

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS

“JOSÉ MARTÍ PÉREZ”



**TESIS EN OPCION AL TITULO ACADEMICO
DE MASTER EN EFICIENCIA ENERGETICA**

Titulo:

Propuesta para electrificación y mejora de la calidad de vida, en la comunidad rural “Yayabo Arriba”, provincia de Sancti Spíritus, Cuba.

Autor: Lic. Juan Carlos Gil Santos.

Tutor: Dr.C. Ing. Osvaldo Romero Romero. Prof. Tít.

Dr.C. Ing. Raúl Olalde Font.

2010

Síntesis.

El presente trabajo analiza la problemática de la toma de decisiones para la ejecución de proyectos de energización rural tomando como marco de reflexión las ideas desarrolladas en el proyecto “Energías Renovables para Modos de Vida Sustentable” (RESURL) y las herramientas de diseño basadas en el método simplificado. Esta investigación retoma aspectos relacionados con esta temática comenzando con una breve revisión de algunos de los conceptos básicos de la teoría de los “Modos de Vida Sostenibles” (MVS) e indicadores o recursos de la comunidad, sobre los cuales se basa el “Sistema Soporte para la Energización Rural”, que se aplica en la región de Latinoamérica y que ha sido reportado en la literatura internacional.

El objetivo de esta propuesta es definir alternativas a implementar para cubrir necesidades energéticas en la comunidad “Yayabo Arriba” del Municipio de Sancti Spíritus, mediante un estudio integral de selección basado en técnicas de análisis multiobjetivo y el diseño de sistemas eléctricos soportados en tecnologías con energía renovables, que propicien un desarrollo sostenible. Se realiza una caracterización y diagnóstico socioeconómico y energético de la comunidad; incluido el análisis con herramientas como SURE y plantilla de cálculo basada en el método simplificado de forma combinada para obtener la matriz. El ordenamiento de formas de electrificación, se determinan los potenciales energéticos, en términos de disponibilidad y demanda imprescindibles para el desarrollo de la infraestructura de la comunidad, se brindan cuatro propuestas de solución de electrificación de los hogares de la comunidad.

La investigación toma como objeto de estudio la comunidad y las condiciones de vida aislada de ese sector rural del municipio Sancti Spíritus y como Campo de acción el suministro energético a la comunidad rural “Yayabo Arriba”.

Índice.

	Introducción.	1
	Capítulo 1: Análisis de los conceptos teóricos. Estado del arte internacional y nacional de la temática.	8
	Introducción.	8
1.1	Energía y desarrollo.	8
1.1.1	Situación energética mundial.	9
1.1.2	Situación energética en Cuba.	10
1.1.3	Caracterización energética de Sancti Spíritus.	11
1.1.4	El Desarrollo Energético Sostenible en el Sector Rural.	12
1.2	Desarrollo Sostenible.	14
1.3	Teoría de los modos de vida.	15
1.4	Calidad de vida.	16
1.5	La Energía, formas y fuentes.	17
1.5.1	Formas en que se manifiesta la energía.	17
1.6	Energías renovables.	18
1.6.1	Energía hidráulica	18
1.6.2	Energía eólica.	19
1.6.3	Energía solar térmica.	20
1.6.4	Energía solar fotovoltaica.	21
1.6.5	Bioenergía.	22
1.7	Formas y métodos de evaluación de propuestas energéticas en el sector rural.	23
1.8	Necesidad de Proyectos de Inversión en Energización Rural. Panorámica Nacional.	29
1.8.1	Proyectos de Inversión. Especificidades en Cuba.	29
1.9	Conclusiones parciales.	34
	Capítulo 2. Propuesta Metodológica para el estudio integral de selección y diseño de tecnologías renovables en comunidades rurales.	35
	Introducción.	35
2.1	Propuesta de una metodología de análisis.	35
2.1.1	Método de trabajo propuesto para solucionar el problema.	36
2.2	Desglose de los bloques principales de la tecnología.	37
2.3	Análisis para selección de la comunidad.	39
2.4	Localización de “Yayabo Arriba”.	39
2.5	Preparación para el trabajo de Campo.	39
2.6	Aplicación de la herramienta SURE.	39
2.6.1	Procesamiento de la primera etapa de SURE. Caracterización del estado inicial de los recursos de la comunidad.	39

2.6.2	Procesamiento de la segunda etapa de SURE. Predicción de impactos en cada recurso de la comunidad. Análisis multiobjetivo.	41
2.7	Matriz energética de la comunidad “Yayabo Arriba”.	41
2.8	Cálculo y análisis de las propuestas de diseño tecnológico.	43
2.8.1	Determinación de las características de consumo y requerimientos energéticos por objetivos de la comunidad.	43
2.8.2	Filosofía de proyección.	45
2.8.3	Dimensionado de la instalación fotovoltaica.	45
	Capítulo 3. Impacto de la Transferencia de Tecnología en la calidad de vida. Estudio de caso en la comunidad "Yayabo Arriba". Obtención de la matriz energética. Propuesta de Diseño.	52
	Introducción.	52
3.1	Selección de la comunidad a partir de sus condiciones y características. Importancia para el territorio.	52
3.2	Localización de “Yayabo Arriba”.	53
3.3	Trabajo de campo.	53
4.4	Resultados alcanzados con la aplicación de la herramienta SURE.	54
3.4.1	Resultados de la primera etapa de SURE. Caracterización del estado inicial de los recursos de la comunidad.	54
3.4.2	Resultados de la segunda etapa de SURE. Predicción de impactos en cada recurso de la comunidad. Análisis multiobjetivo y programación por compromiso.	61
3.5	Matriz energética de la comunidad.	64
3.6	Propuesta de diseño tecnológico.	65
3.7	Conclusiones parciales.	70
	Conclusiones.	72
	Recomendaciones.	73
	Bibliografía.	74
	Anexos.	

INTRODUCCIÓN.

Algunos autores expresan que: “la energía es el motor impulsor de todo proceso o fenómeno” (MINBAS, 2002). El uso de la energía, de forma general puede mirarse como un medio o herramienta que utiliza el hombre para transformar la naturaleza y construir su futuro. Es evidente, que el desarrollo económico también se asocia al aumento de su uso, sobre todo en los países en desarrollo ver anexo 1.1 y 1.2.

El esquema energético global se sustenta en el uso de combustibles fósiles que suministran en la actualidad más del 70 % de la energía que se consume en el mundo (Borroto B. A. et al., 1998). El problema energético tiene hoy una importancia crucial, desde el punto de vista de la satisfacción creciente de la demanda global, y los impactos sobre el medio, ver anexo 1.3.

A esta panorámica se agrega que estos combustibles fósiles (en alto grado contaminantes), no están disponibles en todas las regiones del planeta y se manejan a través de grandes consorcios transnacionales. En tal sentido, de acuerdo a los ritmos actuales de consumo globales, se estima que el petróleo se agotará en unos cuarentas años, mientras que el gas natural y el carbón tocarán su fin en unos sesenta y doscientos años respectivamente. (MINBAS, 2002).

Dentro de una política energética futura, es de gran importancia establecer fundamentos y métodos de planificación energética ambiental, para la proyección y desarrollo de comunidades rurales de forma sostenibles (Borroto B., A., 1998). En los países en vías de desarrollo (PVD) más de las dos terceras partes de la población vive actualmente en zonas rurales (Figueras C., A.; Calzadilla F., Pura C., 1996), en malas condiciones y dependen de combustibles tradicionales como la leña, carbón vegetal y residuos agrícolas.

El sector rural de Latinoamérica necesita de mayor disponibilidad energética, para el incremento de la producción agropecuaria y la mejora de las condiciones de vida en el campo. El único modelo racional aplicable a tal fin, es el desarrollo sostenible. La implementación del cual, requiere disponer de métodos compatibles para la toma de decisiones, en la selección de las alternativas de suministro de energía. (Borroto B., A., 1998).

En Cuba, se desarrolló el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) que permitió alcanzar a más del 96% de la población. Este logro facilitó profundas transformaciones en las condiciones de vida de la población. Muy a pesar de este esfuerzo y de la electrificación en las montañas y zonas aisladas, pueden quedar sin electrificar unas 100 000 viviendas. (Liceaga P., I. ; Guerra B., A., 2009)

En la década de 90 del siglo pasado, las comunidades aisladas en zonas montañosas recibían el servicio eléctrico que suministran las plantas generadoras diesel y algunas minihidroeléctricas en mal estado técnico, como resultante se destaca un suministro de energía con mala calidad, en voltaje y/o frecuencia.

En las soluciones que se apliquen en la comunidad, se debe evitar la aplicación de esquemas o facilismos con aparentes "soluciones", que dañen las costumbres y formas de vida. Para este particular se tendrán en cuenta los impactos en recursos humanos, sociales, físicos, financieros y naturales de una comunidad. También serán de gran importancia las consideraciones de los usuarios y beneficiarios finales.

Sin lugar a dudas, el uso de la energía renovable, que garantiza generalmente los servicios en pequeñas dimensiones: casas, consultorios médicos, hospitales, círculos sociales y escuelas pudiera ser una solución viable, que mejorará la calidad de vida y el desarrollo socio – cultural.

Es imposible esquivar la repercusión social que tiene, la determinación de factores que evalúen el estado y la evolución de diversos recursos, que en su conjunto formen parte integrante de un desarrollo plenamente sustentable. Existen modelos para la toma de decisiones con limitaciones por no tomar en cuenta de forma integral, los recursos naturales, financieros, humanos, físicos y sociales que permitan medir y evaluar la solución energética más factible para una comunidad rural en una zona no interconectada (ZNI) (González Morera, T., 2005). Sin embargo, el paquete SURE en su versión 1.6 b que se presenta en la actualidad por el proyecto de colaboración internacional y del Programa Nacional Científico Técnico (PNCT) bajo el título: "Energías renovables en función del desarrollo energético sostenible" (RESURL "*Renewable Energy for Sustainable Rural Livelihoods*") permite evaluar y medir los factores que contribuyen o dificultan el desarrollo de energías renovables,

viables y propias para áreas rurales remotas, con la posibilidad de definir proyectos de energización y selección mediante técnicas de análisis multiobjetivo. Por esta razón se utilizara para la evaluación y toma de decisión.

Situación Problemática.

Todo el proceso de soluciones para la electrificación, además de mejorar el nivel de vida de la población y extender los beneficios socioculturales, contribuye a frenar el éxodo de la población rural, sienta las bases para el desarrollo de la producción agropecuaria sostenible, y favorece la recuperación o preservación de los recursos de la zona.

La investigación comprendió la comunidad rural "Yayabo Arriba", que se ubica en los 21^o de latitud norte y los 79^o de longitud oeste a 7 km después del poblado de las Tosas perteneciente al Municipio y Provincia de Sancti Spíritus. La misma está compuesta por 49 viviendas dispersas, unas aisladas y otras concentradas en grupos de tres a seis casas. Los objetivos de servicios comunes relacionados como la escuela, el consultorio, el círculo social (en fase constructiva), y la bodega están concentrados geográficamente, lo que facilita el proceso de electrificación en algunos aspectos.

Como ejes de la actividad económica se destacan: la agricultura, cría de animales (ganadería) y en el futuro la actividad forestal. Existe una Cooperativa de Crédito y Servicio (CCS "Pedro Lantigua"), dedicada a la cría de vacunos y producción lechera, también cuentan con un centro de cría porcina. La población económicamente activa es el 73.5% de los habitantes, lo que constituye una fortaleza para un posible proceso de activación de la economía local. Existen indicios sobre la migración de habitantes de la comunidad en los últimos años, y otro grupo que trabaja en sus predios pero no vive de forma permanente; hecho relacionado con la ausencia de algunos servicios que inciden en la calidad de vida.

En la comunidad existen algunos recursos naturales que están en serio deterioro, estos son muy importantes para establecer un proceso de desarrollo sustentable basado en energías renovables. También es importante un aumento de los indicadores del recurso social de la comunidad, tales como el uso adecuado del tiempo libre y el

aumento del por ciento de asociaciones locales y regionales enfocadas a solucionar los problemas, que pudieran mejorar el grado de asociatividad y compromiso de los habitantes con su territorio.

La integralidad de todos estos elementos, debe propiciar una activación de la pequeña economía local de manera sostenible con las características propias del entorno comunitario.

A partir del análisis anterior y en respuesta a las necesidades expuestas, se determinó el siguiente **Problema científico**.

La falta de un estudio integral de selección y diseño de tecnologías renovables basado en técnicas de análisis multiobjetivo, impide definir las alternativas idóneas a implementar para cubrir necesidades energéticas en la comunidad “Yayabo Arriba” del Municipio de Sancti Spiritus.

Esta Investigación tiene como **Objetivo general**.

Definir alternativas a implementar para cubrir necesidades energéticas en la comunidad “Yayabo Arriba” del Municipio de Sancti Spíritus, mediante un estudio integral de selección basado en técnicas de análisis multiobjetivo, y el diseño con tecnologías renovables que propicien un desarrollo sostenible.

Objetivos específicos de la investigación.

1. Establecer el estado del arte de la problemática existente.
2. Realizar una caracterización y diagnóstico socioeconómico y energético de la comunidad “Yayabo Arriba”; incluido el diagnóstico basado en herramientas como SURE y plantilla de cálculo basada en método simplificado de forma combinada para obtener la matriz energética.
3. Determinar los potenciales energéticos, en términos de disponibilidad y demanda imprescindibles para el desarrollo de la infraestructura de la comunidad, (recurso físico).
4. Proponer una matriz de soluciones energéticas, que propicie en alguna medida un desarrollo sostenible para la comunidad.

Se toma como **objeto de estudio** de esta investigación la comunidad y las condiciones de vida aislada de ese sector rural del municipio Sancti Spíritus y como **campo de acción** el suministro energético a la comunidad rural “Yayabo Arriba”.

Se formula la siguiente **Hipótesis**: Si se realiza un estudio integral basado en técnicas de análisis multiobjetivo para la selección de opciones tecnológicas, será posible definir alternativas a implementar capaces de cubrir necesidades energéticas en la comunidad “Yayabo Arriba” del Municipio de Sancti Spíritus.

Variable independiente: Estudio integral de selección basado en técnicas de análisis multiobjetivo y el diseño de tecnologías renovables.

Variable dependiente: Alternativas a implementar para cubrir necesidades energéticas en la comunidad “Yayabo Arriba” del Municipio de Sancti Spíritus.

Métodos Científicos de Investigación.

Métodos teóricos:

Análisis-síntesis, Inducción-deducción, Histórico-lógico: Se utilizan en esta investigación para analizar la información de forma teórica y empírica, se tienen en cuenta la evolución y el progreso de la teoría, se sintetizan elementos útiles para la confección de la propuesta, para generalizar el análisis de los criterios de los diversos autores que se consultan y de la teoría científica así como estudiar las diversas fuentes de información sobre las cuales se basa la investigación.

Métodos empíricos:

Observación, entrevista no estructurada, la encuesta participativa y el grupo de asesores: Métodos que diagnostican y confirman el comportamiento real del problema y los aspectos a tener en cuenta para la elaboración de la propuesta.

Población y muestra:

La población la constituyen los 49 habitantes de la comunidad en estudio, se tiene en cuenta el total de la población a través de una técnica de muestreo parcial intencional.

La actualidad del tema se basa en los estudios de demanda para cubrir las necesidades energéticas a comunidades rurales no electrificadas o parcialmente electrificadas, pues Cuba, como país ha llegado a alcanzar niveles superiores al 95% de electrificación de su población, persisten aún más de 4000 comunidades sin electrificar, dentro de las cuales cerca de 90 000 viviendas no cuentan con suministro energético; para elevar el nivel de vida de estas poblaciones se requiere entre otras cosas el desarrollo de inversiones energéticas y para ello se requieren estudios enfocados a definir las mejores alternativas de manera integral. Todo lo anterior hace que el presente trabajo tiene una alta novedad en el contexto cubano e internacional, (Olalde F. R., et al., 2006).

La **novedad científica** radica en la realización de estudio multiobjetivo mediante la utilización del modelo SURE como programa de análisis multicriterial para el apoyo a la toma de decisiones y su combinación con los métodos de cálculo que utiliza la división de Energía de la Corporación COPEXTEL S.A., plantilla de cálculo basada en método simplificado, en la selección de alternativas tecnológicas a aplicar en programas de cubrimiento energética a comunidades rurales, con fuentes renovables de energía para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida del lugar y sentar las bases para su futuro desarrollo sostenible en Sancti Spíritus.

La **contribución práctica** se remite al hecho de proporcionar un paquete de posibles soluciones para cubrir demandas energéticas para los diferentes objetivos económicos y sociales de la comunidad objeto de estudio.

Este trabajo se enfrenta a las siguientes limitaciones:

1. Carencia de equipos para medición, útiles en mostrar datos reales del lugar en cuestión. Para contrarrestar esto se utilizarán tablas estadísticas de otros estudios de la zona, datos de estaciones meteorológicas cercanas y del país. (Ver anexo No. 1.4)
2. Carencia de modelos a pequeña escala que permitan demostrar los resultados del trabajo.
3. Solo se conocen los resultados de impactos que ofrece el programa SURE en la comunidad del proceso de electrificación, en estos momentos el proyecto no

cuenta con financiamiento por lo que no se podrá llevar a cabo la inversión que este modelo indique para cerrar el ciclo de uso del mismo.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: introducción, capítulo 1, capítulo 2, capítulo 3, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

La **introducción** fundamenta el problema existente, refiere algunos aspectos de relevancia en cuanto a publicaciones científicas, expresa las características esenciales del diseño metodológico de la investigación y otros aspectos en relación con la significación de sus resultados.

En el **primer capítulo** se expone el estado del arte de la problemática, tanto en el ámbito internacional como nacional, se realiza un análisis crítico de las insuficiencias teóricas existentes que permiten justificar la novedad científica del trabajo. Se relacionan conclusiones parciales del mismo.

En el **segundo capítulo** se expone el diagrama heurístico de la investigación, explica los aspectos esenciales de la aplicación del modelo SURE, para obtener las posibles opciones más viables para el proceso de electrificación de la comunidad y se esboza la matriz energética de SURE con la predicción de impactos contra opciones tecnológicas y adicionalmente la matriz energética final para la comunidad. Se ilustran los resultados principales obtenidos y conclusiones parciales del mismo.

En el **tercer capítulo** se presentan los resultados obtenidos del estado actual de los capitales de la comunidad con la ayuda de una serie de reglas lógicas; también se determinan las características de las alternativas para suplir las necesidades energéticas de la población como base para la toma de decisión. Se valoran los factores que impactan en cada uno de los recursos de la comunidad. Se obtiene la matriz tecnológica y al ordenamiento de las tecnologías según su puntaje. Se realizan propuestas de diseño para cubrir la demanda energética de la comunidad, con ordenamiento de las tecnologías.

Finalmente se exponen las **conclusiones generales** y **recomendaciones**, se refiere la **bibliografía** y se agregan los **anexos**.

CAPITULO 2. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ESTUDIO INTEGRAL DE SELECCIÓN Y DISEÑO DE TECNOLOGÍAS RENOVABLES EN COMUNIDADES RURALES.

Introducción.

Con la implementación de tecnologías que permiten la electrificación rural a través de energías renovables, puede lograrse en las comunidades aisladas de un incremento en la calidad de vida y potenciar el desarrollo socio económico del lugar. La propuesta que se presenta, permitirá al beneficiario su participación en la toma de decisiones. Para lograr esto el trabajo se apoya en la herramienta para la toma de decisión multiobjetivo: SURE).

Obtenida la matriz tecnológica se calcula las aplicaciones mediante la plantilla de cálculo basada en el método simplificado.

El objetivo de este capítulo se basa en ofrecer una visión minuciosa de la metodología propuesta y las bases científicas que la sustentan.

2.1 Propuesta de una metodología de análisis.

Los resultados de la búsqueda bibliográfica, el conocimiento del desarrollo sostenible, la calidad de vida en Cuba y las experiencias prácticas que se desarrollan en el suministro eléctrico a comunidades aisladas en el mundo, posibilita una metodología para la toma de decisión en el proceso de electrificación de comunidades rurales. Esta tecnología se sustenta en los conceptos de *MVS del DFID y la aplicación de su herramienta SURE*. Para desarrollar este trabajo, se parte de la selección de una comunidad no electrificada a la que se realiza un estudio de caso de todos los capitales con los que cuenta. También se define el conjunto de alternativas tecnológicas por orden de selección, se determina la matriz energética de la comunidad y se proponen diseños tecnológicos que permitan electrificar la comunidad.

2.1.1 Método de trabajo propuesto para solucionar el problema.

Se proponen los siguientes pasos para enfrentar la toma de decisión en la energización rural para la selección de alternativas de suministro energético a comunidades que están fuera del sistema de interconexión:

1. Selección de la comunidad a partir de sus condiciones de lejanía del SEN y de su importancia para el territorio.
2. Definición de grupos de Asesores. En este punto, se escogen representantes de los diferentes sectores. Ambientalistas para evaluar el capital natural, técnicos para evaluar el capital físico, entre otros. Se consideran los pobladores y futuros usuarios de los resultados del proyecto. Se realiza un análisis de las características geográficas, climáticas, demográficas, sociales y energéticas de la comunidad; se recolecta toda la información posible mediante métodos analíticos, heurísticos y experimentales
3. Caracterización de los recursos de la comunidad. Se identifica y analizan los diferentes recursos de la comunidad y los energéticos iniciales con que cuenta la zona. Se construye el pentágono inicial de la comunidad (situación inicial). Se efectúa la encuesta participativa complementaria para el modelo SURE en la comunidad, para considerar los diferentes puntos de vista de sus pobladores con respecto a sus necesidades, preferencias y expectativas acerca de una posible solución energética a implementar. Esto constituye la fase 1 del proceso de decisión.
4. Definición del grupo de alternativas. Con base en la caracterización de las necesidades y recursos de la comunidad, se definen un conjunto de posibles soluciones o tecnologías de energización a implementar.
5. Definición de los criterios u objetivos de decisión, los cuales corresponden a los Indicadores de recursos o capital.
6. Evaluación de las alternativas. Se valora cada una de las alternativas de energización, con respecto a cada uno de los indicadores de capital, en una matriz de alternativas contra criterios. Cada valor de la matriz indica la nueva

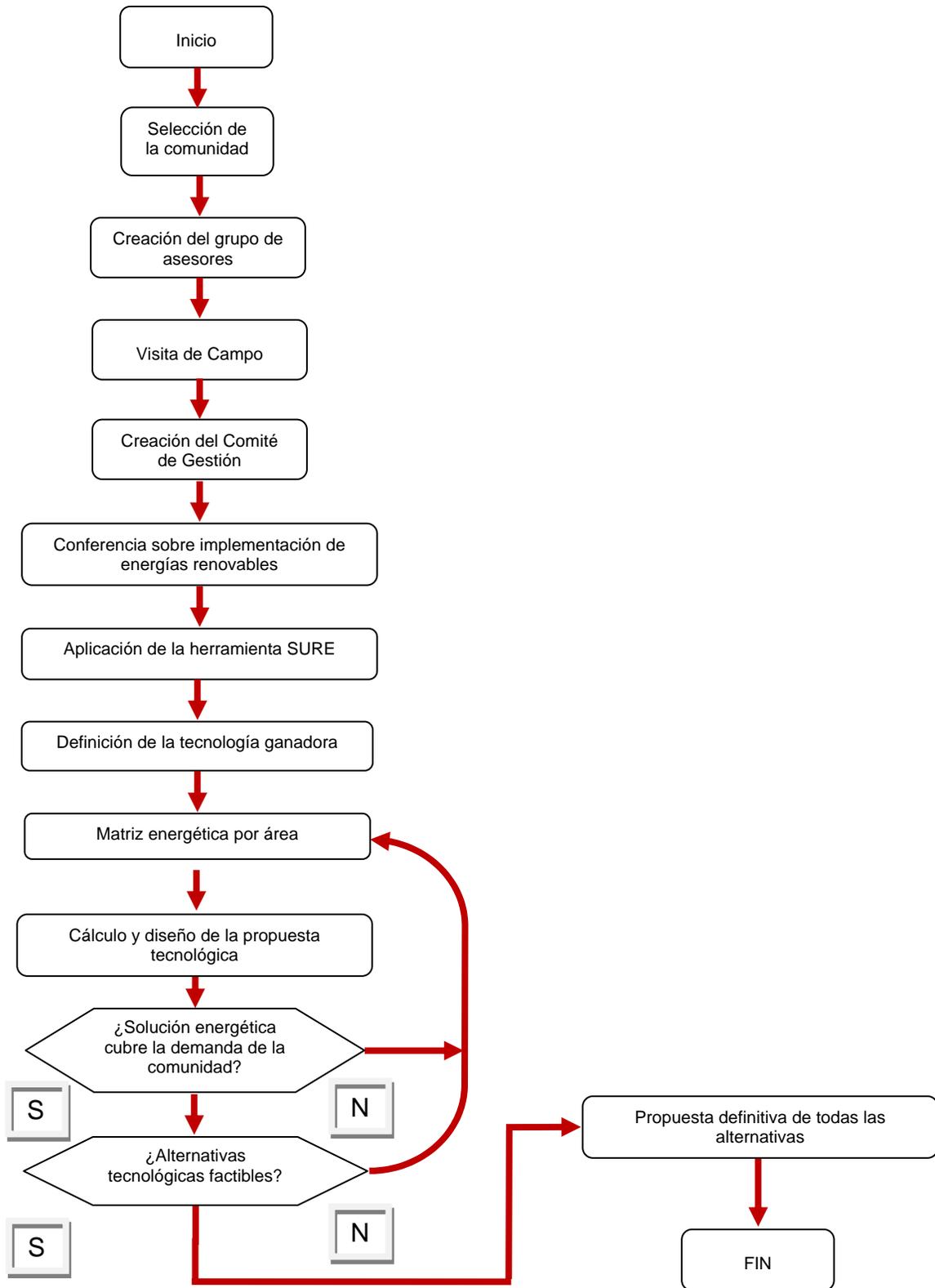
posición que ocupa uno de los vértices del pentágono original (el correspondiente a cada capital), se debe a la alternativa de energización que se evalúe en el momento.

7. Aplicación de métodos de análisis multiobjetivo y orden de las alternativas.
8. Análisis de sensibilidad, selección de la tecnología y aceptación del proyecto. Se refiere a la observación de los cambios que ocurren en el pentágono de los activos de la comunidad, si se varia en un pequeño rango la estructura de preferencias de decisión de la comunidad en algunos recursos.
9. Obtener la matriz energética de la comunidad.
10. Propuesta definitiva de todas las alternativas tecnológicas.

2.2 Desglose de los bloques principales de la tecnología.

A partir del diagrama heurístico se definen los pasos al aplicar la metodología para establecer las vías y métodos de electrificación en comunidades rurales y las principales herramientas de la misma.

Figura 2.1 Diagrama heurístico de la metodología para el análisis.



2.3 Análisis para selección de la comunidad.

Se realiza una búsqueda minuciosa en la oficina de desarrollo local del Poder Popular Municipal de Sancti Spíritus, para hallar las comunidades que existen en la provincia de Sancti Spíritus que no cuentan con el servicio eléctrico, razón por la cual se deterioran los índices de desarrollo y calidad de vida de sus pobladores, en especial las mujeres y niños. Del conjunto de comunidades se escoge la que por sus características representa el interés para esta oficina.

2.4 Localización de “Yayabo Arriba”.

La localización exacta de la comunidad se determina mediante dos herramientas computacionales:

1. EarthBrowser 2.10.6: modelo tridimensional en tiempo real de información global que usa imágenes satelitales de alta resolución (ver anexo 2.1.)
2. Mapinfo: modelo en forma de mapa de la zona ver anexo 2.2.

2.5 Preparación para el trabajo de Campo.

1. Después de seleccionar la comunidad se colecta toda la información que se necesita para dar comienzo al trabajo.
2. Se escogen asesores de los diferentes sectores que componen el proceso de toma de decisión.
3. Se crea, además, un Comité de Gestión Local, el cual se encarga de organizar, coordinar y controlar los detalles que se relacionan con el proyecto.

2.6 Aplicación de la herramienta SURE.

2.6.1 Procesamiento de la primera etapa de SURE. Caracterización del estado inicial de los recursos de la comunidad.

En la primera etapa, mediante el modelo SURE se identifican (con la ayuda de un sistema de cuestionario participativo y la evaluación de expertos) las características principales de la población, disponibilidad de recursos naturales, aspectos sociales, educacionales, calidad de salud, principales actividades económicas, entre otras, se

determina el estado inicial de los recursos del asentamiento para poder elegir las posibles opciones tecnológicas energéticas que actualmente exige la comunidad. Posteriormente se consideran las características de la tecnología (es decir la fuente natural, costo, eficacia, capacidad y viabilidad), relacionadas de manera integral, con los cinco indicadores de la comunidad anteriormente mencionados.

Con la aplicación del software SURE se obtienen varios resultados: el estado inicial de la comunidad "Yayabo Arriba" con las formas de energías existentes y el uso de los datos del cuestionario o encuesta participativa complementaria para el modelo SURE, que se aplica en cada casa al Jefe de núcleo o cabeza de familia, con estos aspectos se obtiene la caracterización de:

- Los "servicios públicos, infraestructura y población".
- De las "actividades económicas" de la comunidad y su priorización por parte de la población.
- La "demanda de energía".
- La disponibilidad de los "recursos naturales".
- El "nivel educativo" existente.
- La existencia de "redes sociales", tipo de afiliaciones.

A partir de las consideraciones que realizan los expertos acerca de la disponibilidad de los recursos naturales, la demanda de energía en función de las prioridades de la población y las actividades económicas, número de habitantes y otros aspectos (Solís A. M., Olalde F. R. 2006), se obtiene la definición de alternativas tecnológicas.

Igualmente se obtiene el gráfico del pentágono inicial de la comunidad, donde se representa en estado ideal con el actual, el cual se valora a partir del estado de los recursos de la misma procesados en la primera etapa.

Se destaca la leña como una opción elegible por los habitantes de la comunidad para la cocción de alimentos, el sistema no la analiza como opción posible pues es eliminada por los expertos en el proceso de competencia, solo se analiza para la cocción de alimentos sin competir con otra tecnología.

2.6.2 Procesamiento de la segunda etapa de SURE. Predicción de impactos en cada recurso de la comunidad. Análisis multiobjetivo.

Etapa que valora los factores, a través de SURE y se conoce su impacto en cada uno de los recursos de la comunidad en dependencia de la opción tecnológica que en turno se analice. Se valora cada tecnología y el puntaje para cada indicador de recurso.

Con posterioridad se procede a ponderar por parte del decisor los cinco recursos de la comunidad, sólo el 50 % para competir en igualdad de condiciones.

Se aplica el cálculo mediante la programación por compromisos y como resultado el modelo propone las alternativas energéticas que más refuerzan los cinco recursos de la comunidad, previéndose en todos los casos; la opción energética actual fotovoltaica, existente en el complejo escuela, se mantiene como sistema alternativo o de emergencia, pues esta tecnología existía en el estado inicial de la comunidad antes de realizar la investigación.

Las alternativas tecnológicas ganadoras independientemente de que pueden generar una capacidad de rendimiento de energía adecuada para responder a la demanda que la población necesita (uno de los aspectos del recurso físico observado), responden además a su puntaje promedio en cada uno de los recursos de la comunidad por lo que su ordenamiento es integral.

2.7 Matriz energética de la comunidad “Yayabo Arriba”.

Después de obtener el gráfico de ordenamiento de las alternativas se conforma la matriz energética de la comunidad, la matriz de números de uso (UN) que utiliza el SURE y que muestra la Tabla 2.1 cómo guía. Se tendrán presentes las combinaciones reales con las que cuenta la comunidad en el momento. Esta matriz de decisión del problema, muestra para cada uso final a satisfacer un conjunto de alternativas, condicionada por la matriz tecnológica que brinda el ordenamiento de las soluciones. En el proceso de toma de decisión se discrimina cuáles son las mejores variantes; pero en vista a que mediante el SURE no se pueden hacer análisis de sistemas híbridos, el decisor considera otras variantes en función de los costos.

Tabla 2.1 Indicador NU en función de la tecnología y el número de usos que a ésta se le pueda dar. (Maldonado y Muñoz, 1994)

Tipo de Tecnología	Cocción de Alimentos	Calentar Agua	Iluminación	Fuerza Motriz	Riego
Biogás	1		1		
Fogones mejorados	1	1			
PCH			1	1	1
Eólica		1	1	1	1
Fotovoltaica			1		1
Carbón vegetal	1	1		1	
Solar térmica					
Diesel	1	1	1	1	1
% de Prioridad Actividad en la región	P1	P2	P3	P4	P5
Tipo de tecnología	Calor Industrial	Secar granos	Comunicación	Agua Doméstica	
Biogás					
Fogones mejorados					
PCH				1	
Eólica			1		
Fotovoltaica			1		
Carbón Vegetal	1			1	
Solar térmica		1			
Diesel	1				
% de Prioridad Actividad en la región	P6	P7	P8	P9	

2.8 Cálculo y análisis de las propuestas de diseño tecnológico.

2.8.1 Determinación de las características de consumo y requerimientos energéticos por objetivos de la comunidad.

Se calcula para la energía ganadora, varios sistemas tecnológicos apoyados en los criterios sobre trabajos realizados en el país con la electrificación como las valoraciones hechas por Herrera Rimada, J.C.; Hernández, Luis (2005), que plantean que características de dispersión de la vivienda campesina cubana, fundamentalmente en las zonas montañosas, y la necesidad de vincular los trabajadores agrícolas, pecuarios y forestales a sus áreas de trabajo, así como los costos actuales de las soluciones solares; inclinan a proponer sistemas modulares que incluyen, servicios de radio y televisión a color y soluciones comunitarias para la refrigeración, puesto que encarecería demasiado las instalaciones individuales. Estos sistemas de refrigeración se colocarían en las tiendas mixtas, los círculos sociales, la farmacia y el consultorio del médico de la familia. Este criterio concuerda con la clasificación que por medio de SURE y basado en la UPME (2000), se realizan en la comunidad objeto de estudio, para la que se establecen cálculos de preenergización para cubrir necesidades comunales, comunicaciones e iluminación.

Para las citadas demandas energéticas de la comunidad se utilizan sistemas descentralizados y autónomos de energía fotovoltaica. Se tiene en cuenta que la utilización de un sistema autónomo de energía, como el solar fotovoltaico, mediante los materiales adecuados, se recoge la electricidad producida por el sol (fotones), y se almacena en baterías, para uso de esa electricidad en el momento necesario. Esto convierte al hombre en productor de su propia electricidad, y con el privilegio de administrarla convenientemente con el uso de aparatos adecuados de bajo consumo o el uso eficiente de los ya instalados.

Estos sistemas están compuestos por:

1. Generador solar fotovoltaico.
2. Regulador de carga inteligente.

3. Batería de ciclo profundo.
4. Inversor.
5. Sistema de tierra.

El Generador solar fotovoltaico según Rimada Herrera, J.C., Hernández, Luis (2005) basa su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico que se produce al incidir la radiación solar sobre materiales semiconductores. De esta forma se genera un flujo de electrones en el interior de esos materiales y una diferencia de potencial que puede ser aprovechada.

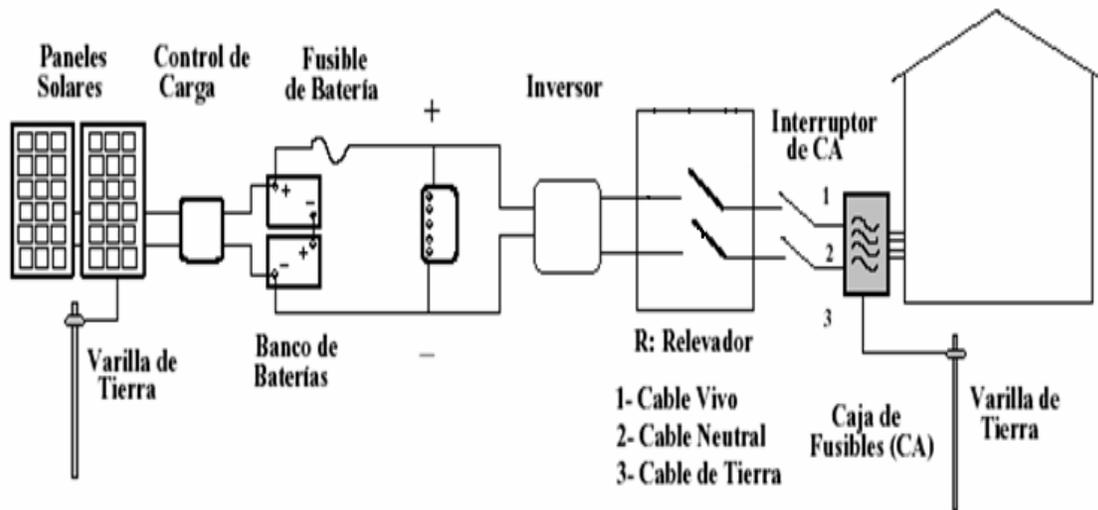
El regulador de carga regula la carga suministrada a las baterías proveniente de los módulos, las protege contra sobrecargas o sobre descargas mediante la desconexión del panel prolongando así la vida útil de la batería.

Las baterías o acumulador de plomo, consiste en una cubeta donde se alojan placas de plomo. Este conjunto, una vez cargado, es capaz de proporcionar corriente hasta que dicho sulfato de plomo se descomponga. Durante el funcionamiento se elimina agua, que hay que reponer periódicamente.

El inversor es el dispositivo encargado de convertir la energía almacenada en la batería (corriente directa) en corriente alterna (AC), la mayoría de las cargas que se usan, funcionan con AC por lo que se necesita este equipo para obtener la energía necesaria para alimentarlas.

En la figura 2.2 se muestra un gráfico prototipo de un sistema fotovoltaico con los componentes de forma general que se usan para éstas aplicaciones.

Figura 2.2 Sistema Fotovoltaico.



2.8.2 Filosofía de proyección.

El horizonte de planeación es de 25 años por lo que hay que ser cuidadosos al dimensionar los sistemas que se proponen para cubrir la demanda. Se considera que las casas tengan un consumo promedio para crear prototipos de diseño y no uno para cada vivienda; puede acarrear insatisfacciones en algunas familias con expectativas más altas, pero de forma general todas serán beneficiadas de igual forma.

Esta propuesta facilita que cada núcleo familiar sea dueño de su generador, la vida útil y cuidado están en sus manos. Aunque este tipo de energía es muy noble y no requiere de muchos conocimientos para su mantenimiento es necesario que cada usuario conozca cuáles son sus fortalezas y debilidades, sobre todo no sobrepasar los Ah/días para los que se diseñó.

2.8.3 Dimensionado de la instalación fotovoltaica.

Para el diseño de un sistema fotovoltaico autónomo (SFVA) se centra la selección del tamaño de sus componentes para satisfacer los requerimientos de una carga en particular. Los costos de los componentes y sus eficiencias se consideran conjuntamente con las características de las cargas que van a ser alimentadas. Se

requiere además de la información sobre la radiación solar del sitio en cuestión, para lo que se usan tablas, datos estadísticos de la zona, mapas solares y otros; así como la carga que a alimentar.

Para el dimensionamiento de SFVA se utiliza el método simplificado descrito en Rimada Herrera, J.C., Hernández, Luis (2005) al que se le agregan algunas consideraciones expuestas en Oñate (2006) las cuales el autor llevó a una plantilla de cálculo.

Descripción del método simplificado de diseño.

El método simplificado de dimensionado de los (SFVA) se basa en un balance energético diario con las condiciones más desfavorables. Para su solución se realiza un balance de carga diario en Ah/día.

Se estima el consumo de la carga diario (Ah/día). El consumo total corregido (L), se obtiene al dividir la energía diaria que se consume (Wh/día) entre el voltaje nominal del sistema (V_n), o bien realizar el cálculo en base al consumo de corriente diario (A) de cada equipo, en vez de trabajar con los valores de potencia (W).

Se tiene presente el número de días máximo de autonomía prevista para el sistema, d , el cual depende de las condiciones climáticas del lugar donde se realiza la instalación.

Paso I: Estimado del consumo total.

Hay que tener en cuenta que los (SFVA), pueden alimentar al mismo tiempo cargas de AC y de DC. Si todas las cargas están alimentadas en CA, a través de un inversor, las mismas se afectan por el rendimiento de este. Las cargas que se alimenten con DC, no se afectan por la eficiencia del inversor.

Para ello se utiliza el modelo que muestra la Tabla 2.3, se analizan las cargas de AC separadas a las de DC.

Si se considera que el voltaje nominal del sistema (V_n) es de 24 V, se puede calcular los consumos diarios en Ah/día de cada carga en particular, así como el total diario, para cada tipo de carga (AC o DC), a través de las siguientes expresiones:

$$C_{AC} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{Ei} \cdot P_i \cdot t_i}{V_n} \quad (1)$$

$$C_{DC} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{Ei} \cdot P_i \cdot t_i}{V_n} \quad (2)$$

En la sumatoria, i representa una carga determinada y n es el número total de cargas de AC o DC que se conectan al sistema, N_{Ei} es la cantidad de equipo del mismo tipo, P_i su potencia y t_i el tiempo del día que la carga i se conecta.

Tabla 2.3 Plantilla de cálculo creada por el autor.

CARGAS DE AC (110 V, 60 Hz)								
No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
1	Hornilla eléctrica	1	880	880	1	3	880	2640
2	Olla Reina	1	770	770	1	1	770	770
3	Olla Arrocera	1	440	440	1	1	440	440
				2090			2090	
Total del Consumo en (Wh/día) de AC								3850
Total del Consumo en Amperes de AC (Ah/día)								160,42
Total del Consumo en Amperes de AC Corregidos (Ah/día)								200,52
CARGAS DE DC (12V, 24V)								
No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
				0			0	0
Total del Consumo en (Wh/día) de DC								0
Total del Consumo en Amperes de DC (Ah/día)								0
Voltaje del Arreglo (V)								24 V
Consumo Total del Sistema en Amperes (L= Ah/día)								200,52 A

Con utilización de las formulas (1) y (2) se calculan los consumos totales de AC y de DC que se muestran en la tabla anterior.

Las cargas de AC serán afectadas por la eficiencia del inversor, por lo tanto el consumo total corregido (L) será:

$$L = \frac{C_{AC}}{\eta_i} + C_{DC} \quad (3)$$

donde η_i es la eficiencia del inversor.

Si se supone una eficiencia del inversor de 0.8 el consumo total corregido será:

$$L = 200.52 \text{ Ah/día}$$

Paso II: Cálculo del Generador fotovoltaico.

La corriente real que necesita suministrar el SFVA se calcula en presencia de las pérdidas de los diferentes sub-sistemas que intervienen en el sistema fotovoltaico.

Para calcular la potencia pico del generador fotovoltaico se determina la radiación total diaria incidente sobre la superficie inclinada de los módulos, $G_{dm}(\beta)$, así mismo el rendimiento global de la conversión fotovoltaica, se afecta por pérdidas de conexión, dispersión de parámetros del módulo y acumulación de suciedades en la superficie del módulo.

El número de paneles en paralelo N_{pp} , se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$N_{pp} = \frac{L}{I_{max} G_{dm}(\beta) \eta_g \eta_b} \quad (4)$$

Donde L representa el consumo total del sistema, $I_{máx}$ es la corriente en el punto máximo del panel fotovoltaico que se elija, $G_{dm}(\beta) = 5 \text{ Kwh./m}^2\text{día}$ es la radiación global diaria media del peor mes del año que incide en la superficie inclinada del panel, $\eta_g = 0,9$ es un eficiencia global del generador fotovoltaico y $\eta_b = 0,85$ es la eficiencia de la batería (eficiencia en el proceso de carga/descarga en Ah). La eficiencia del generador fotovoltaico $\eta_g = 0,9$ representa un 10% de pérdida debido a la dispersión de parámetros del panel debido a efectos de temperatura y suciedades es su superficie

El número de paneles en serie se calcula de acuerdo a la expresión:

$$N_{ps} = \frac{V_n}{V_{np}} \quad (5)$$

Por lo tanto el número total de paneles que forma parte del sistema no es más que:

$$N_T = N_{pp} \cdot N_{ps} \quad (6)$$

Paso III: Cálculo del banco de baterías.

Para el cálculo del banco de baterías es necesario conocer el número de días de autonomía (d) que tendrá el sistema, así como la profundidad máxima de descarga del banco de batería (DOD, en Ingles Depth Of Discharge). El número de días de autonomía depende de la probabilidad de ocurrencia de un número de días consecutivos si sol en el lugar donde se realiza la instalación. La profundidad máxima de descarga de depende de la tecnología de fabricación de las baterías, este valor se relaciona con el tiempo de vida de la mismas.

La capacidad del banco de batería se puede calcular a través de la expresión:

$$C_B = \frac{L \cdot d}{DOD} \quad (7)$$

Así mismo el número de baterías en paralelo se calcula a través de:

$$N_{BP} = \frac{C_B}{C_E} \quad (8)$$

Se obtiene el total de baterías mediante la expresión:

$$N_{TB} = N_{BS} \cdot N_{BP} \quad (9)$$

Paso VI: Cálculo del regulador de carga.

En relación al regulador de carga, su elección se realiza en función de la tensión nominal del sistema y la corriente de máxima generación del arreglo fotovoltaico. Se calcula a través de la multiplicación de la corriente de corto circuito de cada panel por el número de paneles en paralelo y a su vez, por 1,25 para que pueda soportar la corriente de corto circuito del generador.

$$I_{rt} = N_{pp} \cdot I_{sc} \cdot 1.25 \quad (10)$$

Se analiza el resultado de la ecuación (10) si este valor es superior a la corriente de diseño del regulador disponible en el mercado se divide el valor de (10) por la corriente de diseño por lo que se calcula la cantidad de reguladores como sigue:

$$R_t = \frac{I_{rt}}{I_d} \quad (11)$$

Paso V: Cálculo del Inversor.

El cálculo del inversor de manera general no se sujeta a ninguna expresión matemática en particular.

La elección de este depende fundamentalmente del tipo de carga que será alimentada, y se basa en el hecho de que la potencia instantánea que se desee alimentar sea inferior o a lo sumo igual que la potencia que puede entregar el inversor.

Se calculan todas las variantes con el empleo de las ecuaciones anteriores, automatizadas mediante una plantilla de cálculo soportada sobre Microsoft Excel.

Conclusiones parciales.

1. Se propone un procedimiento que permite dar respuesta al problema de investigación planteado.
2. Se dispone de las herramientas teóricas y prácticas necesarias para acometer estudios de electrificación, en comunidades rurales no interconectadas y de difícil acceso.

CAPITULO 3. IMPACTO DE LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN LA CALIDAD DE VIDA. ESTUDIO DE CASO EN LA COMUNIDAD “YAYABO ARRIBA”. OBTENCIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA. PROPUESTA DE DISEÑO.

Introducción.

El capítulo tres identifica el estado actual de los activos o capitales de la comunidad (pentágono inicial de la comunidad) con la ayuda de una serie de reglas lógicas; también se determinan las características de las alternativas para suplir las necesidades energéticas de la población como base para la toma de decisión.

Se valoran los factores que, según SURE impactan en cada uno de los recursos de la comunidad en dependencia de la opción tecnológica que en turno se analice; donde a cada uno se la asigna un puntaje para cada indicador de recurso. En el mismo orden se pondera por parte del decisor los cinco recursos de la comunidad, este cálculo se realiza mediante la programación por compromiso a través de SURE, para llegar a la matriz tecnológica y al ordenamiento de las tecnologías que según su puntaje, refuerzan los diferentes capitales. Se realizan propuestas de diseño para cubrir la demanda energética de la comunidad, con ordenamiento de las tecnologías.

3.1 Selección de la comunidad a partir de sus condiciones y características. Importancia para el territorio.

Como se planteó en el epígrafe 2.3 de este trabajo, se seleccionó la comunidad rural del municipio de Sancti Spíritus, “Yayabo Arriba” bajo los siguientes criterios:

1. Única comunidad sin electrificación en la cuenca del Río Yayabo.
2. Está enclavada en las riberas del río que suministra un importante caudal de agua para el consumo de la población en el municipio cabecera. El mal uso de sus fuentes o posible contaminación de agua puede provocar un daño irreversible.
3. Se encuentra dentro de un área protegida, razón para proponer su desarrollo sea sostenible.
4. No se incluye en el plan de electrificación que entrega el SEN.
5. La dispersión de sus casas, la lejanía, su el bajo nivel de densidad poblacional y difícil acceso; hacen complejo un sistema centralizado de electrificación.
6. La existencia de potenciales de energía renovables, con recursos naturales: sol, aire, agua, biomasa y otros.

3.2 Localización de “Yayabo Arriba”.

La comunidad rural “Yayabo Arriba”, se ubica en los 21° de latitud norte y los 79° longitud oeste, en las estribaciones del macizo montañoso de “Guamuhaya”, que se sitúa en la zona centro-sur de la isla de Cuba. Se constituye principalmente por calizas, areniscas, esquistos y rocas volcánicas. Posee yacimientos de talco, asbestos y piritas. La vegetación dominante es el pinar, la pluvisilva de montaña, los herbazales y los matorrales. Se conoce además como: “Sierra del Escambray” y sus principales elevaciones son: el pico de San Juan (1 200 m) y el pico de Potrerillo (931 m), el cual constituye un parque nacional. Por el oeste, colinda con las alturas de Banao, por el norte con las de Fomento y por el este como acceso más seguro con el poblado de Las Tosas, tras recorrer los 7 km que lo separa de este. El centro urbano más cercano es la cabecera municipal de Sancti Spíritus, el recorrido comprende 17 km.

3.3 Trabajo de campo.

En previa reunión con la oficina de desarrollo local del PPM se recopilaron las informaciones necesarias para comenzar el trabajo en la comunidad y se presentaron las partes que intervendrían en la investigación. Se utilizó también la bibliografía disponible por el autor y los tutores.

En la primera visita a la comunidad se contactó con los campesinos, conocedores del lugar y se tomó en cuenta el tiempo de vida en la zona. Se formó un grupo bajo la dirección del delegado de la zona, para establecer un comité de gestión local que se encargaría de coordinar las demás visitas a la comunidad y sus áreas de interés. Para conocer éstas se utilizó como método de investigación, la entrevista no estructurada (anexo 3.1), que permitió intercambiar con los pobladores de la comunidad para saber el conocimiento de ellos en cuando a los recursos en la localidad.

Con la ayuda de los medios de comunicación de la escuela rural se impartieron conferencias y charlas sobre el uso de la energía renovable sus formas, posibilidades, ventajas y desventajas.

Con este escenario y la selección de un grupo de asesores en diferentes disciplinas se recorrieron las áreas en estudio, se desarrollaron dos líneas de trabajo:

1. Asesores en temas energéticos y ambientales recorrieron las áreas para conocer y evaluar el capital físico y natural, políticos y demás con los que cuenta la comunidad.
2. Asesores en comunicación social con preparación previa aplicaron las encuestas para las que se utilizó el modelo del paquete de SURE “encuesta participativa II tercera versión (ver anexo 3.21) y para su codificación el libro de codificación de encuesta también de SURE.

3.4 Resultados alcanzados con la aplicación de la herramienta SURE.

3.4.1 Resultados de la primera etapa de SURE. Caracterización del estado inicial de los recursos de la comunidad.

Con el procesamiento de la primera etapa del **SURE** se determinó el estado inicial de los recursos de la comunidad antes de la llegada de la energía, con respecto a un estado ideal de estos. La explicación acerca de cómo lograr la visualización de esta comparación gráfica entre el pentágono ideal y el real, se dará con posterioridad en este Capítulo 3. Con la aplicación de la encuesta y su procesamiento mediante el libro de codificación, se cuenta con la información de la localidad. En este proceso se conocieron las características de la población evaluándose los siguientes aspectos:

1. Nombre de la comunidad: “Yayabo Arriba”.
2. La comunidad cuenta con un número de habitantes de 121 personas, de ellas 16 son niños, (esta población es fluctuante).
3. Área del poblado se fijo aproximadamente en 36 km².
4. La comunidad cuenta con energía moderna en las instalaciones de la escuela con un arreglo fotovoltaico (FV), común para las mismas en zonas rurales no electrificadas en Cuba, cuyo diagrama se muestra en el (anexo 3.2.) Este sistema fotovoltaico a 12 Vdc, está compuesto por dos módulos fotovoltaicos de

160 Wp/12 Vdc, un regulador de voltaje de 20 A/12Vdc, un banco de baterías de 6Vdc/400 Ah y un pequeño inversor de 300 W/12Vdc/120Vac/60 Hz.

5. Servicios públicos, infraestructura y población: Cuentan con 49 viviendas, unas aisladas y otras concentradas de tres a seis, fabricadas con materiales disímiles, algunas con piso de tierra. A los servicios públicos de salud y educación puede acceder toda la población; pero evaluada de acuerdo a los criterios de acceso a la energía, esta es mala pues el tiempo relativo de servicio será, el número de horas diarias disponibles de energía que tiene el centro de salud, para almacenar vacunas y/o prestarles atención nocturna a los usuarios, y este es cero ver (Anexo 3.3), no cuentan con electricidad, sistema de acueducto, teléfono; la distancia hasta el punto más cercano de interconexión es superior a 4 km y al centro urbano 17 km. El camino de acceso es un terraplén en mal estado, con empinadas cuestas. Los objetivos comunes relacionados como la escuela, el consultorio, el círculo social (en fase constructiva) y la bodega están concentrados geográficamente. La población dedica varias horas semanales a la recolección de leña y agua para sus necesidades energéticas y personales con muy poco tiempo libre para el esparcimiento o para la superación personal. Existen indicios de migración de habitantes de la comunidad en los últimos años, y otro grupo que trabaja en sus predios pero no vive de forma permanente; hecho que se relaciona con la ausencia de algunos servicios que inciden en la calidad de vida, como una de las principales causas.
6. Actividades económicas: Como ejes de estas se destacan: la agricultura que es el 89,8 % de su actividad económica y productiva, cría de animales (ganadería) representa un 8,2 % y en el futuro la actividad forestal. Una Cooperativa de Crédito y Servicio (CCS Pedro Lantigua), dedicada a la cría de vacunos y producción lechera, también cuentan con un centro de cría porcina aun con bajos volúmenes. Sus recursos financieros son bajos aunque promedian un ingreso superior a 150 pesos mensuales, pueden tener acceso a préstamos bancarios por mediación de la CSS. En términos generales poseen pocos bienes y animales.
7. Demanda de energía: Esta quedó fijada de acuerdo con las prioridades y los valores de demanda como puede verse en el anexo 3.4. Este punto es de vital

importancia para el resultado final del trabajo por lo que se procede a analizar los resultados mostrados.

Como resultados de la encuesta, se introdujeron al programa los datos de prioridad por sectores en los que el consultorio, las viviendas, y el bombeo de agua obtienen el máximo puntaje, no así la escuela: se asumió que tiene la demanda total cubierta por el sistema FV descrito anteriormente para los dispositivos y medios con los que cuenta en este momento. No tienen una industria rural, aunque en sus casas algunos procesan la leche para elaborar queso. Los equipos y maquinarias se encuentran dentro de las prioridades, no cuentan con estos en físico. El alumbrado público obtuvo un puntaje de cero quizás porque los mismos pobladores pueden percatarse de su poca viabilidad al no ser que se implemente de forma descentralizada e independiente mediante celdas fotovoltaicas, como el mostrado en el (anexo 3.5) que permite nueve horas de iluminación y el sistema gozaría de una autonomía de tres días.

Una central de generación de energía, debe ser objeto de un análisis cuidadoso y detallado para poder determinar la viabilidad de implementar la misma, sin exceder o sobredimensionarla, ya que esto genera gastos innecesarios del escaso recurso económico. Esta condición no será un problema para la comunidad si los propietarios de los sistemas interiorizan el concepto de demanda y el tiempo de disponibilidad que se analiza más adelante. Para fijar estos valores se consideraron los datos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Demanda de energía por habitantes arrojados por estudio realizado (UPME en el año 2000).

CENTRO POBLADO	DEMANDA (kWh/año)
X > 500 habitantes	1232
200 habitantes < X < 500 habitantes	389
X < 200 habitantes	363

Como RESURL mostró para comunidades de menos de 200 habitantes: que el suministro de energía se utilice para cubrir necesidades comunales, comunicaciones e iluminación, mediante sistemas de bajo costo de operación y mantenimiento, preferiblemente energías alternativas o fuentes no convencionales.

Dentro de la matriz UN en función de la tecnología y el número de usos que a ésta se le puede dar como plantea la Tabla extractada de Maldonado y Muñoz, (1994) y que es utilizada por SURE, no está cocinar los alimentos con energías que pueden ser ganadoras por lo que se realiza este cálculo para esta demanda en la comunidad más adelante en la investigación.

8. Los recursos naturales en la zona, están en serio deterioro, estos son muy importantes para establecer un proceso de desarrollo sustentable basado en energías renovables. Se analizaron los que pueden utilizarse para producción de energía o que pueden ser afectados por la introducción de un sistema energético. El dictamen final fue dado por parte de los expertos en cada tecnología se inicializa con: El viento, se caracterizó con información secundaria en forma de tablas (anexo 3.6) facilitadas en la Dirección Provincial de Meteorología que evalúan la dirección, velocidad y frecuencia del recurso (anexo 3.7) (no se contaba con medios para realizar mediciones); se comprobó

que la velocidad promedio es inferior 3 m/s y rachas de calma en el orden de 14 % inhabilita el recurso para la generación de electricidad, pudiera considerarse para bombeo de agua con molinos de viento. Para la evaluación del recurso sol se utilizó el mapa de radiación solar para Cuba que establece la radiación solar en el peor valor anual con el ángulo de inclinación óptimo por encima de los 4.5 kW/m², ver (anexo 3.8) y los datos tomados de Rimada Herrera, J.C., Hernández, Luis (2005).

También se calculó la radiación total anual incidente y la curva de radiación total anual incidente sobre Sancti Spíritus; mediante el programa que utiliza la Corporación COPEXTEL S.A, del que extrajeron los siguientes resultados, mostrados en la figura 3.1 y la tabla 3.2.

Figura 3.1 Curva de radiación total anual incidente sobre Sancti Spíritus.

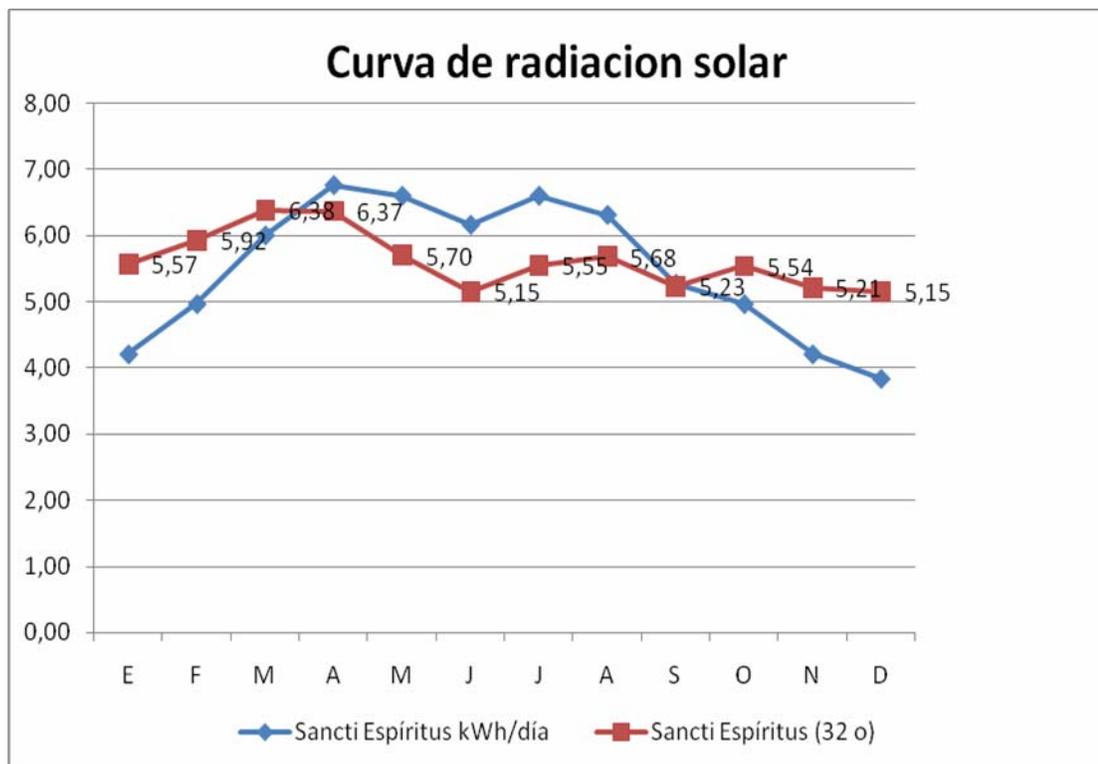


Tabla 3.2 Radiación total anual incidente sobre Sancti Spíritus.

Meses	Sancti Spíritus kWh/día Gdm(β) sobre superficie plana	Máximo kWh/día	Mínimo kWh/día	Sancti Spíritus Gdm(β) sobre superficie inclinada (32 °)
Enero	4,2	4,72	3,91	5,57
Febrero	4,96	5,56	4,88	5,92
Marzo	6	6,31	5,4	6,38
Abril	6,76	7,04	6	6,37
Mayo	6,6	6,89	5,69	5,7
Junio	6,16	6,89	6,16	5,15
Julio	6,6	6,97	6,31	5,55
Agosto	6,31	6,81	6,15	5,68
Septiembre	5,27	6,16	5,61	5,23
Octubre	4,96	5,4	4,96	5,54
Noviembre	4,2	4,8	4,07	5,21
Diciembre	3,83	4,2	3,6	5,15
Mínimo	3,83	4,2	3,6	5,15
Máximo	6,76	7,04	6,31	6,38
Promedio	5,61	6,06	5,32	5,62

Referente a la biomasa como aporte, se consideró que aunque tienen residuos orgánicos de la agricultura y la actividad agropecuaria estos son casi nulos y en otro caso tienen dificultad para colectarlos pues los animales permanecen sueltos en los campos, incluso los cerdos. El paisaje se considera irremplazable por encontrarse enmarcada dentro de un área protegida no siendo el puntaje reflejado ya el 91% de los moradores lo consideró poco importantes. La biodiversidad de la flora y la fauna se catalogaron de bajas. Por su parte el recurso agua no presenta aportes significativos, sin embargo la comunidad es atravesada por el río que da el nombre: “El Yayabo”; es parte de la fuente de abasto a la ciudad espirituana, representa un objetivo importante para todos, si no se realizan buenas prácticas en sus márgenes puede contaminarse y disminuir su potencial acuífero.

Nivel educativo. Se considera medio, de acuerdo a los valores representados en el (anexo 3.9), es válido destacar que no hay analfabetos. Este valor pudiera ser diferente, debido a la migración de jóvenes graduados de la comunidad.

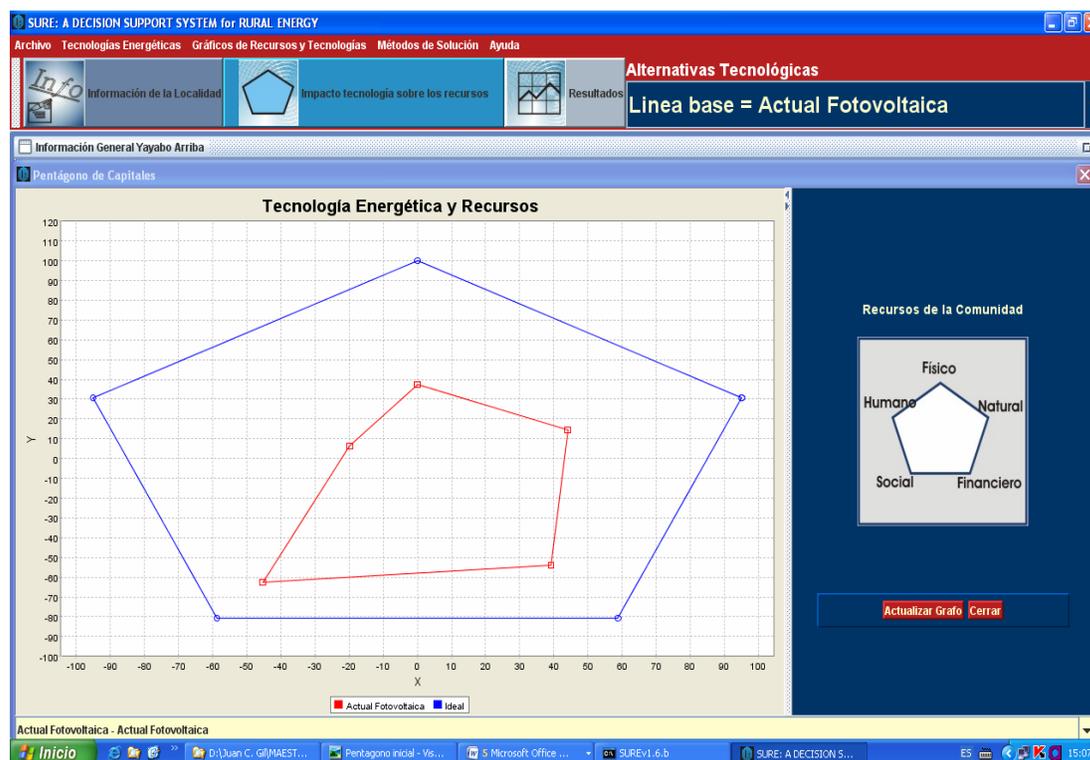
Redes sociales. Se pudo determinar que utilizan más de 7 h semanales en la actividad de recolectar agua y residuos de madera para cocinar, aspecto que influye en el escaso tiempo de recreación o esparcimiento de la población.

Después de ingresar los datos de los recursos estará listo para habilitar el botón “Definir tecnologías”. Se fijó la capacidad de potencia estimada en kW “a partir de la demanda existente en la comunidad”. La columna de “Capacidad” es perfectamente modificable por parte de los expertos y depende del uso final que se le atribuirá a estas alternativas y en principio, de la capacidad real de generación a instalar que tengan estas en función de la disponibilidad de los recursos naturales existentes.

Con este obtuvo el resultado de la demanda de la comunidad aproximada para ser suplida con las diferentes tecnologías (anexo 3.10). La capacidad energética estimada” a cada opción posible, “no tiene que ver con la disponibilidad de recursos”, tiene que ver con la demanda de la población.

Terminado este paso se obtuvo la valoración inicial del impacto sobre los recursos de la tecnología actual o pentágono del estado inicial de la comunidad, resultado visible en la figura 3.2.

Figura 3.2: Gráfico del estado inicial de los recursos de la comunidad.



La salida de la figura 3.2 permitió evaluar el estado actual de los recursos de la comunidad en comparación con el estado ideal que ofrece el SURE según (DFID, 1999). Se pudo apreciar que el recurso humano es el más deprimido y esta dado por el bajo nivel cultural de la población y las pocas capacidades laborales de la misma, también incide el bajo valor de la calidad del servicio de salud.

“El completamiento de este paso da terminación a la primera fase de SURE”.

3.4.2 Resultados de la segunda etapa de SURE. Predicción de impactos en cada recurso de la comunidad. Análisis multiobjetivo y programación por compromiso.

Para comenzar esta etapa se analizan los datos que brinda la matriz tecnológica citada en el capítulo anterior como anexo 2.3, en ella se muestran paulatinamente los valores

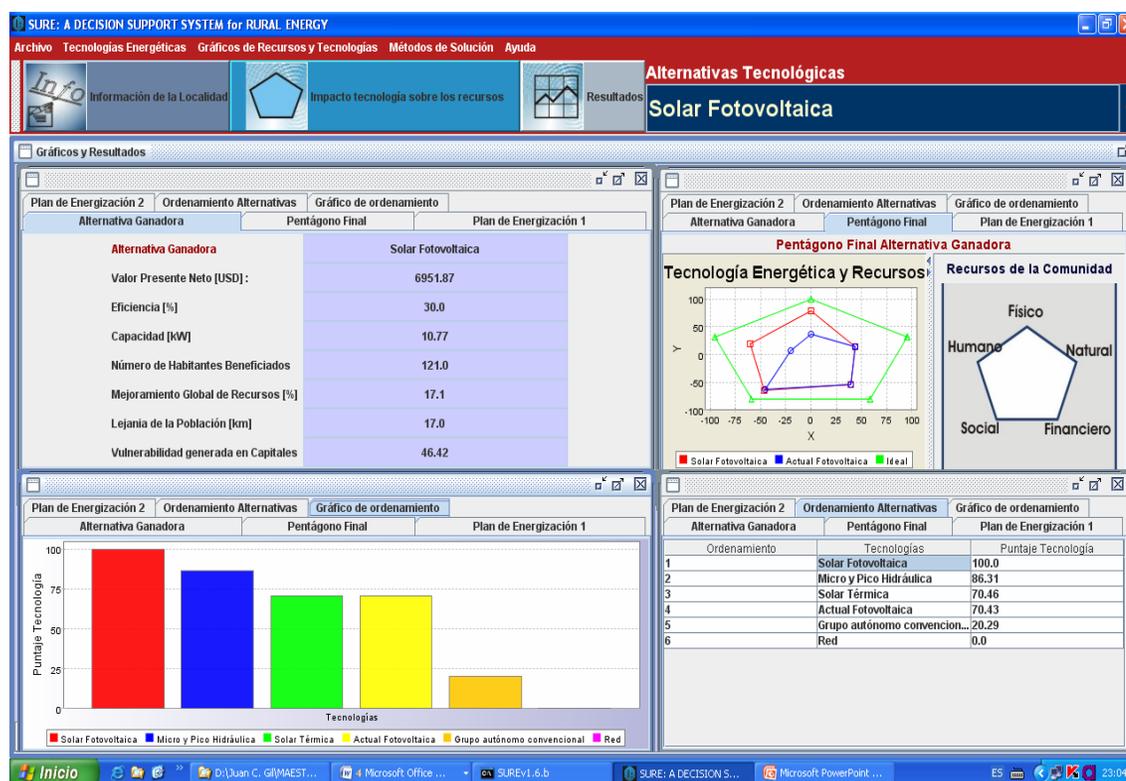
o impactos de cada opción tecnológica sobre los cinco recursos de la comunidad; que permitió la toma de medidas correctoras para influir en cada recurso a lo largo del tiempo, de forma tal que se refuerce la decisión que se tome. Esta matriz es uno de los elementos más importantes, objeto de estudio de los decisores o expertos. En esta etapa se evaluaron los siguientes aspectos:

1. El horizonte de planeación para la evaluación a 30 años y con respecto a este valor se evalúan los demás.
2. El impacto de la Tecnología sobre los recursos”. Se seleccionaron todas las alternativas tecnológicas que se mostraron en la matriz tecnológica (anexo 3.11) y se evaluó el impacto de cada una sobre los recursos de la comunidad. En el recurso natural se ajustaron los impactos sobre el aire, paisaje, agua, flora y fauna. En el físico: vida útil, dependencia de los combustibles fósiles, modularidad, contribución al suministro de energía, de estas variables las más importantes son la primera y la última, ambas aportan el 80% del valor del recurso. En el humano: número de personas a beneficiar, mejoras a alcanzar en la educación, en la salud, capacidad de adoptar y usar la tecnología. Los puntos evaluados, en el social, aumento en horas libres, horas semanales ahorradas en la recolección del combustible con la tecnología, aumento estimado en el número de organizaciones locales y regionales y personas beneficiadas con la tecnología. El recurso financiero presenta para ajustar cuatro factores, los dos primeros refieren el número de empleos durante la fase constructiva y posteriormente con la instalación de la tecnología, los dos primeros resultan de fácil entendimiento, los restantes necesitan una atención especial, en el caso de ingreso de la inversión a largo plazo se realiza la evaluación del valor presente neto de cada tecnología, para este cálculo se aceptaron los datos propuestos por el programa solo se modificó la tasa de interés bancaria al 6% a estimación de los expertos y la vida útil de la fotovoltaica para la que se tomó 25 años datos que IDEA (2005) mostró en su artículo “El sol puede ser tuyo”. Para el aumento de las actividades económicas se aceptaron los datos mostrados en la ventana.

Completados estos pasos se visualiza la matriz tecnológica con el puntaje sobre los recursos de las formas de energía (anexo 3.11).

3. Se ajusto ponderaciones de objetivos dándole el 100 % del peso al recurso natural por estar dentro de un área protegida. Este recurso recibe un peso relativo de un 33,9 % mientras que a los demás solo un 16 %. Realizado el cálculo mediante la programación por compromisos viéndose los resultados en la figura 3.3.

Figura 3.3 Resultado final de la alternativa ganadora.



Finalmente la alternativa ganadora en este caso es la solar fotovoltaica, el pentágono final compara este con el ideal y la actual. Como resultado de esta comparación se observó un incremento sustancial en el recurso humano y el recurso físico, se mantienen casi imperceptibles los demás recursos. También el VAN comienza siendo positivo en el noveno año.

“El completamiento de este paso da terminación a la segunda fase de SURE”.

3.5 Matriz energética de la comunidad.

En el anexo 3.15 se observa la matriz general de posibles combinaciones de energía uso final que se obtuvo.

Como parte de las restricciones del proceso de selección de las posibles combinaciones o utilización de sistemas híbridos por el SURE para la comunidad “Yayabo Arriba” se puede analizar lo siguiente a la hora de realizar la matriz de uso real de la comunidad.

En su creación la investigación se ajustará a los recursos con los que puede contar en este momento y para los usos y criterios bajo los que se hizo la selección multiobjetivos mediante el SURE. Se destacó anteriormente en este capítulo lo referente a la preenergización determinada por la cantidad de habitantes. Se incorpora la cocción de alimentos y las energías que pudieran aportar a esta demanda, por la importancia que reviste y como problema que afecta a la mujer en estos lugares. Se incluyeron la actual fotovoltaica y la eólica que aunque fue descartada por el SURE en las entrevistas se pudo constatar que hay experiencias en su utilización para el bombeo de agua. En la Tabla 3.4 se muestra una matriz de uso no de prioridad, la tecnología ganadora fue ya definida.

Tabla 3.4 Matriz energética de uso de la comunidad “Yayabo Arriba”.

MATRIZ ENERGÉTICA					
Recursos	USOS FINALES				
	Cocción de Alimentos	Bombeo de Agua	Aplicaciones Comunes	Aplicaciones Eléctricas Domésticas Comunes	Comunicaciones
Carbón vegetal	1		-		
Leña	1		-		
Fogón Mejorado	1		-		
Solar Térmica	1		-		
Solar Fotovoltaica		1	1	1	1
Energía Eólica (mecánica)		1	1		
Energía	Pico hidráulica		1	1	1
	Ariete hidráulico	1			
Actual Fotovoltaica			1		
Electricidad generada con diesel			1	1	1

3.6 Propuesta de diseño tecnológico.

Para el autor aunque la forma de energía renovable ganadora puede cubrir todos los requerimientos energéticos de la comunidad, no sería viable utilizarla para todos los usos (cocinar), el costo inicial de la instalación sería muy alto (anexo 3.21). A modo de ejemplo se calculó el sistema fotovoltaico para esta opción y su precio, por lo que se pudiera utilizar para la comunidad sistemas híbridos y lograr una mejor solución energética.

Pudiera utilizarse para cocinar la energía que se obtiene de un sistema fotovoltaico. Para una variante con el modulo energético entregado y aunque el valor de la inversión se considera alto, el hecho de que las familias se beneficien con esta aplicación bien

vale la pena; más adelante en este capítulo se analizarán los costos de las variantes reflexionando en los costos externos.

En la tabla 3.5 se pueden apreciar las variantes de soluciones propuestas para la comunidad.

La forma menos costosa para cocinar con energía solar será con la solar pasiva a través de los conocidos fogones o estufas solares, muestras de estos pueden verse en los anexos 3.12 y 3.13.

En el epígrafe 2.6, se determinaron las características de consumo y requerimientos energéticos de la comunidad. El modelo asigna la demanda por sectores fundamentado en los por cientos que se muestran en la tabla del anexo 3.14. Cualquiera de las formas de energía seleccionada puede cubrir la demanda de la comunidad también teniendo presente el orden de prioridad que se recogió en la encuesta (ver anexo 3.4). Los requerimientos energéticos por este orden serán iluminación, potencia mecánica (bombeo de agua y pequeñas herramientas), comunicaciones, y calor. Por esta razón se calcularon variantes tecnológicas basadas en energía fotovoltaica que cubrirán esta demanda. Tablas 3.4 a la 3.8.

Tabla 3.5. Primer prototipo de diseño solo iluminación y comunicación.

No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
1	Televisor	1	45	45	0,8	5	56,25	225
2	Video	1	15	15	0,8	1	18,75	15
3	Radio grabadora	1	10	10	0,8	1	12,5	10
4	Iluminación	5	5	25	0,8	5	31,25	125
				95			118,75	
Total del Consumo en (Wh/día) de AC								375
Total del Consumo en Amperes de AC (Ah/día)								31,25
Total del Consumo en Amperes de AC Corregidos (Ah/día)								39,06
CARGAS DE DC (12V, 24V)								
No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
				0			0	0
Total del Consumo en (Wh/día) de DC								0
Total del Consumo en Amperes de DC (Ah/día)								0
Voltaje del Arreglo (V)								12 V
Consumo Total del Sistema en Amperes (L= Ah/día)								39,06

Tabla 3.6 Segundo prototipo de diseño, solo iluminación, comunicación y equipos electrodomésticos.

No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
1	Televisor	1	45	45	0,8	5	56,25	225
2	Video	1	15	15	0,8	1	18,75	15
3	Radio grabadora	1	10	10	0,8	2	12,5	20
4	Iluminación	5	5	25	0,8	5	31,25	125
5	Refrigerador mini Bar	1	75	75	0,85	13	88,235	975
6	Ventilador	2	45	90	0,85	8	105,882	720
				260			312,867	
Total del Consumo en (Wh/día) de AC								2080
Total del Consumo en Amperes de AC (Ah/día)								173,33
Total del Consumo en Amperes de AC Corregidos (Ah/día)								216,67
CARGAS DE DC (12V, 24V)								
No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
				0			0	0
Total del Consumo en (Wh/día) de DC								0
Total del Consumo en Amperes de DC (Ah/día)								0
Voltaje del Arreglo (V)								12 V
Consumo Total del Sistema en Amperes (L= Ah/día)								216,67 A

Tabla 3.7 Tercer prototipo de diseño Círculo Social.

No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
1	Televisor 29 "	1	120	120	0,8	5	150	600
2	Video	1	15	15	0,8	1	18,75	15
3	Equipo de sonido	1	80	80	0,8	2	100	160
4	Iluminación	5	5	25	0,8	5	31,25	125
5	Freezer	1	200	200	0,85	13	235,294	2600
6	Ventilador	2	45	90	0,85	8	105,882	720
				530			641,176	
Total del Consumo en (Wh/día) de AC								4220
Total del Consumo en Amperes de AC (Ah/día)								351,67
Total del Consumo en Amperes de AC Corregidos (Ah/día)								439,58
CARGAS DE DC (12V, 24V)								
No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
				0			0	0
Total del Consumo en (Wh/día) de DC								0
Total del Consumo en Amperes de DC (Ah/día)								0
Voltaje del Arreglo (V)								12 V
Consumo Total del Sistema en Amperes (L= Ah/día)								439,58 A

Tabla 3.8 Cuarto prototipo de diseño Consultorio.

No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
1	Iluminación	5	5	25	0,8	5	31,25	125
2	Refrigerador mini Bar	1	75	75	0,85	13	88,235	975
3	Ventilador	1	45	45	0,85	8	52,941	360
				145			172,426	
Total del Consumo en (Wh/día) de AC								1460
Total del Consumo en Amperes de AC (Ah/día)								121,67
Total del Consumo en Amperes de AC Corregidos (Ah/día)								152,08
CARGAS DE DC (12V, 24V)								
No	Descripción	Cant.	P (W)	Pt (W)	Φ	t (h/día)	P (VA)	E (Wh/día)
				0			0	0
Total del Consumo en (Wh/día) de DC								0
Total del Consumo en Amperes de DC (Ah/día)								0
Voltaje del Arreglo (V)								12 V
Consumo Total del Sistema en Amperes (L= Ah/día)								152,08 A

Mediante la herramienta creada con base en método explicado en el capítulo dos se calcularon los sistemas fotovoltaicos para cada prototipo y se le sumaron los costos de instalación y montaje. Los resultados quedaron reflejados en los anexos 3.16, 3.17, 3.18 y 3.19.

3.7 Conclusiones parciales.

1. Al caracterizar el estado inicial de los recursos de la comunidad utilizando el SURE, se pudo apreciar en el pentágono inicial la insuficiente satisfacción de las necesidades energéticas de la comunidad.
2. El estudio se dirigió a la comunidad "Yayabo Arriba", única sin electrificación en las márgenes del Yayabo, fuente de agua de la capital provincial, esta comunidad está enmarcada en una zona protegida no prevista en el plan de

electrificación del SEN y por su dispersión es poco probable su interconexión al mismo.

3. Con la herramienta SURE se priorizan por orden las siguientes formas de optimización de la energía para la comunidad: solar, fotovoltaica, hidráulica, solar térmica, grupo electrógeno.
4. La propuesta de selección de tecnología obtenida mediante a aplicación del SURE permite la visualización de un pentágono en el cual se pueden apreciar mayores satisfacciones y menores impactos sobre los recursos naturales, obteniéndose una matriz energética con siete alternativas de utilización.
5. Utilizando plantilla de cálculo basada en método simplificado se pudieron obtener cuatro prototipos de combinaciones con energía fotovoltaica que permitirán responder a gran parte de las necesidades de la comunidad.

CONCLUSIONES:

1. Se profundizó en el tema de la energización rural mediante energía renovable, como punto esencial para desarrollar los cinco recursos de las comunidades en Cuba y así poder cubrir la demanda de energía y brindar una panorámica para la toma de decisión.
2. Se propuso y aplicó un procedimiento para la propuesta de alternativa energética en comunidades rurales que utilizan de forma eficaz las herramientas SURE y Plantilla de Cálculo basada en el método simplificado de forma combinada para obtener la matriz energética.
3. Con la aplicación del procedimiento se logró caracterizar la comunidad Yayabo Arriba por su carácter agropecuario, su posición en un área protegida y en una cuenca hidrográfica, con demanda energética elevada, no previstas a cubrir por los medios convencionales (SEN).
4. Se logró identificar que en esta comunidad es limitado el uso de los potenciales energéticos obstaculizando la satisfacción de necesidades básicas y eliminando el impacto sobre los recursos naturales.

5. La evaluación con el SURE permitió organizar de forma jerárquica siete vías de utilización de potenciales renovables en la comunidad.
6. Al combinar el uso de la herramienta Plantilla de Cálculo basada en el método simplificado teniendo en cuenta el ordenamiento dado por SURE, se logró proponer una matriz energética, basada en el uso combinado de los diferentes potenciales.
7. Se proponen cuatro variantes utilizando Fotovoltaica que permite cubrir, necesidades elementales individuales y colectivas.

RECOMENDACIONES:

1. Implementar de forma práctica las soluciones energéticas propuestas en el trabajo.
2. Sobre la base del procedimiento utilizado evaluar posible mejoramiento de las herramientas y metodologías actuales para obtener la matriz energética automatizada.
3. Continuar profundizando en el estudio de la comunidad "Yayabo Arriba".

BIBLIOGRAFÍA CITADA.

- 1 Berriz, L. (2009) La transformación de la energía solar en electricidad, en Energía y Tú, No. 12, octubre-diciembre.
- 2 Borroto Bermúdez, Aníbal J, et al. (1997). Planificación Energética en Asentamientos Rurales. México: Coordinadora editorial Francisco Rojas González, Universidad de Guadalajara, 1997. 100 p.
- 3 Borroto Bermúdez, Aníbal J. et al. (1998). Energización de comunidades rurales ambientalmente sostenibles.
- 4 Byrne, "Evaluación Integral de Tecnologías en Proyectos de Inversión", 1998.
- 5 Cabrera Gorrín, O., 2006. Conferencia Energía en Cuba. Retos y perspectivas. situación espirituana. Centro de Estudios Energéticos para la Industria.
- 6 CEMA - Centro de estudios de Energía y Medio Ambiente (2006). Universidad de Cienfuegos. Termodinámica Avanzada. Cienfuegos: ed. Universidad de Cienfuegos, 94 p.

- 7 CMMAD - Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987). Informe Brudlant .Consultado 01/01/2010. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/.../informe-brundtland>
- 8 CREDP, UNDP, GEF, 2000
- 9 Cuba. Leyes (1997). Constitución de la República de Cuba (reformada). La Habana. Editora política.
- 10 DFID - Departamento de Fondos para la Inversión y el Desarrollo del
- 11 DFID - Departamento de Fondos para la Inversión y el Desarrollo del Gobierno de Inglaterra (1999) .Guías sobre modos de vida sostenibles- Sección 4: Métodos. Disponible en: <http://www.livelihoods.org/info/infoquidancesheets.htm>
- 12 Echevarría, R.G., 1998, Lorenzo, E.,1999
- 13 Energía y desarrollo. Consultado 12-3-2009. Disponible en: http://www.cec.uchile.cl/~roroman/cap_01/cap_01.htm#ener%20y%20des
- 14 Faires, Virgil M. (1969). Termodinámica. Instituto cubano del libro. 807 p.
- 15 Figueras Calzadilla, Amado (1996). Proyecto: Soluciones Energéticas para Comunidades Ecológicas de Montaña./ Amado Figueras Calzadilla, Pura Cámara Fernández.—Cuba : CUBASOLAR, Granma.
- 16 Flavin, C., Lessen, N. (1994). Power Surge. Guide to the Coming Energy Revolution. The Worldwach Enviroment Alert Series.
- 17 Gobierno de Inglaterra (1999). Hojas Orientativas sobre los Modos de Vida Sostenibles-Sección 1: Introducción. Consultado 3-3-2009. Disponible en <http://www.livelihoods.org/info/info quidancesheets.htm>
- 18 González Morera, T. (2005). Propuesta de factores para la toma de decisión en proyectos de energización rural en Cuba. Tesis de maestría en Administración de Negocios. Universidad Central de Las Villas. Cuba.
- 19 Goza León. O. (1996). Estrategia de análisis para lograr un uso más eficiente de la energía en los centrales azucareros/Osvaldo Gozá León: Héctor Pérez de Alejo Victoria.--Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en ciencias técnicas. Ciudad de la Habana.
- 20 Herrera Rimada, J.C.; Hernández, Luis (2005). Fotovoltaicos: fundamentos y aplicaciones. Conferencias impartidas en el diplomado energía fotovoltaica. Laboratorio de celdas solares. Septiembre. Universidad de La habana.
- 21 Huang y otros, 1995; Kablan, 1995; Becalli y otros, 1998; Watson y Ter-Gazarian, 1999; Hobbs y Meier, 2000.
- 22 Huang y otros," Social Capital: The missing link? Social Capital Initiative Working Paper, 1995.

- 23 Huang y otros,” Social Capital: The missing link? Social Capital Initiative Working Paper, 1995. Castro Ruz, F. (1987). Discurso pronunciado en la clausura de la VII Conferencia de la Asociación Americana de Juristas, Palacio de las Convenciones, Ciudad de La Habana, 17 de septiembre.
- 24 ICEL, 1994; UPME, 1999, 2000
- 25 IDEA (2005)
- 26 Kartha, S., Larson, E. D. (2000). Bioenergy Primer Modernised biomass energy for sustainable development, United Nations Development Program, New York.
- 27 Larousse (1996). Desarrollo. Diccionario de la Lengua Española Ed. Electrónica Larousse Planeta, S.A.
- 28 Liceaga Plano, I. ; Guerra Borrás, A. (2009). La energía de la solidaridad. Accedido el 1-1-2010). Disponible en:
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia43/HTML/Articulo09.htm>
- 29 Liceaga Plano, I. ; Guerra Borrás, A. (2009). La energía de la solidaridad. Accedido el 1-1-2010). Disponible en:
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia43/HTML/Articulo09.htm>
- 30 Maldonado P. y Muñoz A. 1994. Evaluación Integral de Tecnologías para el Abastecimiento Energético de las Zonas Aisladas en América Latina. Energética, vol. 10 p. p 11-25. Enero 1994
- 31 MINBAS - Ministerio de la Industria Básica (2002). Ahorro de energía y respeto ambiental bases para un futuro sostenible. La Habana: Ed. Política. 171p.
- 32 National Renewable Energy Laboratory (2005) Cole Boulevard Golden, Colorado Disponible en: <http://www.nrel.gov>
- 33 OLADE - Organización Latinoamericana de Energía (1996). Accedido el 5-1-09. Disponible en: <http://www.olade.org.ec/si.../estadistica.htm>
- 34 OLADE - Organización Latinoamericana de Energía (2003). Accedido el 5-1-09. Disponible en: <http://www.olade.org.ec/si.../estadistica.htm>
- 35 Olalde F. R., Kublank P., Thomas M. Scheutzlich M. T. (2002) La hidroenergía en Cuba, perspectivas y barreras. HIDRORED #1.
- 36 Olalde Font R; Glez Morera Taymi; Cherni Yudith, “RESURL: una base para el desarrollo de proyectos de energización rural en Cuba”, memorias del CD de la IV Conferencia de Ciencias Empresariales, Cuba, 2004
- 37 ONU - Organización de Naciones Unidas (1999). Energy and the challenge of sustainability. Overview, United Nations Development Program, United Nations Departament of Economic and Social Affairs, and World Energy Council, Washigton D.C., September.
- 38 Oñate Arresti, Diego (2006). Diseño de una instalación solar fotovoltaica. Accedido el 1-1-2010. Disponible en:
http://www.torres.refrigeración.com/pdf/art_fot_014.pdf

- 39 PNUD - Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (1999). Disponible en: <http://www.pnud.org.ve/IDH99/Capitulo1.htm>
- 40 Rimada Herrera, J.C., Hernández, Luis (2005). Fotovoltaicos: Fundamentos y Aplicaciones. Conferencias impartidas en el Diplomado Energía Fotovoltaica Laboratorio de Celdas Solares, IMRE, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba, Septiembre, 2005.
- 41 Rojas Marcos, Carlos A. (1997). Salud ambiental: un aporte al manejo del ambiente para una salud de calidad en el Perú. Ministerio de Salud; Univ. Nac. Mayor de San Marcos. Lima, 1997. p. 27-43.
- 42 Romero Romero, O. (2009). Introducción a las energías renovables en las perspectivas del desarrollo sostenible. Conferencia impartida en la maestría eficiencia energética, 4 de abril del 2009.
- 43 Sanloz Holonic: Evaluación de proyectos, 1998.
- 44 Schick, R. 14. 6. 2001. Cogeneration (Kraft – Wärme – Kopplung in der Rohrzuckerindustrie). Zuckertechnologisches Kolloquium im Zuckerinstitut Berlin am, 6 p.
- 45 Sears, Francis W. (1962). Física general. S. I.: ed publicaciones, 1040p.
- 46 SEI ; ETSU (1996). Guide to Critical Success Factors for Renewable Energy
- 47 Solís Águila, M., Olalde F., R. (2005). “La universidad en la comunidad a través del proyecto. Una experiencia en la montaña Villaclareña”. Memorias del Evento Provincial Universidad 2006, Santa Clara, 22 de septiembre.
- 48 Technology. Renewable Energy for Development, Vol. 9, No.1
- 49 Torralba D. 1982. Síntesis del Informe del MINAZ a la Asamblea Nacional del Poder Popular. Folleto.
- 50 Turrini, E. (2006) El camino del Sol : un desafío para la humanidad en el tercer milenio una esperanza para los países del sur. La Habana : Editorial Cubasolar.
- 51 UPME - Ministerio de Minas y Energía Unidad de Planeamiento Minero Energético. (1999). Línea base geo-referenciada para la formulación del plan de suministro de energía para las zonas no interconectadas de Colombia. Metodología.
- 52 UPME - Unidad de Planeamiento Minero Energético (2000). Establecimiento de un plan estructural, institucional y financiero, que permita el abastecimiento energético de las zonas no interconectadas, con la participación de las comunidades y el sector privado. Ministerio de Hacienda, DNP, UPME, CREG, PNUD.
- 53 UPME, 1999, 2000, ICEL, 1994; García, 1997
- 54 Velázquez Pérez, Rafael A. (2004). Desarrollo sostenible en Cuba : teoría y práctica. 5p.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- 55 Acevedo, Alberto A.; Vivas Benítez, Alejandro (2004). Calidad Social y Calidad de vida .Archivos de Investigación, Octubre 2004. Pontificación Universidad Javeriana .Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.
- 56 Acuerdo de Río de Janeiro denominado Agenda 21 que fue firmado por casi todos los Estados que participaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Brasil en Junio de 1992
- 57 Alvarado Cartaya, J. et al. (2000) ¿Cuántos tipos de energía produce el mar?, en Boletín Alerta Informativa. Serie Energía, Centro de Información de la Energía, No. 11, La Habana, enero-marzo.
- 58 Artículo Gestión Ambiental (Primera Parte) (2000). Evolución de la percepción de los problemas ambientales y de la gestión ambiental.
- 59 Banco Mundial, "El Estado en un Mundo en Transformación". Informe Sobre el Desarrollo Mundial, Washington, 1997. Memorias del III Taller Internacional RESURL, Perú, 2004.
- 60 Barba-Romero, Sergio Pomerol; Jean-Charles (1997). Decisiones multicriterio: fundamentos teóricos y utilización práctica, Colección de economía. Servicios de publicaciones de la Universidad de Alcalá.
- 61 Blanco, J. A. (1998). El tercer milenio, Centro Félix Varela. La Habana.
- 62 Borroto Bermúdez, Aníbal J. Planificación Energética en Asentamientos Rurales. Aníbal J Borroto Bermúdez y otros. .—Mexico: Coordinadora editorial Francisco Rojas González, Universidad de Guadalajara, 1997.— 100 p.
- 63 Cabrera, Juan J. (2000) Globalización y medio ambiente en América Latina y el Caribe en Ciencia, Innovación y Desarrollo, vol. 6, No. 3.
- 64 Carlsson, C. y Fuller, R. (1994). Interdependence in fuzzy multiple objective programming. Fuzzy Sets and Systems, 65, pp 19-29.
- 65 Carlsson, C. y Fuller, R. (1995). Multiple Criteria Decision Making: The Case for Interdependence. Computers and Operations Research, 22, pp 251-260.
- 66 Cherni, Judith A. 2002. Seminario: Energización de zonas aisladas en Latinoamérica. Terceras Jornadas de Energía 2002, Instituto de Energía, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- 67 Consorcio OPET Comunidad Andina. 1999. Sondeo preliminar del mercado de las tecnologías energéticas limpias en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Energías renovables y eficiencia energética. Comisión Europea.
- 68 Cuba. Leyes (1997). Constitución de la República de Cuba (reformada). La Habana. Editora política.

- 69 DFID (Departamento para el Desarrollo Internacional). 2000. Guías Sobre Medios de Vida Sostenibles (MVS) - Sección 4: MÉTODOS. Descargado en febrero de 2004 de http://www.livelihoods.org/info/info_guidancesheets.html
- 70 DFID (Department For International Development). 1999a. Hojas Orientativas Sobre Los Medios De Vida Sostenibles - Sección 1: INTRODUCCIÓN. Descargado en marzo de 2004 de http://www.livelihoods.org/info/info_guidancesheets.html
- 71 DFID (Department For International Development). 1999b. Hojas Orientativas Sobre Los Medios De Vida Sostenibles - Sección 2: MARCO. Descargado en febrero de 2004 de http://www.livelihoods.org/info/info_guidancesheets.html
- 72 Díaz Llanes, G. (2001). El bienestar subjetivo: Actualidad y perspectivas, Rev. Cubana Med Gen Integr.
- 73 Díaz Llanes, Guillermo (2001). El bienestar subjetivo: Actualidad y perspectivas, Rev Cubana Med Gen Integr.
- 74 Dixon, John y Fallon Louise (1984). El concepto de sustentabilidad: sus orígenes, alcances y utilidad en la formulación de políticas, en: Society and Natural Resources, vol 2.
- 75 Echevarría, R.G. (1998). "Elementos estratégicos para la reducción de la Pobreza rural en América Latina y el Caribe". Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, División de Medio Ambiente.
- 76 EIA - Energy information administration (2007). Situación de la energía en el Mundo, Europa y España. Accedido (5-1-10). Disponible en <http://www.eia.doe.gov/iea>
- 77 El camino hacia la era solar. Ed. Científico técnica, La Habana, 1998.
- 78 Energy and the challenge of sustainability. Overview, United Nations Development Program, United Nations Department of Economic and Social Affairs, and World Energy Council, Washigton D.C., September 2000.
- 79 Engel, Richard, Basualto, Alejandra. (2001). Hidrógeno y celdas combustibles, en Energía y tu, No. 16, octubre-diciembre.
- 80 Espinosa Henao, Oscar M, (2000). Enfoques, teorías y nuevos rumbos del concepto de calidad de vida: Una revisión aplicada para América Latina desde la sostenibilidad.
- 81 Figueras Calzadilla, Amado. Proyecto: Soluciones Energéticas para Comunidades Ecológicas de Montaña./ Amado Figueras Calzadilla, Pura Cámara Fernández.—Cuba : CUBASOLAR, Granma, 1996.
- 82 Flavio, C.; Lenseen, N. (1994). Power surge. Guide to the comino energy revolution. The worldwathc environmental alert. Series, ww. Norton and company. New Cork. p 33. citado en MINBAS (2002). Ahorro de energía y respeto ambiental p. 22.

- 83 Fuller, R. and Carlsson, C. (1996). Fuzzy multiple criteria decision making: Recent developments. *Fuzzy Sets and Systems*, 78, pp139-153.
- 84 Gipe, Paul. *Wind Power for Home & Business*.--USA: Chelsea Green Publishing Company, 1993. --405 p.
- 85 González T. M, Olalde F. R. (2004). RESURL, una base para el desarrollo de proyectos de energización rural como posible alternativa para comunidades aisladas en Cuba. Congreso Internacional de Ciencias Empresariales, CICE 2004. Santa Clara, Cuba, 2004.
- 86 Grootaert, C. 1998. Social capital: The missing link?. Social Capital Initiative Working Paper No.3. Washington, D.C.: El Banco Mundial.
- 87 J Cherni, F. Henao, P. Jaramillo, I. Dyner, R. Smith, R. Olalde Font, T. Sánchez.: *Energy for Sustainable Rural Livelihoods: A Participatory Multi-Criteria*. Energy Policy, 2006, (WEB of Science).
- 89 Jaramillo P., (1999) Desarrollo de un sistema soporte a la decisión para la asignación de recursos naturales con satisfacción de múltiples objetivos y múltiples decisores. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- 90 Lorenzo, E. (1999). La electrificación rural fotovoltaica en el ámbito de la cooperación: apuntes para un curso a organizaciones no gubernamentales. Instituto de Energía Solar.
- 91 *Manual de Alumbrado Westinghouse*.--La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1973.
- 92 Mattern, Carlos (2002). El principio de utilidad en la economía clásica. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/>, 2002
- 93 MINED – Ministerio de Educación Superior (2001). Enseñanza de la física elemental en las condiciones actuales, 8vo. Grado, tabloide en impresión ligera, MINED, La Habana.
- 94 Montesino Jerez, José L (1993). *The Quality of Life*. Oxford University Press, The United Nations University, 1993.
- 95 Montesino Jerez, José L. (1998) *La calidad de vida*. Fondo de Cultura Económica, primera reimpresión en español, México D.F.
- 96 OEA - Organización de Estados Americanos (2007). Trigésimo séptimo período ordinario de la Asamblea General. Panamá.
- 97 OLADE - Organización Latinoamericana de Energía (1996). Accedido el 5-1-09. Disponible en: <http://www.olade.org.ec/si.../estadistica.htm>
- 98 Olalde F. R. González M. T, Pedroso M. I, Quintana P. C, Sánchez T, I. Dyner, Cherni J. (2004) Impacto de las transferencias tecnológicas de sistemas energéticos en el desarrollo económico sustentable de comunidades rurales aisladas. El caso de Cuba. First international symposium TECNOTRANSFER , Habana, Cuba.

- 99 Olalde F. R., González M. T., Quintana P. C., Martínez Y. I., Cherni J (2003). La matriz tecnológica, una vía para la toma de decisiones. Memorias 2ed. MAS Siglo XXI. Santa Clara, Cuba, noviembre, 2003.
- 100 Olalde F. R., Kublank P., Scheutzlich M. T.: La hidroenergía en Cuba, perspectivas y barreras. Estado del arte tecnológico. Memorias III Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Palacio de la Convenciones, Habana, junio 2001.
- 101 Olalde F. R., Kublank P., Scheutzlich M. T.: La hidroenergía en Cuba, perspectivas y barreras. Estado del arte tecnológico. Memorias IX Encuentro Latinoamericano y del Caribe para pequeños aprovechamientos hidroenergéticos (ELPAH). Neuquen, Argentina, noviembre, 2001.
- 102 Olalde F. R., M. González M T. y col. (2005) Impacto de las transferencias tecnológicas de sistemas energéticos renovables en el desarrollo económico sustentable de comunidades rurales aisladas. Aspectos esenciales del estudio de caso en la comunidad de Sabanitas. XX Congreso Nacional del Agua. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur. CONAGUA 2005. Mendoza, Argentina, 2 al 5 noviembre, 2005.
- 103 Olalde F. R., Martínez Y. I. (2000). Selection methods for the family of tubular axial turbines A-1. HIDRORED. Peru. Publication in Spanish.
- 104 Olalde F. R., Martínez Y. I. (2002). The hydro power in Cuba, perspectives and barriers. HIDRORED #1. Peru, Publication in Spanish.
- 105 Olalde F. R., Martínez Y. I.(2000). Influence of some elements in axial hydraulic turbine efficiency. Hydro Review Worldwide. USA.
- 106 Olalde F. R., Martínez Y. I.(2000). Procedures to select a hydraulic turbine to guarantee a high efficiency. Magazine Energetic Engineering. No 3 Cuba. Publication in Spanish.
- 107 Olalde F. R., Martínez Y. I.(2000). Tech note hydro turbine development. Hydro Review Worldwide. USA.
- 108 Olalde F. R., Martínez Y. I.(2000). Use of Hydraulic energy in Cuba. Renewable Energy World. UK,.
- 109 Olalde F. R., Martínez Y. I.(2001). Hydro Power in Cuba. Water Power & Dams Construction Magazine, September.
- 110 Olalde F. R., Martínez Y. I.(2002). Development of the first axial tubular turbine model for the small hydro power plants in Cuba, <http://www.engineers4engineers.co.uk>. (Web of Science).
- 111 Olalde F. R., Nicado M. (1998). Production of hydraulic turbines in Cuba. HIDRORED, Vol. 1, Peru. Publication in Spanish.

- 112 Olalde F. R., Quintana P. C., Martínez Y. I., Cherni J. (2003). Use of renewable sources of energy in function of the sustainable development of rural communities: Sierra Escambray, Cuba. *Energetic*, #30, pp. 33-41, Colombia, September.
- 113 Olalde F. R., Quintana P. C., Martínez Y. I., Cherni J. (2004). Hacia una perspectiva sobre el aprovechamiento eficiente de nuestros recursos en comunidades rurales azucareras. *Revista Centro Azúcar*, #1. Cuba
- 114 Pöyhönen and Hämäläinen. (2001). Theory and Methodology on the convergence of multiattribute weighting methods. *European Journal of Operational Research* vol 129 (2001) 569-585.
- 115 Ramanathan, R. A Multiobjective Programming Approach to Energy Resource Allocation Problems. *International Journal of Energy Research (USA)*. 17: pp 105-119, 1993.
- 116 Remmers (2006) *Fotovoltaica para profesionales: diseño, instalación y comercialización de plantas solares fotovoltaicas*. Alemania: editorial Solarpraxis. 350p.
- 117 RESURL, Proyecto energías renovables en función del desarrollo sostenible en comunidades aisladas, II Taller internacional. Londres, octubre, 2002.
- 118 RESURL, Proyecto energías renovables en función del desarrollo sostenible en comunidades aisladas, I Taller internacional, Cuba, 2001.
- 119 RESURL, Proyecto energías renovables en función del desarrollo sostenible en comunidades aisladas, III Taller internacional, Perú, 2004.
- 120 RESURL, Proyecto energías renovables en función del desarrollo sostenible en comunidades aisladas, III Taller internacional. Perú, febrero, 2004.
- 121 Rodríguez Castellón, S. (2005). Consideraciones sobre el sector energético cubano. 17p.
- 122 Romero. B. y Pomerol. J. (1997). *Decisiones Multicriterio: Fundamentos teóricos y utilización práctica*. Colección de Economía. Universidad de Alcalá.
- 123 Salo and Hämäläinen. (1997). On the Measurement of Preferences in the Analytic Hierarchy Process. *Journal of MultiCriteria Decision Analysis*. vol 6, 309-319.
- 124 Sánchez Miño. S. J. (2003). *Energías Renovables*. Quito.
- 125 Schoemaker y Waid. (1982). An experimental comparison of different approaches to determining weights in additive utility models del *Management Science*, vol 28.
- 126 Smith R., O. Mesa, I. Dyner, P. Jaramillo, G. Poveda y D. Valencia. (2000). *Decisiones con múltiples objetivos e incertidumbre*. 2ª edición. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Medellín.

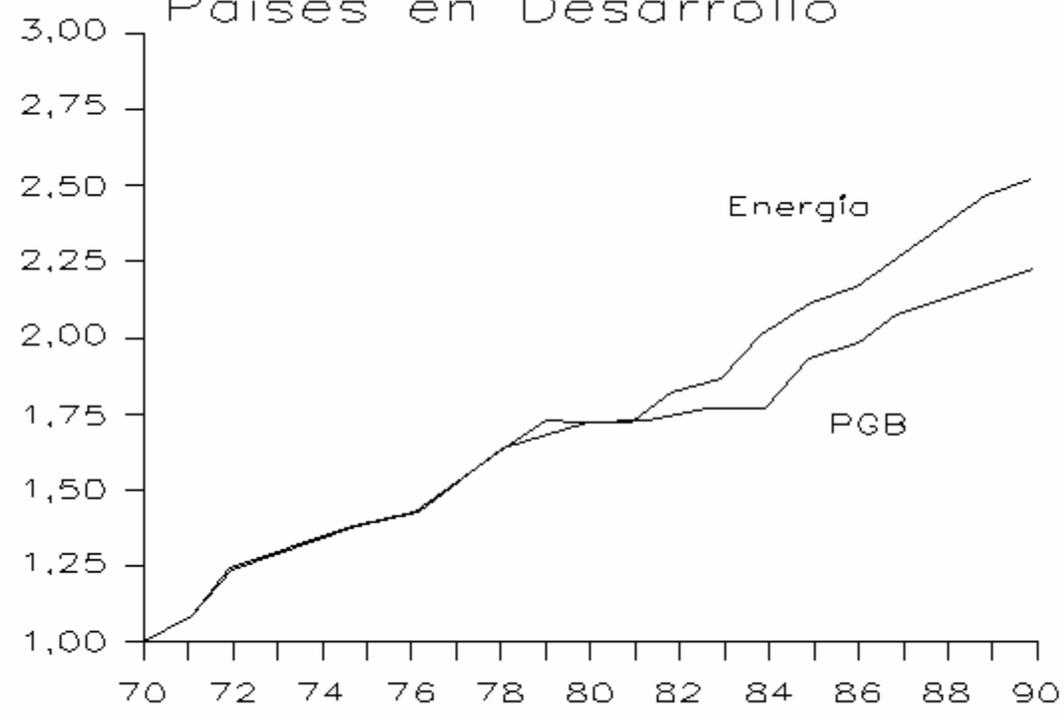
- 127 Smith R., O. Mesa, I. Dyner, P. Jaramillo, G. Poveda y D. Valencia. (2000). Decisiones con múltiples objetivos e incertidumbre. 2ª edición. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Medellín.
- 128 Stemard, F. (1994). Basic Needs, Capabilities and Human Development. Mimeo: Oxford. Elisabeht House. Estados Unidos.
- 129 Tijerina E., "Hacia un Análisis Multivariado del Bienestar Social en México. 1960-1991", Carta del Economista, Colegio Nacional de Economistas, Año 2, núm. 2, marzo-abril, 1992.
- 130 Universidad de Columbia Británica (2003). Usando una Perspectiva Importante Social para Entender el Desarrollo Social y Económico, 2003.
- 131 Viamonte Leyva, G. (2000). La aplicación de la energía eólica en Cuba para la generación de electricidad, en Boletín Alerta informativa, serie energía. Centro de información de la energía, No.11, La Habana, enero-marzo.
- 132 Wetzenfeld, Henyk. Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación del Aire, Agua y el Suelo / Henyk Wetzenfeld.-- Mexico: Editorial ECO, 1990, 312 p.

Anexo 1.1

Evolución Consumo Energético y PGB países OCDE. Tomado de Energía y desarrollo, disponible en:

http://www.cec.uchile.cl/~roroman/cap_01/cap_01.htm.#ener%20y%20des

Países en Desarrollo



Anexo 1.2

Evolución per cápita de energía a través del desarrollo de la humanidad (10^3 kcal).

Tomada del Libro: Ministerio de la Industria Básica. Ahorro de energía y respeto ambiental bases para un futuro sostenible, Cuba, 2002.

Consumo per Cápita Diario	Alimentación	Trabajo Doméstico y otros Servicios	Industria y Agricultura	Transporte	Total
Hombre Primitivo	2				2
Cazador	3	2			5
Agricultor Primitivo	4	4	4		12
Agricultor Desarrollo	6	12	7	1	26
Hombre Industrial	7	32	24	14	77
Hombre Tecnológico	10	66	91	63	230

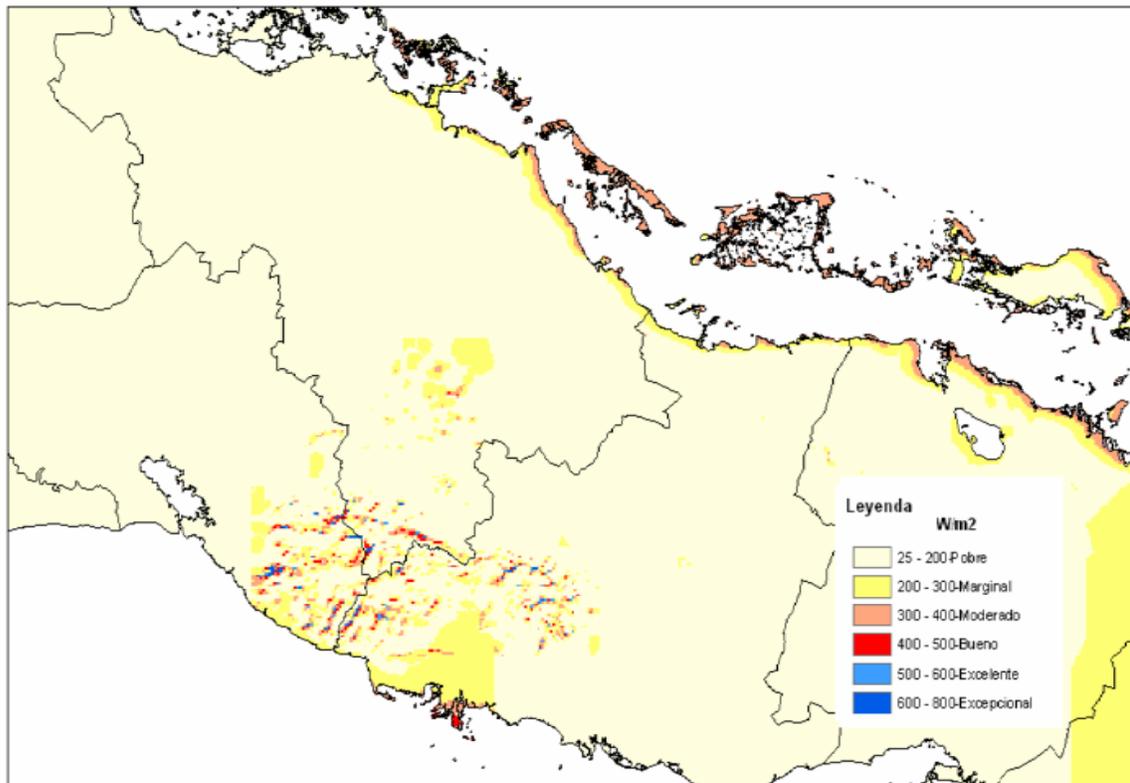
Anexo 1.3

La contaminación y sus fuentes. Tomada del Libro: Ministerio de la Industria Básica. Ahorro de energía y respeto ambiental bases para un futuro sostenible, Cuba, 2002.

La contaminación y sus fuentes	
Tipo de contaminante	Principales fuentes donde se origina
Monóxido de carbono (CO)	Gases de escape de vehículo de motor y algunos procesos industriales.
Dióxido de azufre (SO ₂)	Instalaciones generadoras de calor y electricidad que utilizan petróleo o carbón con contenido sulfuroso y plantas de ácido sulfúrico.
Partículas en suspensión	Gases de escape de vehículos de motor, procesos industriales, incineración de residuos, generación de calor y electricidad; reacción de gases contaminantes en la atmósfera.
Plomo (Pb)	Gases de escape de vehículos de motor, fundiciones de plomo; fábricas de baterías.
Óxidos de nitrógeno (NO, NO ₂)	Gases de escape de vehículos de motor; generación de calor y electricidad; ácido nítrico; explosivos; y fábricas de fertilizantes.
Hidrocarburos no metálicos (etano, etileno, propano, butanos, pantanos, acetileno)	Gases de escape de vehículos de motor; evaporación de disolventes; procesos industriales, eliminación de residuos sólidos; y combustión de combustibles.
Dióxido de carbono (CO ₂)	Todas las fuentes de combustión.

Anexo 1.4

Velocidad del viento en Sancti Spíritus. Tomado de la Conferencia ENERGIA EN CUBA. Retos y Perspectivas. Situación Espirituana. MSc. Ing. Osmel Cabrera Gorrín. CEEPI.



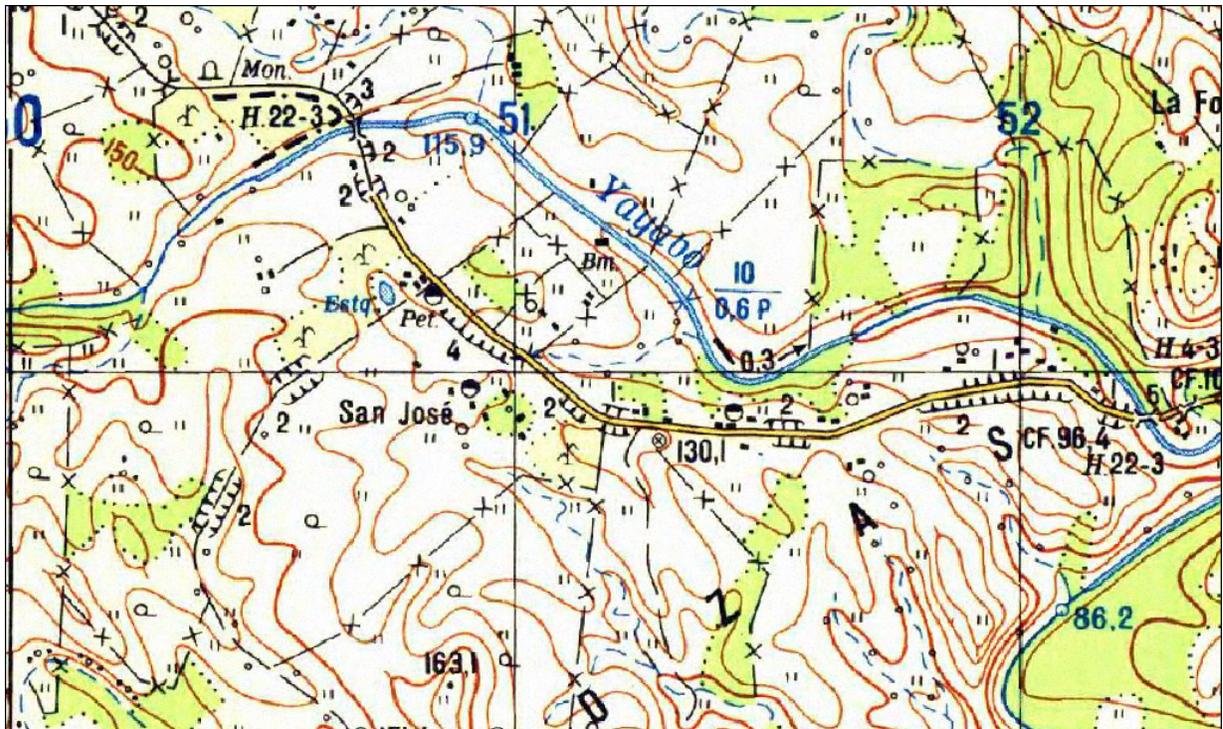
Anexo 2.1

Foto satelital de la Comunidad Yayabo Arriba.



Anexo 2.2

Mapa mostrado por Mapinfo de la comunidad Yayabo Arriba.



Anexo 3.1

Entrevista no estructurada.

Título: Entrevista para obtener criterios de los moradores que formaron el comité de gestión local en la comunidad.

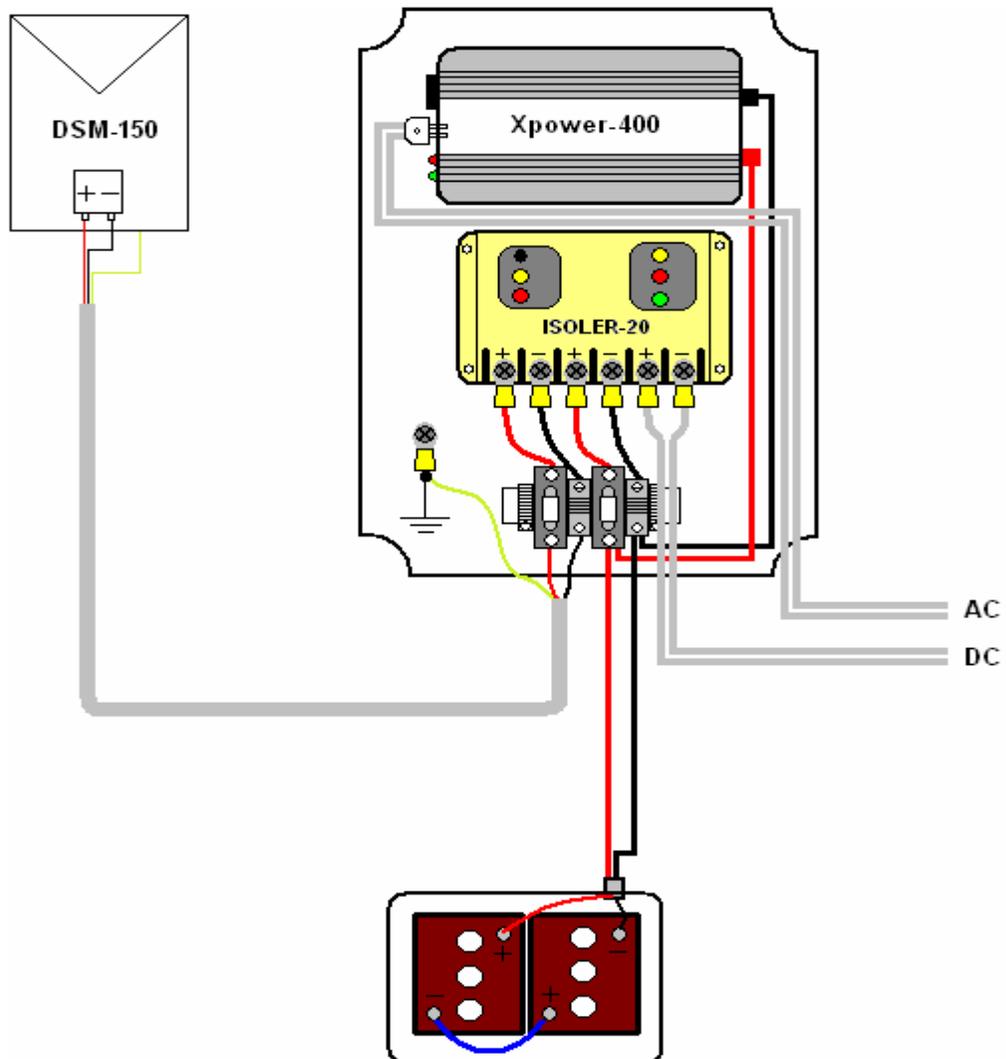
Objetivo: Obtener elementos que definan los lugares o puntos en los que pudieran encontrarse los recursos naturales aprovechables para la obtención de energía y conocer las áreas comunes de la comunidad.

Aspectos a considerar en la entrevista a moradores:

1. Conocen que son las fuentes renovables de energía.
2. Conocen los impactos o modificaciones que sobre el medio tienen estas energías.
3. En qué lugares de la comunidad existe presencia de estas.
4. Existen otros lugares en el entorno cercano que pudieran tener disponibilidad para la aplicación de estas tecnologías.
5. Valoración tecnológica del Sitio Web atendiendo a las exigencias actuales establecidas en la estrategia de informatización vigente.

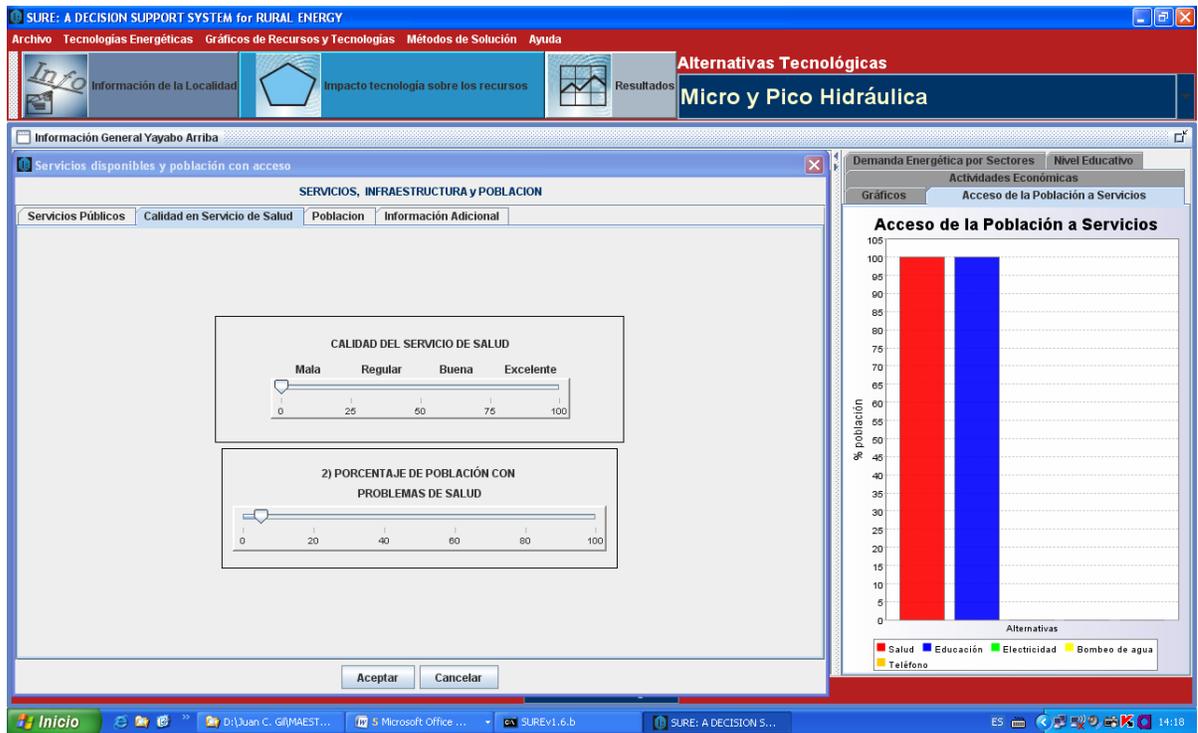
Anexo 3.2

Diagrama del sistema fotovoltaico de la escuela Rural de Yayabo Arriba.



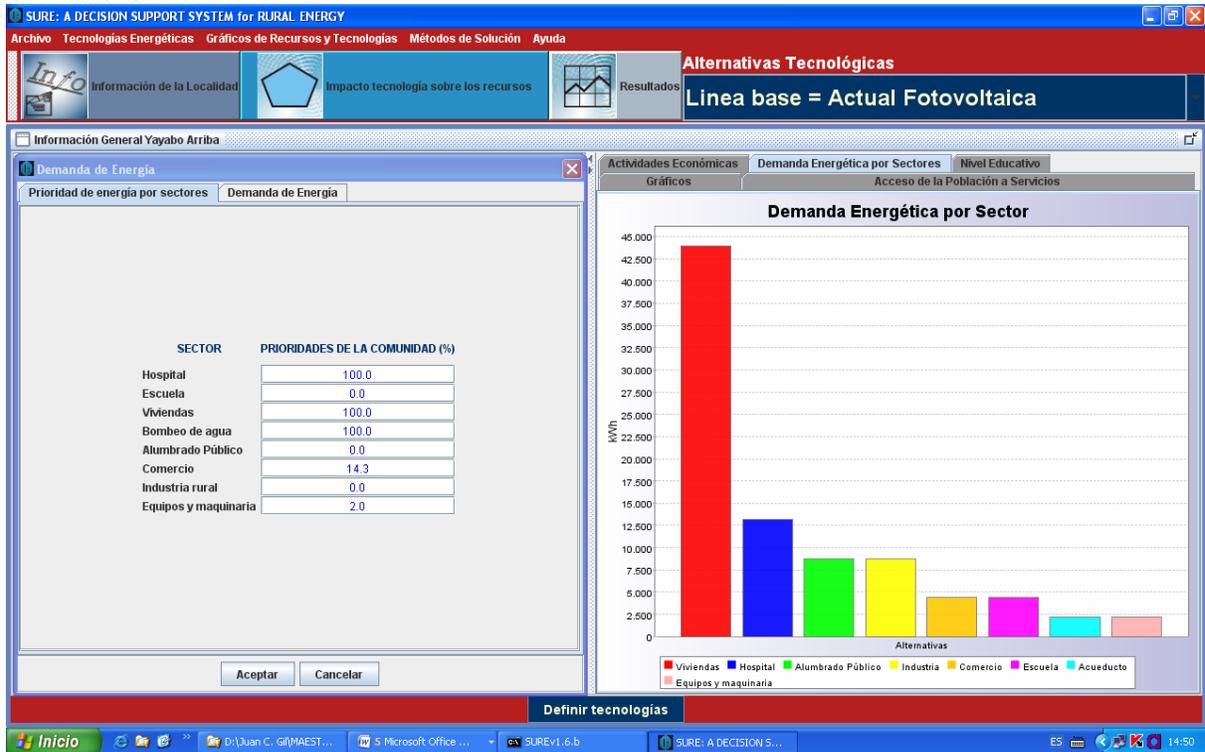
Anexo 3.3

Calidad de los servicios de Salud.



Anexo 3.4

Demanda de energía y prioridad por sectores.



Anexo 3.5

Sistema de iluminación pública con energía Foto Voltaica.



Anexo 3.6

Valores de Frecuencia y Velocidad del viento por rumbo del Período Anual.

Estación Meteorológica de Sancti Spíritus.			
Rumbo	Frecuencia %	V. Media km/h	V. Media m/s
N	8,87	6,6	1,8
NNE	7,73	9	2,5
NE	7,64	9,2	2,6
ENE	6,32	8,8	2,4
E	8,75	7,6	2,1
ESE	3,18	6,1	1,7
SE	3,95	5,7	1,6
SSE	3,58	6,7	1,9
S	5,96	8	2,2
SSW	2,24	8,9	2,5
SW	1,03	6,9	1,9
WSW	1,77	6,1	1,7
W	1,19	4,3	1,2
WNW	4,06	3,7	1
NW	12,37	3,8	1,1
NNW	8,22	5	1,4
Calma	14,42	0	0

Anexo 3.7

Datos incorporados al SURE para la evaluación del recurso Viento

Disponibilidad de recursos naturales

RECURSOS NATURALES EN LA ZONA

Viento Sol Biomasa Paisaje Biodiversidad Agua

Velocidad promedio del viento en [m/s] a 10 metros de altura

Frecuencia de calmas de viento [semanas]

<input checked="" type="radio"/> Menor a 3 [m/s]	<input type="radio"/> 0
<input type="radio"/> 3 - 4 [m/s]	<input type="radio"/> 1 - 3.9
<input type="radio"/> 4 - 5 [m/s]	<input type="radio"/> 4 - 7.9
<input type="radio"/> 5 - 6 [m/s]	<input type="radio"/> 8 - 11.9
<input type="radio"/> Mayor a 6 [m/s]	<input checked="" type="radio"/> > 12

Aceptar Cancelar

Español (México)

Inicio D:\Juan C. Gil\MAE... 8 Microsoft Office... SUREv1.6.b SURE: A DECISION... Microsoft Excel Dibujo - Paint ES 12:15

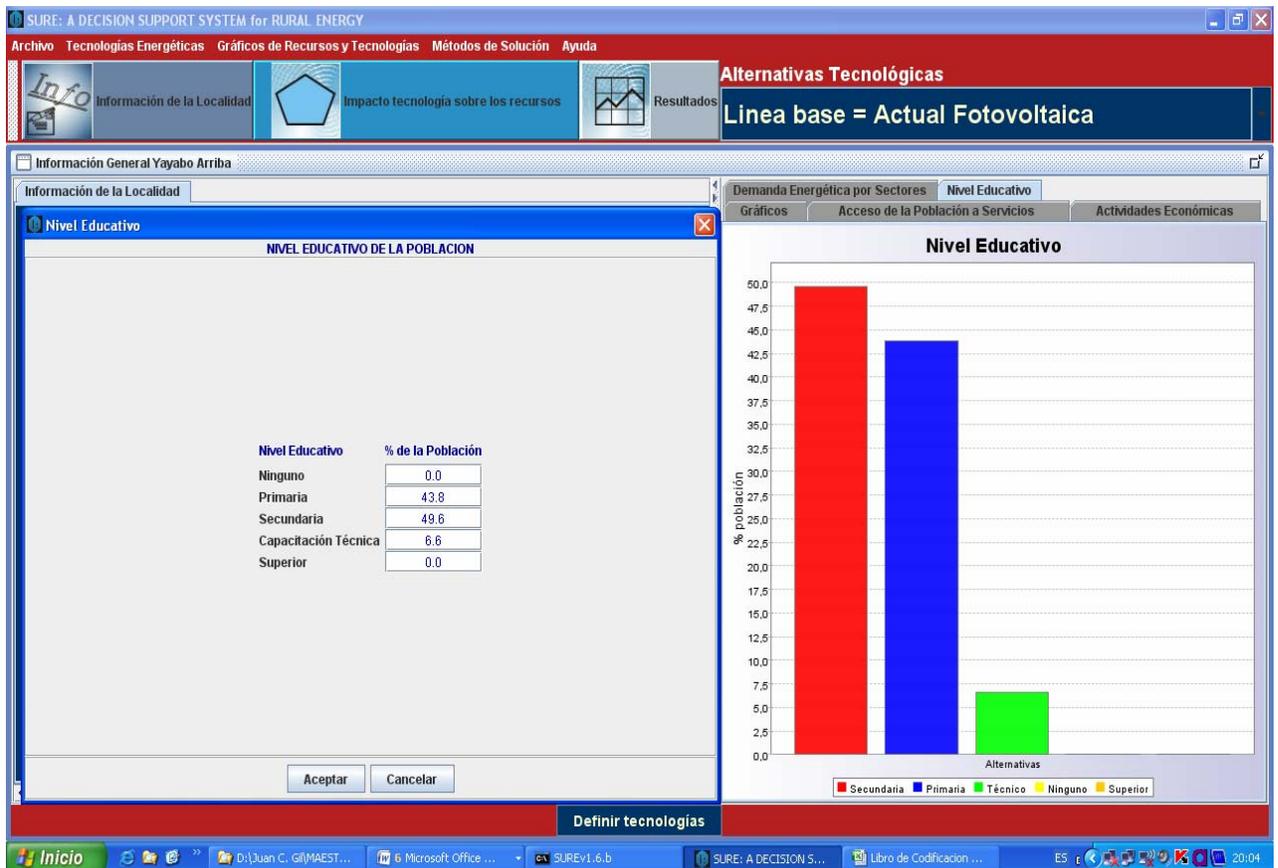
Anexo 3.8

Radiación solar en Cuba: Obtenida de conferencia Medición de la radiación solar, practica #1 de MC Javier Martínez, MSc. Bernardo González .Laboratorio de Celdas Solares y Semiconductores, IMRE-UH.



Anexo 3.9

Nivel educativo de la comunidad.



Anexo 3.10

Definir tecnologías.

SURE: A DECISION SUPPORT SYSTEM for RURAL ENERGY

Archivo Tecnologías Energéticas Gráficos de Recursos y Tecnologías Métodos de Solución Ayuda

Info Información de la Localidad Impacto tecnología sobre los recursos Resultados Alternativas Tecnológicas

Micro y Pico Hidráulica

Definición de Tecnologías

INFORMACIÓN TECNOLÓGICA

Capacidad Energética Estimada [KW]: 10.77

Número de Alternativas o Tecnologías : 6

Alternativa	Capacidad [KW]	Fuente de Energía	Eficiencia [%]
Actual Fotovoltaica	0,32	Sol/Sun	30
Micro y Pico Hidráulica	5	Aqua/Water	80
Solar Fotovoltaica	10,77	Sol/Sun	30
Solar Térmica	10,77	Sol/Sun	20
Grupo autónomo convencional	18	Diesel	70
Red	10,77	Varios/Other	96

+ Tecnología - Tecnología

Aceptar

Definir tecnologías

Inicio D:\Juan C. G\MAEST... 6 Microsoft Office ... Libro de Codificación ... SUREv1.6.b SURE: A DECISION S... ES 21:28

Anexo 3.11

Matriz tecnológica impacto sobre los recursos.



Anexo 3.12

Aprovechamiento solar. Tomado de energía solar pasiva de Bruno Enrique.

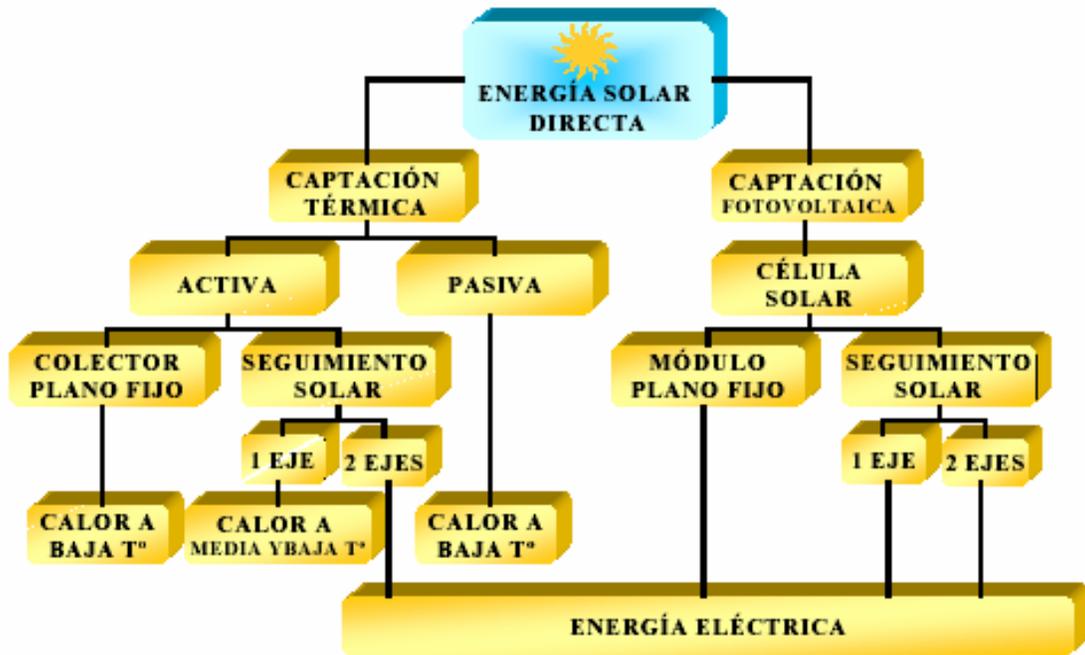
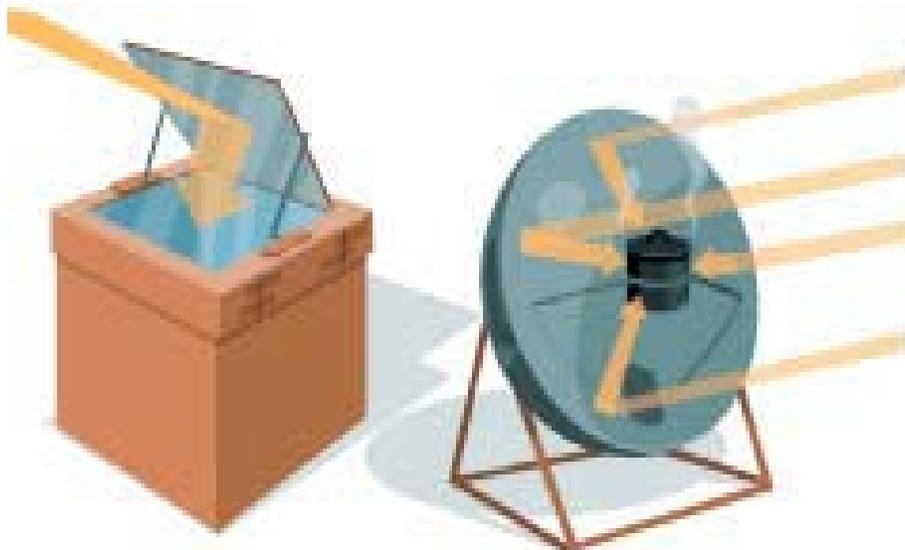


Figura 6. Aprovechamiento del Sol

Anexo 3.13

Captación del calor solar por acumulación en un horno solar y de concentración en una parábola. Cocina mixta de acumulación y concentración diseñada por Roger Bernard pensada para cocinar a la sombra.



Anexo 3.14

Asignación de demanda por sectores tomado del RESURL.

Las unidades de demanda son (kWh/AÑO)

Si Numero Habitantes > 500

$$\text{demanda} = 2 * 1232 * (\text{Numero Habitantes})$$

Si Numero Habitantes > 200 y Numero Habitantes < 500

$$\text{demanda} = 2 * 389 * (\text{Numero Habitantes})$$

Si Numero Habitantes < 200

$$\text{demanda} = 2 * 363 * (\text{Numero Habitantes})$$

Nota: Esto son criterios que se tomaron del trabajo de la UPME en energización rural, y esto aparece en los informes anteriores que se hicieron para RESURL y en mi tesis.

2) Este valor de demanda total se distribuye a través de los 8 sectores propuestos ahora (elimine agricultura y transporte como me lo pidieron) así:

15% de demanda = Hospital

5% de demanda = Escuela

50% de demanda = Viviendas

2.5% de demanda = Bombeo de agua

10% de demanda = Alumbrado público

5% de demanda = comercio

10% de demanda = Industria rural

2.5% de demanda = Equipos y maquinaria

Anexo 3.15

Matriz Uso Final de Comunidades rurales.

RECURSOS	USOS FINALES										
	Cocción de alimentos		Bombeo de agua		Iluminación	Aplicaciones Eléctricas domésticas	Aplicaciones Eléctricas industriales				
Queroseno	1		-		-	-	-				
Diesel	-		13		-	-	-				
Gas Licuado	2		-		-	-	-				
Carbón vegetal	3		-		-	-	-				
Biogás	4		-		-	-	-				
Leña	5		-		-	-	-				
Fogón Mejorado	6		-		-	-	-				
Solar Térmica	7		-		-	-	-				
Solar Fotovoltaica	-	8*	14		21	27	-	32*			
Energía Eólica	Aerogeneradores		-	9*	15		22	28	-	33*	
	Energía mecánica		-		16		-	-	-	-	
Energía hidráulica	Hidroeléctrica		-	10*	17	17*	23		29	-	34*
	Ariete hidráulico		-		18	18*	-		-	-	-
Electricidad de la red	11		19		24		30		35		
Electricidad generada con diesel	12		20		25		31		36		
RECURSOS	USOS FINALES										
	Calor Industrial		Secar Granos		Comunicaciones	Agua caliente para duchas					
Queroseno	-		-		-	-					
Diesel	37		-		-	-					
Gas Licuado	-		-		-	-					
Carbón vegetal	38		45		-	-					
Biogás	39		46		-	52					
Leña	-		-		-	-					
Fogón Mejorado	-		-		-	-					
Solar Térmica	40		47		-	53					
Solar Fotovoltaica	-	41*	-		51	-	54*				
Energía Eólica	Aerogeneradores		-	42*	52		-	55*			
	Energía mecánica		-		-		-				
Energía hidráulica	Hidroeléctrica		-	43*	-	48*	53	-	56		
	Ariete hidráulico		-		-	-	-		-	-	
Electricidad de la red	43		49		54		57		-		
Electricidad generada con diesel	44		50		55		58		-		

X*: Combinaciones solo recomendadas para sistemas centralizados donde se cubra con una sola forma de energía toda la demanda.

Anexo 3.20

Explotación de energía fotovoltaica en Japón (Foto Hakuchin Corporation)



Anexo 3.21 Encuesta participativa.

RESURL

DFID funded project
2001

ENCUESTA PARTICIPATIVA COMPLEMENTARIA PARA EL MODELO SURE

Actualización:

INFORMACIÓN PRELIMINAR (solo para el lider de la comunidad, con excepcion de la P6, P7)

P1. COMUNIDAD:		P13. DIST. E/ LA POBLACION Y LA RED PRINCIPAL DE TRANSPORTE: _____	
P2. AREA DEL POBLADO (Km2):	P3. NUMERO DE HABITANTES:	P14. DIST. E/ LA POBLACION Y LA RED: _____	
P4. NUMEROS DE CASAS:	P5. CANT. POBLACION ACTIVA:	P15. DIST. E/ LA POBLACION Y EL CENTRO URBANO MAS CERCANO: _____	
P6. ENTREVISTADOR:		P16. TIPO DE SERVICIO DE SALUD QUE GARANTIZA LA CALIDAD DEL MISMO:	
P7. GÉNERO DEL ENTREVISTADO: 1. ___ Femenino 2. ___ Masculino		1, Mala, no se cuenta con servicio: ___	
P8. MUNICIPIO:		2, Promedio, vacunacion, atención a enfermedades menores: ___	
P9. PROVINCIA:	P10. PAÍS:	3. Satisfactoria, incluyendo servicios de maternidad y dentales: ___	
P11. SE ENCUENTRA UBCADA DENTRO DE UN AREA PROTEGIDA?: 1.Si: ___ 2.No: ___		4. Excelente, servicios emergencias, preventivos y tratamientos (ingresos): ___	
P12. TIPO DE ENERGIA MODERNA (CONVEN- CIONAL O RENOVABLE):			

A. TECNOLOGIA Y SERVICIOS (para todos)

P17. ¿De cuales servicios dispone?		1. Salud:	2. Educación:	P20. Existen problemas de salud en su familia?, ¿Cuántos de su familia?:	
3. Electricidad:	4. Bombeo de agua:	5. Teléfono:		P21. Cuántas horas por semana salen a recoger leña?	
P18. ¿En qué sectores usaría la energía como prioridad?, ¡seleccíonelos!				P22. Cuántas horas por semana salen a coleccionar agua?	
1. Hospital	5. Alumbrado público	98. NR: ___			
2. Escuela	6. Comercio	99. NA: ___			
3. Viviendas	7. Industria rural				
4. Bombeo de agua	8. Equipos y maquinarias	9. Otros:			
P19. Tiempo libre después de la jornada diaria (no se incluye madrugada)		98. NR: ___		P23. Ha abandonado alguien de su familia la comunidad en el ultimo año?, 1, Si: ___ 2, No: ___ 98, NR 99, NA ¿Cuántos?:	
		99. NA: ___			

B. ASPECTOS MEDIO - AMBIENTALES (para todos)

P24. ¿Con cual recurso no estaría de acuerdo en usar o utilizar para producir energía o electricidad? (referirse al recurso que existe en	P25. ¿Cómo consideran que es el valor del paisaje en su comunidad o área comunitaria?
---	---

la zona)

1, El río, cascada (agua) : _____

2, El Bosque (biomasa) : _____

3, El paisaje : _____

4, Las plantas y animales : _____

5, La Tierra : _____

6, La Montaña : _____

7, Otro elemento especial : _____

98, NR: _____ 98, NA: _____

1. Poco importante

2. Importante

3. Esencial

4. Irreemplazable

C. ASPECTOS SOCIO - ECONOMICOS (para todos)

P26. Cuántas personas viven en esta propiedad? _____

P27. Cuál es el nivel educativo alcanzado por quienes habitan la casa?

1, Ninguno

2, Primaria

3, Secundaria

4, Capacitación técnica

5, Superior

98, NR: _____ 99, NA: _____

P30. Cuánto es el ingreso de su familia al mes? (moneda Nacional)

Monto total: _____

P28. Qué actividades contribuyen mas a su economía familiar?

1, Agrícola

2, Pesca

3, Industrial

4, Turismo

5, Minería

6, Industria rural

7, Artesanía

8, Comercio y servicios

9, Otros

98, NR: _____

99, NA: _____

P31. Cuál es su capacidad de obtener préstamos?

1, Cooperativas

2, Bancos

3, Vivienda

4, Prestamista

5, Otros

6, Ninguno

P29. Posee animales como bienes y productos?

1, Si, _____

2, No _____

98, NR: _____ 99, NA: _____

D. ASPECTOS DE ORGANIZACIÓN (para todos)

P32. En su comunidad se cuenta con los siguientes recursos naturales?

Recursos	Disponibilidad:
	(1), Abundante (2), Suficiente (3), Escaso
	(4), Nada (5), Otro
	98, NR 99, NA

P33. Participan las mujeres en decisiones comunitarias?

1, Si, _____ 2, No _____ 98, NR: _____

P34. Cuántas organizaciones locales y regionales existen en su comunidad?: 1. CDR, 2. FM, 3. UJC, 4. UJC, 5. ANAP, 6. CTC, 7. OTRAS (especificar): _____; 8. _____; 9. _____; 10. _____; 11. _____

1. Leña			
2. Agua			
3. Horas de sol		98, NR: _____	99, NA: _____
4. Viento			
5. Desechos agrícolas		P35, Poseen algún tipo de afiliación política?	
6. Otros cultivos (favor especificar)		1, Si: _____	2, No: _____
7. Cascadas o saltos		98, NR: _____	99, NA: _____
8. Otros (favor especificar)			FECHA: _____

