



**Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness**
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global*

LABORATORIOS REMOTOS Y VIRTUALES COMO UNA INNOVACIÓN EN EL PROCESO ENSEÑANZA - APRENDIZAJE DE LA FÍSICA

Óscar Daniel Ibarra Tobar, Carlos Alberto Rodríguez Ortiz

**Universidad de Medellín
Medellín, Colombia**

Resumen

La enseñanza de la física es fundamental en la formación de los ingenieros. Mediante el aprendizaje de la física el estudiante de ingeniería desarrolla la habilidad de concebir el mundo de manera sistémica y lógica, además de desarrollar capacidades y comprensiones que son de gran importancia en su proceso de formación y ejercicio profesional; sin embargo, a pesar de su importancia, la física es un área del conocimiento donde los estudiantes presentan una alta desmotivación y deserción.

Por otra parte, las metodologías para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física no han cambiado en los últimos años y esto desconoce la realidad que la presente generación de estudiantes es diferente y que son “nativos digitales”, es decir, son personas que en su diario vivir emplean las TIC y dispositivos tecnológicos.

En este contexto, se propone incentivar la enseñanza de la física mediante el uso apropiado de tecnologías de aprendizaje que puedan cubrir no sólo los componentes teóricos de las asignaturas sino también los componentes prácticos y de experimentación.

Así se propone el desarrollo de Laboratorio Remoto y Virtual de Física, como una plataforma tecnológica que permite a los estudiantes acceder a contenido educativo de alto nivel y realizar prácticas de laboratorio en modalidad remota y virtual, es decir, el estudiante tiene la posibilidad de realizar prácticas mediante simulación y prácticas con dispositivos reales los cuales puede teleoperar.

La metodología para el desarrollo sigue cuatro fases bien definidas: diagnóstico, análisis-diseño, desarrollo y validación. En este trabajo se presenta los resultados de la primera fase.

Palabras clave: laboratorio remoto; laboratorio virtual; tecnologías de aprendizaje; innovación educativa

Abstract

The teaching of physics is essential in the training of any engineer, it develops the ability to conceive the world in a systematic and logical way, and to acquire skills and insights that will help in the education of students and professional performance, however, despite its importance, the physics is an area of knowledge where students show low motivation and high rates of desertion.

Moreover methodologies for teaching-learning in physics have not changed in the last years. These methods have ignored that currently the students are essentially "digital natives", i.e. people who grew up with the TIC's and technological devices. In this sense, we propose to motivate the teaching of physics through the use of learning technologies that involves the theoretical components of the subjects and the practical and experimental components, in a dynamical interaction.

This integration structure called strategy of Remote and Virtual Laboratory of Physics, as a technological platform that enables students to access high-level educational content, and the making of lab practices in virtual and remote modes, i.e. the student has access to practical simulations and real devices which can be operated in a remote way.

Then we consider the following four stages for the development of laboratories under the proposed methodology: diagnostic, analysis - design, development and validation. This paper presents the results of the first phase.

Keywords: *remote laboratory, virtual laboratory, learning technologies; educational innovation*

1. Introducción

Las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, han permeado casi todos los campos de la actividad humana; la educación no es la excepción. Sin embargo, a pesar de esta realidad, muchos procesos de formación se realizan de manera tradicional sin el uso potencial de estas tecnologías. La incursión de estos desarrollos tecnológicos ha requerido que las teorías del aprendizaje sean revaloradas y en algunos casos, se plantean otras nuevas. Éstas, pretenden servir de soporte teórico en la educación y formalización de las metodologías de enseñanza.

En términos generales, se puede decir que las metodologías que hasta ahora se han desarrollado para intentar cumplir con los planes de estudio y con los cuales se pretenden formar a un estudiante, merecen ser replanteadas.

Fundamentalmente, se registra que los estudiantes no adquieren las competencias para ir a niveles superiores, no son autónomos ni creativos al intentar presentar soluciones a las diferentes dificultades que se les presentan, tanto en las actividades académicas como en su diario vivir.

Algunas de las dificultades mencionadas, son responsabilidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Con frecuencia, los docentes transmiten los conceptos de manera lineal, monótona y sin recrear los contenidos desde la historia, la epistemología y la informática. Además, sin crear la necesidad al estudiante de adquirir nuevos conocimientos para aplicarlos a las diversas situaciones.

Para el caso particular de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias básicas son necesarios los componentes teórico y práctico, es decir, se requiere formar conceptualmente y en experimentación. Por ello se hace necesario implementar prácticas de laboratorio que estén acompañadas de modelos teóricos, simulaciones y ejercicios virtuales que fortalezcan las acciones del docente orientadas a lograr que el aprendizaje en el estudiante sea de manera significativa. Ausubel, D. (1963).

De este modo un proceso mediado por las TIC debe comprender no sólo la componente conceptual, sino también, la componente experimental.

En este contexto y con el propósito de elevar la comprensión en el área de física en la Universidad de Medellín, se plantea el diseño, construcción y puesta a prueba de una práctica de laboratorio de física en forma remota y virtual.

La práctica se escoge entre un conjunto de prácticas tradicionales en la experimentación física. Además, se espera que el docente pueda orientar de manera más concreta, ordenada y sistemática el trabajo independiente de los estudiantes. Este tipo de trabajo de carácter colaborativo y remoto, propiciará que los participantes discutan en torno a situaciones científicas que pretenden formarlos como profesional en el área de ingeniería. De esta manera, el docente tendrá más tiempo para preparar las actividades que retarán a los estudiantes y les permita ser mejores profesionales.

2. Laboratorios Remotos y Virtuales

Es importante dar una definición y una clara distinción entre laboratorios remotos y laboratorios virtuales.

Los laboratorios remotos son recursos tele operados, es decir, que permiten la manipulación a distancia de equipos, en este tipo de laboratorios, el usuario por medio de una red de comunicación y una interfaz de usuario apropiada, podrá controlar equipos reales en ubicaciones remotas, así como recibir mediciones y visualizar en tiempo real lo que ocurre.

Por otra parte, los laboratorios virtuales son laboratorios basados en simulación, es decir, el usuario no interactúa con equipos reales en ningún momento, sino que interactúa con software de simulación y emulación de los dispositivos. En este sentido, pueden existir diferentes tipos de laboratorios virtuales dependiendo de donde se encuentre instalado el software de simulación, este puede ser descargado al equipo del usuario, puede estar alojado en el servidor y accedido mediante web, o una combinación de los dos. Pastor (2006) presenta una explicación más detallada de estos laboratorios.

En el desarrollo de laboratorios virtuales se pueden utilizar las técnicas propias de ingeniería de software, dado que el laboratorio virtual es una pieza de software desarrollada a partir de unos requerimientos educativos; por otra parte, el desarrollo de laboratorios remotos es más complejo pues su arquitectura tiene elementos de hardware y software.

En la figura 1 se presenta la arquitectura general de un laboratorio remoto según: Red temática de docencia en automática (AutomatLabs). Se puede observar que se tienen dos localidades claramente definidas, la primera localidad es donde se encuentra el laboratorio y la segunda es donde se ubica el usuario final, estos espacios se comunican por medio de una red que puede ser Internet o una red académica específica como por ejemplo RENATA (Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada) o Red Clara.

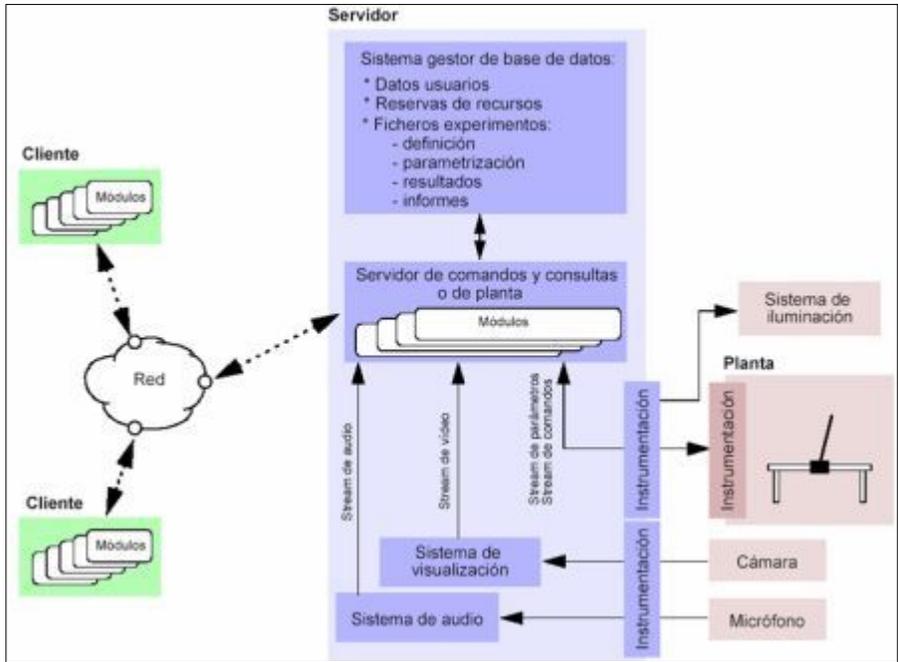


Figura 1. Arquitectura general laboratorios remotos. Fuente: AutomatL@bs

En el extremo del usuario únicamente se tiene el dispositivo de usuario final, en el cual se encuentra instalado el software cliente, con frecuencia este software puede ser únicamente un navegador web. Por otra parte, en el extremo del laboratorio se tienen los servidores y la planta.

La planta es el equipamiento físico que se va a teleoperar, es decir, son los equipos que el usuario controlara desde la ubicación remota, la planta también puede incluir cámaras, micrófonos, parlantes, sistemas de iluminación, etc., dependiendo la complejidad requerida por la práctica.

Los servidores son los equipos de cómputo que cumplen varias funciones que van desde el control y automatización de la planta, interfaz con el usuario o cliente, módulos de agendamiento e incluso en ocasiones pueden alojar los contenidos educativos.

3. Metodología de Trabajo para el Desarrollo de Laboratorios Remotos y Virtuales

El marco de trabajo metodológico para el desarrollo del laboratorio remoto y virtual se compone de cuatro fases: diagnóstico, análisis-diseño, desarrollo y validación. Estas fases se presentan a en la figura 2.

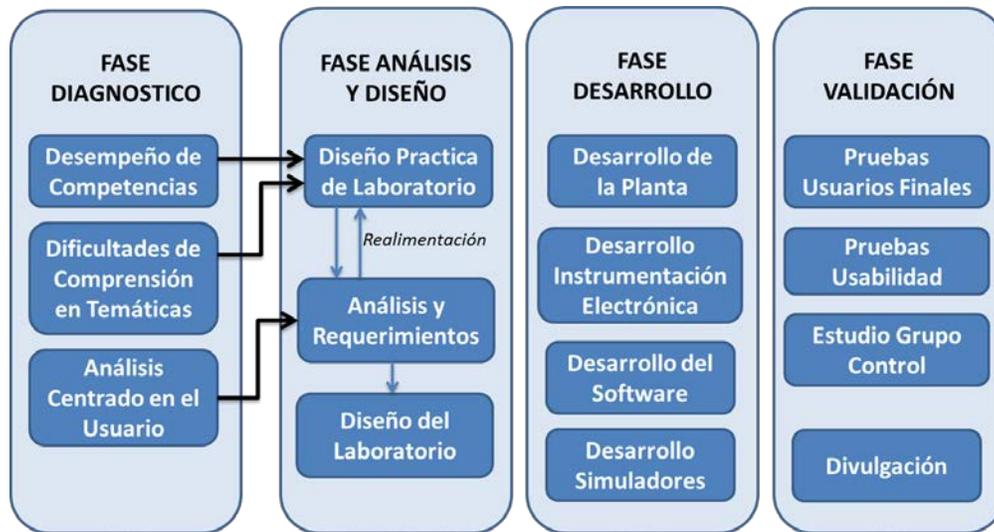


Figura 2. Metodología de trabajo para el desarrollo de los laboratorios. Fuente: elaboración propia

- Fase diagnóstica, esta fase pretende identificar falencias y carencias en cuanto a las competencias y comprensiones de los estudiantes en el área de la física mecánica. Este diagnóstico se realiza mediante pruebas escritas a muestras aleatorias de estudiantes. Igualmente se diagnostica las expectativas de los estudiantes frente a este tipo de laboratorios, así como los posibles factores que podrían desestimular su uso.
- Fase análisis-diseño, a partir de los diagnósticos, de la primera fase, se procede a diseñar la práctica de laboratorio. La práctica debe suplir las necesidades identificadas en la primera fase y además debe ser fácil de remotizar, una vez se diseña la práctica se diseña la solución tecnológica, la cual comprende el diseño de la planta, la automatización e instrumentación electrónica, el software de control y la interfaz web.
- Fase de desarrollo, en la fase de desarrollo se implementan los prototipos del laboratorio remoto y virtual según las especificaciones de la fase inmediatamente anterior.
- Fase de validación, en esta fase se realizan pruebas con estudiantes para medir el impacto de los laboratorios. Esta medición se realiza mediante el estudio de grupos focales, un grupo trabaja con un laboratorio de manera tradicional, mientras que el otro trabaja con el laboratorio remoto y virtual, al final se comparan los resultados. Se pretende obtener resultados semejantes a Lustigova (2009).

En las secciones siguientes se presenta los hallazgos y resultados obtenidos en la primera fase.

4. Diagnóstico del Nivel de Desempeño de Competencias

La primera prueba realizada en la fase de diagnóstico, corresponde a evaluar el nivel de desempeño de competencias básicas en el área de la física mecánica. Así se definen 5 competencias a evaluar y 5 niveles de desempeño (bajo, básico, medio, alto, superior) que son:

- 1 Establece relaciones claras entre las causas que originan un movimiento y las características particulares con que se describe en cualquier instante de tiempo.
- 2 Determina de forma precisa, las magnitudes y direcciones de las fuerzas presentes en sistemas físicos bajo condiciones de equilibrio o bajo condiciones de no equilibrio.

- 3 Usa elementos del análisis matemático para determinar la posición, velocidad y aceleración de sistemas físicos bajo condiciones de equilibrio o bajo condiciones de aceleración.
- 4 Escoge acertadamente las variables físicas necesarias para establecer o predecir las condiciones particulares de un sistema mecánico.
- 5 Modela de forma precisa algunos sistemas físicos, haciendo uso de consideraciones cinemáticas, cinéticas o energéticas

La prueba en principio fue aplicada en tres facultades de ingeniería de diferentes universidades colombianas; sin embargo, para efectos de este documento únicamente se presentan los resultados correspondientes a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Medellín.

La prueba diagnóstica se aplicó a 250 estudiantes de la facultad de ingeniería. Los resultados obtenidos de la prueba se resumen en la figura 3, donde se muestra cada competencia y los niveles de desempeño encontrados.

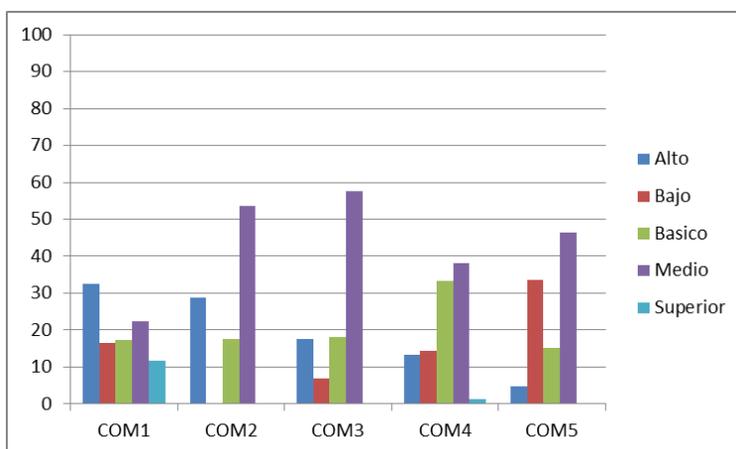


Figura 3. Nivel de desempeño de las competencias evaluadas. Fuente: elaboración propia

En términos generales se puede concluir que el nivel promedio de desempeño es medio, y que si bien algunas competencias alcanzan niveles medio y alto, ninguna competencia se encuentra mayoritariamente en un nivel superior, adicionalmente las competencias que se encuentran menos desarrolladas y por lo tanto requieren una mayor intervención son las 4 y 5.

5. Diagnóstico del Dificultades de Comprensión en Temáticas

En la segunda prueba realizada se evalúa el nivel de comprensión en tres grandes temáticas de la física mecánica: cinemática, dinámica e interpretación de conceptos, esta prueba pretende identificar el área donde se presentan mayores dificultades en la comprensión.

Los resultados arrojaron que en términos generales las comprensiones se encuentran en un nivel medio en las tres temáticas; sin embargo, se decide intervenir dinámica, pues, si bien en esta área algunos estudiantes obtuvieron resultados altos, también es el área donde se presentan los resultados más bajos.

6. Análisis Centrado en el Usuario

El último diagnóstico realizado fue el análisis centrado en el usuario, este se hizo mediante una sesión con un grupo aleatorio de estudiantes quienes podían manifestar de manera abierta sus expectativas del laboratorio, al igual que sus posibles prevenciones, así se llegó a las consideraciones mostradas en la tabla 1:

Tabla 1. Resultados análisis centrado en el usuario. Fuente: elaboración propia.

Generar confianza	Los usuarios pueden tener resistencia a usar el laboratorio por varias razones, por ejemplo: la costumbre a la experimentación en sitio y la manipulación directa de los elementos, el temor a que una falla en el sistema pueda afectar las valoraciones y notas de la práctica y la sensación de no estar interactuando con un sistema real, que los datos resultado de las mediciones no sean reales.
Mantener el sistema sencillo	El sistema debe ser fácil de usar, se deben mantener las interacciones tan simples e intuitivas como sea posible. Esto se debe a que los estudiantes solamente deberían preocuparse por entender y comprender las temáticas propias de su proceso de aprendizaje y no por aprender a manejar el software o la plataforma, así las interacciones deben ser lo más sencillas e intuitivas posibles.
Solamente información necesaria	En el momento de la tele-operación la idea es que la información que se entrega al usuario final sea solamente la información estrictamente necesaria, pues entregar al usuario mucha información puede abrumarlo y puede que él o ella no entendiendo para qué es esa información
Control y realismo	El hecho que la interacción ya no se realiza con un equipo sino con una Interfaz Gráfica de Usuario GUI de software da la sensación que no se está en un ambiente de experimentación, de este modo se debe buscar la experiencia de realismo y este realismo se logra entregando al usuario la posibilidad de controlar variables semejantes a las de la practica en sitio. Existe además una preocupación por parte de usuarios pues en el laboratorio hay errores y porcentajes de error, esto no debe perderse en la experimentación remota.
Diseño del aprendizaje	Es necesario realizar un adecuado diseño de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, muchos de los comentarios que realizaron los usuarios van encaminados a las estrategias pedagógicas, entonces es necesario definir con claridad el flujo del proceso de aprendizaje.
Eficiencia y eficacia	Los participantes de la sesión manifiestan que la expectativa de este tipo de sistemas es que les permita mejorar las comprensiones, que puedan realizar la práctica sin inconvenientes y que puedan hacerlo en el tiempo adecuado, de modo que no es una prioridad el hecho de que el sistema sea agradable, sino que realmente permita hacer las tareas y hacerlas en el menor tiempo.

7. Conclusiones

La innovación en educación, al igual que cualquier otro proceso de innovación parte de una necesidad. La necesidad puede ser latente y estar presente como una situación problema o esta puede ser creada a partir de conocimiento especializado que genera una nueva necesidad a partir de nueva tecnología. En este trabajo la innovación se produce desde una problemática, por esta razón es importante diagnosticar muy bien la situación actual con el objetivo de hacer las intervenciones correctas en el proceso de desarrollo tecnológico.

La fase diagnostico registrada en este documento entrega los principios de diseño que deben seguirse tanto en el diseño de la práctica de laboratorio como en el desarrollo de la solución tecnológica. Así se requiere escoger una temática que permitiera abordar diferentes enfoques fenomenológicos con un mismo ejercicio experimental, por esta razón se selecciona la Máquina de Atwood como elemento de operación para el

laboratorio remoto. A través de ésta se pueden iniciar explicaciones en cinemática de la partícula, dinámica de la partícula y dinámica rotacional y se puede buscar el incremento de las competencias planteadas.

Finalmente, se evidencia una prevención, por parte de los estudiantes, al uso de este tipo de soluciones, esto se debe a una preferencia por la experimentación en sitio y a la incertidumbre de como este tipo de herramientas puede afectar las notas y valoraciones. Así el diseño y desarrollo de la solución tecnológica se orienta bajo el principio de generar confianza, de modo que el estudiante pueda ver el sistema como una herramienta que contribuye en su proceso de aprendizaje y que le permite una mayor flexibilidad que la experimentación tradicional.

8. Referencias

- Ausubel, D. (1963). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. New York: Grune & Stratton.
- AutomatL@bs: Red temática de docencia en automática - España. (s.d.). Recuperado Mayo 14, 2013, a partir de <http://lab.dia.uned.es/automatlab/informacion.html>
- Lustigova Z, Lustig F. (2009). Remote and Open Laboratory in Science Education – Technological, Educational and Psychological Issues. Proceedings of the ITI 31st Int. Conf. on Information Technology Interfaces, June 22-25, 2009, Cavtat, Croatia
- Pastor R, Hernández R, Ros S, Castro M. (2006) Especificación Metodológica de la Implementación y Desarrollo de Entornos de Experimentación. IEEE-RITA, Vol. 1, Núm. 1.

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)