



Una formación de calidad  
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias  
15 al 18 de Septiembre de 2015

# LABORATORIOS REMOTOS: ¿QUE INTERÉS PEDAGÓGICO?

Michaël Canu, Mauricio Duque

Universidad de Los Andes  
Bogotá, Colombia

## Resumen

Desde hace algunos años ha venido aumentando la incorporación de actividades prácticas en línea que puedan acompañar diversos tipos de enseñanza a distancia que presentan contenidos teóricos, tales como los MOOC, las clases invertidas, entre otros. Sin embargo éste desarrollo suscita más de una pregunta didáctica las cuales no están aun resueltas, o no han sido investigadas en profundidad. Por una parte los laboratorios "clásicos" tienen varias ventajas académicas que no necesariamente son transferibles a la enseñanza a distancia, y de otra parte los laboratorios remotos pueden facilitar una gran riqueza en la presentación del contenido - como la realidad aumentada - que puede mejorar el aprendizaje. Por otro lado, los laboratorios clásicos pueden ser menos eficientes que una simulación si son reducidos a un seguimiento de protocolo, siendo éste un caso frecuente. Finalmente, no hay evidencia sobre el hecho de que una modalidad sea mejor que otra en todos casos. En este artículo se propone una revisión de la literatura sobre los laboratorios, clásicos y a distancia (remotos o simulados), y se examinan elementos que permiten evaluar el interés pedagógico o didáctico de la transición de la modalidad clásica a la de laboratorios remotos.

**Palabras clave:** laboratorios; enseñanza a distancia; didáctica de la ingeniería

## Abstract

*Since some years the demand for practical activities on-line is increasing. This is globally to go along with diverse types of distance learning that provide theoretical contents such as the MOOC, the reversed classes, among others. Nevertheless this development leads to several pedagogic or didactic issues that are not all resolved nowadays, or they have not been investigated in depth. On one hand the "classic" laboratories have several academic advantages that not necessarily are transferable to the distance learning, and moreover the remote laboratories can facilitate a great richness in the*

*presentation of the content - as the augmented reality - that can improve learning. On the other hand, the classic laboratories can be less efficient than a simulation if they are reduced to a follow-up of protocols, which is so frequent case. Finally, there is no evidence that a modality is better than other in all cases. In this article, one proposes a review of the literature on the laboratories, classic and distant (remote or simulated), and there are examined elements that allow to evaluate the pedagogic or didactic interest of the transition of the classic modality to that of remote laboratories.*

**Keywords:** laboratories; on-line teaching; engineering education

## 1. Introducción

El entusiasmo actual en relación con el « e-learning » (formación virtual) plantea la pregunta sobre el desarrollo de las competencias técnicas en este nuevo marco educativo. La difusión de saberes y de contenidos teóricos ya no tiene problemas de factibilidad, incluso para un número importante de estudiantes (objeto de los cursos en línea llamados « MOOCs »). Este auge plantea, sin embargo, muchas preguntas pedagógicas en relación con el impacto de esas nuevas modalidades de enseñanza/aprendizaje, aspecto que es objeto de varias investigaciones. Se encuentra un punto de vista general de estos problemas en Bachy (2014). ¿La utilización de tecnologías de infografía cada vez más avanzadas las cuales permiten incluir esquemas complejos, animaciones, simulaciones y otro medio de ilustración de los principios y los conocimientos quedan a disposición del alumno, en línea, y puede reemplazar la confrontación con la realidad que toma la forma tradicional de los trabajos prácticos y destinados familiarmente "trabajos prácticos"? Las cercanías de la enseñanza "por competencias" que ahora se promueven unánimemente en los estudios universitarios, ponen en primer plano, de modo todavía más evidente, la problemática de la "contextualización" del saber. Ahora bien, ¿cuáles contextos prácticos proponer a estudiantes situados a varias centenas o millares de kilómetros de su institución de enseñanza? ¿Qué de la puesta en práctica de un saber para cuando la diferencia entre un modelo y una realidad es crucial?

Por el momento, aunque la utilización de las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC o ICT en inglés) en la enseñanza en general sea objeto de numerosos trabajos de investigación, y aunque el acoplamiento entre estas tecnologías y campos de los laboratorios ya ha sido abordado en ciertos estudios (Beaufils y al., 1999 por ejemplo), el impacto del factor "a distancia" se encuentra poco estudiado por la comunidad de los investigadores en educación. Si bien se presentan experiencias en muchas conferencias, la mayoría de lo que se presenta o no está evaluado o son estudios de caso sin capacidad para proponer generalizaciones. En este marco se observa un aumento del interés de las comunidades educativas (profesores, investigadores, responsables, etc.) por las actividades prácticas o experimentales a distancia como lo demuestra la creación de nuevas conferencias sobre el tema como "Exp.at" en 2011 o la inclusión de un tema de "experimentación a distancia" en las conferencias ya existentes (ALE, PAEE, REES, EDUCON, etc). Podemos anotar también la creación reciente (en 2013) de un grupo de trabajo internacional en

el seno de la muy influyente asociación IEEE (Instituto de los ingenieros electricistas y los especialistas en electrónica) sobre este tema que viene para completar las acciones del IAOE (Internacional Asociación of Online Engineering) fundada en 2006 y que está en camino de fusionarse con nuevo consorcio que existe GOLC Global Online Laboratory, consorcio cuyo objetivo es justamente promover el desarrollo y la difusión de laboratorios en línea, así como la investigación sobre el tema.

## 2. Tipología de los laboratorios

Entre las actividades experimentales propuestas a distancia y recapituladas por de Jong et al. (2013, 2014) se distinguen: los laboratorios *virtuales (Virtual Labs)*, los laboratorios *a distancia (Remote Labs)* y el *tratamiento de datos experimentales (Dataset)*.

El primer tipo hace referencia a la manipulación de un material simulado "informáticamente" (el material no existe realmente), la segunda a la manipulación a distancia de un material real (en general inaccesible directamente) y la tercera al tratamiento de datos resultante de una experiencia efectiva - real - pero no accesible directamente en tiempo real (como en el marco de los datos que provienen de las experiencias del CERN de Ginebra). Este documento se enfoca en manipulaciones a distancia de material real que se denominará "tele-operado", "Laboratorio a distancia" o "Laboratorio en línea".

Antes de ser "a distancia" un laboratorio es una actividad práctica muy clásica. La definición propuesta por la National Academy of Sciences en su « America's Lab Report: Investigations in High School Science » (<http://www.nap.edu/catalog/11311.html>) da una buena idea de lo que son los trabajos prácticos como los laboratorios: "*Laboratory experiences provide opportunities for students to interact directly with the material world (or with data drawn from the material world), using the tools, data collection techniques, models, and theories of science*"

En la literatura al nivel de la enseñanza media aparecen estos objetivos:

- mejoramiento de dominio de la materia;
- desarrollo de razonamiento científico;
- comprensión de la complejidad y ambigüedad del trabajo empírico;
- desarrollo de habilidades prácticas;
- comprensión la naturaleza de la ciencia;
- cultivo del interés por la ciencia e interés en aprender ciencia;
- capacidades de trabajo en equipo.

Si se transpone al nivel de la enseñanza universitaria y más precisamente al nivel de las carreras de ingeniero (facultades o escuelas de ingeniería), las actividades prácticas consistirían más específicamente en una puesta en ejecución práctica de contenidos pedagógicos relacionados a un dominio (materia, o disciplina) particular (electrónica,

electricidad, informática, automática, química, biología, física(físico), etc.) con el fin de adquirir o desarrollar las competencias vinculadas a este aspecto práctico, al mismo tiempo que un cierto razonamiento científico que permite comprender la complejidad de las situaciones efectivas. Se trata de una "contextualización" técnica del saber, a finalidad "profesional" y/o de comprensión. Los aspectos relacionados al interés por las ciencias y la naturaleza de la ciencia (NOS: Nature of Science) - que sin embargo contienen muchas ideas erróneas - son mucho menos favorecidos a este nivel, lo mismo que el trabajo en equipo que generalmente es objeto de proyectos más específicos.

Comúnmente se admite que las competencias aportadas por este tipo de actividad no son reemplazables por una modalidad puramente "décontextualizada" de tipo "trabajo sobre mesa" (sólo a partir de documentos). El principal aspecto buscado en este tipo de actividad pedagógica es, recordémoslo, la confrontación de los alumnos a la aleatoriedad y a las características complejas del "mundo real" con el fin, por ejemplo, de prepararlos para su actividad futura en el mundo profesional (más o menos a largo plazo). Podemos anotar que la ECBI (enseñanza de las ciencias basadas en la indagación), cada vez más presentes en la enseñanza desde hace 20 años a escala mundial desde las clases de primaria hasta la secundaria superior, contribuyen aumentando el atractivo por las actividades experimentales prácticas denominadas "de investigación" que se comienza a ver en la educación superior también.

La modalidad de utilización más frecuente de las actividades prácticas (AP) es la que asocia éstas actividades con cursos teóricos (CT) y clases "dirigidas" (CD) (actividades de resolución de problema y/o ejercicios en aula) de manera alternativa en el transcurso de una sesión de formación en el orden CT-AD-AP. Las actividades prácticas de laboratorio son consideradas entonces como la etapa que permite hacer la conexión entre el saber teórico y la realidad, utilizando los métodos de resolución de ejercicios vistos en AD. Existen sin embargo otras modalidades de utilización menos frecuentes como la de la clase invertida en la cual el trabajo práctico y experimental son predominantes, bajo la forma de proyecto por ejemplo, y alterna con las aportaciones teóricas situadas fuera del tiempo de clase. No discutiremos aquí la diferencia que existe entre las actividades prácticas "clásicas" (en el laboratorio, con un seguimiento de protocolo definido de antemano, por ejemplo) y las modalidades de tipo proyectos, de investigación o de resolución de problemas cuyas metodologías son más abierta. Podemos sin embargo anotar que para poner en obra estas últimas actividades a distancia, se tendría que incluir los aspectos organizativos (trabajo en equipo, etc.) para no cambiar las especificidades pedagógicas.

### **3. Aspectos pedagógicos y didácticos de los laboratorios**

La tesis de Ndiaye (1990), aunque no es reciente, respecto a las problemáticas aportadas por los TIC que nos interesan aquí, esboza un panorama relativamente amplio de las preguntas pedagógicas y didácticas relacionadas a las actividades prácticas en general. Para recordar sólo los principales resultados de la literatura podemos citar a investigadores, como Yager, Englen y Snider (1969) en Biología, o Ben-

Zvi, Hofstein, Samuel y Kempa (1976) en Química, que afirma que los laboratorios permiten transmitir de manera específica sólo habilidades manipuladoras, pero no un saber científico. Para Kreidler and Kreidler (1974), el valor efectivo de las actividades prácticas es de devolver a los estudiantes la capacidad de verificar la veracidad de nociones alternativas y de servir de medios de someter a un test la validez de los conceptos.

Para Osborne, apoyándose en una investigación acerca de estudiantes de primer año de universidad, las actividades prácticas serían el "medio ambiente" más eficaz para suscitar el interés y desarrollar el espíritu crítico en física. Para acabar con este sobrevuelo de algunas preguntas planteadas a propósito de la enseñanza de las actividades prácticas, señalemos que Richard y Richard afirman que las declaraciones a propósito de los objetivos de las actividades prácticas pueden reflejar los puntos de vista e ideas propios de los autores sobre estas enseñanzas. Añaden que, debido a que estas opiniones dependen de las condiciones locales de, los estudios, experiencias vividas, razones para incluir las enseñanzas prácticas en los cursos, etc, los puntos de vista sobre el tema naturalmente acaban en resultados variables que deben entonces ser mucho más útiles para guiar acciones locales que como contribuciones a una teoría más general. Las opiniones son bastante variadas en cuanto al aporte pedagógico del laboratorio (en su forma clásica, en clase).

Podemos sin embargo comprobar que el interés superior de las prácticas sería proponer la puesta en práctica de conocimientos teóricos para extraer de ello un cierto aprendizaje, desde luego muy dependiente de la ubicación efectiva de esta actividad (i.e., su implementación). Puede tratarse por ejemplo de confrontar saber teórico con la realidad con el fin de volver al estudiante sensible a la diferencia "modelo - realidad" o a una realidad técnica particular, etc.

Cualquiera que sea el objetivo esperado de la actividad práctica, es claro que todas las facetas de esta experiencia de actividad práctica no se conservan en el momento del cambio de la modalidad "presencial" a la modalidad "a distancia". La confrontación con una realidad real es sin embargo accesible a distancia, vía los vídeos, sonidos y las medidas de registradas así como las acciones ejecutables por el sujeto sobre el mundo real distante. Es completamente posible estudiar en un cierto nivel de detalle (con arreglo a las capacidades del sistema de enlace) las diferencias en términos de aproximación, de deriva, de linealidad, etc. entre el comportamiento de un sistema real y el comportamiento del modelo de éste.

El aspecto "enlace" entre la realidad y los datos que se pueden obtener es también accesible en el laboratorio a distancia por ejemplo, gracias a las tecnologías y sensores utilizados, etc. Por supuesto, varios de estos aspectos pueden también estar ausentes de un laboratorio presencial y a menudo observamos que si el sujeto del laboratorio no tiene en cuenta o no pone en juego estos aspectos de manera visible, quedarán inaccesibles a los estudiantes aun cuando están en el contacto directo del material. Esto sucede en muchos laboratorios perfectamente diseñados para enfocar al estudiante en unos pocos aspectos, contralando y ocultando algunos factores que afectan normalmente los resultados, aspectos con los que posteriormente tendrá que

enfrentarse y posiblemente no sepa manejar. Así como lo decía Arcá (1999), es necesario, en efecto, desarrollar estrategias cognitivas en los estudiantes que permitan establecer una relación coherente entre los hechos y su explicación. Por eso, como indican Hart et al. (2000), es necesario al mismo tiempo que los estudiantes sepan cuáles son los objetivos del laboratorio propuesto. Podemos temer que la modalidad a distancia del laboratorio haga todavía más difícil esta tarea por la utilización de medios todavía más complejos, a menos que lo facilite, como esto ha sido demostrado por De Jong y al. (2013), pero, en este caso, con una inversión importante al nivel de los medios de orientación ofrecidos por la interfaz informática.

Podemos, a este nivel, observar que la problemática del desarrollo de laboratorios a distancia a menudo comienza con "la informatización" de un laboratorio clásico. La añadidura de medios informáticos (TIC) de medida y/o de acción, asociados con herramientas o softwares de procesamiento de datos ya aporta problemáticas complejas entre las que el impacto sobre el desarrollo del laboratorio y la dimensión pedagógica y didáctica ha sido estudiado por varios investigadores como Beaufils y al. (1999) o Osborne et al. (2003) en un caso más general. Entre otro, se debe tomar en cuenta por ejemplo la focalización sobre la utilización de las herramientas de recopilación y de tratamiento de las medidas que puede ampliamente eclipsar a veces la dimensión física (o química, etc.) de los fenómenos estudiados: el interés del laboratorio se encuentra en consecuencia fuertemente modificado ver aminorado en algunos casos. No hay que descuidar tampoco el aspecto relacionado "solamente" a la asociación tecnología-pedagogía, muy estudiado por Lebrun por ejemplo (2005, 2006, 2011). Este autor señala por otra parte que las tecnologías pueden contribuir al desarrollo de las pedagógicas sólo si existe una voluntad de integrar las tecnologías para construir un dispositivo de enseñanza centrado sobre el aprendizaje de los estudiantes (Lebrun, 2011), esto se aplica por supuesto a las actividades de prácticas que sean pensadas "a distancia" o no.

En cuanto a la dimensión relacionada a la confrontación personal (la experiencia sensible) con la realidad, es evidente que no es totalmente accesible a distancia, aun cuando hay un retorno (feedback) de ciertas informaciones visuales o sonoras, a causa de las limitaciones impuestas a estas informaciones: la cámara por ejemplo puede registrar sólo un punto de vista, todas las variables físicas no son accesibles, no se puede cambiar de instrumento de medida, etc. La pérdida de "calidad" en el momento del cambio de un laboratorio clásico a su copia a distancia es corroborada por un estudio reciente (Barrios y al., 2013) que mostró que al nivel de ciertas competencias esperadas en ingeniería de control de los sistemas, había una diferencia significativa entre el ejercicio del laboratorio presencial y a distancia con una desventaja para el segundo (aunque la combinación de los dos puede proporcionar un aumento de los resultados globales de los estudiantes).

Esto es completamente coherente con los conocimientos disponibles relativos a la dimensión psico-cognitiva de los aprendizajes y al papel jugado por las estimulaciones de todo orden (visuales, sonoro, táctiles, etc.) asociadas con las acciones del sujeto, que son para los promotores de la cognición situada o arraigado (Grounded Cognition o Embodied Cognition) como Barsalou (2008), muy importante en el aprendizaje. Con

los diferentes aspectos de esta dimensión que están ausentes en la modalidad "a distancia" se puede esperar, en consecuencia, una pérdida de "estimulación" que induce aprendizajes menos efectivos a distancia. En este caso, podemos considerar que el laboratorio a distancia sería sin embargo un buen complemento del laboratorio en clase y añadiría una plusvalía no despreciable como lo mostró el mismo estudio. Pero de hecho, es difícil pronunciarse *a priori* sobre las diferencias "de eficacia" (a definir según los objetivos de aprendizaje), para cualquiera laboratorio, entre su versión en clase y a distancia. En efecto, en ciertos casos, es completamente posible reemplazar un laboratorio clásico por una versión a distancia, por ejemplo simulada, sin inconvenientes pedagógicos como lo mostraron Wiesner y Lan (2013) o Klahr y al. (2007).

Por el contrario, el aspecto práctico del ensamble del material (cableado de los instrumentos de medida, puesta en funcionamiento y en seguridad del material, etc.) es una dimensión que puede ser investigada (como competencia técnica, por ejemplo), sobre todo en las formaciones muy "profesional" y que, de hecho, estará totalmente ausente de los laboratorios distantes.

La modalidad de los laboratorios a distancia puede también aportar ventajas que tienen un impacto pedagógico que no existe en el laboratorio en sala, como una flexibilidad en la planificación de la utilización del material (del lado del estudiante), varias posibilidades de interacciones con material sin duda más numerosas y sobre más tiempo (por la tarde, noche o el fin de semana por ejemplo), interacciones con otros estudiantes en un contexto a veces más amplio (wiki, chat, foro, etc.). Además, la ayuda de herramientas informáticas integradas que permite apoyar la conceptualización, hasta al seguimiento de la progresión en los aprendizajes (de Jong y al., 2014) es factible en línea y puede aportar una ventaja didáctica cierta para la modalidad a distancia con relación a la versión en clase (el alumno que saca provecho de una guía individual, lo que no es siempre fácil de realizar en una aula). En fin, en un meta-estudio de Means et al. (2010) sobre la enseñanza virtual en general no se encuentran ventajas de impacto, per se, de la modalidad virtual y concluye que finalmente este impacto, cuando existe, está asociado a la calidad del diseño didáctico y no al medio, aspecto que es cierto tanto en un actividad de contacto directo, como mediado por la tecnología.

#### 4. Conclusiones y perspectivas

Según los objetivos de aprendizaje esperados, el cambio de un laboratorio tradicional a su versión « a distancia », remota o simulada puede ser exitoso o no. No es cuestión aquí de justificar o no el interés pedagógico o didáctico de los laboratorios a distancia en el caso general, efectivamente es claro que se trata de un tema complejo y multifactorial. Este estudio corto se realiza con el fin de precisar a los responsables y/o futuros diseñadores de laboratorios a distancia un panorama de los resultados de investigación sobre la utilización de este tipo de actividades prácticas. Se tiene que considerar que el interés pedagógico o didáctico de este tipo de actividad no es validado por si mismo. Hay que entonces guardar en mente que para que la utilización

de un laboratorio a distancia sea pedagógicamente justificada, hay que previamente verificar que la actividad practica real (presencial o no) sea también justificada, lo que no va de sí en muchos casos. Además, el diseño de un laboratorio remoto debe tener en cuenta todos los aspectos didácticos y pedagógicos de la actividad real más los aspectos relacionados a la utilización de los TIC (ICT) como la pérdida del contacto con la realidad.

Se trata entonces de un campo amplio para la investigación en educación en ciencias y tecnologías sobre estos aspectos relacionados con el uso de los TIC en las actividades prácticas a distancia. ¿Cuáles son los factores preponderantes que hacen que una actividad de laboratorio pueda ser eficiente (en termino de aprendizajes) a distancia o no? Esto es todavía una pregunta abierta.

## 5. Referencias

- Arcà, M. (1999). LA REPRÉSENTATION SCIENTIFIQUE DE LA RÉALITÉ : EXPÉRIENCE ET EXPÉRIEMENTATION À L'ÉCOLE PRIMAIRE. Aster, 28.
- Bachy, S. (2014). Enseigner et apprendre en ligne. De quoi est-il question et quels sont les enjeux pour l'enseignement et l'apprentissage ? *Education & Formation*, 302, 281.
- Barrios, A., Panche, S., Duque, M., Grisales, V. H., Prieto, F., Villa, J. L., Canu, M. (2013). A multi-user remote academic laboratory system. *Computers & Education*, 62, 111–122. doi:10.1016/j.compedu.2012.10.011
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617–645. doi:10.1146/annurev.psych.59.103006.093639
- Beaufils, D., Richoux, H., & Camguilhem, C. (1999). Savoirs et savoir-faire associés a l'utilisation d'instruments informatises dans des activites de travaux pratiques de physique. *Aster*, 28. doi:10.4267/2042/8719
- Byrne, J., Heavey, C., & Byrne, P. J. (2010). A review of Web-based simulation and supporting tools. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(3), 253–276. doi:10.1016/j.simpat.2009.09.013
- De Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: The Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(3), 1–16. doi:10.1186/s40561-014-0003-6
- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science (New York, N.Y.)*, 340(6130), 305–8. doi:10.1126/science.1230579
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J., & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655–675.
- Hofstein, A. (2004). THE LABORATORY IN CHEMISTRY EDUCATION : THIRTY YEARS OF EXPERIENCE WITH DEVELOPMENTS , IMPLEMENTATION , AND RESEARCH. *Chemistry Education, Research and Practice*, 5(3), 247–264.
- Klahr, D., Triona, L. M., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middle school children. *The Science Education Review*, 6(4), 126–130.



- Kreidler, H. & Kreidler, S. (1974). "The role of the experiment in science education", *Instructional Science* 3: 75–88.
- Lebrun, M. (2005, 2006). *E-Learning pour enseigner et pour apprendre - Allier pédagogie et technologie*. Louvain-la-Neuve : Ed. Bruylant-academia
- Lebrun, M. (2011). Impacts des TIC sur la qualité des apprentissages des étudiants et le développement professionnel des enseignants : vers une approche systémique. *Revue Sticef* 18, 1764-7223, mis en ligne le 16/11/2011, <http://sticef.org>.
- Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., & Jones, K. (2010). *Avaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies*: US department of education.
- Ndiaye, V. (1990). *Evaluation de l'utilisation de la video dans des travaux pratiques universitaires de biologie*. Université Claude Bernard - Lyon 1.
- Orduna, P., Sancristobal, E., Emaldi, M., Castro, M., Lopez-De-Ipina, D., & Garcia-Zubia, J. (2012). Modelling remote laboratories integrations in e-learning tools through remote laboratories federation protocols. In *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE* (pp. 1–6). doi:10.1109/FIE.2012.6462220
- Osborne, J., & London, C. (2003). Literature Review in Science Education and the Role of ICT : Promise , Problems and Future Directions Literature Review in Science Education and the Role of ICT : Promise , Problems and Future Directions. *Futurelab* (Vol. 6). Retrieved from [www.futurelab.org.uk/research](http://www.futurelab.org.uk/research)
- Salzmann, C., & Gillet, D. (2008). From online experiments to smart devices. *International Journal of Online Engineering*, 4(S1), 50–54.
- Wiesner, T. F. and Lan, W. (2004), Comparison of Student Learning in Physical and Simulated Unit Operations Experiments. *Journal of Engineering Education*, 93: 195–204. doi: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00806.x
- Yager, R. E., Englen, J. B., and Snider, C. F. Effects of the laboratory and demonstration method upon the outcomes of instruction in secondary biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 1969, 5, 76-86
- Zacharia, Z. C., & Constantinou, C. P. (2008). Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the Physics by Inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. *American Journal of Physics*, 76(4), 425. doi:10.1119/1.2885059

i: Nos interesamos aquí sólo por los laboratorios que ponen en juego una parte material no informática. En efecto, en el marco de laboratorio en el dominio informático, el medio de comunicación que asegura el lazo entre la parte distante y parte local (la del estudiante) es de la misma naturaleza que el objeto del laboratorio. No hay distinción entonces entre los dos y la diferencia "presencial"/"a distancia" es casi inexistente. Esto vale también para las actividades experimentales sobre simulación, en las cuales ninguno de los aspectos relacionados con la realidad es manipulado por los estudiantes aunque ciertos autores le otorgan una eficacia superior a los laboratorios clásicos en lo que toca al desarrollo de conocimientos conceptuales (De Jong y al. 2013).

## Sobre los autores

- **Michaël Canu:** Maestría en Control de sistemas y de producción de la Ecole des Mines de Nantes (France), Maestría y Doctorado en didáctica de las disciplinas de la universidad Paris Diderot – Paris 7 (Francia), Doctor en Ingeniería de la Universidad de Los Andes. Investigador postdoctoral. [m.canu134@uniandes.edu.co](mailto:m.canu134@uniandes.edu.co)
- **Mauricio Duque:** Ingeniero eléctrico, Msc en ingeniería Universidad de los Andes, DEA y Doctor en Ingeniería de INRP, Grenoble, Francia. Profesor asociado. [maduque@uniandes.edu.co](mailto:maduque@uniandes.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)