



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global

INNOVACIÓN EN INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS ECOSOSTENIBLES

Juan Carlos Cruz Ardila, Juan Carlos Cardona Gómez, Diego Mauricio Hernández Porras

Universidad de San Buenaventura
Cali, Colombia

Resumen

En la Universidad San Buenaventura Cali, los grupos de investigación *Bioteología*, *Laboratorio de Electrónica Aplicada (LEA)* y *Arquitectura, Urbanismo y Estética*, están desarrollando conjuntamente el proyecto de investigación denominado: *Construcción de un prototipo para una casa de carácter sostenible*. La investigación indaga acerca de un diseño de vivienda sostenible y responsable ambientalmente, uso de materiales con propiedades biodegradables, dispositivos electrónicos para el ahorro energético, reutilización de aguas grises y protección patrimonial de una vivienda para el sector rural. La metodología de la investigación se ha basado en la revisión del estado del arte del diseño de viviendas sostenibles para familias de recursos moderados, la identificación y caracterización de materiales ecológicamente benéficos, la adaptación técnica y económica de productos y dispositivos de ahorro. Una vez evaluados los requerimientos técnicos y económicos, se pretende desarrollar la construcción de un prototipo de vivienda diseñada a escala 1:30, acompañado de la correspondiente sustentación teórica de lo constructivo, los planos para el proyecto real y la documentación que sustente su construcción.

Como desarrollo parcial del proyecto, desde la ingeniería electrónica se ha implementado un tablero portátil didáctico donde los estudiantes de arquitectura pueden experimentar en laboratorio, el trabajo con una fuente de energía renovable, la solar. Este tablero consta de puntos de conexión desmontables donde se insertan bombillos, con sus respectivos interruptores. Adicionalmente, el sistema contiene una transferencia electrónica de potencia eléctrica, un regulador y un rectificador. También dispone de instrumentos de medición de potencia eléctrica, tensión y corriente. La innovación de este trabajo radica en que se suprime el inversor de energía CD-AC, que constituye un elemento costoso dentro de las aplicaciones de energía fotovoltaica. Además, el diseño electrónico de la transferencia permite que la energía convencional de la red eléctrica (AC) opere, cuando exista deficiencia de iluminación solar o se presente algún problema con el sistema fotovoltaico.

Este trabajo interdisciplinario destaca la importancia de una estrecha relación simbiótica entre la ingeniería y la arquitectura en el diseño e implementación de las casas sostenibles, donde la eficiencia del agua y de la energía se convierte en esencial para conservar los recursos naturales.

Se destaca del trabajo interdisciplinario, una labor simbiótica entre la ingeniería y la arquitectura, que se orienta a lograr la construcción de viviendas sostenibles con eficiencia energética y el uso eficiente del agua para conservar los recursos naturales.

Palabras clave: sostenibilidad; energía fotovoltaica; transferencia electrónica de potencia

Abstract

Research groups (“Biotechnology”, “Applied Electronics” and “Architecture, Planning and Aesthetics”) belonging to San Buenaventura University, in Cali, are working in a research project entitled: Building a sustainable house prototype. Topics such as the design of sustainable and environmentally friendly houses, application of biodegradable materials, implementation of energy efficient electronic devices, reusing greywater and the protection of the heritage, all these focused in a house for the rural sector, are studied in this work. The methodology are based on the state-of-the-art study related with the design of sustainable houses for moderate income families, the identification and characterization of eco-friendly materials, and the technical and economic adaptation of energy saving devices. The project aims to develop the construction of a housing prototype on a 1:30 scale, including all the corresponding theoretical support and the plans for the real project on a 1:1 scale.

As a partial result, a portable didactic board was implemented by the “Applied Electronics” research group, which will allow architecture students to get experience working with renewable energy resources, such as solar. This board consists of detachable connection points where lamps (light bulbs) are inserted with their respective switches. In addition, the system contains a power transfer system with an electronic transfer switch, a regulator and a rectifier. It also has power, voltage and current measuring instruments. As innovation, the DC-AC inverter, which is an expensive item in photovoltaic applications, was eliminated in this proposed didactic board. Furthermore, power transfer from the electrical network (AC), when there is sunlight deficiency or there is a problem with the photovoltaic system, is allowed by the electronic system.

This interdisciplinary work highlights the importance of a strong symbiotic relationship between engineering and architecture during the design and implementation of sustainable houses, where water- and-energy efficiency becomes essential to conserve natural resources.

Keywords: sustainability, photovoltaics: power electronic transfer

1. Introducción

Actualmente los cambios climáticos, las tendencias por el cuidado ambiental y las construcciones sustentables, han dinamizado varios grupos de investigación que apuntan a alcanzar desarrollos que estén en consonancia con los temas mencionados. Camila Gramkow (2011) en uno de sus documentos plantea que “*Las cuestiones ambientales han sido crecientemente incorporadas a la agenda científica de los más diversos campos del conocimiento y a las agendas políticas locales, nacionales, regionales y globales. Su ascendente relevancia tiene origen en la comprensión cada vez más difundida de que la sostenibilidad ambiental es imprescindible para el desarrollo de largo plazo de las sociedades*”. En este orden de ideas, el trabajo que aquí se presenta es un aporte de carácter multidisciplinar al diseño y construcción de viviendas

sustentables. Busca poner en evidencia los desarrollos desde la arquitectura, la ingeniería de materiales y la electrónica.

La metodología se desarrolló a partir del planteamiento de tres aspectos alrededor del tema de sostenibilidad: Arquitectura, materiales de construcción y la electrónica. De esta manera se realizaron reuniones de elaboración colectiva de conocimiento, donde se construyeron consensos alrededor de los aspectos planteados y se tomaron decisiones que impactaron el diseño arquitectónico de la vivienda, la elaboración de tejas y bloques y la implementación de sistemas automáticos para regular el consumo de energía eléctrica, la reutilización de agua y la protección del patrimonio.

Como un desarrollo parcial del trabajo investigativo, se muestra el diseño de un sistema de transferencia electrónico de potencia eléctrica para lograr que la vivienda se ilumine con bombillas de corriente directa a partir de energía fotovoltaica. La transferencia permite que el usuario no se quede sin servicio, en caso que el sistema fotovoltaico pierda eficiencia (por cuestiones climáticas o fallas) y deje de operar normalmente, permitiendo que la red eléctrica convencional opere provisionalmente, mientras entra nuevamente en funcionamiento el panel solar. Este desarrollo se implementó en un tablero didáctico para que los estudiantes de arquitectura realizaran prácticas de conexiones eléctricas y análisis de suministro de energía de tipo fotovoltaico. Al final, se muestran algunos resultados y las conclusiones del trabajo desarrollado hasta el momento.

2. Metodología de trabajo

Se elaboró un estado del arte, en el que fue posible identificar tendencias sobre la construcción sostenible, la aplicación de materiales, sistemas electrónicos para el control de la energía en viviendas y las necesidades de la población del sector rural de la ciudad de Jamundí. Luego, se organizaron espacios de participación para que estudiantes y docentes, desde las tres disciplinas, aportaran y generaran interrogantes, que se transformaron en tres aspectos que fueron resueltos con el desarrollo de la investigación.

2.1 Primer Aspecto: Arquitectura sostenible

Para hablar de Arquitectura Sostenible fue necesario revisar el concepto de Sostenibilidad, el cual trata del desarrollo que satisface las necesidades presentes sin crear problemas medioambientales y sin comprometer la demanda de las generaciones futuras. De esta manera, la Arquitectura Sostenible reflexiona sobre el impacto ambiental de todos los procesos implicados en una vivienda desde los materiales de fabricación (obtención que no produzca desechos tóxicos y no consuma mucha energía), las técnicas de construcción que supongan un mínimo deterioro ambiental, la ubicación de la vivienda y su impacto con el entorno, el consumo de energía de la misma y su impacto, y el reciclado de los materiales cuando la casa ha cumplido su función y se derriba (Wadel Raina, 2009).

Se adoptaron los cinco pilares básicos de la arquitectura sostenible:

- El ecosistema sobre el que se asienta.
- Los sistemas energéticos que fomentan el ahorro
- Los materiales de construcción
- El reciclaje y la reutilización de los residuos
- La movilidad

Se tuvieron en cuenta las siguientes pautas para definir la Arquitectura Sostenible aplicada a la construcción de la vivienda (Salazar Mañas, 2011):

- Adoptar nuevas normativas urbanísticas con el objeto de lograr una construcción sostenible (esto incidió en la forma de la vivienda).
- Aumentar el aislamiento, sin descuidar su "transpirabilidad".
- Establecer ventilación cruzada, de manera que el aire circule naturalmente en la mayor parte de las habitaciones.
- Orientación, buscando aprovechamiento del calor y la luminosidad proveniente del sol.
- Aumentar la inercia térmica.
- Favorecer la recuperación, reutilización y reciclaje de los materiales de construcción utilizados.
- Favorecer la prefabricación y la industrialización de los componentes de la vivienda.
- Disminuir al máximo los residuos generados en la construcción.
- Integración de las fuentes de energías alternativas.
- Diseñar la vivienda de tal modo que consuma la menor energía posible durante su utilización (diseño bioclimático, correcta ventilación e iluminación natural, facilidad de acceso, reducción de recorridos, fácil intercomunicación entre personas, etc.)
- Diseñar la vivienda pensando que su construcción demande materiales que se hayan fabricado con el menor gasto energético posible; buscando la mayor eficacia durante el proceso constructivo; evitando al máximo el transporte de personal y de materiales; estableciendo estrategias de prefabricación e industrialización.

2.2 Segundo aspecto: Materiales sostenible

Inicialmente, la investigación de materiales sustentables inició con la identificación y caracterización de materias primas que estuvieran en consonancia con construcciones sostenibles. Se inició evaluando las características físico-químicas de los residuos industriales, luego se procesaron las materias primas con los procesos de fabricación de tres productos: tejas y bloques termo-acústicos y panel translucido.

En el proceso de transformación de bloques se usó un 45% de subproductos, tales como: cemento sostenible (residuos cenizas del sector azucarero) y adiciones (residuos de escoria de la empresa Metalúrgica). Los resultados arrojaron: una insonorización del 22%, un aislamiento térmico del 12%, una reducción del 25% de cemento portland comercial. Los resultados ambientales fueron: una disminución del 25% de producción de CO₂, al reemplazar cemento comercial y subproductos industriales, asimismo se obtuvo un buen impacto económico ya que se disminuyó el precio en bruto del bloque en un 13%.

En el proceso de elaboración de tejas ondulada número 2, fue realizada con un 35% de subproductos, tales como: cemento sostenible (residuos cenizas del sector azucarero); fibra corta natural de fique (residuos de la empresa empaques del cauca); adiciones (residuos de escoria de la empresa Metalúrgica) y pulpa de papel periódico. Con las dos láminas onduladas de fibrocemento y una lámina de pulpa se realizó un material compuesto multicapa. Los resultados fueron: una insonorización del 18%, un aislamiento térmico del 10%, una reducción del 25% de cemento portland comercial. Los resultados ambientales fueron: una disminución del 25% de producción de CO₂, al reemplazar cemento comercial y subproductos industriales, asimismo se obtuvo un buen impacto económico ya que se disminuyó el precio en bruto de la teja en un 13%.

En la manufactura del panel translucido se usó 40% de residuos industriales, vidrio de parabrisas. Este producto es un material compuesto de resina poliéster y una gradación de vidrio de parabrisas. Los

resultados del panel traslucido fueron: una insonorización del 15%, un aislamiento térmico del 30% y una disminución del 33% de producción de CO₂ y una disminución del precio comercial de 33%.

2.3 Tercer aspecto: electrónica para la sostenibilidad

El concepto de domótica está asociado con la intervención de diferentes sistemas orientados a la automatización de los servicios que ofrece una vivienda. Es un proceso multidisciplinar donde se destaca el papel de la electrónica y la informática. Entre los servicios que ofrece se destacan: el ahorro energético, el nivel de confort, protección patrimonial y comunicaciones. De acuerdo con los conceptos discutidos de sostenibilidad y de haber hecho una revisión teórica, se tomó la decisión de aplicar la electrónica en tres aplicaciones esenciales: 1) el reuso de aguas, en el que la circulación automática de aguas grises para utilizarla en lavado de sanitarios y aseo del hogar es un elemento esencial para el ahorro del recurso hídrico (López Rincón & Vergara Bautista, 2011) (Huerta Arenas, Jimenez Tellez, & Prado Rodriguez, 2011); 2) la protección patrimonial, previendo el cuidado del hogar con respecto a acumulación de gases en el interior o la presencia de extraños; y 3) el uso de energía no convencional para disminuir el consumo de energía de la red eléctrica.

Los tres aspectos señalados fueron trabajados desde el conocimiento teórico y la experiencia práctica, a través de discusiones dadas al interior del grupo de investigación, participando los investigadores principales (docentes) y los auxiliares (estudiantes de grado).

La integración de conceptos fue fundamental y permitieron la concepción de una vivienda con características de sostenibilidad, aunque fue necesario incorporar elementos relacionados con los recursos hídricos y la energía eléctrica, de tal manera que no afectaran el normal desarrollo de los habitantes de la vivienda. Los elementos mencionados generaron exigencias en el diseño en aspectos como: trazado de la red hídrica de la vivienda, donde fue necesario separar la recolección de aguas grises de las aguas cloacales; la ubicación de los tanques de almacenamiento y el sistema de filtro y bombeo; selección de los puntos de detección tanto para el sistema de gases como para la presencia de intrusos; el sitio para ubicar el panel solar y trazado de la red eléctrica de DC que se debe diferenciar de los puntos de AC; y finalmente, en la construcción de la vivienda, porque la pretensión es lograr que el usuario use el espacio habitable sin notar la intervención de los aspectos de domótica; teniendo solamente acceso a información de supervisión a través de un dispositivo que opera como interface (HMI).

2.4 Desarrollo de Tablero portátil didáctico.

Un primer producto, derivado del proyecto de casa ecosostenible, es un tablero portátil didáctico donde se ha implementado el sistema fotovoltaico que se ha diseñado para la vivienda. En este tablero, los estudiantes de arquitectura realizan prácticas de diseño eléctrico y de energía fotovoltaica. El tablero permite la interconexión de bombillos según las especificaciones de una vivienda, además facilita la medición de tensión, corriente y potencia, tanto en DC -proveniente del panel- como en AC -proveniente de la red eléctrica- convencional. En la figura 1, se muestra el tablero con los elementos propuestos.

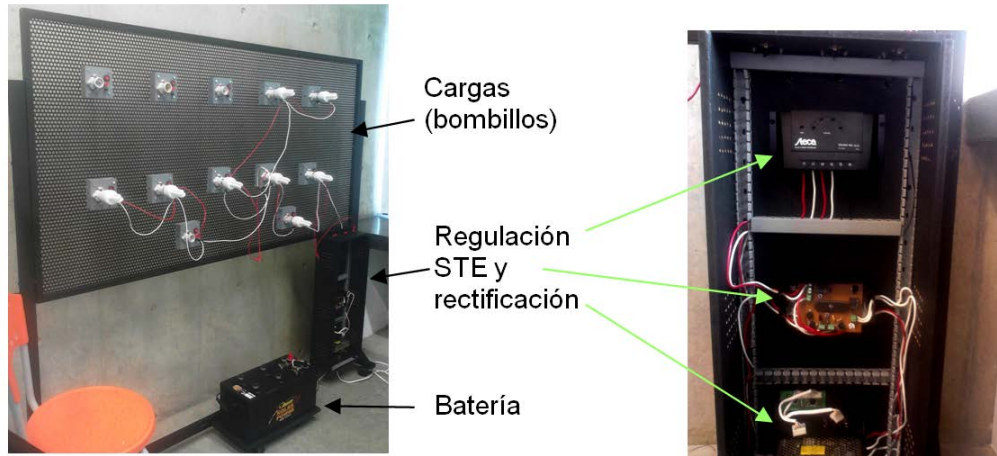


Figura 1. Tablero Portátil didáctico

2.5 Caracterización del Sistema Fotovoltaico

A pesar que en los últimos años la tecnología en construcción de paneles solares ha permitido una disminución en los costos, una de las principales limitantes al acceso a un sistema fotovoltaico convencional, son sus altos precios de implementación, lo cual imposibilita que varios sectores tomen esta opción de energía.

En la revisión bibliográfica y la consulta de expertos (Montañez & Cortes, 2010) (Murcia, 2008) (Perez, 2009) (Díaz Narvaez & Díez Cardona, 2007), se encontró que uno de los equipos más costosos de un sistema fotovoltaico es el inversor DC – AC, quien se encarga de transformar la tensión entregada por la batería con una corriente DC, en una tensión AC de 110 o 115 V eficaces.

Conociendo que los bombillos ahorradores comúnmente usados en Colombia, en su principio de operación toman una tensión de 110 V AC e internamente la transforman en una tensión de aproximadamente 50V DC mediante dispositivos electrónicos, y además que en el mercado actual se consiguen electrodomésticos que funcionan con DC (Alta Ingeniería, 2012) (TUSWITCH, 2013). Se estudió, en este proyecto la posibilidad de iluminar la vivienda utilizando bombillos fluorescentes que operan a 12 V DC y proporcionan 380 lúmenes. La participación del arquitecto fue importante en la decisión tomada, especialmente por el diseño e iluminación de los espacios. Esto permitió eliminar la etapa inversora del sistema fotovoltaico y hacer un diseño de un sistema de transferencia eléctrica para garantizar la iluminación permanente de la vivienda. En la figura 2 se muestra la organización del sistema fotovoltaico implementado.

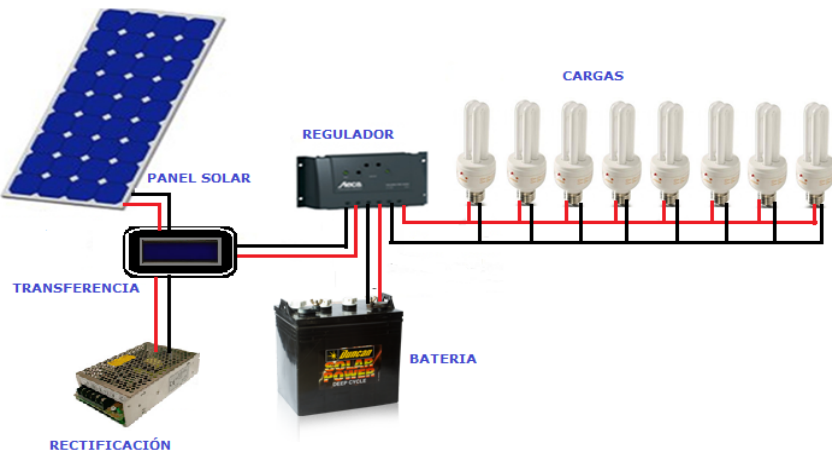


Figura 2. Sistema fotovoltaico implementado

2.6 Sistema de Transferencia Eléctrica (STE)

El sistema se desarrolló en un procesador ATMEGA 32, y corre sobre el sistema operativo "FreeRTOS". Éste verifica permanentemente el estado del panel solar (medición de corriente) mediante una entrada análoga. En caso de falla en el suministro, ya sea por poca radiación solar o por el panel, el sistema evalúa si la batería requiere ser cargada, si es así, habilita la conexión de la red eléctrica comprobando su estado para una correcta alimentación. Esta habilitación se realiza a través de un relé que mecánicamente acciona la alimentación a la etapa de rectificación. Mientras no se requiera la alimentación AC el relé abre circuito y de esta manera no se producen consumos de energía superfluos. Si aparece una falla en el panel y la batería aún se encuentra cargada en un nivel alto, el sistema genera una alerta, la cual puede ser una alarma en caso de no tener disponible alguna de las fuentes y por tanto, la batería puede perder carga e interrumpir el funcionamiento del sistema. Adicionalmente, el sistema evalúa el porcentaje de carga y se lo presenta al usuario mediante un visualizador LCD. En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo del sistema fotovoltaico.

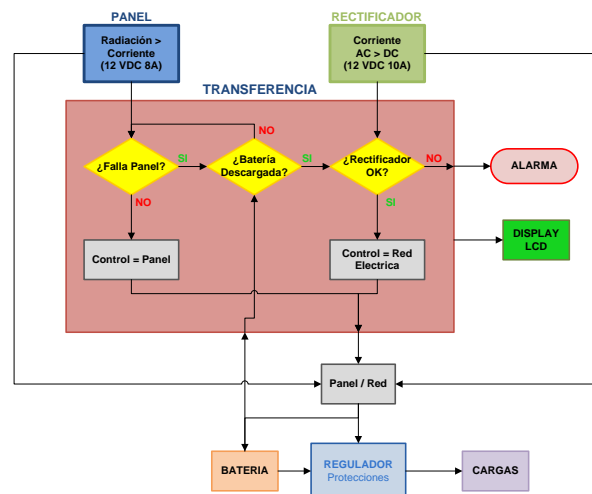


Figura 3. Diagrama de flujo del sistema fotovoltaico.

3. Resultados

Actualmente se cuenta con un grupo multidisciplinar que ha logrado un consenso alrededor del tema de vivienda sostenible, aplicado a casas del sector rural. Donde el diseño arquitectónico, los materiales de construcción y las aplicaciones electrónicas se conjugan para ofrecer una solución innovadora en aspectos de sustentabilidad, especialmente en ahorro energético, recurso hídrico e impacto con producción de CO₂.

Se obtiene un sistema embebido que permite la operación de suministro de energía eléctrica a partir de un panel fotovoltaico, de tal manera que garantiza al usuario la presencia de fluido eléctrico cuando el panel solar pierda eficiencia por aspectos atmosféricos o presente fallas que no puedan ser corregidas durante el tiempo de reserva de la batería. Su respuesta es tan efectiva, que el usuario no percibe el cambio de fuente porque los bombillos encendidos no se apagan.

Se logró la implementación del tablero didáctico, con el STE incorporado, en el laboratorio de energías alternativas de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Buenaventura Cali. Se comprobó su correcto funcionamiento y se observó las bondades como herramienta didáctica, que posibilita la interacción de los estudiantes de arquitectura con la generación de electricidad a partir de una fuente no convencional de energía.

4. Conclusiones

Este trabajo de investigación constituye un reto para el trabajo interdisciplinario y transdisciplinario porque confluyen en él disciplinas diversas que intentan poner en escena un propuesta cuya aplicación está en consonancia con las tendencias ambientales que se están promoviendo a nivel mundial. Además, demuestra que los proyectos innovadores surgen de la sinergia de un grupo humano que propende por un tema común. Siendo esencial la participación de los estudiantes de ingeniería -como asistentes de investigación- causando en ellos un verdadero gusto por la formación en su disciplina.

Se pudo demostrar, que la utilización de residuos industriales se constituye en un mecanismo esencial para lograr elementos de construcción sustentables. Favoreciendo menor producción de CO₂ que afecte la atmósfera y ofreciendo una alternativa para las empresas que producen escoria y/o cenizas, de disposición final de estos elementos para evitar la contaminación del ambiente.

Como se pudo observar en el documento, el trabajo se ha orientado a la importancia de buscar una independencia con las fuentes de energía convencionales y la utilización de recursos energéticos alternativos para la generación propia de energía eléctrica, para la iluminación de una vivienda. Es importante señalar que el sistema de transferencia (STE), de acuerdo con el análisis y las pruebas realizadas, utilizará la red eléctrica comercial ocasionalmente, porque su activación se hará cuando el panel presente fallas, que no puedan ser solucionadas durante el tiempo de reserva de la batería, situación que tiene muy poca probabilidad de ocurrencia según el trabajo presentado.

El desarrollo de este trabajo de investigación ha permitido el crecimiento conceptual en dos vías: 1) Se logra un diálogo entre dos disciplinas con objetos de estudio disímiles, pero se concreta en el desarrollo de una vivienda sostenible, totalmente pertinente con las tendencias mundiales en construcción de espacios habitables amigables con el ambiente; y 2) Desde lo teórico y experimental, donde los aportes del arquitecto

y los ingenieros ha sido valioso para que los auxiliares de investigación (estudiantes de grado) evidencien un trabajo interdisciplinario orientado a la solución de un problema concreto de la comunidad.

5. Referencias

Artículos de Revista

- Lopez, Y. U. (2011). Análisis de recurso solar y eólico en Colombia. Caso Valle del Cauca. *El hombre y la Máquina*. (37) (pp34-41).
- Murcia, H. R. (Noviembre de 2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus Perspectivas. *Revista de Ingeniería*. Universidad de los Andes.(28), (pp83-89).
- Gramkow C.L., Prado P. (2011). Política Ambiental - Economía verde, desafíos y oportunidades. *Conservación internacional*. Brasil (8) (pp6).

Libros

- Diaz Narvaez, H., & Diez Cardona, F. (2007). Analisis, Modelado, Simulación y Validacion de un sistema de generacion de energia solar autonomo.Caso: Universidad Autonoma de Occidente. Cali. (pp61-63)
- Huerta Arenas, G., Jimenez Tellez, E. D., & Prado Rodriguez, Z. E. (2011). *Sistema automático recuperador de agua pluvial y aguas grises*. Proyecto de grado (pp9-34).Instituto Politécnico Nacional. México.
- López Rincón, J., & Vergara Bautista, N. (2011). Elaboración de una guía ambiental para la reutilización de las aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones. Proyecto de grado (pp27-29). Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.
- Montañez, J., & Cortes, L. (2010). *Metodologías de Diseño Para el Suministro de Energía Eléctrica en Zonas No linterconectadas a Partir de Energías Renovables*. Proyecto de grado (pp 13-33). Universidad de La Salle, Bogotá.
- Perez, J. (2009). *Estudio de la aportación de la energía solar térmica y el uso de equipos de elevada eficiencia energética a un modelo de construcción sostenible*. Proyecto de Grado (pp 35 50). Universidad de Cataluña, Barcelona.
- Wadel Raina, G. (2009). *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda* (pp 16-33). Universidad Politécnica de Cataluña. Cataluña.

Fuentes electrónicas

- Alta Ingenieria. (2012). *Electrodomésticos Solares Colombia*. Recuperado el 08 de 02 de 2013, de http://www.altaingenieriaxxi.com/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=37
- Salazar Mañas, S. (2011). *Construcción y Desarrollo Sostenible "Arquitectura Bioclimática"*. Almeria: Universidad del Almería. P13-18. Recuperado el 15 de 01 de 2013, de [http://repositorio.ual.es/jspui/bitstream/10835/800/1/Construcci%C3%B3n%20y%20Desarrollo%20Sostenible%20\(Arquitectura%20Bioclim%C3%A1tica\).pdf](http://repositorio.ual.es/jspui/bitstream/10835/800/1/Construcci%C3%B3n%20y%20Desarrollo%20Sostenible%20(Arquitectura%20Bioclim%C3%A1tica).pdf)
- TUSWITCH. (2013). Electro Solar. Recuperado el 08 de 02 de 2013, de <http://tuswitch.com/productos/10/Electrodom%C3%A9sticos-Solares>

Información de los autores

- **Juan Carlos Cruz Ardila.** Magister en Ingeniería e Ingeniero Electricista de la Universidad del Valle. Magister en Educación y docente tiempo completo de la Universidad de San Buenaventura Cali. jccruz@usbcali.edu.co
- **Juan Carlos Cardona Gómez.** Tecnólogo en Electrónica de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Estudiante de último semestre de Ingeniería Electrónica en la Universidad de San Buenaventura Cali. juanchocg74@hotmail.com
- **Diego Mauricio Hernandez Porras.** Tecnólogo en electrónica de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Estudiante de último semestre de Ingeniería Electrónica en la Universidad de San Buenaventura Cali. diegoskcc1988@hotmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)