

Sistemas híbridos: alternativa de energización en zonas no interconectadas

Figuerola, Alberto*
Mejía, Elquin**

Resumen

Este artículo tiene como objetivo mostrar el uso de los sistemas híbridos eólicos y solares autónomos, orientados como una alternativa de energización en zonas no interconectadas (ZNI) y que permita solucionar las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y mejorar la calidad de vida de sus colectividades, fundamentado esto en los criterios de Medsker y Bailey (1995), Chedid y Rahman (1997), Alonso, Abella & Chenlo (2004), entre otros. Para lograr este propósito, se realiza una investigación enfocada a un estudio experimental de una comunidad indígena sin acceso a la red eléctrica interconectada y una plataforma educativa de computadoras nuevas almacenadas, que evidenciaba una manera de incorporar soluciones energéticas alternativas, con la finalidad de solucionar de manera oportuna estas discrepancias, por medio de fuentes renovables: solares fotovoltaicas autónomas y aerogeneradores minieóli-

* Ingeniero Electrónico. Maestrante en Control Industrial. Investigador activo. Líder de Investigación del Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA" Regional Guajira. anfcuello@misena.edu.co.

** Ingeniero electrónico. Especialista en Energías Renovables. Instructor-Líder en energías renovables del Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA" Regional Guajira. Investigador activo. emejiasu@misena.edu.co

cos. Teniendo claro el respeto a la cultura, costumbres y diferencias étnicas de la comunidad, promoviendo la participación de los mismos y de los estudiantes-aprendices del Servicio Nacional de Aprendizaje “SENA” de la regional Guajira, dando paso a la transferencia de tecnologías innovadoras, para finalmente lograr satisfacer las penurias de esta comunidad afectada, aportando a la construcción de una sociedad donde se maneje igualdad de condiciones e instando como proyecto-prototipo modelo a los dirigentes políticos que departirían como entes de acción directa.

Palabras clave: sistemas híbridos, fotovoltaico, minieólicos.

Hybrid Systems: Alternate Energy in Non-Interconnected Zones

Abstract

The objective of this article is to show the use of autonomous hybrid wind and solar systems as an alternative for energy in non-interconnected zones that respond to basic unsatisfied needs and improve the quality of life for their collectivities. The study is based on the criteria of Medsker and Bailey (1995), Chedid and Rahman (1997) and Alonso, Abella & Chenlo (2004), among others. To achieve this purpose, research was carried out focused on the experimental study of an indigenous community without access to the interconnected electric grid and an educational platform of new, stored computers; it showed a way to incorporate alternative energy solutions to resolve these discrepancies in an opportune manner, using renewable energy sources: autonomous solar photovoltaics and mini-wind aerogenerators. Keeping clearly in mind a respect for the culture, customs and ethnic differences of the community, promoting participation of the community and student apprentices at the National Learning Service “SENA” for the Guajira region, a step was taken toward the transfer of innovative technologies to finally be able to respond to the hardships of this affected community, contributing to the construction of a society that deals with the equality of conditions, establishing a project-prototype model for political leaders who would converse as the entities for direct action.

Keywords: hybrid systems, photovoltaic, mini-wind.

Introducción

La utilización de energías convencionales constituye una de las principales causas de destrucción de nuestro medio ambiente al depender mayoritariamente del uso de recursos no renovables. La producción eléctrica a partir de combustibles fósiles genera, entre otros efectos, la emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de carbono (CO₂), gas causante del efecto invernadero y principal responsable del cambio climático.

Por este motivo la investigación y aplicación de las energías renovables en el mundo, sigue expandiéndose, su estudio y desarrollo de nuevas tecnologías, permiten consolidar su utilización en la generación de energía de una forma amigable con el medio ambiente, en respeto ecológico con el entorno y genera la esperanza de cerrar la brecha de desigualdad que existe en nuestro país.

En Colombia un 30% de las instituciones educativas no cuentan con fluido eléctrico, lo cual implica que aproximadamente 2'225.700 de población educativa en edad escolar no logra acceder a una formación pertinente y de calidad que le brinde las herramientas adecuadas para desarrollar su capacidad de resolver los problemas de la vida diaria y acceder a la educación superior. De este total de instituciones educativas sin fluido eléctrico, el 58% se encuentran ubicadas en zonas de mayor influencia afrodescendiente e indígena y se caracterizan por encontrarse en condiciones de vulnerabilidad económica y social.

De acuerdo con ello, en el departamento de La Guajira, se han construido dos proyectos de generación de energía eléctrica de gran impacto, como lo es el parque eólico Jepirachi, implementado por EPM en la región de media luna, en el municipio de Uribia y el proyecto piloto de poli generación eólica, fotovoltaica y grupo de electrógeno, construido por el IPSE en Nazareth, la Alta Guajira. Estos dos referentes muestran el potencial energético en vientos, radiación solar y mar que cuenta nuestra península.

Frente a las ventajas comparativas de las energías renovables y los altos índices de necesidades básicas insatisfechas en la población de nuestro departamento de La Guajira, se hace necesario iniciar una serie de actividades que permitan realizar proyectos de investigación y aplicación, para la utilización y validación de prototipos de ener-

gías renovables, que evidencien las ventajas en el uso de los mismos, la mejoría en la calidad de vida de los beneficiados, el aumento en la calidad de los procesos educativos en escuelas de las zonas no interconectadas (ZNI) y la implementación de proyectos productivos.

En este artículo se pretende mostrar el uso de sistemas híbridos, orientado a ser una alternativa de energización en zonas no interconectadas (ZNI) y que permita solucionar las necesidades básicas insatisfechas de este tipo de zonas y mejorar la calidad de vida de sus pobladores.

Sistemas híbridos: una estrategia de confianza imperiosa

Los sistemas híbridos refiere al concepto de unión de dos o varios tipos de fuentes de energías para este caso aplicativo, en este sentido se implementa la generación eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos y aerogeneradores minieólicos. Estos se pueden aplicar de dos formas básicas: los sistemas autónomos y los sistemas conectados a red, la primera debe crear su propia red de corriente, donde se puede energizar cualquier equipo consumidor.

La segunda aplicación, necesita la red eléctrica convencional y en esta se inyecta toda la energía generada. En este expresa la experiencia de diseño, proyecto e implementación como un sistema autónomo, fundamentado en que no existen redes eléctricas cercanas y comunes.

Es así como la implementación de los sistemas híbridos se basa en mejorar la eficiencia y potencia de trabajo, así como la expresión de los sistemas renovables aislados. Medsker y Bailey (1995), demuestran ejemplos de problemas en los que se ha mejorado la eficiencia de un modelo con el uso de mecanismos de control, que son capaces de determinar cuál de los elementos que forman parte del sistema se deben utilizar en cada momento; así mismo aseguran, desde un aspecto fundamentalista, que estos sistemas también se podrían utilizar para aprender más acerca de los mecanismos cognitivos y de los modelos que definen determinados sistemas.

Corchado (1999), supone una forma de mejorar el campo de los sistemas híbridos desarrollando sistemas a base de la construcción

de mecanismos más potentes, utilizando menos esfuerzo que el necesario para generar un sistema basado en un solo proceso inteligente.

Energización híbrida: un concepto para fuentes renovables

Chedid & Saliba (1996) proponen un método para el diseño de sistemas autónomos híbridos Fotovoltaico-Eólico-Diésel, con almacenamiento de energía en baterías mediante la optimización económica, aplicando programación lineal, considerando que las baterías suministran solo la energía necesaria para el funcionamiento del motor-generador Diésel, que a su vez suministra la energía antes de que obtenga de las baterías y toda la demanda es suministrada únicamente por los generadores Diésel.

Esto sería una tendencia amplia de uso brindando máxima confiabilidad al sistema solo que generando costes iniciales elevados en la compra del motor y costes diarios por el consumo de combustible para el mismo, escatimándose como efectiva porque sigue el proceso de contaminación al medio ambiente.

Así mismo Kaiser, Suer, Armbruster, Bopp & Puls (1997) utilizaron otra combinación de sistemas híbridos con Fotovoltaico-Diésel, utilizando métodos de control y optimización on-line; se determinó que este tenía muchas falencias y se incrementaban también los costos iniciales de sostenimiento y mantenimiento.

Por otro lado Elhadidy y Shaahid (1998), estudiaron el efecto de las baterías en los sistemas Eólicos-Diésel, en las horas de funcionamiento y la energía entregada por el motor-generador Diésel, teniendo en cuenta que el motor-generador Diésel solo funciona cuando los aerogeneradores no suministran energía suficiente y las baterías tampoco llegan a cubrir la demanda.

Chedid y Rahman (1997), precisan unas pruebas y análisis con optimización Multi-objetivo para sistemas híbridos Fotovoltaicos-Eólicos-Baterías conectados adecuadamente a una red eléctrica autónoma interna, donde se puede denotar la mejoría en su uso y eficiencia, de manera que permite minimizar los costos en general, las emisiones contaminantes para el medio ambiente, la energía no servida y

la confiabilidad del mismo. Esto contempla que además unas de las ventajas de implementar un sistema de generación híbrido de este tipo es que de noche cuando no hay sol y los paneles fotovoltaicos no generan, se aprovecha la energía eólica para incrementar la carga del banco de baterías y poder cumplir con el ciclo de trabajo efectivo.

En ese orden de ideas, en la actualidad existen reguladores de carga que permiten la conexión de paneles y aerogenerador, con el objetivo de integrar el sistema híbrido junto con las baterías directamente, pero para este caso el aerogenerador tiene incluido el regulador y se interconectan en paralelo a través del banco de batería.

Dimensionamiento del sistema fotovoltaico: aprovechamiento innegable del sol

El objetivo de dimensionar un sistema FV es el cálculo de los elementos del sistema tales como: la potencia de los paneles FV, la capacidad de la batería y el cableado, de modo que se suministre un determinado consumo eléctrico confiable, lo que implica una armonía correcta entre los tamaños del generador FV y baterías de acumulación, para permitir el funcionamiento de las cargas eléctricas.

Para el dimensionamiento de un sistema solar Fotovoltaico de manera acertada, según Alonso, Abella & Chenlo (2004), se debe estimar inicialmente la energía producida junto con las cargas necesarias a satisfacer, teniendo en cuenta que este tema es ampliamente estudiado en la literatura técnica; podemos encontrar desde métodos y modelos para la simulación, hasta métodos simplificados de cálculo e incluso on-line que presentan páginas Web de diferentes organismos. En específico para dimensionar el sistema solar fotovoltaico se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Nivel de utilidad.
2. Características técnicas de los elementos receptores.
3. Números y características de los futuros usuarios.
4. Necesidades energéticas.
5. Posibilidad de futuras ampliaciones.
6. Disponibilidad económica.

Para efecto de esta investigación se aplica en sistemas solares fotovoltaico autónomos, dentro de los cuales se requiere de unos componentes básicos-necesarios para que el sistema solar fotovoltaico autónomo funcione correctamente (Figura 1).

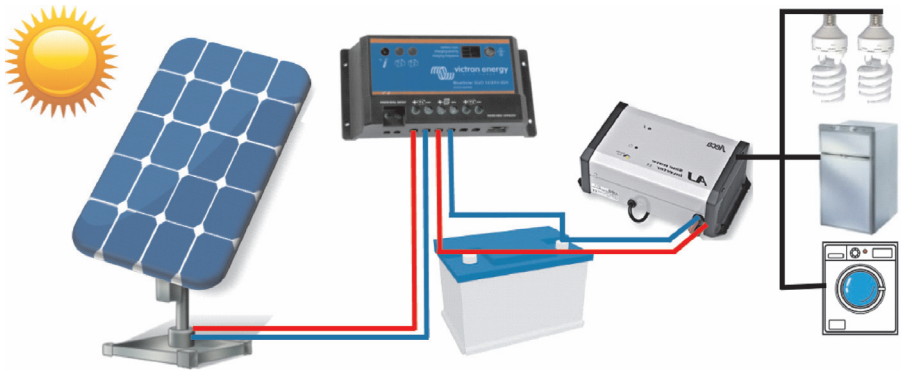


Figura 1. Componentes básicos de un sistema solar fotovoltaico autónomo.
Fuente: Elaboración propia (2014).

Dentro de los cuales se puede resaltar los siguientes módulos o bloques funcionales:

- a. Paneles Solares Fotovoltaicos.
- b. Regulador.
- c. Baterías o acumuladores.
- d. Inversor o Convertidor DC/AC.

Paneles fotovoltaicos

Estos módulos solares Fotovoltaicos (FV) tienen su efecto gracias al principio fotoeléctrico, de acuerdo con el planteamiento de Sánchez & Ortega (2009), cuando en el semiconductor se generan pares electrón-hueco debido a la absorción de la luz: se dice que hay una fotogeneración de portadores de carga negativos y positivos haciendo que se disminuya la resistencia eléctrica del material, permitiendo un campo eléctrico interno entre las capas de electrones fotogenerados “n” y huecos fotogenerados “p”, creándose una diferencia de potencial entre las superficies superior e inferior de las capas.

Este principio es lo que rige el funcionamiento de las células que lo integran, y se encarga de captar la irradiación solar y convertirla en energía eléctrica, generando una corriente directa (DC) o continua (CC) mientras exista la luz solar. La cantidad de paneles en el sistema dependen del diseño y se pueden interconectar en serie, paralelo y/o serie-paralelo, de acuerdo a las características técnicas de voltaje, corriente y potencia de los dispositivos que constituyen el sistema solar fotovoltaico. Esto conlleva a que existan en el mercado varios tipos de módulos o paneles comerciales, dentro de los más comunes están: los monocristalinos, policristalinos y amorfos, siendo los primeros los más eficientes y por consiguiente más costosos.

Lasnier & Gan (1990), describen los parámetros de corriente-voltaje (I-V), como las principales características eléctricas de los módulos FV, en los terminales de una celda solar influenciado por las condiciones meteorológicas (nivel de irradiancia y temperatura ambiente) presentes in situ. Las tres (3) condiciones significativas de una celda solar están dadas por:

- a. La tensión de pico V_p , ($V_p = V_{max}$).
- b. La intensidad de pico I_p , ($I_p = I_{max}$).
- c. La potencia de pico W_p , ($W_p = W_{max}$).

Las tensiones normalizadas de operación de estos paneles suelen estar entre: 6V, 12V, 24V y 48V. Los módulos de 12 V (Figura 2) son los más utilizados en las instalaciones FV autónomas, ya que es



Figura 2. Paneles solares fotovoltaicos.

Fuente: Elaboración propia (2014).

la tensión nominal para los acumuladores (baterías). La tensión de vacío o de circuito abierto de un módulo de 12 V, suele ser de, aproximadamente 22 V. La potencia de los módulos, varía en unos márgenes muy amplios; existen módulos desde 5 Wp hasta varios cientos de vatios. Haciendo un ejercicio práctico: para obtener un módulo de 18 V, con células estándar de 0,5 V y 3 A, se necesitará conectar 36 células en serie.

Controlador o regulador de carga

Este dispositivo permite conectar los paneles o generadores fotovoltaicos y el banco de baterías, y tiene como función controlar el proceso de carga de las baterías, evitando sobrecargas de corriente y las descargas profundas. El control del proceso de carga-descarga de los acumuladores es esencial para eliminar o minimizar los fenómenos (sulfatación, excesivo gaseo y corrosión) que afectan a su capacidad y tiempo de vida. Este regulador funciona básicamente por control de la tensión, (directamente relacionado con el estado de carga), en los terminales del acumulador.

Los reguladores tienen los siguientes parámetros: Tensión nominal: es la tensión del sistema FV para el que fue diseñado el regulador, y su valor más común es de 12 V, aunque existen modelos que permiten la selección manual o automática de esta tensión, con un rango habitual entre 12 V y 48 V; La intensidad nominal: se refiere a la intensidad procedente del campo FV que puede manejar normalmente el regulador.

Esta capacidad de corriente suele coincidir con la máxima disponible a la salida del regulador hacia la línea de consumo; Tipo de regulación: serie o paralelo; Autoconsumo: Es el porcentaje de energía que consume el propio aparato al realizar su trabajo, se obtiene de la batería y conviene que sea el menor posible.

Estos controladores también poseen un sistema de control: pueden tener control de regulación PWM (Modulación por anchura de pulso) y MPPT (seguidor del punto de máxima potencia) y la capacidad del regulador para poder funcionar a dos o tres etapas. La tensión de carga de un acumulador no es el mejor indicador del estado de su nivel de carga, también intervienen la temperatura y la edad del elemento.

En los reguladores de última generación, basados en microprocesadores, se tiene en cuenta estos parámetros mediante sensores de temperatura y un algoritmo que permite detectar la edad del acumulador en función de las horas, ciclos y profundidad de descargas que ha sufrido.

Baterías o acumuladores

Las baterías almacenan la energía que entrega el generador fotovoltaico, la cual se produce durante el día con la irradiación solar, para ser utilizada a cualquier hora, en el día cuando hay cielo nublado o por la noche. Adicionalmente permiten proporcionar mayor cantidad de corriente superior a la que el regulador pueda suministrar si el elemento consumidor de DC así lo requiere.

El acumulador, que ha de ser usado para aplicaciones solares, se le debe exigir el cumplimiento de unas condiciones básicas, como son:

- ✓ Aceptar la máxima corriente que suministre el módulo fotovoltaico.
- ✓ Mantenimiento nulo o mínimo.
- ✓ Fácil transporte e instalación.
- ✓ Baja auto-descarga.
- ✓ Rendimiento elevado.
- ✓ Larga vida (elevados ciclos de carga y descarga).

Inversor o convertidor DC/AC

El inversor es un dispositivo electrónico que se encarga de convertir el voltaje DC que está en el banco de baterías, a un voltaje AC, con los valores de voltaje, frecuencia y potencia necesaria para energizar los consumidores y electrodomésticos utilizados en una vivienda.

Conexión del sistema: fundamento de aplicaciones compartidas

Acorde a los planteamientos anteriores se puede describir el diagrama unifilar (Figura 3) que interconecte los dos sistemas híbridos, permitiendo la operatividad y confiabilidad de los mismos.

Sistemas híbridos: alternativa de energización en zonas no interconectadas
Figuroa, Alberto y Mejía, Elquin

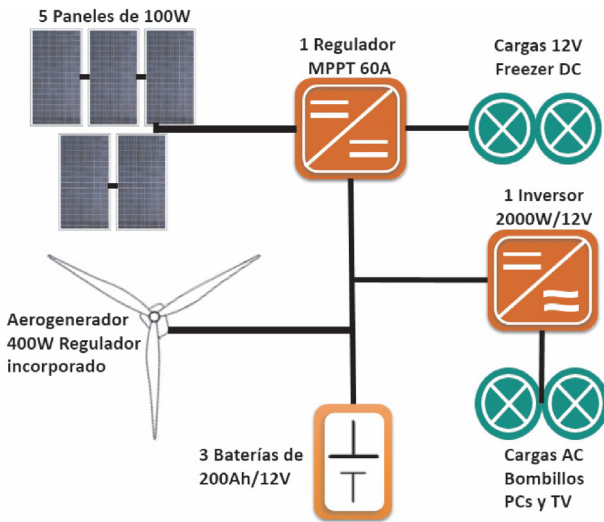


Figura 3. Diagrama unifilar del sistema híbrido planteado.
Fuente: Elaboración propia (2014).

Siendo más específico se muestran los componentes por separado del sistema fotovoltaico, se interconectan con los conductores especiales y de calibres adecuados, junto a elementos de protección como breakers y fusibles, como muestra el diagrama unifilar e implementado en la siguiente figura (Figura 4).



Figura 4. Dispositivos instalados en el panel de control.
Fuente: Elaboración propia (2014).

La otra parte del sistema híbrido, es el aerogenerador minieólico, que genera energía eléctrica cuando se tienen velocidades de viento con valores adecuados para que las aspas muevan el eje acoplado al generador y así producir una corriente eléctrica DC, la cual será entregada al banco de baterías por un regulador interno en el mismo.

Teniendo en cuenta las necesidades a solucionar, se plantea la capacidad de especificar el consumo de las cargas (Tabla 1).

Tabla 1.

Cuadro de carga para el sistema.

Consumo en corriente continua				
Equipo	No. Equipos Simultáneos	Tiempo [h/Día]	Potencia total [W]	Consumo [Wh/día]
Freezer	1	12	50	600
Total Pcc			50	600
Consumo en corriente alterna				
Equipo	No. Equipos Simultáneos	Tiempo [h/Día]	Potencia total [W]	Consumo [Wh/día]
PC	5	80	3	1200
Bombillos	7	11	3	231
TV	1	150	2	300
Total Pca	627	Total Eca	1731	

Fuente: Elaboración propia (2014).

Estos datos se ingresan al software PVSOL, el cual se encarga de hacer el análisis y calcular los elementos necesarios para la implantación del sistema, junto con la potencia pico del sistema generador de 400wp (Tabla 2).

Zonas no interconectadas: blanco de los sistemas híbridos

Al día de hoy refirió Bayegan (2001), que las energías renovables, especialmente la fotovoltaica autónoma es la fuente más versátil y social de todas, ya que permite satisfacer las necesidades energéti-

Tabla 2.
 Potencia pico para el aerogenerador.

Elementos principales del sistema	Cantidad
Panel Fotovoltaico de 100W	5
Aerogenerador 400W	1
Regulador MPPT de 60 A	1
Baterías de 200Ah/12V	3
Inversor de 2000W	1
Ubicación	Com. Meridaily
Archivo de datos climáticos	Riohacha (81-2014)
Potencia FV	500 Wp
Potencia mini eólica	400W
Superficie FV bruta/ de referencia	8,57 / 8,56 m ²
radiación al generador FV	16.872 kWh
Energía producida generador	1.437,7 kWh
Demanda de consumo	812,13 kWh
Consumo cubierto por energía solar	812,13 kWh
Consumo no cubierto	0,0 kWh
Fracción solar	100,0%
Performance (Eficiencia del sistema)	41,2%
Rendimiento específico anual	813,1 kWh/kWp
Emisión de CO2 evitada	499 kg/a
Grado de eficiencia del sistema	4,8%
Eficiencia del generador FV	8,5 %

Fuente: Elaboración propia (2014).

cas de aquellos que no disponen de red eléctrica o bien permite generar energía para su posterior venta a la red eléctrica, impulsando el desarrollo de zonas rurales aisladas y aplicaciones tecnológicas.

Energreencol. (2010), relaciona el desarrollo que han iniciado y/o acelerado programas de electrificación rural en la mayoría de los países, con el impacto de progreso que se ha visto evidenciado. Así mis-

mo señalan lo necesario que es contar con una unidad política sustancial para mejorar el nivel de vida de las zonas no interconectadas (ZNI), suponiendo un lento proceso, a pesar de las necesidades y el apoyo político limitado. De hecho, la capacidad financiera y técnica necesaria para llevar a cabo operaciones a gran escala también carece de los apoyos requeridos y los servicios públicos tienen una motivación limitada para extender los servicios a estos clientes no rentables.

En tal sentido la implementación de redes eléctricas interconectadas nacionales, tiende a ser muy costoso y no factible la implementación en zonas rurales no interconectadas (ZNI), o es poco probable que se logre en el medio plazo una recuperación de la inversión en muchas áreas. Se asume entonces que hacer llegar ésta, a zonas rurales es mejor el uso de la electricidad con micro-redes para producir la energía en los hogares, escuelas y empresas locales, evidenciado en la viabilidad económica de los sistemas para el suministro de energía eléctrica a núcleos aislados de la red, especialmente en zonas remotas de difícil acceso.

Relacionando lo indicado por Wichert (1997), la mejor variante de implementar estos sistemas híbridos de generación de energía eléctrica con fuentes renovables, es una alternativa viable respecto a la red eléctrica convencional y al suministro de energía basado en combustibles fósiles en zonas no interconectadas (ZNI).

Un fundamento interesante de Aristizábal (2008), supone que las energías a partir de fuentes renovables proporcionan acorde a su diseño, suficiente energía eléctrica de forma sostenible, confiable y limpia para apoyar la creación de empresas locales en las zonas de gran población, a la vez que pueda ser capaz de llegar a la mayoría de las comunidades rurales dispersas, ofreciendo soluciones ilimitadas para el acceso al agua necesaria para el riego y saneamiento; al mismo tiempo, nuevas oportunidades para la salud pública, educación y calidad de vida.

Por otro lado Uribe (1996), menciona que para las poblaciones rurales de Colombia que se hallan muy dispersas entre sí y aisladas del resto del país, la interconexión al sistema eléctrico central es casi imposible en muchos casos. Aun contando con la capacidad de generar la energía eléctrica por medio de plantas hidroeléctricas o termoe-

léctricas, los costos de extensión de red serían muy elevados, donde se infiere que se debe resaltar la importancia de los sistemas híbridos como una solución objetiva para suplir las necesidades básicas insatisfechas de las zonas no interconectadas (ZNI).

Aprovechando la experiencia que tiene el SENA, sumada a las directrices nacionales de generar empleo, responsabilidad social y la creación de proyectos productivos, que partirán de aplicaciones de las energías renovables, por ejemplo huertas escolares con sistemas de riego fotovoltaico, centros de artesanía con mayor número de horas de disponibilidad en iluminación, refrigeradores fotovoltaicos, entre otros, se pretende mejorar las condiciones de formación de las escuelas y por ende la calidad de vida de nuestras comunidades en ZNI en el tema energético, apuntándole en esta primera fase a la capacitación y construcción de sistemas de energías renovables en escuelas en ZNI, con acompañamiento permanente por parte del SENA para asegurar la sostenibilidad de los sistemas.

Materiales y métodos

La presente investigación representa un proyecto piloto del SENA regional Guajira, con su material humano de instructores y aprendices del curso Montaje de Sistemas solares fotovoltaicos básicos, desarrollando prácticas significativas en una situación real, en el centro etnoeducativo No. 11, ubicado en Riohacha, La Guajira, donde se realizó el diseño y construcción de un sistema experimental de generación híbrido, solar fotovoltaico-mini eólico autónomo (Figura 5).



Figura 5. Sistema híbrido instalado, antes y después.

Fuente: Elaboración propia (2014).

El centro etnopedagógico No. 11, sede principal JARIJINAMANA comunidad de MERIDAILY (kilómetro 6 vía Riohacha-Valledupar), de fácil acceso, se encuentra ubicado en una comunidad indígena wayuu en zona no interconectada, con carencia de sistema de generación de energía eléctrica y tiene como objetivo en sus procesos de enseñanza, afianzar los procesos de identidad, conocimiento, socialización, uso adecuado de la naturaleza y protección del medio ambiente en sus estudiantes.

La implementación de este sistema permite suministrar energía para la iluminación, refrigeración, equipos de cómputo de un aula de informática y equipos de audio visuales (Figura 6), de esta forma se mejoró la calidad en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes y profesores que están asistiendo a esta institución y de igual forma ser beneficiarios con el proceso investigativo de llevar estas tecnologías a las comunidades indígenas.



Figura 6. Soluciones instaladas in situ.

Fuente: Elaboración propia (2014).

Esta comunidad cuenta con una población estudiantil de 320 estudiantes que han sido focos del lente del equipo de investigación y quienes junto con el equipo de profesores se verán beneficiados con la implementación de este proyecto, mejorando sus condiciones de calidad académica en aplicación de las TIC's y bienestar estudiantil.

Una vez puesto en funcionamiento el sistema, se le está brindando sostenibilidad, socializando su uso, capacitando a la comunidad de incidencia para su correcta utilización, también se realizan mantenimientos periódicos y recolección de datos estadísticos

de producción de energía del sistema, por parte de los aprendices del SENA que cursan estas especialidades.

Se establecieron los siguientes procedimientos como base de la investigación, realizados por los aprendices y la comunidad con el acompañamiento del grupo:

- ✓ Determinación de las necesidades energéticas de los equipos consumidores, teniendo en cuenta el número de horas de trabajo.
- ✓ Cálculo del dimensionamiento del sistema, teniendo en cuenta las variables atmosféricas, el cuadro de carga y pérdidas del sistema.
- ✓ Interpretación de los planos y esquemas del sistema según simbología.
- ✓ Realización de esquemas y planos de los sistemas, de acuerdo con las características técnicas.
- ✓ Identificación de los parámetros eléctricos de los elementos del sistema, teniendo en cuenta las dimensiones realizadas.
- ✓ Selección de las partes teniendo en cuenta las especificaciones técnicas del fabricante y las exigencias del entorno.
- ✓ Alistamiento del sitio de trabajo, de acuerdo con las normas de seguridad.
- ✓ Manejo de las normas de seguridad y ambientales, de acuerdo con las características del trabajo.
- ✓ Alistamiento de la estructura soporte para los componentes del sistema, de acuerdo con los planos entregados.
- ✓ Ensamble de los componentes, teniendo en cuenta planos y especificaciones técnicas.
- ✓ Realización de conexiones del cableado entre los componentes según procedimientos y planos.
- ✓ Configuración de los equipos necesarios de la instalación de acuerdo a las características técnicas de generación y almacenamiento de energía.
- ✓ Verificación del funcionamiento del sistema solar fotovoltaico según parámetros técnicos.

Resultados y discusiones

Las pruebas realizadas al sistema consistieron en las mediciones de los parámetros en los componentes eléctricos y electrónicos del sistema, como son el voltaje y corriente en los paneles, matriz de paneles, del controlador a las baterías, salida del inversor, donde todas arrojaron valores correctos.

En la salida del inversor se instaló un contador de energía de AC para totalizar el consumo de los equipos energizados y poder llevar una estadística de la producción de potencia que permita evaluar el sistema.

De acuerdo con ello, en el desarrollo del proyecto se realizaron actividades de capacitación en el mantenimiento del sistema de generación, las cuales se instruyó no sólo al responsable de los equipos, sino a la comunidad sobre el buen uso y la necesidad de que se mantuvieran funcionando en forma correcta, evitando la conexión adicional de equipos no contemplados en el diseño que pudieran provocar fallas en el sistema.

Las ventajas que se presentan con la ejecución del proyecto se pueden evidenciar en la participación y apropiación de la comunidad educativa en el uso del sistema de generación eléctrica, de esta forma se ve reflejada la reducción de costos que implica la adquisición de combustible para la operación y mantenimiento de plantas de energía eléctrica, de igual manera se deja de contaminar con gases de efecto invernadero y se elimina el ruido que producen estos sistemas de producción de electricidad.

El refrigerador del centro etnoeducativo No. 11 ha contribuido a mejorar la calidad de la alimentación de los alumnos al poder conservar por más tiempo y en condiciones adecuadas los alimentos perecederos, el agua, la producción de hielo, teniendo un impacto importante sobre la salud de los mismos.

La energía eléctrica ha mejorado la calidad de vida de la comunidad que se encarga de cuidar y mantener el centro focalizado, al poder contar con iluminación durante varias horas en la noche, permitiendo una mayor convivencia social y la realización de otras actividades productivas como la fabricación de mochilas y manillas, así como áreas de entretenimiento y esparcimiento.

Conclusiones

Con una amplia y objetiva perspectiva de los resultados se puede concluir que cada día, los países en vía de desarrollo están buscando e implementando soluciones de generación de energía eléctrica por medio de fuentes limpias renovables, teniendo en cuenta factores tales como: su bajo costo respecto a la interconexión eléctrica nacional, confiabilidad, eficacia para satisfacer las necesidades de electrificación de las zonas rurales y ayuda al medio ambiente.

Las condiciones adecuadas y la tecnología para proporcionar energía a todo el mundo están dadas, siempre y cuando las energías renovables estén respaldadas políticamente en el tránsito de la inversión inicial, para que puedan llegar a las familias de forma oportuna e incidir más que cualquier otro tipo de tecnología o plan maestro, se pueda preservar el estado actual de nuestro ecosistema.

Desde este punto de vista, las estrategias de mercadeo serían una opción si los comercializadores tuviesen adecuadas ofertas, bajo unas mejores tácticas de financiación, y que se puedan comprar y vender equipos para montajes de sistemas híbridos renovables, auspiciando la costosa inversión inicial, generando así la cultura del ahorro programado y de esta manera una visión de beneficio futuro.

Este proyecto de investigación es un caso demostrativo, para instar a nuestros dirigentes políticos del orden local, nacional e internacional, que tendrían mayor incidencia en apoyar a las familias de estas zonas no interconectadas (ZNI), para que pudieran reglamentarla si se les diera un carácter de obligatoriedad y beneficios comunes; partiendo de que las condiciones climáticas de la Guajira, tales como la velocidad del viento promedio y el nivel de radiación promedio son óptimos para su implementación.

Bajo otra expectativa visionaria, estos sistemas híbridos eólico-solar-autónomos, confluyen en la primicia necesaria de engranar el desarrollo, la investigación, la educación y comercialización de estos sistemas con los requerimientos y apropiación de la comunidad beneficiada. Se sobreentiende que no es trivial, asentado en la normativa nacional que está aún en proceso de ampliación respecto al tema, creando circunstancias que imposibilitan aun la inversión tanto ex-

tranjera como interna, tales como las tasas de inflación y devaluación que limitan el desarrollo de estos sistemas.

Referencias bibliográficas

- Alonso, M., Abella, F. & Chenlo, R. (2004). **A model for energy production estimation of PV grid connected systems based on energetic losses and experimental data.** On site diagnosis, 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference. Paris.
- Aristizábal, J. (2008). **Desarrollo de prototipo para monitoreo de desempeño de sistemas de generación fotovoltaica embebida usando instrumentos virtuales.** Tesis Doctora, Departamento de Física. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Bayegan, M. (2001). **A Vision of the Future Grid.** IEEE Power Engineering Review. Volumen 21.
- Chedid, R. & Saliba, Y. (1996). **Optimization and control of autonomous renewable energy systems.** International Journal of Energy Research.
- Chedid, R. & Rahman, S. (1997). **Unit sizing and control of hybrid wind-solar power systems.** IEEE Transactions on Energy Conversion. Vol. 12.
- Corchado J. (1999). **Neuro-Symbolic model for real-time forecasting problems.** PH. D. thesis. Dept. of Computing and Information Systems, University of Paisley. United Kingdom.
- Elhadidy, M. & Shaahid, S. (1998). **Feasibility of hybrid (wind+solar) power systems for Dhahran.** Saudi Arabia. World Renewable Energy Congress V. Florence, Italy.
- Energreencol. SAS. (2010). **Soluciones de energía para áreas rurales en Colombia.** Energías Renovables en Colombia. Cartagena de Indias.
- Kaiser, R., Suer, D., Armbruster, A., Bopp, G. & Puls, H. (1997). **New Concepts for System Design and Operation Control of Photovoltaic Systems.** Proc. 14th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona.
- Lasnier, F. & Gan, T. (1990). **Photovoltaic Engineering Handbook.** Gran Bretaña. Adam Hilger.
- Medsker L. & Bailey D. (1992). **Models and guidelines for integrating expert systems and neural networks.** Hybrid Architectures for Intelligent Systems. Ed. Kandel A. y Langholz G. CRC Press, Boca Raton.

Sistemas híbridos: alternativa de energización en zonas no interconectadas

Figuroa, Alberto y Mejía, Elquin

PVSOL. Dynamic simulation program for the design and optimization of grid-connected photovoltaic systems, with storage systems. Website, <http://www.valentin-software.com/>

Sánchez, A. y Ortega, J. (2009). **Tecnología Fotovoltaica: Reseña del fenómeno y estado del arte actual de la tecnología.** ANES. Ed. Limusa. México.

Uribe, J. (1996). **Estudio sobre la viabilidad técnica y económica del uso de sistemas híbridos para la generación de energía eléctrica.** Universidad de Los Andes, Bogotá.

Wichert, B. (1997). **PV-Diesel hybrid energy systems for remote area power generation-a review of current practice and future developments.** Renewable and Sustainable Energy Reviews.