



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

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

# **ESTUDIO DE LA ALTERNATIVA DE AMBIENTES VIRTUALES COLABORATIVOS COMO HERRAMIENTA DE APOYO A LABORATORIOS TELE-OPERADOS EN INGENIERÍA**

**Ronald Zamora Musa**

**Corporación Universidad de la Costa  
Barranquilla, Colombia**

**José Luis Villa Ramírez**

**Universidad Tecnológica de Bolívar  
Cartagena, Colombia**

## **Resumen**

Un laboratorio remoto es un sistema por medio del cual un estudiante puede tele-operar desde un sitio remoto los equipos que se encuentran físicamente en la Universidad, siendo estos un resultado del desarrollo y uso de las TIC en el aula, que contribuye al mejoramiento de los procesos educativos e investigativos generando así estrategias efectivas en ingeniería.

La implementación de los laboratorios tele-operados, ha generado innovación en la formación de los ingenieros teniendo en cuenta que no existe restricción espacial y/o temporal para la experimentación, debido a que no es necesario que estudiante y laboratorio coincidan en un espacio físico, flexibilizando de esta manera el horario de uso del mismo y adecuando la enseñanza práctica en ingeniería con respecto a las necesidades de los estudiantes; adicionalmente con el uso de laboratorios tele-operados es posible adquirir aprendizaje significativo y autónomo por fuera de los horarios impuestos en los laboratorios tradicionales, aumentando así el uso de horas prácticas, siendo este un factor diferenciador en la formación de los ingenieros.

Una debilidad que se puede mencionar con respecto al uso de laboratorios tele-operados en ingeniería donde normalmente es un solo estudiante quien está haciendo uso del mismo, lo que va en contravía con respecto al aprendizaje colaborativo, debido a lo anterior surge la propuesta innovadora de impacto en la educación practica en ingeniería, de utilizar ambientes virtuales colaborativos como herramienta de apoyo a laboratorios tele-operados.

En este trabajo se propone una arquitectura para un laboratorio tele-operado apoyado en ambientes virtuales colaborativos de aprendizaje con particular aplicación en Ingeniería Electrónica.

**Palabras clave:** ambientes virtuales; laboratorio tele-operado; trabajo colaborativo

### ***Abstract***

*A remote laboratory is a system where students can tele-operate devices that are physically in the University from a remote site, which is a result of the developing and use of IT in the classroom, contributing to the improvement of the educational processes and researching, generating effective strategies in engineering.*

*The implementation of tele-operated laboratories, has generated innovation in the engineer training, considering that there is not any spatial and / or temporal restriction for experimentation, because it is no necessary that students and laboratories match in the same physical space, easing the use of schedules and adapting the practice teaching in engineering, referred to the needs of students; additionally, with the use of tele-operated laboratories is possible to acquire a significant and autonomous learning, independent of the schedules imposed in traditional laboratories, thereby, increasing the use of practical hours, this is a differentiating factor in the engineers training process.*

*A weakness that can be mentioned about the use of tele-operated laboratories in engineering is that normally a single student uses it, and it goes against the collaborative learning, due this, it comes an innovative proposal that impact the engineering practice education, using collaborative virtual environments as a tool to support tele-operated laboratories.*

*This paper proposes the architecture for a tele-operated laboratory supported in collaborative virtual learning environments, with a particular apply in Electronic Engineering.*

**Keywords:** *virtual environments; tele-operated laboratory; collaborative work*

## **1. Introducción**

La arquitectura de un laboratorio tele-operado con apoyo de ambientes virtuales colaborativos, tiene la potencialidad de lograr niveles más altos en las interacciones entre los estudiantes teniendo en cuenta la unión de las características del laboratorio remoto con la ventaja de trabajar de forma interdependiente generando así una construcción cognitiva, interactiva y multi-perspectiva, lo cual es necesario para resolver problemas complejos de ingeniería; adicionalmente este tipo de laboratorio tiene la posibilidad de tener características globales teniendo en cuenta que los estudiantes podrían interactuar desde cualquier parte del mundo.

Actualmente los laboratorios tele-operados están empezando a tener presencia en una dimensión virtual y colaborativa que en principio fue creada y usada para interacción social-virtual, ésta dimensión inmersiva (Kapp & O'Driscoll, 2010) es un entorno donde los estudiantes y/o investigadores son representados mediante un avatar mediante el cual pueden relacionarse con otros avatares con el principal propósito de aprender.

En los ambientes virtuales colaborativos debe existir interacción entre los estudiantes para la realización de actividades que generan interdependencia entre los miembros del grupo, utilizando técnicas que conllevan a una construcción cognitiva, interactiva y social común, con lo cual se alcanzan resultados óptimos en el desarrollo de los laboratorio tele-operados.

El documento está estructurado de la siguiente manera, en la sección que viene a continuación se realiza una caracterización de los ambientes virtuales colaborativos, de la misma manera se mencionan arquitecturas y áreas de aplicación; en la sección posterior se detallan algunos de las herramientas educacionales para entornos colaborativos y en la última sección se muestran comentarios a manera de conclusión.

## 2. Características de los ambientes virtuales colaborativos

El uso de entornos colaborativos en los laboratorios tele-operados generan valor agregado en el desarrollo de competencias y habilidades en los estudiantes (Ma & Nickerson, 2006); en estos entornos también se debe tener en cuenta teorías cognitivas y sociales acerca de la motivaciones y respuestas actitudinales que se pueden presentar en los estudiantes (Mayer & Alexander, 2011)

Los ambientes virtuales colaborativos presentan estrategias efectivas para la educación de las ciencias y en los laboratorios permite que se pueda tener mejores resultados y el desarrollo de actividades como predicción, experimentación, análisis entre otras. El diseño en los laboratorios tele-operados puede tener diferentes formas de colaboración e interacción a través de la inmersión permitiendo el incremento de la efectividad en el aprendizaje (Nickerson et al., 2007); de la misma manera el trabajo colaborativo presentan varios aspectos como la interacción e interdependencia entre los estudiantes, en la siguiente figura se ilustran los aspectos del trabajo colaborativo.

Figura 1. Aspectos del trabajo colaborativo.

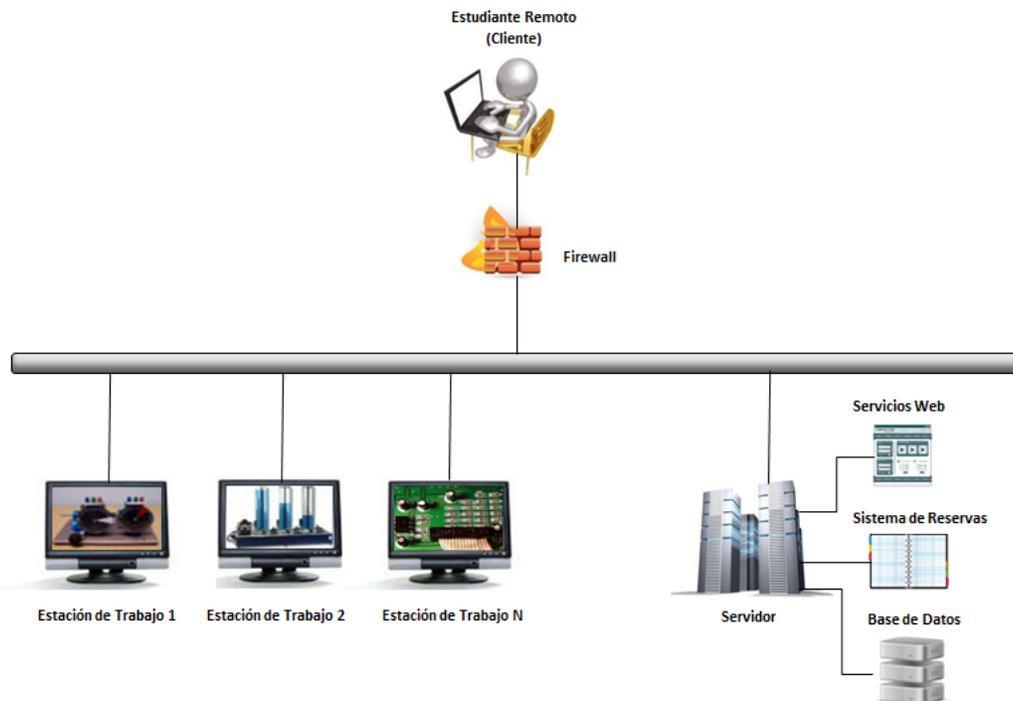


Fuente: Adaptado de Martínez (2003)

Con respecto a la arquitectura utilizada por un laboratorio tele-operado, se puede mencionar que a nivel general está soportada por un entorno cliente – servidor; en donde el cliente es el estudiante o usuario remoto que accede y tele-opera los dispositivos, y el servidor es toda la infraestructura que se encuentra en la universidad o centro de investigación que hace posible la conexión al laboratorio.

Desagregando o ampliando esta arquitectura cliente – servidor sin tener en cuenta el ambiente virtual colaborativo, resulta la siguiente caracterización: un servidor de puerta de enlace o *Gateway* quien realiza las funciones de administrador del laboratorio conectado a Internet y también a varias estaciones de trabajo ubicadas en el laboratorio; esta arquitectura cuenta con varios componentes que aseguran el buen funcionamiento del laboratorio tele-operado como: un sistema de reservas que permite asignar un espacio de tiempo para el desarrollo de experimentos disponibles, una aplicación que se instala en el computador del usuario remoto permitiendo así el acceso a recursos y una aplicación que se ejecuta en las estaciones de trabajo o dispositivos del laboratorio asegurando de esta manera un buen funcionamiento (Orduña, et al., 2007). En la siguiente figura se muestra la arquitectura detallada anteriormente.

Figura 2. Arquitectura Laboratorio Remoto sin tener en cuenta ambiente virtual colaborativo



Fuente: Adaptado de Orduña, et al., 2007

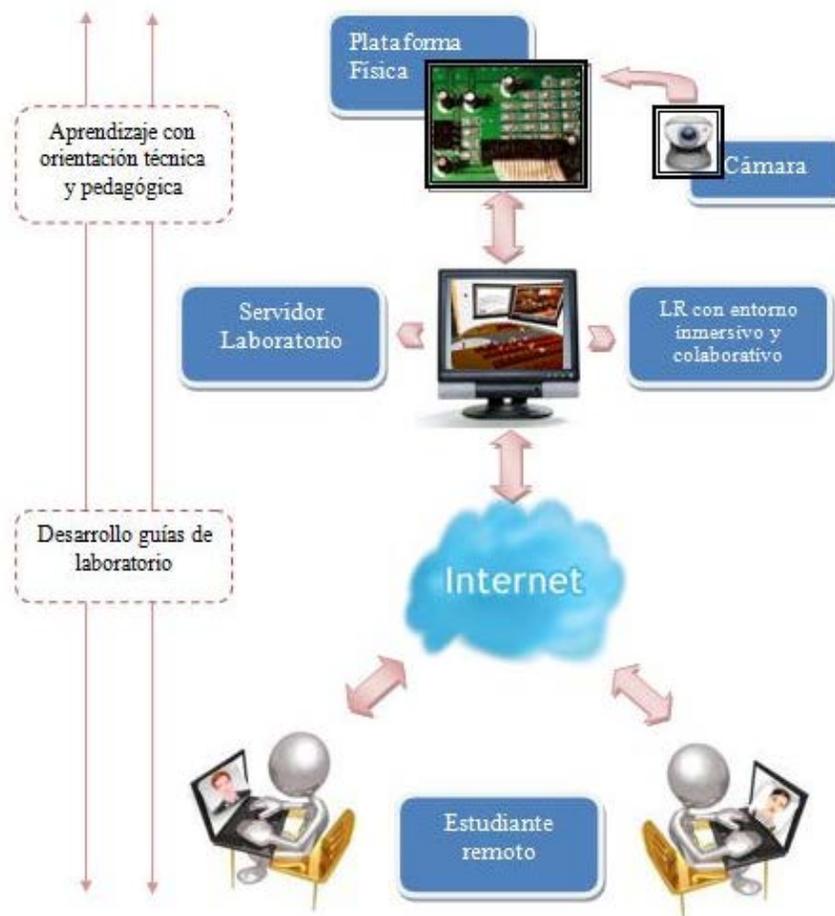
En la implementación de laboratorios tele-operados es lógico pensar que el área de conocimiento donde se ha hecho el mayor desarrollo es en la ingeniería teniendo en cuenta que esta disciplina del saber, es la aplicación de las ciencias y en un laboratorio (real, simulado o remoto) es donde mejor se puede estudiar, aplicar, analizar y sacar resultados de las ciencias; estando la ingeniería electrónica donde más se encuentran aplicaciones de laboratorios tele-operados (Gravier et al., 2008), dentro de los cuales se observan varios ejemplos aplicados a: Electrónica, microelectrónica, electrónica de potencia y accionamiento eléctricos, control y automatización, robótica, microprocesadores, FPGA y sistemas embebidos.

En los ejemplos anteriores el estudiante o investigador trabaja de forma individual desde una terminal remota pero los laboratorios deben ser usados para poner en práctica los conocimientos teóricos con el fin de alcanzar ciertas competencias o metas, las cuales en ingeniería son definidas internacionalmente por ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*), para en ingeniería se tendrían: Capacidad para realizar experimentos, así como para analizar e interpretar los datos, capacidad para utilizar técnicas,

habilidades y herramientas modernas necesarias para la práctica de la ingeniería y capacidad de trabajar en equipo (colaboración); la anterior competencia está siendo trabajada en los últimos tres años apoyándose en ambientes virtuales colaborativos para laboratorios tele-operados. (Patel et al., 2012); (Huang et al., 2010). Estos ambientes virtuales colaborativos logran más participación e interacción del estudiante y/o investigador con los experimentos a desarrollar, algunos de estos entornos más representativos a nivel internacional son Second Life y OpenSim, los cuales son mundos virtuales en tercera dimensión (3D) o metaversos<sup>1</sup>.

Teniendo en cuenta la caracterización y conceptualización de la arquitectura de un laboratorio tele-operado a continuación se muestra un diagrama donde se tiene en cuenta los ambientes virtuales colaborativos, donde se puede observar estudiantes ubicados en sitios remotos representados por un avatar ingresando a la plataforma de experimentación en el mismo espacio de tiempo para de esta manera trabajar de forma colaborativa aprovechando las ventajas de utilizar este tipo de ambientes, en la siguiente figura se muestra un diagrama de un laboratorio tele-operado teniendo en cuenta ambiente virtual colaborativo, adaptado de Zamora (2011)

Figura 3. Arquitectura Laboratorio Remoto teniendo en cuenta ambiente virtual colaborativo



Fuente: Adaptado de Zamora (2011)

<sup>1</sup> Metaverso: Entorno de interacción social en un espacio 3D virtual que actúa asemejándose al mundo real, a través de un Avatar o Icono (Representación Virtual de una persona)

### 3. Herramientas educacionales para entornos colaborativos

Existen diversos ambientes virtuales colaborativos que pueden ser utilizadas como apoyo en el desarrollo de laboratorio tele-operados, algunas de estas con principal aplicación en un pre-laboratorio o de inmersión de conocimientos previos, como “*Brainboard*” la cual es una herramienta para generar lluvia de ideas donde en un tablero se muestran automáticamente las ideas de los estudiantes (representados por avatares) que son escritas a través de la plataforma (Pérez & Aramo, 2010); este intercambio de ideas permite trabajar colaborativamente para el desarrollo de las actividades experimentales de un laboratorio.

Otra herramienta con la que se puede trabajar en ambientes virtuales colaborativos es “*The Opinionator*” con la cual de acuerdo interrogantes que existan, los estudiantes a través de su representación avatar se dirigen hacia las distintas secciones o respuestas, donde automáticamente se muestra en un diagrama el porcentaje de cada una de las opciones de respuesta (Pérez & Aramo, 2010); esta herramienta es útil para resolver interrogantes de conocimiento previos de forma colaborativa o para comprobar conocimientos adquiridos, a continuación se ilustran las herramientas mencionadas.

Figura 4. Herramientas educacionales para entornos colaborativos.



Figura 4.a “Brainboard” (Rubembauer, 2007).

Figura 4.b “The Opinionator” (Kern, 2011)

Actualmente existe una herramienta muy importante para el funcionamiento en conjunto de los ambientes virtuales colaborativos y los conocidos Sistemas de Gestión de Aprendizaje (Learning Management System, LMS), la cual se llama SLOODLE (Simulation Linked Object Oriented Dynamic Learning Environment); ésta realmente es un conjunto de herramientas direccionadas a complementar los entornos virtuales colaborativos con aspectos importantes y faltantes en su estructura para poder realizar gestión académica, así como también de integrar a los LMS como MOODLE, los cuales no tienen la posibilidad de generar visualización en entornos 3D para colaboración.

Por un lado, los ambientes virtuales colaborativos como Second Life y OpenSim, y por el otro lado, los LMS tienen cada uno funciones necesarias para el aprendizaje que no existen en el otro (Kemp & Livingstone, 2006), es aquí donde surge con especial importancia SLOODLE quien integra el LMS de código abierto MOODLE con los ambientes virtuales colaborativos; existen diferentes formas de como SLOODLE interconecta ambos lados (Yasar & Adiguzel, 2010), una de estas es la “cabina de registro” (*Registration Booth*), la cual es una herramienta que interconecta el avatar del estudiante con su cuenta de usuario de MOODLE, otra herramienta es el “presentador” (*Presenter*) donde es posible mostrar diapositivas o páginas Web, aquí SLOODLE permite compartir trabajo del ambiente virtual colaborativo con los usuarios MOODLE. A continuación se muestran las herramientas de SLOODLE mencionadas.

Figura 5. Herramientas SLOODLE



Figura 5.a “Presenter”

Figura 5.b “Registration Booth”

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Discusión y trabajo futuro

Los entornos colaborativos tienen un alto impacto en el proceso de aprendizaje teniendo en cuenta que de esta manera se disminuye la carga cognitiva de los estudiantes y ayudado con el uso de ambientes virtuales se obtiene un alto impacto por la interactividad en tiempo real que se genera (Huang et al., 2010); algunos resultados de estudios acerca de los laboratorios tele-operados muestra que en el 90% de los estudiantes la efectividad e impacto en el aprendizaje es comparable con el de un laboratorio tradicional (Nikerson et al., 2007), En otro caso se observa que los estudiantes que utilizaron las herramientas de laboratorios tele-operados alcanzaron mejor preparación y obtuvieron mejores resultados (Fabregas et al., 2011), los resultados mencionados son para un solo estudiante en el sitio remoto; para determinar impacto en el aprendizaje con ambientes virtuales colaborativos en laboratorios tele-operados es necesario como trabajo futuro realizar mediciones y comparaciones de desempeño para determinar la efectividad en su implementación.

#### 5. Referencias

- Fabregas, E., Farias, G., Dormido-Canto, S., Dormido, S., & Esquembre, F. (2011). Developing a remote laboratory for engineering education. *Computers & Education - Elsevier*, 57(2), 1686–1697.
- Gravier, C., Fayolle, J., Bayard, B., Ates, M., & Lardon, J. (2008). State of the art about remote laboratories paradigms—Foundations of ongoing mutations. (*iJOE*), 4(1), 19–25.
- Huang, H.-M., Rauch, U., & Liaw, S.-S. (2010). Investigating learners’ attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education - Elsevier*, 55(3), 1171-1182.
- Kapp, K., & O’Driscoll, T. (2010). *Learning in 3D: Adding a New Dimension to Enterprise Learning and Collaboration*. Pfeiffer. San Francisco, CA.
- Kemp, J., Livingstone, D., Bloomfield, P.,R. (2009). SLOODLE: Connecting VLE tools with emergent teaching practice in Second Life. *British Journal of Educational Technology*, 40, 551-555.

- Kern, N, (2011). EU-funded Talk With Me project – Language and teacher education in the 3D virtual world of Second Life.
- Ma, J., & Nickerson, J. (2006). Hands-on, simulated and remote laboratories: A comparative literature review. *Journal ACM Computing Surveys (CSUR)*, 38(3), 1-24.
- Martínez, F. (2003). *Redes de comunicación en la enseñanza, las nuevas perspectivas del trabajo colaborativo*. Barcelona: Paidós.
- Mayer, R., & Alexander, P. (2011). *Handbook of research on learning and instruction*. New York: Routledge.
- Nickerson, J., Corter, J., Esche, S., & Chassapis, C. (2007). A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education. *Computers & Education - Elsevier*, 49(3), 708-725.
- Orduña, P., García-Zubía, J., López-de-Ipiña, D., Hernández, U., Trueba, I., “Remote Laboratories from the Software Engineering point of view”. *Deusto Publicaciones, Bilbao, España, 2007*, pp. 131-149.
- Patel, H., Pettitt, M., & Wilson, J. (2012). Factors of collaborative working: A framework for a collaboration model. *Applied Ergonomics – Elsevier*, 43(1), 1-26
- Pérez García, M. & Álamo Serrano, J. (2010). *Educational tools for Second Life: a handbook for educators in virtual worlds*, Brussels: MENON Network EEIG
- Rubembauer, M, (2007). “Teachers” need analysis for the use of virtual worlds in education. *Muvenation, Education and Culture DG*.
- Yasar, O., Adiguzel, T., (2010). A working successor of learning management systems: SLOODLE. *Procedia Social and Behavioral Sciences – WCES – Elsevier*, 5682-5685
- Zamora, R. (2011). *Análisis de Requerimientos para la Implementación de Laboratorios Remotos*. Barranquilla: Educosta.

### Sobre los autores

- **Ronald Zamora Musa:** Ingeniero Electrónico, Especialista en Sistemas de Telecomunicaciones, Estudiante de Maestría en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Profesor Asistente. [rzamora2@cuc.edu.co](mailto:rzamora2@cuc.edu.co)
- **José Luis Villa Ramírez:** Ingeniero Electrónico, Magister en Ingeniería Electrónica y de Computadores, Doctor en Ingeniería Ecole des Mines de Nantes. Profesor Titular. [jvilla@unitecnologica.edu.co](mailto:jvilla@unitecnologica.edu.co)

---

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)