

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año

1. Datos generales del Proyecto

Código del proyecto:			
CI 2849			
Título del proyecto: <i>Desarrollo de una plataforma para la implementación de didácticas de aprendizaje activo en ingeniería electrónica con base en la iniciativa CDIO</i>			
Facultad o Instituto Académico:			
FACULTAD DE INGENIERIAS			
Departamento o Escuela:			
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA			
Grupo (s) de investigación:			
ARQUITECTURAS DIGITALES Y MICROELECTONICA - GADyM			
Entidades:			
UNIVERSIDAD DEL VALLE			
Palabras claves:			
CDIO, Estándar 6, Estándar 8, Estándar 1451.0, FPGA, IoT, Laboratorio Remoto, Reconfiguración, Espacios de Trabajo, <i>Workspaces</i> .			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	RUBEN DARIO NIETO LONDOÑO	220 H/S	220 H/S
Coinvestigadores	EDISON FERNEY ENRIQUEZ CEBALLOS	330 H/S	330 H/S
Otros participantes	NATHALY NIETO RAMIREZ	440 H/S	440 H/S
	JORGE ENRIQUE QUIÑONES		
	FABIO ELIVENY RIVADENEIRA		

2. Resumen Ejecutivo:

Resumen

Se diseñó e implementó un laboratorio de experimentación remota como un espacio de trabajo en el marco de la iniciativa CDIO (*Conceiving, Designing, Implementing, Operating*), para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje en los programas académicos de Ingeniería Electrónica. Para ello, se desarrolló (a modo de innovación tecnológica) una tarjeta de entrenamiento basada en dispositivos programables y configurables la cual se constituye como un recurso relevante en la ejecución de didácticas propias de los procesos de educación en ingeniería electrónica. Este recurso se integra en una red, en el marco del Internet de las Cosas

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

(*Internet of Things: IoT*), en el que su acceso y operación está dirigido a la formación en ingeniería bajo la iniciativa CDIO.

El proyecto de investigación entrega como producto principal un sistema informático constituido por dos componentes: un desarrollo en hardware, que corresponde a una tarjeta de experimentación con interfases de E/S y de comunicación, y el desarrollo de una aplicación en software que permite a varios usuarios (clientes) el acceso a implementación y pruebas de sistemas digitales a través de una plataforma con servicios Web 3.0. Así mismo, se propone un modelo metodológico para la adaptación de didácticas de aprendizaje activo, colaborativo y cooperativo en los laboratorios de experimentación local y/o remota, con base en los lineamientos CDIO, lo que permitirá apoyar los procesos de reforma curricular de los programas de ingeniería electrónica.

Abstract

A remote experimentation laboratory was designed and implemented as a workspace within the framework of the CDIO initiative (Conceiving, Designing, Implementing, Operating), to support the teaching-learning processes in the academic programs of Electronic Engineering. For this purpose, a training card based on both programmable and configurable devices was developed (as a technological innovation), which constitutes a relevant resource in the execution of didactics specific by the education processes in electronic engineering. This resource is integrated into a network, within the framework of the Internet of Things (IoT), in which its access and operation is aimed at training in engineering under the CDIO initiative.

The research project delivers as a main product a computer system consisting of two components: a hardware development, which corresponds to an experimentation card with I/O interfaces and communication, and the development of a software application that allows several users (clients) access to implementation and testing of digital systems through a platform with Web 3.0 services. Likewise, a methodological model is proposed for the adaptation of didactics of active, collaborative and cooperative learning in local and/or remote experimentation laboratories, based on the CDIO guidelines, which will allow to support the curricular reform processes of the electronic engineering programs.

3. Síntesis del proyecto:

3.1. Tema: Desarrollo de una plataforma para la implementación de didácticas de aprendizaje activo en ingeniería electrónica con base en la iniciativa CDIO.

3.2. Objetivos

3.2.1. General

Desarrollar un laboratorio de experimentación remota para un área de énfasis de ingeniería electrónica, como un espacio de trabajo centrado en el estudiante, que garantice la implementación de escenarios y didácticas de aprendizaje activo en modalidades de educación presencial y semipresencial.

Cumplimiento del objetivo general: Se diseñó e implementó un laboratorio de experimentación remota que puede ser utilizado en cursos de las áreas de sistemas digitales y arquitectura de computadores. El laboratorio puede ser accedido por estudiantes, ya sea dentro o fuera del campus universitario. La metodología de enseñanza-aprendizaje está desarrollada con base en estándares del paradigma CDIO y servirá como apoyo en los procesos de reforma curricular que se están llevando a cabo en la Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (EIEE) de la Universidad del Valle. La Figura 1 ilustra la estructura del Laboratorio Remoto desarrollado en el Grupo de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica (GADyM) de la EIEE.

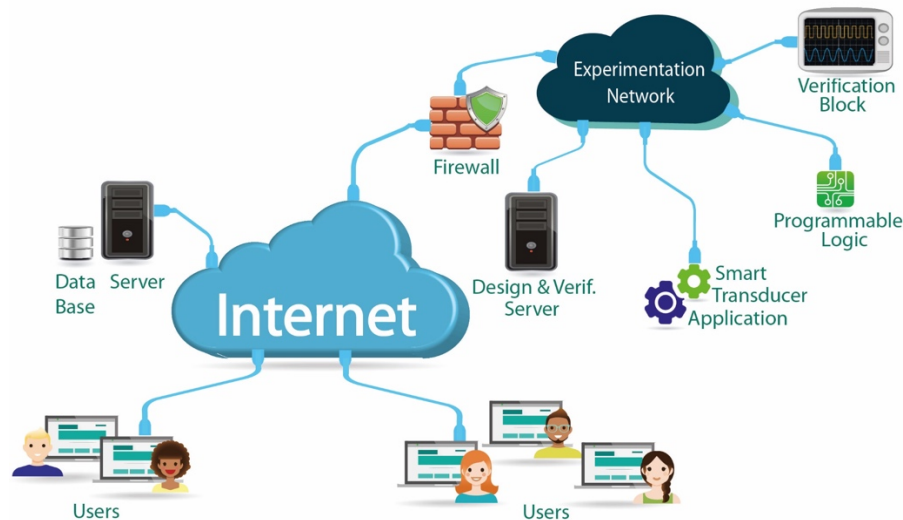


Figura 1. Estructura general del laboratorio remoto [1]

El Proyecto de Investigación titulado “*Desarrollo de un sistema multiplataforma para el acceso paralelo remoto a un recurso programable por múltiples usuarios*” del Ing. Edison Ferney Enríquez Ceballos, vinculado al Proyecto de Convocatoria Interna como Coinvestigador, constituye el marco general para la Plataforma del laboratorio Remoto.

El Proyecto desarrollado por el Ing. Ferney Enríquez es un sistema multiplataforma para el acceso simultáneo y remoto a los recursos de un prototipo hardware basado en la FPGA XC7A35T-1FTG256C de la familia Artix 7, el cual cuenta con características de reconfiguración parcial dinámica. Esta característica permite una escalabilidad multiusuario que deriva en la implementación de *WebLabs* altamente escalables. En el sistema se han implementado herramientas básicas de administración de los recursos desde la aplicación web para impedir problemas de seguridad como por ejemplo el acceso y la manipulación de archivos ajenos a la partición asignada a cada usuario.

La principal estrategia en el desarrollo del laboratorio remoto ha sido la adopción de lineamientos estandarizados y de arquitecturas hardware/software genéricas y reconfigurables. El uso compartido de instrumentos y módulos de experimentación se ha utilizado como estrategia para la reducción de los costos de implementación del laboratorio.

En la implementación del Laboratorio Remoto se adoptó el estándar IEEE 1451.0. Este estándar define un conjunto de interfaces de comunicación para conectar transductores inteligentes a sistemas basados en microprocesadores, instrumentos y redes que permiten reducir los costos de implementación y facilita la implementación de laboratorios modulares reconfigurables.

Las herramientas utilizadas permiten diseñar e implementar circuitos digitales en línea mediante hardware multitarea y con acceso simultáneo en un mismo dispositivo FPGA Zynq SoC de Xilinx. Lo anterior posibilita el acceso simultáneo a la plataforma de varios estudiantes de tal manera que puedan desarrollar funciones lógicas digitales escritas en lenguajes de descripción de hardware (*High Description Language: HDL*) como *VHDL*, *Verilog* o *System Verilog*, en la misma tarjeta basada en FPGA.

La aplicación software está dirigida a facilitar a los usuarios el uso de una tarjeta de desarrollo para experimentación. Esta tarjeta, basada en hardware reprogramable, posibilita la implementación de diseños en hardware reconfigurable real, así como el acceso de forma remota a la herramienta software de diseño HDL en el mismo sitio web con el fin de realizar proyectos de sistemas electrónicos digitales. La aplicación suministra información o acceso a contenidos autorizados dependiendo del tipo de usuario que acceda al sitio web. La Figura 2 muestra el diagrama de una estructura general del sistema.

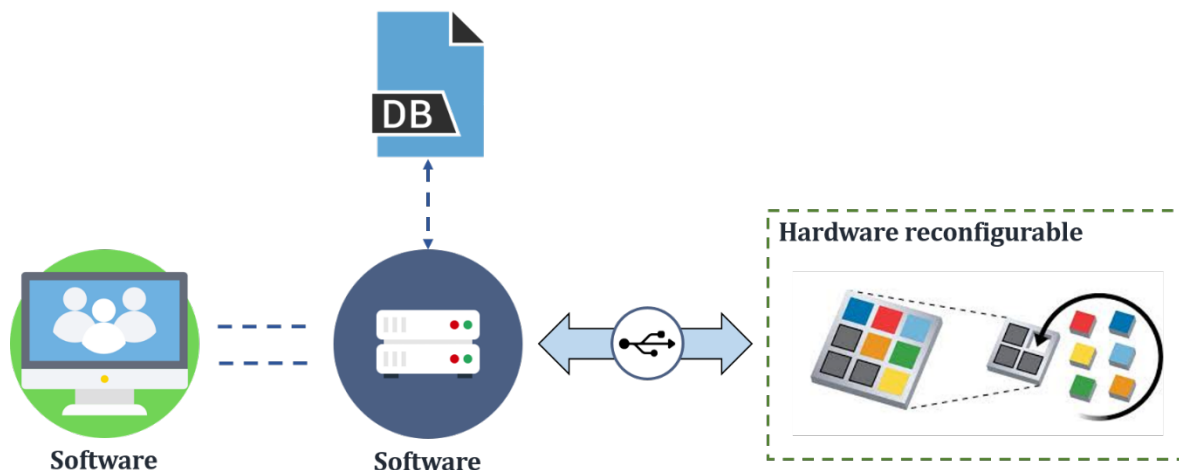


Figura 2. Estructura general de comunicación entre Software y Hardware

El sistema desarrollado está formado por cuatro bloques que se comunican entre sí y permite a los usuarios programar una FPGA desde un entorno remoto. Los usuarios deben contar con un computador para interactuar con el aplicativo Web para sintetizar y/o enviar los archivos de configuración hacia una plataforma hardware. Los bloques se describen a continuación:

En el computador *servidor* se ha instalado el software que permite direccionar el diseño digital del usuario remoto hacia la FPGA. El equipo cuenta con los recursos que brindan el soporte de servicios para activar la operación de la tarjeta de desarrollo, la cual está conectada a un puerto USB o un puerto JTAG. Este servidor también integra el software de diseño HDL para

programar las funciones electrónicas diseñadas por los usuarios. También cuenta con una base de datos para gestionar ya sea los permisos de acceso al portal, el acceso al software de diseño y los permisos para acceso a la plataforma hardware.

La principal función del servidor es proveer la aplicación Web, que es una herramienta software para el acceso de múltiples usuarios a los recursos que brinda el servidor. Se trata de una aplicación software soportado por navegadores web que ejecuta los comandos necesarios para conectar con el software utilizado para la síntesis de circuitos digitales sobre una tarjeta desarrollada para este propósito.

La aplicación web implementada en el servidor se desarrolló mediante *Ruby on Rails* (ROR o *Rails*), el cual es un *framework* de aplicaciones web de código abierto escrito en el lenguaje de programación Ruby. La ventaja de este *framework* es que ofrece una amplia variedad de librerías que brindan las funciones que permiten agilizar el proceso de desarrollo. Entre las ventajas principales está que se puede usar código ya implementado por terceros y no requiere de licencias ya que se basa en un lenguaje de programación de código abierto.

Para facilitar las tareas paralelas en el servidor, Ruby permite la creación de hilos de trabajo paralelos mediante el uso de *Active Jobs* como un marco para declarar tareas y hacer que se ejecuten en una variedad de *back-ends* de cola. La Figura 3 ilustra el flujo de trabajo para peticiones dirigidas a un *back-end* tipo cola con *Active Jobs*.

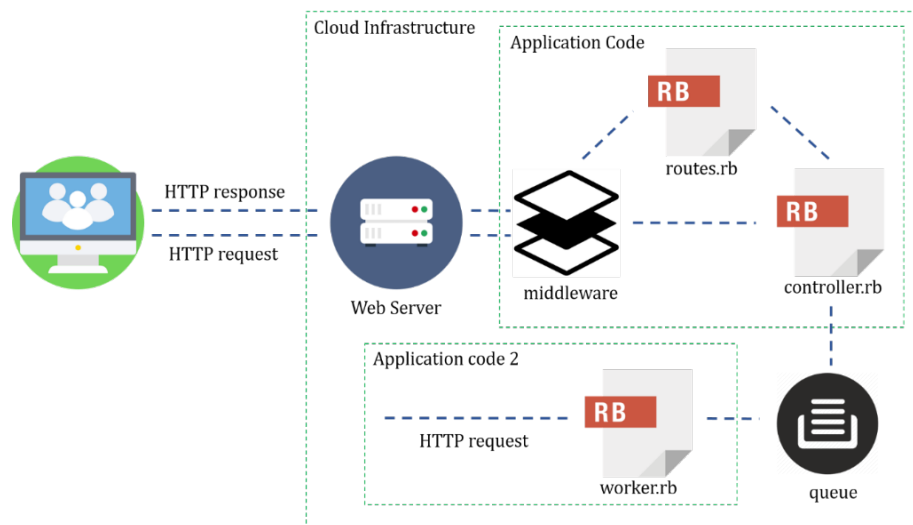


Figura 3. Flujo de proceso bajo un esquema de *active Jobs*

En el proyecto se utiliza la base de datos *MySQL* que es un Sistema de Administración de Base de Datos (*Data Base Management System: DBMS*) de código abierto y muy utilizado en el ambiente académico y profesional. *MySQL* dispone de soporte para diferentes sistemas operativos como Linux, Mac OS X, Solaris y Windows. En la actualidad, *MySQL* es una de las mejor posicionadas en el ranking de bases de datos relacionales.

La adopción del estándar IEEE 1451.0 se validó mediante la implementación exitosa del trabajo de grado titulado "*Red de Transductores inteligentes para un Laboratorio Remoto*", el cual fue

desarrollado por Antea Ruiz Melo, estudiante del Programa de Ingeniería Electrónica de la EIEE vinculada al Proyecto como parte del semillero de Investigación (se anexan soportes).

En el proyecto de grado de la estudiante Antea, se diseñó e implementó una red de tres transductores inteligentes: un sensor de humedad, un sensor de luminosidad y un actuador representado por un relé con indicador LED. La red, orientada al IoT, fue implementada siguiendo los estándares IEEE 1451.0 e IEEE 1451.5 y será utilizada como recurso de docencia al interior de laboratorio remoto desarrollado en el Grupo de Investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica, GADyM.

Un aporte importante de este trabajo de grado ha sido la recopilación de información sobre el estado de desarrollo de las arquitecturas de referencia del Internet de las Cosas. Ello facilitó la selección de la arquitectura *IoT-A (Internet of Things –Architecture)*, como la más adecuada para el desarrollo de la red de transductores inteligentes del laboratorio remoto y se estableció, además, como una guía para el uso de los estándares IEEE 1451.0 e IEEE 1451.5, la tecnología de comunicación y los dispositivos utilizados en el desarrollo del sistema.

Otro trabajo de grado derivado del Proyecto de Investigación fue desarrollado por el estudiante de Ingeniería Electrónica Javier Andres Rosero Narváez, también vinculado al Semillero de Investigación. El trabajo de grado titulado “*Sistema de Monitoreo de Variables Asociadas con la Generación de Energía Solar térmica, Usando el concepto de Internet de las Cosas (Internet of Things: IoT)*” consistió en el desarrollo de un sistema de monitoreo y registro de variables ambientales (radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa y temperatura) que pueden ser utilizadas en el estudio técnico de generación de energía solar térmica, los datos son recopilados en tiempo real y son manejados bajo el concepto del Internet de las Cosas (*Internet of Things: IoT*).

En el desarrollo del proyecto fue necesario usar sensores que se acomodaran a los requerimientos del sistema embebido utilizado (*RaspBerry Pi 3*), esto para disminuir los costos respecto de sistemas comerciales con similares características. El sistema desarrollado permite la conexión de cuatro sensores, pero el número de estos puede ser ampliado de acuerdo con requerimientos posteriores. También se evaluará la posibilidad de integrar los sensores a la plataforma del Laboratorio remoto utilizando el estándar IEEE 1451.0 y el 1451.5, para poder hacer un análisis comparativo en términos de rendimiento, eficiencia y para ampliar el tamaño de la red y tipo de sensores soportados por el laboratorio Remoto.

3.2.2. Objetivos Específicos

- **Proponer el diseño de un espacio de trabajo en ingeniería para un área de énfasis del programa académico de Ingeniería Electrónica, adoptando el estándar 6 de la iniciativa CDIO.**
- **Diseñar mecanismos de soporte para la implementación de estrategias de aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje colaborativo en el laboratorio de experimentación remota, de acuerdo con el estándar 8 de la iniciativa CDIO, estableciendo criterios de uso del recurso para las modalidades presencial y distancia.**

Cumplimiento de los objetivos anteriores

El cumplimiento de los dos primeros objetivos específicos se puede evidenciar en la publicación de la ponencia titulada **“Remote Laboratories in Electronics Engineering: CDIO Workspaces or Resources?”**, en *Proceedings of the 15th International CDIO Conference, Aarhus University, Aarhus, Denmark, June 25–27, 2019*. El resumen de la publicación plantea lo siguiente:

“El estándar 6 de CDIO, espacios de trabajo de ingeniería, establece la necesidad de contar con espacios de trabajo y laboratorios para apoyar el proceso de aprendizaje y fomentar el aprendizaje práctico de habilidades disciplinarias, personales, interpersonales y profesionales. En los últimos años, el modelo educativo tradicional se ha cambiado por modelos de aprendizaje a distancia y semipresenciales. Por lo tanto, para implementar estos modelos educativos alternativos en algunos programas de ingeniería, es necesario comprender la naturaleza de los laboratorios remotos y cómo los espacios de trabajo de ingeniería, propuestos por la iniciativa CDIO, adaptan las características de los laboratorios remotos. En este sentido, un laboratorio remoto debe diseñarse cuidadosamente y no considerarse solo como un recurso simple en el proceso de aprendizaje. La discusión en este documento está dirigida a la capacitación de un ingeniero electrónico, ya que este ingeniero requiere interactuar con dispositivos reales además de la simulación. Sin embargo, nuestros resultados pueden extenderse a otros campos de ingeniería que pueden requerir laboratorios remotos.”

En el artículo se analizan las características de los espacios de trabajo propuestos por el estándar 6 del CDIO, a fin de identificar los requisitos para el diseño de un laboratorio remoto destinado a capacitar estudiantes de ingeniería electrónica. Para la formulación correcta de estos requisitos, también se tuvo en cuenta el estándar CDIO 8, aprendizaje activo, debido a las implicaciones del papel del estudiante en este proceso. Este análisis también consideró un enfoque de alineamiento constructivo, a partir de los resultados de aprendizaje previstos, la planificación de actividades y, finalmente, la evaluación. Sobre la base de los elementos anteriores, los requisitos principales para un laboratorio remoto se proponen en las Tablas 2 y 3. Se concluye que los laboratorios remotos deben diseñarse cuidadosamente para ser considerados espacios de trabajo de ingeniería bajo el marco CDIO. La tabla 1, como marco de referencia, especifica los criterios mas importantes establecidos en los estándares 6 y 8 del CDIO.

Tabla 1. Evaluación de los criterios CDIO relevantes para la implementación de laboratorios remotos.

Estándar	Criterios a Considerar
Estándar 6 – Espacios de Trabajo en Ingeniería (Engineering workspaces)	Revisar periódicamente la efectividad y el impacto en el proceso de aprendizaje de los espacios de trabajo y talleres.
	Desarrollar recomendaciones para mejorar la efectividad y el impacto en el aprendizaje.
	Apoyar y estimular actividades prácticas de aprendizaje de conocimientos, habilidades y aprendizaje social.
Estándar 8- Aprendizaje Activo (Active Learning)	Revisar, recopilar evidencia y hacer recomendaciones de acuerdo con el impacto de los métodos de aprendizaje activo para lograr una mejora continua en el aprendizaje de los estudiantes.

Tabla 2. Requisitos de la plataforma de laboratorio remoto para admitir las características propuestas

Características	Tipo de Soporte	Descripción
Acceso a espacios de Actividad	Los espacios deben incluir cuestionarios, actividades y ejercicios sobre los temas estudiados.	El espacio debe permitir al alumno acceder a diferentes contenidos y actividades para interactuar y resolver dudas sobre temas vistos de forma interactiva.
Acceso a Recursos	Recursos de aprendizaje	El espacio debe permitir al alumno acceder a información relevante, así como a actividades o proyectos que se realizaron y a temas ya estudiados. Para apoyar el proceso de diseño, la información debe ser fácilmente accesible y organizada siempre que el estudiante lo requiera. El espacio debe garantizar actividades que permitan la capacitación y el desarrollo de habilidades, como las actividades de tipo tutorial.
	Apoyo con documentos para el refuerzo del conocimiento.	
	Proporcionar información para el proceso de diseño.	
	Información sobre herramientas disponibles para actividades.	
	Manuales de operación y tutoriales	
	Información de bases de datos.	
Funciones de Realimentación	Acceso a espacios de asesoramiento y preguntas frecuentes.	El espacio debe incluir medios para remitir dudas al maestro, o permitir el acceso a recursos que brinden respuestas a estas dudas.
	Resultados de pruebas anteriores	El propósito de las funciones de retroalimentación es permitir que el estudiante solicite información sobre los resultados del aprendizaje de las actividades realizadas, así como información sobre las respuestas a las preguntas y preguntas frecuentes de otros estudiantes.
Seguimiento de Progreso	Documentación y registro de las actividades realizadas.	El sistema de registro debe ser responsable de monitorear las actividades de los estudiantes y documentar su progreso a tiempo y de manera organizada. Este sistema de registro debe poder generar alertas si el rendimiento en cualquier habilidad es bajo. Además, en las actividades de trabajo en equipo, este sistema debe poder generar informes de actividad para el progreso grupal o individual.
	Generación de registros de progreso estudiantil.	

Tabla 3: Cumplimiento de los atributos esenciales de los espacios de trabajo en un laboratorio remoto.

Atributos Esenciales	Laboratorio Remoto
Fomentar el aprendizaje práctico del diseño e implementación de un producto, proceso o sistema.	• Incluir software para llevar a cabo el ciclo de diseño de un producto (concepción, diseño y gestión de estos procesos). • Incluir software para simular el comportamiento del producto diseñado. • Incluir las herramientas de hardware y software necesarias para implementar el producto diseñado. • Ofrecer las herramientas de hardware y software necesarias para verificar la funcionalidad correcta del producto implementado.
Reforzar el conocimiento disciplinario e interdisciplinario.	• Incluir herramientas para acceder a bases de datos con información multidisciplinaria relacionada con el contexto desarrollado en el laboratorio remoto.
Facilitar el aprendizaje de habilidades personales e interpersonales.	• Proporcionar herramientas para facilitar la interacción activa entre los participantes en el espacio de trabajo. • Permitir la evaluación individual y la autoevaluación durante el proceso de aprendizaje para los participantes en el espacio de trabajo.
Facilitar actividades grupales, interacción social y comunicaciones principales para el aprendizaje social.	• Apoyar las comunicaciones y discusiones grupales como chats, foros y conferencias virtuales en tiempo real.
Obedecer las regulaciones sobre salud y seguridad locales.	• Tener en cuenta los aspectos de bienestar de los participantes. • Obedecer los reglamentos de la universidad para el desarrollo de aplicaciones. • Ofrecer una interfaz gráfica intuitiva. • Proporcionar seguridad para la información confidencial.
Ser sostenible	• Permitir adaptabilidad y escalabilidad. • Permitir la migración tecnológica. • Garantizar el soporte oportuno a los usuarios de la plataforma. • Duradero, estable, robusto.

Objetivo Específico

- **Definir las especificaciones técnicas de las componentes hardware y software del laboratorio de experimentación remota, con base en los mecanismos y criterios establecidos para la implementación de las didácticas en las modalidades señaladas.**

Cumplimiento del objetivo:

Este proyecto de Investigación contó con la participación activa de la Ing. Nathaly Nieto Ramírez. M.Sc., quien se vinculó al mismo como Asistente de Investigación. Con la asesoría de la Ingeniera Nathaly se definieron las especificaciones para el Laboratorio Remoto.

Especificación de Requerimientos

Para el diseño y la implementación de la arquitectura software y hardware se clarificaron requerimientos teniendo en cuenta los objetivos del proyecto establecidos previamente.

Desde el punto de vista metodológico, el primer paso consistió en identificar las necesidades de los estudiantes y estudiar los estándares que conforman la propuesta CDIO. Luego se definieron las características necesarias con las que debe contar el *Laboratorio Remoto de Sistemas Digitales (LRSD)* para incluir los atributos esenciales y deseables de los espacios de trabajo centrados en los estudiantes.

En las tablas 4 y 5 se describen los atributos esenciales y deseables con que debe contar un espacio de trabajo (*Workspace*) al que hace referencia la iniciativa CDIO y que se desarrollaron en la aplicación para el LRSD.

Tabla 4. Atributos esenciales de espacios de trabajo CDIO proyectados en el LRSD

Atributos Esenciales	Laboratorio Remoto de Sistemas Digitales
1. Fomenta el aprendizaje práctico de un producto, proceso y diseño de un sistema y su implementación.	• Incluye software para llevar a cabo el ciclo de diseño de un producto (concepción, diseño y gestión de los procesos). • Incluye software para simular el comportamiento de producto diseñado. • Dispone del hardware y software necesario para la implementación del producto diseñado. • Ofrece el hardware y software necesario para la verificación del correcto funcionamiento del producto implementado.
2. Refuerza el conocimiento disciplinar e interdisciplinar.	• Cuenta con herramientas que dan acceso a bases de datos con información multidisciplinar relacionada con las temáticas desarrolladas en el laboratorio remoto.
3. Facilita el aprendizaje de habilidades personales e interpersonales.	• Proporciona herramientas para facilitar la interacción activa entre los participantes del espacio de trabajo. • Permite la evaluación individual y autoevaluación durante el proceso de aprendizaje de los participantes del espacio de trabajo.
4. Facilita actividades grupales, interacción social, y lidera la comunicación para el aprendizaje social.	• Soporte para comunicaciones grupales y debates como chat, foros, conferencias virtuales en tiempo real.

5. Cumple con normas de salud local y regulaciones de seguridad.	• Tiene en cuenta aspectos de bienestar de los participantes. • Cumple normas de la universidad del valle para el desarrollo de aplicaciones. • Ofrece una interfaz gráfica intuitiva. • Cuenta con seguridad de información sensible.
6. Es sostenible	• Permite la adaptabilidad y escalabilidad. • Permite la migración tecnológica. • Garantiza el soporte oportuno a los usuarios de la plataforma. • Es durable. • Es estable/robusta. • Es rápida.

Tabla 5. Atributos deseables de espacios de trabajo CDIO proyectados a LRSD

Atributos Deseables	Laboratorio Remoto de Sistemas Digitales
1. Se encuentra al menos parcialmente organizada y manejada por estudiantes.	• Permite a los estudiantes formar grupos de trabajo, crear eventos, debates, conferencias y asignar sus roles.
2. Proporciona un equipo, mobiliario e instalaciones flexibles.	• Cuenta con cámara web para realimentación con kit de experimentación y otra para videoconferencias o entrevistas con el tutor.
3. Facilita el acceso a estudiantes en horas adicionales de las clases normales.	• Garantiza y controla el acceso de los usuarios desde cualquier lugar con conexión a Internet las 24 horas del día.
4. Proporciona el acceso a herramientas, equipos y software modernos y relevantes.	• El hardware y software con el que se va a trabajar debe tener actualización periódica.

La Figura 4 ilustra detalles específicos de los componentes del Laboratorio Remoto de Sistemas Digitales. El organigrama mostrado sirve de guía para especificación de requerimientos para cada módulo. Tales requerimientos brindan una perspectiva global de los aspectos que hacen parte del sistema completo y sirven de base para el desarrollo de fases posteriores.

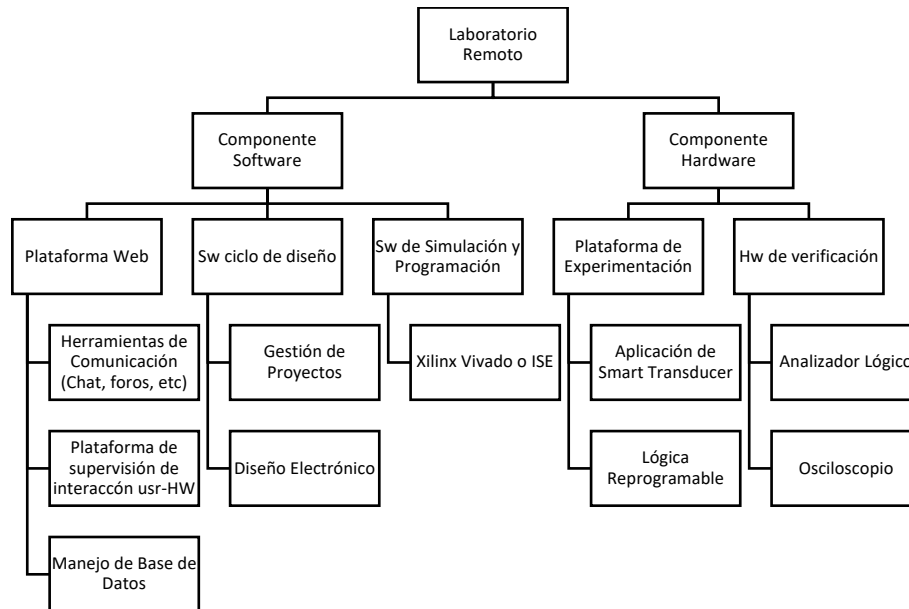


Figura 4. Identificación de Componentes *Hardware/Software* del Laboratorio Remoto de Sistemas Digitales - LRSD

El componente *Software* comprende la plataforma Web para la gestión de usuarios y el soporte para las aplicaciones de ciclo de diseño, síntesis, simulación e implementación de los circuitos y sistemas digitales en la plataforma reprogramable. El componente *Hardware* se encuentra dividido en dos bloques principales, el bloque de experimentación que contiene un módulo de dispositivos lógicos programables y un módulo para la desarrollar prácticas con transductores inteligentes; el segundo bloque es se encarga de la verificación del funcionamiento de los diseños implementados durante la práctica de laboratorio. La Figura 1, mostrada al comienzo de este informe, ilustra el diagrama general propuesto para la implementación del LRSD.

Objetivo específico

- Implementar el laboratorio de experimentación remota de acuerdo con las especificaciones definidas.

Cumplimiento del objetivo:

La Figura 5 ilustra todo el sistema definido en niveles de abstracción o capas, desde el nivel físico hasta la aplicación software. Se muestra la plataforma hardware basada en FPGA, como soporte para la reconfiguración parcial dinámica, un CPLD y un microcontrolador como dispositivos principales para gestionar y dar acceso a los recursos reconfigurables. La descripción del sistema incluye los aspectos técnicos relacionados con las tarjetas de Circuito Impreso (PCBs) desarrolladas.

La capa superior corresponde al componente *Software* que describe el desarrollo de una

aplicación web para el acceso remoto al prototipo hardware. La aplicación web ha sido desarrollada en un servidor *Dell Poweredge T430*, con Sistema operativo Linux y lenguaje de programación Ruby.

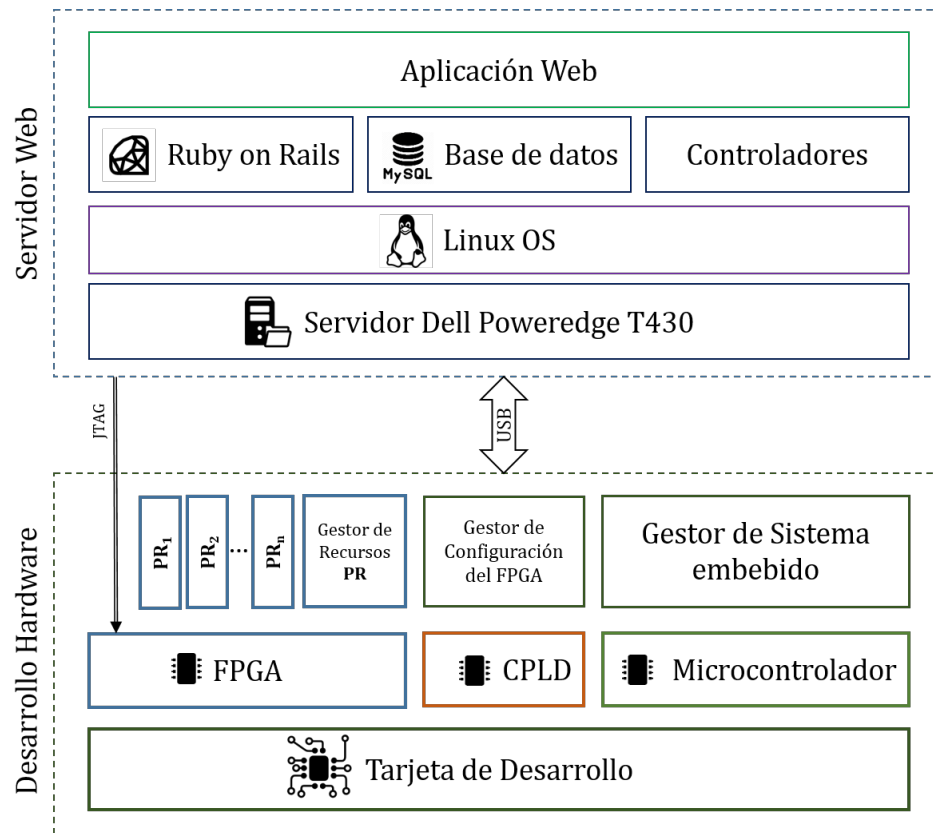


Figura 5. Capas del Sistema Desarrollado

La Figura 6 muestra un esquema general de la plataforma hardware. Ésta integra los bloques funcionales para lograr el desarrollo de sistemas electrónicos digitales por parte de los usuarios externos.

La plataforma hardware está conformada por una FPGA, una interfaz con memoria de respaldo, una interfaz de programación, un microcontrolador y un módulo de Comunicación (Figura 5). Las especificaciones técnicas de estos dispositivos determinan las reglas y caracterizan el diseño del PCB.

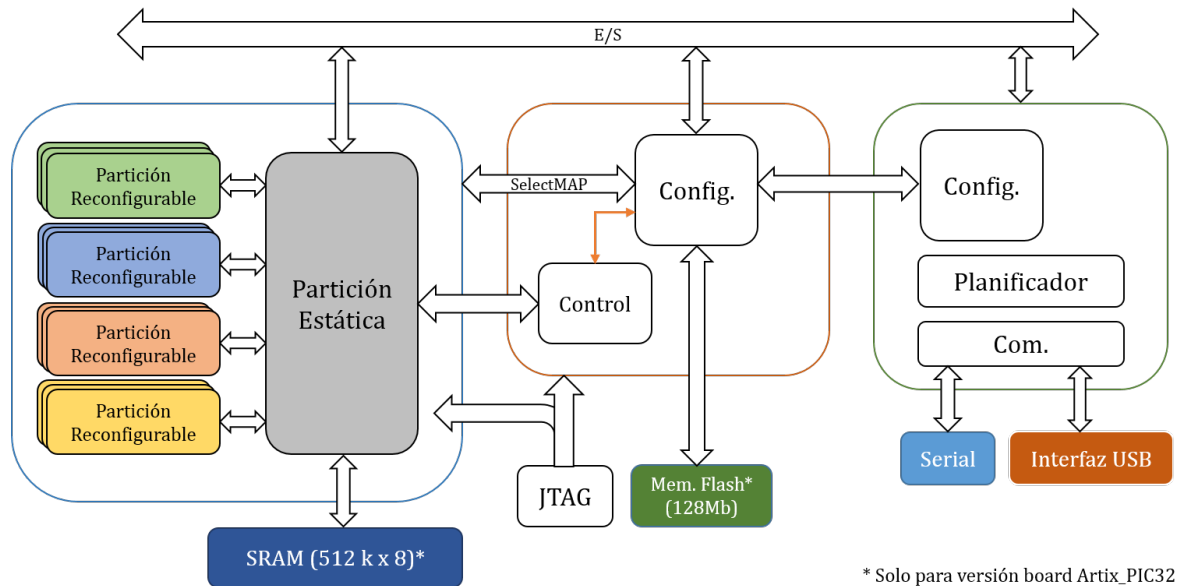


Figura 6. Bloques funcionales de la plataforma hardware

Las características de la tarjeta de entrenamiento desarrollada son las siguientes:

- Cuenta con módulos de memoria *Flash* y *SRAM*.
- Se utiliza una *FPGA XC7A35T* de la familia *Artix-7* de Xilinx.
- Disponibilidad de modos de configuración paralelo/serie, los modos *SelectMAP* y *JTAG*.
- Interfaces de E/S básicas como *leds* y *switches*.
- Conectores de expansión para la conexión de módulos externos para prácticas específicas de interfaces con hardware externo.
- Microcontrolador MCU de Microchip de 32 bits, con soporte a una conexión USB.
- En el Microcontrolador se puede implementar un sistema operativo en tiempo real (por ejemplo *FreeRTOS*)

La Figura 7 muestra un esquema circuital obtenido con la herramienta *Altium Designer* para diseño de tarjetas de circuito impreso. La Figura 8 ilustra el diseño obtenido de la capa inferior (plano de alimentación) de la tarjeta impresa, es importante aclarar que esta se implementó en dos capas. La Figura 9 una fotografía de la tarjeta desarrollada con todos los dispositivos ensamblados.

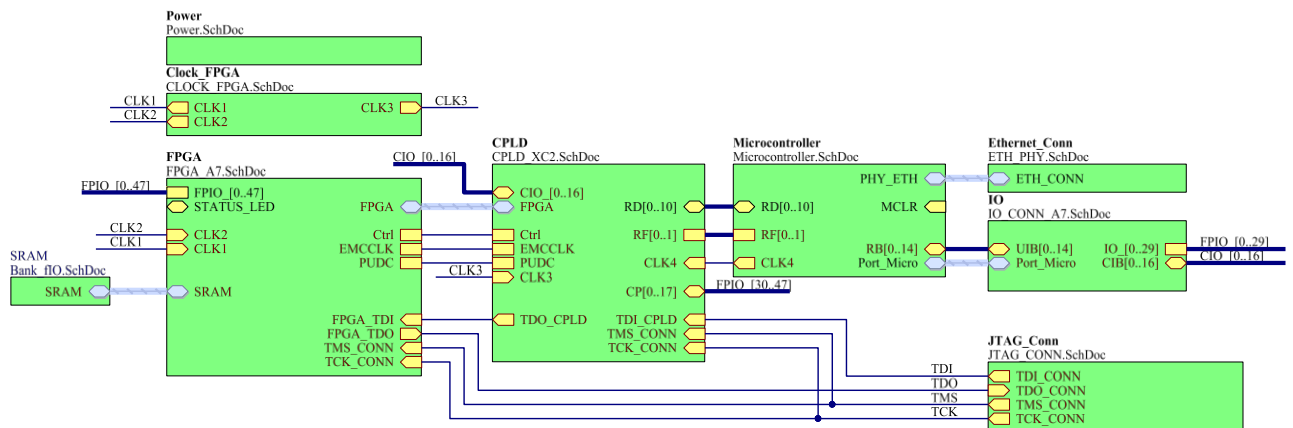


Figura 7. Diseño esquemático de tarjeta en *Altium Designer*

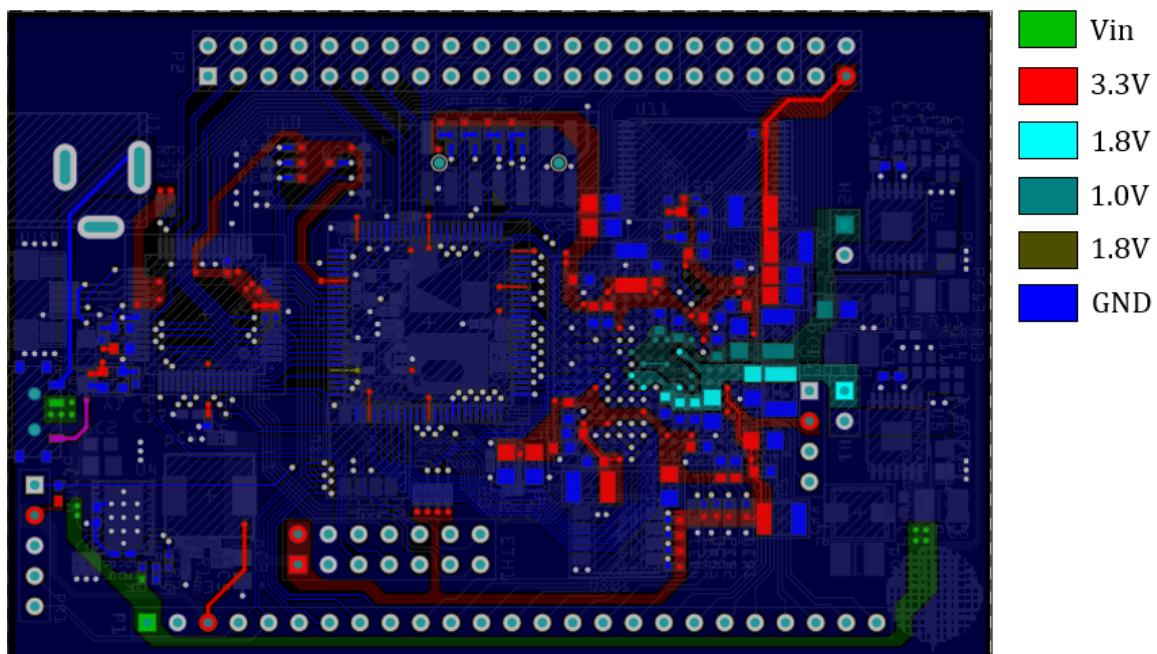


Figura 8. Capa inferior de la tarjeta como plano de Alimentación

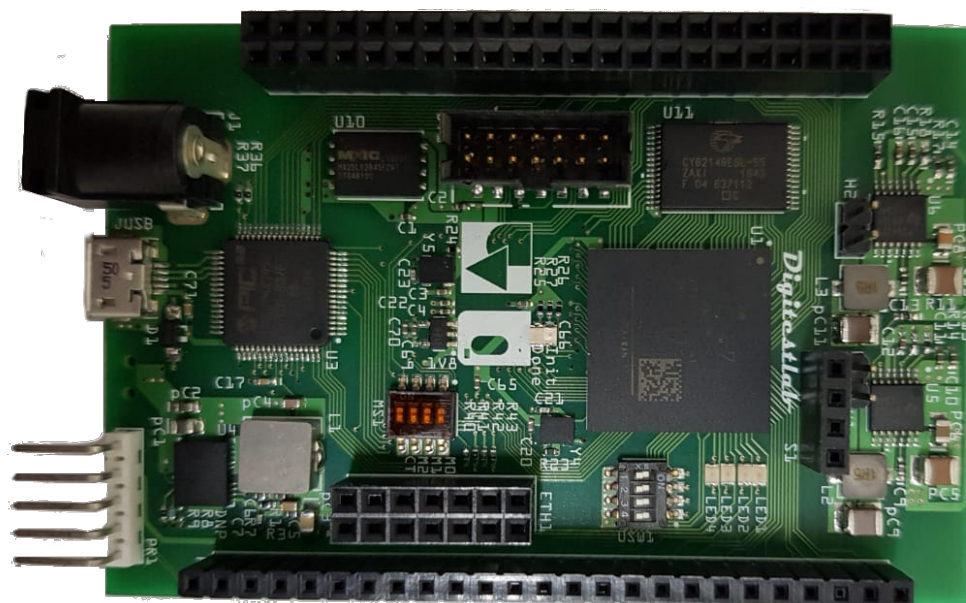


Figura 9. Tarjeta desarrollada

En la Figura 10 se aprecia la prueba de conexión de la tarjeta con la interfaz de usuario de la plataforma software para verificar la detección de los recursos disponibles, la *FPGA xc7a35T* y el *CPLD xc2c64a*.

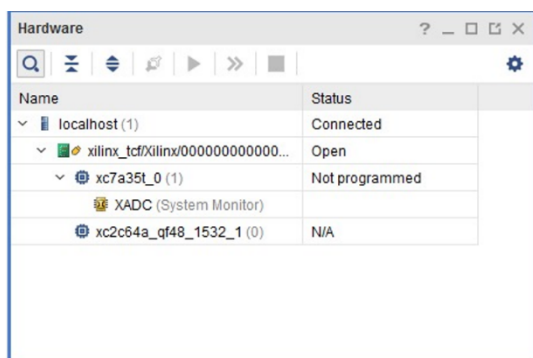


Figura 10. Conexión de Tarjeta con el software de desarrollo

La detección de la tarjeta por parte del software comprueba la funcionalidad del dispositivo.

Objetivo específico

- Validar la usabilidad y operatividad del recurso implementado.

Cumplimiento del objetivo

En su proyecto de investigación de Maestría en Ingeniería, con énfasis en Electrónica, el Ing. Ferney Enríquez desarrolló la *Aplicación Software* para el acceso remoto al prototipo hardware. La aplicación permite un acceso multiusuario a la herramienta software *Vivado designer* mediante comandos TCL (*Transaction Control Language*), con opciones básicas para la creación, simulación, síntesis e implementación de proyectos hardware que luego son cargados en la FPGA de la tarjeta de desarrollo. La aplicación sigue el diagrama de flujo ilustrado en la Figura 11. La implementación de un proyecto global, incluye la totalidad de la lógica del dispositivo FPGA.

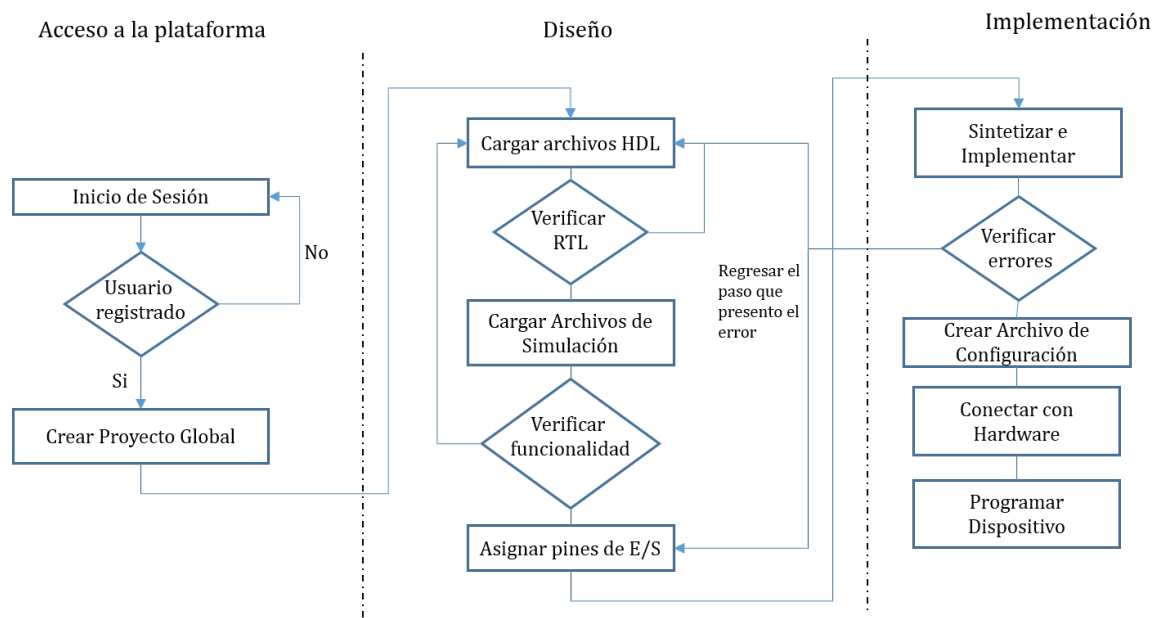


Figura 11. Proceso general de un proyecto global

La Figura 12 ilustra los pasos en el desarrollo de un proyecto de reconfiguración parcial. En este tipo de ejercicios, se crea inicialmente un proyecto global para efectos de verificación funcional del diseño del usuario, y luego se carga un proyecto global que describa las particiones que puedan ser accedidas y compartidas por los usuarios, de acuerdo con restricciones ya definidas.

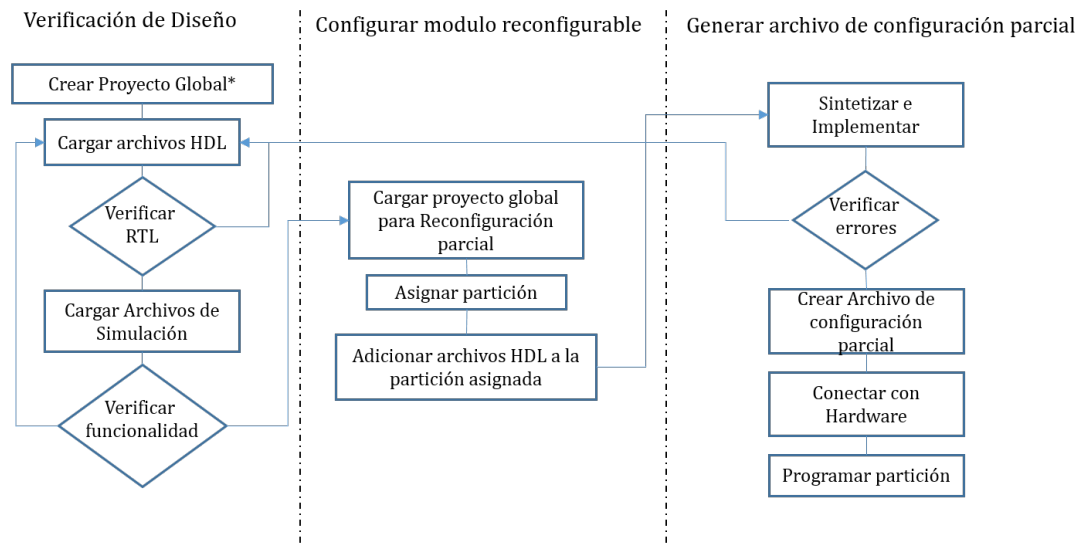
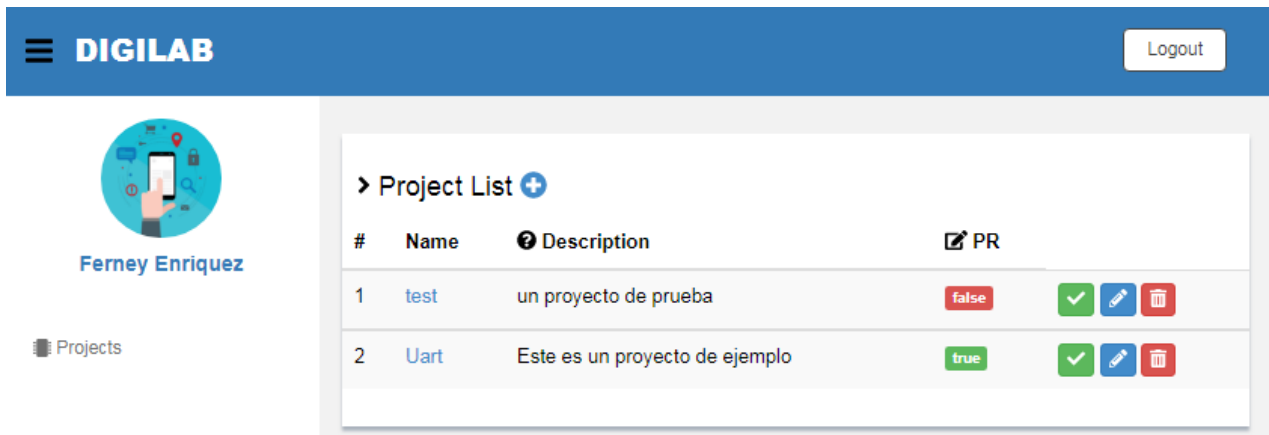


Figura 12. Proceso general de un proyecto parcial

La página principal presenta la información básica del proyecto. Cada usuario debe registrarse en la página para tener acceso a las funciones de la aplicación. Una vez registrado, puede relacionar los proyectos ya creados con su nuevo diseño (Figuras 13 y 14).



DIGILAB Logout

 **Ferney Enriquez**

Projects

> Project List +

#	Name	Description	PR
1	test	un proyecto de prueba	false
2	Uart	Este es un proyecto de ejemplo	true

Figura 13. Listado de proyectos en plataforma web

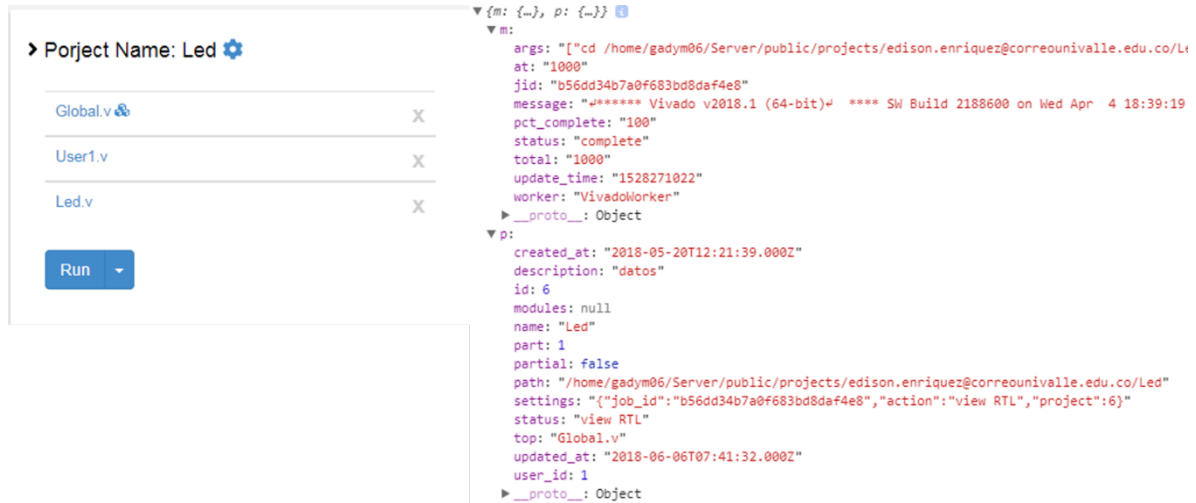


Figura 14. Lista de proyectos y ejecución de comando TCL desde la aplicación web

La aplicación está desarrollada con bloques dinámicos que pueden trabajar de forma asíncrona, para atender solicitudes sin recargar completamente la aplicación web (Figura 15), esto facilita la interacción con la aplicación.

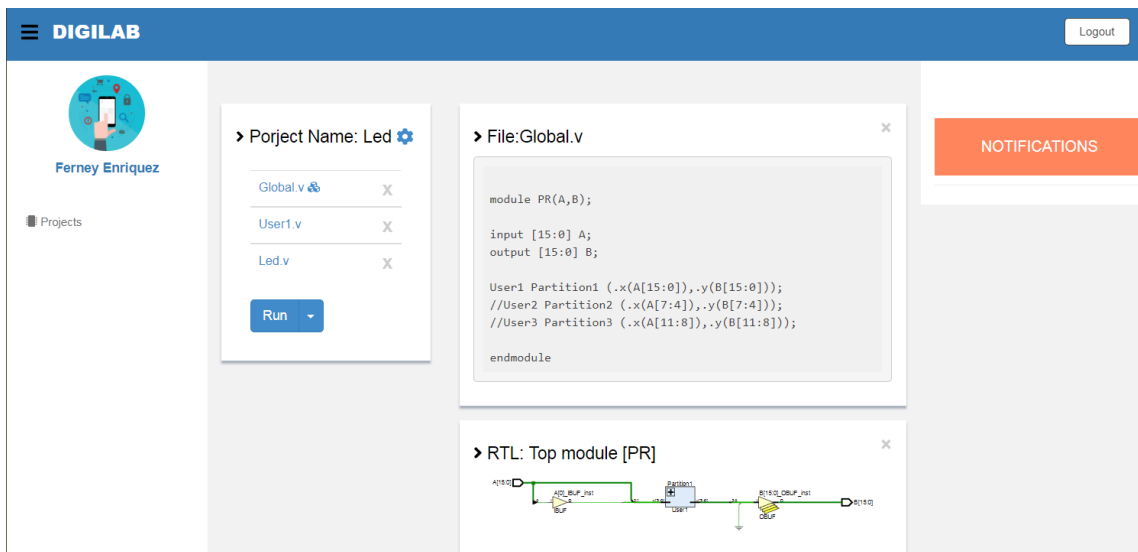


Figura 15. Vista general de la aplicación web con bloques dinámicos

La Prueba de acceso simultáneo a la plataforma remota se realizó con tres usuarios diferentes. Estos ejecutaron síntesis a *Nivel de Transferencia de Registros (Register Transfer Level: RTL)* de forma simultánea, siendo ésta una de las tareas de mayor demanda para el sistema. Con esta prueba se ejecuta la interfaz gráfica del software *Vivado designer* para exportar el diseño RTL generado en un gráfico en formato SVG (*Scalable Vector Graphics*). La Figura 16 muestra el panel del proyecto para un usuario *administrador* con permisos para acceder a la configuración global de la FPGA. El proyecto global corresponde al diseño de bloques internos para prueba de conexión con 4 particiones.

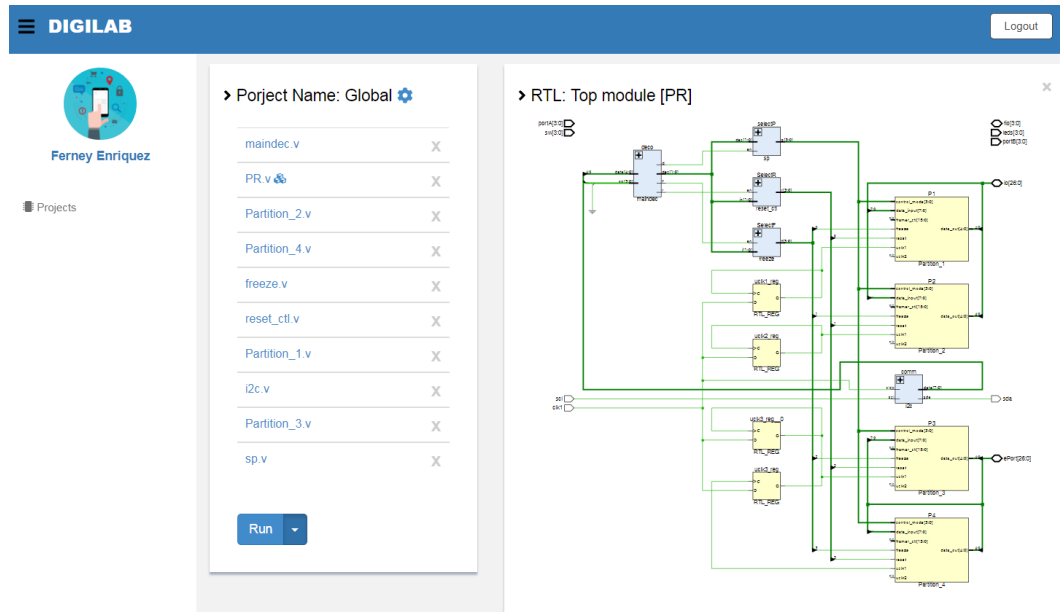


Figura 16. Panel de administrador con la configuración global del sistema

La Figura 17 muestra la interfaz del proyecto para un usuario que tiene acceso a la configuración de una de las particiones. La figura ilustra un ejemplo se realiza una configuración básica utilizando solo dos de las señales dispuestas para esta partición.

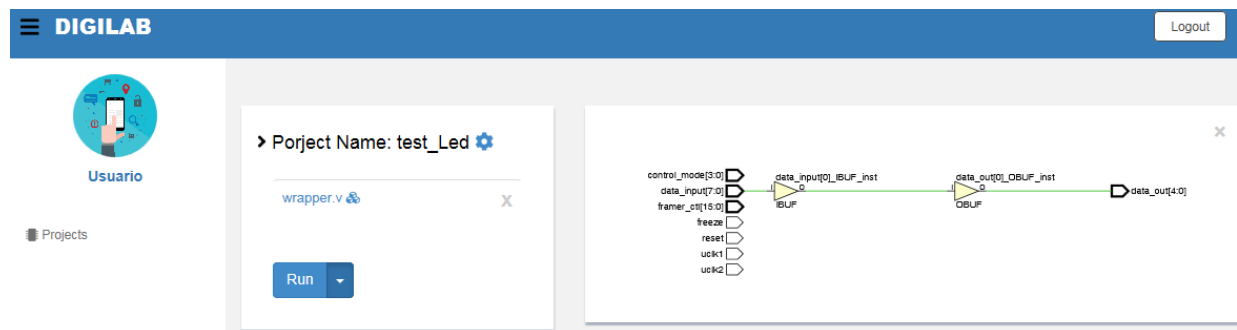


Figura 17. Panel de un segundo usuario para la edición de un módulo reconfigurable

La Figura 18 muestra el inicio y final de los procesos con *ActiveJobs*. Cada proceso es identificado con un JID que permite hacer el seguimiento de la tarea que se ejecuta, e interactúa con la información que entrega cada proceso. Al finalizar cada uno de los hilos del proceso, el sistema reporta el tiempo de ejecución.

Inicio	2018-07-11T10:18:49.537Z 46545 TID-owjskv9r1 VivadoWorker JID-8853d7dc62d34258c392b007 INFO: start
	2018-07-11T10:18:52.077Z 46545 TID-owjslzkp VivadoWorker JID-d8d1b72286780d9c6a6f3752 INFO: start
	2018-07-11T10:18:57.279Z 46545 TID-owjskuc99 VivadoWorker JID-ba98f132f0f3db1e2bf1d9b4 INFO: start
Fin	2018-07-11T10:21:03.318Z 46545 TID-owjskv9r1 VivadoWorker JID-8853d7dc62d34258c392b007 INFO: done: 133.781 sec
	2018-07-11T10:21:15.139Z 46545 TID-owjslzkp VivadoWorker JID-d8d1b72286780d9c6a6f3752 INFO: done: 143.062 sec
	2018-07-11T10:21:17.206Z 46545 TID-owjskuc99 VivadoWorker JID-ba98f132f0f3db1e2bf1d9b4 INFO: done: 139.927 sec

Figura 18. Hilos con *ActiveJobs* para compilar RTL de proyectos de 3 usuarios diferentes

Debido a que la síntesis del diseño en esquema RTL requiere abrir la interfaz gráfica de *Vivado*

designer, el servidor inicia una ventana por cada proceso. La Figura 19 muestra 3 ventanas en ejecución que corresponden a la síntesis de los proyectos de cada usuario para esta prueba.

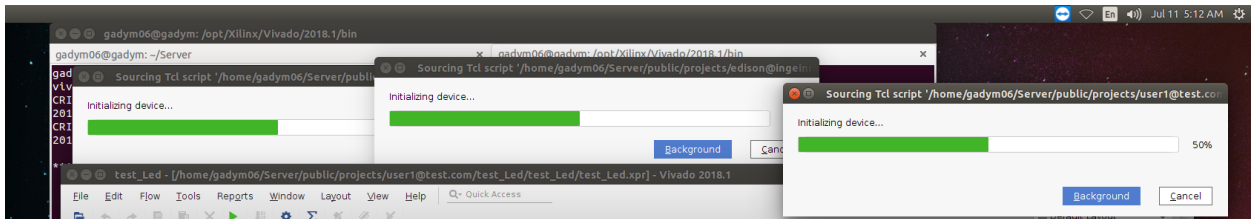


Figura 19. Ejecución de compilación remota de proyectos en *Vivado Designer*

Metodología

El logro los objetivos se basó en el desarrollo de la siguiente metodología discriminada por actividades:

1. Revisión Bibliográfica
 - a. Documentación de los *Syllabus* y estándares de la iniciativa CDIO, en el marco de la enseñanza para ingeniería.
 - b. Documentación de modelos de aprendizaje activo y su relevancia para el desarrollo de las habilidades sugeridas en la iniciativa CDIO.
 - c. Relación de trabajos similares y pertinentes para la implementación de estrategias de aprendizaje activo en ingeniería electrónica.
 - d. Revisión de información relevante sobre laboratorios en línea e integración de TICs para la educación en ingeniería electrónica.
 - e. Documentación de los resultados de la revisión bibliográfica
2. Establecimiento de lineamientos para la implementación de estándares CDIO desde el microcurrículo.
 - a. Diseño de un modelo de selección y adaptación de los recursos didácticos más relevantes para el desarrollo de habilidades específicas en ingeniería electrónica.
 - b. Valoración cualitativa de la pertinencia de los recursos didácticos relacionados, en el marco de los estándares 6 y 8 de la iniciativa CDIO.
 - c. Proyección del modelo de adaptación diseñado desde asignaturas del Programa de Ingeniería Electrónica, con base en la valoración realizada.
3. Selección de un área de énfasis del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle para la implementación de un espacio de trabajo.
 - a. Selección de asignaturas que, de acuerdo con la proyección del modelo de adaptación diseñado en la actividad anterior, revelen una mayor necesidad de implementación de un espacio de trabajo de tipo laboratorio para desarrollo de habilidades experienciales.

4. Diseño de mecanismos de soporte para la implementación de estrategias de aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje colaborativo en un laboratorio de experimentación remota.
 - a. Proposición de estrategias didácticas para la implementación del aprendizaje activo y colaborativo en las asignaturas seleccionadas.
 - b. Elaboración de un plan de actividades, en el marco del aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje colaborativo, para su implementación en las asignaturas seleccionadas, con base en las competencias específicas que debe mostrar el estudiante al finalizar su proceso.
 - c. Selección y clasificación de actividades dentro y fuera del aula, considerando la modalidad educativa y la pertinencia.
 - d. Definición de las especificaciones funcionales y de contenido de un espacio de trabajo de tipo laboratorio que garantice la realización total o parcial de las actividades experienciales clasificadas.
5. Establecimiento detallado de las especificaciones técnicas del espacio de trabajo, con base en las funciones y contenido definidos en el marco de los estándares 6 y 8 de CDIO.
 - a. Definición de la arquitectura general del laboratorio de experimentación.
 - b. Definición de las especificaciones hardware y software, de acuerdo con la arquitectura seleccionada, para el cumplimiento de las especificaciones funcionales y de usuario establecidas.
6. Diseño e implementación del laboratorio de experimentación
 - a. Especificación por bloques del sistema
 - b. Definición de interfaces y selección de los principales dispositivos de programación y configuración para la plataforma hardware.
 - c. Selección de plataformas para el desarrollo de las aplicaciones cliente-servidor
 - d. Diseño de interfaz gráfica de usuario de acuerdo con las especificaciones funcionales definidas e integrando servicios Web 3.0.
 - e. Diseño de un modelo de autoevaluación permanente que se aplique en línea y cuya valoración sea reportada a un usuario administrador de la plataforma. Esto se puede realizar de acuerdo con los syllabus descritos para los estándares CDIO.
 - f. Diseño jerárquico de la plataforma hardware y especificación de protocolos de comunicación.
 - g. Selección de materiales y diseño detallado de la placa de experimentación, teniendo en cuenta documentación técnicas de tales materiales.
 - h. Diseño y trazado del PCB (*Printed Circuit Board*).
 - i. Fabricación y ensamble del PCB.
 - j. Implementación de los módulos software en un equipo servidor local para pruebas de comunicación con hardware.

- k. Implementación de contenidos y funciones en aplicación Web, así como las bases de datos necesarias.
 - l. Conexión del servidor a internet y configuración para acceso remoto.
 - m. Conexión de la placa de experimentación al servidor y ajuste de protocolos de comunicación.
7. Verificación funcional y pertinencia del sistema
- a. Realización de pruebas modulares con vectores preestablecidos
 - b. Realización de pruebas de transferencia local de datos entre módulos hardware y software.
 - c. Aplicación de modificaciones y ajustes conforme al ciclo de diseño.
 - d. Interconexión de todos los bloques del sistema y aplicación de actividades preseleccionadas para verificar funcionamiento mínimo.
 - e. Diseño y aplicación de pruebas de usabilidad, considerando las actividades y estrategias didácticas que debe soportar el espacio de trabajo implementado.
 - f. Verificación de la utilidad de autoevaluación permanente y establecimiento de criterios para reajustes periódicos del sistema conforme a ello.

Resultados obtenidos

- Un (1) prototipo hardware para experimentación remota en el área seleccionada, con soporte para diseño e implementación de funciones electrónicas, derivadas de las actividades propuestas en los numerales 4 y 5 de la metodología.
- Una (1) aplicación Web para el acceso de la comunidad académica hacia la plataforma de experimentación definida como espacio de trabajo para el programa de Ingeniería Electrónica, con base en los estándares CDIO.
- Un (1) documento con la relación de actividades y recursos, desde el enfoque microcurricular del área de énfasis seleccionada, para implementación de didácticas del aprendizaje activo.
- Un (1) modelo metodológico para la adaptación de didácticas del aprendizaje activo, colaborativo y cooperativo en los laboratorios de experimentación local y/o remota, con base en los lineamientos CDIO.

Principales conclusiones y/o recomendaciones

Dando cumplimiento a los objetivos planteados y con base en los productos obtenidos en el desarrollo del proyecto, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se desarrolló un laboratorio de experimentación remota como un espacio de trabajo en el marco de la iniciativa CDIO (*Conceiving, Designing, Implementing, Operating*), para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje en los programas académicos de Ingeniería Electrónica.

2. Se desarrolló una tarjeta electrónica de entrenamiento basada en dispositivos programables y configurables la cual se constituye, no solo un producto de innovación tecnológica, sino también como un recurso relevante para la ejecución de didácticas propias de los procesos de educación en ingeniería electrónica. Este recurso se integra en una red, en el marco del Internet de las Cosas (*Internet of Things: IoT*), en el que su acceso y operación está dirigido a la formación en ingeniería bajo la iniciativa CDIO.
3. El análisis de las características de los espacios de trabajo propuestos por el estándar 6 (espacios de trabajo en ingeniería) del CDIO, han sido importantes en la identificación de los requisitos para la implementación de un laboratorio remoto destinado a capacitar estudiantes de ingeniería electrónica.
4. La correcta formulación de los requisitos establecidos en el estándar 6 tiene un impacto importante en la adaptación del estándar 8 del CDIO (aprendizaje activo), debido a las implicaciones del papel del estudiante en este proceso.
5. El principal producto de la investigación es un sistema informático conformado por un sistema hardware para la experimentación con interfases de E/S y de comunicación, y una aplicación software que permite el acceso a varios usuarios (clientes) a la implementación y pruebas de sistemas digitales a través de una plataforma con servicios Web 3.0.
6. El desarrollo del proyecto de investigación, de forma implícita, propone un modelo metodológico para la adaptación de didácticas de aprendizaje activo, colaborativo y cooperativo en los laboratorios de experimentación local y/o remota, con base en los lineamientos CDIO, lo que permitirá apoyar los procesos de reforma curricular de los programas de ingeniería electrónica.
7. El desarrollo del Laboratorio Remoto, desde el punto de vista técnico/tecnológico es un buen ejemplo de interacción hardware/software, al integrar una plataforma Web para gestión de usuarios y dar soporte para la síntesis de sistemas digitales en una plataforma hardware reprogramable.

4. Impactos actual o potencial:

Impactos esperados a partir del uso de los resultados:

Los impactos no necesariamente se logran al finalizar el proyecto, ni con la sola consecución de los resultados/productos. Los impactos esperados son una descripción de la posible incidencia del uso de los resultados del proyecto en función de la solución de los asuntos o problemas estratégicos, nacionales o globales, abordados. Generalmente se logran en el mediano y largo plazo, como resultado de la aplicación de los conocimientos o tecnologías generadas a través del desarrollo de una o varias líneas de investigación en las cuales se inscribe el proyecto. Los impactos pueden agruparse, entre otras, en las siguientes categorías: sociales, económicos, ambientales, de productividad y competitividad. Para cada uno de los impactos esperados se deben identificar indicadores cualitativos o cuantitativos verificables así:

Tabla. Impactos esperados:

Impacto esperado	Plazo (años) después de finalizado el proyecto: corto (1- 4), mediano (5-9), largo (10 o más)	Indicador verificable	Supuestos*
Referente local de implementación de la iniciativa CDIO desde un enfoque micro-curricular (como una línea de énfasis o un segmento de currículo)	Corto y mediano plazo	Número de asignaturas o cursos que estén considerando la adaptación de la metodología propuesta o que ya la estén implementando con el fin de utilizar la iniciativa CDIO en el Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Valle.	Disponibilidad física y funcional del espacio de trabajo, así como del recurso humano y la exposición de criterios claros de uso y asignación del recurso.
Aporte a la reforma curricular del Programa de Ingeniería Electrónica. Con los resultados se podrá mostrar la pertinencia de la aplicación de la iniciativa CDIO.	Mediano y Largo plazo	Consenso positivo y argumentado para adoptar la iniciativa CDIO en la construcción del nuevo <i>pensum</i> de Ingeniería Electrónica.	Participación activa del Grupo GADyM en el proceso de reforma curricular. Que las bondades brindadas por la metodología hayan sido probadas y adaptadas en al menos un área de trabajo en la EIEE.
Vincular la plataforma hardware al marco de las nuevas tendencias de uso de la Web de tal manera que pueda ser adaptada con posterioridad a aplicaciones mas complejas y con mejores prestaciones.	Mediano plazo	Presentación de una nueva propuesta de investigación que abarque nuevas tendencias tecnológicas en hardware y software en beneficio de la educación activa.	Disponibilidad presupuestal para nuevas convocatorias de los sectores públicos y/o privados.

5. Productos:

Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
		1				0		
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
Libros de autor que publiquen resultados de investigación								
Capítulos en libros que publican resultados de investigación								
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados								
☐ Prototipos y patentes								
☐ Software	1				1			
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial	1				1			
Normas basadas en resultados de investigación								
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados		No. de tesis		No. De estudiantes Vinculados		No. De tesis	
Estudiantes de pregrado	2		2		2		2	
Semillero de Investigación	2		2		2		2	
Estudiantes de maestría	1		1		1		1	
Estudiantes de doctorado								
Joven investigador								

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
	1	1	1	1
Propuesta de investigación				
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		0	

Tabla No. 2. Detalle de productos

Para cada uno de los productos obtenidos y relacionados en la tabla anterior, indique la información solicitada para cada uno, anexando copia de las respectivas constancias. Como anexo a este formato encontrará el instructivo para la revisión de informes finales y productos.

Tipo de producto:	Trabajo de Grado
Nombre General:	Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniera Electrónica en el Programa Académico de Ingeniería Electrónica de la EIEE de la Universidad del Valle
Nombre Particular:	Red de Transductores Inteligentes para laboratorio Remoto
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, 12 de junio de 2019
Participantes:	Antea Ruiz Melo, estudiante de Ingeniería Electrónica Rubén Darío Nieto Londoño, Profesor EIEE, Director de Trabajo de Grado
Sitio de información:	Oficina de Programa Académico de Ingeniería Electrónica – EIEE Biblioteca Central
Formas organizativas:	Área de Arquitecturas Digitales Grupo de Investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica - GADyM

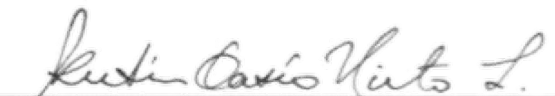
Tipo de producto:	Trabajo de Grado
Nombre General:	Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Electrónico en el Programa Académico de Ingeniería Electrónica de la EIEE de la Universidad del Valle
Nombre Particular:	Sistema de monitoreo de variables asociadas con la generación de energía solar térmica, usando el concepto de Internet de las Cosas (<i>Internet Of Things: IoT</i>).
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, 15 de febrero de 2018
Participantes:	Javier Andrés Forero Narváez, estudiante de Ingeniería Electrónica Rubén Darío Nieto Londoño, Profesor EIEE, Director de Trabajo de Grado
Sitio de información:	Oficina de Programa Académico de Ingeniería Electrónica – EIEE Biblioteca Central
Formas organizativas:	Área de Arquitecturas Digitales Grupo de Investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica - GADyM

Tipo de producto:	Trabajo de Investigación (Tesis de Maestría)
Nombre General:	Trabajo de Investigación para optar al Título de Magister en Ingeniería, énfasis en Ingeniería Electrónica en el Programa de Posgrado en Ingeniería Eléctrica y Electrónica (PPIEE) de la EIEE de la Universidad del Valle.
Nombre Particular:	Desarrollo de un sistema multiplataforma para el acceso paralelo remoto a un recurso programable por múltiples usuarios.
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, 26 de septiembre de 2018
Participantes:	Édison Ferney Enríquez Ceballos, estudiante de Maestría Ingeniería, énfasis en Electrónica Rubén Darío Nieto Londoño, Profesor EIEE, Director de Tesis de Grado
Sitio de información:	Oficina de PPIEE – EIEE Biblioteca Central
Formas organizativas:	Área de Arquitecturas Digitales Grupo de Investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica - GADyM

Tipo de producto:	Producto de Divulgación: Ponencia Institucional
Nombre General:	Ponencia Institucional, en el marco del 9º Simposio de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle
Nombre Particular:	Iniciativa CDIO Aplicada a un Entorno de Aprendizaje Remoto en el Área de Circuitos Digitales Caso de Estudio: Asignatura Arquitecturas de Computadores
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, 18-21 de octubre de 2016
Participantes:	Ing. Náthaly Nieto Ramírez, Ing. Édison Ferney Enríquez Ceballos, estudiantes de Maestría Ingeniería, énfasis en Electrónica Rubén Darío Nieto Londoño, Director de Proyecto de Investigación
Sitio de información:	Oficina de PPIEE – EIEE Oficina Profesor Rubén Darío Nieto, EIEE.
Formas organizativas:	Área de Arquitecturas Digitales Grupo de Investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica - GADyM

Tipo de producto:	Producto de Divulgación: Ponencia Nacional
Nombre General:	IX Jornada Técnico-Científica CEIFI 2016 – Centro de Estudios e Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío
Nombre Particular:	Planteamiento de un Sistema para el Acceso Remoto Simultáneo a un Dispositivo Reconfigurable
Ciudad y fechas:	Armenia - Quindío, 10 y 11 de marzo de 2016
Participantes:	Ing. Édison Ferney Enríquez Ceballos, estudiantes de Maestría Ingeniería, énfasis en Electrónica Rubén Darío Nieto Londoño, Director de Proyecto de Investigación
Sitio de información:	Oficina de PPIEE – EIEE Oficina Profesor Rubén Darío Nieto, EIEE.
Formas organizativas:	Área de Arquitecturas Digitales Grupo de Investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica - GADyM

Tipo de producto:	Producto de Divulgación: Ponencia Internacional
Nombre General:	<i>Proceedings of the 15th International CDIO Conference, Aarhus University.</i> ISBN (pdf): 978-87-7507-459-4 DOI: 10.7146/aul.347 Distribution: ebooks.au.dk/aulCDIO Initiative Proceedings of the International CDIO Conference ISSN 2002-1593 Aarhus, 24 June 2019
Nombre Particular:	<i>REMOTE LABORATORIES IN ELECTRONICS ENGINEERING: CDIO WORKSPACES OR RESOURCES?</i>
Ciudad y fechas:	<i>Aarhus, Denmark, June 25–27, 2019</i>
Participantes:	Jorge Iván Marín, Profesor Universidad del Quindío, Armenia-Quindío Alexander Vera Tasamá, Profesor Universidad del Quindío, Armenia-Quindío Rubén Darío Nieto Londoño, Profesor Universidad del Valle, Cali-Valle Édison Ferney Enríquez Ceballos, Profesor Universidad del Valle, Cali-Valle
Sitio de información:	Decanatura de Investigaciones, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle Oficina Profesor Rubén Darío Nieto, EIEE.
Formas organizativas:	Digital Signal Processing and Processors (GDSPROC). Grupo de Investigación de Arquitecturas Digitales y Microelectrónica - GADyM


Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

*Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11,
con espacios de 1 1/2*