

PLATAFORMA DE GESTIÓN, INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN EN TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES PARA SOPORTE DE UN LABORATORIO REMOTO

MANAGEMENT, RESEARCH AND TRAINING PLATFORM IN SUSTAINABLE TECHNOLOGIES FOR WEBLAB

Cecilia Sandoval Ruiz
cecisandova@yahoo.com

Universidad de Carabobo, Valencia – Venezuela

Recibido: 23/02/2016
Aceptado: 27/05/2016

Resumen

La presente investigación describe el diseño de una plataforma de gestión, investigación y formación para dar soporte hardware/software a un weblab, orientada a aplicaciones de tecnología sostenible, en eficiencia energética, energía renovable y reutilización de recursos de hardware. Esto con el propósito de promover la investigación y diseño colaborativo. La metodología abordada comprende la sistematización de experiencias de diseños prácticos, desarrollados en el laboratorio de microcontroladores, a partir de los cuales se definen los requerimientos de la plataforma y se enfoca en la reutilización de componentes electrónicos del hardware, lo que permite su adaptación para el desarrollo de prototipos de innovación. Seguidamente, se presenta el diseño conceptual de un módulo hardware teleoperado, el cual integra conceptos de sistemas híbridos y reconfiguración dinámica de hardware. El aporte principal viene dado por proponer una herramienta, para el estudio de eficiencia de los diseños. Donde se puede concluir que la plataforma GIFTS, resulta una alternativa versátil para promover la filosofía de diseño eco-responsable en el área de ingeniería, bajo la modalidad de diseño colaborativo distribuido.

Palabras clave: Diseño Colaborativo, Laboratorio Remoto, Plataforma de

Investigación, Tecnología Sostenible, Hardware reconfigurable, Eficiencia Energética.

Abstract

This research describes the design of a platform for management, research and training to support hardware / software of a WebLab, oriented to applications for sustainable technology related to energy efficiency, renewable energy and resource reuse hardware in order to promote research and collaborative design. The methodology addressed includes the systematization of practical designs developed in the laboratory of microcontrollers, from which the requirements of the platform are defined and focuses on the reuse of hardware electronic components, allowing its adaptation to the prototyping innovation. Next, the conceptual design of teleoperated hardware module, which integrates concepts of Hybrid Systems and Dynamic hardware reconfiguration is presented. The main contribution is given by providing a tool for the efficient study designs. Can be concluded that the GIFTS platform is a versatile option to promote the philosophy of eco-responsible design in the area of engineering, in the form of collaborative distributed design alternative.

Keywords: collaborative design, WebLab, research platform, sustainable technology, reconfigurable hardware, energy efficiency.

1. Introducción

Más allá de la tecnificación del conocimiento en las universidades, se considera la importancia de incluir una estrategia de análisis sobre las motivaciones, ética y valores que deben estar presentes en los proyectos de ingeniería y áreas afines, como parte del proceso de formación. Algunas investigaciones abordan esta temática, afirmando que los ingenieros deben ser capaces de reconocer, que cualquier impacto causado por el ejercicio de la profesión en un determinado entorno trasciende, todas las escalas de los sistemas y alrededores implicados (Belandria, 2011). Comúnmente, los trabajos de investigación en el área de ingeniería, contemplan la estimación de recursos y viabilidad de los proyectos (bajo un punto de vista técnico-económico), al cual se deben incluir un análisis de impacto ambiental, considerando los efectos de la

implementación del diseño, tales como la eficiencia energética, re-utilización de recursos no renovables y capacidad de optimización.

Por otra parte, se han evidenciado las ventajas de incluir en el proceso de aprendizaje, tecnologías de información y comunicaciones TICs, que posibilitan tele-educación, siendo ésta propicia para promover asignaciones de tareas grupales de trabajo distribuido, con actividades experimentales, que le ofrezcan al estudiante e investigador el manejo de equipos de laboratorio a distancia, a fin de integrar estos métodos de trabajo en los hábitos de investigación, discusión y producción intelectual del estudiante. Este tipo de métodos se diseñan ajustados a los requerimientos detectados a través de experiencias en proyectos I+D+i.

Es por lo tanto, necesario establecer estrategias para promover el co-diseño eco-responsable en el área de ingeniería. Esto a través de prácticas experimentales, basadas en un ambiente de desarrollo, para el diseño e investigación colaborativa, que logre promover una revisión conciente por parte de todos los integrantes del equipo, para que sean responsables por los resultados del producto final y aprovechar las ventajas del diseño modular. Estos métodos de I+D requieren a su vez de una plataforma de gestión, investigación y formación, orientada hacia el diseño con tecnologías sostenibles –GIFTS, a fin de articular la responsabilidad ambiental, con los aspectos científicos, que permita la migración de tecnología y fuentes de alimentación más eficientes, que puedan adaptarse en el tiempo y evolucionar en conjunto con los diseños y modelos disponibles. Todo esto orientado hacia una filosofía de respeto medio ambiental, en la aplicación del conocimiento.

Para establecer el eje temático del sistema de desarrollo, se consideró la actual relevancia de los sistemas con diversificación de fuentes primarias de energía renovable y la gestión de la demanda, lo que resulta un campo de investigación necesario, ya que implica una mayor eficiencia energética, ahorrando las pérdidas por distribución, y permite mantener cierta independencia de la red eléctrica. Tomando en cuenta las características dinámicas de los sistemas naturales, resulta apropiado proponer sistemas híbridos, que combinen sus capacidades para alcanzar los mejores resultados, con redes inter-relacionadas que puedan configurarse de acuerdo a las condiciones de las fuentes alternativas,

para adaptar su comportamiento de manera eficiente, a fin de cumplir con el objetivo diseñado.

En (Sandoval Ruiz, 2013), se presenta el diseño conceptual de un módulo híbrido para conversión de energía eléctrica, a fin de obtener una fuente de respaldo para suministro eléctrico con energía renovable, a través del estudio de diversas configuraciones de convertidores de energía, tales como eólicos, hídrico (turbinas accionadas por agua de lluvia), solares, entre otros. En este trabajo, esta idea se ha extrapolado, como una plataforma de I+D+i, incluyendo módulos funcionales para la estimación de eficiencia energética y estudio del rendimiento de micro-convertidores en sistemas híbridos de energía renovable, basado en componentes configurables.

El objetivo principal es diseñar una plataforma remota para diseño colaborativo, en el área de tecnología sostenible. Esto a fin de soportar el diseño eficiente y optimizaciones dinámicas, empleando hardware reconfigurable, de manera de estudiar el desempeño de sistemas híbridos de energía alternativa, a partir de la estimación de consumo energético, que permita adaptar los módulos de desarrollo. Integrando como objetivos principales: (1) Un entorno colaborativo para investigación en un área específica de la ingeniería, (2) la plataforma de hardware para el desarrollo de las prácticas experimentales e investigación científica, y (3) gestión eficiente de recursos software/hardware, presentando una plataforma con características de modularidad, flexibilidad y formación en nuevas tecnologías.

2. Fundamentos teóricos de la Plataforma GIFTS

La solución propuesta puede ser conceptualizada como una plataforma de I+D en tecnologías sostenibles, teleoperada para laboratorio remoto colaborativo, sobre la base de *weblab* (Rondón & Sandoval, 2010), enfocado al diseño modular de las etapas componentes, que permita garantizar la flexibilidad del diseño, a través de hardware re-configurable. El objetivo propuesto es soportar la investigación colaborativa planteada en ECIC (Sandoval-Ruiz, 2014a), para ello se selecciona un hardware, que pueda ser operado de forma remota, y una plataforma web, con un enfoque ecológico de los diseños.

Un laboratorio remoto es una herramienta, donde los investigadores solicitan servicios al laboratorio, a través de distintos medios de interconexión. Este comprende los dispositivos y equipos de hardware a los que se accede, para la investigación experimental. La implementación de hardware teleoperado permite la modificación de parámetros y observar los resultados. Las implicaciones de estos *weblab* es una disminución en los costos de los proyectos de investigación, sin alejar a los usuarios de la posibilidad de manejo del hardware. Es así como, éste se diferencia de un laboratorio virtual (Delgado & Sandoval, 2012), mediante el cual el usuario (estudiante – investigador) puede interactuar de forma remota sobre el laboratorio. En este sentido, para el diseño del hardware a teleoperar, se plantea la aplicación de *Hardware Reconfigurable*, por medio de un sistema de configuración electrónico, en la que se seleccionó los FPGAs (Field Programmable Gate Arrays), tecnología que posibilita realizar prototipos con tiempos reducidos y con bajos costos de desarrollo, que se caracteriza por ser sistemas de bajo consumo de potencia.

3. Metodología para establecer los requerimientos de la Plataforma GIFTS

Para establecer los requerimientos para la plataforma GIFTS, se propuso un conjunto de experiencias prácticas (Villegas & Sandoval, 2004), encuestas a estudiantes, asignaciones de diseño electrónico incorporando TICs, en el contexto del laboratorio de microcontroladores digitales, todas éstas en materia de tecnologías con fuentes alternativas y modularidad para eficiencia energética. Presentando dos aspectos básicos, los correspondientes a métodos de diseño colaborativos y hardware de soporte. En la figura 1, se presenta el esquema a seguir para la construcción de la propuesta.

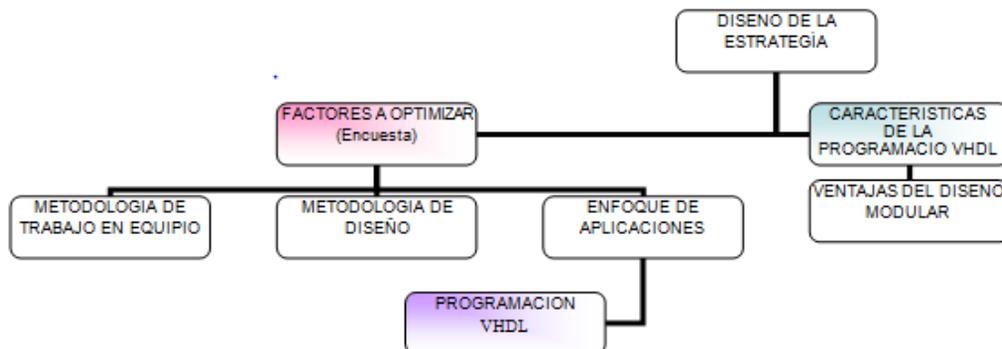


Figura 1. Esquema de propuesta metodológica de diseño colaborativo con VHDL

Se consultó, a una muestra representativa de alumnos del laboratorio convencional de digitales (30 estudiantes), el diagnóstico se realizó a través de una encuesta. Se presentan los resultados en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la Encuesta de diseño colaborativo

Pregunta	Porcentaje afirmativo	Opinión Adicional
Recomienda la Estrategia de trabajo en equipo	88 %	Es más cómodo el trabajo en equipo y el debate de ideas consolida el aprendizaje, donde se aprovechan las destrezas de cada participante.
El diseño conceptual y diagramas de flujo les resulta de utilidad	84%	Un esquema de trabajo permite verificar el cumplimiento de las etapas y el orden de las mismas, especialmente en el trabajo en equipo.
Verifica el trabajo de los compañeros de equipo	80%	Esta verificación la realizan de forma presencial, donde los compañeros defienden sus aportes.

Se define que el trabajo colaborativo es apropiado, siempre que se maneje un informe correspondiente a la *memoria de grupo*, éste se debe adicionar al final de la experiencia de cada integrante (de forma remota), y puedan contar con la versión más reciente de acuerdo a las mejoras

realizadas. Finalmente, se establece la necesidad de una memoria descriptiva, que será monitoreada continuamente por el profesor, los compañeros de equipo con lista de chequeo para validar los aportes de cada integrante.

Se planteó a los estudiantes, la selección de la tecnología aplicada a su proyecto, para lo que cada grupo realizó la disertación de acuerdo a manejabilidad de componentes y costos. En esta etapa, se evidenció una problemática asociada con el manejo de recursos como componentes electrónicos, debido al costo de los mismos para la implementación de los prototipos de los micro-proyectos asignados, lo que se puede solventar, empleando tecnologías de hardware reconfigurable. También se pudo observar la pérdida de los avances entre proyectos escalables, por lo que, resulta primordial abordar los diseños, bajo una filosofía de reutilización de componentes y códigos de configuración. La siguiente etapa consistió en la propuesta de integración de los prototipos desarrollados, con el manejo de componentes flexibles que pueden ser adaptados y optimizados de manera dinámica.

4. Propuesta de la Plataforma GIFTS para weblab

La filosofía de la plataforma GIFTS, tiene como fundamentos básicos la gestión de conocimiento, basado en procesos colaborativos, empleando TICs, en pro de la formación en fuentes ecológicas de energía y eficiencia energética. Se presenta el diseño conceptual de la plataforma (Fig. 1).

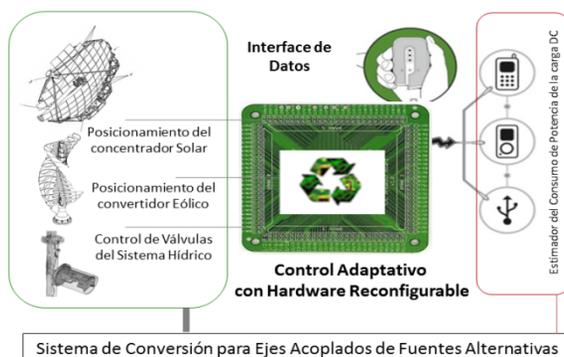


Figura 2. Esquema Conceptual del hardware modular

Todos los elementos, serán habilitados, monitoreado y controlados, a partir de un FPGA, que permita la configuración de la plataforma, de manera flexible. Es importante resumir las funciones de la plataforma (1) reconocer la capacidad de las fuentes alternativas (solar, eólica, hídrica, cinemática), a través de la estimación de rendimiento o perfil de comportamiento de la fuente sobre los elementos de conversión incorporados, (2) seleccionar los procesos de conversión óptimos, de acuerdo a las condiciones climáticas y disponibilidad, que representen bajo impacto ambiental y (3) diseñar de forma eficiente la demanda, estimando el consumo de la carga y su configuración más apropiada.

Criterios de Diseño y aportes de la Plataforma GIFTS

- Diseño Modular, se definen sub-módulos para la integración de componentes y el estudio de su comportamiento y eficiencia.
- Reducción de materiales y desmontaje de etapas, de manera que se pueden deshabilitar por configuración remota, componentes de la aplicación.
- Reciclaje y Reutilización tanto de componentes, como de códigos para la reconfiguración del módulo, lo que permite obtener un diseño flexible y actualizable en cualquier momento.
- Reducción Dimensional para concentrar diversos tópicos de investigación en un mismo módulo, lo que lo hace versátil, portable, para demostraciones científicas itinerantes.
- Tecnología Sostenible. dado que el módulo se alimenta de energía alternativa y es autónomo de la red eléctrica. Así mismo, sigue una selección de tecnología re-configurable, la cual soporta las actualizaciones del diseño en el tiempo.
- Repositorio de archivos de soporte de los diseños y avances en investigación.
- Acceso remoto, para investigación y trabajo colaborativo asistido por computadora.
- Diseño de prácticas para el laboratorio con selección de configuraciones pre-establecidas
- Módulo de estimación de energía de los diseños configurados como carga del sistema.

Se planteó el diseño conceptual del *Sistemas Híbridos de Generación de Energía Eléctrica* – SHGEE (Mora, 2008), que combinan en un mismo sistema módulos de generación que empleen diferentes recursos

energéticos alternativos. Todo esto, con manejo centralizado por interface y comunicación serial a una computadora portátil. En la tabla 2 se presenta el resumen de características técnicas del módulo, en el que se identifican las consideraciones realizadas.

Tabla 2. Características técnicas del módulo híbrido

Componente Modular	Características	Consideraciones en el diseño
Hídrico (por agua de Lluvia)	Activado por agua de lluvia	Control de nivel de los tanques de agua de lluvia para máximo flujo.
Solar - Fotovoltaico	Arreglo de celdas fotovoltaicas con seguidor de máxima radiación solar	Posicionamiento adaptativo del sistema en máxima radiación.
Eólico	Omnidireccional	Convertidor Eólico de eje vertical
Cinemático	Acoplador mecánico	Ejes acoplables para módulos secundarios
Optimización de Consumo	Des-habilitadores de carga	Estimador-habilitador de la carga optimizada.
Control de Posición	Permite el posicionamiento de los elementos solares	Puede transmitirse desde la operación remota para su control
Colector de procesamiento	Recolectar y clasificar los residuos	Definir funciones para reciclaje

La propuesta diseñada es altamente flexible en la etapa de configuración, ya que se pueden seleccionar los módulos de micro-conversión a implementar, a fin de obtener el rendimiento máximo. En la plataforma GIFTS, se seleccionó un panel fotovoltaico, un micro-aerogenerador de eje vertical (módulo expansible con arreglo de convertidores y configuraciones acoplada en el eje) y un sistema hídrico para gestión de aguas de lluvia, combinación de fuentes primarias para auto-abastecer una carga DC. En el diseño se logra un sistema compacto, ecológico, modular, adaptativo y flexible, que resulta una alternativa didáctica. Estas características deben estar integradas, con el panel frontal de monitoreo y control de los módulos soportados por la plataforma (Fig. 2), bajo un enfoque de hardware libre.

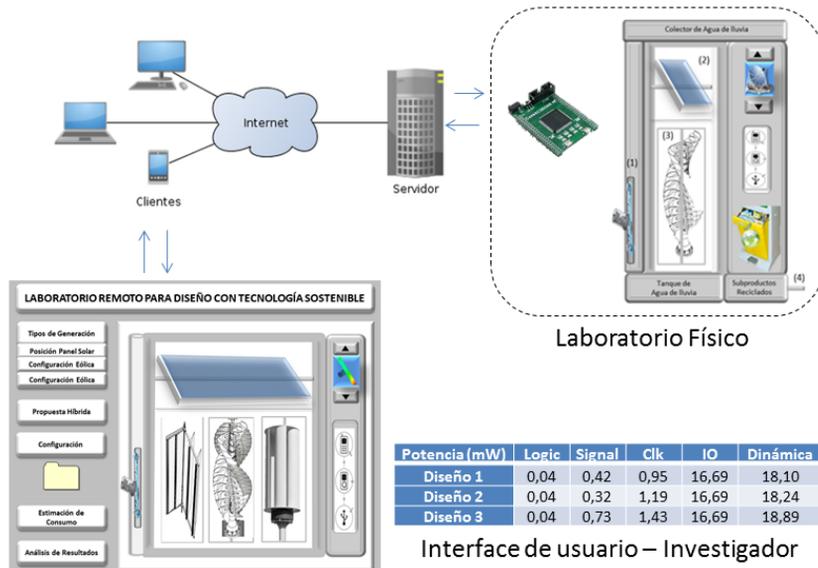


Figura 3. Diseño conceptual de la plataforma GIFTS

La interface de tele-operación del laboratorio remoto, está diseñada con experiencias pre-diseñadas, que al ser seleccionadas, habilitará el código descriptor de hardware - VHDL para dicha configuración, en esta modalidad el estudiante solo estudia las configuraciones programadas para la actividad. Cada integrante que acceda al laboratorio remoto deberá obtener las conclusiones de su experiencia, para su contribución con el equipo. En el caso de diseño de aplicaciones, para estimación de consumo de energía, el investigador desarrolla el código VHDL que será transmitido y configurado mediante el programador para el estudio de eficiencia del diseño. De acuerdo a los resultados, los aportes y las optimizaciones del código de configuración serán almacenadas en el repositorio. De esta manera, se definen en la tabla 3 los modos de operación a programar sobre la plataforma GIFTS.

Tabla 3. Definición de modos de operación

Modos de Operación	Condición
Básico	Operación por defecto, monitoreo de conversión registrada Solar+Eólico y monitoreo del sistema híbrido
Monitoreo	Obtención de perfiles de comportamiento por elemento, para análisis experimental y control dedicado de los convertidores, se puede seleccionar las señales a monitorear a través del FPGA.
Control Adaptativo	Adaptación paramétrica del algoritmo de control diseñado, basado en la dinámica del sistema híbrido
Configuración pre-programada	Control de Configuración selectiva, de elementos pre-diseñados, para integración de convertidores al sistema
Diseño de Configuración	Opción de re-configuración del hardware de control, a través de algoritmos diseñados por los investigadores

5. Conclusiones

Gracias al estudio de tecnologías sostenibles, diseño colaborativo asistido por TICs y hardware reconfigurable, se ha podido diseñar una plataforma para las carreras del área de ingeniería, permitiendo establecer criterios de diseño para la plataforma GIFTS, que combinan la aplicación del conocimiento tecnológico con la filosofía de diseño eco-responsable, donde se busca una utilización respetuosa de los recursos renovables. Los resultados de la propuesta de integración de micro-convertidores en un módulo portable a pequeña escala, deja abierta la posibilidad de optimización sobre el módulo propuesto, a través de periféricos adaptables, extendiendo el concepto de hardware reconfigurable a todo el sistema.

Dadas las ventajas del diseño con hardware reconfigurable tanto a nivel de dispositivos como de elementos de carga, la tecnología propuesta, integra la capacidad de *reconfiguración parcial dinámica* - RPD, la cual tiene aplicación en tareas de investigación desarrollo e innovación, permitiendo a los desarrolladores modificar segmentos del código y optimizar las prestaciones del diseño, sobre el hardware de la plataforma, donde se pueden asumir nuevas iniciativas para solucionar la generación de residuos electrónicos, por motivos de la obsolescencia programada,

aplicando el diseño modular y otras técnicas de re-utilización, a fin de soportar la optimización dinámica. Todo esto con el fin de avanzar en la investigación de diseño eficiente.

Incluir en la plataforma de investigación, un sistema gestor de carga para ahorro energético, resulta innovador, a fin de aplicar pruebas experimentales *in circuit*, siendo de utilidad para el análisis y estimación de eficiencia energética de los diseños en las primeras etapas, a fin de obtener un alto rendimiento. Por otra parte, cuenta con la característica de escalabilidad por permitir la expansión y combinación de etapas de micro-generación en el diseño para aumentar la capacidad de suministro eléctrico, con lo que se puede lograr disminuir el consumo eléctrico proveniente de fuentes no renovables de manera significativa, de esta manera se promueve una migración escalonada hacia el uso de energía renovable.

Otro aporte de interés corresponde al monitoreo y configuración de módulos de investigación en red y desarrollo de tecnologías de forma distribuida (Omaña, 2009), a través de tele-control. En comparación con los trabajos desarrollados en el área (Sandoval-Ruiz, 2014b), (Sandoval Ruiz, 2013), se encuentra un enfoque para la investigación de aplicaciones específicas, que pueden ser expandidas de manera modular para adaptaciones, actualizaciones y optimizaciones. Siendo aplicable en arquitectura sostenible y medios de transporte eco-adaptativos (Sandoval.Ruiz, 2016), así como parques científicos, huertas urbanas con aplicación de subproductos de origen vegetal, aplicaciones en eco-turismo didáctico, centros de investigación, sistemas domóticos, etc.

Sistematizar los avances de diseños, constituye una memoria científica-tecnológica, lo que representa un soporte para el diseño colaborativo, configurando los parámetros del hardware de control, de manera remota, de acuerdo a aplicaciones específicas. Las prácticas a través del laboratorio remoto, se diseñaron de manera estructurada, a fin de que los participantes puedan verificar los resultados de sus compañeros, se presenta una guía de programación VHDL con ejemplos y las prácticas guiadas con propuestas de diseño (Sandoval R, 2011), incorporando el método diseño modular como estrategia.

6. Referencias

- Belandria, J. (2011). Importancia de la formación humanística, ecológica, social y ética en los estudios de ingeniería. *Revista Ciencia e Ingeniería, Edición Es(Enseñanza de la Ingeniería)*, 17–24.
- Delgado, G., & Sandoval, C. (2012). Diseño de un tutorial teórico-practico de desarrollo, mantenimiento y solución como laboratorio virtual de telecomunicaciones. *XI Coloquio Internacional de TICs*.
- Mora, A. (2008). Estudio de Arquitecturas VLSI de la Etapa de Predicción de la Compensación de Movimiento, para Compresión de Imágenes y Video con Algoritmos. Aplicación al Estándar H.264/AVC Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Omaña, M. (2009). Creación de un espacio virtual para asesoría y tutoría de investigación. *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación. Eduweb*, 3(2), 101–112. Retrieved from <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/eduweb/Vol3n2/art7.pdf>
- Rondón, J., & Sandoval, C. (2010). Diseño de un co-laboratorio remoto basado en programación modular de dispositivos VHDL aplicado a telecomunicaciones. *Facultad de Ingeniería UCV*, 25(2). Retrieved from <http://www.scielo.org.ve/pdf/rfiucv/v25n2/art02.pdf>
- Sandoval R, C. E. (2011). Guía de Contenidos para configuración VHDL en Diseño Lógico Avanzado. Pasantía de Investigación Doctoral, Universidad de Carabobo.
- Sandoval Ruiz, C. (2013). Diseño conceptual de un módulo híbrido para Generación eléctrica. VIII Congreso Nacional y 2do Congreso Internacional de Investigación Universidad de Carabobo. Retrieved from <http://congreso.cdch.uc.edu.ve/>
- Sandoval.Ruiz, C. (2016). Plataforma reconfigurable de Investigación aplicada a Movilidad Sostenible. *Revista Universidad, Ciencia y Tecnología*, 20(78), 2016.

- Sandoval-Ruiz, C. (2014a). Entorno Colaborativo de Investigación científica - ECIC : Propuesta basada en Web-Lab y redes asesorías. *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación Eduweb*, 8(2), 69–82. Retrieved from <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/eduweb/v8n2/art06.pdf>
- Sandoval-Ruiz, C. (2014b). Adaptive Control in VHDL Applied to a Solar Oven. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(23), 142–147. Retrieved from http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_40/recursos/04_v19_24/revista_23/27092014/21.pdf
- Villegas, H., & Sandoval, C. (2004). Diseño de Tareas para promover el aprendizaje colaborativo asistido por computadora (CSCL). *Acta Científica Venezolana*: 55 (sup.1) 2004 LIV Convención Anual AsoVAC (Vol. 55, p. 542).