



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

ENERGÍA LIMPIA PARA ILUMINACIÓN EN LOS HOGARES DE LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS

Catalina Muñoz Arias, Byron Iram Villamil V.

**Universidad del Valle
Cali, Colombia**

Resumen

En Colombia el servicio de energía eléctrica se presta por medio del Sistema Interconectado Nacional. Actualmente el territorio nacional en cuanto al servicio de energía eléctrica se divide en dos grandes zonas. La primera, conformada por las zonas interconectadas, grandes cascos urbanos y capitales de los departamentos, en donde el servicio es continuo y en contadas ocasiones presenta alteraciones. La segunda, conformada por las Zonas No Interconectadas, conformada por regiones rurales de gran riqueza natural y dificultad de acceso debido a la complejidad de su topografía. En esta última el servicio es discontinuo o completamente ausente. Este proyecto busca facilitar la actividad de iluminación dentro y fuera del hogar en las Zonas No Interconectadas. Se realizó un estudio de campo con diferentes comunidades sin servicio de energía eléctrica para determinar sus hábitos y costumbres relacionados con la iluminación y los posibles usos de una luminaria en los hogares de estas zonas. Dentro de una vivienda se requieren realizar diferentes labores que han sido establecidas por cada familia y el contexto en el que se encuentran inmersos. Se elabora una propuesta de luminaria solar portable que se adapta a las necesidades, requerimientos y condiciones locales y particulares, fomentando así una relación no destructiva con el ecosistema en las zonas no interconectadas. Basado en los resultados del proyecto se logra evidenciar la estrecha relación del ser humano con la luz natural o artificial para poder realizar actividades o practicas diarias. También se evidencia la necesidad de cambio de producción de energía eléctrica convencional a otras alternativas, aprovechar diferentes fuentes renovables, para poder ofrecer unas condiciones básicas de vida a todas las personas que no cuentan con ellas.

Palabras clave: energía eléctrica; medio ambiente; iluminación

Abstract

In Colombia the availability of electric service divides communities into two large groups. One, the zones connected to the wide national grid, composed by urban areas and state capitals where the service is continuous and is rarely interrupted. A second one, composed by rural areas and small communities established within rich ecosystems, where access is difficult due to roughness of the topography and their distancing from the main urban areas. In these Non-Interconnected Zones the service is discontinuous or completely absent. In this work we aim to facilitate the activities which require illumination, both inside and outside of the homes, and are performed after daylight time by different members of communities in the Non-Interconnected Zones, via the design and construction of a portable solar lamp. In order to determine the specific potential uses of our device we carried out a field study with several communities lacking this service in some of the Colombian Non-Interconnected Zones. From our observations the tight relationship between human daily activities and light, either naturally or artificially generated, was putted on evidence. Also, evidence pointing towards a change in our models of generation of electricity was obtained, stemming from the fundamental relationship communities on the Non-Interconnected Zones have with the environment and local ecosystems. Aspect that plays a crucial role in the road towards improving life conditions for all the people on the Non-Interconnected Zones.

Keywords: *electricity; environment; lighting*

1. Introducción

Actualmente a nivel mundial aún se presentan localidades sin acceso a energía eléctrica, se conoce que en éstas localidades vive aproximadamente el 14% de la población, 1.100 millones de personas (Del Castillo Campos, 2017) se encuentran sin las mínimas condiciones de bienestar. El 84% de las personas en países en desarrollo viven en zonas rurales donde las necesidades básicas humanas no están satisfechas.

En Colombia se presentan zonas donde no hay acceso a la energía eléctrica, zonas no interconectadas (ZNI), estos lugares se caracterizan por la dificultad en el acceso al territorio. Los hogares de las familias colombianas en las ZNI se encuentran fuera de la cobertura del Sistema Interconectado Nacional (SIN). En muchos de estos hogares, como alternativa precaria y a corto plazo, el servicio es suministrado mediante la generación con combustibles fósiles. Este proceso es limitado y solo permite aprovechar el servicio a horas específicas del día.

Las ZNI se caracterizan por su baja densidad poblacional, por estar ubicadas a una larga distancia de los centros urbanos y por su gran riqueza de recursos naturales. Por esto, resulta costosa la integración al SIN y se hace necesario que la prestación del servicio se genera directamente en cada zona y, gracias a la abundancia de recursos, se buscan soluciones energéticas basadas en fuentes alternativas (García et al., 2018).

Estas ZNI equivalen a un 52% del territorio nacional (Gaona, Trujillo, & Guacaneme, 2015), se encuentran compuestas por un departamento insular (Archipiélago de San Andrés y Providencia),

cuatro capitales departamentales (Amazonas, Vichada, Guainía y Vaupés), 17 departamentos, 70 municipios, 36 cabeceras municipales y 1.697 localidades (García, Holguín, & Urrea, 2017).

La energía eléctrica es un servicio por medio del cual se satisfacen necesidades básicas y genera bienestar para las familias tanto en las zonas conectadas como en las ZNI. Su ausencia o discontinuidad modifica los hábitos en el hogar, lo cual tiene un efecto deletéreo en las condiciones de vida. En nuestro país, como consecuencia de la intermitencia en el servicio de energía eléctrica más de 218.000 personas viven una situación de necesidades básicas insatisfechas. El bienestar de las personas en estas zonas se ve afectado directamente por la ausencia o intermitencia del servicio eléctrico porque en la mayoría de las actividades del ser humano la energía eléctrica interviene en su desarrollo, es decir, las prácticas se ven condicionadas por este servicio.

Actualmente el servicio en las ZNI se genera por medio de plantas generadoras diésel (90%) y unas cuantas pequeñas centrales hidroeléctricas, esto implica costos de transporte del combustible, volatilidad del precio del petróleo, prestación parcial del servicio de energía y toda la contaminación por combustibles de origen fósil. Más de 1.600 localidades hacen parte de las ZNI, el 83% de las localidades cuentan con un servicio de energía eléctrica en las viviendas de 1 a 6 horas diarias y un 6% no cuenta con el servicio. La inestabilidad de la prestación del servicio afecta, de forma directa, el bienestar de las personas porque un servicio inadecuado no permite la realización de las diferentes prácticas dentro del hogar.

Uno de los factores básicos que se modifican en los hogares en las ZNI es la iluminación. La acción de iluminar constituye aspectos críticos de la vida en el hogar pues permite cumplir con los quehaceres, el desplazamiento dentro de la vivienda, la interacción entre las personas, además, brinda seguridad debido a la densidad de la oscuridad fuera de las viviendas.

Las miradas cultural y social de las personas de las ZNI se basan en la relación con el planeta tierra y los recursos naturales al alcance en cada zona, esto se traduce, en un entendimiento diferente en el consumo de bienes y servicios. Por lo tanto, el servicio de energía eléctrica para iluminación en viviendas debe seguir estas dos miradas, debe ir acorde a la relación de las personas.

Este documento está organizado de la siguiente forma. En la sección 2. Presentamos la metodología seguida durante el proyecto. En la sección 3. Se muestran los resultados del proyecto con un apartado que describe la propuesta del trabajo. Por último, se presentan las conclusiones.

2. Metodología

La metodología implementada en el trabajo se divide en diferentes etapas, la primera es la descripción de las ZNI aquí se incluye el tipo de servicio de energía eléctrica y el estado del mismo en las diferentes comunidades que cuentan con él, la segunda etapa hace referencia al consumo general de la energía eléctrica en el hogar.

La tercera etapa, una de las más concluyentes, es el estudio de los hábitos dentro de los hogares de las ZNI este acercamiento a las comunidades permitió identificar los factores más relevantes

para las familias frente al uso de la energía eléctrica, específicamente, la iluminación. La Comunidad negra Chucheros Ensenada del tigre en Bahía Málaga, Buenaventura aporta al proyecto ese factor humano que se requiere para entender las necesidades de las personas en las ZNI.

Se trabaja con la Comunidad negra Chucheros Ensenada del tigre pues ellos viven con un servicio de energía eléctrica discontinuo e inestable. La comunidad hace uso de plantas diésel o ACPM cuando requieren energía o cuando se dispone del combustible, es decir, en casos de extrema necesidad, al estar en una zona costera la densidad de la oscuridad en las noches es mayor a lo que se conoce en las ciudades. La vida en esta comunidad se ve directamente afectada por las condiciones del servicio.

A partir de un trabajo de campo, visitas y entrevistas, se obtiene información sobre la vida en la comunidad negra Chucheros. Con los datos obtenidos en las tres etapas se analizan las posibilidades de diferentes Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCR) para la iluminación en las viviendas de la comunidad en Bahía Málaga. Las energías renovables o alternativas son buenas fuentes para conseguir un ahorro energético y tener la llave de un futuro energético más limpio, eficaz, seguro, autónomo y amigable con la naturaleza (Kenney et al., 2011).

Por último, se busca establecer los parámetros para la propuesta de iluminación. Todo el proceso y las diferentes etapas realizadas tienen como finalidad la elaboración de los requerimientos (aspectos técnico-funcionales), estos se construyen teniendo en cuenta los comportamientos de las personas en las viviendas, el contexto, las necesidades, la mirada cultural-social y la FNCR. Además, toda luminaria debe cumplir con unos aspectos legales que rigen en el territorio nacional.



Figura 1. Requerimientos y determinantes
Fuente: elaboración propia

3. Resultados

El uso de iluminación en las diferentes viviendas de la comunidad en Bahía Málaga es posterior a las 6 pm, en ausencia de la luz natural, aproximadamente durante 3 horas requieren iluminar diversos espacios para realizar diferentes actividades. Los momentos de compartir en familia

adquieren mucha relevancia porque la luz artificial se convierte en un punto concentrador que condiciona a las personas.

Todas las familias de la comunidad respetan y protegen la naturaleza a su alrededor, tienen una fuerte conexión con el medio ambiente pero actualmente utilizan las plantas de ACPM y gasolina, mecheros artesanales de petróleo, linternas de baterías o recargables.

Las alternativas de iluminación son elementos individuales y su característica principal es la portabilidad, ésta permite el desplazamiento en un espacio cerrado o en uno abierto. Las ZNI están dispersas, tienen más distancia entre las viviendas o fincas y no cuentan con alumbrado público, estas tres características se traducen en mayor densidad de la oscuridad en horas de la noche.

Lo más importante de las luminarias es poder facilitar la realización de diferentes actividades o rutinas establecidas por cada familia pues la discontinuidad del servicio de energía eléctrica genera interrupciones en los hábitos de los individuos ocasionando incertidumbre.

Las FNCER son el camino para suplir el servicio de energía eléctrica en las ZNI porque pueden operar de forma aislada al SIN y satisfacer las necesidades de las diferentes localidades, además garantizan la calidad del servicio. En este proyecto se hace énfasis en la energía solar porque todas las localidades de las ZNI tienen un potencial teórico alto en radiación solar, para el caso de Colombia, las fuentes disponibles de información de recurso solar indican que el país cuenta con una irradiación promedio de 4,5 kWh/m²/d (Ambiente, 2005), la cual supera el promedio mundial de 3,9 kWh/m²/d. De acuerdo con el Atlas de radiación solar de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), existen regiones particulares del país que presentan niveles de radiación por encima del promedio nacional. Hacer uso de los recursos en cada zona es una característica de estas localidades y utilizar la energía solar es continuar con este tipo de práctica. La proyección de radiación solar durante todo el año en el territorio nacional permite entender el potencial que tienen todas las regiones para implementar la energía solar fotovoltaica (FV), en el caso específico del proyecto, permite entender la capacidad durante todos los meses de ofrecer una alternativa estable y continua en el proceso de iluminación dentro de la vivienda. Esta actividad no requiere mayor potencia para funcionar, por lo tanto, aquella región con menor radiación también tiene la posibilidad de hacer uso de la radiación (difusa, directa y reflejada) para generar energía eléctrica e iluminar un espacio.

Con la información obtenida se elaboran los requerimientos para la luminaria. Cada uno tiene como finalidad definir parámetros para la luminaria que correspondan con necesidades específicas.

Tabla 1. Requerimientos. (Product Design Specification)

PDS		
Tipo	Necesidad	Requerimiento
Funcionalidad	El sistema debe operar continuamente.	R.1. Resistir recargas solares durante 5 años.
		R.2. Permitir el desarrollo normal de las actividades en el hogar.
		R.3. Resistir golpes y fracturas.
		R.4. Estar dentro de un volumen de 2.250 cm ³ .
		R.5. Estar en un rango de 150 a 500 Lux.
Materialidad	Los materiales utilizados deben resistir las condiciones de uso y contexto.	R.6. Resistir los cambios de temperatura.
		R.7. Resistir humedad entre 78 y 82 %
		R.8. Resistente al impacto.
		R.9. Resistente a radiación solar.
Seguridad	Evitar afectaciones a las personas y al medio ambiente durante el uso.	R.10. Evitar daño físico a las personas.
		R.11. Componentes biodegradables.
		R.12. Evitar ángulos agudos o vértices muy pronunciados.
Usabilidad	Manipulación simple y movilidad.	R.13. Permitir trasladarse con la luminaria en diferentes espacios.
		R.14. Portátil.
		R.15. Permitir ser manipulado o accionado por menores.
Ergonómica	Adaptarse al uso por seres humanos.	R.16. Sencillo agarre palmar
		R.17. Uso por diferentes personas dentro de una vivienda.
Producción	Producción con el menor impacto.	R.18. Fabricación con tecnologías disponibles en el mercado nacional.
		R.19. Emplear el menor consumo de energía eléctrica posible.
Mantenimiento	Mantenimiento sencillo, económico y rápido.	R.20. Permitir limpieza de los componentes para mayor durabilidad.
		R.21. Modular.
Estético	Agradable para el usuario final.	R.22. Forma de rápido reconocimiento.
		R.23. Manejar colores neutrales.

Fuente: Elaboración propia

Luminaria solar

Una luminaria solar portable va a permitir el desarrollo de las diferentes actividades diarias de las personas en la comunidad de Chucheros y la selección de la fuente de generación va acorde a la relación no destructiva con el medio ambiente de las personas en Bahía Málaga.

La luminaria está conformada por la carcasa, dos piezas elaboradas en polímeros reciclados, el sistema fotovoltaico, tres diodos LED y el elemento externo para colgar. Las dos piezas (superior e inferior) cuentan con unos elementos internos para dar apoyo a los elementos electrónicos de la luminaria, además, estos elementos deben estar aislados de la humedad, la radiación, la lluvia o cualquier agente que afecte su correcto funcionamiento. El panel solar y los tres diodos LED se calientan, el primero al momento de la carga y los segundos al momento del uso de la luminaria, por esto es necesario generar espacios de ventilación para garantizar la vida útil de todo el sistema. La selección del material para elaborar la carcasa es una parte fundamental, por lo tanto, se realiza un proceso de análisis de propiedades físicas y mecánicas de diferentes polímeros hasta seleccionar una mezcla de polímeros reciclados. Se propone polipropileno y polietileno de alta densidad en un porcentaje de igual proporción cada uno, esta es una proporción donde los dos

materiales aportan características por igual logrando mejores propiedades mecánicas, físicas y térmicas.

La propuesta tiene como finalidad el aprovechamiento de la energía mediante un sistema de almacenamiento el cual se encarga de acumular la energía suministrada por un panel fotovoltaico durante el día, para luego ser entregada a un sistema de iluminación durante la noche.

El sistema interno se compone de una batería Ion-Litio recargable de 2000 mAh, un panel FV policristalino de 2W, el módulo de iluminación se basa en 3 diodos LED de 3W con disipador, un control de carga y el interruptor de encendido/apagado que adicionalmente controla las dos intensidades de la luminaria. El diseño y dimensionamiento interno se elabora en base a componentes comerciales a nivel nacional para así garantizar disponibilidad al momento de construir o tener que reemplazar algún elemento de la luminaria.

El cálculo del tiempo de carga de la batería usando el panel fotovoltaico depende no solamente de la radiación promedio que ya de por sí, involucra numerosas variables climáticas sino también las dinámicas del circuito de carga de la batería, que se encarga de tomar la energía suministrada por el panel fotovoltaico y entregarla a la batería de manera gradual hasta completar su carga.

Se estima que la autonomía del sistema de iluminación es de 4 horas continuas con el mayor consumo (9W) y de 7 horas con la intensidad de menor consumo (4w), después de las 4 o 7 horas la potencia entregada por la batería disminuye hasta agotarse completamente lo que genera una disminución gradual de la intensidad lumínica de los LED Debido al panel fotovoltaico de baja potencia, se estima que la batería toma entre 4 y 5 horas en cargarse a pleno sol, teniendo presente la variación de la radiación durante el día.

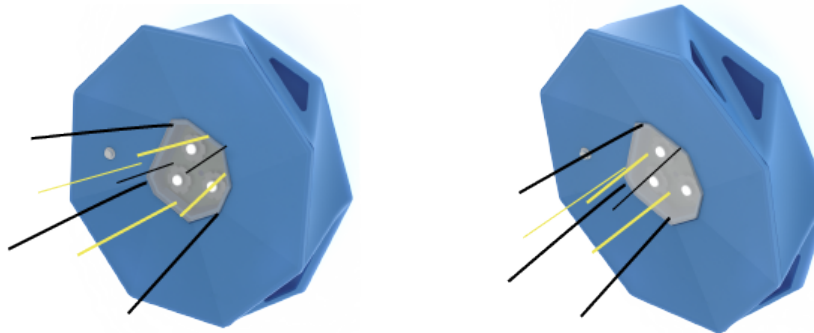


Figura 2. Apoyos verticales de la luminaria.
Fuente: elaboración propia

Se propone una luminaria para usos sobre superficies además con dos apoyos verticales que a su vez permiten un agarre palmar facilitando el traslado dentro de la vivienda. Inicialmente se proponía desplazarse fuera de las viviendas de igual forma que dentro de ellas pero las personas en las ZNI requieren la libertad de ambos brazos para este desplazamiento. Para el uso en exteriores se puede colgar el objeto en el cuerpo o en paredes para diferentes usos.

4. Conclusiones

La iluminación hace parte del día a día del ser humano, para esta comunidad en Bahía Málaga se vuelve un facilitador para la realización de actividades dentro y fuera del hogar. Las familias en Chuceros cuentan con unas alternativas precarias, a base de combustibles fósiles, para la acción de iluminar lo que se traduce en un impedimento para cada familia pues no hay certeza en este modelo de generación de energía eléctrica.

Se evidenció la estrecha relación del ser humano con la luz natural o artificial para poder realizar actividades o prácticas diarias tan sencillas como la interacción entre las personas, el estudio, los quehaceres y los desplazamientos; todo lo anterior se ve condicionado por la discontinuidad o ausencia de iluminación.

La luz se convierte en un punto concentrador el cual permite el dialogo entre las personas en un mismo espacio cuando no se cuenta con la iluminación adecuada, en horas de la noche, esta actividad no se puede realizar. Contar historias o anécdotas del día a otras personas, en especial a la familia, es una práctica habitual del ser humano al no poder realizarla las relaciones personales se ven afectadas.

La formación académica es un derecho con el que todos los seres humanos deberían contar, pero al no tener iluminación adecuada el estudio se limita solo a las horas cuando hay luz natural, en Colombia no todos cuentan con la disponibilidad de estudiar durante el día. Poder facilitar el estudio en horas de la noche es brindar más oportunidades a las diferentes comunidades.

Cada familia tiene rutinas establecidas dentro del hogar que se deben llevar a cabo cuando se cuenta con tiempo, organizar las habitaciones, realizar la limpieza, reparar algún daño, entre otras actividades. Estas comunidades no pueden continuar condicionando su vida para realizar todo, incluido el trabajo que genera los ingresos, durante el día.

Los desplazamientos dentro o fuera del hogar son una práctica tan sencilla que podría parecer irrelevante, pero para estas comunidades implica un desafío cuando no se cuenta con un objeto para iluminare durante la noche. Poder llegar al espacio donde se descansa para terminar el día sin golpearse o sufrir un accidente es algo a lo que se enfrentan en las ZNI.

Permitir la realización de este tipo de acciones debe ser una de las prioridades de la luminaria, además, dar énfasis en la importancia que tienen los entornos en los que las comunidades de las ZNI residen, al estar en zonas geográficamente aisladas y poco urbanizadas, el ecosistema que las rodea juega un papel fundamental en el desarrollo de estas, y estas lo entienden como un generador de vida.

5. Referencias

- Ambiente, M. De. (2005). *Atlas de Radiación Solar de Colombia*.
- Del Castillo Campos, J. I. (2017). *Panorama Energético Mundial 2017*. 167–172.

- Gaona, E. E., Trujillo, C. L., & Guacaneme, J. A. (2015). Rural microgrids and its potential application in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.176>
- García, N. A., Holguín, R. H. T., & Urrea, D. A. O. (2017). ZONAS NO INTERCONECTADAS - ZNI Diagnóstico de la prestación del servicio de energía eléctrica 2017 Superintendencia Delegada para Energía y Gas Combustible. (1).
- García, N. A., Holguín, R. H. T., Urrea, D. A. O., Rodríguez Gámez, M., Vázquez Pérez, A., Velez Quiroz, A. M., ... SSPD. (2018). Generación Distribuida En Zonas No Interconectadas Connected Areas. *Revista Científica*, 3(1), 70–88. <https://doi.org/10.14483/23448350.13104>
- Kenney, M., Breznitz, D., Murphree, M., Bercovitz, J., Martens, A., Savage, J., ... Silwal, A. (2011). LIBRO INTERACTIVO SOBRE ENERGIA SOLAR Y SUS APLICACIONES. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(1), 136–150. <https://doi.org/10.1287/orsc.7.2.136>

Sobre los autores

- **Catalina Muñoz Arias:** Diseñadora Industrial. munoz.catalina@correounivalle.edu.co
- **Byron Iram Villamil V.:** Diseñador Industrial, Maestro en Diseño y desarrollo de nuevos productos, Doctor en Bellas Artes, Universidad Complutense de Madrid. Profesor titular. byron.villamil@correounivalle.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)