realizar mediciones y estudios detallados de la existencia de recursos aprovechables en cada sitio.

En 1999 se puso en marcha el primer Parque Eólico Demostrativo Cubano con una potencia de 0.45 MW, en la Isla Turiguanó, Ciego de Ávila. El parque cuenta con 2 turbinas eólicas de mediana potencia interconectadas al Sistema Eléctrico Nacional y a mediano plazo se prevé su crecimiento con máquinas de mayor capacidad. Sus objetivos son aportar 998.5 MWh anuales de energía a la red local, que es el 40 % del consumo anual actual de la Isla Turiguanó, así como probar en Cuba la viabilidad de generar electricidad con el viento, complementando la generación con otras fuentes convencionales o renovables, especialmente para sitios aislados y con ecosistemas frágiles. En general el uso de energía eólica es limitado aunque existen miles de sistemas aislados para el bombeo de agua. El desarrollo turístico en los cayos de la costa norte, donde varios miles de habitaciones serán construidas en los próximos diez o quince años, abre una oportunidad para el uso de la energía eólica en dicha zona. Debido a su localización geográfica y a la potencia del viento, la energía eólica competiría ventajosamente con el costo de la generación diesel, como en el proyecto de parque eólico en Cayo Coco.

Energía Hidráulica

El término energía hidráulica se refiere a la energía contenida en los cursos de agua, la que incluye energía potencial gravitacional, cinética y fuerzas de presión, debido al desplazamiento de éstos, generados por el ciclo hidrológico desde que precipita en las montañas y las corrientes fluyen hacia valles y tierras bajas. El aprovechamiento de los recursos hídricos con fines energéticos se realiza al utilizar la energía contenida en el flujo de una corriente de agua, transformando el movimiento en energía mecánica en una turbina capaz de accionar un generador eléctrico. La hidroelectricidad es un recurso

energético limpio y renovable, cuyo adecuado aprovechamiento no produce trastornos ecológicos y se utiliza como importante recurso energético en la mayoría de los países del mundo. En electrificación rural el aprovechamiento hidroeléctrico responde a la provisión de electricidad en localidades pequeñas y cuyo desarrollo se propone como alternativa a las carencias sociales y al cuidado del medio. Pequeñas centrales hidroeléctricas de pasada o con pequeños embalses surgen como alternativa en aquellos sectores donde los recursos son apropiados. La hidroelectricidad a pequeña escala responde a los planteamientos de sustentabilidad buscados en los procesos de desarrollo de pequeñas comunidades, al utilizar los recursos de su medio local para satisfacer sus necesidades.

En Cuba, cerca de 150 micro y mini plantas hidroeléctricas están en funcionamiento, la mayoría de ellas entregan electricidad al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) y otras suministran electricidad a pequeños poblados no conectados a la red eléctrica nacional. La capacidad hidroeléctrica instalada en Cuba es de 30 MW. La industria mecánica cubana ha desarrollado y produce 6 modelos de turbinas que cubren una gran parte de las necesidades.

Energía de la Biomasa

Se denomina biomasa a toda materia viva existente en un instante de tiempo en la Tierra. La biomasa energética también se define como el conjunto de la materia orgánica, de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. Cualquier tipo de biomasa tiene en común con el resto el hecho de provenir en última instancia de la fotosíntesis vegetal.

En el caso de referirnos a la biomasa energética, nos estamos preocupando de toda la materia viva que es susceptible de ser utilizada con fines energéticos.

Teniendo en cuenta la definición de biomasa, ésta se puede clasificar, atendiendo a su origen, en:

- Biomasa natural.
- Biomasa residual.
- Cultivos energéticos.
- Excedentes agrícolas.

a).-Biomasa-Natural:

Se produce en ecosistemas naturales. La explotación intensiva de este recurso no es compatible con la protección del medio ambiente, aunque sea una de las principales fuentes energéticas de los países subdesarrollados.

b).-Biomasa-Residual: En la llamada biomasa residual se incluye:

- Residuos forestales y agrícolas.
- Residuos de industrias forestales y agrícolas.
- Residuos sólidos urbanos.
- Residuos biodegradables (efluentes ganaderos, lodos de depuradoras, aguas residuales urbanas, etc.).

c).-Cultivos-Energéticos:

Son los realizados con el único objeto de su aprovechamiento energético y se caracterizan por una gran producción de materia viva por unidad de tiempo y con el condicionante de minimizar los cuidados al cultivo.

d).- Excedentes Agrícolas:

Los excedentes agrícolas que no sean empleados en la alimentación humana pueden ser considerados como biomasa y pueden aprovecharse, por ejemplo, para la elaboración de biocombustibles líquidos.

La industria azucarera cubana ha usado tradicionalmente el bagazo (residuo sólido de la molienda de la caña de azúcar) como combustible renovable para generar vapor de proceso y complementariamente para generar electricidad para otros usos. La producción de electricidad en la industria azucarera está incrementándose. La mayoría de los Centrales están conectados a la red nacional y entregan electricidad a la misma. Un objetivo en esta área es la incorporación de tecnologías de avanzada (tecnología de gasificadores de lechos fluidizados y los sistemas de producción de electricidad en ciclos combinados con turbinas de vapor y de gas) para aumentar la producción de electricidad, lo que requiere de fuertes inversiones. Por esa razón se requiere también un profundo análisis económico. También se necesita una biomasa alternativa al bagazo para que se pueda producir electricidad todo el año, incluso en los meses en que no se dispone de bagazo. Ese combustible alternativo puede ser gas del petróleo, aceite combustible, carbón, o biocombustibles como residuos forestales o residuos de la

caña de azúcar (bagazo almacenado y/o residuos consistentes principalmente en paja de caña de azúcar). Desde un punto de vista ambiental la biomasa es la mejor alternativa.

Energía Geotérmica

La energía geotérmica corresponde a la energía calórica contenida en el interior de la tierra, que se transmite por conducción térmica hacia la superficie. La energía geotérmica es en realidad un recurso parcialmente renovable, pero de alta disponibilidad, sobre todo en regiones volcánicas.

Debido precisamente a su naturaleza, la geotermia está ligada al origen, evolución y destino de nuestro planeta. La energía geotérmica que se utiliza en el presente proviene del calor transportado por agua subterránea confinada cerca de la superficie terrestre. Ese fluido fue calentado por intrusiones de magma fundido localizadas alrededor de regiones volcánicas y en zonas de contacto entre placas tectónicas. El magma se encuentra normalmente a mayor profundidad, por consiguiente la geotermia que se aprovecha actualmente corresponde a regiones anómalas relativamente escasas. El agua caliente al ser extraída hasta la superficie, se transforma parcial o totalmente en vapor. La energía que lleva el agua tanto en forma de líquido como en forma de vapor es utilizable por el hombre.

La energía geotérmica no es utilizada en Cuba, pues es un país que no presenta regiones volcánicas.

Energía proveniente de los océanos

La obtención de energía de los océanos ha sido estudiada desde hace algunos siglos, no obstante, sólo en los últimos años se han concretado proyectos para su aprovechamiento. En términos generales, la energía extraída de los océanos presenta muchas semejanzas con el aprovechamiento de las corrientes de aire (energía eólica), ya que se trata de fluidos en movimiento. Entre las formas más estudiadas se encuentran:

- La energía de las mareas
- La energía de las olas
- Empleo de las corrientes marinas con fines energéticos
- Producción de energía por diferencias de temperatura en los océanos

Todas estas iniciativas, salvo experiencias que aprovechan los cambios de energía potencial entre mareas, están en etapas de investigación, por lo tanto, aún no son una alternativa real de abastecimiento energético. Los proyectos con más investigación consisten en utilizar la fuerza de las mareas, e incluso de las olas, para mover una turbina o algún dispositivo similar y así producir electricidad. La utilización de estos recursos no ha sido probada en electrificación rural; sin embargo, la investigación apunta a un mayor desarrollo y posibles usos en el futuro.

1.3 El Desarrollo Rural y Sostenible.

La hibridación de sistemas generadores de energía, utilizando diversas fuentes energéticas, permite alcanzar metas de diversa índole, entre las que destacan: sociales, económicas y ambientales; importantes para el desarrollo y la sostenibilidad de comunidades humanas alejadas de la red eléctrica y que aún no poseen este servicio.

1.3.1 Desarrollo rural.

El desarrollo debe observarse como la combinación de crecimiento económico unido a cambios estructurales, tecnológicos, políticos y ecológicos que sitúen al hombre como sujeto y objeto histórico de transformación de su entorno, en una dimensión espacial y temporal que incluya interrelaciones de carácter global, regional, territorial y local⁸.

Hoy en día ante la evidente necesidad de una revitalización generalizada, los espacios rurales no pueden ser considerados independientemente, sino que debe establecerse una interrelación con los demás espacios. Por lo tanto, es importante potenciar el desarrollo de actividades que propicien y garanticen el acceso a la información, la implementación de infraestructuras básicas, el acceso a determinados productos y/o servicios que incluyen determinados usos recreativos que, como es sabido, alcanzan mayor fuerza en la actualidad.

En las áreas rurales existe cierto nivel de actividad no agrícola y en las zonas urbanas bastante actividad relacionada con la agricultura. En América Latina se manejan alrededor de siete tipos de definiciones de rural y urbano y ningún país posee definiciones idénticas. Esto responde, en gran medida, a motivos técnicos o políticos para lo cual el concepto varía de un censo a otro. De cualquier forma se está empezando a valorar otros elementos como la belleza paisajística, contribución a la

⁸ Tomado de <http://www.pnud.org.ve/IDM99/Capitulo1.htm>

conservación del medio ambiente, la generación de actividades productivas, la conexión que puede existir entre el sector agrícola y otros subsectores que hablan de la preocupación de reconocer que el desarrollo rural actual necesita la puesta en marcha de una nueva visión donde se perfilen la cohesión social, territorial, el compromiso y el involucramiento de los actores sociales concretos con su accionar político.

En Cuba, según informes del Anuario Estadístico la definición utilizada en el Censo de Población y Viviendas último de 2002, se considera como población residente en zona urbana aquella que reside en lugares habitados con las siguientes características:

- a) Todos los lugares habitados con una población residente de 2000 o más habitantes.
- b) Todos los asentamientos poblacionales declarados como tal en el Censo de Población y Viviendas del año 1981.
- c) Todos los asentamientos que cumplen una función político-administrativa, es decir, que son cabecera municipal.
- d) Los asentamientos poblacionales que tengan 2000 ó más residentes permanentes siempre que cumplan con las siguientes nueve características que identifican las condiciones de vida urbana:
 1. Trazado de calles y ordenamiento de las edificaciones en correspondencia con las características propias del asentamiento.
 2. Presencia de espacios públicos representados por parques, plazas, paseos peatonales con posibilidades para el descanso, el esparcimiento y el intercambio social permanente.
 3. Alumbrado público representado por un sistema de luminarias que den servicio como mínimo a las vías y espacios públicos principales del asentamiento.
 4. Presencia de acueducto que sirva a las viviendas de forma interna o extradomiciliaria.
 5. Sistema de tratamiento de residuales representado por la existencia de alcantarillado o fosas que permitieran la evacuación de los residuales que lo componen.

6. Servicio médico asistencial representado por hospital, policlínicos o cobertura brindada por la institución del médico de la familia.
7. Servicio de educación a través de la presencia de los centros educacionales que se correspondan con el dimensionamiento poblacional del asentamiento y la política del Ministerio de Educación para la población en edad escolar.
8. Servicios gastronómicos y comerciales en correspondencia con el dimensionamiento poblacional del asentamiento.
9. Presencia de servicios de telefonía pública, correos y telégrafos, así como señales de radio y televisión.

Se considera como población residente en zona rural aquella que reside dentro del perímetro de los lugares habitados rurales, así como la población residente en las viviendas consideradas como dispersas o aisladas.

Y como lugar habitado rural, se define a los lugares habitados del país con menos de 200 habitantes, y aquellos lugares habitados que cuentan con 200 o menos de 2000 habitantes que no reúnen las características establecidas para ser urbano.

Tomando en cuenta estos aspectos y tratando de comprender y profundizar en la lógica de las dinámicas rurales , se plantea como tendencia, la reformulación del espacio rural, donde viene observándose un deterioro o quizás un estado de abandono en algunos países o lugares que poseen un gran potencial por explotar y por tanto necesitan un replanteamiento más integral en la formulación de sus objetivos, actividades, recursos endógenos y la posible y necesaria introducción de recursos externos que estimulen el desarrollo de dichas comunidades de forma tal que permita satisfacer las necesidades y aspiraciones del presente , sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

La toma de una posible decisión de inversión en una comunidad debe ser vista con tanta profundidad como lo sugiere el concepto mismo. Y es que, la finalidad de toda actividad de un grupo humano está encaminada al bienestar y desarrollo del hombre, convirtiéndose de esa forma en resorte para el desarrollo de estrategias que potencien al capital social. Existe, y cada vez más, la marcada corriente ideológica económica que evidencia que el capital social es un ingrediente esencial en el desarrollo económico y en la prosperidad de la comunidad en general.

Y estas son razones suficientes para no dejar de hablar de la necesaria sostenibilidad para el desarrollo humano.

1.3.2 Desarrollo sostenible

La sostenibilidad consiste en asegurar, tanto para el presente como para el futuro, el libre y completo acceso a las oportunidades, en restaurar todas las formas de capital humano, económico, físico, ambiental y social y, si antes se planteaba la necesidad de situar al hombre como eje esencial también la cultura de cada región se complementará de forma provechosa y dialéctica permitiendo la clave para el desarrollo sostenible. Por lo que el desarrollo humano sostenible es exigente con los fundamentos de la diversidad como fuente de riqueza y condición misma de la sostenibilidad.

Luego, el desarrollo rural es posible y viable cuando su actuación no comprometa la sostenibilidad, mas la perdurabilidad de las comunidades. El agua, la atmósfera, el suelo, son limitados cualitativa y cuantitativamente, por ende, su estado natural puede verse afectado o alterado de diversas formas en los distintos procesos y actividades humanas. La desaparición o sustitución negativa de comunidades vegetales y animales, la contaminación de las aguas, del aire, los suelos, la disminución de zonas fértiles en beneficio de la expansión industrial, el deterioro de los paisajes por descontrol o mal uso, o por construcciones mal planificadas, son fenómenos bien patentes y conocidos en muchas regiones.

1.4 Los modos de vida sostenibles.

El concepto de *modos de vida*, abarca variadas maneras de vivir que cumplen con las necesidades individuales, domésticas y comunitarias. Se entiende necesidades, en este contexto, de una manera holística, e incluyen lo social, económico, cultural y espiritual. Para que un modo de vida sea *sostenible*, deber ser adaptable y capaz de resistir tensiones. También debe salvaguardar, en lugar de dañar el ambiente natural. Los modos de vida sostenibles ponen a las personas primero. Se basan en la creencia que las luchas locales contra la pobreza nos llevarán a estrategias que dan resultados. Los modos de vida sostenibles, tienen sus raíces en la vida real, pues son las respuestas que se consiguen cuando uno pregunta qué significa para la gente "la buena vida". Sus respuestas ciertamente incluirán características comunes como: el trabajo significativo, la satisfacción de las necesidades básicas, la salud, la seguridad y la vida dentro de una sociedad equitativa y justa. Los modos de vida sostenibles no se tratan solamente de

crear empleo, sino también de crear nuevas formas de vivir que permitan a las personas cumplir sus necesidades variadas e interrelacionadas, sin perjudicar los ecosistemas que las mantienen a ellas y a su comunidad⁹.

Según el artículo sobre el “Desarrollo Sostenible y la Agenda 21” se plantea que los modos de vida consisten en las capacidades, los bienes recursos tanto materiales como sociales y las actividades que se requieren para poder vivir. Los modos de vida son sostenibles cuando sirven para hacer frente a tensiones y crisis, y recuperarse de estas, cuando pueden mantener o aumentar sus capacidades y activos para ofrecer beneficios netos a otros modos de subsistencia, a nivel local, o más amplio, tanto en el presente como en el futuro.

Como se aprecia los dos textos coinciden, lo que hace estar al autor igualmente de acuerdo.

Dentro de los modos de vida se destacan algunos tipos de sostenibilidad, entre estos, la sostenibilidad económica, social, institucional y medioambiental.

La sostenibilidad económica dentro del contexto de los modos de vida de poblaciones rurales pobres, se consigue, si se alcanza y mantiene un nivel básico de bienestar económico.

La sostenibilidad social se consigue cuando se minimiza la exclusión social y se maximiza la igualdad, manteniendo la diversidad de los seres humanos permitiéndoles el desarrollo de su personalidad, en especial, gracias a la salud y la educación.

La sostenibilidad institucional se consigue cuando las estructuras y procesos imperantes tienen la capacidad de continuar ejerciendo sus funciones a largo plazo.

Y la sostenibilidad medioambiental se consigue cuando la productividad de los recursos naturales que sustentan la vida diaria de los pueblos se conserva o se mejora para su uso por generaciones futuras.

La calidad de vida se funda en el gozo tranquilo y seguro de una alimentación suficiente, de cobertura de salud, a la educación, al derecho de una vivienda segura, de un medio ambiente protegido, sano y estable. Cada uno de estos aspectos es relevante en si mismo, la violación de uno solo de estos puede alterar el sentimiento subjetivo de

⁹ Tomado de <http://www.formasdevida.com /SDGateway/Introduccion>

sostenibilidad por lo que son de necesario seguimiento en la búsqueda de alcanzar una “sostenibilidad total”.

Ahora bien, conociendo el significado de la sostenibilidad medioambiental, es preciso definir también las corrientes económicas que se han dedicado a estudiar este tema.

1.5 Corrientes económicas que estudian la sostenibilidad económica y ecológica.

Hoy en día se hace necesario la consideración y evaluación del problema de la valoración de los bienes ambientales, los recursos naturales y la repercusión en la comunidad, discuriendo por los planteamientos que ofrece la teoría económica a la luz de los contenidos filosóficos sobre la objetividad de los procesos de valoración, es decir, considerar la viabilidad científica y las características de la medición y la valoración, asumiendo que la economía, el ambiente y la sociedad no pueden sobrevivir sin necesitarse y sin complementarse mutua y recíprocamente.

El 'ambiente' no se debe considerar exclusivamente, como el medio que circunda a las especies y a las poblaciones biológicas, lo cual ha sido la acepción generalmente concebida, sino como una categoría sociológica y no meramente biológica, relativa a una racionalidad social configurada por comportamientos, valores y saberes, así como por nuevos potenciales productivos. En este sentido, el ambiente del sistema económico está constituido por las condiciones ecológicas de productividad y regeneración de los recursos naturales, así como por las leyes termodinámicas de degradación de la materia y la energía en los procesos productivos.¹⁰

El estudio y consideración del ambiente resurge con mayor fuerza en nuestros días al agudizarse la explotación de la naturaleza, la degradación ambiental, la marginación social, que son efectos no valorados monetariamente, los cuales persisten a pesar del propósito de 'ecologizar' los procesos productivos, de 'capitalizar' a la naturaleza y de producir un saber interdisciplinario a través de enfoques holísticos. El estudio de las “externalidades”, los “efectos indirectos” y los “efectos intangibles” vienen a formar parte de una nueva etapa que aboga por un bien social. Los efectos intangibles forman parte del medio ambiente, son efectos que ocurren por virtud o desgracia de una causa, que no puede tocarse ni cuantificarse, que pueden surgir a partir de un proyecto de inversión, y aparecen fundamentalmente después que se encuentra en ejecución el proyecto. El medio ambiente no debe verse solo como el conjunto de elementos

¹⁰ Gabriel Cruz Cerón. “Valoración de bienes y recursos ambientales y naturales: el problema de la medición”, I.A., Esp., M.Sc. Doctor en Ciencias Económicas.

abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos, sino también como una terminología sociológica relativa a una racionalidad social compuesta por comportamientos, valores, saberes y por nuevos potenciales productivos.

Por estas razones hay dos corrientes económicas que se han dedicado a estudiar este tema:

- Teoría de la Economía medioambiental
- Teoría de la Economía ecológica

La Teoría de la Economía medioambiental se basa teóricamente en el análisis de la “teoría del bienestar” a partir de Adam Smith quien empezó a considerar la necesidad de pensar en los efectos del medio al hablar sobre la consideración de la problemática acerca de los recursos naturales y su concepción en la ciencia económica, hasta 1920 no se abordó más este tema cuando Pigou se interesara en el mismo y publicara “Economía del Bienestar” y fue ahí donde utilizó el término de deseconomías externas para referirse a los impactos negativos derivados de la actividad económica.

La Teoría de la Economía ecológica estudia la interrelación de la actividad económica con los ecosistemas y con los sistemas sociales y su influencia mutua, el objeto de esta economía consiste en el estudio del proceso de la creación social y de la destrucción y la transformación ecológica. En esencia, la economía ecológica ha de preocuparse, en primer lugar, de la naturaleza física de los bienes a gestionar y la lógica de los sistemas que los envuelven, considerando desde la escasez objetiva y la renovabilidad de los recursos empleados, hasta la nocividad y el posible reciclaje de los residuos generados, a fin de orientar con conocimiento de causa el marco institucional para que éste arroje ciertas soluciones y no otras en costes, precios y cantidades de recursos utilizados, de productos obtenidos y de residuos emitidos. La Economía Ecológica exige razonar con otras nociones de sistema diferente a la economía estándar, con otros instrumentos, otras dimensiones y unidades, viendo la gestión desde perspectivas económicas diferentes a la del economista que solo se sumerge en el mundo del valor.

De este breve análisis puede inferirse que la Economía Medioambiental se ocupa de analizar el comportamiento de un proyecto, de un efecto en el medio que lo rodea y su contribución al PIB, o sea, la Economía Mediomabiental se ocupa más del análisis hacia el sistema económico que hacia el medio ambiente o lo ecológico, mientras que la

Economía Ecológica trata de enfocar su estudio hacia los recursos que compone la biosfera, la Tierra. Esta diferencia queda enmarcada en el estudio desarrollado por Naredo al estudiar la *Economía y sostenibilidad: economía ecológica en perspectiva* donde plantea “mientras que la *ecología* al igual que la economía de la naturaleza del siglo XVIII, razona el conjunto de la biosfera y los recursos que componen la Tierra, la economía suele razonar sobre el conjunto más restringido de objetos que son apropiables, valorables y productibles.”¹¹

La Economía Ecológica exige razonar con otras nociones de sistema diferente a la economía estándar, con otros instrumentos, otras dimensiones y unidades, viendo la gestión desde perspectivas económicas diferentes a la del economista que solo se sumerge en el mundo del valor.

En el análisis de la sostenibilidad, el desarrollo sostenible, debe observarse como la combinación de crecimiento económico unido a cambios estructurales, tecnológicos, políticos y ecológicos que sitúen al hombre como sujeto y objeto histórico de transformación de su entorno, lo cual es consecuente con la economía ecológica, en una dimensión espacial y temporal que incluya interrelaciones de carácter global, regional, territorial y local.

Para ser consecuentes con lo antes expuestos el trabajo de llevar la energización a zonas rurales es un medio de incrementar el nivel de vida de la población y debe ser tratado y analizado desde la óptica de la economía ecológica. En este capítulo se identifican los recursos que intervienen en las comunidades para el logro de las metas rurales, esbozándose gráficamente el pentágono de la comunidad donde las posiciones de sus aristas dentro del mismo, luego de ser evaluados por un abanico de factores, representan al estado de los capitales o recursos de una comunidad. Estos activos, recursos o capitales, han sido tratados por el DFID (Departamento para el Desarrollo Internacional) identificando cinco, en aras de perseguir el objetivo de sostenibilidad en modos de vida. Estos capitales son: Capital Natural, Humano, Social, Físico y Financiero.

A continuación se define brevemente cada uno de ellos:

- El capital natural se refiere a la serie de recursos naturales, como tierra cultivable, agua, plantas, animales y minerales, que son asequibles a los hogares o individuos

¹¹ Naredo, José Manuel. *Economía y sostenibilidad: economía ecológica en perspectiva*. Red AL y C la hemeroteca científica en ciencias sociales. WWW. Redalyc.com

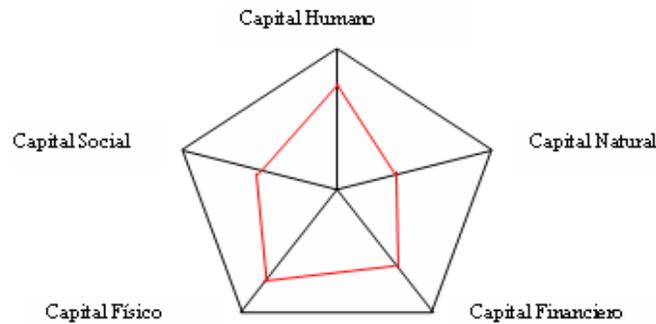
dentro de su contexto rural, y de los cuales se pueden derivar flujos de recursos útiles para su sostenimiento.

- El capital humano representa las aptitudes, conocimientos, capacidades laborales y buena salud que permiten a las poblaciones entablar distintas estrategias y alcanzar sus objetivos en materia de modos de vida sostenibles.
- El capital social se refiere los recursos sociales en que los pueblos se apoyan en la búsqueda de sus objetivos en materia de modos de vida sostenibles. Éstos se desarrollan mediante: redes y conexiones, participación en grupos más formalizados, y relaciones de confianza, reciprocidad e intercambios.
- El capital físico que comprende las infraestructuras básicas y los bienes de producción (herramientas y equipos) necesarios para respaldar a los modos de vida.
- El capital financiero como los recursos financieros que las poblaciones utilizan para lograr sus objetivos en materia de modos de vida. Las dos fuentes principales de capital financiero son: las partidas disponibles o ahorros (dinero en metálico, depósitos bancarios o activos líquidos como el ganado o las joyas) o créditos; y las entradas regulares de dinero (pensiones u otros pagos realizados por el estado y remesas).

Estos pilares o capitales pueden ser visualizados a través de un pentágono (Figura # 1) que muestra la forma esquemática de las variaciones en el acceso de los pueblos a los activos. Donde el punto central del pentágono, que muestra las distintas líneas, representa el acceso cero a los activos, mientras que el perímetro externo representa el acceso máximo a los mismos. Partiendo de esta base, pueden diseñarse pentágonos con formas diferentes para las distintas comunidades o grupos sociales dentro de las comunidades¹².

¹² DFID, "Artículo sobre la complementariedad de los activos de la comunidad", 1999b.

Fig. 1 Representación gráfica de los Activos o Capitales de una comunidad.



Fuente: Olalde Font, Raúl; González Morera, Taymi y Fabelo Carrazana, Danielly (2005).
Propuesta de Factores para la Toma de Decisión en Proyectos de Energización Rural en Cuba.
Trabajo de Diploma.

La combinación de estos recursos representados gráficamente, intervienen de forma directa en el logro de una de las grandes metas de las comunidades rurales: su electrificación, la cual permite garantizar el suministro de energía eléctrica a la población rural, con calidad y en forma sostenible, con el menor costo posible y el menor efecto nocivo sobre el medio ambiente, considerando, en especial, el uso de energías renovables como alternativa; las cuales han cultivado una creciente importancia en el mejoramiento de la calidad de vida del habitante rural.

1.6 La electrificación rural y la energía renovable como alternativa eficiente y sustentable.

En los decenios de 1970 y 1980 se adelantó mucho en la ampliación de la electrificación rural en todo el mundo, pero a fines de la década de 1980 la mayoría de los países en desarrollo, sobre todo en América Latina y el Caribe, afrontaron crisis económicas que volvieron prohibitivo mantener el modelo vigente del sector eléctrico. La investigación para evaluar los proyectos de electrificación rural en general ha mostrado repercusiones menores y costos más elevados de lo previsto al iniciarse esos proyectos.

La mayoría de los países latinoamericanos y del Caribe pusieron en marcha programas de reforma del sector eléctrico mediante medidas de liberalización y privatización. En las nuevas estructuras que están surgiendo se siguen poniendo en marcha proyectos de electrificación, pero con más atención a su viabilidad económica. En la búsqueda de una electrificación rural lo más económica posible, las tecnologías energéticas renovables se están considerando cada vez más como alternativa viable y sustentable.

Los sistemas híbridos han mostrado sus posibilidades en el ámbito de la electrificación rural, tanto en los aspectos técnicos así como en los aspectos organizativos, económicos y financieros. Los sistemas híbridos actualmente se están incorporando en grandes programas de electrificación rural de distintas partes del mundo (Argentina, la India, México, Sudáfrica, los Estados Unidos, Zimbabwe, y por supuesto, en Cuba).

A continuación se brinda un ejemplo de estos programas de electrificación en Cuba.

1.6.1 Electrificación rural en Cuba.

La electrificación del país fue y es uno de los objetivos de la revolución cubana. Desde 1959 y hasta 1989 Cuba logró más de 95% de electrificación total. Hoy Cuba es uno de los países del tercer mundo con mayor porcentaje de viviendas que disfrutan de la electricidad.

El territorio cubano posee alrededor de unos 19 000 km² de zonas montañosas las cuales están pobladas aproximadamente con 820 mil habitantes, quienes por lo general viven en zonas de difícil acceso. En las zonas rurales remotas y montañosas, por sus características, sólo se alcanzó 80% de electrificación¹³.

La desaparición de la Unión Soviética ocasiona un duro impacto a la economía cubana y sobretodo a la situación energética de la isla. Cuba importaba todo su petróleo de la Unión Soviética.

Por eso, el uso de energías renovables no convencionales representa una alternativa eficiente y sustentable. Muchas localidades alejadas de los sistemas de distribución de electricidad no tienen otra posibilidad de contar con suministro eléctrico que la auto generación.

Con sistemas híbridos se reducen los costos de operación, haciendo rentable, en algunos casos, proyectos que sin sistemas híbridos no lo serían, o bien disminuyendo las tarifas por consumo eléctrico. La utilización de energías renovables evita emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero, contribuyendo de esta manera al desarrollo sustentable de las comunidades y a problemas globales de calentamiento atmosférico.

¹³ Tomado de <http://www.electrificacionrural/por> Rolando Zanzi
Más información (rolando@ket.kth.es)

El sistema de transformación de la radiación solar por conversión fotovoltaica está en expansión en zonas montañosas y rurales apartadas de Cuba en apoyo a la Revolución Energética para reducir la dependencia del petróleo en la generación.

Más de 460 instalaciones funcionan en esos lugares, en varios hospitales, escuelas con internados, 150 círculos sociales y unos dos mil 300 centros de enseñanza primaria.

De acuerdo con estudios, la energía solar es un elemento decisivo en el desarrollo sostenible porque en cada metro cuadrado del territorio cubano es recibido a diario una cantidad de radiación equivalente a medio kilogramo de petróleo combustible o cinco Kwh., un valor promedio casi invariable durante todo el año e igual en toda la Isla.

La contaminación ambiental por la combustión de los combustibles fósiles amenaza la estabilidad del clima y la vida en el Planeta, donde la capacidad instalada de calentamiento solar llegó en 2003 a 60 millones de kilowatts, la que mayor peso alcanzó aparte de la hidráulica.

Experiencia en Santa María de Loreto. Santiago de Cuba.

La provincia de Santiago de Cuba, ubicada en la zona sur oriental de la isla, se caracteriza por su zona montañosa que deja aisladas y con un difícil acceso a las comunidades que ahí se encuentran. En este lugar se localiza Santa María de Loreto, núcleo poblacional compuesto por alrededor de 46 viviendas donde habitan unas 200 personas que tienen como actividad fundamental la producción de café y frutales.

Su infraestructura, aunque básica, proporciona a la población instalaciones sociales como consultorio médico, escuela primaria, tienda mixta, círculo social, una planta de beneficio de café y una oficina de la granja.

Por más de 25 años, la comunidad contó con una planta diesel de 32 kVA para abastecerse de energía eléctrica, que funcionaba solamente cuatro horas diarias. Su servicio era, así, irregular y demostraba con creces que era insostenible por la falta de repuestos, combustible y lubricantes.

Ante esta situación (que no era exclusiva de dicha localidad), el gobierno cubano puso en marcha en 1986 un programa de electrificación rural para médicos de familia con sistemas fotovoltaicos independientes. La Central Fotovoltaica de Santa María de Loreto se convirtió pronto en una de las experiencias más importantes del país, no solamente porque era la primera en construirse en una escala media, sino porque

representaba una oportunidad para conocer cómo este tipo de instalaciones se comportan en un clima tropical ante el efecto de las altas temperaturas, aspecto de especial interés para la efectividad de futuras inversiones en el campo de las energías renovables.

El proyecto resultó todo un éxito, debido fundamentalmente a la importancia que la comunidad le dio al sistema para su convivencia. Los habitantes del lugar colaboraron y ayudaron a la construcción y puesta en marcha de la instalación, además que el delegado de la comunidad se capacitó para conocer el funcionamiento de la central, conocer sus fallas y poder tomar decisiones y brindar un servicio eléctrico de calidad a todas las casas de los comunitarios.

En la parte ambiental, al no funcionar más la planta diesel, además de eliminarse el alto nivel de ruido propio de su funcionamiento, dejaron de consumirse entre 60 y 80 litros de petróleo diarios, evitando la emisión de más de 15 toneladas anuales de bióxido de carbono, a lo que se sumaba la contaminación de terrenos aledaños causados por derrames de combustibles y lubricantes.

Para la construcción del campo de los paneles solares, se evitaron los cambios en la topografía y se aprovecharon las áreas cultivables con siembras de poco follaje. La instalación de la central fotovoltaica ha impactado indirectamente al sector económico de Santa María Loreto.

Por ejemplo, la productividad del trabajo en la producción de café se ha elevado en la comunidad. De la misma manera, se ha dejado de consumir una cantidad considerable de combustible diesel utilizado en los procesos de manufactura, que además implicaba transportarlo hasta la localidad.

Los beneficios sociales a más de las 200 personas se hacen patentes al mejorarse su calidad de vida. El servicio eléctrico continuo que ahora se ofrece garantiza iluminación doméstica, medios de comunicación y conservación de alimentos; se brinda un servicio de atención médica de mayor calidad dado que el consultorio ahora cuenta con mejores condiciones de equipamiento y posibilidades para la atención primaria, conservación de vacunas y rápida comunicación con centros especializados de la salud en caso de casos graves.

Por otro lado, la población en general ha elevado su nivel de conocimiento al tener mayores posibilidades de información a través de la radio y la televisión; los niños han

incrementado sus habilidades teniendo acceso a la computación y a la posibilidad de realizar actividades recreativas propias de su edad en horas nocturnas.

El mayor obstáculo reconocido en Cuba para la generalización sustentable de los sistemas fotovoltaicos es la micro administración y el esquema de mantenimiento que garanticen la operación estable a largo plazo de la tecnología. Pero este problema se resolvió al incorporar a los vecinos a los trabajos de construcción y montaje, así como en lo relativo a la atención del equipo de técnicos.

Las reparaciones, el seguimiento operativo y el mantenimiento especializado están a cargo del Departamento de Electrificación del Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) con el apoyo del gobierno municipal provincial y de la ONG cubana Cubasolar.

Actualmente, la central se encuentra funcionando satisfactoriamente, por lo que se ha constituido como experiencia modelo para Cuba despertando un considerable interés científico y tecnológico para fabricantes e instaladores, ya que ha servido como laboratorio para estudiar aspectos sociales, económicos y ambientales del impacto del proyecto.

De las lecciones aprendidas, se ha podido constatar que la mejor herramienta para lograr el desarrollo sustentable bajo estas condiciones es brindarle a los comunitarios todos los conocimientos básicos del funcionamiento de la central y hacer de esta instalación un elemento fundamental para la supervivencia y desarrollo social.

Santa María de Loreto se ha convertido en un punto de referencia, superación y entrenamiento de personal, tanto nacional como internacional en materia de tecnologías fotovoltaicas. Desde su construcción, se visualizó como una alternativa para fomentar el desarrollo social de la zona, lo cual tuvo una decisiva influencia en los parámetros de diseño y de operatividad. Este objetivo se logró y se trabaja ahora en que ésta continúe funcionando.

1.7 Conclusiones Parciales.

1. La utilización de la energía renovable hoy día se ha extendido debido a su mínimo impacto en el medio ambiente y constituye un pilar importante para el desarrollo de la electrificación rural.

2. La energización y la forma en que se decida aplicar esta en las comunidades, constituye uno de los elementos importantes para el logro de la sostenibilidad.
3. El medio ambiente no debe verse sólo como el conjunto de elementos abióticos y bióticos que integran la biosfera, sustento y hogar de los seres vivos, sino también como una terminología sociológica relativa a una racionalidad social compuesta por comportamientos, valores, saberes y por nuevos potenciales productivos. Debe estudiarse desde dos puntos de vista: Ecológico y Medioambiental.
4. Los Sistemas Híbridos muestran grandes posibilidades en el ámbito de la electrificación rural; actualmente se están incorporando en grandes programas de electrificación en América, y dentro de ella, en Cuba.



CAPÍTULO II

CAPITULO II Propuesta del Procedimiento para la valoración técnico económico de Sistemas Híbridos de generación de electricidad

2.1 Introducción

El mundo de hoy está gobernado por grandes transnacionales, que han incursionado en todas las áreas de la producción, y todas dependen de la energía de los combustibles fósiles. Por esta razón, basadas en esta fuente de energía subsidiada, se han impuesto medidas agresivas a los países para la corporativización del mundo, para que impulsen las importaciones y exportaciones. Todas estas medidas empujan al Tercer Mundo a la periferia, en condiciones de subordinación de los países del norte industrializado.

El petróleo es la fuente de energía para el transporte, para la industria, para la agricultura mecanizada. Por estos motivos las empresas petroleras adquieren cada vez más fuerza, e influyen en las decisiones de políticas nacionales e internacionales. Han construido un discurso sobre la importancia de las inversiones, evitando enfrentar el hecho de que toda inversión se hace sobre la base de apropiarse de bienes de los estados, de abusar de la fuerza de trabajo y de destruir la naturaleza.

La extracción del petróleo mantiene y activa el proceso de globalización que beneficia solamente a las transnacionales, lo que ha hecho conquistar para sí mismas varios derechos como: la autorregulación, la impunidad, el derecho al acoso y a la corrupción. Y aunque algunos no vean esto y miren solamente desde el punto de vista del bienestar que puedan traer estas empresas, toda esta bonanza que parece orientada hacia un destino mejor y continuo, colapsa y resulta inconveniente para el interés común. Las razones principales son:

- Impacto ambiental local y global negativo: emisión de gases de efecto invernadero.
- Condicionamiento y sometimiento social: los combustibles fósiles constituyen sistemas concentrados de energía y, en general, permiten el abuso de unos pocos sobre la mayoría.
- Seguridad en el abastecimiento: al ser pocas y concentradas las fuentes fósiles energéticas por causas naturales o del hombre, la provisión en todo lugar y momento está condicionada.
- Costos: situaciones monopólicas.

- Agotabilidad: todas las fuentes fósiles o al menos las que ofrecen ser explotadas a bajo costo, inexorablemente y pensando en nuestros descendientes, en pocas décadas se habrán terminado.

También, la deforestación, la contaminación de fuentes de agua, los suelos destruidos, culturas desacralizadas, derechos de los pueblos violentados, la destrucción de los mares, la erosión del patrimonio genético, la desaparición de la sabiduría de la historia y la tradición, son consecuencia directa de la actividad petrolera.

La obtención de energía por petróleo supone su control monopólico por parte de las empresas, pasando por sobre el papel de los estados. Y por ser una fuente de energía subsidiada e impuesta, ha hecho una tarea difícil a otras fuentes de energías limpias y renovables, descentralizadas y de bajo impacto, competir con ella¹⁴. Fuentes que permitirán mantener el consumo actual de energía, así como lograr metas locales en aquellas comunidades rurales incluidas en el tercio de la población mundial, hoy todavía carente de servicios energéticos.

Cuba como país periférico, subdesarrollado, tercermundista y bloqueado se encuentra enfrascado en buscar con creatividad soluciones a sus principales problemas económicos, sin olvidar los ideales de equidad y justicia social lo que compromete velar por el crecimiento económico aparejado al mejoramiento de la calidad de vida de todas sus localidades en su sentido más amplio; por lo que este trabajo enfoca sus esfuerzos hacia las zonas montañosas rurales aisladas cubanas, donde existen capas sociales menos favorecidas lógicamente por sus ubicaciones y características. Por tanto, es imprescindible trazar programas o procedimientos que contribuyan al mejoramiento humano y permitan valorar tanto económica como socialmente, alternativas de sistemas híbridos de generación de electricidad según la variedad de recursos que posean las comunidades.

2.2 Propuesta de un Procedimiento para la valoración de los Sistemas Híbridos de generación de electricidad

La forma y cantidad en que se satisfacen las necesidades energéticas hoy día, presentan importantes implicaciones en el orden social, económico y medioambiental. A la vez que la energía es un elemento clave en el desarrollo económico y social, su transformación y consumo dan lugar a una importante agresión al medio ambiente y

¹⁴ Foro Social, Porto Alegre, Brasil, enero de 2001.

constituyen la principal injerencia humana en el sistema climático, además de un consumo acelerado de recursos limitados.

En lo económico, la dependencia energética exterior, constituye una deficiencia estructural, que repercute además, en el orden social.

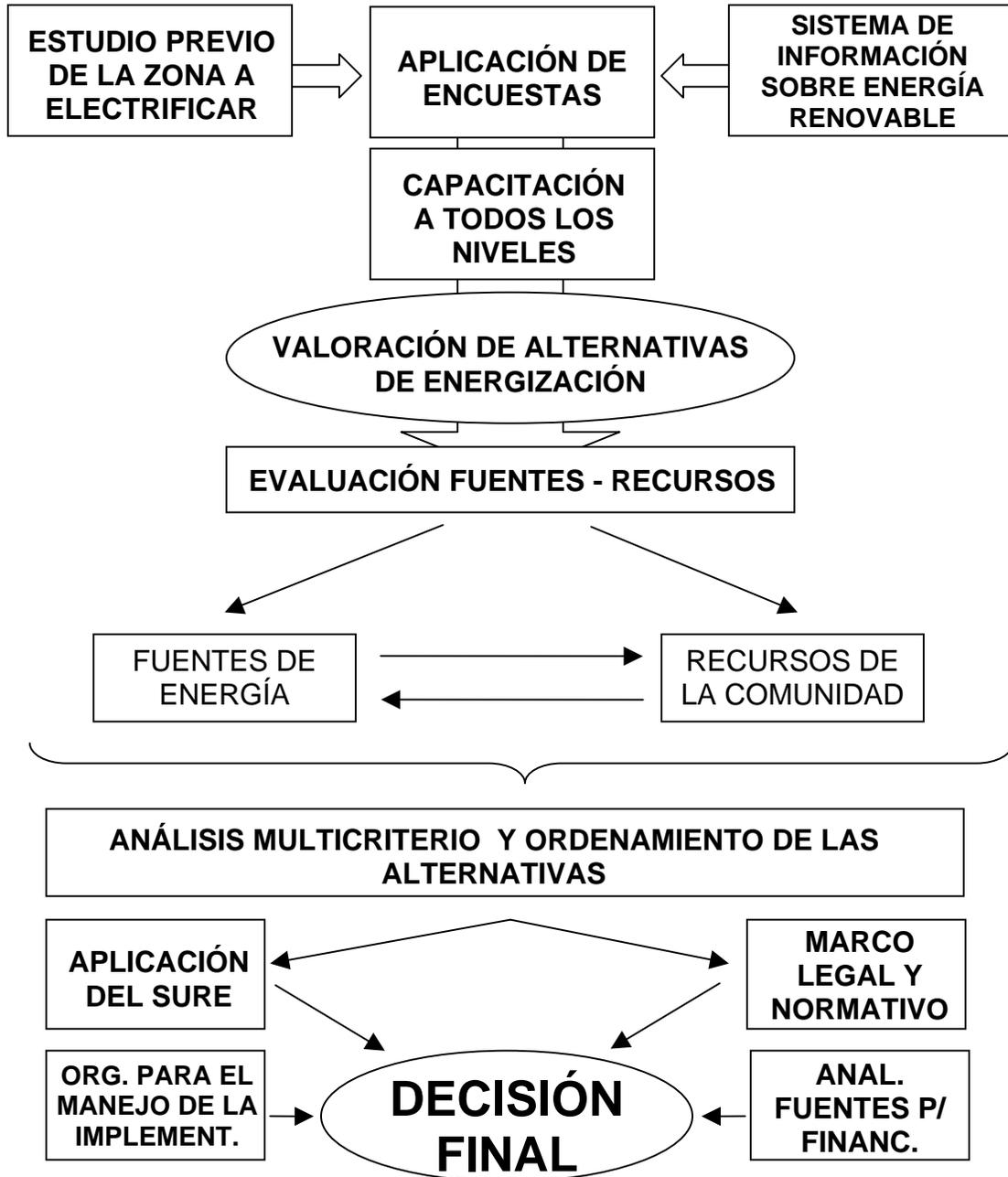
Por ello, la mejora de la eficiencia energética y el crecimiento sustancial de las fuentes de energías renovables, son elementos de estrategia económica, social y medioambiental.

La puesta en marcha de un plan de energías renovables da lugar a beneficios socioeconómicos y de diversificación energética, además de contribuir a aportar estabilidad a la economía, a mejorar el tejido industrial y el desarrollo regional de cada zona no conectada a la red eléctrica del país. *(Tejido industrial: conjunto de actividades económicas vinculadas con el desarrollo de las energías renovables).

Por las razones anteriores, en este epígrafe se propone un procedimiento para evaluar los sistemas híbridos de generación de electricidad, basado en la valoración económica-social.

A continuación se muestra un esquema parcial del procedimiento para la toma de decisión en el problema de selección de alternativas de suministro energético a comunidades rurales. Su propósito es ayudar a la toma de decisiones por parte de todo tipo de decidores (expertos y no expertos en el tema de la energización rural) de una forma fácil e interactiva, de tal forma que éstos tengan más herramientas y argumentos para hacer la toma final de sus decisiones en el campo de la energización rural.

Fig. 2 Esquema parcial del procedimiento para la decisión final de energización rural.



Fuente. Elaboración propia del autor

Fundamentación del procedimiento propuesto.

2.2.1 Desarrollar un estudio previo de la zona rural a electrificar

Para proponer un proyecto determinado es fundamental efectuar un diagnóstico o “radiografía” de la situación que se está viviendo en la zona donde se aprecia la existencia de un problema o necesidad relacionada con la electrificación.

En general, un diagnóstico debe cumplir dos condiciones, a saber: ser descriptivo, es decir, mostrar todos los elementos reales o visibles que demuestran la existencia de un problema o necesidad (el qué sucede), y la otra, ser explicativo, es decir, debe efectuarse un análisis de la situación (problema o necesidad) de forma que se comprendan las causas que lo originan y las inter-relaciones existentes con otras áreas o sectores (por qué sucede).

Ahora bien, a la hora de desarrollar este estudio se debe tener en cuenta algunos pasos a seguir, ellos son:

- Definir primeramente un grupo de decidores o expertos tales como: ambientalistas, técnicos, políticos, etc., o sea, representantes de los diferentes sectores vinculados a la energización rural; estos ayudarán a la selección de alternativas de suministro energético y conformarán el proceso de la toma de decisión.
- Realizar una caracterización general de la comunidad, como por ejemplo:
 - Distancia a que se encuentra la red eléctrica.
 - Distancia de la zona urbana más cercana.
 - Actividades que realiza. (Económicas-sociales).
 - Cómo está estructurada.
 - Y otros aspectos de interés en cuanto a tecnología y servicios, medio ambiente, organización y también sociedad y economía.
- Caracterizar los capitales o recursos de la zona, identificando además los recursos energéticos iniciales con que cuenta la comunidad.

- Caracterizar los recursos naturales disponibles y utilizables para la obtención de energía renovable y determinar la abundancia e intensidad con que se dispone de ellos.
- Definición de alternativas.
 1. Con base en la caracterización de los recursos de la comunidad, se debe definir un conjunto de posibles soluciones o tecnologías de energización a implementar.
 2. Se debe hacer un análisis exhaustivo de las posibles alternativas. El olvido u omisión de alguna alternativa puede conducir a errores.
 3. Las alternativas deben evaluarse de la misma manera, es decir, todas deben tener las mismas oportunidades de ser escogidas. Si las alternativas son evaluadas con técnicas distintas, o con distinto nivel de profundidad, se estaría incluyendo un sesgo en este proceso evaluativo antes de empezar el proceso de toma de decisiones.

Luego, analizada la zona rural a electrificar por el grupo de expertos en tecnologías energéticas, es necesario contar también con la opinión que los afectados o beneficiados por el proyecto, los pobladores, ofrecen. Esta se obtiene a través de encuestas aplicadas en cada una de las viviendas de la comunidad en estudio, con el objetivo de asegurar la participación e identificación de la población.

2.2.2 Aplicar el Método de Valoración Contingente

Este método se basa en el uso de la técnica de la encuesta. Surgió esta metodología en la teoría económica a mediados de los años 70 del pasado siglo y responde a la teoría de la economía del bienestar y el enfoque microeconómico neoclásico de maximización de la utilidad del consumidor.

Este método permite cuantificar algunas consecuencias negativas o positivas de un proyecto sobre el bienestar de las personas, derivadas del impacto del mismo sobre el medio ambiente; es un método hipotético y directo que se utiliza fundamentalmente en proyectos en los que el producto o servicio generado no posee un mercado. En este se pregunta a una muestra de la población radicada en la zona del proyecto de inversión su disposición a pagar (o a ser compensado) por los beneficios que se espera que produzca el proyecto. Alternativamente, permite también hallar la máxima disposición a

ser compensado por la pérdida de ese beneficio. Para lograr esto es necesario el diseño de un cuestionario que recoja la valoración que las personas otorgan al beneficio que el proyecto va a causar; el procedimiento consiste en simular un mercado para bienes que no lo tienen. Los cuestionarios juegan el papel de un mercado hipotético, donde la oferta viene representada por la persona entrevistadora y la demanda por la entrevistada. De esta forma se pueden valorar los beneficios derivados de una mejora ambiental por la cantidad monetaria que los beneficiarios potenciales estarían dispuestos a pagar por la misma. Igualmente, “los costes derivados de un daño ambiental se valoran por la cantidad de dinero que estarían dispuestas a recibir como compensación las personas afectadas” (Romero, 1994). Existen muchas formas de suministrar una encuesta, pero la óptima es que esta sea administrada de manera personal. Para esto es necesario entrenar a los encuestadores con anterioridad y realizar pruebas, para evitar errores en la obtención de la información.

La teoría de este método es simple, pero su aplicación es complicada. Para obtener buenas cuantificaciones el entrevistador debe evitar una serie de errores que se pueden presentar. Como resultado, la mayoría del tiempo y el esfuerzo debe ser dedicada en el diseño y propia aplicación de la encuesta.

La ventaja del método de valoración contingente es que mide directamente el llamado excedente del consumidor, es decir, la disposición a pagar por encima de lo que el consumidor ya paga; además permite valorar cambios en el bienestar de las personas antes de que se produzcan.

La mayoría de los investigadores que utilizan la valoración contingente optan por utilizar la media como medida de agregación. La media puede utilizarse como estimador de lo que la persona estaría dispuesta a pagar por obtener una mayor cantidad o calidad de un bien y, a su vez, puede multiplicarse por la población relevante para estimar el valor total de tal cambio en el bien.

2.2.3 Garantizar un sistema de información sobre todos los proyectos de energías nuevas y renovables

Para la energización de aquellas zonas no interconectadas a la red eléctrica es prudente garantizar un Sistema de Información que almacene todos los datos precisos de energías nuevas y renovables que apoyen la toma de decisión del proyecto en cuestión.

Un sistema de información se define como un conjunto de funciones o componentes interrelacionados que forman un todo, es decir, obtiene, procesa, almacena y distribuye (datos manipulados) para apoyar la toma de decisiones y el control en una organización. Igualmente apoya la coordinación, análisis de problemas, visualización de aspectos complejos, entre otros aspectos. La información de estos sistemas sirve de apoyo a los mandos intermedios y a la alta administración en el proceso de toma de decisiones.

Los Sistemas de Información resultan una buena opción para la promoción de las Energías Renovables. Estos juegan un papel necesario para convencer con argumentos sólidos, pues son herramientas indispensables, atractivas a la vista, y aportan suficiente información. Además, la tarea de determinar los niveles de potencialidad energética de los recursos renovables requiere manejar y procesar información, así como representar los resultados obtenidos dentro de un marco geográfico.

Tradicionalmente la delimitación de áreas de explotación energética se ha realizado a partir del manejo de la información en forma manual o con programas computacionales que no incorporan el elemento geográfico. Por otro lado, las Energías Renovables se encuentran dispersas a lo largo de los territorios. Por ello, es esencial el uso de un sistema de información geográfico (SIG) para el análisis de la viabilidad de estos proyectos. Luego, es importante definir que es un sistema de información geográfico.

Un sistema de información geográfico tiene como objetivo el registro, actualización y suministro de información geográfica de sitios potenciales de recursos renovables con fines de producción eléctrica, y como objetivos específicos los que a continuación se describen:

- a. Establecer y proponer los mecanismos de recopilación, almacenamiento, administración y divulgación de la información relativa a los recursos energéticos renovables.
- b. Implantar los conceptos científicos y tecnológicos necesarios para asegurar la homogeneidad y consistencia de la información.
- c. Atender solicitudes de entidades nacionales e internacionales sobre los avances en el campo de las energías renovables.
- d. Proponer estrategias de divulgación de la información relativa a las energías renovables.

El uso de la tecnología de los sistemas de información permite manipular una gran cantidad de información de manera precisa y oportuna con un mínimo de tiempo y esfuerzo.

2.2.4 Capacitación a todo nivel, incluyendo usuario, ente suministrador, etc

El objetivo de la capacitación es desarrollar capacidades locales para la difusión de las energías renovables como alternativa para la provisión sostenible de energía en las zonas rurales de manera responsable respecto al medio ambiente.

En la temática de las energías renovables, se deben desarrollar actividades en el campo de la capacitación, con perspectiva integral, buscando que las personas desarrollen habilidades técnicas y socioeconómicas. Esta capacitación debe realizarse, principalmente, buscando responder a objetivos que sitúen al centro la dinámica de la difusión de las energías renovables.

La capacitación que promueve las energías renovables como alternativa para la electrificación rural debe perseguir resultados que permitan que:

- Líderes campesinos conozcan los recursos naturales que pueden ser utilizados para promover un proyecto de electrificación rural.
- Estudiantes, sobre todo de ingeniería, mejoren sus aptitudes académicas y reciban nuevos conocimientos técnicos y sociales.
- Técnicos y profesionales perfeccionen y amplíen sus conocimientos técnicos e incursionen en temas transversales a sus propias disciplinas, como son los temas socio-económico-ambientales, consiguiendo que sus especialidad técnica tome un carácter mas integral.
- Fabricantes y diseñadores intercambien experiencias y conocimientos sobre la fabricación de algunos equipos, posibilitando trabajar respetando los estándares técnicos en la fabricación e instalación.
- Autoridades y políticos conozcan las características de las demandas energéticas de las comunidades rurales, así como sean capaces de establecer algunos parámetros para buscar una mejor aplicación de las políticas energéticas.

El desarrollo de la capacitación en el campo de las energías renovables, permite difundir las energías renovables y constituye una oportunidad de romper con

paradigmas de todo tipo, pues una población educada en este tema garantiza una cooperación efectiva en la explotación y atención de los sistemas energéticos que se instalen.

2.2.5 Valorar las alternativas de electrificación

La generación y el consumo de las energías convencionales causa importantes efectos negativos al medio ambiente, que son considerablemente menores con el uso de las energías renovables, que no producen emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, como sí ocurre con el petróleo, el gas y el carbón, los llamados combustibles fósiles, cuyos impactos son siempre reversibles. Las energías renovables traen consigo ventajas significativas, pues no generan residuos de difícil tratamiento, son inagotables, son autóctonas por lo que disminuyen la dependencia de suministros externos y crean más puestos de trabajo. No obstante, es necesario valorar estas energías desde algunos puntos de vista tales como: composición; costos, tanto de la tecnología a implementar como de mantenimiento (limpieza y conservación, piezas, etc); así como de las afectaciones que pueda ocasionar con su llegada. Y dependiendo de esto es que se puede elegir con certidumbre una de las alternativas posibles de electrificación aplicables a las diferentes zonas rurales, según sus recursos.

A continuación se procede a valorar algunas alternativas de energía renovable desde los puntos de vista antes mencionados. Es menester saber también que mientras más se especifique en este tipo de valoraciones, será aún más eficiente la elección y contribuirá a una mejor toma de decisión. Lo que sigue es solo un ejemplo de cómo se desarrollaría este aspecto del procedimiento.

Energía solar

La energía solar se obtiene directamente de la radiación del Sol, o sea, las radiaciones solares son la materia prima para adquirirla. El sistema de aprovechamiento de la energía del Sol para producir energía eléctrica se denomina conversión fotovoltaica, y a través de la instalación de estos sistemas fotovoltaicos es que se logra aprovechar los recursos de zonas abundantes en ellos, sobre todo en países tropicales, pues para su instalación se necesita contar con altos niveles de insolación, y por ende, depende de la ubicación geográfica del territorio. En Cuba existen 4000 puntos aislados en zonas montañosas que aprovechan la luz del Sol para producir electricidad.

Estos sistemas fotovoltaicos están compuestos por:

- Semiconductores.
- Celda fotovoltaica.
- Módulo fotovoltaico.
- Banco de baterías.
- Regulador de carga de baterías.
- Inversor de corriente continua a corriente alterna.

Y dependiendo de su tamaño y de su aplicación, es que varía el costo de ellos. En instalaciones donde se consumen más de 5 KW diarios, se puede estimar un costo de 3000 dólares por cada KW diario que se necesite, especialmente en los meses de invierno. Los sistemas más pequeños cuestan más por KW. Además, el ahorro en costos de mantenimiento es palpable, pues no tienen que ser necesarios, los paneles solares no tienen piezas móviles y se limpian con la lluvia. Aunque no se debe descartar los costos de flete e instalación, así como los de la obra civil ; dependiendo estos de la potencia de las instalaciones.

El impacto ambiental que tienen es nulo, pues la energía solar no produce desechos, ni residuos, basuras, humos, polvos, vapores, ruidos, ni olores.

Energía eólica

La fuente de energía eólica es el viento y su aprovechamiento se realiza mediante el empleo de Molinos de Vientos y Aeroturbinas (Aerogeneradores), que pueden ser de muy diversos tamaños y potencias, y cuando se instalan colectivamente, se conoce con la denominación de "Parque Eólico".

La composición del dispositivo capaz de realizar la conversión de la energía denominado aerogenerador consiste en:

- Rotor
- Torre
- Cimientos
- Controles
- Generador
- Buje

- Palas

Para la instalación de estos sistemas aerogeneradores se necesita contar con buenos recursos eólicos: áreas costeras, cumbres de largas pendientes, terrenos abiertos (valles que canalicen los vientos), o sea, zonas con alta intensidad de vientos.

En cuanto a la energía eólica, no contamina, es inagotable, contribuye a evitar el cambio climático. Es barata y rentable. Su utilización para la generación de electricidad no incide sobre las características fisicoquímicas del suelo, ni provoca su erosión; tampoco altera los acuíferos. No produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero; no destruye la capa de ozono, ni crea las lluvias ácidas. Y muy importante, reduce los costos de generación por el consumo del combustible Diesel.

Sin embargo, precisa de determinados emplazamientos: cerros, colinas y otros aspectos mencionados, por lo que altera el paisaje; produce cierto ruido, y podría, en caso de no adoptarse medidas al respecto, provocar alguna mortandad entre las aves, que pudieran chocar contra las aspas. En el caso de los parques eólicos marítimos estos sistemas serían obstáculos para la actividad pesquera, para aspectos medioambientales, principalmente los pasos de aves migratorias, y las zonas de pesca, para el tráfico aéreo y marítimo, para la explotación del turismo y para las comunicaciones submarinas y cables de potencia, así como para las corrientes submarinas. La posibilidad de instalar estos parques eólicos marítimos en Cuba no está cercana, pues los costos aún son altos y la experiencia en la instalación y explotación de parques terrestres es incipiente, ya que se encuentran en funcionamiento tres parques eólicos en el país. Los costos de instalación de un sistema de energía son de 30000 a 35000 dólares ya instalado, sin incurrir en costos de transporte y otros costos asociados. Estos costos son bastante estables, pues estas plantas no dependen de combustible alguno.

Energía Hidráulica

La energía hidráulica se obtiene de la energía potencial del agua. Por eso para la instalación de centrales hidroeléctricas o minihidroeléctricas se depende de la presión del agua y esta a su vez del volumen de agua que fluye por unidad de tiempo y de la altura de caída. Depende además para su aprovechamiento de la topografía del terreno y de los cauces de agua. Estas centrales están compuestas principalmente por:

- Rodete.

- Cámara de entrada.
- Tubo de aspiración.

Y dependiendo del tipo de central o turbina que se utilice podrá tener otras piezas no mencionadas.

La instalación de estos sistemas hidroeléctricos tienen altos impactos a nivel regional y local, incurriendo en grandes costos por las modificaciones que producen en su medio físico, biótico y socioeconómico. Los embalses acarrearán pérdidas significativas de biodiversidad y alteran los ecosistemas fluviales, provocan cambios en las características del agua como su temperatura, grado de oxigenación debido a modificaciones en el caudal del río, desplazan personas con sus consecuentes problemas sociales, ocasionan pérdida de yacimientos arqueológicos o de interés cultural y acrecientan la incidencia de enfermedades de origen hídrico.

Energía de la Biomasa

La fuente para la obtención de energía de la biomasa son los residuos animales o vegetales. Los usos de esta en aplicaciones energéticas son principalmente la producción de gas, energía calórica (térmica) y energía eléctrica. Y desde el punto de vista mencionado (energético), la biomasa se puede aprovechar de dos maneras: quemándola para producir calor o transformándola en combustible para su mejor transporte y almacenamiento.

Un sistema de obtención de energía de biomasa quemada se compone de:

- Incinerador de parrilla
- Caldera
- Generador

La biomasa es una fuente renovable de bioenergía, la cual se presenta en una gran variedad de formas: biocombustibles sólidos (leña, carbón vegetal, residuos agrícolas y forestales); cultivos energéticos (caña de azúcar y plantas oleaginosas para bioetanol o biodiesel); o residuos municipales, excretas animales y desechos de rastros (para obtener biogás). En Cuba los cultivos energéticos han sido uno de los más aprovechados; por ejemplo, la industria azucarera se autoabastece de la energía extraída de la biomasa de la caña de azúcar.

La fase de recolección, manejo y transporte de los residuos suponen la fase crítica a la hora de establecer su disponibilidad y coste.

Energía Geotérmica

La energía geotérmica es aquella que se obtiene del calor natural interno de la Tierra y que puede ser extraída y utilizada a partir del agua, gases y vapores calientes, o a través de fluidos inyectados artificialmente para este fin. Esta energía puede ser utilizada para la producción de energía eléctrica a partir del vapor natural de la tierra.

Hay dos tipos fundamentales de áreas térmicas: hidrotérmicas, que contienen agua a alta presión y temperatura almacenada bajo la corteza de la tierra en una roca permeable cercana a una fuente de calor; y sistemas de roca caliente, formados por capas de roca impermeable que recubren un foco calorífico. Para aprovechar este último se perfora hasta alcanzarlo, se inyecta agua fría y ésta se utiliza una vez calentada. Esto suele ser en lugares de altas temperaturas, especialmente zonas volcánicas (con temperaturas de 100, 200 o 300°C). También se aprovecha la energía de los géiser.

En la actualidad los reservorios hidrotérmicos son los más aprovechados para fines energéticos, en particular en generación eléctrica. Los elementos esenciales que determinan su conformación son:

Existencia de una fuente de calor no muy profunda y cercana al reservorio. Esta fuente de calor puede producirse por la actividad volcánica o por la interacción entre dos placas tectónicas.

Presencia de formaciones geológicas permeables que contenga el reservorio.
Presencia de estructuras geológicas sobre el yacimiento, que actúen como una capa sello, impermeable, favoreciendo la conservación del calor y la presión del reservorio.
Existencia de un área de recarga hídrica del reservorio, que condiciona la característica renovable del recurso geotérmico.

Los usos medicinales y turísticos es la forma más antigua de aprovechamiento de la energía geotérmica. Además, dependiendo de su entalpía, tiene aplicaciones en: calefacción de viviendas, usos agrícolas, piscicultura, usos industriales y generación de electricidad.

Para la instalación de una central generadora de electricidad se incurren en costos de :

- Hacer caminos de acceso.
- Exploración de la zona.
- Equipamiento de los pozos y vaporductos.
- Perforación.
- Construcción de la central generadora.
- Construcción de subestación y líneas de transmisión.
- Operación y mantenimiento del campo geotérmico.
- Operación y mantenimiento de la central.

Energía proveniente de los océanos

La energía que proviene de los océanos se obtiene de la energía de las mareas, de la energía de las olas y de la energía térmica que posee el océano.

La primera es sólo aprovechable en caso de mareas altas, la segunda aprovecha la energía concentrada en las costas por el oleaje y la última aprovecha la diferencia de temperatura, llamados gradientes térmicos oceánicos, entre el agua de la superficie y el agua que se encuentra a 100 m de profundidad. En las zonas tropicales esta diferencia varía entre 20 y 24 °C. Pero es suficiente una diferencia de 20°C.

Los costes de inversión para el aprovechamiento de la energía oceánica tienden a ser altos con respecto al rendimiento, debido a las bajas y variadas cargas hidráulicas disponibles. También suponen construcciones demasiado costosas, pero los mayores costos para la construcción de estas centrales, no se centra solamente en coste de la energía producida, si no, en el impacto ambiental que generan. No obstante, la obtención de estas fuentes de energía traen ventajas tales como: alimentos y agua potable, debido a que el agua fría profunda es rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Ahora bien, conociendo los componentes de cada tipo de de generador de energía renovable vistos en este acápite es preciso comentar que se trata del análisis de sistemas híbridos de manera que se pueda llevar el servicio de la energía a un mayor número de habitantes, lo que implicaría entonces analizar la combinación de estas fuentes de manera que se optimice los capitales para garantizar la sostenibilidad de la comunidad. (Puede ser explicable si se dice que existen comunidades donde el servicio

de paneles fotovoltaicos garantizan el servicio de las escuelas y los consultorios médicos, pero se trata de pensar además de brindar energía para la cocción de alimentos en los hogares y el disfrute del alumbrado en las casas).

El conocer cada una de estas fuentes de energías renovables y analizarlas desde los puntos de vista ya mencionados, lleva también a un análisis económico para conocer los flujos asociados a cada alternativa, utilizando para esto herramientas como el VAN que permiten visualizar la rentabilidad de un proyecto. El sistema computacional SURE es también una buena herramienta para este análisis, pues analiza los sistemas híbridos para llegar a la elección de una alternativa. Pero la idea real que se quiere proponer es el análisis económico de la combinación de varias alternativas con el objetivo de evaluar su factibilidad o no en las comunidades rurales, analizando por demás desde el punto de vista de los recursos o capitales de la zona que puedan ser beneficiados con dicho híbrido.

Un ejemplo de esto es la propuesta de proyecto de prueba de la comunidad "El Guiral", ubicada en la región montañosa del Municipio "El Salvador" en la provincia de Guantánamo, donde se considera la electrificación por medio de Sistemas Fotovoltaicos para las 27 viviendas existentes, combinado a un Biodigestor para aprovechar energéticamente los residuales orgánicos de la crianza de animales estabulados. Esta fusión o híbrido aumenta los beneficios en la comunidad y evidencia la accesibilidad a los diferentes capitales.

Desde el punto de vista del capital Natural este sistema híbrido beneficia el medio natural, pues elimina las emisiones de gases y los vertimientos de hidrocarburos al suelo con la eliminación de la planta eléctrica diesel. Disminuyendo así el consumo de leña, lo que conlleva al ahorro de 51 m³ por familia al año. Esto trae el incremento de la cubierta boscosa, que a largo plazo producirá frutales, madera e incrementará la producción de miel. Además, se elimina la emisión de 50TM de Dióxido de Carbono por la disminución del uso 1620 litros de combustible anualmente.

Desde el punto de vista del capital Humano el sistema híbrido permite el entrenamiento y la preparación del personal (operadores y grupos de usuarios), así como de los miembros de la comunidad en el correcto uso, operación, mantenimiento, preservación, custodia y protección de estos sistemas. Además, permite la capacitación de los comunitarios para el manejo sostenible de sus recursos naturales y para la educación ambiental de la comunidad y los actores locales con relación a la protección del medio

ambiente, los cambios climáticos, el uso eficiente y ahorro de la energía, y el uso de tecnologías apropiadas.

Desde la perspectiva Social permite la participación popular que asegura la efectividad en la toma de decisiones de la comunidad en todas las fases del proyecto. También el sistema híbrido trae consigo la generación de empleo, mejorando las condiciones de vida, así como de higiene de los alimentos con la eliminación del humo, el calor; y por ende, se mejora la salud de los pobladores con la mejora de las cocinas de biogas. Con la construcción del Biodigestor se pretende beneficiar la familia en la cocción de alimentos, alumbrado y refrigeración. Además, se puede destacar que las acciones que como parte del proyecto se acometan en este asentamiento abarcan a todos sus habitantes, bajos los principios de equidad y justicia social e igualdad de oportunidades, unido a la ausencia de cualquier tipo de discriminación por razón de clase social, territorio, raza, sexo y religión. Y todos estos aspectos coadyuvan a la disminución de las migraciones del campo para la ciudad.

Desde la mirada del capital Físico se logra que las 27 viviendas construyan su cocina eficiente, debido a la intalación de un biodigestor familiar de 5 metros cúbicos. Contando para su construcción con los medios propios de la comunidad y el apoyo de las familias.

Y desde el punto de vista Financiero este híbrido contribuye a la disminución del uso 1620 litros de combustible anualmente, y disminuye el consumo de leña, la cual se puede utilizar con otros fines a largo plazo. Aunque no es menos cierto, la implementación de este híbrido contribuye también a costos que deben ser presupuestados. Al final se presenta un anexo que tiene la intención de coadyuvar a la mejor comprensión de lo antes expuesto en este punto de vista (Anexo 1).

2.2.6 Aplicación del método de Análisis Multicriterio y ordenamiento de las alternartivas

El análisis multicriterio es una herramienta adecuada para tomar decisiones que incorporan conflictos sociales y económicos, así como objetivos de conservación del medio ambiente¹⁵. El análisis multicriterio busca integrar las diferentes dimensiones de una realidad en un solo marco de análisis para dar una visión integral y de esta manera tener un mejor acercamiento a la realidad.

¹⁵ Falcón, Fander. (2002) Economía y Desarrollo Sostenible ¿Matrimonio feliz o divorcio anunciado? El caso de Ecuador. FLACSO.

Ahora bien, antes de continuar es necesario definir que es un Criterio.

Un criterio es la base para la evaluación. Es una función que asocia cada acción con un número ("número" en este contexto significa cualquier tipo de escala de criterios, cuantitativa, cualitativa, estocástica o difusa). Formalmente, un criterio g es una función definida en el conjunto A de acciones potenciales de modo que la comparación de dos números $g(a)$ y $g(b)$ permite describir el resultado de la comparación de a y b relativa al punto de vista subyacente en la definición g .

Dentro de este análisis se encuentran métodos, que ventajosamente permiten considerar un amplio número de datos, relaciones y objetivos, que generalmente están presentes en un problema de decisión específica del mundo real, de tal modo que el problema de decisión a manejar, puede ser estudiado de una manera multidimensional.

Entre ellos se encuentran: el proceso analítico jerárquico (AHP), métodos cualitativos y fuzzy, método REGIME, método NAIADE (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments).

Algunos de estos métodos suelen ser discretos, o sea, para la toma de decisiones se basan en modelos multiobjetivos discretos.

Un modelo de toma de decisiones multiobjetivo discreto, consiste en una serie de posibles alternativas a implementar A_1, A_2, \dots, A_n , en un conjunto de criterios u objetivos de decisión Z_1, Z_2, \dots, Z_m , frente a los cuales se requiere evaluar dichas alternativas, para posteriormente elegir una de ellas.

En procesos reales de toma de decisiones de este estilo, es bastante común encontrar que para el decisor, no todos los criterios u objetivos que definen su problema tienen la misma importancia o relevancia. Es decir que según sus preferencias, al decisor eventualmente le podría interesar más obtener niveles de logro mejores en unos objetivos que en otros. Dichas preferencias pueden ser expresadas de diversas maneras: niveles de aspiración, funciones de valoración o utilidad, pesos de importancia relativa, entre otros, siendo esta última, la forma más comúnmente aceptada y utilizada por los decisores.

El problema de cómo asignarle los pesos a los objetivos, ha sido, y es, uno de los temas de estudio de mayor importancia dentro del mundo de la toma de decisiones multiobjetivo, debido a que la mayoría de métodos de análisis multiobjetivo (AMO) están fuertemente ligados a dicho parámetro.

Para la asignación de los pesos de importancia relativa, se ha desarrollado una amplia gama de procedimientos basados en métodos de asignación que pueden ser directa o indirecta.

Los métodos de asignación directa son aquellos en los que el decisor asigna directamente los pesos a los objetivos . Como estos tenemos:

- El método de ordenación simple (ranking) de Kendall (1970).
- El método de asignación probabilística de Rietveld (1984).
- El método de tasación simple de von Winterfeldt y Edwards (1986).
- El método de comparaciones sucesivas de Churchman y Ackoff (1954).

Los métodos de asignación indirecta, son aquellos que pretenden inferir la estructura de preferencias del decisor a partir de comparaciones pareadas ya sea entre objetivos o alternativas. Como estos tenemos:

- El método AHP o Análisis Jerárquico, ideado por Saaty (1970).
- El método de compensación y el método del vaivén (Romero y Pomerol, 1997).ç
- El método de la entropía de Zeleny (1982).

Estos métodos pueden ser fácilmente utilizables por todo tipo de decisores, expertos y no expertos en el tema de la toma de decisiones multiobjetivo. Su uso cobra mayor pertinencia o relevancia, en la medida en que el tamaño del problema sea mayor (número de objetivos y alternativas). Ya que, mientras mayor sea éste, mayor complejidad tendrá, y más difícil será identificar dichas interrelaciones por los decisores.

El NAIADE es un método multicriterio discreto, cuya matriz de impacto (o evaluación) puede incluir medidas claras, estocásticas o indefinidas del desempeño de una alternativa con respecto al criterio de evaluación, por tanto, éste método es muy flexible para aplicaciones del mundo real. También es muy utilizado en la evaluación ambiental integrada, pues tiene como objetivo evaluar y fijar instrumentos económicos de gestión ambiental y frente a decisiones monocriteriales, plantear una integración de instrumentos en un Análisis Multicriterio de carácter participativo. Este método es muy utilizado en varios países para la toma de decisiones en términos de energía renovable, por ende, es bien aplicable a la realidad cubana en cuanto a energización rural.

Para la aplicación de un método multicriterio, en este caso: NAIADE, hay que seguir una serie de pasos que ayudan a aplicar de manera eficiente el método.

1. Definición del problema y de los objetivos que se persiguen con el proyecto.
2. Construcción de la matriz de impacto (criterio/alternativa).
3. Definición de indicadores o empleo de indicadores ya definidos. En este caso los indicadores a tratar serían: Capital Humano, Social, Natural, Físico y Financiero, aquí habría entonces que analizar las variables que conformarían al capital para que puedan ser medidas según el proyecto que se este evaluando. Para el análisis multicriterio debería entonces definirse que criterios deberían minimizarse y cuales maximizarse (maximización de la calidad de vida, del consumo de energía y minimización del desempleo, pueden ser ejemplos de un proyecto a tratar)
4. Correlación de indicadores. Se trata de hallar la correlación entre indicadores y la redundancia que puede existir entre algunos para evitar distorsionar la toma de decisiones.
5. Fuentes de información. Hacer un estudio de las fuentes de información que pueden enriquecer la búsqueda de datos tanto primarios como secundarios para enriquecer el trabajo.
6. Comparación en pares de los distintos indicadores. La comparación entre las evaluaciones del criterio de cada par de acciones se realiza por medio de la distancia semántica (en este estudio de evaluación numérica, existe una diferencia entre cada par de números). Esta comparación se basa en las siguientes seis relaciones de preferencia, las cuales deben ser definidas de la siguiente manera:
 - >> “mucho mejor que”
 - << “mucho peor que”
 - > “mejor que”
 - < “peor que”
 - ~ “aproximadamente igual a”
 - = = “igual a”

La construcción de estas seis relaciones requiere el uso de umbrales se basan en el desarrollo histórico de cada indicador, en un esfuerzo por mantener una consistencia con los capitales que se traten.

7. Definición de alternativas (relacionadas a diferentes escenarios que pueden presentarse). Pueden tomarse fechas o momentos en los que se desarrolla el estudio y desarrollar análisis comparativo. Aquí la alternativa puede referirse a varios periodos a analizar.
8. Resultados según alternativas
9. Análisis de sensibilidad.

El desarrollo del análisis multicriterio requiere del análisis estadístico para obtener la información necesaria a partir de los cuestionarios y la muestra elegida, el empleo del SPSS puede ayudar a determinar la confiabilidad de la muestra elegida y al procesamiento de datos así como determinar la correlación entre variables.

2.2.7 Marco legal y normativo

En cuanto a energización rural, la ley, tiene como objeto establecer el marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y el desarrollo sostenido de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país. La ley, declara la necesidad nacional y utilidad pública de electrificación en zonas rurales del país con el objeto de contribuir al desarrollo socioeconómico sostenible, para mejorar la calidad de vida de la población y desincentivar la migración del campo a la ciudad.

En Cuba se han aprobado algunas leyes que apoyan a la sostenibilidad del sector rural, el cuidado y conservación de los recursos naturales, así como medio ambiente en general. Por ejemplo, en 1997 se aprobó por la Asamblea Nacional del Poder Popular la Ley 81 del Medio Ambiente, aún en vigencia y con ella:

- Se reafirma el patrimonio de la nación sobre los recursos naturales y el medio ambiente en general y se formulan los principios en que se basa su gestión.
- Se define el marco institucional, especificándose las obligaciones, atribuciones y funciones de las personas naturales y jurídicas en la protección y uso racional del medio ambiente.
- Se regulan los instrumentos de la política y la gestión ambiental.

- Se establecen las esferas específicas de protección del medio ambiente e identifican las acciones pertinentes en cada caso.

También se han creado organizaciones que apoyan este proceso de energización, tales como:

- Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía (CUBASOLAR).
- Centro Coordinador para el Desarrollo Local Sostenible (CODELS).
- Delegación Territorial del Ministerio para la Inversión Extranjera y la Colaboración Económica (MINVEC).
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

En fin, los aspectos organizacionales y el Marco legal y normativo, en el cual se inserta un proyecto, tiene mucha importancia para el éxito del cumplimiento de los objetivos planteados en un proyecto y garantizan la protección y conservación del medio, por lo que se debe desarrollar nuevas leyes y organizaciones que contribuyan al marco legal y normativo para la energización rural, ya que en el país es un aspecto incipiente.

2.2.8 Aplicación del Sistema Computacional SURE. (A Decision Support System for Rural Energy)

El sistema computacional SURE fue creado con el objetivo de facilitar la toma de decisiones en proyectos de energización rural. Otra de las facilidades que brinda es que permite evaluar el impacto de la opción energética existente en la comunidad sobre los diferentes recursos de esta.

Este sistema está dirigido específicamente a ser aplicado en comunidades rurales aisladas no electrificadas o parcialmente electrificadas.

En SURE se trata el análisis a partir de la consideración de los 5 pilares o capitales básicos antes mencionados.

Estos capitales (pilares) permiten visualizar gráficamente el estado de desarrollo y de calidad de vida de una población, ya sea actual o futura (luego de implementar algún proyecto de desarrollo). La representación gráfica de los pilares se hace a través del pentágono (Figura #1). El pentágono de capitales se creó dentro de la teoría de los Modos de Vida Sostenibles, para facilitar la presentación visual de la información sobre

los activos de los pueblos, poniendo de presente algunas interrelaciones entre los distintos activos. La forma del pentágono muestra esquemáticamente las variaciones en el acceso de los pueblos a los activos. Donde el punto central del pentágono, que muestra las distintas líneas, representa el acceso cero a los activos, mientras que el perímetro externo representa el acceso máximo a los mismos. Partiendo de esta base, pueden diseñarse pentágonos con formas diferentes para las distintas comunidades o grupos sociales dentro de las comunidades.

Para determinar la dimensión entre un capital y otro la estrategia empleada en este sistema basada en la selección de indicadores y factores de estos con vistas a una correcta toma de decisiones parte de la aplicación de cuestionarios que le permiten obtener una información general acerca de la vida doméstica, estudiándose dentro de esta los aspectos socio-económicos, tecnológicos, medioambientales, de organización o planeamiento y política. Por otra parte analiza en el gobierno municipal o local aspectos tratados con los bienes de la comunidad, desarrollo económico, y energético e incluido en este lo relacionado con el medio ambiente, organización y servicio, en este cuestionario se considera además el sectores de servicios económicos y comunitarios donde se analiza aspectos relacionados con la gestión del servicio y tarifa, potencial de mayor producción y energía, capacitación, alternativas energéticas e igualmente la temática de medio ambiente.

El sistema que se analiza posee un segundo momento de aplicación de cuestionarios donde se perfilarían las preguntas participativas que complementarían los valores de parte de los factores (pertenecientes a cada indicador) necesarios a introducirse en un modelo multicriterio para una correcta toma de decisiones.

El sistema computacional SURE analiza los sistemas híbridos para llegar a la elección de una alternativa: la más óptima. Mas, la idea del procedimiento que se propone en este trabajo, es que se analice la combinación de estos sistemas como alternativas eficientes y sustentables para una comunidad rural carente de cualquier servicio eléctrico. Pero debido a una de las limitaciones que se oponen: el tiempo, será un elemento a tratar en futuras investigaciones.

2.2.9 Analizar fuentes que permitan el financiamiento

Durante la fase de evaluación de un proyecto se debe hacer un estudio de planeación financiera y de las fuentes de financiamiento disponibles.

Debe hacerse un análisis general de las posibles fuentes de financiamiento nacionales o externas (multilaterales, bilaterales) y otro tipo de fuentes (recursos de la comunidad, municipio, organizaciones comunales, etc.) que posibilite financiamiento, con el fin de identificar aquellas que presenten mejores condiciones (plazos, tasa de interés) para el proyecto.

Las modalidades de financiamiento de proyectos son de varios tipos siendo los más frecuentes los siguientes:

- Financiamiento a través de agencias financieras nacionales e internacionales.
- Financiamiento de recursos públicos (gobierno central, municipios), a través de asignaciones y transferencias presupuestarias.
- Ahorros propios de las instituciones, casos de empresas y organismos.
- Financiamiento de parte de la Banca Nacional e Internacional.
- Aporte de organizaciones internacionales (Ej: PNUD).
- Aporte de la comunidad e instituciones de la sociedad civil.

La fuente de financiamiento más utilizada en Centroamérica, es el crédito bancario nacional internacional, aunque también existen otras posibilidades como la emisión de certificados, ventas de acciones, ventas de activos, entre otras.

Cada una de las fuentes de financiamiento analiza y decide en combinación con el organismo promotor del proyecto como se realizarán los desembolsos y en que tipo de moneda; ya sean fuentes externas o gubernamentales, en moneda local o extranjera. En Cuba existen dos tipos de monedas locales: CUC y CUP, y los gastos se pagan en moneda nacional, en moneda convertible o en la combinación de ellas por fuentes del gobierno. En el caso de que existan fuentes externas se utiliza la moneda extranjera o la combinación con una moneda local, para bienes y servicios importados.

Además de las fuentes de financiamiento es necesario hacer una programación de los desembolsos del proyecto, la que se hace en base a las necesidades financieras que tiene el proyecto.

Finalmente, se debe hacer un resumen de costos del proyecto o de uso de fondos, el cual sirve de información a los inversionistas de como se invertirán los recursos así como el cumplimiento de los objetivos.

2.2.10 Existencia de una organización estructurada para manejar la implementación de los proyectos

Para el manejo e implementación de los proyectos pueden considerarse diferentes alternativas de organizaciones. Dentro de las varias modalidades institucionales se pueden mencionar, de una manera general, las siguientes:

- Solución institucional mediante la asimilación del proyecto a una empresa, o a una entidad o dependencia ya existente. Coordinación interinstitucional entre varias entidades u organismos existentes, estableciendo las responsabilidades que cada uno llevaría a cabo en relación con el mismo, teniendo como resultado la definición de una matriz de responsabilidad institucional (tareas-responsabilidades).
- Creación de una entidad específica u organización para la ejecución y administración del proyecto.
- Contratación de la ejecución del proyecto (o de alguna de sus partes) con otras entidades. Esta modalidad puede darse en combinación de las otras alternativas.

Para cada proyecto deberá examinarse el ambiente institucional, y proponer la solución organizativa que mejor responda a factores como volumen, complejidad tecnológica, antecedentes de capacidad y eficiencia dentro del organismo (ministerios, municipios, empresas). Los criterios del mínimo costo institucional, y de eficiencia administrativa deben inspirar la solución organizativa y gerencial para el proyecto.

2.3 Conclusiones Parciales

1. La obtención de energía a través del petróleo supone el control monopólico por parte de las grandes trasnacionales del petróleo, haciendo una tarea difícil la competencia a otras fuentes de energías limpias y renovables, necesarias para lograr metas locales en aquellas comunidades rurales incluidas en el tercio de la población mundial, hoy todavía carente de servicios energéticos.
2. La mejora de la eficiencia energética y el crecimiento sustancial de las fuentes de energías renovables, son elementos de estrategia económica, social y medioambiental.

3. Para la toma de decisión entre las diferentes alternativas de suministro energético a comunidades rurales, es necesario un procedimiento de evaluación técnico económico en sistemas híbridos de generación de electricidad con el objetivo de obtener la alternativa óptima o la combinación de varias alternativas para evaluar si son factibles o no.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. La energización de zonas rurales aisladas carentes de electricidad constituye un elemento esencial para desarrollar oportunidades a las comunidades desde el punto de vista de sus recursos o capitales, considerando que en Cuba alrededor de 150 000 a 200 000 habitantes viven en zonas rurales aisladas no electrificadas.
2. La energía renovable constituye una alternativa eficiente y sustentable para la electrificación rural, en especial aquellas zonas carentes de este servicio y que presentan este tipo de recursos que pueden ser bien aprovechados y aplicables en cuanto a energización rural.
3. En la toma de decisiones la creación de un procedimiento para el análisis técnico económico de sistemas híbridos de generación de electricidad, constituye una herramienta a los investigadores. Dotar a estos de esa herramienta ha sido objetivo esencial de este trabajo.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el contenido de esta investigación como material de consulta para estudiantes y profesores de las ramas económicas, así como para decisores en proyectos de energización.
2. Profundizar teórica y prácticamente en el estudio del método NIADE, utilizado para la toma de decisiones en términos de energía renovable, y bien aplicable a la realidad cubana en cuanto a energización rural.
3. El sistema computacional SURE abra sus posibilidades para formular y analizar la combinación de sistemas híbridos como alternativa eficiente y sustentable para las comunidades rurales carentes de cualquier servicio eléctrico.
4. Aplicar el procedimiento propuesto, cuyo propósito es ayudar a la toma de decisiones por parte de todo tipo de decisores, expertos y no expertos en el tema de la energización rural, de tal forma que éstos tengan más herramientas y argumentos para hacer la toma final de sus decisiones en el campo de la energización rural.



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

Acuerdo de Río de Janeiro denominado Agenda 21, firmado por todos los Estados participantes en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Brasil en junio de 1992.

Alcor Cabrerizo, Enrique. "Instalaciones de energía solar fotovoltaica". Edit. PROGENSA, 1985.

alex@cien.energía.inf.cu

Anónimo: Aerogeneradores [online]. 9 de abril 2004. Disponible en Internet en: <http://www.ciencia.net/VerArticulo/?idTitulo=Energia> eólica Anónimo: Batería de plomo. Acumulador de plomo [online].

Anónimo: Baterías [online]. 2005. Disponible en Internet en: <http://www.automodelismo.com/nicd.htm>

Ávila Prats, Deivis. Tesis presentada en opción al grado académico de Master en Termoenergética Industrial. "Análisis preliminar de factibilidad técnico-económico para la construcción de un parque eólico en la provincia de Matanzas". Tutor Dr. Ing. Conrado Moreno Figueroa. Msc. Ing. Juan I Véliz Alonso, Universidad de Matanzas,

Brealey R. A. and Mayers S. C. "Fundamentos de Financiación Empresarial".

CD del III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica CIDIM '97. ISPJAE, 23 al 26 de septiembre de 1997, La Habana, Cuba. Diseño y Edición © infoMASTER ®.

conrado@ceter.cujae.edu.cu

DFID(Departament for International Development).1999^a. "Hojas Orientativas sobre los Modos de Vida Sostenibles".-Sección 1. Introducción.

DFID(Departament for International Development).1999^a. "Hojas Orientativas sobre los Modos de Vida Sostenibles".-Sección 2: MARCO. Tomado de: <http://www.livelihoods.org/info/guidancesheets.html>

DFID(Departamento para el Desarrollo Internacional) 2000. "Guías sobre Medios de Vida Sostenibles(MVS)".Sección 4:MÉTODOS. Tomado de <http://www.livelihoods.org/info/guidancesheets.html>

DFID, "Artículo sobre la complementariedad de los activos de la comunidad", 1999b. Disponible en Internet en: <http://fai.unne.edu.ar/webquimica2/batplomo.htm>

Foro Social, Porto Alegre, Brasil, enero de 2001.

Gabriel Cruz Cerón. "Valoración de bienes y recursos ambientales y naturales: el problema de la medición", I.A., Esp., M.Sc. Doctor en Ciencias Económicas.

<http://pnud.org.ve/IDH99/Capítulo1.html>

<http://www.efemeridesvenezolanas.com/htm/ciccu2.htm>

<http://www.electrificacionrural/por Rolando Zanzi>.

http://www.infodes.org.pe/img_upload/1f198af9ea53d6893162afb44079f14/05 CEDECA P_1.pdf

<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi98/Energía-Vs-Ambiente/arlefune.htm>

<http://www.pnud.org.ve/IDM99/Capitulo1.htm>

<http://www.re.sandia.gov/sp/pu/bl/4/nl4-rt.htm>

<http://www.tecnologiasrenovablesenelctrificacionrural.com/Energia.htm>

<http://www.vanguardia.co.cu/index.php?tpl=design/secciones/lectura/portada.tpl.html>

<http://www.formasdevida.com/SDGateway/Introduccion>

isaac@oc.une.cu

Leiva, Guillermo, Art. "Sistema híbrido-fotovoltaico". Revista Energía y tú. Cuba Solar, Cuba. No. 18 (Enero-Marzo), Pág. 11-14, 2002.

Más información (rolando@ket.kth.es)

Menéndez, Mercedes. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. "Diseño de sistemas híbridos eólico-fotovoltaico par la generación de electricidad en instalaciones auto sustentables de pequeña capacidad en Cuba". Tutor Dr. Ing. Antonio Sarmiento Sera, ISPJAE, 2001.

Naredo, José Manuel. *Economía y sostenibilidad: economía ecológica en perspectiva*. Red AL y C la hemeroteca científica en ciencias sociales. WWW. Redalyc.com

Rodríguez gómez, María. "Experiencia en Santa María de Loreto". Centro de Investigaciones de Energía Solar. Santiago de Cuba. 2006.

Weston, J.F "Fundamentos de Administración Financiera".

Wolfgang, Krug. "Prácticas Introdutorias a las Energías Renovables" CD-ROOM.
Edición alemana, Enero de 1997, Hermann Josef Buchkremer, Rector FH Aachen.
Edición española, Octubre 2001.

Zanzi, Rolando. Artículo "Electrificación Rural ". 2003.



ANEXOS

Anexo No. 1

Costos de la implementación del sistema híbrido fotovoltaico con el biogás.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (CUC)	Aporte Externo (CUC)	Contravalor (Aporte Local) (MN)
Equipamiento para la electrificación				
Modulo Fotovoltaico l-100wp12v	54	394.35	21 294.90	702,00
Batería de 6V 190 AH	108	70.73	7 638.84	221,90
Base aluminio para 4 baterías	27	6.36	171.72	76,50
Luminarias fluor TL115 12V 15W c/witch	27	35.73	964.71	101,10
Regleta industrial	108	10.36	1 118.88	111,89
Lampara 20 W	108	1.02	110.16	11,02
Armario de metal 400x300x150 cof/reg. e inv.	27	177.04	4 780.08	72,40
Kit de Cables Accesorios	27	142.73	3 853.71	78,50
Sub Total Electrificación		838.32	39 933.00	1 375.31
Materiales construcción de Biogás				
Cemento	70	4,86	340.20	6,90
Bloque de 15 cm	250	0,32	80,00	2,30
Ladrillo macizo	500	0,15	75,00	2,10
Acero 3/8 (Kg)	100	0,39	39,00	1,10
Acero 1/4 (Kg)	21	0,96	20,16	0,60
Alambre de amarre (Kg)	10	0,79	7,90	0,20
Diluyente (Gls)	1	7,94	7,94	0,20
Tubo PVC 1/2 (M)	100	1	100,00	1,40
Tubo PVC 4" (U)	20	1,72	34.40	1,00
Cocinas Domestica	2	21,3	42.60	1.20
Sub Total Biogás			747.20	17.00
Construcción Cocinas Eficientes				
Ladrillos Macizos	5400	0,14	756,00	21,6
Cemento	81	4,86	393.66	39.37
Losa Cerámica (M)	54	10,25	553,50	15,80
Acero 5/8 (M)	202.46	0,95	192.34	2,20
Tubo Cerámica (M)	40,5	1,72	69,66	2,00
sub. Total Cocinas Eficientes			1 965.16	80.97
Total General			42645.36	1473.28