



## LABORATORIOS VIRTUALES INTEGRADOS CON TECNOLOGÍA GRID PARA LA UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA

**Yois Smith Pascuas Rengifo**

Artículo recibido el 06 de Febrero de 2010, aprobado para publicación el 28 de Mayo de 2010.

### **Resumen**

La combinación de los entornos de e-learning, laboratorios virtuales (LVs) y tecnologías Grid, ofrece una poderosa herramienta que mantiene y mejora la calidad del aprendizaje. Se presenta un trabajo de investigación en donde se analizan y sistematizan diferentes proyectos que utilizan LVs y adicionalmente los que integran tecnologías Grid, describiendo arquitecturas, ventajas y beneficios que aportan su utilización en diferentes escenarios académicos y científicos. Entre ellos se incluye la física, matemática, eléctrica, electrónica, ingeniería, educación a distancia, ecología, medio ambiente, educación para personas especiales, medicina y química. Para finalmente mostrar unas conclusiones orientadas al tema.

**Palabras clave:** Aprendizaje colaborativo, Arquitectura, Computación Grid, Simulación, Virtual.

## VIRTUAL LABS INTEGRATED WITH GRID TECHNOLOGIES FOR THE UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA

### **Abstract**

The combination of e-learning environments, virtual labs (LVs) and Grid technology provides a powerful tool that maintains and improves the quality of learning. A research paper which analyze and systematize various projects that use LVs and additionally to integrate Grid technologies is presented, describing architectures, advantages and benefits provided for use in different academic and scientific scenarios. These Include physics, mathematics, electrical, electronics, engineering, distance education, ecology, environment, education for special people, medicine and chemistry. Theme-oriented conclusions are finally showed.

**Key words:** Collaborative Learning, Architecture, Grid Computing, Simulation, Virtual.

## Introducción

El avance de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), conlleva a cambios en el ámbito académico, donde se busca contar con herramientas que faciliten la enseñanza y el aprendizaje; a través de las TIC, se ofrece una gran variedad de posibilidades de apoyo a la educación. Anteriormente, en las prácticas de laboratorios, se trabajaba bajo sistemas análogos, existían pocas partes electrónicas con software, talento humano y espacio restringido; debido a la cantidad de estudiantes y problemas de costos. Los LVs surgen básicamente, por la necesidad de crear herramientas de apoyo al estudiante para sus prácticas de laboratorio, con el objetivo de optimizar diferentes aspectos relacionados con el aprendizaje y la investigación. Igualmente los LVs bajo Computación Grid, permiten aprovechar eficientemente la infraestructura tecnológica existente.

Esta investigación es el punto de partida de la creación de un modelo para el diseño de LVs de química en la Universidad de la Amazonia empleando Computación Grid; y de esta forma mejorar el acceso de los estudiantes a las prácticas académicas. El presente artículo nos acerca a los fundamentos relevantes de la investigación en e-learning y la computación Grid, se encuentra dividido en seis secciones, en la primera se muestran diferentes conceptos de LV, en la segunda las características principales de los LVs, en la tercera un esquema de la arquitectura de un LV, en la cuarta un estudio sobre el uso de los LVs en los procesos de enseñanza-aprendizaje y su impacto en diferentes ámbitos académicos, en la quinta parte la integración de las tecnologías Grid con LVs con algunas aplicaciones y en la sexta las consideraciones finales y trabajo futuro de la investigación realizada.

## Laboratorio virtual

Según la Real Academia Española, un laboratorio se define como un lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico. Entendiendo

igualmente el concepto de virtual o mejor aún el concepto de realidad virtual como la representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real (Coiffet *et al.*, 1996).

Estos conceptos permiten orientar fácilmente al concepto de LV; entendido como un conjunto de recursos compartidos en la red (un cuaderno de notas digital, ficheros, búsquedas, etc.) con el fin de que los usuarios puedan poner en práctica mediante el control remoto, la monitorización de los experimentos y la gestión de dichos recursos, los conocimientos adquiridos en las aulas de las Universidades, sin tener que contar con material sofisticado o con componentes caros y difíciles de obtener. Otras ideas y complementos se dan en Rosado *et al.*, 2010; Rivas *et al.*, 2010. Estos recursos son gestionados por un CMS –Sistema de Gestión de Contenidos- (Lemus *et al.*, 2004).

## Características

Para llegar a lo que se conoce como LV se han realizado diferentes trabajos, se inicia con la exploración de Instrumentos Virtuales (IV), estándar IEEE 488 y con una GUI (Interfaz gráfica de usuario). Posteriormente gracias a la aparición de la tecnología web y las redes, este IV pasó a convertirse en LV Distribuido (LVD) que tenía dos enfoques. El primer enfoque los mostraba como aplicaciones que controlaban un instrumento de medida remotamente a través de una GUI e interfaces VXI (Extensión Instrumentación Virtual). El segundo enfoque permitía simular el comportamiento del IV logrando llevar a cabo la medida real a través de un programa, adicionalmente utilizaban procesadores digitales de señales.

Los aspectos y criterios fundamentales relacionados tanto con el software y hardware para diseñar el LV fueron transparentes para el estudiante. Los cuales pudieron conocer cómo funcionaba el LVD desde el punto de vista académico. Es importante que los estudiantes puedan comprender la esencia de los eventos que tienen lugar en un laboratorio (Grimald *et al.*, 2005) (Cuadro 1). Esta debe hacerse sin

**Cuadro 1.** Laboratorios Remotos versus Laboratorio Virtual y Laboratorio Real (Nedic *et al.*, 2003).

<b>TIPO</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>REAL</b>	Datos Reales Interacción con equipamiento real Trabajo colaborativo	Tiempo y espacio restringidos Requiere programación Costoso Requiere supervisión
<b>VIRTUAL</b>	Buena explicación de los conceptos No tiene restricción de lugar y espacio Medio Interactivo Bajo costo	Datos idealizados Carencia de colaboración No interactúa con el equipamiento real
<b>REMOTO</b>	Interacción con el equipamiento real Calibración Datos reales No restringidos el tiempo y espacio Su costo no es tan elevado	Solamente “presencia virtual” en el laboratorio

limitar el acceso a los instrumentos de cualquier tipo. Por otra parte, es vital que los estudiantes libremente puedan configurar un sistema de medición e incluso construir ejercicios erróneos, permitiendo comprender el problema sobre la base del método "ensayo y error". Debe tener la posibilidad de simular experimentos sencillos, que se pueden utilizar para presentar un problema discutido durante una conferencia. Esta función puede ser una ventaja para los usuarios que están a punto de aprender a usar un LV (Rak *et al.*, 2006).

Los estudiantes de primaria (Sun *et al.*, 2008), permiten enfocar hacia una nueva dirección los cursos de ciencias naturales gracias a su integración con las TIC. Los resultados de este experimento demuestran que el método de enseñanza permitió a los estudiantes del grupo experimental que usaron el VWBSL (Virtual Web-Based Science Lab), obtener mejores calificaciones que los del grupo de la clase convencional. En el grupo experimental, el grado de logros en los diferentes estilos de aprendizaje no son diferentes entre sí. El VWBSL, es apropiado para diversos estilos de aprendizaje y finalmente un logro importante muestra que un 75,0 % de los estudiantes encuestados indica que prefiere utilizar el VWBSL para aprender, que libros de texto donde realizan lecturas solamente.

### Arquitecturas de LVs

Una arquitectura simplifica, mejora la

implementación de un LV y da versatilidad al entorno de la educación (Gomez *et al.*, 2000; Palagin *et al.*, 2005). Una propuesta de arquitectura para los LVs se basa en una red de área local, internet y características como: almacenamiento, copias de seguridad, compartir e integrar recursos de medición, acceso, concurrencia, calibración y tolerancia a fallos (Rak *et al.*, 2006). Adicionalmente, los elementos que integran la arquitectura propuesta son: el servidor principal (contiene la base de datos en SQL y código PHP) y servidor de instrumentos de medición con software creado en MWindows 2003S. La tarea básica del software es permitir la comunicación entre el LV y los usuarios, garantizando el acceso a los recursos (sistemas de medición e instrumentos).

El servidor principal, se encarga de sincronizar y controlar todas las operaciones del sistema, conducir a los usuarios a los servidores de medición apropiados. El servidor de instrumentos de medición, puede ser equipado con interfaz GPIB (General-Purpose Instrumentation Bus), tarjeta de DAQ o módulos PXI. Se definen dos tipos de usuarios: el primer tipo de usuarios se agrupa en un laboratorio local o tradicional; en este caso los estudiantes suelen trabajar en uno de los laboratorios y realizan sus tareas junto con su tutor. Los usuarios individuales pertenecen al segundo grupo, cuando se enfrentan a problemas y preguntas, los estudiantes se conectan automáticamente con un tutor a través

de un chat y por aplicaciones externas que favorecen la transferencia de sonido e imágenes.

### **Aplicaciones**

A nivel mundial existe un aumento en el desarrollo de LVs con el objetivo de apoyar los cursos tanto a distancia como presenciales. A continuación se reseñan algunos de estos trabajos en diferentes campos de la ciencia.

### **Física y matemáticas**

En la institución donde desarrollan el LV para prácticas de física, tienen como objetivo principal el trabajo en los laboratorios, esto permite a los estudiantes entender las leyes de la física a través de la interacción y el trabajo en ellos (Shuichi *et al.*, 2004). El LV se compone de texto, ilustraciones, simulaciones, fotos y video clips. El texto de forma concisa describe los conocimientos básicos sobre la teoría y los procedimientos del trabajo de laboratorio. Las fórmulas matemáticas, teorías, conceptos básicos de los experimentos, también se muestran por medio de ilustraciones y fotos. Las demostraciones de los fenómenos físicos se preparan como clips de video y las simulaciones por computador se emplean para analizar fenómenos, esto hace que los estudiantes entiendan fácilmente los fenómenos físicos. El LV apoya el trabajo en asignaturas y temas como "Luz Polarizada", "Reflexión y la refracción de la luz".

### **Eléctrica y electrónica**

Los LVs en este caso particular, el producto propuesto de mediciones de variables eléctricas, se utiliza en diferentes modos: formación, trabajo, autoaprendizaje y el aprendizaje a distancia; teniendo en cuenta que la interacción profesor-estudiante produce una colaboración creativa durante el proceso de formación, en donde conseguir conocimientos prácticos es lo más importante por la participación activa y real del estudiante en el proceso (Shidlovskiy *et al.*, 2003). Huan-Wen (2001) se apoya con un agente pedagógico virtual y Dong (2002) coloca en evidencia la

importancia que tiene la utilización de animaciones.

El LV de procesamiento de señales (VDSPL), consta de cuatro partes importantes; la primera el agente de ejecución de los entornos móviles, la segunda agentes móviles, la tercera DSP (Procesamiento Digital de Señales) y la cuarta DSP plataformas experimentales (Chyi-Ren *et al.*, 2003). Este trabajo diseña, desarrolla e implementa un VDSPL usando agentes móviles. Las características de los agentes móviles, pueden ser utilizadas en el LV para sustituir al maestro en comportamientos y acciones en las prácticas de laboratorio. Podrían servir de guía a varios grupos de estudiantes en diferentes lugares simultáneamente. Para un estudiante, el agente móvil puede jugar como guía de aprendizaje y organizar las actividades de aprendizaje, así se mejora la eficiencia de aprendizaje en un LV. El sistema de LV consta de dos plataformas; la primera es el agente de la plataforma móvil (Aglets) y el segundo es la plataforma experimental de DSP.

Kanev *et al.* (2004), describen brevemente una serie de diez prácticas para desarrollar en un LV, para estudiantes de fundamentos teóricos de electroingeniería. Los ejercicios corresponden a todos los temas principales del curso y son complementados por guías de laboratorio que incluyen instrucciones para el usuario. Este LV trabaja con LabVIEW, obteniendo datos de instrumentos eléctricos y electrónicos en tiempo real y de forma interactiva (Xiaoyan *et al.*, 2005).

### **Robótica y mecatrónica**

El LV para el aprendizaje cooperativo de la robótica y mecatrónica, se ha denominado VIRLAB (Familia R, 2005). Se muestran los aspectos que se plantearon en el diseño de los componentes de software, hardware y la interfaz web creada con Java y VRML (Virtual Reality Modeling Language). Este laboratorio se orienta a trabajar con máxima independencia y autonomía, pero al mismo tiempo en colaboración con otros estudiantes y la supervisión del instructor.

Se ha desarrollado un sistema inteligente de tutoría basado en redes bayesianas junto con un LV de robótica, constituyendo un semiabierto ambiente de aprendizaje (Noguez *et al.*, 2005). Este ambiente provee al estudiante la oportunidad de aprender con la exploración dentro del LV. El modelo registra el conocimiento de los estudiantes en diferentes niveles de granularidad, la combinación del funcionamiento y la exploración del comportamiento en varios experimentos, ayuda a decidir la mejor manera de dirigir al estudiante en experimentos siguientes y reclasifica a los estudiantes basados en los resultados.

### **Ingeniería**

Según Gil *et al.* (2010) el objetivo principal del LV para estudiantes de ingeniería, es permitir el acceso a los alumnos a equipamiento robótico que se dispone de forma muy limitada debido a su alto costo. Los estudiantes pueden usar todas las funciones que proporciona el LV, mediante el uso de un applet de Java, el entorno de simulación usa VRML. La simulación permite a los estudiantes determinar si se ha ejecutado correctamente una secuencia de comandos. Con este proceso de simulación se está garantizando el uso correcto del robot real; así las prácticas son primero ejecutadas con el simulador y sólo la lista de movimientos correctos, serán comprobados en el robot real. De este modo, el servidor web verifica que todos los parámetros y comandos ejecutados proporcionen movimientos adecuados que no dañen el robot incrementando su ciclo de vida.

Se ha creado un LV como herramienta de autoevaluación basado en la taxonomía de Bloom (Fernández *et al.*, 2008), que muestra al alumno de forma práctica varios circuitos que corresponden a las posibles respuestas, de las cuales una es la correcta. Una vez selecciona la respuesta, el LV inicia el circuito sin indicar si la respuesta seleccionada está correcta. El alumno aprende, analiza y es consciente de sus errores ya que los experimenta con sus propias respuestas. Es considerado un método ideal en el aprendizaje de la ingeniería y el cual es desarrollado como un objeto de aprendizaje que

puede ser integrado en un Sistema de Gestión del Aprendizaje Moodle (Comunidad Moodle, 2010).

Se desarrolla un curso de Redes Neuronales Artificiales en la Escuela de Telecomunicaciones e Ingeniería de Barcelona (ETSETB), mostrando la transición del esquema físico al esquema virtual (Bermejo, 2005). El estudiante es el centro del modelo de aprendizaje y se obtienen ventajas significativas como el aumento de la comunicación entre los estudiantes y los docentes, gracias al soporte dado por parte de las herramientas de comunicación. Mejora el aprendizaje por el uso de simuladores, el desarrollo de competencias, prácticas e investigaciones realizadas por los estudiantes en el LV.

CICLOPS, es un LV que permite realizar experimentos, utilizando algoritmos de Inteligencia Computacional (CI), además, se presenta Cilib, que es una biblioteca de algoritmos (Peer *et al.*, 2005). CICLOPS especifica algoritmos para resolver problemas de optimización, programar la ejecución de un gran número de simulaciones en un grupo de estaciones de trabajo y archivar todos los datos para su análisis, utilizando una interfaz gráfica de usuario. La arquitectura de CICLOPS se basa en tres componentes principales: código base, clúster con estaciones de trabajo y un servidor central y almacenamiento de datos.

### **Educación presencial y a distancia**

El sistema de medición virtual para la educación y formación a distancia (Tym1, 2010), fue diseñado para la educación a distancia y la capacitación en medición e instrumentación. Este LV se basa en el estándar IEEE 488.2 (GPIB) y la arquitectura cliente-servidor. El proceso de medición es iniciado por el equipo cliente, envía un comando de usuario en el equipo servidor, que pre-procesa solicitudes y las redirecciona al equipo de medición requerido. Todo el sistema es controlado a través de un navegador web, la comunicación entre el equipo cliente y el servidor, utiliza un protocolo TCP/IP y los



mensajes se utilizan para el control de instrumentos.

### **Ecología y medio ambiente**

Se viene empleando un simulador de laboratorio para el procesamiento y caracterización del proceder químico de algunas sustancias que pasan a través del estuario. El equipo comprende el simulador que es controlado por un sistema de computación donde corre el programa OLE (Oceanografía y Aprendizaje), que es originalmente desarrollado como una herramienta de investigación en química oceanográfica (bajo ambiente Windows). Después, por la iniciativa de varios profesores, el manejo del simulador se simplificó para permitir el uso como una fuente didáctica para la enseñanza de varios procesos que tienen lugar en el sistema del litoral. Desde este desarrollo inicial, algunas condiciones ambientales diferentes han sido simuladas, y el proceder de algunos contaminantes químicos ha sido estudiado (Marín *et al.*, 2010).

El objetivo del proyecto es desarrollar modelos ecológicos para simular el comportamiento de variables del medio ambiente (fitoplancton, zooplancton, nutrientes, gestión) en un conjunto de estanques (Grau *et al.*, 2006). Esta experiencia se trasladará a las aulas en forma de laboratorio, para las prácticas de las asignaturas relacionadas con la simulación y la modelización, en cursos de ingeniería utilizando Easy Java como software para la implementación de modelos y simulaciones junto con Matlab/Simulink.

El nuevo simulador Australiano (ISERVO – international Solid Earth Research Virtual Observatory) provee un LV para el estudio de la tierra sólida, su complejo comportamiento y el modelamiento de los sistemas de la tierra (Mora *et al.*, 2005). Está desarrollado por varios grupos y han creado la infraestructura Grid, para la investigación y observación internacional. Gracias a que actualmente es posible debido a los avances en simulación numérica, las tecnologías de supercomputación

y la integración conjunta de sismólogos, científicos de la computación, físicos, geólogos, científicos informáticos e investigadores de laboratorio que trabajan en grandes simulaciones que están orientadas a la geología, procesos y convección del manto, sistemas de fallas de la corteza, mecánica de fallos y física del terremoto.

### **Especiales**

Un LV, para la educación de personas con discapacidad visual, se centra en proporcionar al mismo tiempo, las interacciones entre diferentes grupos y lugares por medio de vídeo, voz, datos, información de internet, sistemas de comunicación y equipamiento multimedia (Chung *et al.*, 2002). Se utiliza un monitor interactivo VLab, que utiliza la tecnología piezoeléctrica para la representación gráfica e incluye interfaz, lenguaje de marcas en braille (BML), el protocolo de aplicación inalámbrica (WAP) y el lenguaje de marcas de hipertexto (HTML). La entrada del usuario es procesada por un microcontrolador y la interfaz BML integrada con HTML y WAP, ayuda a la conversión de todos los tipos de sitios web existentes que se visualizan en el VLab de fácil lectura braille.

El UVL es un LV de ingeniería eléctrica, que además tiene una característica muy especial, está desarrollado para estudiantes que no tienen una adecuada movilidad de la parte superior del cuerpo, por esta razón se les dificulta el trabajo a la hora de desarrollar prácticas en los laboratorios (Duarte *et al.*, 2005). Los usuarios de los LVs pueden construir y probar una amplia gama de circuitos eléctricos reales. La interfaz de usuario se compone de un tablero con instrumentos miniaturas y una variedad de componentes eléctricos, desarrollados con Authorware. Adicionalmente cuenta con un analizador de espectro que tiene dos funciones principales, generador de barrido de frecuencia y analizador de espectro. También cuenta con un asistente de laboratorio inteligente que puede guiar al estudiante y responder preguntas.

## Medicina

Este LV, permite la visualización del hueso temporal situado en la base del cráneo lateral, el cual se considera uno de los más complicados del cuerpo humano, porque contiene muchas, diminutas, delicadas estructuras y orificios irregulares. Trabaja con una estación de trabajo de realidad virtual, un SunGraph 6000A, estaciones de trabajo y SYSEditor 5.0 y una plataforma de software de modelado en realidad virtual. El LV da la sensación de inmersión total en un entorno virtual de la compleja estructura del hueso temporal. La configuración permite a los usuarios manipular el modelo en tiempo real y realizar viajes en el interior para mirar los objetos anatómicos desde un número infinito de puntos de vista (Dai *et al.*, 2005).

Este LV fue diseñado e implementado en el marco del proyecto Europeo VirRAD que tiene como objetivo principal apoyar la comunidad radiofarmacéutica en todo el mundo, el cual presenta una simulación 3D de un laboratorio de radiofarmacia, donde los alumnos son representados por avatares 3D que pueden experimentar con equipos de radiofarmacia y llevar a cabo prácticas específicas en diferentes escenarios (Alexiou *et al.*, 2001). Teniendo en cuenta un aspecto importante como la interacción con otros estudiantes e instructores. El VirRAD, se ha dividido en las siguientes áreas principales: Comunidad, Laboratorio 3D y realidad virtual pedagógica. El usuario puede acceder al laboratorio de realidad virtual en dos modos: el modo de estudio y el modo multiusuario. La arquitectura del sistema, se basa en varios componentes que proporcionan la funcionalidad necesaria; entre éstos se encuentra la base de datos, el servidor multiusuario, el servidor web y el cliente.

## Química

Investigaciones y trabajos realizados por Martin *et al.* (2005), que permiten reducir el esfuerzo de modelado y programación de LVs se desarrollaron con el fin de mejorar el aprendizaje en control de procesos químicos entre los que se encuentran un evaporizador y

un intercambiador de calor. Se demuestran las ventajas de combinar herramientas para la creación de interfaces interactivas como Easy Java Simulations y SYSQUAKE que utiliza el lenguaje LME y un entorno de modelado orientado a objetos como Modelica/Dymola.

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se trabaja con un LVQ, al cual se accede por medio de un guante, que adicionalmente permite interactuar con el laboratorio y sus elementos. Un sistema software-hardware que permite simular un laboratorio de química haciendo uso de la realidad virtual. Se utiliza un dispositivo electrónico que interactúa con un mundo de realidad virtual soportado sobre Arquitectura Orientada a Servicios, un escenario gráfico en 3D de un laboratorio de química, un conjunto de recursos bibliográficos, herramientas informáticas y un sistema de ayuda (Luengas *et al.*, 2010).

Este LV de química general y experimental, realiza al final una evaluación preliminar de la efectividad de los programas y de su aceptación por parte de los estudiantes universitarios de carreras de ciencias naturales (González *et al.*, 2010). Consta de 11 actividades, una ayuda para el usuario y una calculadora. La estructura pedagógica de cada actividad sigue las pautas de la enseñanza problémica, interactuando con la descripción del problema, tareas, hipótesis, elección de sustancias, descripción del experimento, registro de resultados y unas conclusiones del trabajo realizado.

VIPRATECH se llama el LV que apoya el desarrollo de prácticas en el programa de Ingeniería Química en el curso de operaciones unitarias (Moros *et al.*, 2002). Con el LV se da la posibilidad de informarse sobre el marco teórico y el montaje experimental antes de seguir adelante con el experimento (Yaron *et al.*, 2004). Adicionalmente, ayuda a visualizar los procesos fundamentales, así como aclarar los conceptos teóricos necesarios para la evaluación de los datos de experimentación recibidos. Consta de tres partes: el texto multimedia, libros y simulaciones interactivas e interfaces para observación/control de

experimentos reales a través de internet mediante un navegador web.

Existen programas que permiten hacer gran cantidad de simulaciones y prácticas en química de manera didáctica, sencilla y guías comprensibles; entre éstos programas se destacan el software propietario ChemLab para Windows, que permite la simulación de un laboratorio de química (Model ChemLab, 2010). Utiliza el equipamiento y los procedimientos más comunes para simular los pasos necesarios que se efectúan en los experimentos de laboratorio. Cada tipo de simulación se encuentra situada en un módulo, así se pueden usar distintos equipos de laboratorio con una única interfaz. El VLabQ es una herramienta de distribución libre que contiene diferentes prácticas y procedimientos (VLabQ, 2010) y Chemical Equation Expert trabaja la solución de ecuaciones químicas complejas (Chemical Equation Expert, 2010).

### LVs Integrados con tecnología grid

Los cálculos y datos se podrían distribuir a través de la Grid cada vez que las computadoras de escritorio de los estudiantes agoten su capacidad de procesamiento (Pankratius *et al.*, 2010). Esto se refiere a los ambientes universitarios donde el hardware existe, ya que a menudo hay cientos de computadores en red, que van desde computadoras personales a grandes máquinas. Por esta razón las redes de computación Grid se están integrando a los sistemas e-learning.

Es importante la introducción de las tecnologías Grid en la construcción de entornos de aprendizaje en la educación (Szczytowski *et al.*, 2006; Szczytowski *et al.*, 2010), ya que servicios orientados a la Grid abren nuevos campos de aplicación, uno de ellos es el denominado e-Learning Grid. El concepto de servicios de aprendizaje y su despliegue a través de las tecnologías Grid son excelentes medios para integrar LVs y el control en entornos de e-Learning para la educación (Okon *et al.*, 2006). Proyectos como el VCLab, apoyan a los estudiantes en el diseño de sistemas de control y simulación de procesos de

automatización. Este proyecto utiliza un entorno virtual 3D para recrear y visualizar la experimentación en el laboratorio. El comportamiento dinámico del laboratorio se genera a través de un simulador. Desde la perspectiva del Learning Grid, VCLab tiene en su repositorio los componentes y servicios necesarios para la construcción de objetos de aprendizaje en el dominio de la ingeniería de control.

Las tecnologías GRID, permiten a los científicos bioinformáticos conducir sus investigaciones sobre un LV (Gong *et al.*, 2007). En los que se comparten bases de datos, herramientas de cómputo y análisis de flujos de trabajo. Se presenta BAAQ (Bioinformatics: Ask And Question), el cual permite que los científicos almacenen, manejen datos biológicos y programas con el fin descubrir conocimiento en los recursos que se encuentran disponibles. La arquitectura de la implementación del BAAQ se divide en varios componentes, el primero es el grupo de la infraestructura de comunicación, el segundo el servicio de información, el tercero el servicio de asistente y el cuarto el recurso de aplicación.

Se ha desarrollado una Organización Virtual de Química Computacional (Computational Chemistry Virtual Organization, C2VO), cuya infraestructura está formada por tres nodos (Reyes *et al.*, 2006). Dos de ellos están geográficamente localizados en Ciudad Real y pertenecen al grupo de Química Computacional y Computación de Alto Rendimiento de la Universidad de Castilla La-Mancha; el tercero está localizado en Puebla (México) y pertenece al Laboratorio de Química Teórica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Un cuarto nodo, accesible bajo demanda, está localizado en Barcelona, en el Centro Nacional de Supercomputación (Barcelona Supercomputing Center, BSC-UPC). Para disponer de los servicios Grid básicos todos los nodos incorporan el middleware Globus Toolkit 2.X.

Existen grandes proyectos, como el EELA-2 (E-infraestructura compartida entre Europa y



Latinoamérica) que busca establecer una Grid de gran capacidad, de calidad y escalable, para la integración de países y continentes; con el fin de proveer acceso a varios países Europeos y de América Latina desde cualquier parte del mundo a computación distribuida, a almacenamiento y a la red de recursos necesarios, para sus colaboraciones científicas (Castro *et al.*, 2009).

Un LV realiza experimentos científicos y trabaja sobre infraestructura Grid, para dar apoyo a los estudiantes del curso “Redes de sensores”, de la Maestría en Redes de Información de las Universidades Carnegie Mellon (CMU) de EE.UU. y Tecnologías de la Información (AIT) de Atenas, Grecia (Christou *et al.*, 2007). El programa utiliza el aula virtual, debido a la distribución geográfica de los estudiantes el cual se considera como uno de los principales componentes de aprendizaje. Igualmente cursos ofrecidos por profesores de CMU, son atendidos en tiempo real por los estudiantes en Atenas a través de video y sesiones de teleconferencia, permitiendo así a los estudiantes de ambas instituciones interactuar con sus compañeros de clase en el otro lado del Océano Atlántico. Este proceso educativo se complementa con el uso de un repositorio de documentos debidamente configurado, como documentos relacionados con los cursos y adicionalmente utilizan los foros virtuales de discusión.

En este curso de redes de sensores todo se realiza desde una perspectiva teórica y práctica de las consideraciones tecnológicas. Las consideraciones prácticas del curso incluyen la modelización y simulación de redes de sensores virtuales en un computador. La simulación fue originalmente escrita en Java y se presentó como una aplicación de escritorio y posteriormente tuvo que ser modificada en cuatro aspectos principales; el primero se orienta a concebir el programa como un servicio Grid, para que demande recursos sin necesidad de reservarlos permanentemente, mientras los equipos en ejecución utilicen el mismo código de forma simultánea pero con diferentes parámetros. El segundo, que permitiera la ejecución paralela de ciclos, para

que se ejecuten en varios nodos, con el fin de acelerar el tiempo de ejecución de la simulación. El tercero, modificar la interfaz de usuario para permitir la colaboración en grupo de configuraciones, para que el equipo coordine y visualice los resultados del simulador. Por último, permitir el uso de configuraciones predefinidas de simulaciones en función de los perfiles de los miembros del equipo. Este curso utilizó como modelo pedagógico la teoría constructivista del aprendizaje, que suministró los métodos para el diseño de los escenarios de laboratorio.

La arquitectura sobre la Grid de SENSASIM como se ha denominado el laboratorio, está compuesta por un clúster Grid, de tres nodos Linux que tiene corriendo GT4 y un clúster de dos nodos Windows que ejecutan el componente de WS-Core de GT4. Estos grupos se encuentran, respectivamente, en los sistemas de software, aplicaciones Web del laboratorio y el Laboratorio de Redes Inalámbricas de AIT. Otro clúster se localiza en el CMU que se conectará para crear un único y aún más poderoso laboratorio distribuido que se utiliza para fines de investigación. Existen tres diferentes tipos de nodos en esta arquitectura:

- ❶ Nodos cliente que utilizan los navegadores más Flash-Meeting.
- ❷ Un servidor que ejecuta el Servlet Tomcat/Java Server Pages (JSP), actúa como servidor front-end para que todos los clientes se conecten.
- ❸ Los nodos Grid ejecutan los componentes de Java WS-Core de Gt4, con el núcleo simulador de SENSASIM publicado como un servicio Grid en el lenguaje de definición de servicios Grid (GWSDDL).

Utilizando tecnologías Grid, se realiza el proceso de clasificación no supervisada de imágenes satelitales LANDSAT (Amézquita *et al.*, 2009); por medio de la implementación de un servicio Grid que aplica autómatas celulares como técnica de inteligencia artificial. Como resultado del proceso de clasificación se genera una nueva imagen. Se describe como la

infraestructura Grid está compuesta: contiene el Servidor GT4 que posee el contenedor de servicios Grid y está implementado con Globus Toolkit 4.0.1; servidor sobre el cual se instala el servicio Grid para la clasificación no supervisada de imágenes satelitales. La Autoridad Certificadora, que es la que genera los certificados para poder establecer los niveles de confianza en los servidores y los usuarios a través de las credenciales emitidas. El servidor Myproxy que corresponde al repositorio de credenciales que garantizan niveles de confianza entre entidades, lo que operativamente se dispone para que múltiples servidores puedan recuperarlas con prontitud. El servidor de almacenamiento, sobre el cual se almacenan todas las imágenes que se desean procesar. El servidor de Tiempo: se establece con el servicio de protocolo de tiempo de red (Network Time Protocol, NTP) de Linux que facilitará la sincronización de los servidores integrantes de la Grid. El Portal, implementado con Gridsphere 2.2.10 y sobre el cual se implementa gridportlet, sobre este último se implementan los portlets que invocan el servicio Grid.

Muchas aplicaciones pueden ser posibles gracias a la aplicación de e-learning Grid. Los estudiantes de Medicina, utilizan visualizaciones de fotos de un modelo complejo del cuerpo humano para preparar las prácticas (Pankratius *et al.*, 2010). Estas visualizaciones, calculadas en tiempo real, podrían mejorar la comprensión de localizaciones de los huesos, los músculos o los órganos; y obtener más información haciendo clic en cada elemento del modelo. Con funcionalidad más avanzada, como la cirugía virtual, los estudiantes podrían contar con la posibilidad de agarrar y cortar los elementos del modelo (por ejemplo, órganos) dando clic.

### **Consideraciones finales**

Gracias a los LVs los estudiantes experimentan sobre dispositivos reales sin necesidad de estar físicamente en un laboratorio realizando mediciones, organizando horarios para realizar prácticas y ahorrando tiempo en las tareas previas al trabajo en el laboratorio. Por esta

razón, los LVs son cada vez más aceptados en la ingeniería y en muchos campos de la ciencia, por apoyar la educación a distancia y aumentar la posibilidad de trabajar como en un laboratorio tradicional personalizado, individualizado o en modo de grupos de colaboración; permitiendo el acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento a recursos, logrando que los estudiantes e investigadores utilicen eficazmente los equipos y materiales que se encuentran disponibles. Igualmente, es una herramienta que puede facilitar el seguimiento, control y coordinación de procesos de investigación o académicos; resultando ser útiles, motivantes e interesantes para los estudiantes.

Las metodologías para el desarrollo de LVs parten de la descripción de requerimientos, análisis, división en subsistemas, diseño y por último la implementación con sus respectivas pruebas. El desarrollo de este tipo de aplicaciones, orienta sus esfuerzos en la definición de la interfaz de usuario basada en el tipo de experimento que se realiza dentro del LV, teniendo como componentes básicos el control remoto, simulación, realidad virtual e instrumentación real. Sin embargo, se presta poca atención a la ayuda, soporte o tutoría que deben incluir con el fin de dar una orientación al usuario, que en la mayoría de los casos serían estudiantes.

La relación de los trabajos descritos y la revisión literaria en este artículo, permite identificar algunos problemas que influyen en el diseño y utilización de los LVs, entre los más importantes se destaca la falta de creación de las aplicaciones como objetos virtuales de aprendizaje, la utilización de estándares relacionados con el desarrollo y gestión de contenidos eLearning y la integración con los Sistemas de Administración de Contenidos (LMS).

Igualmente, los enfoques seguidos por las propuestas encontradas en la literatura determinan un derrotero que permite una aproximación a la creación de este tipo de LVs. Por lo tanto, el enfoque de esta investigación es encontrar el conjunto de componentes que

satisfagan el diseño de LVs de química como objetos de aprendizaje sobre un LMS integrados con computación Grid.

Es así como una solución apropiada debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- El primero, se encuentra relacionado con la interfaz de usuario que se utiliza como medio de comunicación entre el usuario y el LV; están orientadas a la fácil utilización, entendimiento e interacción con las funcionalidades que ofrece cada LV.
- El segundo es la arquitectura, orientada hacia una visión general de la organización, estructura, componentes que interactúan y su función dentro de un LV. Incluyen también información relacionada con el hardware, software, instrumentación o equipamiento real y la capacidad de la red de datos que se debe utilizar. Adicionalmente, en algunos LVs se tiene en cuenta los requerimientos no funcionales como la interoperabilidad, portabilidad, escalabilidad y reusabilidad.
- El tercero, es la integración con los LMS, los cuales son programas orientados exclusivamente a la web y que son encargados de administrar y controlar actividades relacionadas con la formación virtual o el denominado eLearning de cualquier institución que la tenga implementada. Dentro de las actividades que se encuentran está la gestión de usuarios, recursos, accesos, informes de seguimiento, material de apoyo, videoconferencias y foros de discusión.
- El cuarto, se relaciona con la creación de las aplicaciones como objetos virtuales de aprendizaje, permitiendo la generación de este tipo de componentes educativos, la cual tiene como principal ventaja la reutilización dentro de otros contextos educativos.
- El quinto criterio se orienta hacia el soporte con computación Grid, que está ligado a la infraestructura de almacenamiento, procesamiento de alto rendimiento e intercambio de datos; en general, la

integración de los recursos computacionales, laboratorios de investigación o diferentes organizaciones.

Después de haber realizado la revisión y análisis de los componentes y criterios necesarios para la creación de un modelo para el diseño de LVs de química en la Universidad de la Amazonia empleando Computación Grid, se pretende que este modelo se apoye en la propuesta de Model Driven Architecture (MDA) para el desarrollo de software, que se basa en la separación entre la especificación de la funcionalidad esencial del sistema y la implementación de dicha funcionalidad usando plataformas de implementación específicas. En este contexto, se propone la exploración a la iniciativa de MDA en la construcción de modelos de dominio y su transformación en modelos arquitectónicos relacionados con los LMS.

#### Literatura citada

Alexiou, A., Bouras, C., Giannaka, E., Kapoulas, V., Nani, M. & Tsiatsos, Th. 2001. Using VR Technology to Support e-Learning: The 3D Virtual Radiopharmacy Laboratory.

Amézquita, G. & Pérez, J. 2009. Servicio Grid para la Clasificación No Supervisada de Imágenes Satelitales utilizando Automatas Celulares. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 19: 59-76.

Bermejo, S. 2005. Cooperative Electronic Learning in Virtual Laboratories Through Forums. Visitado: Julio 2010. Disponible en: <http://www.qo.u.edu/homePage/arabic/researchProgram/eLearningResearchs/cooperativeElectronic.pdf>

Castro, H., Marechal, B. & Carvalho, D. 2009. EELA: an Infrastructure for e-Science in Latin America”, Rev. Ing. 29: 26-32. Disponible en: [http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=S0121-49932009000100004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=S0121-49932009000100004&script=sci_arttext). Visitado: Junio 2010.

Chemical Equation Expert. Disponible en: <http://www.educationsoft.net/>. Visitado el Julio 2010.

Christou, I. T., Efremidis, S., Tiropanis, T. & Kalis,

- A., 2007. Grid-Based Virtual Laboratory Experiments for a Graduate Course on Sensor Networks. *Education, IEEE Transactions on*. 50: 17–26.
- Chung, J., Ramasamy, K., Kotikalapudi, V., Mulla, Z., Thiagarajan, G., Weiser, M., Scheets, G. & Sharda, R. 2002. Virtual Laboratory Education For Persons With Vision Disabilities: 617-620.
- Chyi-Ren, D., Fu-Wei, H., Tsung-Kai, Y. & Jin-Yu, B. 2003. A Virtual Laboratory For Digital Signal Processing: 166-170.
- Coiffet, P. & Burdea, G. 1996. *Tecnologías de la Realidad Virtual*. Primera Edición. Ediciones Paidós Ibérica, S.A.
- Dai, P., Zhang, T., Wang, Z., Chen, J. & Wang, K. 2005. A Virtual Laboratory for Temporal Bone Microanatomy. *Computing in Science and Engineering*, 7(2): 75-79.
- Dong, Y. & Zhu, M. 2002. The animation forming mechanism in VR-based Virtual Laboratory. *TENCON'02. Proceedings*. 1: 269–272.
- Duarte, M., Mahalingam, A., Butz, B.P. 2005. An Intelligent Universal Virtual Laboratory (UVL). *Frontiers in Education. FIE '05. Proceedings 35th Annual Conference*, T4G - 1.
- Familia, R. 2005. Centro de Investigación en Inteligencia Artificial, Santo Domingo, Dominican Republic. A Virtual Laboratory for Cooperative Learning of Robotics and Mechatronics. *Information Technology Based Higher Education and Training*, T2B/17 - T2B/20.
- Fernández, P.; Salaverria, A., Valdés, A. & Mandado, E. 2008. Laboratorio Virtual como conjunto de objetos de aprendizaje de los dispositivos electrónicos. Utilización como herramienta de autoevaluación. Disponible en: <http://taee2008.unizar.es/papers/p119.pdf>. Visitado en Abril 2010.
- Gil, P., Pomares, J., Torres, F., Ortiz, F.G., Candelas, F.A. & Puente, S.T. 2010. Educational Practice In Virtual Laboratories For Engineering Studies. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3457/1/ICTE2002.pdf>. Visitado 10 Marzo 2010.
- Gomez, F.J., Cervera, M. & Martínez, J. 2000. A World Wide Web Based Architecture for the Implementation of a Virtual Laboratory. *Euromicro Conference*, 2: 56–61.
- Gong, X., Nakamura, K., Yu H., Yura K. & Go, N. 2007. BAAQ: An Infrastructure for Application Integration and Knowledge Discovery in Bioinformatics. *Information Technology in Biomedicine*, 11: 428 -434.
- González, M., Hilda, V.C., Gonzalo, P., F. & Caridad, L. 2010. Laboratorio Virtual de Química General Virtual General”, Visitado: Marzo 2010, Disponible en: <http://www.educar.org/articulos/laboratorioquimica.asp>.
- Grau, A. & Bolea, Y. 2006. Virtual Laboratory For Modeling Systems: A Sustainable Approach. *IEEE Industrial Electronics*: 478–483.
- Grimald, D., Rapuano, S. & Laopoulos, T. 2005. Aspects of Traditional versus Virtual Laboratory for Education in Instrumentation and Measurement. *Instrumentation and Measurement Technology Conference*, 1233–1238.
- Huan-Wen, T. 2001. The Design Of Pedagogical Agent For Distance Virtual Experiment. *Frontiers in Education Conference*, 2 F1F - 18-2.
- Kanev R., Yu., Makenova, N.A. & Nosov, G.V. 2004. A Series of Virtual Laboratory Exercises for the Course of Theoretical Fundamentals of Electroengineering. *Science and Technology*, 3: 307–308.
- Laboratorio de química: VLabQ (s.f.). , disponible en: <http://swlibre-annapon.blogspot.com/2008/02/laboratorio-de-quimica-vlabq.html>. Visitado 3 Febrero 2010.
- Lemus, L., Llorens, A., Bollo, M. & Gómez, J. 2004. Empleo de Laboratorios Virtuales en el Espacio Europeo de Enseñanza. *XI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática*: 523-530.
- López, A. 2010. Concepto Realidad Virtual. Disponible en: <http://www.activamente.com.mx/vrml/.VRML - Realidad Virtual>. Visitado 20 Enero 2010.
- Luengas, L., Sánchez, G. & Vásquez, N. Laboratorio Virtual de química soportado en un dispositivo electrónico de interacción. Disponible



en: [http://www.iiisci.org/journal/cv\\$/risici/pdfs/gc654kx.pdf](http://www.iiisci.org/journal/cv$/risici/pdfs/gc654kx.pdf). Visitado 7 agosto de 2010.

Marín, A. & Agudelo, M. Aprendizaje Interactivo del Electromagnetismo usando Labview. Universidad de la Amazonia. Disponible en: [http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/files/44\\_354\\_v1n2marinotros.pdf](http://portalweb.ucatolica.edu.co/easyWeb2/files/44_354_v1n2marinotros.pdf). Visitado 7 agosto 2010.

Martín, C., Urquia, A. & Dormido, S. 2005. Modelado Orientado a Objetos de Laboratorios Virtuales con Aplicación a la Enseñanza del Control de Procesos Químicos. , disponible en: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:733&dsID=Martin\\_UrquiaDormido\\_C11\\_2005.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:733&dsID=Martin_UrquiaDormido_C11_2005.pdf). Visitado en Abril 2010.

Moodle. 2010. Disponible en: [http://docs.moodle.org/es/Acerca\\_de\\_Moodle](http://docs.moodle.org/es/Acerca_de_Moodle). Visitado en Enero de 2010.

Model Science Software. 2010. Model ChemLab. , Disponible en: [http://modelscience.com/products\\_sp.html](http://modelscience.com/products_sp.html). Visitado el Febrero 2010.

Mora, P., Muhlhaus, H., Gross, L., Xing, H., Weatherley, D., Abe, S., Latham, S. & Moresi, L. 2005. Access: Australia's Contribution To The Iservo Institute's development. ACCES: Australia's contribution to the iSERVO Institute's development. Computing In Science & Engineering, 7 4: 27-37.

Moro,s R., Luft, F., Papp, H. 2002. Virtual Laboratory Course in Chemical Engineering and Unit Operations (VIPRATECH) Tutorials, Simulations and Remote Process Control. Computers in Education, International Conference on, pp. 1447.

Nedic, Z., Machotka, J., Nafalski, A. 2003. Remote Laboratories Versus Virtual And Real Laboratories. Frontiers in Education, T3E-1 - T3E-6 Vol.1

Noguez, J. & Sucar, L.E. 2005. A probabilistic relational student model for virtual laboratories. Computer Science, pp. 2–9.

Okon, M., Kaliszan, D., Lawenda, M., Stoklosa, D., Rajtar, T., Meyer, N., Stroinski, M. 2006. Virtual Laboratory as a Remote and Interactive Access to the Scientific Instrumentation Embedded in Grid Environment. Second IEEE International Conference on e-Science and Grid Computing,

pp.124.

Palagin, O.V., Galelyuka, I.B. & Romanov, V.O. 2005. Structure and Organization of Typical Virtual Laboratory for Computer-AidedDesign. 460–463.

Pankratius, V. & Gottfreid, V. Towards E-Learning Grids: Using Grid Computing In Electronic. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.58.775&rep=rep1&type=d>. Visitado 1 Junio 2010.

Peer, E.S., Engelbrecht, A.P., Pampara, G. & Masiye, B.S. 2005. Ciclops: Computational Intelligence Collaborative Laboratory Of Pantological Software. Swarm Intelligence Symposium, 140–149.

Rak, R.J., Godziemba-Maliszewski, M., Majkowski, A. 2006. A proposal of virtual laboratory structure. Instrumentation and Measurement Technology Conference, 847–850.

Reyes, S., Muñoz-Caro, C. & Niño, A. 2006. Grid Applications in a Computational Chemistry Virtual Organization. Boletín de RedIRIS, 80: 47-51.

Rivas R., M., Méndez E., V. & Monge N., J. Protoripo de un laboratorio virtual para estudiantes de distancia de ciencias naturales. Disponible en: <http://www.uned.ac.cr/globalNet/global/administracion/costos/articulos/Marta%20Rivas.pdf>. Visitado 9 Julio 2010.

Rosado, L. & Herreros, J. Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. Disponible en: <http://www.uv.es/eees/archivo/286.pdf>. Visitado: Marzo 2010.

Shidlovskiy, S.V., Tavodin, O.M. & Shidlovskiy, V.S. 2003. Virtual Laboratory In New Educational Technologies. Modern Techniques and Technologies.

Shuichi, K., Yachiyo, Y. & Masaorni, S. 2004. Virtual Laboratory Work of Physics. Information Technology Based Higher Education and Training, 477-480.

Sun, K., Lin, Y., & Yu, C. 2008. A study on learning effect among different learning styles in a Web-based lab of science for elementary school students. Comput. Educ., 50: 1411-1422.



Szczytowski, P. & Schmid, C. 2006. Grid Technologies for Virtual Laboratories In Engineering Education. Disponible en: <http://www.esr.ruhr-uni-bochum.de/publications/upload/PaperREV07.pdf>. Visitado 6 Junio 2010.

Szczytowski, P. & Schmid, C. 2006. Grid Technologies For Virtual Control Laboratories. Computer Aided Control System Design: 2286 – 2291.

Tyml, P., Slepika, D. & Roztocil. 2010. Virtual measurement system for distance education and training. Disponible en: <http://measure.feld.cvut.cz/usr/staff/slepicka/VIRTUAL%20MEASUREMENT%20SYSTEM%20FOR%20DISTANCE%20EDUCATION%20AND%20TRAINING.pdf>. Visitado el 8 Junio de 2010.

Villalar, J.L., Arredondo, M.T., Meneu, T., Traver, V., Cabrera, M.F. & S. del Pozo, F. 2001. A Model For Integrating Points Of Care Testing Into A Distributed Healthcare Environment. Engineering in Medicine and Biology Society, 4: 3700–3702.

Xiaoyan, C., Xiaodong, Z. & Xi, CH. 2005. A Virtual Laboratory for Electrical and Electronics Teaching. Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications, 1: 491 - 494.

Yaron, D., Karabinos, M. & Leinhardt, G. 2004. Using Digital Libraries to Build Educational Communities: The ChemCollective. Digital Libraries, 421.

---

### **Yoiss Smith Pascuas Rengifo**

Ingeniera de Sistemas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en convenio con la Universidad de la Amazonia. Candidata a Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente Catedrática de la Universidad de la Amazonia. Pertenece al grupo de investigación en Informática Educativa GIIE.

### **Autor para correspondencia**

**E-mail: [ypascuas@uniamazonia.edu.co](mailto:ypascuas@uniamazonia.edu.co).**