

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ELECTRIFICACIÓN DE ZONAS RURALES. CASO DE ESTUDIO: ISLA DE CUBAGUA-ESTADO NUEVA ESPARTA, VENEZUELA

Yrina Ramírez M. – yramirez@usb.ve

Oswaldo Ravelo – oravelo@usb.ve

Universidad Simón Bolívar, Departamentos de Tecnología Industrial y Sistemas de Potencia

José Moronta R. – jmoronta@gmail.com

Universidad Central de Venezuela, Escuela de Ingeniería Eléctrica

8209-Zonas Rurales

Resumen. *La electrificación de zonas rurales, desatendidas por las empresas prestadoras de servicio eléctrico, es una necesidad que a nivel mundial afecta a más del 20% de la población (ONU-2002), mientras que en Venezuela afecta alrededor del 10% de su población (INE-2004). Esta problemática puede ser abordada mediante el uso de energías alternativas con sistemas híbridos atendiendo a las potencialidades energéticas de la región en particular, como lo muestran experiencias desarrolladas en Europa y en algunos países latinoamericanos. De acuerdo a los indicadores citados, existe un índice importante de la población venezolana habitando zonas rurales que carecen de sistemas de electrificación. Sin embargo, por su ubicación geográfica poseen alto potencial energético por formas no tradicionales tales como: eólica, solar o mini hidráulico. El aprovechamiento de este tipo de energías redundaría en bajo costo y mínimo impacto ambiental haciendo incuantificable su traducción en la calidad de vida para sus habitantes. La metodología propuesta contempla un mecanismo sistematizado para abordar la electrificación de una zona rural, partiendo de sus recursos energéticos particulares asociados a su ubicación geográfica, estudio de impacto ambiental y socio-económico, viabilidad y sustentabilidad, así como su implantación y seguimiento. Adicionalmente, esta metodología incluye el establecimiento de los lineamientos que la harían extrapolable a cualquier comunidad o localidad remota sin acceso a la energía eléctrica a través de la red nacional. Como caso piloto para la validación de la metodología se ha tomado la comunidad de La Isla de Cubagua, ubicada al norte de Venezuela en el estado Nueva Esparta, zona potencialmente importante en cuanto al recurso eólico y solar que presenta. Paralelamente a la validación de la metodología, estos tipos de energías alternativas resultarían en una solución a los problemas de servicios básicos y satisfacción de otras necesidades colaterales en la zona rural objeto de estudio.*

Palabras-clave: Zonas Rurales, Electrificación, Energías Alternativas.

1. INTRODUCCIÓN

La electrificación de zonas rurales es una necesidad existente en Latinoamérica aun en los países con grandes recursos energéticos, tal es el caso de Venezuela, donde existen deficiencias en atender asentamientos distantes de los grandes centros de demanda de energía eléctrica. En esa dirección se identifican diversas experiencias en la región latinoamericana (Orellana, 2005) (Nunes, 1997), mientras en el caso venezolano se desarrollan tímidas iniciativas mediante la instalación de paneles fotovoltaicos de energía solar para suplir cargas puntuales tales como escuelas y centros ambulatorios de salud.

La instauración de este tipo de proyectos requiere de un tratamiento integral que valore e identifique los aspectos social, medioambiental y técnico; ejes fundamentales de la propuesta. El desarrollo metodológico establece la caracterización de los tres ejes: en el aspecto social se determinan las variables de entrada, sus indicadores y variables sobre las cuales se pretende incidir; en el aspecto ambiental se acoge el contexto normativo local, nacional e internacional en correspondencia con la experiencia de la propia comunidad, mientras los aspectos técnicos quedan determinados por los estudios clásicos de determinación de potencial energético como preámbulo para la consolidación de una propuesta de electrificación.

Se presenta como aplicación un estudio de casos, el cual se encuentra en desarrollo, cuyos resultados sociales y ambientales se basan en estudios documentales previos mientras el aspecto técnico se simula para unas condiciones determinadas. La metodología propuesta contempla un mecanismo sistematizado para abordar la electrificación de una zona rural, partiendo de sus recursos energéticos particulares asociados a su ubicación geográfica, estudio de impacto ambiental y socio-económico, viabilidad y sustentabilidad, así como su implantación y seguimiento; esta metodología se plantea establecer lineamientos extrapolables a cualquier comunidad o localidad remota sin acceso a la energía eléctrica a través de la red nacional.

Como caso piloto para la validación de la metodología se ha tomado la comunidad de La Isla de Cubagua, ubicada al norte de Venezuela en el estado Nueva Esparta, es una zona potencialmente importante en cuanto al recurso eólico y solar que presenta, por lo que este tipo de energía resultaría una solución a los problemas de servicios básicos y la satisfacción de otras necesidades colaterales.

2. LA METODOLOGÍA

Se plantea la correlación los estudios de impacto ambiental, socio-económico, viabilidad y sustentabilidad, así como su implantación y seguimiento; estableciendo lineamientos extrapolables a cualquier comunidad o localidad remota sin acceso a la energía eléctrica a través de la red nacional. Todo proyecto de ingeniería deriva en el fin último de elevar la calidad de vida de la sociedad bien sea mediante el desarrollo de nuevas tecnologías o el desarrollo de sistemas de mejoras continuas. Por otro lado, la coexistencia hombre-ambiente debe considerar una intervención mínima sobre este último procurando un mínimo impacto sobre el escenario natural. Estas razones imponen el estudio triangular Ingeniería-social-ambiente planteado en esta propuesta.

2.1 Consideraciones para el diagnóstico social

En el aspecto sociocultural se plantea un estudio situacional de la Comunidad, considerando los aspectos sociales internos de la Comunidad como sistema, con el fin de diagnosticar la situación de estado presente que viven los pobladores. El estudio se desarrolla “in situ” y para la recopilación de información se utiliza un instrumento tipo encuesta diseñado con la particularidad del caso estudio donde se consideran aspectos sociales, medioambientales y de naturaleza técnica específica, tal es el caso del levantamiento de carga, entre otros.

En la fig. 1, se presenta el diagrama que establece la correlación entre los cuatro (4) indicadores valorados, a) Características de la Comunidad, b) Actividad Económica Fundamental, c) Servicios Básicos, d) De Impacto Ambiental, las variables que la caracterizan y la incidencia en los tres (3) ejes de a) Estructura Dinámica y Productiva, b) Calidad de Vida y Desarrollo, c) Conservación del Medio Ambiente; sobre los cuales impacta el desarrollo derivado de la electrificación.

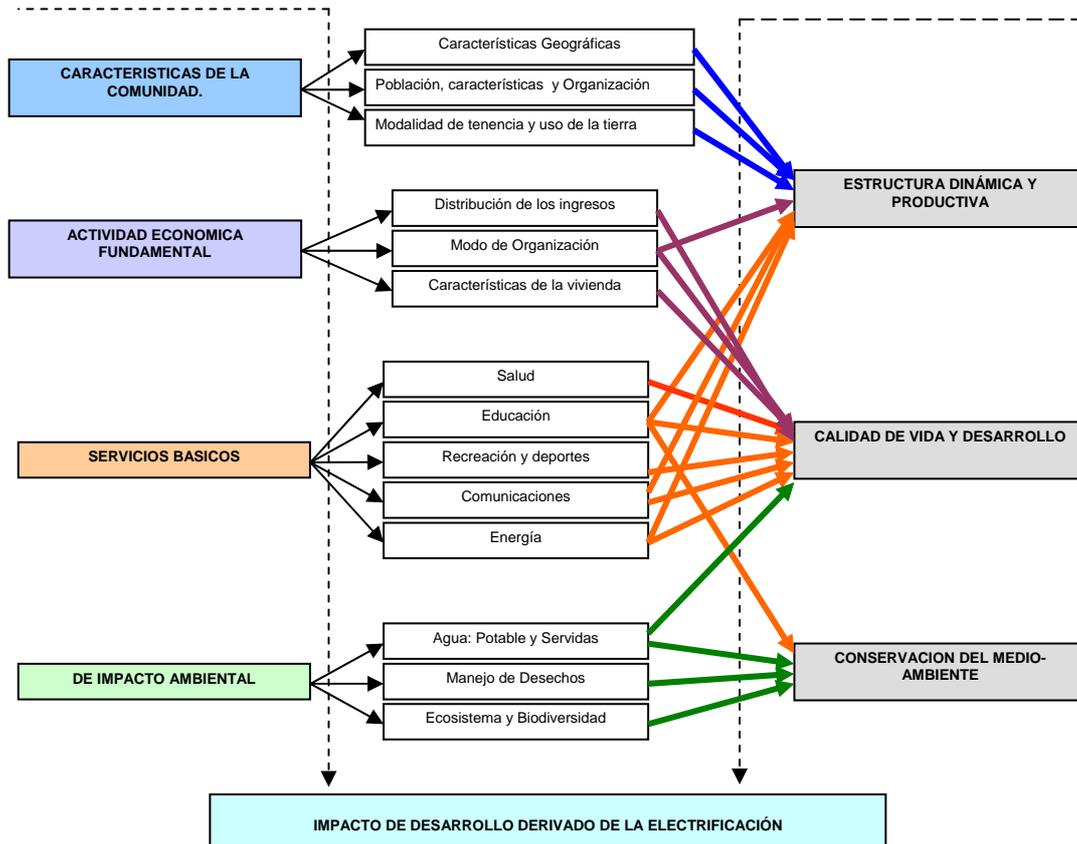


Figura 1- Consideraciones para el diagnóstico social de la comunidad estudio

Las consideraciones socio-culturales se enmarcan en lo que se ha denominado el estudio situacional, estructurado en atención a los siguientes parámetros: a) Características Geográficas, b) Población, características y Organización, c) Régimen de tenencia y uso de la tierra, d) Estructura dinámica y productiva, e) Actividad económica fundamental y recursos, f) Servicios Básicos Principales, g) Impacto Medioambiental, g) Diagnóstico de la carga eléctrica disponible.

Estas consideraciones constituyen los requerimientos básicos establecidos en la metodología propuesta y son susceptibles de ser medidos mediante el diseño adecuado de los instrumentos, de acuerdo a las características particulares de cada comunidad.

2.2. Consideraciones ambientales

- a) La ejecución de cualquier proyecto requiere de un estudio de impacto ambiental previsto en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela en su Artículo 129 y la Ley Orgánica del Ambiente (LOA). Según la LOA en su Artículo 83 este estudio de impacto ambiental esta destinado a: predecir, analizar e interpretar los efectos ambientales potenciales de una propuesta es sus distintas fases; verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales, proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas a que hubiere lugar, verificar si las predicciones de los impactos ambientales son válidas y las medidas efectivas para contrarrestar los daños.

Otros aspectos a considerar por las leyes venezolanas son:

- a) La protección a las faunas silvestres, en la Gaceta Oficial N° 29.289 del 11 de Agosto de 1970 y en la Gaceta Oficial N° 5.302 del 29 de Enero de 1999.
- b) Los residuos y desechos sólidos, en la Gaceta Oficial N° 38.068 del 18 de Noviembre de 2004 y en la Gaceta Oficial N° 4.418 del 27 de Abril de 1992.
- c) La evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente, en la Gaceta Oficial N° 35.946 del 25 de Abril 1996
- d) La contaminación generada por ruido, en la Gaceta Oficial N° 4.418 del 27 de Abril de 1992

Con el objeto de establecer las relaciones ente los aspectos formulados se presenta En la fig. 2 donde se presenta un diagrama que refleja el conjunto de consideraciones establecidas en la metodología para la evaluación del impacto ambiental en la implantación de proyectos de electrificación de zonas rurales.

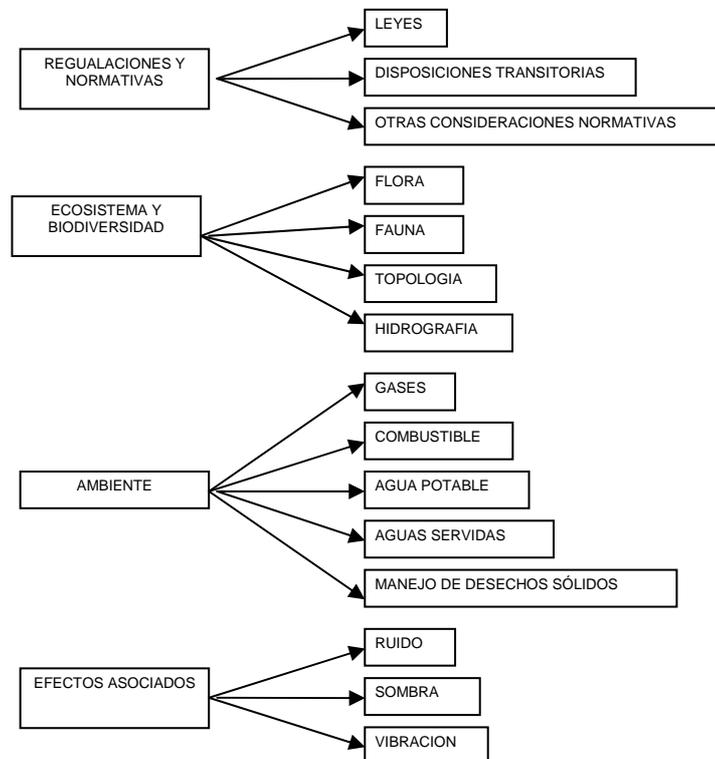


Figura 2. Consideraciones para la evaluación del impacto ambiental en la implantación de proyectos de electrificación de zonas rurales

El desarrollo de todo proyecto debe tener en cuenta los aspectos medioambientales intervinientes y su impacto delimitados al ecosistema y biodiversidad, ambiente y efectos asociados, así como el aprovechamiento del medio. Los aspectos más relevantes a evaluar que se deben considerar, a corto y largo plazo, son:

- a) Ambiente: estudio de disminución de gases en la atmósfera, generación de residuos, alteración del ecosistema y deforestación.
- b) Faunas: estudio de especies que se pueden ver afectada por la implementación de esta tecnología como lo son las aves, los murciélagos, etc.
- c) Flora: estudio de la necesidad de deforestación y movimiento de tierra en la zona.
- d) Acústica: efecto de la contaminación sonora, determinación del espacio que se vera afectado.
- e) Vibración: estudio del efecto de vibración en la zona, determinación de daños en las personas y la fauna de la zona.
- f) Sombra: estudio de como afecta la sombra generada por los dispositivos aéreos.

El impacto visual generado por la implementación de un proyecto debe ser el mínimo posible sobre todo si es en un área rural. La integración de paneles solares o de aerogeneradores a la armonía natural del ecosistema es un área difícil ya que son elementos notoriamente visibles en un paisaje, a modo de ejemplo y aunque parezca trivial, se debe evaluar una disposición geométrica de turbinas o de los paneles, para que entre si, se encuentren en armonía aunque distorsionen el paisaje. Conceptualización de los principales efectos medioambientales de las energías renovables consideradas:

Fauna: En el caso de la energía eólica es evidente que una de las especies que se ve más afectada por la implementación de este tipo de proyecto son las aves, debido a que su espacio de vuelo se ve alterado por aerogeneradores. Cabe destacar que una disminución del porcentaje de una especie, puede causar un desorden en la cadena alimenticia natural y afectar ecosistema.

Otra de las especies que se pueden ver afectadas por los aerogeneradores son los murciélagos, especie encargada de la polinización de las plantas, ocasionando indirectamente afectación de la flora del sistema.

Flora: Para la implementación de cualquier sistema de energía renovable se debe considerar la necesidad de deforestación y movimiento de tierra de la zona, es necesario determinar el tratamiento que se dará al material removido para no perturbar la topología natural del terreno, obstruir un paso natural de agua u otro impacto modificante.

Acústica: Dado que los aerogeneradores son fuentes de ruido, es necesario considerar las distancias de su instalación a las zonas pobladas, la cual depende del diámetro del rotor y debe ser tres veces el diámetro de este.

Vibración: De igual modo, los aerogeneradores son fuentes de vibración, por lo que se debe evaluar que tanto podrían afectar estas vibraciones en la zona.

Sombra: Los aerogeneradores son estructuras de gran tamaño que tienden a generar una sombra que por su giro es discontinua, comportamiento que puede causar algún tipo de perturbación a los habitantes del lugar.

2.3. Consideraciones técnicas

Según las características particulares de la zona considerada para la electrificación existirán ciertas condiciones necesarias para desarrollar un tipo (o varios) de energía en particular, considerando como aspectos de incidencia el geográfico, por ejemplo las zonas montañosas pudieran poseer potencial hidráulico debido a corrientes de agua, y en algunos casos la actividad económica predominantemente las actividades primarias que pudieran aportar materia orgánica para la energía a partir de la biomasa. En general para la electrificación de cualquier zona, pudieran identificarse la energía solar, eólica, biomasa y mini-hidráulica o combinaciones de ellas en sistemas híbridos con fundamento el desarrollo tecnológico y las experiencias consolidadas a nivel mundial.

Dada la particularidad de la zona de estudio (Isla de Cubagua-Edo. Nueva Esparta), se considerará solo la posibilidad de explotación del potencial energético eólico y solar.

Potencial eólico. Una masa de aire m en movimiento a una velocidad v tiene una energía cinética E :

$$E = \frac{1}{2} * m * v^2 \quad (1)$$

La energía cinética por unidad de volumen será:

$$E = \frac{1}{2} * \rho * v^2 \quad (2)$$

Siendo ρ la densidad del aire, que a efectos prácticos puede suponerse prácticamente constante. El flujo de aire ϕ a través de una superficie es:

$$\phi = v * A \quad (3)$$

La energía que fluye por unidad de tiempo, o potencia eólica disponible P_d en una sección de área A perpendicular a la corriente de aire con velocidad v será el flujo de energía cinética, es decir:

$$P_d = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * v * A = \frac{1}{2} * \rho * v^3 * A \quad (4)$$

Por tanto, la potencia disponible P_d en las masas de aire en movimiento es directamente proporcional a la densidad, al área perpendicular enfrentada al rotor y al cubo de la velocidad. En unidades del SI, dicha potencia vendrá expresada en Watts (W). Sin considerar que la potencia aprovechable en ningún caso será igual a la disponible sino menor, esto al tomar en cuenta el efecto del coeficiente de potencia de un aerogenerador que es la fracción de potencia contenida en el viento incidente que captura realmente el aerogenerador.

Por esto al considerar cualquier desarrollo a partir de energía eólica es importante evaluar los siguientes parámetros:

- a) Velocidad y dirección del viento: para analizar el potencial eólico de una región uno de los aspectos importantes que deben considerarse es la velocidad que alcanzan los vientos en esta zona ya que la potencia que entregará un aerogenerador aquí será directamente proporcional a ésta. Además se debe tener en cuenta que el aerogenerador puede entregar potencia útil sólo para un rango de velocidades dado, por lo que es necesario realizar un análisis no solo promedio diario sino horario para tener una aproximación más exacta de cual sería el comportamiento de la máquina. De igual manera al realizar la ponderación del potencial eólico de una región es necesario tomar en cuenta la dirección del viento, para esto se utiliza lo que se denomina la rosa de los vientos, el cual es un diagrama que permite visualizar el comportamiento de la velocidad del viento con respecto a la dirección que este tiene.
- b) Densidad Del Aire: la ecuación que permite el cálculo de la densidad del aire es:

$$\rho = \frac{P}{R * T} \tag{5}$$

Donde es ρ es la densidad del aire, P es la presión y T es la temperatura en grados Kelvin. La constante específica de los gases (R) para el aire seco, R_{dryair} es:

$$R_{dryair} = 287.05 \text{ Joule/Kg*L} \tag{6}$$

La densidad del aire guarda relación con la densidad de potencia y por lo tanto con la densidad de energía contenida y aprovechable en el aire, siendo expresión de la densidad de potencia la que sigue:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * v^3 \tag{7}$$

Donde P es la densidad de potencia en el aire, ρ la densidad del aire y v la velocidad del viento. (Mur Amada, 2006). La densidad es una medida indirecta, por esto las variables reales a considerar para la estimación o cálculo de la densidad del aire son: Temperatura y Presión atmosférica de la zona en consideración, ya que ambas variables están correlacionadas en los gases e inciden en la densidad del viento como se describió anteriormente.

En el caso de la generación eólica, el parámetro fundamental a evaluar es la velocidad del viento para considerar o no este tipo de generación, puede ser dividida en cuatro regiones como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Regiones de velocidades de viento

Región de Operación	Descripción de Operación: Salida de Potencia vs. Velocidad de Viento	Rango de Velocidades de Viento Típicas (m/seg.)
Región 1	Vientos demasiados débiles para producir energía eléctrica.	0-4
Región 2	Producción de electricidad creciente con la velocidad del viento.	4-12
Región 3	Producción de electricidad constante al valor de placa. Los alabes de la turbina son hechos menos eficientes a propósito, para vientos fuertes.	12-20
Región 4	No hay generación de electricidad. Los vientos son demasiados energéticos para justificar aumento de resistencia y costos para un pequeño número de años. La turbina esta detenida.	>20

Fuente: <http://www.windpower.org/es/tour/wres/index.htm>. Agosto 2006. Consultado el 12 de abril de 2008.

Potencial solar. De acuerdo con el arqueo bibliográfico se resume de (Lorenzo, 2006) que la energía solar que en un año llega a la tierra es de tan sólo 1/3 de la energía total de la interceptada por la tierra fuera de la atmósfera y el 70% cae en los mares. No obstante, la energía que en un año cae sobre la tierra firme, $1.5 * 10^{17}$ kWh., es igual a varios miles de veces el consumo total energético mundial actual.

La irradiancia es el flujo energético (energía por unidad de tiempo) recibido por unidad de superficie de un receptor. El aprovechamiento de la energía solar depende de la cantidad y la distribución de la irradiación solar que incide en un lugar determinado y de su variación temporal a lo largo del ciclo anual. La irradiación solar que incide sobre una región determinada se suele representar en mapas mensuales y anuales de irradiación solar. El procedimiento comúnmente usado para la confección de estos mapas es mediante la interpolación-extrapolación de series temporales de medidas de irradiación solar en superficie, realizadas mediante piranómetros en puntos geográficos específicos (Lorenzo, 2006).

Según (Lorenzo, 2006) En función del lugar, además, varía la relación entre la radiación dispersa y la total, ya que al aumentar la inclinación de la superficie de captación, disminuye la componente dispersa y aumenta la componente reflejada. Por ello, la inclinación que permite maximizar la energía recogida puede ser diferente dependiendo del lugar. La posición óptima, en la práctica, se obtiene cuando la superficie está orientada al sur, con ángulo de inclinación igual a la latitud del lugar: la orientación al sur, de hecho, maximiza la radiación solar captada

recibida durante el día y si la inclinación es igual a la latitud hace que sean mínimas, durante el año, las variaciones de energía solar captadas debidas a la oscilación de 23.5° de la dirección de los rayos solares respecto a la perpendicular a la superficie de recogida. La energía útil entregada por un sistema fotovoltaico, medida en kWh/día puede estimarse de la siguiente manera:

$$E = G_d * S * \eta \quad (8)$$

Donde:

G_d : Radiación solar incidente sobre los colectores (kWh/m² día)

S : Superficie del generador (m²)

η : eficiencia del sistema

Para la energía solar, se considera la radiación solar diaria sobre una superficie horizontal. Este parámetro permite calcular el número de módulos fotovoltaicos necesarios para que la energía generada, supla las estimaciones realizadas. Por tanto hay que recurrir a evaluaciones de carácter estadístico basadas en las observaciones meteorológicas realizadas durante largos períodos de tiempo.

¿Como implementar las consideraciones técnicas? A los fines del desarrollo de esta metodología se presenta en la fig. 3, la representación esquemática de las etapas y su correlación, atendiendo a secuencia de eventos necesarios para obtener una propuesta técnico-económicamente viable.

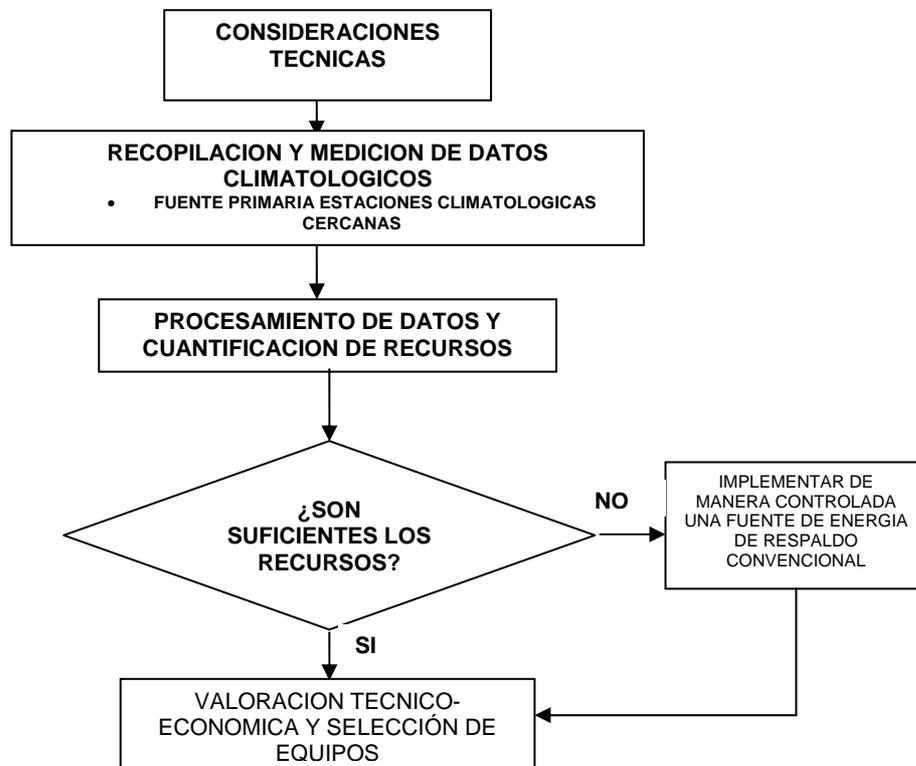


Figura 3. Consideraciones Técnicas para la Electrificación de Zonas Rurales

Recopilación y/o medición de datos climatológicos. Para la implementación de un sistema a partir de energías renovables es necesario caracterizar las potencialidades energéticas de la región, para lo cual se hace necesario recabar la información de los siguientes parámetros: radiación solar, velocidad de viento, temperatura, presión atmosférica, caudal de afluentes agua y salto de afluentes de agua. Para la obtención de estos datos los cuales requieren largos períodos de medición, la manera más directa y eficaz sería recurrir a estaciones meteorológicas cercanas que permitan mediante sus registros obtener un conjunto de datos lo suficientemente confiable para ser procesada y realizar la cuantificación de los recursos, o pudieran instalarse equipos de medición para generar esta información, pero al ser proyectos de pequeña escala de generación de acuerdo al criterio de los proponentes (< 150 KW), tal vez no se justifique la instalación de equipos de medición, a diferencia de la instalación de un gran parque de generación eólica por ejemplo, y sea suficiente con la información recabada de los centros de mediciones meteorológicas. Adicional a la recolección de la información para caracterizar las potencialidades energéticas de la región, son necesarias visitas de campo para la obtención de información primaria complementaria que permita una aproximación en cuanto a la carga demandada y posibilidades reales de utilización de los recursos energéticos.

Procesamiento de datos y cuantificación de recursos. A partir de las mediciones obtenidas se realiza el procesamiento de las mismas para comparar con los patrones mínimos según la variable medida que permiten realizar la conversión a energía eléctrica, para determinar cual o cuales de los tipos de energía pueden ser utilizadas. Es necesario evaluar las variables por un período de al menos un año, debido a que existen períodos de lluvia y sequía, lo cual genera variaciones en las condiciones meteorológicas que afectan las predicciones de potencia generada, de esta consideración es posible que surja la necesidad de implementación de un sistema híbrido de generación para suplir la carga, incluso pudiera requerirse un generador diesel para suplir los picos de la demanda.

El procesamiento de la información recabada debe conducir a una decisión inicial en cuanto al sistema a implementar, es decir, se definen los tipos de energía, sistema de almacenamiento y sistema de regulación y control para la interconexión de los sistemas de generación.

Análisis técnico-económico y selección de equipos. Una vez analizado los tipos de energía con potencial a ser utilizados y las estimaciones de potencia demandada, se plantean diversos escenarios para obtener la solución más idónea que cumpla con los requerimientos de potencia y que su implantación resulte factible desde el punto de vista económico.

Para esto hay que considerar todos los elementos del sistema de electrificación desde las obras civiles hasta una pequeña red de distribución si fuera necesario, por esto hay que considerar todos los factores que afectan de manera directa e indirecta esta decisión, entre otros: a) Costo de la energía, instalación y mantenimiento por cada tipo de sistema (solar, eólico, hidráulico, etc.), b) Distribución física de la demanda (necesidad de red de distribución) y c) Costo del combustible (si se requiere generador o planta diesel como respaldo).

Para facilitar y colaborar con las evaluaciones necesarias para la toma de esta decisión, existen paquetes de software orientados a la selección de sistema para la electrificación de zonas rurales que realizan básicamente consideraciones técnicas y económicas. Algunos de estos programas son HOMER, RETSCREEN para sistemas híbridos, y VIPOR para el cálculo de pequeñas redes de distribución.

Implantación. La implantación del modelo requiere del desarrollo de dos aspectos fundamentales, a saber: a) Ingeniería de Detalle, b) Adquisición de Equipos.

En el desarrollo de la ingeniería de detalle es determinante el levantamiento de carga, configuración del sistema, selección de equipos, dimensionamiento de las protecciones, selección de conductores, consideraciones sobre el crecimiento de carga a futuro y sus restricciones, entre otros aspectos.

Mientras la adquisición de equipos es un proceso que implica los análisis tecno-económicos respectivos y el estudio de mercado necesario para optimizar la inversión. Partiendo de la premisa que la implantación de este tipo de proyecto demanda de un aporte importante

3. ESTUDIO DE CASO

3.1. Diagnóstico social de la comunidad estudio

La comunidad de Cubagua se encuentra asentada en la Isla de Cubagua, con adscripción político-territorial al Municipio Tubores, del Estado Nueva Esparta, República Bolivariana de Venezuela. Su ubicación geográfica se enmarca en la costa nor-oriental del país. Se halla entre los paralelos 10°47' y 10°51' de latitud Norte y los meridianos 64°08' y 64°14' de latitud Oeste (Subero, 1998). Se encuentra a unos 51 Km de Porlamar, en la isla de Margarita; a unos 50 Km del puerto de Cumaná y a unos 9 Km de Punta de piedra, Capital del municipio Tubores del Estado Nueva Esparta y sólo es posible acceder por vía acuática o aérea.

Cubagua está sometida a una permanente e intensa radiación solar y regímenes muy bajos de pluviosidad. Su clima es árido (según la clasificación de Thornthwaite). Presenta una precipitación anual inferior a 300 mm. Una temperatura entre 25 °C y 30 °C. Nubosidad media anual de 2/8 (cielos despejados). Los vientos alisios están presentes durante todo el año.

Características geográficas. En la Fig. 4 se presenta una Vista Satelital del Estado Nueva Esparta y parte del Estado Sucre, Venezuela.



Figura 4- Vista satelital del estado nueva esparta

<i>Superficie:</i>	24 Km ²
<i>Temperatura media anual:</i>	27 °C
<i>Latitud Norte:</i>	10° 49'40''
<i>Longitud Oeste:</i>	64° 11'25''
<i>Humedad Relativa Promedio Anual:</i>	70%
<i>Vientos :</i>	Predominantes del noreste. Zona libre de vientos huracanados.
<i>Pluviosidad:</i>	22 pulgadas anuales
<i>Número de habitantes:</i>	300 habitantes

Fuente: Instituto de Patrimonio Cultural del Estado Nueva Esparta, 2007.

Situada entre el paralelo 10° y 47' y 10° 51', de latitud Norte y el meridiano 64° 8' y 64° 14' de longitud Oeste, se encuentra la Isla de Cubagua.

Población, características y organización. La población de la Isla de Cubagua es muy variable (Vásquez, 2006), el mayor incremento se produce según la estación o temporada de pesca cuando grupos de más de 60 pescadores del Estado Sucre se establecen temporalmente en Punta Arenas, al extremo Sur – Oeste de la isla. Para el año 2004, habitaban la isla de Cubagua un total de 92 personas: 7 mujeres, 85 hombres, incluyendo 7 niños en edad escolar, de las cuales 65 hombres conforman la población de pescadores del Estado Sucre que habitaban, temporalmente, en Punta Arenas de Cubagua. Aunque estos datos son relativamente recientes se espera su actualización mediante la aplicación de la encuesta diseñada para tal fin.

Respecto a la modalidad de tenencia y uso de la tierra queda limitada debido a que la isla posee notables características ambientales y paisajísticas que la convierte en un importante reservorio de especies de flora y fauna cuya protección es imprescindible y además es considerado patrimonio histórico-cultural (Resolución N° 008-2000 21 de Marzo de 2000 189° y 141°. República Bolivariana de Venezuela, Ministerio de Educación, Cultura y Deportes. Consejo Nacional de la Cultura. Instituto del Patrimonio Cultural), está prohibida la explotación de cualquier recurso con fines de su comercialización.

La actividad económica fundamental de la isla es la pesca, por otra parte las ostras solo son explotadas por los pescadores locales con técnicas artesanales de arrastres. Respecto a la distribución de los ingresos, no se tiene información precisa de cuando se gana en cada jornada de trabajo y como se distribuyen los ingresos en esta población. Se estima, por ser una activa pesquera, que el 50% de las ganancias netas de cada jornada de trabajo es para el dueño de la embarcación y el otro 50% se distribuye equitativamente entre el resto de la tripulación. Así mismo, se presume que la paga de los pescadores es diaria.

En relación al modo de organización (Vásquez, 2006) establece que la comunidad pesquera de la isla está conformada por tres grupos: el primero se encontraba en las adyacencias de Punta Arenas, con 65 hombre procedentes del estado Sucre, el segundo denominado “los Marios” establecidos en la bahía de Charagato con unos 12 hombres y el tercer grupo de procedencia mixta ubicado en la zona conocida como Las Cabeceras con 6 pescadores.

Servicios básicos. En el ámbito de la Salud, no se conoce de ningún centro de asistencia médica dentro de la isla. Se presume que la isla no cuenta con un mínimo servicio de asistencia médica dada las características de la zona y la cantidad de pobladores permanentes en la isla. No obstante, será mediante la actualización de la información mediante la encuesta cuando se pueda precisar esta información.

De acuerdo al referente (Vásquez, 2006) no se conoce de ningún centro educativo a nivel de primaria o educación básica dentro de la isla. Sin embargo, es relevante señalar el asentamiento de una estación de investigación de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales “Hermano Gines I”.

Respecto a actividades de recreación y deporte este elemento no es reflejado en la data del estudio de referencia, por lo cuales necesario su confirmación mediante el instrumento a aplicar.

No se dispone de información preliminar respecto al estado de las comunicaciones. Mientras en cuanto a la electrificación Según (Vásquez, 2006) son pocas las casas o rancheríos que cuentan con energía eléctrica, solo siete (7) casas aproximadamente cuentan con este servicio, aun cuando no hace mención al tipo de fuente utilizada, se presume que se hace mediante plantas diesel.

Salubridad. La isla no cuenta con un servicio de agua potable, siendo transportada desde la isla de Margarita o desde el estado Sucre por vía marítima. En cuanto al sistema de recolección de aguas servidas es común, aunque no generalizado, el uso de los pozos sépticos; según (Vásquez, 2006) existen 5 pozos sépticos en la isla. Esto hace suponer, la necesidad de instalación de una planta de tratamiento de aguas servidas que permita verter las aguas servidas en el mar. En cuanto al Manejo de desechos los pobladores de la isla no cuentan con un sistema de recolección de basura por lo cual proceden a quemarlos o a enterrarlos. No obstante (Vásquez 2006), hace mención a la cantidad de desechos acumulados tanto en el interior como en el exterior de las casas.

Por su nivel de desarrollo socioeconómico carece del suministro eléctrico, de agua potable, redes de aguas servidas los cuales resultan fundamentales para el desarrollo productivo del sector y la calidad de vida de sus habitantes.

3.2. Consideraciones medioambientales

Marco legal. Constituye el referente regulatorio de la relación del hombre con el ambiente, en el caso estudio aplican las consideraciones específicas en materia nacional, internacional y local.

Normativas principales: a) La Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela en su Artículo 129, b) La ley Orgánica del Ambiente en su artículo 83, c) La protección a las faunas silvestres, en la Gaceta Oficial N° 29.289 del 11 de Agosto de 1970 y en la Gaceta Oficial N° 5.302 del 29 de Enero de 1999, d) Los residuos y desechos sólidos, en la Gaceta Oficial N° 38.068 del 18 de Noviembre de 2004 y en la Gaceta Oficial N° 4.418 del 27 de Abril de 1992, e) La evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente, en la Gaceta Oficial N° 35.946 del 25 de Abril de 1996 y f) La contaminación generada por ruido, en la Gaceta Oficial N° 4.418 del 27 de Abril de 1992.

Convenios y tratados internacionales suscritos por Venezuela. a) Convención para la Protección de la Flora, Fauna y las Bellezas Escénicas de América, b) Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, c) Convenio sobre la Diversidad Biológica, d) Convenio sobre la Conservación de Especies Migratorias de la Fauna Silvestre y e) Protocolo de Kyoto.

Restricciones Normativas de Aplicación Específica. a) Reserva Forestal (resolución del 29 de abril de 1943), b) Decreto 483. Plan de Ordenamiento del Territorio de la Estado Nueva Esparta y c) Decreto 1699 Normas para la ordenación del Estado Nueva Esparta.

Evaluación del ecosistema y biodiversidad. De acuerdo con el inventario realizado en el año 2001 por la Dirección General de Estudios e Inventarios de Fauna del MARN, se registraron 56 especies, donde el grupo de las aves es el más numeroso con 39 especies, de las cuales 16 son migratorias de América del Norte. Así mismo la especie representativa de mamíferos en la isla son los murciélagos. Siendo estas especies un caso importante a considerar.

La vegetación de la zona se caracteriza, por ser xerófila, muy variada y abundante, por lo que se debe considerar a la hora de movimientos de tierras aunque esta no tienda a ser un tipo de vegetación muy espesa.

Por sus características, la isla no posee fuentes hidrográficas naturales.

Evaluación ambiental. Los gases emanados en Cubagua son producto básicamente de los desechos al descomponerse o al ser quemados, ya que no hay industrial, o medios de trasportes que emitan gases contaminantes. Al presumir la electrificación de la zona es a través de plantas eléctricas de combustión interna, es importante precisar el manejo de combustible utilizado para su funcionamiento.

La isla de Cubagua carece de fuentes naturales de agua potable en consecuencia, debe ser transportada de la isla de margarita o del Estado Sucre. Al no existir una red de aguas servidas, los desechos humanos son depositados en pozos sépticos lo cual hace necesario cuantificar el Impacto negativo al ecosistema en la zona. Por otro lado, debe considerarse la forma en el manejo de los desechos sólidos los cuales son quemados o enterrados, con un efecto desmedido sobre el ecosistema.

Evaluación de los efectos asociados. Las consideraciones sobre acústica, sombra y vibración solo pueden ser establecidas a la hora de la implementación del diseño, en la actualidad existen herramientas computacionales, que calculan estos parámetros.

3.3. Consideraciones técnicas

En el caso de la Isla de Cubagua, se recurrirá a la recopilación de datos en las estaciones meteorológicas más cercanas a la isla, durante un período de al menos un (1) año. Como se refleja en la Tab. 2 la estaciones meteorológicas involucradas corresponden a distintos entes, a saber, Ministerios del Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura y Cría, Fuerza Aérea de Venezuela.

Tabla 2. Estaciones meteorológicas cercanas a la isla de cubagua

Estación	Ubicación	Dependencia
Porlamar-Aeropuerto	Estado Nueva Esparta	Fuerza Aérea de Venezuela
Punta de Piedras	Estado Nueva Esparta	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales
San Francisco de Macanao	Estado Nueva Esparta	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales
Cumaná-Aeropuerto	Estado Sucre	Fuerza Aérea de Venezuela
Cumaná-UDO	Estado Sucre	Fuerza Aérea de Venezuela
Casanay	Estado Sucre	Ministerio de Agricultura y Cría
Carúpano	Estado Sucre	Fuerza Armada de Venezuela

La tab. 3 contiene la referencia de algunas zonas cercanas a la isla de Cubagua con promedios de radiación y velocidades de viento, de acuerdo a las mediciones desarrolladas por le Ministerio de Energía y Petróleo en la zona denominado "Potencialidades Eólicas y Solares de Localidades A Nivel de Municipios Estados y Regiones de Venezuela" se reseña la de interés.

Tabla 3. Potencialidades eólicas y solares de localidades cercanas a la isla de cubagua

					Potencial Eólico	Potencial Solar
					Vel. Viento m/seg Av. a 50 mts SNM	kWh/m2/ día Average anual
Cumana	Bolívar	Sucre	Costera Oriental	10° 28' N / 64° 10' W	4.47	6.45
La Asunción	Marcano	Nueva Esparta	Insular	11° 02' N / 63° 53' W	6.31	6.33
Punta de Piedra	Tubores	Nueva Esparta	Insular	10° 54' N / 64° 06' W	4.47	6.45

El tratamiento de la data recopilada en distintos puntos de registro permitirá, mediante la técnica de extrapolación multidimensional, definir efectivamente el potencial energético de la isla de Cubagua. La fig. 5 muestra las potencialidades solar y eólica en Venezuela, como una referencia que sugiere potencial energético en la zona de la isla de Cubagua.

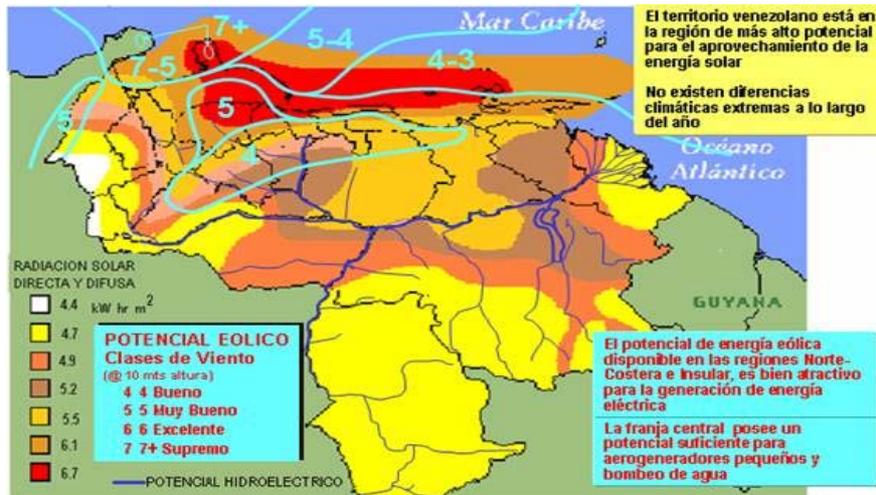


Figura 5. Potencialidades Solar y Eolica en Venezuela

En general se observan velocidades sobre los 4 m/s en los alrededores de la zona en consideración, para el caso de la radiación solar valores alrededor de 6 kWh/m². Para los efectos de la metodología se tomarán los siguientes datos como referencia de la zona:

- a) Velocidad de viento: 5 m/s.
- b) Radiación Solar: 6 Kwh./m² * día

En el caso de la radiación solar se considera un potencial excelente, de acuerdo a la figura N° 6, mientras para la velocidad de los vientos el potencial califica como bueno y se puede extraer energía eléctrica creciente con la velocidad del mismo, basado en la tab. 1 y de acuerdo con la evaluación de la tab. 3. Destacando que la recopilación y tratamiento de los datos de las estaciones meteorológicas deben realizarse de manera más exhaustiva, estos parámetros sirven para orientar en una primera etapa la consideración de la zona, al contrastar dichos parámetros con los estándares mínimos que indican una posibilidad de explotación de dichos recursos. Un tratamiento integral de los datos incluiría:

Análisis de datos de Vientos: Gráfico de la variación anual de la velocidad media, gráfico de la velocidad media a lo largo de los años, variación horaria del viento mensual, distribución de frecuencia de las velocidades de viento, distribución de frecuencia de las direcciones de viento, diagrama de rosa de los vientos, número total de hora con vientos útiles y períodos de calma, representaciones analíticas, entre otros.

Análisis de datos de Radiación Solar: Curvas comparativas de insolación y radiación solar anuales, curva de insolación promedio mensual, gráfico de la radiación solar media a lo largo de los años, gráfico de la variación anual de la radiación solar media, distribución de frecuencias de la radiación solar anual, entre otros.

Una vez procesados los datos, para realizar la cuantificación de recursos, es necesario realizar un estimado de la carga, en el caso de la metodología se plantea para la estimación de la demanda aplicar la modalidad de una encuesta según instrumento diseñado para tal fin, con el propósito de obtener información sobre las características de la carga conectada, medios de disponibilidad y forma de uso de la energía eléctrica en la localidad; dado que en los actuales momentos suplen ciertas cargas con pequeñas plantas diesel. Este aspecto debe ser evaluado en su impacto medioambiental y las consideraciones sobre emisiones de gases, previsto en el inventario considerado en la encuesta. Como consecuencia, no se pueden realizar estimaciones de potencia en este momento. Infiriendo que el estudio social pudiese revelar necesidades como un centro ambulatorio, una escuela o una planta desalinizadora, entre otros, que constituiría una carga adicional. No obstante, se presupone una carga relativamente pequeña si se considera que existen alrededor de 300 pobladores y gran parte no son de permanencia fija en la isla.

La metodología se encuentra en desarrollo, por esto se considerará una carga típica para viviendas rurales que permita realizar unas estimaciones con el programa computacional HOMER a fin de obtener una salida preliminar de un sistema factible a ser implementado.

Simulación con HOMER. Para el ejemplo presentado (procesado con el programa HOMER), con la finalidad de desarrollar una aproximación preliminar, se establecieron las siguientes consideraciones entre otras:

- a) El recurso solar y el recurso eólico fueron tomados de una data tipo del programa, pero escalada a la radiación solar (6 Kwh./m² * día) y velocidad de viento (5 m/s) fijada en las consideraciones previas, respectivamente.
- b) Se asumió una curva de demanda típica representada en la fig. 6, presentando un máximo alrededor de las 7-8 p.m., con un valor máximo de 25 KW.
- c) Dentro del modelo propuesto se consideran los elementos del sistema contenidos en la tab. 4.

Tabla 4. Elementos del Sistema

Elemento	Potencia	Costo
Generador Diesel	25 KW	25000 \$
Aerogenerador	30 KW	100000 \$
Paneles fotovoltaicos	15 KW	150000 \$
Inversor	25 KW	50000 \$
Baterías	486 Kwh	50000 \$

Estableciendo como criterios de costos y vida útil:

- a) El costo del combustible se fija en un dólar por litro (1 \$/L).
- b) Vida del proyecto 25 años.

El programa realiza los cálculos necesarios para obtener la evaluación tecno-económica más ventajosa, con base a los parámetros anteriormente descritos, presentando los resultados clasificados de acuerdo al valor neto presente de la inversión a lo largo de la vida útil del proyecto. Resulta un esquema de generación híbrida tal que considere las fuentes de energías renovables existentes en la región y una fuente convencional alternativa como respaldo, el diagrama del sistema resultante se presenta en la fig. 7.

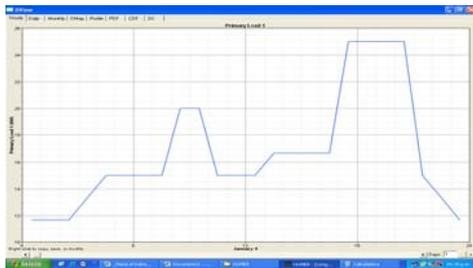


Figura 6. Curva de Demanda Típica

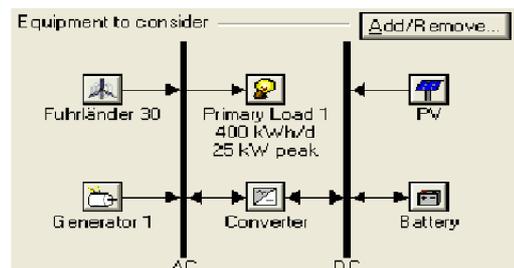


Figura 7. Diagrama de Generación Híbrido

Al realizar la simulación se obtiene la clasificación presentada en la Tab. 5.

Tabla 5. Clasificación según la Simulación con HOMER

CASO	COMPONENTES DESCARTADOS	CAPITAL INICIAL	TOTAL VALOR NETO PRESENTE	PORCENTAJE DE ENERGIA RENOVABLE
1	Ninguno	375000 \$	1787942 \$	59 %
2	Paneles Fotovoltaicos	225000 \$	2054275 \$	44 %
3	Aerogenerador	275000 \$	2838035 \$	17 %
4	Aerogenerador y Paneles Fotovoltaicos	125000 \$	3127577 \$	0

Se observa como la inclusión de energías renovables, si bien requiere una inversión inicial mucho mayor, al analizar la inversión en el tiempo el ahorro es mucho más significativo; sin incluir los beneficios al medio ambiente.

En la fig. 8, se presentan las salidas del programa considerando la combinatoria de los elementos y costos. Aun cuando el ejemplo planteado representa una simulación del escenario a considerar, ilustra de manera contundente los beneficios de la electrificación con energías renovables, en primer lugar al analizar la inversión en el tiempo resulta económicamente factible, adicionalmente este tipo de energía tiene un menor impacto en el medioambiente pues reduce la emisión de gases, entre otros beneficios para el ambiente, y si aunado a esto se genera un impacto positivo en la calidad de vida de la comunidad a través del proyecto de electrificación, sin duda que las energías renovables deben ser consideradas en el mediano plazo en nuestro país dados los beneficios integrales que se observan. En la fig. 9, se representa la producción anual de energía eléctrica con el sistema propuesto.

	PV (kW)	FL30	Gen1 (kW)	Batt. (kW)	Conv. (kW)	Initial Capital	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Gen1 (hrs)
	15	1	25	64	25	\$ 375,000	\$ 1,787,942	0.958	0.59	23,405	2,905
		1	25	64	25	\$ 225,000	\$ 2,054,275	1.101	0.44	31,739	3,910
	15		25	64	25	\$ 275,000	\$ 2,838,035	1.521	0.17	45,996	5,602
			25	64	25	\$ 125,000	\$ 3,127,577	1.676	0.00	54,891	6,654

Figura 8. Salida del Programa

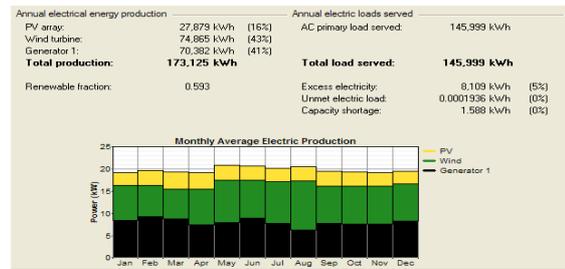


Figura 9. Producción Anual de Electricidad

4. CONCLUSIONES

La instalación de servicio eléctrico mediante el uso de energías alternativas en comunidades aisladas y/o rurales, debe ir acompañada de un proyecto de gestión social que garantice la sostenibilidad del modelo implantado. En consecuencia, es necesario generar los mecanismos que garanticen la operación y mantenimiento del sistema; así como los inherentes a procesos de autogestión que viabilicen su sostenibilidad económica.

Por otro lado, es necesario monitorear los cambios en las condiciones de vida de los pobladores de la zona y sus hábitos quienes se verán sometidos a un cambio inevitable en las relaciones con su entorno. El proyecto de ingeniería debe contar con el respaldo de la comunidad como mecanismo que garantice su pertinencia y validez pública, en tal sentido la gestión social es determinante para garantizar el acompañamiento de la comunidad o la mayoría de sus miembros, para ello se pretende involucrarlos de manera directa en las etapas de planificación, evaluación, ejecución y seguimiento; por otro lado sin el concurso del Estado como ente de financiamiento resultaría inviable cualquier propuesta de electrificación debido a los altos costos de inversión que se requiere, pero si se orienta como una política integral de estado dirigido a no solo llevar energía eléctrica sino a impactar de manera positiva en la vida de comunidades, generalmente excluidas, el retorno de dicha inversión sin duda que se justificaría de múltiples maneras. Los aspectos de ingeniería y sensibilización social se identifican de manera directa, mientras la promoción del uso de energías renovables enmarcadas en las tendencias mundiales de preservación del medio ambiente en el caso particular venezolano cobra la dimensión al valorar no solo el impacto energético sino ambiental y social.

REFERENCIAS

Lorenzo, Eduardo. Electricidad Fotovoltaica, Volumen II. Progensa S.A. Sevilla 2006.

Mur Amada, Joaquín. Curso de energía eólica, master europeo en energía renovables y eficiencia energética. Departamento Ingeniería eléctrica de la Universidad de Zaragoza.

Orellana Lafuente R. J., *Electrificación Rural con Energías Renovables – Proyecto BOL/97/G31*, revista ELECTROMUNDO N° 46 - (pp. 67 - 71), La Paz - Bolivia. Diciembre 2005.

Resolución N° 008-2000 21 de Marzo de 2000 189° y 141°. República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Educación, Cultura y Deportes. Consejo Nacional de la cultura. Instituto del Patrimonio Cultural.

Subero, J. (1998). Cubagua en el tiempo, Ediciones del Ejecutivo del Estado Nueva Esparta, 2da Edición. (pp.82). Porlamar.

V.Nunes, J. Cataldo y G.Casaravilla, “Evaluación de los recursos energéticos renovables realizada en Uruguay y su aplicación para electrificación rural”, ASADES, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, Volumen 2, junio de 1997.

Vásquez, Franklin (2006). “Consideraciones para la ordenación del territorio de la isla de Cubagua, Estado Nueva Esparta”. Trabajo de Grado para optar al título de Magíster – Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela.

Summary. The electrification of rural areas, neglected by the companies providing electric service, is a worldwide need that affects more than 20% of the population (ONU-2002), while in Venezuela affects about 10% of its population (INE-2004). This problem can be addressed through the use of alternative energy with hybrid systems in response to the potential energy of the particular region, as shown by experiences in Europe and some Latin American countries. According to the indicators cited, there is an important number of Venezuelan population living in such conditions. Nevertheless, due to their geographical location, they have a big potential in non traditional energy sources such as: eolic, solar and/or mini-hydraulic. The use of this kind of energies, results in low costs and minimal environment impact, making them valuable in terms of quality of life for inhabitants. The proposed methodology in this paper is based on a systematized procedure to achieve electrification of a rural area, departing from its particular energetic resources associated with its geographical location, an environmental-impact and social study, viability and sustainability, and passing through the implantation of the electrification system and its follow-up. In addition, this methodology includes the establishment of the guidelines that would make it suitable to any remote community with no access to the national electrical network. As a pilot case study, the Cubagua Island community has been chosen due to the potential in terms of eolic and solar resources there. In parallel with the validation of the methodology presented, the implementation of those types of alternative energies could result in a solution either for basic services problems and/or other collateral needs in that rural area.

Key-words:- Rural area, Alternative Electrification, Alternative Energies.