

Versión PDF para imprimir desde

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

Arroyave, M; Velásquez, A; Olarte T; Montoya J. (2011). Laboratorios remotos: diversos escenarios de trabajo. *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones"*, 4 (2), Artículo 5.

Disponible en la siguiente dirección electrónica: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones/>

**LABORATORIOS REMOTOS:
DIVERSOS ESCENARIOS DE TRABAJO**
CO-LABORATORIES: NEW ARENAS FOR SCIENTIFIC WORK

ARROYAVE FRANCO, Mauricio
Profesor Universidad EAFIT
marroya5@eafit.edu.co

VELÁSQUEZ TORRES, Álvaro
Profesor Universidad EAFIT
avelas26@eafit.edu.co

OLARTE HERNÁNDEZ, Tomás
Profesor Universidad EAFIT
tolarteh@eafit.edu.co

MONTOYA MENDOZA, Juan
Profesor Universidad EAFIT
jcmontoy@eafit.edu.co

Página 83

Versión PDF para imprimir desde

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

RESUMEN

Los laboratorios como lugares de experimentación son una herramienta de gran importancia en la educación y la investigación, ya que permiten entender mejor los conceptos y también permiten construir nuevo conocimiento. Sin embargo contar con laboratorios conlleva diversas desventajas: el costo de infraestructura, la poca disponibilidad de los equipos y el posible riesgo cuando se hace experimentación en entornos nocivos para el ser humano. Se considera que estas desventajas se pueden mitigar con el uso de las nuevas tecnologías. En este trabajo se presenta el desarrollo de una plataforma web para el acceso remoto a los recursos de laboratorio, la cual fue desarrollada en el sistema Moodle y considera a laboratorios de características diversas. El acceso a los dispositivos de cada laboratorio fue desarrollado en diferentes tecnologías web que fueron posteriormente integradas a la plataforma. El resultado final fue una plataforma que responde a las necesidades de acceso a los recursos de laboratorio independiente de la tecnología web utilizada y las características propias de cada uno de ellos. Se espera que los resultados de este trabajo sean base para acceso más flexible y extenso a los recursos de laboratorio de la Universidad EAFIT y en un futuro de toda Colombia.

Palabras clave: Laboratorio Remoto, LMS, GPIB, AFM, RENATA, Moodle

Recibido: 19 de mayo de 2011

Aceptado: 13 de junio de 2011

ABSTRACT

The laboratories like experimental sites are an important tool in education and research, since they allow understanding better the concepts, as well as construct new knowledge. However, there are disadvantages associated with laboratories: the cost of infrastructure, insufficient availability of equipment and the associate risk with the experimentation in harmful environments for human beings. It is considered that these disadvantages can be mitigated with the use of TICs. This paper presents the development of a web platform for remote access to laboratory resources, it is was developed in the Moodle system, and considers laboratories with diverse characteristics. Access to the devices of each laboratory was developed in different web technologies that were later integrated into the platform. The end result was a platform that meets the needs of access to laboratory facilities independent of web technology used and the own characteristics of each laboratory. The results of this study are expected to be are the basis for more flexible and extensive access to resources EAFIT University laboratory and in the future of Colombia.

Key words: Remote Laboratory, LMS, GPIB, AFM, RENATA, Moodle

Submission date: May 19th, 2011

Acceptance date: June 13th, 2011

Versión PDF para imprimir desde

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

1. Introducción

Existen numerosas áreas de la educación, la ciencia, la industria y el comercio que requieren de amplia cooperación para su desarrollo. Muchos de los problemas derivados de estas áreas requieren de equipamiento sofisticado y de personal con formación especializada, lo cual no siempre está localmente disponible. Por lo tanto el desarrollo y masificación de técnicas y tecnologías que permitan el acceso remoto y compartido a instrumentos científicos o industriales es esencial para el progreso social (RINGrid, 2008). Por otro lado, el desarrollo científico está estrechamente ligado con la e-infraestructura para hacer ciencia (FECYT, 2004), de otra manera sería muy difícil tener una visión más allá de la que nos provee nuestra sola capacidad individual (Feisel, 2005) y, la forma como obtenemos y calculamos soluciones para los problemas científicos, educativos, sociales, caracterizados por una alta complejidad, sería insatisfactoria dados los limitados recursos tecnológicos (Chen et al. 2010). En este escenario, las redes avanzadas y las herramientas que ellas proveen juegan un papel clave lo cual confirma que estamos en un momento en que hacer ciencia, investigación y educación se reviste de nuevas formas, donde el conocimiento solo pueda tener como límite nuestra imaginación. Existe un sin número de herramientas y aplicaciones desarrolladas sobre las redes avanzadas, entre las que se tienen Laboratorios compartidos, Cómputo compartido (Malla-Grid), Objetos de Aprendizaje, Bibliotecas digitales, Videoconferencias, Manejo remoto de instrumentos, entre otros (RINGrid, 2008). La identificación sistemática de instrumentos y sus respectivas comunidades de usuarios (FECYT, 2004), la definición de sus necesidades, así como también el análisis cuidadoso de la sinergia de la instrumentación remota con las redes de comunicación de alta velocidad (Feisel et al. 2005) y con las infraestructuras de Grid de la próxima generación (Chen et al. 2010), sentarán las bases para la definición de las recomendaciones para rediseñar los servicios de instrumentación remota de la próxima generación (Cotfas et al. 2006).

En lo que concierne a la educación, es comúnmente aceptado en ciencia e ingeniería, que el laboratorio ayuda a entender mejor los conceptos y a construir nuevo conocimiento. Las últimas tendencias en el uso educativo de laboratorios, muestran propuestas innovadoras que mezclan tres formas de trabajo en lo que sus autores han denominado el modelo Trilab. Este consiste en un modelo híbrido que utiliza tres modos de acceso distintos: el instrumento físico, el instrumento teleoperado y el instrumento virtual (M. Abdulwahed et al. 2008). En este trabajo se presenta el desarrollo de una plataforma web que habilita el acceso remoto o teleoperado. Para desarrollar la plataforma se analizaron dos laboratorios en el

Versión PDF para imprimir desde

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

área de física con características diversas. . Los recursos accedidos para cada laboratorio son: a) Instrumentación robusta de uso principalmente científico, específicamente un microscopio de barrido con sondas (*Scanning Probe Microscopy – SPM*), operando en modo de microscopía de fuerza atómica en contacto (*Contact Atomic Force Microscopy- AFM-C*). b) Instrumentación avanzada para uso principalmente didáctico, aunque también investigativo, concretamente un osciloscopio digital de 500 MHz de ancho de banda y tasa de muestreo de 2.5 GHz, un generador de señal arbitraria digital de 20 MHz, una fuente DC programable con rango de voltaje entre 0 y 80 V (voltios) y capacidad de corriente hasta de 25 A (amperios) máximo, un nanovoltímetro digital con resolución de 10 pV, una fuente de corriente digital AC/DC con resolución de 100 fA, y un amplificador Lock-in digital de dos canales; todos estos instrumentos cuentan con interfaz GPIB (*General Purpose Interface Bus*), lo cual permite interconectarlos.

2. Arquitectura para el laboratorio remoto

La arquitectura general propuesta, interconecta los laboratorios mediante un servidor que cuenta con un programa para administración de contenido de aprendizaje (*LMS: Learning Management System*), con el que se gestionan los contenidos necesarios, el manejo de los usuarios, permisos y roles dentro de la plataforma. Para la integración de la plataforma, se escogió el *LMS Moodle* (figura 1), ya que integra muchos de los servicios necesarios para la gestión de laboratorios remotos y ya ha sido usado en otros proyectos de laboratorios a través de la web (García et al. 2009). A continuación se describirán los recursos físicos que constituyen los laboratorios y la manera en que funcionan y se desarrollaron.

La mayor dedicación de un instrumento robusto como un AFM, se da para apoyar el desarrollo de investigaciones en las áreas de materiales y nanotecnología, usualmente el instrumento es manipulado por alguien experto que conoce su parametrización, como operarlo y obtener resultados en forma confiable y segura, de manera que no se afecte la integridad del usuario o del instrumento. Permitir el acceso remoto a este recurso, supone, entre otras cosas, la validación del usuario como el experto capacitado para su operación. Dado que el modo AFM-C es el único que puede ser teleoperado, las funciones que han sido habilitadas para éste son las básicas necesarias para obtener micrografías en todo el rango de magnitudes de barrido del instrumento, específicamente entre $70 \times 70 \mu\text{m}^2$ y $10 \times 10 \text{ nm}^2$.

Versión PDF para imprimir desde
<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

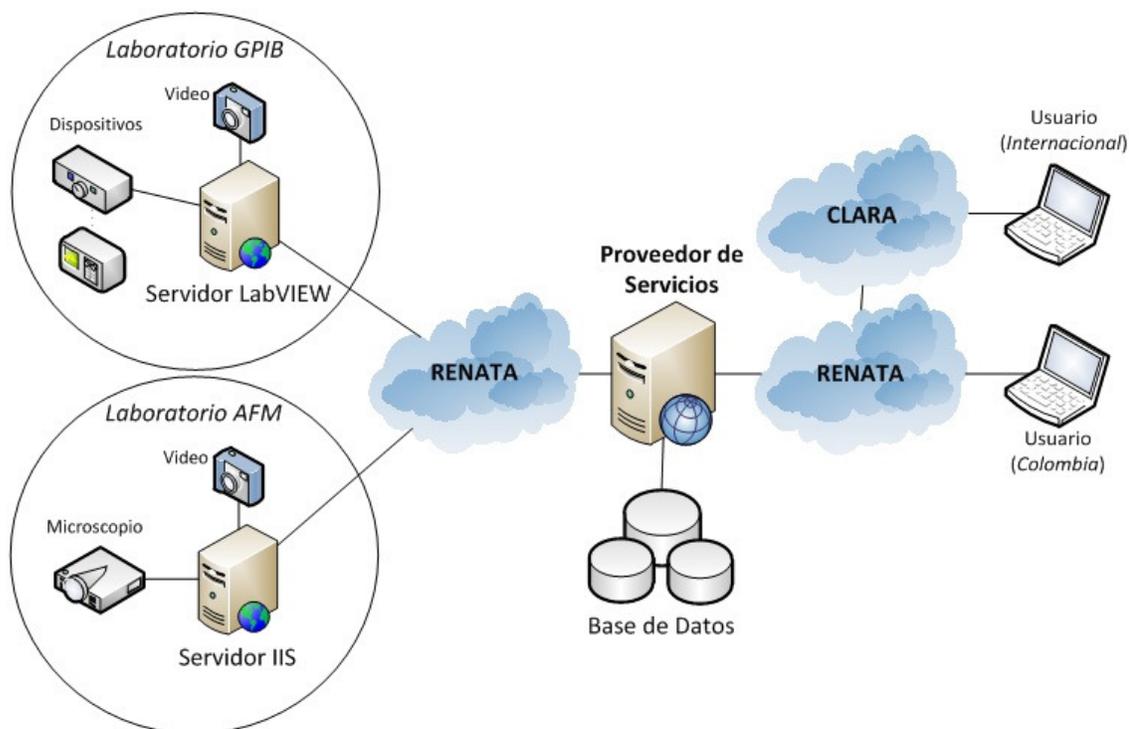


Figura 1. Arquitectura de la plataforma para el control remoto de laboratorios vía RENATA

La aplicación de software para uso de este instrumento, es propietaria, no obstante contiene una interfaz para scripting que permite comunicar la aplicación con programas externos a través de funciones; se desarrolló una interfaz web con tecnologías de Microsoft .NET y Silverlight, que se comunica, vía la interfaz de scripting, con la aplicación de control del instrumento y envía todos los parámetros para realizar las medidas AFM. En el desarrollo se logró una interfaz web bastante similar a la aplicación propietaria (figura 2), lo que facilita los procesos de aprendizaje y entrenamiento en operación de este tipo de instrumentación. Las funciones habilitadas en la interfaz web, permiten la operación del instrumento en modo AFM-C, como se mencionó anteriormente, esto implicó desarrollar rutinas de *scripting* que permitieran la utilización de los grupos de funciones *positioning*, *imaging*, *operating mode* y *z-controller*, a través de los cuales es posible configurar y desarrollar un experimento AFM-C.

Versión PDF para imprimir desde
<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

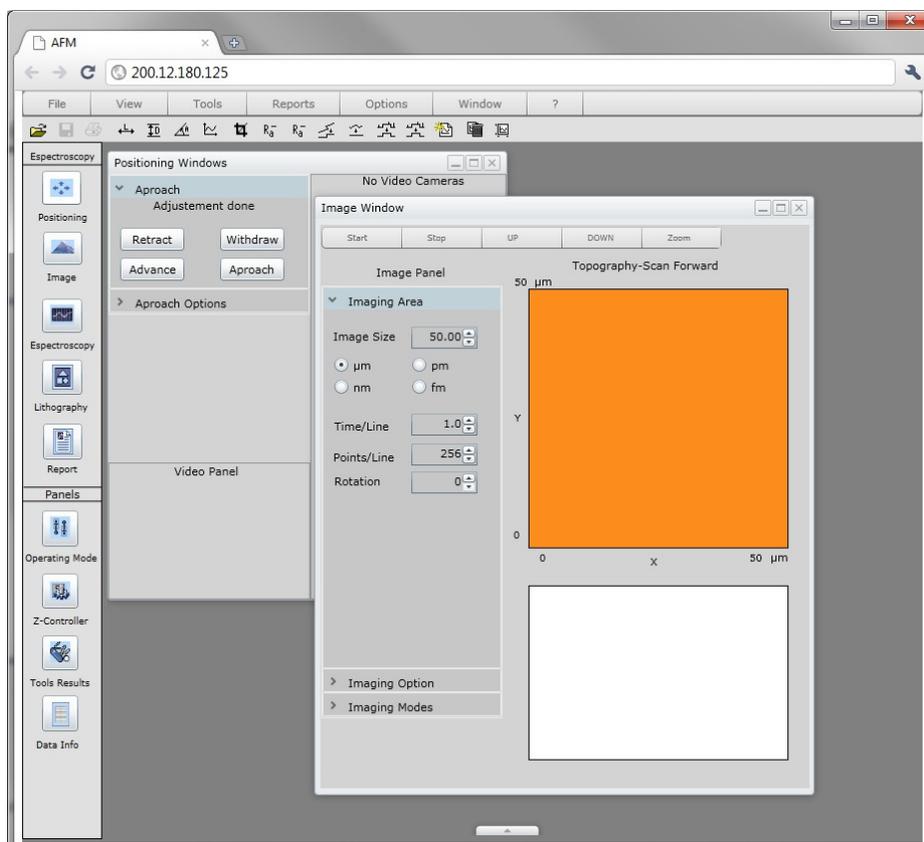


Figura 2. Interfaz web desarrollada para el AFM Nanosurf® Easyscan2

No obstante como la comunicación con el instrumento es a través de la aplicación propietaria (figura 3), una vez se accede a la interfaz web en la sesión de teleoperación del AFM, y se ejecute alguna acción desde esta, se abre la aplicación propietaria, en el servidor local (IIS), cargando toda la configuración por defecto del instrumento. Todo se hace utilizando tecnologías de Microsoft, incluyendo Silverlight para la interfaz en el navegador, WCF (Windows Communication Foundation) para las comunicaciones a través de servicios web y la conexión con la aplicación propietaria a través de .NET.

Versión PDF para imprimir desde

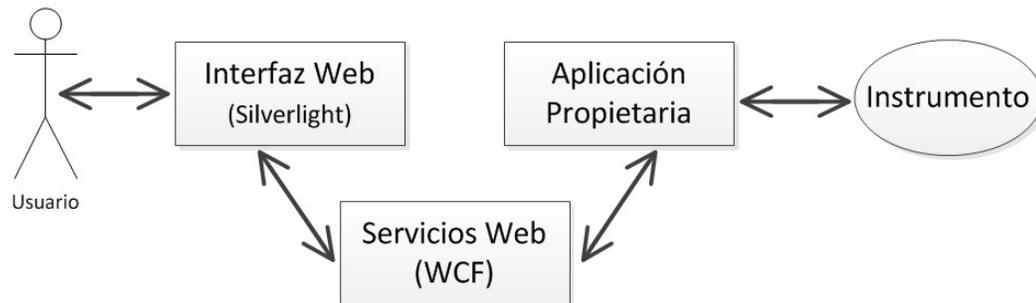
<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

Figura 3. Interacción entre el usuario y el instrumento AFM

Por otro lado, con un grupo de instrumentos interconectados con GPIB, usualmente es posible la configuración de diversos experimentos de acuerdo con el tipo de recurso que se tenga. Adicionalmente para el uso de estos no es necesario ser un usuario experto, ni tener experiencia previa con la manipulación de alguno de los instrumentos. Con los 6 instrumentos GPIB que se desarrolló este proyecto, es posible realizar experimentos en donde pueden intervenir al menos dos o tres de ellos; aunque el acceso a toda la capacidad de cada instrumento puede no ser necesaria en todos los casos, tener disponible la mayor parte de la funcionalidad que refleja el panel frontal de cada instrumento, es la manera más adecuada de desarrollar una interfaz web que permita la teleoperación de cada uno de ellos. No obstante, como los instrumentos usados son programables y son orientados a diferentes necesidades de instrumentación, en casos como por ejemplo el amplificador Lock-in, el desarrollo de toda la funcionalidad supone un arduo y extenso trabajo de desarrollo. En este trabajo se lograron diferentes niveles de desarrollo en las aplicaciones web que permiten el acceso a los instrumentos GPIB, estos fueron proporcionales a la complejidad de cada instrumento.

Se desarrollaron instrumentos en LabVIEW basados en los drivers de los dispositivos que brindan las compañías fabricantes. Las decisiones de diseño buscaron un esquema gráfico similar al dispositivo real, pero aprovechando las ventajas que brinda la interfaz con un computador. Por esto, en algunos dispositivos, se reemplazaron algunos botones por listas desplegables o campos de texto. Aunque no es el objetivo de este primer desarrollo, queda pendiente evaluar la usabilidad de dichas interfaces, junto con las ventajas y desventajas de los cambios realizados a la interfaz gráfica del dispositivo. En la figura 4 se muestra el generador de señales Agilent 33220A, junto con la interfaz de control desarrollada en LabVIEW.

Versión PDF para imprimir desde
<http://revistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

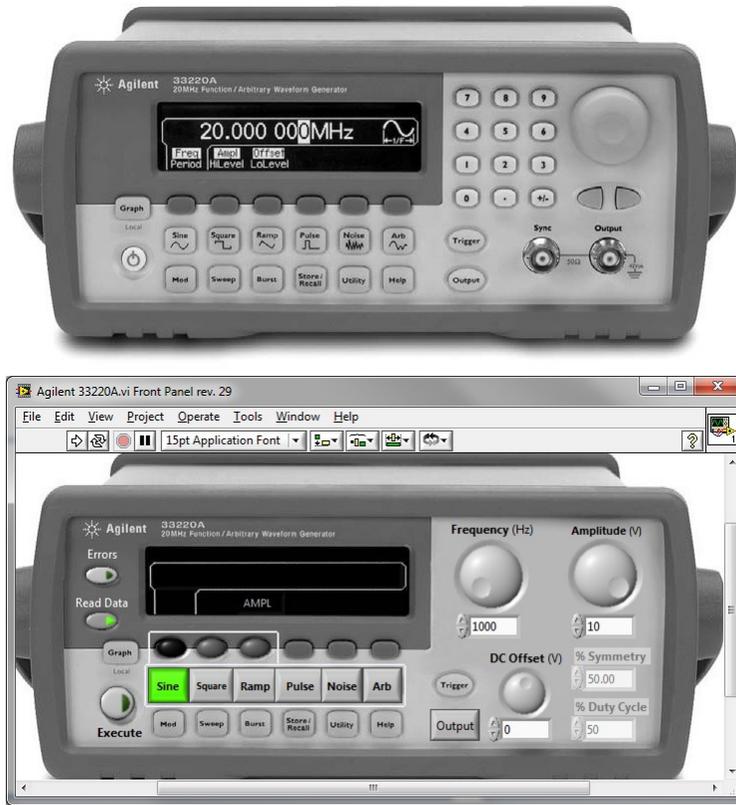


Figura 4. Dispositivo real (arriba) vs. Interfaz en LabVIEW (abajo)

Una vez construidos los instrumentos virtuales (VI) en LabVIEW, se utilizó la Web Publishing Tool (Herramienta de Publicación Web) para exportar objetos web de estos dispositivos, con el fin de embeberlos en el portal web principal. Estos objetos permiten el acceso a varios usuarios al mismo tiempo, dejando que uno de ellos controle el dispositivo, mientras que los demás visualizan el experimento.

3. Resultados

El portal para el acceso a los laboratorios remotos se ha diseñado atendiendo las políticas institucionales que la universidad EAFIT tiene para esto (figura 5).

Versión PDF para imprimir desde
<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

The screenshot shows the website for 'Laboratorios Remotos' at Universidad EAFIT. The header includes navigation links: INVESTIGACIÓN | CICE | EDUCACIÓN CONTINUA | IDIOMAS | CULTURA | BIBLIOTECA. The main navigation bar contains: Inicio, Información, Laboratorios, Reservas, and Ingresar. Below the navigation bar are logos for 'renata' and 'UNIVERSIDAD EAFIT Abierta al mundo'. The main content area is divided into three sections: 'Este portal ha sido desarrollado en marco del proyecto "Desarrollo de una plataforma para acceso remoto a instrumentación avanzada via RENATA" financiado por RENATA, COLCIENCIAS y la Universidad EAFIT.', 'VISIÓN' (Vision), and 'TECNOLOGÍA' (Technology). The 'VISIÓN' section describes the portal's purpose in supporting virtuality and teaching processes. The 'TECNOLOGÍA' section explains the client-server architecture used. On the right side, there is a 'Navegación' section with links to 'Página Principal' and 'Cursos', and a 'Calendario' (Calendar) for March 2011.

INVESTIGACIÓN | CICE | EDUCACIÓN CONTINUA | IDIOMAS | CULTURA | BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD EAFIT Abierta al mundo Laboratorios Remotos

Inicio Información Laboratorios Reservas Ingresar

renata UNIVERSIDAD EAFIT Abierta al mundo

Este portal ha sido desarrollado en marco del proyecto "Desarrollo de una plataforma para acceso remoto a instrumentación avanzada via RENATA" financiado por RENATA, COLCIENCIAS y la Universidad EAFIT.

VISIÓN

Busca consolidarse como un sitio permanentemente funcional, en constante expansión de los recursos de laboratorio que ofrece, que apoye los proyectos de virtualidad y los procesos docentes, investigativos y de extensión de la Universidad EAFIT, que involucren actividades prácticas, experimentales y laboratorio. También se planea que sirva como desarrollo base sobre el cual se genere una *Grid* de instrumentación remota para la academia y el sector productivo de Colombia, involucrada con el área de materiales.

TECNOLOGÍA

Esta plataforma utiliza una arquitectura cliente/servidor basada en la utilización de servicios web para compartir los diferentes recursos de laboratorio disponibles, esto permite que sea escalable, una característica vital dentro del enfoque de desarrollo que se ha elaborado.

Navegación

[Página Principal](#)
▶ [Cursos](#)

Calendario

March 2011						
Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
			1	2	3	4
			5			
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Figura 5. Portal web desarrollado para acceso a laboratorios remotos

A través del portal es posible acceder a los dos tipos de recurso disponibles hasta ahora: El laboratorio GPIB y el laboratorio AFM; la escalabilidad de este desarrollo, permitirá ir incrementando los recursos que se podrán teleoperar, en un futuro cercano harán parte de este portal otros recursos de laboratorio dedicados a prácticas en telemática (figura 6).

Versión PDF para imprimir desde

<http://revistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

UNIVERSIDAD EAFIT
Abierta al mundo

Laboratorios Remotos

Inicio Información Laboratorios Reservas Ingresar

Laboratorios

Laboratorio GPIB

La interfaz IEEE488.2, también conocida GPIB, es una interfaz de propósito general para interconexión de equipos, que se ha instaurado como estándar para la comunicación entre instrumentos de laboratorio. En este laboratorio se puede tener acceso a diferentes instrumentos, utilizados especialmente en cursos de electrónica básica, instrumentación electrónica e instrumentación científica. Los equipos disponibles en el momento son:

- Generador digital de señales arbitrarias, Agilent 33220A.
- Nanovoltmetro digital, Keithley 2182A.
- Fuente digital de corriente AC/DC de alta precisión, Keithley 6221.
- Osciloscopio digital, Tektronix TDS3052.
- Fuente de voltaje programable, Toellner TOE 8871.
- Amplificador Lock-in digital, Scientific Research SR850.

La manera en que se puede interactuar con los paneles de estos instrumentos es a través de una serie de prácticas pre-establecidas en las que intervienen algunos de los instrumentos listados. También es posible interactuar con cada uno de los instrumentos de manera individual, por ejemplo para familiarizarse con su

Laboratorios

- ▢ Laboratorio GPIB
- ▢ Laboratorio AFM
- ▢ Laboratorio de Telemática

Figura 6. Diferentes laboratorios a los que se tiene acceso remoto

El acceso al laboratorio GPIB (figura 6) cambia un poco de filosofía en relación con el acceso al laboratorio AFM, ya que el hecho de tener un laboratorio estructurado por prácticas, permite desarrollar de forma más natural el concepto de curso en *LMS Moodle*.

El portal puede ser accedido desde cualquier equipo conectado a la red RENATA a través de cualquiera de los nodos institucionales que existen en las diferentes redes regionales como RUANA, RADAR, RUMBO, etc. El acceso es libre a la información general del proyecto, la descripción de los laboratorios disponibles y las guías de práctica; el módulo de reserva en cambio solo puede ser accedido si se tiene un nombre de usuario y contraseña válida, otorgada de acuerdo al rol que se tenga en el curso. Una vez solicitada la reserva se efectúa una rutina de verificación del tipo de recurso, su disponibilidad y modalidad de trabajo permitida frente a la solicitada, es decir si el usuario solicita reserva como controlador del instrumento o como visualizador. También se verifica si el tiempo de reserva no afecta una reserva previamente hecha.

Versión PDF para imprimir desde

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

4. Conclusiones y trabajo futuro

La generación de capacidades para acceso remoto a recursos de laboratorio, contribuye al estado del arte en una temática de importancia vital para los nuevos enfoques de trabajo formativo en habilidades experimentales de los estudiantes de las disciplinas ingenieriles, así como en el mejoramiento de las capacidades instrumentales y el acceso compartido a infraestructura de investigación. La diversidad de instrumentación a la cual puede desarrollársele esta funcionalidad, genera retos en la generación de soluciones adecuadas y ajustadas a las características del recurso.

En este trabajo se presentó el desarrollo de un portal web para acceso remoto a instrumentación del área de física e ingeniería de materiales; para lo cual fue necesario analizar dos enfoques de trabajo distinto de acuerdo al tipo de recurso disponible; uno orientado a infraestructuras cuyo uso es más común en prácticas de laboratorio en el contexto educativo en ingeniería o ciencias y el otro enfoque orientado a la administración de recursos cuyo uso es más común en laboratorio de investigación en física o ingeniería.

Al emplear dos enfoques de trabajos distintos se pudo desarrollar una plataforma que contempla diversos escenarios de trabajo y puede ser extendida a otros escenarios adicionales. El desarrollo realizado no es dependiente de la tecnología web usada en el acceso a los dispositivos del laboratorio, lo que aumenta su escalabilidad y extensibilidad.

Al desarrollar la plataforma sobre un sistema modular como Moodle, se pueden realizar nuevos servicios desarrollando nuevos módulos. También se pueden adaptar módulos previamente realizados para tener nuevos servicios en la plataforma.

Gracias a que la plataforma fue construida con la idea de permitir el acceso a dispositivos de diferentes laboratorios, nuevos laboratorios pueden ser incluidos y nuevas características podrán ser analizadas.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la universidad EAFIT, a COLCIENCIAS y la red RENATA, por el apoyo para desarrollar este proyecto bajo el contrato 1216-487-25704 CT 424-2009.

Versión PDF para imprimir desde
<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones>

6. Referencias

1. Chen, Xuemin; Song, Gangbing, y Yongpeng Zhang (2010). "Virtual and Remote Laboratory Development: A Review": Proceedings of *Earth and Space*. 3843-3852.
2. Cotfas, P; Ursutiu, D, y C. Samoila (2006). Self Growing Remote Controlled Laboratory. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 2 (1).
3. Feisel, Lyle, y Albert Rosa (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94 (1). Pp. 121-130.
4. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (2004). *Libro Blanco e-ciencia en España*. Madrid: Ed. FECYT.
5. García-Zubia, J., Orduña, P., Irurzun, J., Angulo, I., y Hernández, U (2009). "Integración del laboratorio remoto WebLab-Deusto en Moodle": *WebLab-Deusto Research Group*.
6. M. Abdulwahed, y Z. K. Nagy (2008). The Trilab, a novel view of laboratory Education. *EE2008*, 1-13.
7. RINGrid (Remote Instrumentation Grid) (2008). White paper on remote instrumentation.