

Una experiencia de integración de las TIC a la enseñanza de la ingeniería: El laboratorio virtual "Resistencia a la compresión"

An experience of incorporation of Information and Communication Technologies of teaching of engineering: The virtual lab "Resistance to compression"

Dr.C. Gerardo Borroto Carmona ^I, MSc. Joanna Gé Chanfón ^{II}

^I Centro de Referencia para la Educación de Avanzada (CREA). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CUJAE.

Correo electrónico: gborroto@crea.cujae.edu.cu

^{II} Centro de Referencia para la Educación de Avanzada (CREA). Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, CUJAE.

Correo electrónico: joanna@crea.cujae.edu.cu

Recibido: 18 de junio de 2015

Aceptado: 4 de julio de 2016

Resumen:

La Práctica de Laboratorio Virtual (PLV) "Determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón endurecido", constituye un ejemplo de integración de las TIC en los procesos educativos. Fue diseñada especialmente para estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, Ingeniería Hidráulica, u otras carreras de Ciencias Técnicas relacionadas con esta temática. Su implementación se está llevando a cabo en las carreras Ingeniería Civil e Ingeniería Hidráulica, en la Cujae. El objetivo del presente artículo es revelar las experiencias adquiridas por los autores en el proceso de investigación y aplicación de una novedosa metodología para la elaboración de la práctica de laboratorio virtual (PLV) "Determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón endurecido".

Abstract:

The Practice of Virtual Lab (PVL) "Determination of the resistance to compression in cylindrical test tube of hardener concrete", is an example of integration of information and communication techniques in educative processes. It was specially designed to students of Civil Engineering, Hydraulics Engineering degrees, and other ones of Technique Sciences close related with this subject matter. Its implementation is doing now in Civil Engineering and Hydraulics Engineering degrees, in Cujae.

Palabras-claves

Práctica de Laboratorio Virtual, resistencia a la compresión, integración de la TIC en los procesos educativos.

Key Words

Practice of Virtual Lab, compress resistance, integration of TIC in educative processes

Licencia Creative Commons



Introducción

En la sociedad de hoy, impactada por los significativos logros de las TIC en todas las esferas y en particular en la educación superior, los laboratorios virtuales han ganado un lugar primordial en la obtención de resultados de impacto en los procesos docente-educativos que transcurren en las universidades y centros de este nivel en todo el orbe.

La educación superior cubana no está exenta de este fenómeno. Un ejemplo de ello lo constituye el Proyecto de Investigación "Laboratorios virtuales para la enseñanza de las Ciencias Técnicas", correspondiente al Centro de Ingeniería Hidráulica (CIH) y al Centro de Referencia para la Educación Avanzada (CREA), del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, que desde su creación ha venido mostrando interesantes resultados, tanto en Cuba, como en la República Bolivariana de Venezuela [1].

Las experiencias que se presentan como resultado de la elaboración de la Práctica de Laboratorio Virtual (PLV) "Determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón endurecido", surgen a partir del trabajo realizado por el Grupo 3 del mencionado Proyecto. Este grupo está integrado por: su coordinador, Dr. C. Gerardo Borroto Carmona (profesor del CREA), pedagogo encargado de la modelación pedagógica y didáctica de las PLV y su investigación; Iosvany Alberto Recio Villa (profesor del CIH), ingeniero hidráulico encargado de la modelación matemática de los procesos que intervienen en las PLV y su investigación; Joanna Gé Chanfón (profesora del CREA), ingeniera informática encargada de la investigación y ejecución de la programación informática requerida en las PLV; Leandro Carlos Rodríguez Rodríguez, diseñador gráfico encargado de concebir e investigar sobre la imagen y la comunicación audiovisual en las PLV. Para esta PLV se invitó a la Ing. Julia Rosa Álvarez López, profesora de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Cujae.

Con esta PLV se inició la investigación científica y la elaboración (diseño y producción) de un paquete de prácticas de laboratorio virtuales para las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Hidráulica, específicamente para su utilización en las asignaturas Resistencia de materiales y Hormigón estructural (de la disciplina Análisis y Diseño); y Materiales de la construcción y Tecnología del Hormigón (de la disciplina Tecnología de la construcción). También será aplicada en otras asignaturas de la carrera Ingeniería Hidráulica.

A partir de la necesidad de contar con un conjunto de prácticas de laboratorio virtuales en el contenido de la Resistencia de los materiales, teniendo en cuenta que estas prácticas darían la posibilidad de desarrollar en los estudiantes un sistema de conocimientos, habilidades y hábitos relacionados con esta importante temática, vital en la formación de un ingeniero civil e hidráulico, y que en la actualidad resulta difícil la realización de prácticas similares en las condiciones de un laboratorio real, debido a diferentes factores, le fue encomendada al Grupo 3 de este Proyecto la tarea de elaborar el módulo de prácticas de laboratorio virtual de Resistencia de los Materiales.

Por otra parte, aun cuando existiera la posibilidad para desarrollar dichas prácticas en condiciones reales, sería muy conveniente aprovechar las ventajas que ofrecen las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), para realizarlas de forma virtual.

Por decisión colegiada entre el coordinador del proyecto, la profesora de la asignatura y los miembros del Grupo 3, la primera PLV que se comenzó a elaborar para este módulo fue: "Determinación de la resistencia a la compresión". Su objetivo principal consiste en que los estudiantes desarrollen determinadas habilidades en el proceso de determinación de la resistencia a la compresión de una probeta cilíndrica de hormigón endurecido, y a partir del resultado determinar su calidad.

Para su elaboración, se utilizó la "Metodología para la elaboración de prácticas de laboratorio virtual", elaborada por Collazo et al [2], adoptada en el Proyecto, con el propósito de verificar su factibilidad de aplicación y hacerle los ajustes y aportes necesarios. La primera acción realizada fue una observación minuciosa de cada uno de los pasos de esta metodología, tomando las notas necesarias según los objetivos previamente formulados desde su perfil: pedagógico, ingenieril, matemático, informático, y de diseño, con el propósito final de integrar este módulo al paquete MultiH-Virtual en sus futuras versiones.

Posteriormente, se ejecutaron otras tareas propias del proceso de elaboración de la PLV de Resistencia de los materiales, y en particular la referida en este trabajo, que tiene como objetivo principal: socializar las experiencias adquiridas por los autores, en el proceso de investigación y elaboración de la PLV "Determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón endurecido".

Generalidades acerca de la PLV

La PLV de referencia, pretende contribuir a que los estudiantes de ingeniería civil, de ingeniería hidráulica, o de otras carreras relacionadas con esta temática, desarrollen determinadas habilidades en la realización del ensayo a la compresión en probetas de hormigón endurecido, con la finalidad de determinar su calidad. El ensayo de Resistencia a Compresión Uniaxial (f'_c) es vital en cualquier elemento de hormigón, al ser el principal indicador de la calidad del material, por lo que generalmente se comercializa por esta propiedad, pues de ella depende básicamente su costo fundamental.

En la PLV se orienta realizar la rotura a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón endurecido, para ello previamente se deben realizar las siguientes actividades:

- Estudiar la normativa vigente relacionada con este ensayo para dominar sus bases teóricas (NC 724: 2009 Ensayos del hormigón) y (ISO 1920-4:2005, MOD Resistencia del hormigón en estado endurecido).
- Revisar si la probeta está debidamente identificada.
- Realizar la inspección visual de la probeta para determinar si es posible someterla a ensayos.

- Comprobar que la probeta ha sido debidamente curada.
- Comprobar que se ha realizado el refrentado de las caras de la probeta.

Los objetivos definidos para lograr por los estudiantes mediante esta PLV fueron los siguientes:

- Realizar la rotura a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón endurecido.
- Aplicar las normas, reglamentos y medidas de seguridad en el laboratorio.
- Manipular los diferentes materiales y equipos de laboratorio con sus respectivas técnicas.

En su proceso de elaboración se tuvieron en cuenta los Principios formulados y adoptados por el Proyecto "Laboratorios Virtuales para la enseñanza de las Ciencias Técnicas [2], entre estos:

- Las habilidades que se desea contribuir a desarrollar en el estudiante constituyen el punto de partida para el análisis, por tanto los objetivos de aprendizaje deben estar bien formulados.
- El análisis de la práctica real (o nueva) para elaborar su versión virtual, se realiza bajo el paradigma de procesos.
- La modelación matemática, parte de los datos obtenidos en la realización de la práctica real.
- La modelación gráfica se corresponde con la instalación real de la que se obtiene el dato que servirá de fuente para la modelación matemática.
- La concepción didáctica del laboratorio virtual debe permitir al estudiante el trabajo independiente con el mismo en alto grado.
- Las posibles desviaciones en el comportamiento de las variables deben ser tomadas en cuenta en la modelación matemática e informática.
- Los posibles errores y/o descuido de los estudiantes durante la realización de la práctica deben ser tomados en cuenta en la modelación informática y gráfica.
- El laboratorio virtual no sustituye la formación de las habilidades prácticas que el estudiante debe desarrollar en interacción con la instalación real, solo contribuye a su formación.

Metodología aplicada en proceso de producción de la PLV

La Metodología aplicada en el proceso de elaboración de esta PLV consta de cuatro etapas: Preproducción, Producción, Postproducción, e Impacto [2][3][4][5][6].

A continuación, se describen las etapas y los pasos realizados:

Etapas de Producción

- Negociación y planificación de la práctica virtual

Se realizó mediante el intercambio de los miembros del Grupo 3 con la profesora especialista en el contenido de la práctica a virtualizar, así como con otros especialistas de la Facultad de Ingeniería Civil y del Centro de Estudios de Construcción y Arquitectura Tropical (CECAT), de la Cujae, en encuentros frecuentes previamente planificados y consultas sistemáticas. Este intercambio permitió precisar los objetivos y el contenido de la PLV en cada una de sus etapas y pasos del proceso, profundizar en el conocimiento de las normas y otros referentes asociados, además de obtener otros detalles importantes para la modelación matemática de los procesos involucrados, la programación informática, y la aplicación específicamente en esta PLV de la concepción didáctica asumida en el Proyecto.

- Capacitación de los profesores especialistas en el contenido

La capacitación para los miembros del Grupo 3 se realizó fundamentalmente de forma autodidacta por cada cual en su perfil, contando para ello con la amplia información obtenida en la etapa anterior. También se produjeron otros encuentros con especialistas en el contenido de la práctica y con investigadores del perfil homólogo de los Grupos 1 y 2 del Proyecto (informáticos, matemáticos, pedagogos, diseñadores). Los aspectos básicos en los que se profundizó en esta etapa fueron: La concepción pedagógica y didáctica de la PLV; lo relativo al diseño gráfico (ambientes, imágenes, comunicación audiovisual, otros); la concepción sobre la modelación matemática; la concepción sobre el diseño informático y su aplicación; y la integración de cada uno de los perfiles en la PLV.

También se diseñó la capacitación para los docentes que vayan a introducir esta PLV en el proceso docente educativo de la asignatura que imparten, ya sea en carreras de Ingeniería o de otras Ciencias Técnicas donde se contemple este contenido.

- Recolección y organización de la información sobre la práctica real

En esta etapa se realizó una visita de los miembros del Grupo 3, con la profesora especialista, al Centro de Investigaciones Tecnológicas (CITEC), para observar detalladamente las condiciones y el equipamiento de un laboratorio real modelo.



Imagen 1: Visita a CITEC

Una experiencia de integración de las TIC a la enseñanza de la ingeniería: El laboratorio "Resistencia a la compresión"

Para el levantamiento de la información en este centro, se tomaron fotos, se filmaron videos y se hicieron grabaciones de los sonidos característicos de la práctica real (la prensa en funcionamiento, la probeta al romperse, y otros sonidos) para ser utilizados en la PLV.

También se visitó el CECTACT (de la Cujae), para contrastar la información en las condiciones de un laboratorio docente. Además, en esta etapa se produjo la familiarización del Grupo 3 con la documentación requerida para la PLV (normas, manuales, gráficas, otras).

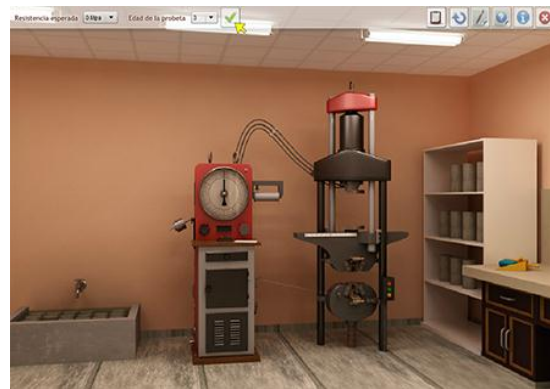
Etapas de Producción

- Desarrollo de componentes gráficos de la PLV

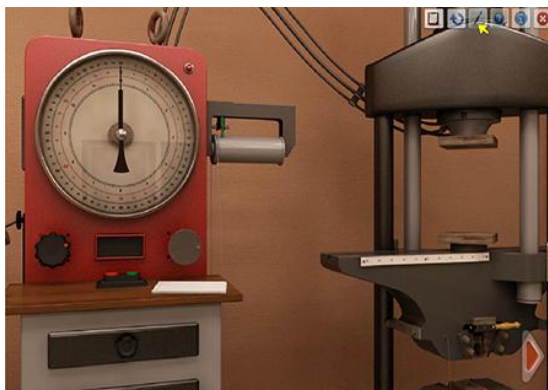
Consistió en el trabajo realizado por el diseñador gráfico del Grupo 3 en la elaboración de las imágenes del contexto, instrumentos, u otros elementos necesarios para construir el entorno gráfico de la PLV, lo que permitió crear cada una de las vistas principales y complementarias:



1. Vista de acceso a las PLV



2. Vista principal de la PLV



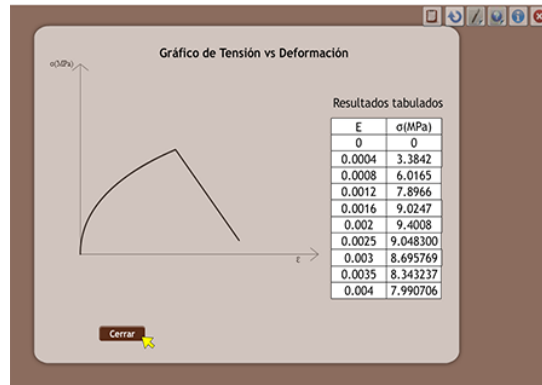
3. Vista de trabajo 1



4. Vista de trabajo 2



5. Vista ampliación del reloj



6. Vista ampliación de la gráfica

Probeta	f_c (real)	$F(T)$	V_d	t (s)
1	13.241	37.091	0.6	35
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

7. Vista ampliación de la tabla de resultados



8. Vista rotura de la probeta

- Modelación matemática de la práctica virtual

El especialista del Grupo 3 en la modelación matemática, en estrecha coordinación con la profesora y otros especialistas en el contenido de la práctica, trabajó en la obtención de la ecuación empírica que describe el comportamiento del fenómeno en la instalación experimental real, a partir de los datos que se obtienen en la realización de la práctica real. También trabajó en la determinación y modelación de las posibles desviaciones y posibles errores que pueden cometer los estudiantes durante la realización de la PLV.

En el caso de esta PLV, la Resistencia a Compresión se da por la ecuación:

$$f'_c = \frac{F}{A_c}$$

f'_c - Resistencia a compresión expresada en (MPa)
 F - Carga máxima, expresada en (N)
 A_c - Área de la sección transversal de la probeta sobre la cual actúa la fuerza a compresión, expresada en (mm²)

Si las dimensiones reales de la probeta de ensayo están dentro del $\pm 0,5\%$ del tamaño nominal, la resistencia puede calcularse en base al tamaño nominal. Si las dimensiones reales están fuera de esta tolerancia, el cálculo de la resistencia estará basado en las dimensiones reales de la probeta de ensayo. La resistencia a compresión obtenida se expresará en el valor más cercano a 0,5 MPa.

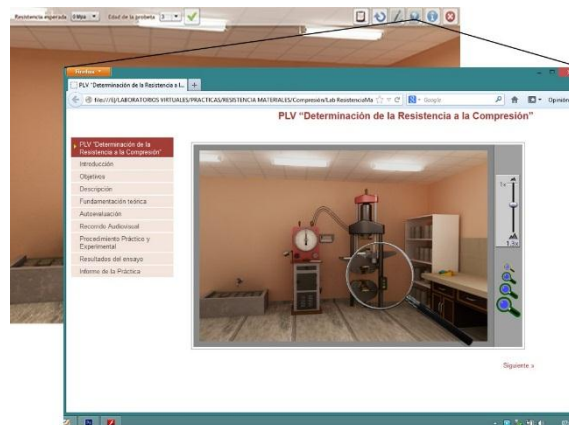
- Desarrollo de componentes informáticos de la práctica virtual

La modelación informática fue realizada por la especialista en informática del Grupo 3, a partir de la relación: variable del modelo matemático - elemento de la instalación virtual y de los eventos para el accionamiento de los instrumentos virtuales.

- Elaboración de los componentes didácticos

El especialista en pedagogía realizó el tratamiento pedagógico didáctico de la PLV. En primer lugar, fue necesario, a partir de la concepción de la "didáctica desarrolladora" asumida en el Proyecto, determinar el sistema de conocimientos, las habilidades y sus acciones, y los hábitos a desarrollar en los estudiantes en el proceso de realización de esta práctica virtual. Posteriormente, analizar y tomar decisiones sobre la vía más efectiva de integrar en sistema, las categorías didácticas (objetivos, contenido, métodos, medios, evaluación), así como las herramientas y el sistema de tareas docentes, en la PLV, para satisfacer los objetivos previstos y tributar de manera eficiente a la formación integral de los estudiantes.

Especial participación correspondió a este especialista en la elaboración de la "ayuda" de la PLV, a partir de las experiencias y los resultados de las investigaciones realizadas en el proceso de las PLV anteriores en el marco del Proyecto. Por la importancia de este aspecto, se le dedica un epígrafe en este trabajo.



9. Vista de la "ayuda" de la PLV

- Montaje de la práctica virtual

En consecuencia, con el modelo informático y la concepción general asumida por el Proyecto, se realizó el montaje de los distintos componentes de la PLV.

Etapas de Postproducción

- Control de calidad del resultado

Una vez realizado el montaje de la PLV, se sometió al criterio de especialistas, profesores y estudiantes, a modo de una constatación preliminar de la PLV, con vistas a la realización de sus correcciones en una segunda edición, antes de su aplicación en el proceso docente educativo en las carreras de Ingeniería y Ciencias Técnicas. Para esta primera constatación fueron elaborados los instrumentos de investigación correspondientes.

- Corrección y ajuste de los errores detectados

Con el propósito de encontrar deficiencias, una vez terminada la primera edición de esta PLV, se sometió al método científico de "criterio de especialistas", en este caso tres del Proyecto y cinco de la Facultad de Ingeniería Civil de la Cujae, en total ocho especialistas que expresaron su satisfacción con la PLV y señalaron algunos aspectos que pueden ser mejorados. También será sometido al criterio de un pequeño grupo de estudiantes seleccionados previamente para que realicen esta PLV y emitan sus opiniones a partir de un grupo de instrumentos ya elaborados por los especialistas del Proyecto.

- Registro del producto. Licencia

En estos momentos se están realizando los trámites necesarios para el registro de esta PLV en el Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA).

Etapas de Impacto

Una vez que se obtenga el Registro de la PLV en CENDA, se procederá al tránsito por cada uno de los pasos de esta etapa, en la entidad a la que haya sido entregada la PLV. Los pasos correspondientes son los siguientes:

- Preparación de los docentes para aplicar la PLV

La PLV se aplicará primeramente a dos grupos de estudiantes de 3er. Año de la carrera de Ingeniería Civil de la Cujae, para lo cual ya está preparada la profesora especialista que participó en su elaboración. Posteriormente, esta PLV se llevará a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda" del Estado Falcón, en Venezuela y se realizará la preparación del grupo de docentes encargados de su aplicación en grupos de estudiantes de esa carrera.

- Organización y aplicación de las prácticas virtuales

El proceso de investigación (que incluye la observación) de esta PLV ya está organizado, acorde con las bases establecidas por el Proyecto, y por las cuales se ha llevado a cabo la investigación de las PLV producidas anteriormente. Organizar el proceso de observación de la aplicación de las prácticas virtuales en el proceso de enseñanza aprendizaje.

- Aplicación de instrumentos para la validación de la efectividad de la práctica virtual en el proceso de enseñanza aprendizaje.

En el proceso de aplicación de PLV en las universidades citadas (en Cuba y en Venezuela), se utilizarán los instrumentos de investigación para determinar el impacto en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

- Socialización de los resultados

A partir de los resultados de la investigación realizada en el proceso de aplicación de la PLV, serán elaborados los informes correspondientes, publicaciones, participación en eventos para socializar los resultados obtenidos en el proceso de producción y aplicación.

Resultados obtenidos de la experiencia

La Práctica de Laboratorio Virtual (PLV) "Determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón endurecido, referida en este trabajo, posee un impacto social y económico de un altísimo valor:

- En lo político, por su correspondencia con la Política Científica de Cuba, expresada en el VI Congreso del PCC, a través de los Lineamientos 145, 146, 147 y 152 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.
- En lo social, por su significación para el perfeccionamiento de la educación superior cubana, particularmente en la formación de ingenieros, arquitectos, además de ser transferible su utilización en la formación de otros profesionales de las ciencias técnicas, así como en la capacitación de técnicos y obreros en la temática sobre Resistencia de los materiales.
- En lo económico, porque representa un ahorro de divisas al país equivalente aproximadamente a 800,000.00 dólares (USD), que sería el costo del equipamiento e instalaciones para la realización de la práctica de laboratorio en las condiciones reales. A esto se suma la condición de producto altamente comercializable que posee este producto, con lo que el país captaría también ingresos en moneda convertible.

Conclusiones

El proceso de elaboración de la práctica de laboratorio virtual "Determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de hormigón endurecido" en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, generó interesantes experiencias que se materializaron en:

- La elaboración de un conjunto de documentos de apoyo a la PLV (Guía de la práctica de familiarización, Guía de la práctica, Modelo para la evaluación del trabajo estudiante en la PLV, Tarea técnica, otros)
- Reajustes en el procesamiento matemático con la finalidad de lograr mayor precisión en los resultados (valores) que obtendrán los estudiantes en la realización de los ejercicios propuestos, en la condición de una PLV.
- Modificaciones en algunos de los elementos que aparecen en las vistas de esta práctica de laboratorio virtual: Vista Principal, Vista de Trabajo, Ayuda, imágenes de las probetas antes y después de sufrir diferentes formas de rotura, ampliación (zoom) en algunos elementos (reloj de la prensa, escritor gráfico).
- Aportes en la "ayuda" desde el punto de vista didáctico y de la comunicación audiovisual con el estudiante (imágenes, videos, sonidos, otros elementos).
- Operacionalización de las habilidades que los estudiantes deben desarrollar durante la PLV (acciones, orientaciones para la realización de la acción, criterios de medida).
- Ajustes en cuanto al diseño gráfico e informático de la PLV respecto a las anteriores.

Referencias Bibliográficas

- 1- León A., Herrero E., Cabrera J., Almira C., Gómez M., Collazo R. et al. Informe técnico para la UNEFM: Reporte final: Coro: Estado Falcón: 2011.
- 2- Collazo R. et al. Proyecto "Laboratorios Virtuales". Aproximación a una metodología para la producción de Laboratorios Virtuales. En 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura de la Cujae; La Habana; 2012.
- 3- Borroto G. y otros (2012): Experiencias en la aplicación de una práctica de laboratorio virtual en Hidráulica. Proyecto "Laboratorios Virtuales". Aproximación a una metodología para la producción de Laboratorios Virtuales. CD Memorias de la 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura de la CUJAE. Palacio de las Convenciones. La Habana. Cuba.
- 4- Collazo, R. y otros (2012): Proyecto "Laboratorios Virtuales". Aproximación a una metodología para la producción de Laboratorios Virtuales. CD Memorias de la 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura de la Cujae. Palacio de las Convenciones. La Habana. Cuba.
- 5- Herrero, E. (2011): Informe final sobre la implementación de prácticas virtuales de la herramienta MultiH-Virtual en la formación de las habilidades prácticas asociadas al perfil profesional y habilidades para el uso de las TIC de los estudiantes del Programa de Ingeniería Civil de la UNEFM.
- 6- León, H. León, y otros (2011): Informe técnico para la UNEFM. Coro. Estado Falcón. Venezuela.

Autores:

Gerardo Borroto Carmona

Profesoral Superior en Educación Laboral en la Universidad Pedagógica de La Habana. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular del Centro de Referencia para la Educación de Avanzada (CREA) del Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría de La Habana. Intereses profesionales actuales: Creatividad, TIC, Comunicación Audiovisual. Ha publicado sobre estos temas en Cuba, España y México.

Joanna Gé Chanfón

Máster en Telemática. Ingeniera Informática. Centro de Referencia para la Educación de Avanzada (CREA), Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría de La Habana.