****  

Título de la ponencia: **Canihuá**

Tema en el que participa: **Innovación educativa: la construcción permanente del aprendizaje y la investigación**

Nombre del autor (es): **M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina, M.I. Guillermo Hermida Saba, M.C. Enrique Ladrón de Guevara Durán, Dr. Alfonso C. García Reynoso, M.S.I. José Hernández Silva, Dr. José Luis Vargas López**

Dependencia y región a la pertenece: **Instituto de Ingeniería, Veracruz – Boca del Río**

Correo electrónico institucional: [alorandi@uv.mx](mailto:alorandi@uv.mx)

Resumen: *En P. E. de ingeniería, el modelado, análisis y simulación de sistemas juega un papel básico en la formación y para ello, las prácticas de laboratorio son fundamentales pero en universidades públicas, por falta de presupuesto, existe carencia de laboratorios, afectando el proceso de enseñanza aprendizaje. Sin embargo, la tecnología, Internet, y la WEB 2.0, pueden conjuntarse para suplir esta carencia en forma virtual, enriqueciendo el desarrollo de prácticas y la enseñanza. Los laboratorios virtuales en WEB, pueden ofrecer alternativas con características realmente innovadoras. En este trabajo se presenta Canihuá un portal de laboratorios dinámicos por WEB del cuerpo académico “Dinámica de Sistemas UVCA-281*.

Palabras Clave: ***Aplicaciones WEB, Laboratorios Virtuales, Enseñanza de la ingeniería, Simulación de Sistemas Dinámicos***.

**1. Introducción**

Como se mencionó en “Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería ” y en “Gráficas y Matemáticas en un Navegador con Canihuá ”, una manera innovadora de suplir las carencias de laboratorios en los programas educativos del área técnica es con laboratorios virtuales, y por esta razón, el Cuerpo Académico Dinámica de Sistemas UV-CA-281, del Instituto de Ingeniería de la U.V., en un proyecto de investigación denominado “Desarrollo de software y prototipos para el modelado, simulación y control de sistemas dinámicos aplicados a la educación”, pretende desarrollar un portal de laboratorios virtuales que permita a nuestros Programas Académicos del Área Técnica, integrar en sus Experiencias Educativas, el uso de estos esquemas de laboratorios, que complementen y llenen los vacíos existentes en nuestros Laboratorios Convencionales, desarrollando un andamiaje que permita el logro de las competencias que requiere un ingeniero egresado de la U.V.

**2. Canihuá**

Palabra Totonaca que significa "En todas partes", nombre apropiado para una portal en WEB al que se puede acceder desde cualquier sitio y que prácticamente al estar en la nube, está en cualquier lugar, es el nombre que se dio al Portal de Laboratorios Virtuales del Cuerpo Académico “Dinámica de Sistemas UVCA-281, que pretende servir como una plataforma de Laboratorios Virtuales, de Simulación, de Matemáticas y Remotos.

Este desarrollo montado en una PC Pentium IV, con 3 GB de RAM, usando “Solo Software Libre”, inició con una aplicación para graficar funciones matemáticas por WEB, usando GNUPlot, una valiosa aplicación de Software Libre para graficar funciones matemáticas en 2 y 3 dimensiones, a la que siguió Maxima, un excelente CAS para matemáticas, que permite manipular expresiones simbólicas y numéricas, incluyendo diferenciación, integración, expansión en series de Taylor, transformadas de Laplace, ecuaciones diferenciales ordinarias, sistemas de ecuaciones lineales, y vectores, matrices y tensores, usando fracciones exactas y representaciones con aritmética de coma flotante arbitraria,

A estos 2 módulos, se adicionó recientemente una aplicación que permite obtener las 4 respuestas de interés en un análisis de un sistema dinámico de una entrada y una salida, y un módulo para obtener la respuesta en frecuencia en 2 décadas, de un sistema lineal también de una entrada y una salida, estando en este momento en la fase de adicionar el acceso vía WEB de 3 aplicaciones de Software Libre más, Octave, Scilab o ScicosLab y R, con lo que este portal ofrecería la posibilidad de realizar estadísticas y simular y solucionar la mayoría de los problemas que contempla cualquier experiencia educativa relacionada con ingeniería de control.

Esta plataforma representa una innovadora forma de acercar las herramientas computacionales a nuestros estudiantes usando solo un navegador de Internet, dejando fuera los problemas de instalación de software, control de versiones de este y sobre todo, ofreciendo software de calidad sin costo alguno por usar solo aplicaciones de Software Libre.

**3. Las aplicaciones usadas**

Para este desarrollo se seleccionaron 5 aplicaciones importantes del mundo de Software Libre que cubren posiblemente el 60% de las que se necesitan en cualquier EE de modelado y simulación de sistemas dinámicos, o las EE relacionadas con el control de sistemas lineales que se ofertan en los PE de Ingeniería.

***3.1 GNUPlot***

GNUPlot <http://www.gnuplot.info/> un programa muy flexible para generar gráficas de funciones y datos.

***3.1 Maxima***

Maxima <http://maxima.sourceforge.net/es/> un sistema de álgebra computacional, un motor de cálculo simbólico escrito en lenguaje Lisp publicado bajo licencia GNU GPL.

***3.3 GNUOctave***

GNUOctave http://www.gnu.org/software/octave/, es un programa libre para realizar cálculos numéricos.

***3.4 Scilab***

Scilab http://www.scilab.org/, Scilab es un software matemático, con un lenguaje de programación de alto nivel, para cálculo científico, interactivo de libre uso y disponible en múltiples sistemas.

***3.5 R***

R http://www.r-project.org/, es un lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico..

**4. Desarrollo de Canihuá**

Se utilizó un pequeño servidor H.P., con un Pentium 4 de 2 núcleos, 160 GB de H.D., al cual se instaló Ubuntu Lucid 10.04 y LAMP (Apache 2.2.14, PHP 5.3.2, MySQL 5.1. 41), el que por políticas de restricción de la Dirección General de Tecnología de Información (D.G.T.I.) de la Universidad Veracruzana, solo se puede acceder desde dentro de nuestra red institucional. Las versiones del software utilizado fueron GNUPlot 4.2.6.1 y Maxima 5.20.1 y los paquetes necesarios por dependencias. Si bien mucho del trabajo se desarrolló en scripts CGIs y PHP, se puede usar también acceso remoto al servidor mediante la aplicación X2go.

***4.1 Preparación del servidor***

Se instaló la versión de servidor de Ubuntu Lucid 10.04.3 LTS, al que se fueron adicionando librerías y el software necesario pero sin instalar el entorno gráfico completo como Gnome o KDE, la idea es tratar de reducir al mínimo el consumo de recursos para soportar el mayor número de clientes. Posteriormente se instaló un ambiente L.A.M.P. (Linux-Apache-PHP-MySQL), las herramientas de desarrollo de build-essential, el software científico mencionado anteriormente y una distribución completa de Latex que en Ubuntu/Debian se llama TeXLive.

El resultado de no usar una instalación completa de Ubuntu fue tener un servidor que arranca relativamente rápido, en menos de 1 minuto el equipo está listo para recibir conexiones vía WEB y apache funciona de manera muy eficiente, inclusive al acceder al equipo desde X2go, aplicaciones como Firefox en red local toman unos 15 segundos en estar listas para usarse.

Se diseñó un pequeño sitio Web base de todo el portal mostrado en la figura 1, que se irá adecuando de manera progresiva, a medida que se instalen y liberen otras aplicaciones con que a futuro contará el portal. En este momento se ha *dejado ya espacio para Scilab, Octave y R, que serán las aplicaciones siguientes.*

***4.2 Preparación de las aplicaciones***

La parte de preparación de las aplicaciones por usar Ubuntu que es un derivado de Debian es relativamente simple, gracias a la poderosa herramienta de manejo de paquetes apt, la instalación del software es extremadamente simple y eficiente, y como todas las aplicaciones usadas están dentro de los repositorios oficiales de Ubuntu Lucid, no se tuvo la necesidad de compilarlas sin embargo, cuando Canihuá quede liberado de manera oficial, se compilarán todas y cada una de las aplicaciones, para lograr el mayor desempeño posible, lo mismo sucederá con el kernel usado que se compilará a la medida para mejorar la eficiencia.

***4.3. Preparación del portal***

El portal desarrollado es relativamente simple, tiene una página de inicio de la que se desprenden varias páginas interiores, cada una de las cuales corresponde a cada una de las aplicaciones que se liberen y que para esta etapa del proyecto son GNUPlot y Maxima, esto puede verse del lado derecho de la figura 1, cuenta también con algunas secciones de sitios, ayuda, noticias e información (figura 1, en la parte media superior).

Cada sitio cuando esté terminado, tendrá su correspondiente estructura dentro del portal como se ilustra en la figura 2, en donde se puede ver también que cada una de las aplicaciones tendrá un manual y un par de páginas de salida de gráficas PNG, LaTeX o texto, para mostrar los resultados. La concepción del sitio es que el usuario elija la aplicación que requiera, en una página entere el problema a solucionar y la salida en forma gráfica, LaTeX o en texto, se muestre en una página adicional de donde se podrán copiar o descargar los resultados.

El desarrollo del portal en esta etapa del proyecto se lleva a cabo con scripts CGI y PHP, desde los cuales se ejecutan en forma remota las aplicaciones correspondientes y la salida si es texto se manda directamente al navegador, si es gráfica, se convierte en el servidor y se envía la imagen al navegador y si es TeX, se tratará con LaTeX para tener una mejor salida.

***4.4 Acceso al portal***

Al momento, el acceso a este portal es libre pero se deberá instalar algún esquema de validación de usuarios que en virtud de la reglamentación existente, solo la Dirección General de Tecnología de Información, puede hacer públicas páginas WEB desde Internet, se dejará esta parte para cuando el portal se libere al público. Se tiene pensado también desarrollar cursos en línea para cada una de las aplicaciones que quedarán instaladas, las cuales igualmente deberán contemplar el mismo esquema de validación que el acceso mencionado anteriormente, dependerá de la decisión de la D.G.T.I. si este acceso se lleva a cabo mediante Active Directory Services, que es el medio usado para autentificar a los usuarios de la Universidad Veracruzana o mediante algún otro mecanismo.

Adicionalmente, se tiene pensado que el apoyo a este portal, consistirá de una serie de manuales en línea, de un correo institucional para soporte, de una serie de listas de discusión y de un foro específico para cada una de las aplicaciones instaladas. De la misma manera, a medida que se integren nuevas aplicaciones, se seguirá la misma metodología para los servicios de apoyo, inclusive, se tiene pensado llevar a cabo cursos intersemestrales para cada una de estas aplicaciones que hagan uso del portal.

Algo que queda pendiente de definir, sería la posibilidad de poder integrar este portal a nuestra plataforma institucional de educación a distancia “Eminus”, que también depende de la D.G.T.I. y que solo ella puede decidir si esto se puede y debe llevar a cabo o no.

**5. Resultados**

Hasta el momento los 4 módulos liberados ofrecen un desempeño y tiempos de respuesta aceptables, ya es posible desarrollar algunas simulaciones interesantes, graficar todo tipo de funciones y solucionar casi cualquier tipo de ecuación matemática, algunas de las respuestas de Canihuá se presentan en las figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 donde se puede apreciar las diferentes salidas que ofrece el portal

Las gráficas son de buena calidad y pueden siempre salvarse desde el mismo navegador de Internet o inclusive, con un procesador de texto moderno se pueden capturar

**6. Conclusiones**

Como ya se mencionó, las pruebas realizadas del sistema muestran un tiempo de respuesta adecuado, las gráficas en 2 y 3 dimensiones con GNUPlot ofrecen muchas posibilidades de uso en EE relacionadas con matemáticas e ingeniería, el acceso a Maxima desde WEB es otra enorme posibilidad de acercar el uso de las TICs y las NTICs a la docencia con resultados de muy buena calidad, el módulo de Bode, toma un tiempo en lo que el navegador de una computadora cliente descarga el applet pero hecho esto, los cálculos se realizan del lado del cliente por lo que la respuesta es satisfactoria, este módulo requerirá de trabajo extra si se quiere ofrecer la posibilidad de que las curvas puedan salvarse como imágenes PNG.

En lo referente al módulo de Sistemas S.I.S.O, la respuesta lógicamente es más tardada, el servidor necesita procesar mediante GNUOctave la petición de la función de transferencia seleccionada, pero en promedio esto no toma más de 10 o 15 segundos por lo que también el resultado es aceptable.

Si bien es cierto no se ha podido probar Canihuá con una carga de trabajo severa, debido principalmente a que el servidor donde se está desarrollando el portal tiene carencias de recursos, los tiempos de respuesta de los 4 módulos instalados se consideran aceptables y este tipo de pruebas se llevarán a cabo, cuando el proyecto logre algún financiamiento que permita adquirir un hardware más robusto.

Se debe comentar que el último módulo (Sistemas S.I.S.O.), en realidad ha sido un paso intermedio para poner el acceso a GNUOctave vía WEB, el ritmo con que las aplicaciones de Software Libre y Linux cambian en nuestros días, a veces hace complicado el desarrollo porque con cada nueva versión siempre se presenta algún cambio que afecta a lo que ya se tenía desarrollado y es por ello que se ha estado usando sobre todo PHP y Java, para tratar de poder avanzar sin que los cambios afecten demasiado.

Ya con el acceso a GNUOctave vía WEB al menos para calcular algunas cosas mediante el toolbox de control, esperamos que en breve se pueda liberar el quinto módulo del portal que permita ejecutar scripts en GNUOctave o inclusive escribirlos en el navegador, para dejar al menos como última etapa el acceso a Scilab que ahora está basada su interface en Java y ha sido complicado tratar de usarlo vía WEB.

Con lo que actualmente tiene instalado Canihuá, se considera que puede ya resultar una herramienta de mucha utilidad en los programas educativos de ingeniería, sobre todo porque permite a los estudiantes probar las veces que sea necesario lo que marca el programa de las experiencias educativas relacionadas con matemáticas y control.

**7. Trabajos futuros**

Lógicamente el primer trabajo futuro es terminar el acceso vía WEB a GNUOctave para concluir la primera fase del proyecto con el acceso vía WEB a Scilab o a ScicosLab si es que Scilab en su versión 5.3, presenta demasiadas dificultades para ejecutarlo vía WEB, al menos con ScicosLab, ya se tiene una interface rudimentaria que permite su uso en condiciones aceptables.

La siguiente parte del proyecto será integrar una aplicación de Software Libre que sirve para estadísticas, R presenta una serie de posibilidades interesantes aunque no sea algo que en Control o simulación de sistemas se use mucho pero, como complemento a los programas educativos de ingeniería si es algo deseable.

**8. Productos generados**

“Canihuá: Un portal de Laboratorios Virtuales”, Coloquio de Investigación Multidisciplinaria: Evento Internacional CIM 2011, Orizaba, Ver., 27 y 28 de Octubre de 2011.

“Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería”, Revista Internacional de Educación en Ingeniería, Academia Journals, Volumen 4, No. 1, p. 24-30, 2011.

“Gráficas y matemáticas en un navegador con Canihuá”, Revista Internacional de Educación en Ingeniería, Academia Journals, Volumen 4, No. 1, p. 49-55, 2011.

Sistemas de Control en Canihuá, Artículo para Revista Internacional Indexada en revisión

**9. Referencias**

Amaya, G., “Laboratorios reales versus laboratorios virtuales, en la enseñanza de la física: El hombre y la máquina, “ Vol. XXI, Núm. 33, julio-diciembre, 2009

Andújar, J., Mateo, T. "Diseño de Laboratorios Virtuales y/o Remotos. Un Caso Práctico," Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Vol. 7, No. 1, Enero de 2010.

Calvo, I., Zulueta, E., Gangoiti, U., López, J. “Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas,” Ikastorratza, revista electrónica de Didáctica. Tercer número. http://ehu.es/ikastorratza/castellano/index\_cast

Calvo, I., López, F., Zulueta, E., Pascual, J. “Laboratorio de control remoto de un sistema de Ball & Hoop”, XXIX Jornadas de Automática, JAT08, Tarragona, Septiembre, 2008, ISBN: 978-84-691-6883.-7 http://jata08-events.urv.cat/files/298.pdf

Jugo, J., Sagastebeitia, I., Etxebarria, V. “Laboratorio de control en tiempo real via Internet usando herramientas open source”, V Jornadas de Enseñanza via Internet/Web de la Ingeniería de Sistemas y Automática, EIWISA’07, Zaragoza, España, 2007

Monge, J., Méndez, V., “Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: La opinión del estudiantado en un proyecto de 6 años de duración,” Educación, Año 31, Vol. 001, Costa Rica, 2007

Lorandi. A., Hermida, G., Hernández, J., Ladrón, E. "Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería“, Revista Internacional de Educación en Ingeniería, Volumen 4, No. 1, 2011.

Lorandi. A., Hermida, G., García, A., Ladrón, E. " Canihuá: Un portal de Laboratorios Virtuales”, Coloquio de Investigación Multidisciplinaria CIM-2011, Libro Electrónico, ISBN: 978-607-00-4848-7, 2011

Sánchez, J. Dormido, S. y Morilla, F. "Laboratorios virtuales y remotos para la práctica a distancia de la Automática," XXI Jornadas de Automática, Conferencia plenaria, Sevilla, 2000. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:783&dsID=n2000\_LVR\_JA00.pdf

Shuang, H., “Internet-based Control Systems,” Advances in Industrial Control, Springer-Verlag, London, 2011

**10. Semblanzas**

El M.I. Alberto Pedro Lorandi Medina estudió la licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Universidad Veracruzana, donde posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería. Actualmente es profesor de tiempo completo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

El M.I. Guillermo Hermida Saba estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, posteriormente se graduó como Maestro en Ingeniería. Actualmente es profesor de tiempo completo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

El M.C. Enrique Ladrón de Guevara Durán estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en eléctrica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, Maestría en Ingeniería Eléctrica en sistemas de potencia en el Instituto Tecnológico de la Laguna. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

El Dr. Alfonso C. García Reynoso estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial opción Ingeniería Mecánica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, Maestría en Diseño Mecánico por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y estudios de doctorado en Ingeniería Mecánica por el Massachusetts Institute of Technology, E.U.A.. Actualmente es profesor de tiempo completo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

El Dr. José Luis Vargas López estudió la licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Universidad Veracruzana, la Maestría en Ingeniería Térmica en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey y obtuvo el grado de Doctor en Arquitectura de Computadoras en la Universidad Politécnica de Madrid, España. Actualmente es Profesor de Tiempo Completo en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.

El M.S.I. José Hernández Silva estudió la licenciatura en Ingeniería Industrial en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Veracruz, Maestría en Sistemas de Información por la Universidad Mexicana y estudios de posgrado en Arquitectura y Tecnología de los Sistemas por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Actualmente es profesor de medio tiempo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana.