

PLATAFORMA DIGITAL INTEGRADA CON ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA ENSEÑANZA EN ESCUELAS DE DIFÍCIL ACCESO EN PANAMÁ

YESSLYN IVONNE SARMIENTO MAGALLÓN

*MBA con especialización en Formulación y Evaluación de Proyectos,
Universidad del Istmo
Formuladora de Proyectos del Centro de Investigación e Innovación
Eléctrica, Mecánica y de la Industrial de la Universidad Tecnológica de
Panamá
yesslyn.sarmiento@utp.ac.pa*

LUIS GREGORIO MOGOLLÓN PINZÓN

*M.Sc. en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Arkansas
Investigador en el Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica
y de la Industrial de la Universidad Tecnológica de Panamá
luis.mogollon@utp.ac.pa*

NUVIA GISELA MARTEZ

*Doctor en Ingeniería, Universidad de Sao Paulo
Investigadora del Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica
y de la Industrial de la Universidad Tecnológica de Panamá
nuvia.martez@utp.ac.pa*

RESUMO

Objetivo: Fortalecer el aprendizaje de las ciencias de estudiantes de escuelas de difícil acceso de la República de Panamá, a través del acceso a una plataforma digital

Diseño/ Metodología/ Abordaje: Se diseñó e implementó un sistema de generación de energía con fuentes renovables, de acuerdo a las características propias de la comunidad. La metodología involucró a la comunidad, docentes y al equipo investigador para lograr el empoderamiento y la sostenibilidad de la iniciativa.

Resultados: Una herramienta para docentes y estudiantes que integra todas las características necesarias para el desarrollo de conocimientos básicos y avanzados sobre el uso de TIC y la disponibilidad de contenidos didácticos divertidos que fortalecen el proceso enseñanza-aprendizaje

Originalidad/ Valor: El modelo didáctico desarrollado integra la realidad de la comunidad, de sus estudiantes y docentes para generar un sistema único y funcional que incorporó los requisitos del sistema educativo formal y características adicionales que sirvieran de apoyo para superar las dificultades del docente que debía manejar la enseñanza multigrado.

Palabras-clave: Energía renovable. Plataforma digital. Proceso enseñanza aprendizaje

PLATAFORMA DIGITAL INTEGRADA COM ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA O ENSINO EM ESCOLAS RURAIS DO PANAMA

ABSTRACT

Objetivo: Fortalecer a aprendizagem de ciências de estudantes de escolas de difícil acesso na República do Panamá, através do acesso a uma plataforma digital.

Design/Metodologia/Abordagem: Um sistema de geração de energia com fontes renováveis foi projetado e implementado, de acordo com as características próprias da comunidade. A metodologia envolveu a comunidade, os docentes e a equipe de pesquisa para alcançar o empoderamento e a sustentabilidade da iniciativa.

Resultados: Uma ferramenta para docentes e alunos que integra todas as características necessárias para o desenvolvimento de conhecimentos básicos e avançados sobre o uso das TIC e a disponibilidade de conteúdos didáticos divertidos que fortalecem o processo ensino-aprendizagem.

Originalidade/Valor: o modelo didático desenvolvido integra a realidade da comunidade, de seus alunos e docentes para gerar um sistema único e funcional que incorporou os requisitos do sistema de educação formal e características adicionais que serviram de suporte para superar as dificuldades do docente que deve lidar com o ensino multigrado.

Palavras-chave: energia renovável. plataforma digital. processo de ensino-aprendizagem.

I INTRODUÇÃO

Según el censo 2010 de la Contraloría General de la República, Panamá tiene una población de 3,405,813 habitantes de los cuales el 65,1% habita en zonas urbanas y un 34,9% en zonas rurales siendo que, de este último porcentaje existen 486,531 niños y adolescentes (Contraloría General de la República de Panamá, s.f.); (Fondo de las Naciones Unidad para la Infancia [UNICEF], 2013) que en su mayoría están inseridos en un sistema multigrado de educación, lo que significa que comparten y son atendidos, al mismo tiempo, por un único docente en detrimento de la calidad de su formación. Aunque el Ministerio de Educación (MEDUCA) ha contemplado programas con líneas de acción que incidan a reforzar el modelo pedagógico y administrativo de las escuelas para completar niveles de equidad y calidad en la educación, y lograr mejorar los ambientes de aprendizaje a fin de asegurar el éxito educativo de todos (Organización de las Naciones Unidad para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2014), todavía persisten grandes diferencias en las competencias y habilidades desarrolladas por estudiantes de escuelas multigrado cuando comparadas con los niños de escuelas de áreas urbanas, además el mayor porcentaje de reprobados y de deserción escolar se registra en el área rural y comarcal. Datos del Departamento de Estadística del MEDUCA, indican que casi el 8% de los estudiantes de educación primaria no aprueban o no continúan sus estudios primarios.

Por otro lado, de acuerdo a la Secretaria Nacional de Energía (SNE, 2014) en el país existe un déficit en la cobertura de electricidad del 10%, afectando principalmente a comunidades alejadas que no tienen acceso a este servicio básico, ni son considerados en los programas de electrificación por encontrarse distantes de la red eléctrica nacional. Se reconoce que en Panamá y en otras partes del mundo se han desarrollado proyectos promoviendo el uso de fuentes renovables de energía en comunidades con difícil acceso a la red eléctrica nacional (o a otras redes eléctricas), se encuentra por ejemplo, el programa Alemán/Holandés Energising Development (EnDev) que promueve el acceso sostenible a servicios energéticos modernos que satisfagan las necesidades de una población que no tiene poder adquisitivo para los servicios básicos (EnDev, s.f.). En Suramérica se puede mencionar a Ecuador que, a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, ha ejecutado proyectos para generar energía renovable de forma eficiente y sustentable aprovechando la diversificación de las fuentes de energía, la aplicación de tecnología limpia y la reducción de contaminación (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, s.f.). Sin embargo, este tipo de proyecto, en la mayoría de los casos, se enfoca en suministrar energía de forma continua y confiable, de esta forma, el impacto de la iniciativa se encuentra limitado al uso que le den a la energía generada, reduciendo de forma dramática las

huellas sociales que se puedan marcar positivamente en la comunidad para mejorar su desarrollo social, cultural y económico.

Kanagawa y Nakata (2008) dejan establecido la existencia de una relación entre el acceso a la electricidad en áreas rurales de países en vía de desarrollo con respecto al avance socio-económico y cultural de mencionadas áreas. La pobreza es identificada como el mayor obstáculo para el desarrollo sostenible de comunidades en zonas de difícil acceso, y no solo de países en vía de desarrollo sino también en países desarrollados. El crecimiento socioeconómico de comunidades rurales está ligado a la disponibilidad de servicios básicos como la electricidad, la cual tiene un impacto considerable en la educación, salud, ingresos y ambiente, entre otros. A través de la educación se puede combatir la pobreza, adicional la educación básica proporciona un retorno de la inversión bastante rápido; sin embargo, en la mayoría de las comunidades rurales la educación, es vista como una pérdida de tiempo y no como una inversión, lo que acaba aumentando los índices de la deserción escolar y de la pobreza de estas comunidades. La implementación de sistemas de energía en comunidades de este tipo ofrece la oportunidad de que se dicten clases en horas no productivas, en turnos nocturnos, dirigidas a adultos que deseen aprender. En general, disponer de un sistema de energía promueve el desarrollo cultural y la integración comunitaria mediante actividades sociales que únicamente son posibles gracias a la electricidad en las comunidades (Kanagawa y Nakata, 2008). Además, cuando instalados en escuelas rurales posibilitan la implementación de herramientas educativas que permiten la inclusión digital de los niños o jóvenes que acuden a la misma. En las áreas rurales generalmente, la escuela cumple una función social importante debido a que es el único espacio en el que se adquiere conocimiento e información (Augusto, 2014) y sirve como punto de encuentro para tratar asuntos comunitarios.

Diversos trabajos señalan que las tecnologías de información y comunicación (TIC) por si solas no garantizan la innovación en el aula de clases sino que, existen una serie de condiciones que propician una mejor integración de las TIC en las prácticas educativas; destacan por ejemplo, la importancia del enfoque pedagógico, la gestión de los directivos de las escuelas y principalmente la actitud y formación de los docentes que les permitan utilizar las TIC como herramientas que favorecen el aprendizaje (Berzosa, 2015; Moral, Villalustre y Neira, 2014; Muñoz-Repiso y Tejedor, 2010, Rodrigues, 2010). Siendo así, en un entorno adecuado las plataformas tecnológicas pueden revolucionar las metodologías educativas, debido a los elementos de hardware y software disponibles que promueven ambientes interactivos atractivos y adecuados en el proceso enseñanza-aprendizaje. Comúnmente este tipo de tecnología educativa integran el uso de herramientas Web y ambientes virtuales, con características propicias a la

interconexión, para el aprendizaje en línea, permitiendo que los estudiantes accedan en cualquier lugar y momento a los recursos y de igual forma, los centros educativos que no poseen medios económicos o físicos para soportar un laboratorio real pueden hacer uso de este recurso e incorporarlo en sus metodologías de enseñanza (Luengas, Guevara y Sánchez, 2009).

En Panamá las escuelas en el área rural y comarcal, en su mayoría, están distantes geográficamente de la cobertura ofrecida por empresas o centros de servicios de conectividad a Internet; mucho menos tienen infraestructura de laboratorios de informática; además, las familias de los estudiantes no cuentan con computadora en casa, por lo que, prácticamente es imposible el acceso a plataformas tecnológicas desarrolladas para que los estudiantes o docentes las incorporen en sus actividades. Estas condiciones revelan la gravedad de la exclusión digital que sufren los estudiantes de escuelas rurales y la necesidad de acercarlos a la experiencia de manejar herramientas tecnológicas que les permitan su desarrollo a través de la educación (Carvajal, 2008).

En virtud de la carencia de energías y herramientas tecnológicas en escuelas en áreas rurales, se concibió el Modelo didáctico e innovador para la enseñanza a través de una plataforma digital, y para su funcionamiento se necesitaba la participación de la comunidad, los docentes, estudiantes y de MEDUCA para en conjunto superar los retos de falta de electricidad y de conexión a internet que como se ha indicado, son prerrequisitos básicos para incorporar en la educación el uso de las TIC (UNESCO, 2014).

1.1 OBJETIVO

La investigación tuvo como objetivo desarrollar un modelo piloto a través de una plataforma digital, apoyada de un sistema generación eléctrica renovable en áreas de difícil acceso de la República de Panamá, con el propósito de promover una mejor calidad del proceso enseñanza-aprendizaje a través de las TIC con la participación primordial de la comunidad, docentes y estudiantes. La sinergia entre diferentes áreas y líneas de investigación que incluyen: Ingeniería Eléctrica, Mecánica, Industrial, Sistemas Computacionales, con la participación de expertos con especialidad en Energías Renovables, Gestión de Proyectos y Procesos Educativos fue primordial para el diseño e implementación de ambos sistemas (Sistema de Generación Eléctrica y Plataforma digital).

2 METODOLOGÍA

El estudio se basó en métodos estándares de investigación de casos (Sampieri, 2014; Yin, 2010; Stake, 1995), utilizando una combinación de análisis y recolección de datos cuantitativos y cualitativos para generar información suficiente que permitiera el desarrollo de una plataforma

educativa integrada con energías renovables acorde con la situación de la comunidad y escuela escogida. Esta investigación exploratoria incluyó revisión sistemática del estado del arte que ayudó a determinar el tipo de sistema de generación de energía (Sistema Híbrido) que se implementaría en la comunidad.

Se realizaron tres (3) giras de reconocimiento a comunidades rurales de difícil acceso con el fin de recolectar mediciones energéticas, para evaluar criterios tales como: distancia a la red eléctrica nacional; distancia a carreteras pavimentadas; carencia de servicios básicos (electricidad, agua potable, saneamiento); potencial eólico y fotovoltaico; y otras características de la comunidad. Basados en la evaluación de estos parámetros se seleccionó a la comunidad de Boca de Lurá para la instalación del Sistema de generación eléctrica y de la plataforma digital.

Una vez seleccionada la comunidad, se realizó el diseño y las pruebas en laboratorio para incorporar las dos diferentes tecnologías definidas en el desarrollo del proyecto (Sistema de Generación Eléctrica y Plataforma Digital). A través de modelado y simulación, con software tales como, Homer, RETScreen, Matlab y Simulink, se evaluó el desempeño del sistema energético en laboratorio. Se utilizaron como herramientas para la evaluación de la integridad del sistema de energía. Mientras que, para las mediciones de pruebas de consumo energético de la plataforma digital en laboratorio, se utilizó el software de uso libre Meter Utility v1.1, a través de un Medidor PM-2133 de ICP-DAS que representa las mediciones en tiempo real.

Se aplicaron pruebas a los estudiantes al inicio (diagnóstica) del proyecto y al final de para validar los avances logrados. Finalmente, se realizaron diferentes capacitaciones tanto a docentes, estudiantes, padres de familia y miembros de la comunidad, sobre el uso de la plataforma así como del mantenimiento del sistema de generación eléctrica.

3 RESULTADOS

3.1 SISTEMA HÍBRIDO DE GENERACIÓN ELÉCTRICO BASADO EN ENERGÍAS RENOVABLES

El sistema de generación eléctrico consta de un sistema fotovoltaico y un generador eólico, ambos conectados a un solo banco de baterías que es uno de los componentes de mayor inversión en el sistema. El uso de un sistema híbrido permite la optimización del banco de batería disminuyendo los costos por instalación del sistema (Tégani et al. 2014). Estos sistemas constan de los reguladores necesarios para que sean integrados sin ningún problema. Se evaluaron varias topologías existentes para el control de un sistema híbrido, y en este caso se escogió una cuya

característica principal era usar un bus común de banco de baterías para ambos sistemas, eólico y solar (Chaib, Achour y Kesraoui, 2015).

Los equipos del sistema están alojados en un cuarto eléctrico, ubicado en la parte exterior de la escuela. A continuación, se detalla cada subsistema que conforma el sistema de generación de energía.

3.1.1 SISTEMA EÓLICO

El generador eólico utilizado es una máquina trifásica de imanes permanentes, los cuales no necesitan circuitos de excitación y requieren un menor mantenimiento, además tiene bajas velocidades de arranque (Hamied y Amary, 2016). Para el diseño se tomaron las siguientes consideraciones eléctricas: cálculo correcto del dimensionamiento de los conductores; procurar que el empalmado fuera seguro; y que los conductores eléctricos no estuvieran sometidos a tensión al momento de levantar o bajar la torre.

Como medida de seguridad durante la instalación se pusieron en corto circuito las tres fases del generador, para evitar que las aspas del generador giraran durante el proceso. Para esta conexión se utilizaron conductores AWG calibre #8 y se realizó a través de una tubería subterránea hasta el cuarto eléctrico. La conexión de los tres conductores trifásicos se podía dar en cualquier orden, porque el controlador rectificaba la señal.

3.1.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Está conformado por un arreglo serie-paralelo de 6 paneles fotovoltaicos de 200W c/u. En el arreglo se conectaron 3 grupos en paralelo, cada grupo está conformado por 2 paneles en serie. Esta configuración se modeló en Homer con el fin de optimizar la generación de energía con respecto al componente eólico del sistema (Kumar et al. 2016).

Para las conexiones se utilizó cable que cumpliera con las siguientes especificaciones: calibre adecuado para la corriente máxima a manejar, cubierto para uso en exteriores y temperatura máxima de 90°C. Los paneles descansan sobre una estructura metálica, la cual también es utilizada para brindar la inclinación y orientación correctas a los paneles solares, logrando así maximizar la producción energética.

3.1.3 CUARTO ELÉCTRICO

Es el lugar donde se alojó de forma segura todos los componentes de control, protección, adecuación de señal y almacenamiento de energía del sistema de generación eléctrica. Los componentes ubicados dentro del cuarto eléctrico son: 10 baterías selladas de 12V/100Ah, 1

inversor 24V/1500W, un regulador fotovoltaico de carga, un controlador para el generador eólico, tres interruptores DC, 20 A, 3 interruptores DC, 150 A y 2 interruptores AC, 60 A.

Figura 1 - Sistema de generación eléctrica instalado en la escuela



Fuente: Imágenes tomadas *in situ*.

3.1.4 Prueba de funcionamiento

En la tabla 1 se presentan los datos recolectados y los cálculos a partir de dicha información para verificar el correcto funcionamiento del sistema de generación (Mogollón y Melgar, 2010).

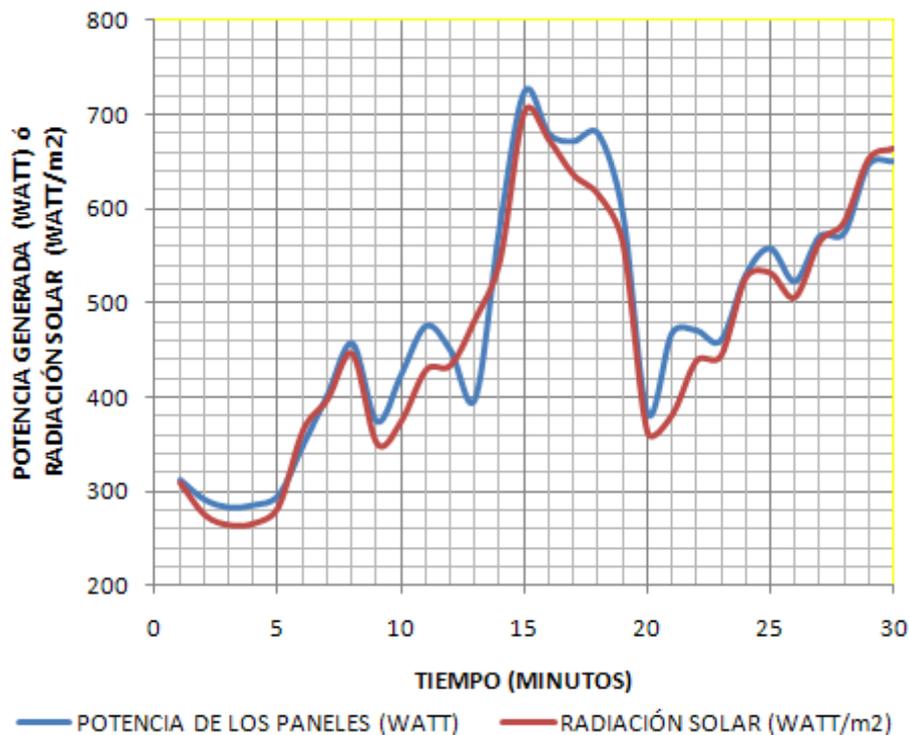
En la tabla 1 se observa que la corriente proveniente del sistema eólico fue cero durante todo el tiempo de recolección de datos. Esto se debe a que en el momento de la prueba las cargas no estaban conectadas en su totalidad lo que provocó que el sistema de control no activara el generador eólico y toda la energía fuera suplida por el sistema fotovoltaico. Otro dato importante es la eficiencia de los paneles fotovoltaicos: la eficiencia promedio estuvo alrededor del 11%, siendo éste un valor aceptable considerando que los paneles fotovoltaicos actuales tienen eficiencias máximas entre 20 y 25% en condiciones óptimas (25°C, 1000 W/m²). Esta eficiencia medida incluye las pérdidas por el cable y las del regulador fotovoltaico. En la Figura 2 se demuestra que la potencia entregada por los paneles fotovoltaicos da seguimiento a la potencia solar (potencia de entrada), esto sirve para verificar el correcto funcionamiento de los paneles fotovoltaicos y la velocidad de respuesta de los mismos.

Tabla 1 – Datos Recolectados

| EMPO (MINUTOS) | DATOS LEIDOS | | | | | DATOS CALCULADOS | | | |
|----------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| | BATERÍA | EÓLICO | FOTOVOLTAICO | INVERSOR | RADIACIÓN | PANELES FOTOVOLTAICOS | INVERSOR | POTENCIA SOLAR | EFICIENCIA DEL PANEL |
| # | V _{DC} (V) | I _{DC} (AMP) | I _{DC} (AMP) | I _{DC} (AMP) | W/m ² | P _P (WATT) | P _I (WATT) | P _S (WATT) | % |
| 1 | 26.30 | 0.00 | 11.90 | 5.50 | 308.00 | 312.97 | 144.65 | 2744.28 | 11.40 |
| 2 | 26.30 | 0.00 | 11.10 | 5.60 | 274.00 | 291.93 | 147.28 | 2441.34 | 11.96 |
| 3 | 26.27 | 0.00 | 10.80 | 5.60 | 263.30 | 283.72 | 147.11 | 2346.00 | 12.09 |
| 4 | 26.27 | 0.00 | 10.90 | 6.20 | 265.00 | 286.34 | 162.87 | 2361.15 | 12.13 |
| 5 | 26.27 | 0.00 | 11.30 | 5.50 | 282.80 | 296.85 | 144.49 | 2519.75 | 11.78 |
| 6 | 26.30 | 0.00 | 13.30 | 6.10 | 364.00 | 349.79 | 160.43 | 3243.24 | 10.79 |
| 7 | 26.37 | 0.00 | 15.30 | 5.90 | 397.00 | 403.46 | 155.58 | 3537.27 | 11.41 |
| 8 | 26.42 | 0.00 | 17.32 | 5.80 | 445.00 | 457.59 | 153.24 | 3964.95 | 11.54 |
| 9 | 26.40 | 0.00 | 14.20 | 5.80 | 350.00 | 374.88 | 153.12 | 3118.50 | 12.02 |
| 10 | 26.42 | 0.00 | 16.10 | 5.70 | 374.00 | 425.36 | 150.59 | 3332.34 | 12.76 |
| 11 | 26.47 | 0.00 | 18.00 | 6.00 | 428.00 | 476.46 | 158.82 | 3813.48 | 12.49 |
| 12 | 26.47 | 0.00 | 17.00 | 5.40 | 433.00 | 449.99 | 142.94 | 3858.03 | 11.66 |
| 13 | 26.44 | 0.00 | 15.10 | 5.70 | 482.00 | 399.24 | 150.71 | 4294.62 | 9.30 |
| 14 | 26.50 | 0.00 | 22.00 | 6.00 | 544.00 | 583.00 | 159.00 | 4847.04 | 12.03 |
| 15 | 26.66 | 0.00 | 27.20 | 5.30 | 702.00 | 725.15 | 141.30 | 6254.82 | 11.59 |
| 16 | 26.67 | 0.00 | 25.50 | 5.70 | 672.00 | 680.09 | 152.02 | 5987.52 | 11.36 |
| 17 | 26.68 | 0.00 | 25.20 | 5.50 | 635.00 | 672.34 | 146.74 | 5657.85 | 11.88 |
| 18 | 26.68 | 0.00 | 25.50 | 5.70 | 614.00 | 680.34 | 152.08 | 5470.74 | 12.44 |
| 19 | 26.60 | 0.00 | 22.40 | 5.50 | 563.00 | 595.84 | 146.30 | 5016.33 | 11.88 |
| 20 | 26.49 | 0.00 | 14.50 | 5.40 | 362.00 | 384.11 | 143.05 | 3225.42 | 11.91 |
| 21 | 26.50 | 0.00 | 17.70 | 5.80 | 380.00 | 469.05 | 153.70 | 3385.80 | 13.85 |
| 22 | 26.49 | 0.00 | 17.80 | 5.70 | 438.00 | 471.52 | 150.99 | 3902.58 | 12.08 |
| 23 | 26.51 | 0.00 | 17.40 | 5.20 | 443.00 | 461.27 | 137.85 | 3947.13 | 11.69 |
| 24 | 26.55 | 0.00 | 20.00 | 5.70 | 526.00 | 531.00 | 151.34 | 4686.66 | 11.33 |
| 25 | 26.60 | 0.00 | 21.00 | 5.60 | 531.00 | 558.60 | 148.96 | 4731.21 | 11.81 |
| 26 | 26.58 | 0.00 | 19.70 | 7.30 | 505.00 | 523.63 | 194.03 | 4499.55 | 11.64 |
| 27 | 26.59 | 0.00 | 21.50 | 7.00 | 564.00 | 571.69 | 186.13 | 5025.24 | 11.38 |
| 28 | 26.61 | 0.00 | 21.60 | 7.10 | 585.00 | 574.78 | 188.93 | 5212.35 | 11.03 |
| 29 | 26.65 | 0.00 | 24.30 | 6.80 | 652.00 | 647.60 | 181.22 | 5809.32 | 11.15 |
| 30 | 26.68 | 0.00 | 24.40 | 6.80 | 663.00 | 650.99 | 181.42 | 5907.33 | 11.02 |

Fuente: Recolección de datos *in situ*.

Figura 2 – Radiación solar y potencia de los paneles



Fuente: Gráficos generados con datos recolectados.

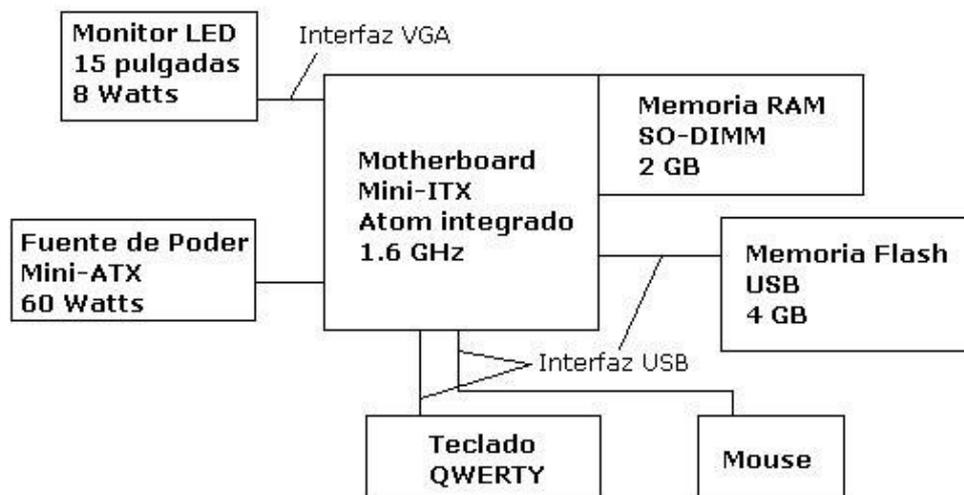
3.2 PLATAFORMA DIGITAL

La plataforma está conformada por ocho computadoras conectadas entre sí y una impresora. Las computadoras cuentan con elementos de hardware básicos y necesarios para ejecutar los programas educativos, con el objetivo de procurar el menor consumo energético posible y de esta forma maximizar el tiempo de disponibilidad de la computadora y utilizar de forma responsable el sistema de generación eléctrica instalado en la escuela. Algunas de las principales consideraciones para la definición de los elementos de la plataforma digital fueron:

- Evitar el desgaste de los componentes y lograr una mayor durabilidad de los equipos, para lo cual era necesario considerar en el diseño que abanicos y disco duro con cabezas de lectura/escritura no se movieran al operar.
- Bajo consumo energético de la plataforma, para su efectivo funcionamiento con la energía proporcionada por el sistema de generación eléctrica instalado en la escuela. Debido a esto, se eligieron componentes de poco consumo de energía, tales como monitores LED, con un consumo aproximado de 15W.
- Facilidad de transporte y mantenimiento, debido a que la escuela es de difícil acceso en cualquier época del año, se usaron componentes de tamaño pequeño que facilitarían el ensamblado y transporte.

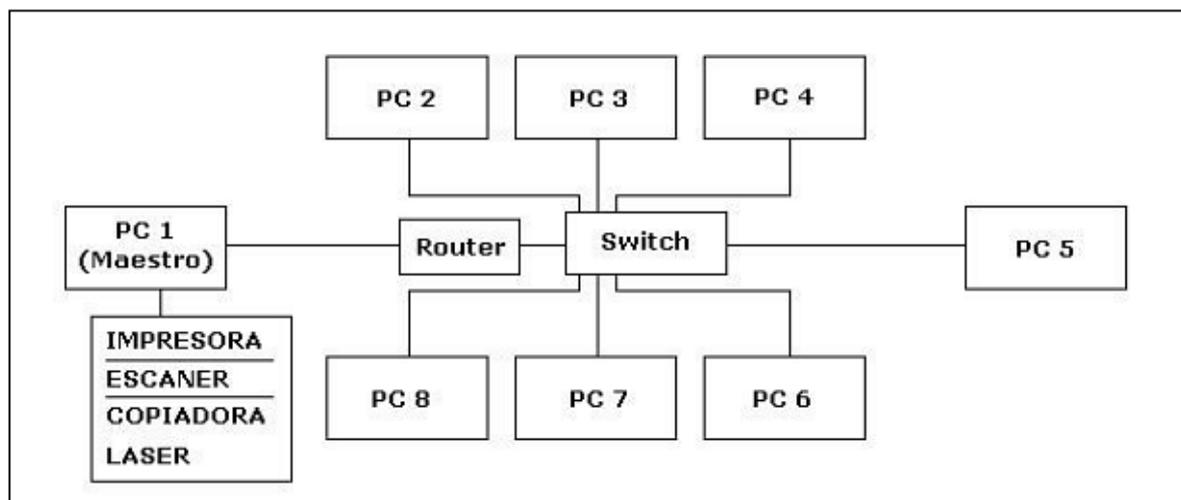
Los diagramas de los diseños de la plataforma digital instalados en la escuela se muestran en las figuras 3 y 4:

Figura 3 – Diagrama de bloque de los componentes de la plataforma digital



Fuente: Him, Sarmiento y Martez, (2014).

Figura 4 – Diagrama de Conexión de red de la plataforma digital



Fuente: Him *et al.* (2014).

El sistema operativo es software libre (GNU/Linux) así como, las aplicaciones de productividad (procesador de texto, hoja de cálculo, etc., tipo Open Office). Los contenidos desarrollados (organizados por temas) son extensos y suficientes para compensar el hecho de que no se tiene acceso al Internet, sin embargo, los mecanismos de búsqueda y acceso a los mismos simulan los utilizados cuando se tiene conexión a Internet para que los estudiantes obtengan la

misma experiencia que se tiene al navegar sitios web. La programación Web de la plataforma utiliza PHP, HTML, Java Script, JQuery y CSS, con la Base de Datos en MySQL. En la figura 5 se puede observar una imagen de la página principal de la plataforma.

Figura 5 – Pantalla Inicial de la plataforma digital



Fuente: DELGADO *et al.* (2013).

Los módulos y programas instalados en las computadoras fueron seleccionados e implementados de acuerdo con el programa de estudios de educación primaria del MEDUCA. Los contenidos contienen lecturas, imágenes, videos, juegos, prácticas y exámenes. En el caso de los juegos y prácticas, se utilizaron tantos applets gratuitos recolectados a través de Internet y los desarrollados por el grupo de investigación (ver figura 6), teniendo en consideración que debían adaptarse a los intereses y contenidos de las asignaturas para que los maestros contaran con un recurso didáctico atractivo en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Los módulos y programas instalados se tomaron como referencia para el desarrollo de las pruebas diagnóstica y de evaluación abarcando los temas más importantes: español, matemáticas, ciencias naturales y ciencias sociales, y “fueron aplicadas a los dos grupos de estudiantes, el Grupo A (estudiantes de cuarto, quinto y sexto grado) y el Grupo B (estudiantes de primer, segundo y tercer grado) con una serie de preguntas de análisis y comprensión relacionados al temario del contenido primario con el objetivo principal de conocer el nivel académico de los niños de la escuela antes y posterior al uso de la herramienta computacional para que sirviera como indicador del conocimiento y desempeño de los estudiantes” (Him et al., 2014). El resultado de la prueba diagnóstica se comparó con los resultados de las evaluaciones, luego de seis (6) meses de uso del sistema computacional (ver figura 7).

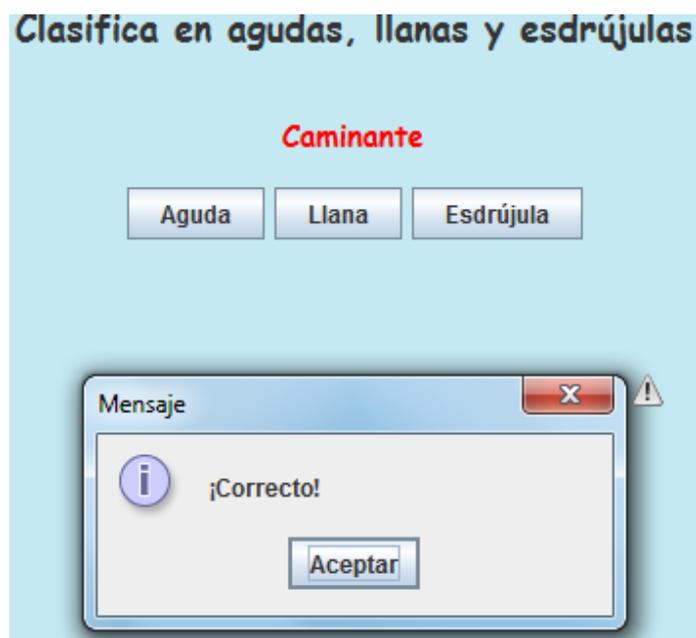
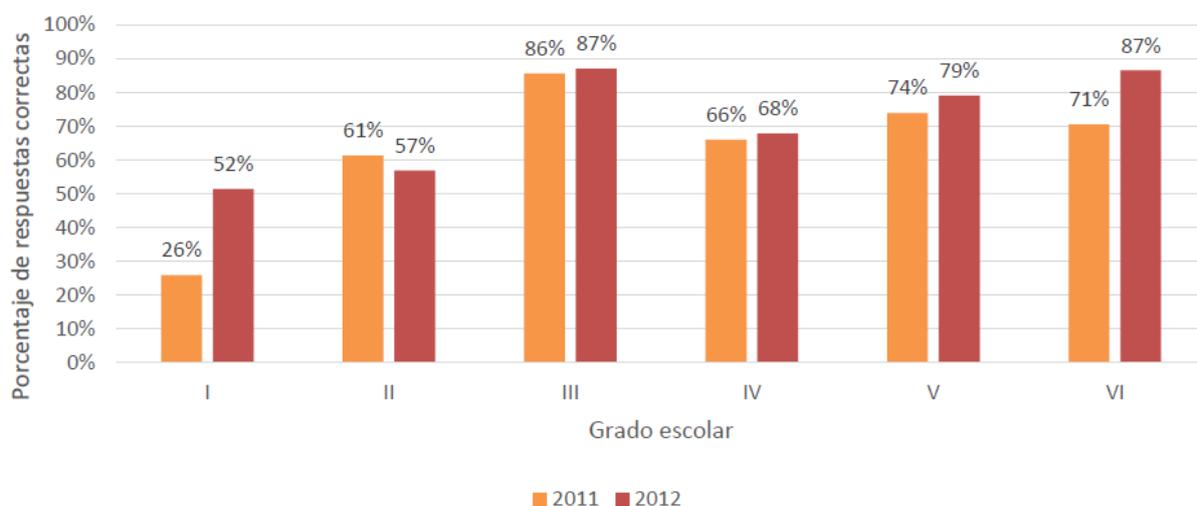
Figura 6 – *Applet*: La acentuaciónFuente: DELGADO *et al.* (2013).

Figura 7 – Comparación de las pruebas diagnóstica y de evaluación

Fuente: DELGADO *et al.* (2013).

El sistema automatizado cumple con las siguientes funciones:

- Administrar registros de cada estudiante y de las calificaciones obtenidas en un tema específico
- Permite al docente habilitar un tema según su programación, realizar consultas y llevar reportes estadísticos del rendimiento académico de los estudiantes y administrar recursos de la escuela

- Ofrece a los estudiantes experiencias tipo internet, como buscadores y páginas de información, de forma divertida y fácil de manipular

3.3 INNOVACIÓN SOCIAL Y SOSTENIBILIDAD

El diseño de la plataforma web tomó en cuenta la problemática social identificada en la escuela de Boca de Lurá y que se vive en la mayoría de las escuelas rurales de nuestro país a saber: los estudiantes que se gradúan de esta escuela o de otras escuelas rurales y continúan sus estudios, suelen tener problemas para adaptarse ya que, no conocen ni manejan herramientas como el internet, quedándose rezagados y hasta desertando de los estudios. Por otro lado, había solo dos docentes asignados para atender a niños de diferentes grados y edades en un mismo grupo, los cuales acaban recibiendo la misma clase, a veces muy avanzada o por el contrario muy atrasada para otros; otra de las dificultades era la falta de funcionarios en la escuela por lo que uno de los docentes desempeñaba funciones de director y debido a que la escuela era utilizada como centro de distribución o acopio de libros y alimentos para los estudiantes de otras escuelas cercanas, esto algunas veces consumía el 100% de su tiempo, por lo que dejaba a sus estudiantes (del grupo A) sin su clase diaria, lo que sin dudas afectaba gravemente su aprendizaje. Siendo así, el diseño de la plataforma incorporó los requisitos para el sistema y características adicionales que sirvieran de apoyo para superar las dificultades considerando las condiciones de la escuela, docentes, alumnos y de la comunidad.

Madriz, Brucea y Watt (2018) proponen el desarrollo de estructuras sociales, en el área de implementación de proyectos de energía renovable, con el fin de garantizar las sostenibilidad del mismo. Mencionan que estas estructuras sociales, conformadas por los líderes comunitarios, estarían en la capacidad de coordinar el mantenimiento con apoyo técnico y no técnico en tareas durante la operación del sistema. Por otro lado, sería la estructura fundamental para la integración de la comunidad y brindarles un sentido de pertenencia sobre el proyecto. En el caso particular de la escuela de Boca de Lurá, más de 20 miembros de la comunidad participaron tanto en la instalación del sistema de generación de energía como en las dos capacitaciones sobre identificación de problemas y de mantenimiento preventivo garantizando la apropiación del sistema y el uso correcto de la energía generada.

El sistema híbrido (eólico-solar) utilizado para la generación eléctrica de la escuela en esta comunidad aporta para la sostenibilidad ya que, no dependen de un solo sistema y además la energía generada en la escuela, que inicialmente tenía como finalidad alimentar salones y áreas comunes (luces y salidas – para realizar reuniones y capacitaciones) así como alimentar la plataforma digital (computadoras, impresoras, proyectores, televisor), conforme el modelo fue

implementado sirvió para que la comunidad identificara la posibilidad de generación de ingresos (con la elaboración de subproductos para la venta); y de recreación (realización de eventos culturales y de esparcimiento para la comunidad).

La sostenibilidad del modelo se sustenta en el sentido de pertenencia de los habitantes de la comunidad y de los docentes con respecto al proyecto al percibir que el mismo:

- Proporciona un espacio para realizar reuniones con el fin de discutir problemáticas de la comunidad y decidir cómo resolverlos. Estas reuniones se pueden llevar de forma nocturna (permitiendo mayor participación), además es posible utilizar equipos audiovisuales para facilitar las mismas
- Ofrece a niños de la escuela la oportunidad de familiarizarse con herramientas y contenidos interesantes disponibles en la plataforma digital (realidad distante sin energía). La plataforma integra los planes de estudios, pero además tiene herramientas que dan soporte a otras actividades de los maestros y es sostenible debido a la reducción de costos de mantenimiento, a su bajo consumo energético y a la utilización de *software* libre.
- Ayuda a generar de forma directa ingresos a partir de productos elaborados y conservados utilizando la energía eléctrica que disponen.

4 CONSIDERACIONES FINALES

Conforme a lo antes señalado el aprovechamiento del sistema ha transformado a la comunidad ofreciendo un espacio para el desarrollo educativo y cultural que promovió la integración comunitaria, al compartir actividades de recreación y colaboración para concebir e implementar emprendimientos económicos sostenibles, confirmando lo mencionado por Kanagawa y Nakata, (2008). La información proporcionada durante las capacitaciones concientizó a la comunidad sobre la importancia de los cuidados y mantenimiento de los equipos como parte esencial para garantizar la sostenibilidad del sistema. Líderes comunitarios están en la capacidad de coordinar las actividades operativas relacionadas con el sistema, lo cual provee una base para la integración de la comunidad y brindarles un sentido de pertenencia sobre el sistema Madriz et al. (2017).

Los resultados de las pruebas diagnósticas y de evaluación validan que el uso de la herramienta produjo cambios significativos en el rendimiento de los estudiantes logrando avances en sus conocimientos en las áreas cubiertas (Español, Matemática, Ciencias Sociales, Ciencias Naturales).

Con el proyecto se ha logrado beneficios positivos y relevantes en la escuela de Boca de Lurá, porque ha proporcionado a los estudiantes la posibilidad de utilizar herramientas

tecnológicas a las que nunca hubieran accedido por carecer de infraestructura básica, generando mejoras en su motivación, participación e interés en descubrir nuevos temas similar a los resultados presentados por García y Pacheco (2013) con la plataforma para fortalecer el aprendizaje de las matemáticas.

Es primordial que la plataforma que se implemente genere funcionalidades que beneficien tanto a los docentes como a los estudiantes en el proceso enseñanza-aprendizaje, considerando las características de la comunidad con el fin de aliviar problemáticas en el sistema educativo. En este mismo sentido, podemos destacar que el sistema cumple con un requisito muy importante, y es la inclusión de los niños de esta comunidad a nuevos modelos pedagógicos a través de las herramientas tecnológicas. Además, se contribuye al fortalecimiento de la educación en comunidades rurales con el mejoramiento de las competencias de los niños.

Adicionalmente, la plataforma puede ser utilizada por el docente para manejar de forma eficiente los grupos multigrados que le fueron asignados reduciendo las dificultades que esto representa. La herramienta constituye un elemento de relevancia dentro de su planificación diaria, pues con su apropiación puede cumplir con los objetivos generales, estrategias didácticas y resultados de aprendizajes de las diferentes asignaturas.

Si la plataforma digital, se implementa en otras escuelas rurales de nuestro país, el docente tendrá la posibilidad de registrar los adelantos de cada alumno, dejando esta información a un próximo docente, notificándole incluso sobre la situación social, económica y educativa de cada estudiante, facilitando la adaptación del docente a su nuevo entorno educativo y la programación académica acorde con las necesidades de los niños de comunidades rurales. En el trabajo de Salinas y Sánchez (2009) se destaca precisamente que los docentes juegan un papel importante como promotores del aprendizaje de las TIC en comunidades rurales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento, y confianza depositada en el equipo de investigadores, a la Secretaría Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá.

REFERÊNCIAS

Augusto, K.P. (2014). *As tics na educação do campo: uma análise da situação do estado do Rio de Janeiro* (tesis doctoral, Universidad de Coimbra, Minas Gerais, Brasil). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10316/25041>

- Berzosa, R. I. (2015). *Las TIC en la escuela: una propuesta de integración desde la investigación-acción* (tesis doctoral, Universidad de Valladolid, Segovia, España). Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/854/1/TESIS121-111014.pdf>
- Carvajal J., V. (2008). La implementación de TICs desde la pedagogía rural. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 31, 163-177. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11441/45652>
- Chaib, A., Achour, D., Kesraoui, M., (2015). Control of a Solar PV/wind hybrid energy system. *Energy Procedia*, 95, 89–97. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216306671>
- Contraloría General de la República de Panamá. (s.f.). *Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)*. Recuperado de http://www.contraloria.gob.pa/INEC/busqueda/default.aspx?ID_PROVINCIA=01
- Delgado, A.; Him, M.; Sarmiento, Y.; Martez, N.; (2013). Sistema de Cómputo Escuela Boca de Lurá. Universidad Tecnológica de Panamá, No. Proyecto APR-I-P006, Informe no publicado. EnDev. (s.f.). *Energising Development*. Recuperado de http://endev.info/content/Main_Page
- García, I., Pacheco, C. (2013). A constructivist computational platform to support mathematics education in elementary school. *Computers & Education*, 66, 25-39. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013151300033X>
- Hamied, M., Amary, N., (2016). Permanent Magnet Synchronous Generator Stability Analysis and Control. *Procedia Computer Science*, 95, 507–515. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916325017>
- Him, M; Martez, N; Sarmiento, Y., (2014). Implementación de un Sistema de Cómputo de bajo costo y bajo consumo energético para estudiantes de áreas rurales. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*. Recuperado de <http://www.oei.es/historico/congreso2014/21memorias2014.php>
- Instituto de Estadística. (2013). *USO DE TIC EN EDUCACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: Análisis regional de la integración de las TIC en la educación y de la aptitud digital (e-readiness)*. UNESCO. Canada: UNESCO-UIS. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002193/219369s.pdf>
- Janoher, X. B., Herbera, X. J., Novell, M. (2003). *Applets en la enseñanza de la Física. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(3), 463. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/21951/21785>
- Kanagawa, M., & Nakata, T. (2008). Assessment of access to electricity and the socio-economic impacts in rural areas of developing countries. *Energy Policy*, 36(6), 2016-2029. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508000608>

Kumar, P., Pukale, R., Kumabhar, N., Patil, U., (2016). Optimal Design Configuration Using HOMER. *Procedia Technology*, 24, 499–504. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212017316301748>

Luengas, L., Guevara, J., & Sánchez, G. (2009). ¿Cómo desarrollar un laboratorio virtual? Metodología de diseño. *Nuevas Ideas e Informática Educativa*, 165-170. Recuperado de <http://www.tise.cl/volumen5/TISE2009/Documento20.pdf>

Madriz, R., Bruce, A., Watt, M., (2017). The future of community renewable energy for electricity access in rural Central America. *Energy Research & Social Science*. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629617303432>

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (s.f.). *Proyectos de Generación Eléctrica*. Recuperado de <http://www.energia.gob.ec/proyectosemblematicos-2/>

Mogollón, L.; Melgar, O. (2011). Realización de la segunda prueba de funcionamiento del sistema híbrido de generación eléctrica, enfocada principalmente a mostrar de manera efectiva y real los resultados del proyecto. Universidad Tecnológica de Panamá, No. Proyecto FID09-113, Informe no publicado.

Moral Pérez, M. E. D., Villalustre Martínez, L., y Neira Piñeiro, M. D. R. (2014). Oportunidades de las TIC para la innovación educativa en las escuelas rurales de Asturias. *Aula Abierta*, 42 (1), 61-67. Recuperado de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0210277314700101>

Muñoz-Repiso, A. G. V. y Tejedor, F. J. T. (2010). Evaluación de procesos de innovación escolar basados en el uso de las TIC desarrollados en la Comunidad de Castilla y León Evaluation of school innovation processes based on ICT development in the Comunidad de Castilla y León. *Revista de Educación*, 352, 125-147. Recuperado de

http://www.revistaeducacion.educacion.es/re352/re352_06.pdf

Rodrigues, M. D. R. (2010). As Tecnologias de Informação e Comunicação e a escola em meio rural. *Medi@ções: Revista Online da Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Setúbal*, 1, 88-102. Recuperado de

http://mediacoes.es.eip.pt/index.php/mediacoesonline/article/view/29/pdf_11

Salinas, Á., Sánchez, J. (2009). La superación de la brecha digital en las escuelas rurales de Chile. *Proc. XIV Taller Internacional de Software Educativo (TISE)*, 157-164. Recuperado de: http://www.tise.cl/2009/tise_2009/pdf/19.pdf

Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación.

Secretaría Nacional de Energía (SNE). (2014). *Plan Energético Nacional 2015-2050: Panamá, el futuro que queremos*. Recuperado de Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Sage.

<http://www.energia.gob.pa/tmp/file/277/plan%20energetico%20nacional%20edicion%20ira%200-julio%202016.pdf>

Tégani, I., Aboubou, A., Ayad, M.Y., Becherif, M., Saadi, R., Kraa, O., (2014). Optimal sizing design and energy management of stand-alone photovoltaic/wind generator systems. *Energy Procedia*, 50, 163–170. Recuperado de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214007565>

UNESCO. (2014). *Revisión Nacional 2015 de la Educación para todos (EPT)*.

Recuperado de:

<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002300/230035S.pdf>

UNICEF. (2013). *Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia*. Recuperado de:

<https://www.unicef.org/panama/spanish/Ninez-segun-censo-web.pdf>

Yin, R. K. (2011). *Applications of Case Study Research*. Sage.