

# Sustainability assessment of energy systems of Bellavista Island in the Gulf of Guayaquil

Juan Peralta<sup>1</sup>, Emérita Delgado<sup>1</sup>, Rosa Valvedre<sup>1</sup>, Geovanny Panchana<sup>1</sup>, José Reinoso<sup>1</sup>, William Álava<sup>1</sup>, Anthony Arévalo<sup>1</sup>, Ian Sosa<sup>2</sup>, Flores, Marco<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentable, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, e-mail: [jperal@espol.edu.ec](mailto:jperal@espol.edu.ec)

<sup>2</sup>Electrical Engineering Department, Instituto Tecnológico de Sonora, México e-mail: [ian.sosa@itson.edu.mx](mailto:ian.sosa@itson.edu.mx)

<sup>3</sup>Instituto de Investigación en Energía; Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), email: [maflores@unah.hn](mailto:maflores@unah.hn)

*Abstract -- This article details the socio-energy evaluation of the community of Bellavista in the Gulf of Guayaquil. A diagnosis of the current situation is presented considering social, technical, social and economic variables in order to identify the different variables or parameters that affect sustainable development, in particular to conventional and renewable generation sources. Finally, an energy solution is described considering the optimal use of the resource, existing loads and awareness in the community*

*Keywords– Energy, community, solar, consumption.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.190>  
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

# Evaluación de la sostenibilidad Energética de la Isla Bellavista en el golfo de Guayaquil

Juan Peralta<sup>1</sup>, Emérita Delgado<sup>1</sup>, Rosa Valvedre<sup>1</sup>, Geovanny Panchana<sup>1</sup>, José Reinoso<sup>1</sup>, William Álava<sup>1</sup>, Anthony Arévalo<sup>1</sup>, Ian Sosa<sup>2</sup>, Flores, Marco<sup>3</sup>.

1. Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentable, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, e-mail: [jperal@espol.edu.ec](mailto:jperal@espol.edu.ec)
2. Electrical Engineering Department, Instituto Tecnológico de Sonora, México e-mail: [ian.sosa@itson.edu.mx](mailto:ian.sosa@itson.edu.mx),
3. Instituto de Investigación en Energía; Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), email: [maflores@unah.hn](mailto:maflores@unah.hn)

*Resumen*– El presente artículo detalla la evaluación socio energética de la comunidad de Bellavista en el Golfo de Guayaquil. Se presenta un diagnóstico de la situación actual considerando variables sociales, técnicas, sociales y económicas con el fin de identificar las diferentes variables o parámetros que afectan al desarrollo sostenible, en particular a las fuentes de generación convencional y renovable. Finalmente, se describe una solución energética considerando el uso óptimo del recurso, cargas existentes y concientización comunitaria.

*Keywords*-- Energía, comunidad, solar, consumo

*Abstract*- This article details the socio-energy evaluation of the community of Bellavista in the Gulf of Guayaquil. A diagnosis of the current situation is presented considering social, technical, social and economic variables to identify the different variables or parameters that affect sustainable development, in particular to conventional and renewable generation sources. Finally, an energy solution is described considering the optimal use of the resource, existing loads and awareness in the community

*Keywords*-- Energía, comunidad, solar, consume

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de energización basados en sistemas híbridos con fuentes de energías convencionales y renovables son la solución energética más confiable para que comunidades rurales o aisladas se provean de electricidad de manera autónoma y de manera sostenible. Aunque la tecnología renovable basada en sistemas aislados o mini redes es variada en términos de escala, usuarios y de los servicios prestados, permite la generación de energía “in situ”, y se adapta a la geografía logrando la optimización de los recursos naturales, mejoramiento de la calidad de vida local, entre otras. [1]

La constitución de la república del Ecuador en el artículo 13 establece que el estado ecuatoriano debe ayudar a promover la eficiencia energética, su desarrollo, y el uso de tecnologías que sean ambientalmente limpias, así como la utilización de fuentes de energías renovables de bajo impacto ambiental, que no presenten riesgos sobre la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico y derecho al agua, además de garantizar el suministro energético con calidad desde una matriz energética diversificada, eficiente y sostenible como está establecido en las políticas del objetivo 5 del Plan

Nacional de Desarrollo Toda una Vida [2]. Sin embargo, en el Ecuador aún existen comunidades rurales aisladas o remotas que presentan una evidente pobreza energética, debido a su ubicación, lo que dificulta el acceso al tendido eléctrico, obligando a los habitantes de esas comunidades buscar otras fuentes de abastecimiento de energía basados en combustibles fósiles que además les proveen energía por determinado límite de tiempo al día, conjuntamente representan un gasto extra a los usuarios.

Dentro de este marco la Escuela Superior Politécnica del Litoral, se encuentran desarrollando actividades de vinculación de la comunidad por medio de programas en zonas rurales y marginales. Uno de los proyectos de actuación de la ESPOL es el sector del Golfo de Guayaquil, donde se ejecutan actividades que fomenten el desarrollo sostenible de las comunidades asentadas en sus diferentes islas.

Un problema detectado en todas las comunidades del golfo es lo que se denomina pobreza energética; un caso de estudio en particular es la población ubicada en la Isla Bellavista, siendo por vía marina el único medio de acceso posible de las personas hacia la comunidad, ubicada cerca de la desembocadura del Golfo a 2° 28' 24.96" latitud sur y 79° 58' 25.66" latitud oeste. [3]



Fig 1. Vista satelital de la Isla Bellavista.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.190>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

La comunidad cuenta con sistemas autónomos de energía solar fotovoltaica instalados por el FERUM (Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal) en el año 2010 que servirían como fuente de suministro de energía para las viviendas de la isla, sin embargo, en la actualidad se ha identificado que el 90% de los sistemas fotovoltaicos se encuentran fuera de servicio debido al manejo inadecuado por parte de los usuarios, teniendo como única fuente de energía eléctrica un generador de diésel que funciona únicamente 5 horas al día. [4]

## II. DESCRIPCIÓN DE LA COMUNIDAD

Con el fin, de conseguir la información de la población se realizó una encuesta que permitió determinar que la comunidad se encuentra constituida por 29 viviendas, de las cuales solo 22 se encuentran habitadas, la población estimada de la isla es de 136 personas, distribuidas en 64 hombres y 72 mujeres. Es importante mencionar que la comunidad al menos 70% de la población no tiene instrucción alguna. [5]



Fig 2. Levantamiento de información en la Isla Bellavista

Con la finalidad de evaluar la problemática energética existente en la isla Bellavista se estableció la siguiente metodología de trabajo que se describe en la figura 3.

## III. INVENTARIO DE CARGAS Y DEMANDA DE ENERGÍA DE LA COMUNIDAD

Se realizó un inventario de los electrodomésticos o artefactos, que se presenta en la figura 4, a partir de este levantamiento, se determinó que todas las casas poseen un televisor, su potencia varía entre 75W y 109W, le sigue la lavadora que en 18 casas poseen una con una potencia media de 400W, 15 casas poseen al menos un celular sin embargo, el lugar carece de cobertura telefónica, para esto deben dirigirse a otra isla para captar la cobertura de red; pese o no contar con energía eléctrica todo el día, 8 casa poseen generadores eléctricos personales estos usan gasolina para su funcionamiento, la misma que ellos compran a \$2.5 el galón, este que proporciona de 3 a 5 horas por galón de suministro eléctrico, siendo de alto costo, por lo que no lo usan muy seguido y llegan a comprar de 3 a 4 galones por mes.

Es oportuno mencionar que, en relación a iluminación, el foco que predomina en la Isla Bellavista es del tipo ahorrador, siendo el de 25 [W] el más usado; y tan solo el 3% de los focos es de tipo incandescente, predominando el de 40 [W]. Todos los focos pasan encendidos por 5 horas, siendo este el tiempo de operación del generador eléctrico.

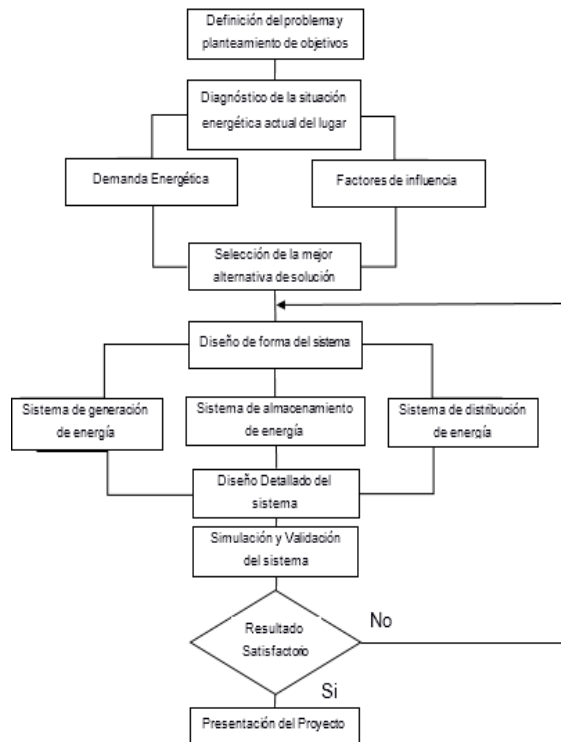


Fig 3. Metodología de Evaluación

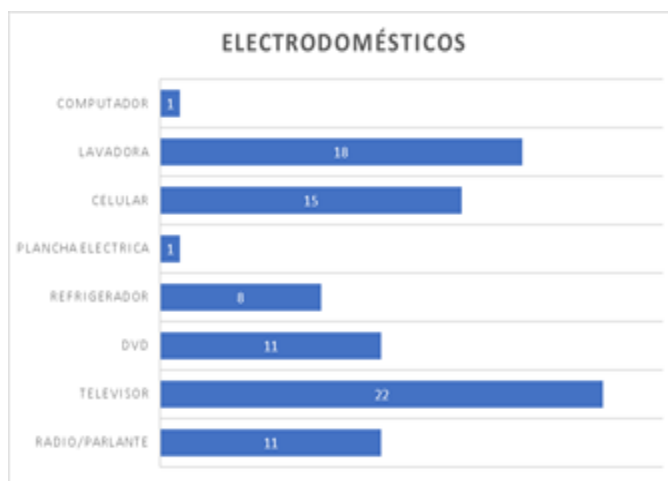


Fig 4. Inventario de Electrodomésticos

#### IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ENERGIZACIÓN

Durante el levantamiento de información se identificó que la comunidad cuenta con dos fuentes de generación de energía eléctrica, las cuales son:

- Paneles fotovoltaicos aislados residenciales de 112 Wp dos instalados en cada vivienda de la comunidad. donde cada usuario es responsable del mantenimiento y limpieza de estos.
- Generador de 145KW que funciona con diésel, satisfaciendo la demanda de la comunidad cuenta con un generador eléctrico que funciona por 5 horas, desde las 6 p.m. hasta las 11 p.m. por lo que cada casa paga \$0.70 al día por el servicio, ya que todos tienen conexión a esa red de energía eléctrica.

El sistema fotovoltaico consta de un panel y una batería que alimentan directamente 3 focos y un inversor que satisface la demanda de corriente alterna. La batería es modelo J185H-AC de la marca Trojan.(aunque en algunos caso han cambiado la batería) El regulador utilizado en la instalación es SunSaver-20 morningstar modelo SS-20L-12V de la compañía Morningstar corporation. Finalmente, el inversor correspondiente al modelo xpower inverter 450 de la marca Xantrex. En las siguientes figuras, se muestra parte de los sistemas existentes en la comunidad.

De las 24 familias encuestadas, 5 de las cuales no cuentan con sistemas fotovoltaicos. Del número total de sistemas fotovoltaicos instalados, se determinó que 23 son sistemas básicos y de estos, sólo dos se encuentran en operación. Un punto hay que destacar de los resultados de la encuesta es que el 91% de las instalaciones fotovoltaicas existentes en la isla están mal orientados. En la figura 9, se presenta un mapa de la zona identificados los sistemas por grado de sombreado (obstrucción).



Fig 5. Paneles Fotovoltaicos Instalados



Fig 6. Batería Original del Sistema



Fig 7. Batería cambiada



Fig 8. Inversor

Considerando la información socio de energética de la comunidad e incluyendo información de otros parámetros como, radiación solar, ubicación, orientación, y componentes del sistema fotovoltaico que se encuentren en estado obsoleto en funcionamiento, se procedió diseñar una solución energética, que permita la reutilización de los paneles fotovoltaicos existentes en la comunidad

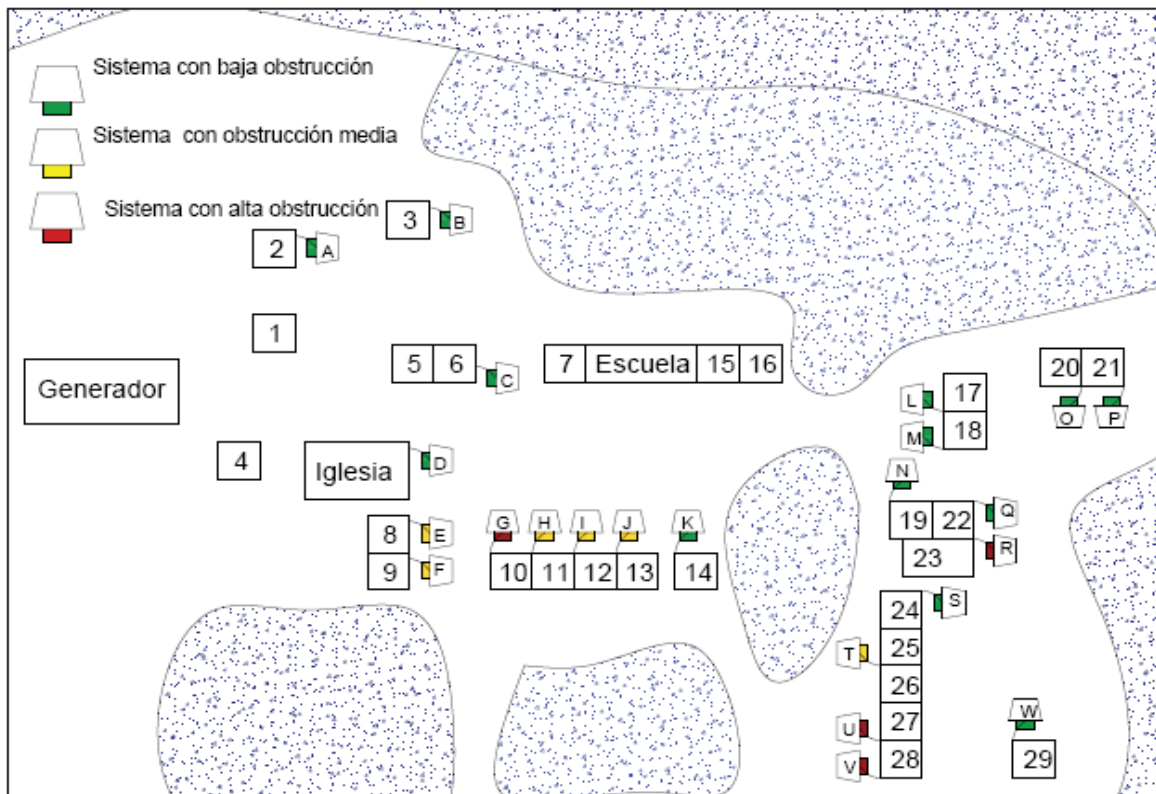


Fig 9. Distribución de Sistema Fotovoltaicos y grado de Obstrucción



Fig 10. Ejemplo de diferentes grados de Obstrucción y sombreeo

### V. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ENERGÉTICA

La alternativa energética seleccionada fue el rediseño del sistema fotovoltaico residencial. El dimensionamiento del sistema se realizó con la ayuda del software comercial PVsyst versión 6.77. Adicionalmente, el análisis del recurso solar de la zona se consideró trabajo previo de la zona realizado para comunidades vecinas [4]. En la figura 11, se observan los valores de radiación anual de la zona de estudio. [6] [7] [8] [9] [10]

Los datos asociados al consumo energético de una vivienda promedio se estiman por medio de los resultados obtenidos de la encuesta en lo relacionados inventario de cargas domiciliarias. (Tabla 1). Asimismo, las horas de uso han sido procesadas por medio del software como muestra la figura 12.

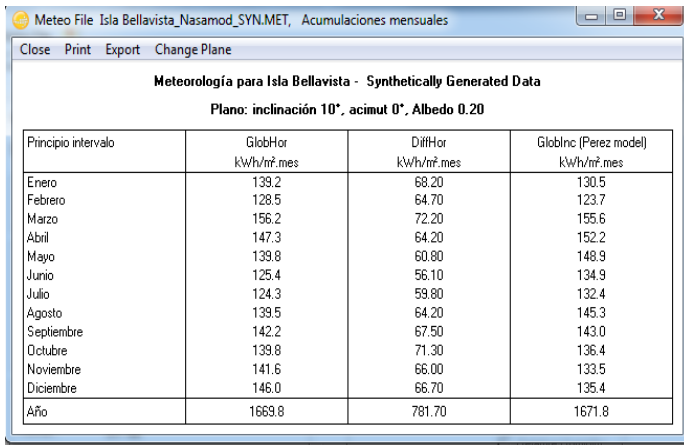


Fig 11. Radiación mensual sobre una superficie con 10° de inclinación.

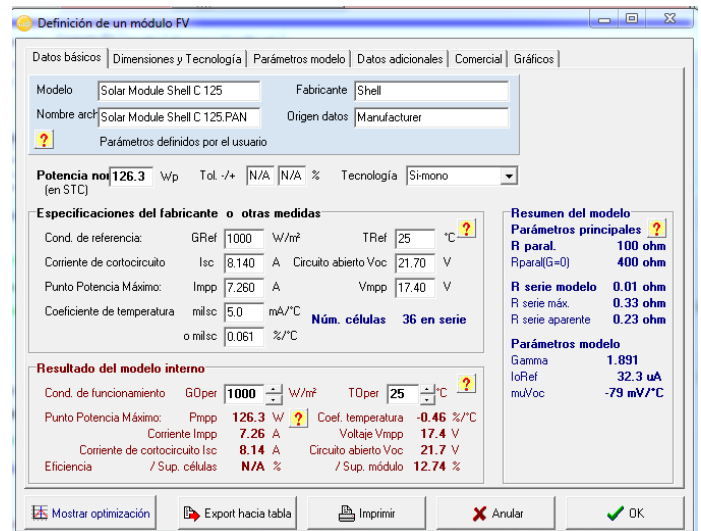


Fig 13. Características técnicas del módulo Solar Shell C125

TABLA 1  
CONSUMO ENERGÉTICO PROMEDIO

Equipo	#	Tipo de Corriente	Potencia (W)	Tiempo Estimado de Uso (h/día)	Consumo (Wh/día)
Focos Ahorradores	3	DC	15	5	225
Otros Elementos	1	AC	70	7	490

Dentro de este marco los demás elementos que conforman el sistema deberán cumplir con los siguientes requisitos de dimensionamiento: [11] [12] [13] [14] [15]

- Las baterías deberán tener una capacidad de 100 Ah y 12 V.
- Un controlador que trabaje con corriente de entrada  $I_{ent} > 18.125$  A,  $I_{sal} > 11.98$  A y 12 V
- Un inversor que trabaja a 12 V y una potencia de salida de 450 Watts.

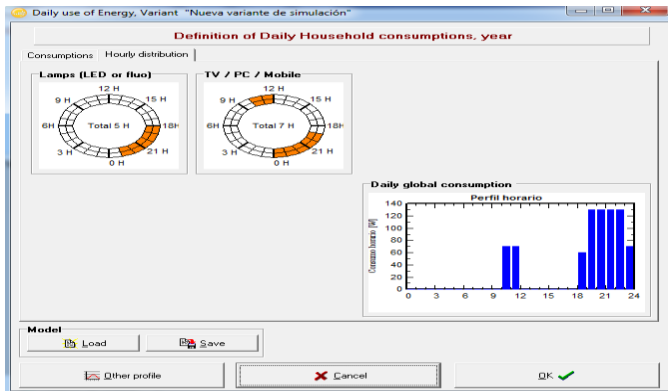


Fig 12. Distribución de las horas de consumo diario

Una variable importante para el diseño es la presencia de obstáculo que ocasionan sombra sobre el panel, por lo cual se realizó la simulación respectiva considerando 3 escenarios que podrían afectar el rendimiento del sistema relacionado con los efectos de sombras sobre los paneles solares en la captación de energía, los 3 escenarios considerados son:

- **Sistema Sin Obstrucción.** - Superficie del panel solar libre de sombras.
- **Sistema Con Obstrucción Media.** - El 50% de su superficie del panel solar está afectada por sombras.
- **Sistema Con Mayor Obstrucción.** - Más del 50% de la superficie del panel solar es afectada por sombras.

En la figura 13, se muestra parte del ingreso de las características de cada elemento que conforma el sistema fotovoltaico, en particular se ha considerado la reutilización de los paneles fotovoltaicos que tienen menos de 10 años de uso. [11]

En la tabla 2, se observa los efectos que causan las sombras y objetos circundantes al panel fotovoltaico en su rendimiento, la energía disponible se va reduciendo con forme el panel esté más obstruido. Por lo tanto, siempre es aconsejable ubicar los paneles solares alejados de obstrucciones.

TABLA 2  
RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES

Simulación	Resultado
Consumo energético diario	725 $\frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$
Energía Disponible Del Sistema Sin Obstrucción	846.6 $\frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$
Energía Disponible Del Sistema Con Obstrucción Media	745.5 $\frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$
Energía Disponible Del Sistema Con Mayor Obstrucción	519.4 $\frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$

Los resultados de las simulaciones demuestran que la eficiencia del sistema en algunos escenarios es reducida de tal forma que es posible que la producción de energía no cubra totalmente la demanda energética de cada vivienda. Esto significa que será necesaria la reubicación de los sistemas para lograr una producción óptima de energía

#### VI. CONCLUSIONES

Es importante recalcar que la sostenibilidad energética en el contexto de electrificación rural dependerá del compromiso de la comunidad en conjunto con entidad pública o privada para el seguimiento y mantenimiento de los sistemas asociado a un programa de capacitación acorde al nivel de educación de la población. En el caso de la isla es claro que no existe plan integral energético que conlleve a mejorar la calidad de vida de la población por medio de un acceso seguro y confiable de energía.

Los elementos dimensionados para el sistema fueron seleccionados considerando su existencia en el mercado local y cumple con las especificaciones de funcionamiento, y son:

- ✓ Batería marca Sunbright Power modelo 6 - GFM (G) - 100 Ah
- ✓ Regulador de Carga de la marca Morningstar modelo SunSaver SS20L-12
- ✓ Inversor marca Samlex America, modelo SAM – 450 – 12

De acuerdo con los resultados obtenidos se determina que es necesaria la reubicación de al menos 30% de los sistemas, incluyendo la reorientación del 90 % de los paneles fotovoltaicos y además es necesario el cambio de todos los sistemas acumuladores de energía. Asimismo, el costo estimado para dejar operativos el 100% de los sistemas autónomos de energía, considerando costos de reemplazo de equipos, mano de obra e instalación es de \$1650. Dólares americanos por cada sistema.

El costo de implementación de los sistemas fotovoltaicos incluyendo mantenimiento para que los sistemas puedan alcanzar el tiempo de vida útil de 10 años es \$55.630. En comparación al uso de un generador eléctrico con una vida útil media de 15 años, se estima un costo de consumo de combustible de \$ 78750, Lo que significa que el sistema de generación fotovoltaico sería pagado en 10 años en relación con el consumo de combustible

Finalmente, será necesario realizar un estudio socioeconómico en la comunidad, donde se sugiera la posibilidad de aplicar una contribución mensual de acuerdo con el costo de los equipos y la capacidad de pago de los habitantes. Con este pago se pueden asegurar recursos para el mantenimiento o reemplazo de los equipos, una vez que estos hayan cumplido su vida útil.

#### VII. AGRADECIMIENTOS

Se deja constancia del apoyo recibido por parte Programa de Vinculación de la ESPOL titulado Fortalecimiento de las capacidades de manejo y desarrollo integral sustentable de las comunidades de la Concesión "Don Goyo" del Golfo de Guayaquil. Asimismo, un agradecimiento a la Red Iberoamericana de Sistema Híbridos de Generación Distribuida RISIGED-CYTED por el apoyo técnico.

#### VIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, El acceso universal a la energía. La electrificación rural aislada. Visión en Iberoamérica, Aranzadi, S.A.U., 2017.
- [2] S. N. d. P. y. D. Senplades, «Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida,» Quito, 2017.
- [3] El telegrafo, «Cerrito de los Morreños lucha contra el olvido,» 2016.
- [4] J. Peralta, E. Delgado, A. Benitez, A. Neira y A. Gustavo, «Evaluation of Rural Power Grids Systems of the Cerrito de los Morreños Island in the Gulf of Guayaquil,» *Proceeding THE FOURTEEN LACCEI INTERNATIONAL MULTI-CONFERENCE FOR ENGINEERING, EDUCATION AND TECHNOLOGY*, 2016.
- [5] A. Neira, A. Benitez y J. Peralta, «Rediseño del sistema de gestión energético de la comunidad cerrito de los morreños,» Guayaquil, 2015.
- [6] J. Peralta, E. Delgado y I. Sosa, «Análisis y evaluación de la información meteorológica disponible para la prospección del recurso eólico en el perfil costero Ecuatoriano,» *Anales del Congreso XXI Congreso de Ingeniería Española*, 2015.

- [7] J. Peralta, E. Delgado, A. Lopez, I. Sosa y C. Otero, «IDENTIFICACION Y EVALUACION DEL POTENCIAL DE RECURSOS RENOVABLES EN EL ECUADOR Y SU VIABILIDAD DE DESARROLLO LOCAL,» Buenos Aires, 2013.
- [8] J. Peralta y A. Lopez, TESE DE DOUTORAMENTO: Modelamiento Computacional del Recurso Solar y Eólico para aplicación de Sistemas de Energía Renovable, Santiago de Compostela, 2015.
- [9] J. Perata, E. Delgado, J. Hurel, H. Albarracín y D. Guevara, «Design of a Stirling engine prototype based on solar energy,» de *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and TeCHIology*, Lima, 2018.
- [10] J. Peralta, E. A. J. Delgado, I. Sosa y G. Aveiga, «Estimation of the wind potential for the Gustavo Galindo campus of the ESPOL in the city of Guayaquil,» *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and TeCHIology*, 2017.
- [11] M. Romero, Energía Solar Fotovoltaica, Barcelona: CEAC, 2010.
- [12] G. Tiwari, SOLAR ENERGY.Fundamental, Design,Modellling and Applications., Indian Institute of Technology.New Delhi.: Alpha Science, 2002.
- [13] A. Barriga, E. Delgado, J. Guevara y J. Peralta, Introducción al Estudio de Fuentes Renovables de Energía, Guayaquil: Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn), 2014.
- [14] V. M. Fthenakis y H. C. Kim, « Photovoltaics: Life-cycle analyses.,» *Solar Energy*, pp. 1609-1628., 2011.
- [15] b. D. T. F. M. A. b. G. P. S. Eduardo F. Fernández, «Investigating the impact of weather variables on the energy yield and cost of energy of grid-connected solar concentrator systems,» *Energy*, 2016.
- [16] J. A. C. González, Centrales de Energía Renovable, Pearson Education, 2009.
- [17] C. J. Rydh y B. A. Sandén, «Energy analisis of batteries in photovoltaic systems,» *Energy Conversion and Management*, pp. 1957-1979., 2004.