

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: soluciones informáticas

Recibido: 20/03/2018 | Aceptado: 18/08/2018 | Publicado: 29/08/2018

Herramienta para la simulación de sistemas dinámicos integrado a un Sistema de Laboratorios Remoto

Tool for the simulation of dynamic systems integrated to a Remote Laboratory System

Omar Mar Cornelio^{1*}, Adrián Fernando García Perdomo², Miguel Alejandro Pérez Morales³, Pedro M. Puig Díaz⁴

¹ Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. omarmar@uci.cu

² Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. adriangp@estudiantes.uci.cu

³ Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. miguelpm@estudiantes.uci.cu

⁴ Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. omarmar@uci.cu

* Autor para correspondencia: omarmar@uci.cu

Resumen

Los laboratorios simulados permiten la realización de actividades prácticas a distancia por los estudiantes en su tiempo de estudio independiente. El objetivo fundamental de las actividades prácticas es ampliar los conocimientos y realizar ensayos a los trabajos prácticos de la asignatura. Con el avance de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), ha sido necesario desarrollar herramientas de simulación de sistemas de control automático. Cuba lucha por avanzar en este campo tecnológico por lo que cuenta con el Sistema de Laboratorios Virtuales y a Distancia (SLVD) desplegado en la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV). A partir de las inconformidades detectadas respecto al el SLVD de la UCLV en la presente investigación, se propone realizar una nueva herramienta que permita incorporar las funcionalidades asociadas a la flexibilidad en el diseño de los modelos de simulación automática. Conjuntamente se pueda gestionar la comunicación entre estaciones de trabajo para la simulación de prácticas de laboratorios realizadas desde disímiles partes. Todo esto contribuye a la adquisición de conocimiento por parte de los estudiantes de la carrera de ingeniería automática e impulsa la formación de profesionales más preparados para desempeñar su papel en la sociedad. Además se plantean un conjunto de pruebas para garantizar el correcto desempeño de las funcionalidades propuestas. Con la aplicación de las pruebas de software se evidenció que la herramienta para la simulación de sistemas dinámicos de control automático integrado al Sistema de Laboratorios Virtuales y a Distancia (SLVD) presenta un correcto funcionamiento y aporta a los nuevos modelos de simulación automática la flexibilidad previamente inexistente, cumpliendo con los requisitos identificados por el cliente y sus expectativas.

Palabras clave: Proceso de enseñanza-aprendizaje, simulación, Sistema de Laboratorio Virtuales y a Distancia

Abstract

The simulated labs allows to carry out remote practical activities by students in their independent study time. The main objective of the practical activities is to increase the student's knowledge and to make trials to the practical works in the course. With the advancement of Communications and Information Technologies it has been necessary to develop simulation tools of automatic control. Cuba is making progress in this technological field by the development of a Virtual and Remote Laboratories System deployed in the Central University "Marta Abreu" of Las Villas. From the detected nonconformities of this system, it is proposed in this investigation to make a new tool to incorporate the functionality associated to the flexibility in the design of automatic models. Jointly that can manage communication between workstations to simulate laboratory practices made from dissimilar parts. All this contributes to the acquisition of knowledge by the students of automatic engineering and promotes the training of more qualified professionals to play their role in society. There also are proposed a set of tests in order to ensure proper performance of the proposed features. The implementation of software testing evidenced that the simulation tool for dynamic automatic control systems integrated into Virtual and Remote Laboratories System presents proper operation and provides flexibility to the new simulation models, fulfilling the requirements identified by the customer and their expectations.

Keywords: Teaching-learning process, Simulation, Virtual and Remote Laboratories System.

Introducción

Desde sus inicios la educación como proceso ha sido desarrollada haciendo uso de diferentes métodos de aprendizaje, donde intervienen el aprendiz, el educador y los medios para educar. La imagen del alumno y el profesor impartiendo y recibiendo clases en el mismo local siempre ha sido la misma aunque en diferentes escenarios, haciendo difícil de imaginar algún otro método fuera de lo tradicional.

En la sociedad actual la mayoría de las instituciones educacionales están enfrentando el reto de servir a una población con mayor cantidad de estudiantes, más diversificada social y culturalmente (AGUILAR and HEREDIA 2013) (LANDER 2015). Como parte esencial de su preparación la educación a distancia se presenta como la solución idónea para un conjunto de colectivos que exigen el disponer de sistemas de enseñanza mucho más flexibles, accesibles y adaptables, sin limitaciones espaciales ni temporales (DORMIDO and SÁNCHEZ 2005), (MAR *et al.* 2016a).

En la carrera de Automática estudiada en Cuba la educación a distancia se presenta también como la solución idónea, por ser esta una disciplina que al igual que otras se necesita del intercambio constante entre el profesor y el estudiante, para lograr un aprendizaje efectivo (VEIGA 2000), (CASINI 2003). Los alumnos estudian sistemas físicos de alta complejidad con el fin de automatizar procesos para contribuir al desarrollo y a la calidad de vida de la humanidad.

Sin embargo el alto costo del desarrollo y mantenimiento de los laboratorios de prácticas docentes, así como los recursos necesarios para las mismas ha provocado en la última década que la experimentación con sistemas reales sea sustituida en gran escala por las herramientas de simulación (DORMIDO and SÁNCHEZ 2005).

La evolución de las (TICs) ha propiciado el desarrollo de una amplia variedad de herramientas educativas para la docencia, entre los que se encuentran los Laboratorios Virtuales y Remotos (LVR). Los Laboratorios Virtuales (LV) tratan de combinar la flexibilidad que ofrecen las simulaciones sin perder las características importantes que rigen a los sistemas físicos. También los LV son más económicos, ya que el equipamiento necesario para realizar pruebas reales son muy difíciles de implementar por entidades docentes públicas debido a su elevado precio (CASTILLO and SEPÚLVEDA 2011), (HERNÁNDEZ and SARTORIUS 2005). Independientemente al costo, sucede que los distintos componentes necesarios para una prueba en ocasiones se encuentran en distintas ubicaciones geográficas (MONGE and MÉNDEZ 2007), (SANTANA 2012).

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) tiene como misión contribuir a la informatización del país. En este sentido la UCI de conjunto con la UCLV en proyecto de colaboración realizan un SLVD para contribuir en la preparación del estudiantado, poniendo en sus manos una herramienta que tribute directamente al aprendizaje y la adquisición de conocimientos por parte de los alumnos de la carrera de ingeniería automática .

Los SLVD existentes actualmente de tipo docente, son escasos y las simulaciones no presentan suficiente flexibilidad. Los estudiantes necesitados de respuestas a modelos de prueba más personalizadas destacan esta como la principal desventaja de los sistemas de simulación actualmente en servicio (BONIVENTO 2002) , (VARGAS 2010).

Los problemas más comunes en torno a las simulaciones de sistemas dinámicos de control automático en los SLVD son:

- Las herramientas de simulación de sistemas dinámicos de control automático con las que se cuenta son poco flexibles a la hora de diseñar los modelos de simulación automática, y son ineficientes comparadas con las pruebas que se realizan con recursos físicos reales, lo cual provoca que las pruebas disponibles sean obsoletas ya que los modelos de simulación automática en estos sistemas carecen de actualización regular, o en el mejor de los casos, los estudiantes deben esperar a que el modelo de simulación publicado coincida con el modelo que tienen planificado crear para realizar sus pruebas.
- No se cuenta con una variedad de herramientas libres para la simulación de sistemas dinámicos de control automático.
- Existe una insuficiente integración de las herramientas para la simulación de sistemas dinámicos de control automático con plataformas para SLVD.

Teniendo en cuenta los problemas antes planteados se define como objetivo general: desarrollar una herramienta para la simulación de sistemas dinámicos de control automático integrado al SLVD.

Materiales y métodos o Metodología computacional

Debido al grado de complejidad y a las características del problema en cuestión, se realiza el Modelo Conceptual, ya que se considera suficiente el empleo de esta variante de modelo de negocio (FERRE and ARACIL 2010), (MAR *et al.* 2016b) . Se muestra a continuación en la figura 1 el modelo conceptual que representa la problemática a resolver.

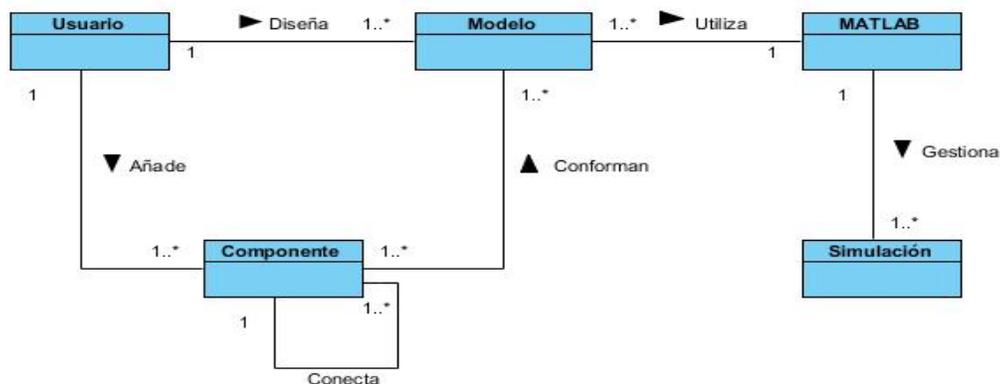


Figura 1: Diagrama del Modelo de Dominio.

A continuación se realiza una descripción del modelo conceptual

Usuario: Persona que accede a las prácticas de simulación.

Componente: Nodos que forman parte del modelo de simulación.

Modelo: Se conforma a través del resultado de la conexión de los componentes que intervienen en el proceso de simulación.

MatLab: Subsistema que se utiliza para realizar la simulación.

Simulación: Es el resultado del diseño de la prueba que se desea realizar, donde a través de una gráfica se corrobora la efectividad de esa prueba previamente diseñado (SARTORIUS and RUBIO 2004), (MAR *et al.* 2017).

Los diagramas de casos de uso se utilizan para la ilustración de los requisitos del sistema al mostrar cómo reacciona a eventos que se producen en su contorno o en él mismo. Muestra la relación que existe entre los actores y los casos de uso en un sistema. Especifican la comunicación y el comportamiento de un sistema. La Figura 2 muestra el diagrama de Caso de Uso del Sistema del sistema propuesto, muestra el actor y los casos de uso del sistema definidos, con sus respectivas asociaciones.

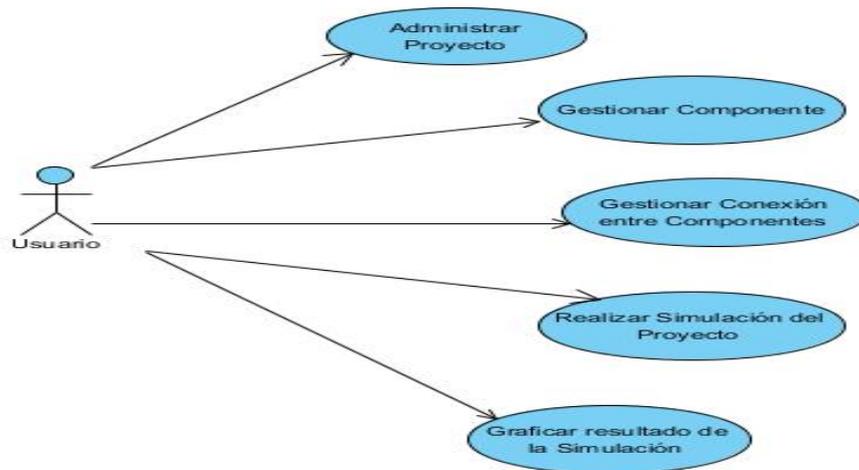


Figura 2: Diagrama de Casos de Uso del Sistema.

Se utilizó también UML como lenguaje de modelado y como herramienta CASE el Visual Paradigm. Para la simulación de los modelos automáticos o sistema se tuvo en cuenta *MatLab/Simulink* (ORCHARD 2013), (MAR and GULÍN 2018), (GONZÁLEZ 2013). Para el desarrollo de algoritmo se definió como entorno de desarrollo el Eclipse Luna con lenguaje JavaScript y Java. Se fundamentó la selección de Liferay Portal como portal de aplicaciones y contenedor de Portlet. Como marco de trabajo se optó por Spring Framework garantizando de esta forma una arquitectura robusta basada en patrones como el Modelo Vista Controlador y se utilizó el Apache Tomcat como servidor Web

Resultados y discusión

La Figura 3 muestra el diagrama de despliegue de la aplicación propuesta. El diagrama de despliegue describe la distribución física del sistema, mostrando cómo se distribuyen las funcionalidades de los distintos nodos implicados en el despliegue de la solución.

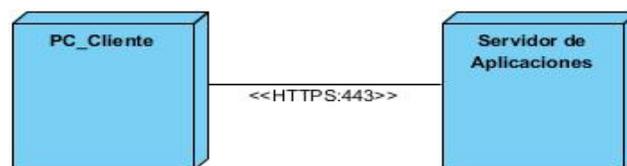


Figura 3: Diagrama de Despliegue

Los componentes necesarios para el despliegue del sistema y los protocolos de comunicación presentados en la Figura 3 que son PC_Cliente, Servidor de Aplicaciones a continuación se describen:

PC_Cliente: Es el terminal desde donde el usuario va a realizar la petición al Servidor de Aplicaciones.

Servidor de Aplicaciones: Es el nodo de cómputo donde va a estar instalado el *MatLab* 8.1 como subsistema para trabajar con la simulación de modelos automáticos y el servidor Web Apache Tomcat 7.0.2, el cual cuenta con Liferay 6.2 para desplegar el portlet de simulación de sistemas dinámicos de control automático.

Las pantallas de sistema son imágenes tomadas durante su funcionamiento. Estas imágenes muestran parte de los resultados obtenidos con el desarrollo de esta investigación y permite comprobar el funcionamiento de la herramienta propuesta. La Figura 4 muestra la interfaz principal del sistema donde se representa un sistema integrado por varios componentes y es graficada la respuesta del sistema.

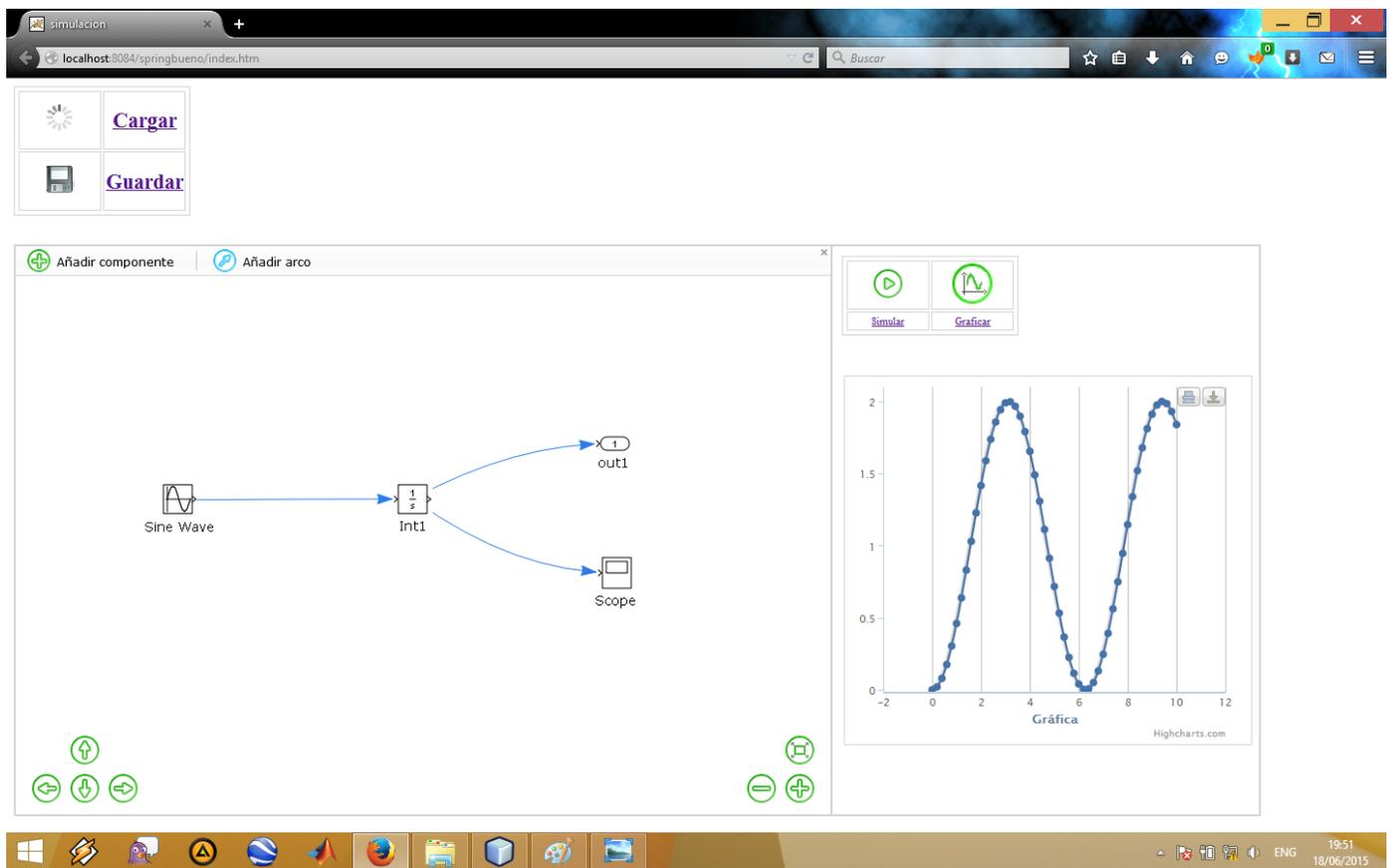


Figura 4: Interfaz del sistema con un sistema simulado

Las pruebas son actividades en las cuales un sistema o componente es ejecutado bajo condiciones o requerimientos específicos. Los resultados son observados y registrados, y una evaluación es hecha de algún aspecto del sistema o componente. Su principal objetivo es evaluar o valorar la calidad del producto a través de (JACOBSON 2000):

- Encontrar y documentar los defectos que puedan afectar la calidad del software.
- Validar que el software trabaje como fue diseñado.
- Validar y probar los requisitos que debe cumplir el software.
- Validar que los requisitos fueron implementados correctamente.

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema propuesto se realizó mediante la técnica de partición equivalente del método de caja negra. El diseño de caso de prueba se realizó a partir de las funcionalidades descritas en los Casos de Uso del Sistema y su principal objetivo es comprobar que las funcionalidades han sido implementadas según las peticiones del cliente. Para cada Caso de Uso debe haber una planilla de caso de prueba donde se recoge la especificación del CU, dividido en secciones y escenarios detallando las funcionalidades descritas en él y describiendo cada variable que recoge el Caso de Uso en cuestión.

La Figura 5 muestra una representación del resultado de las pruebas realizadas para lo cual fueron realizadas tres iteraciones, se obtuvo que en la primera iteración se identificaron 17 no conformidades. Una vez corregidas, se procedió a realizar una segunda iteración, en la que se identificaron siete nuevas no conformidades. Una vez corregidas, se realizó una última iteración en la que no se encontraron no conformidades, razón por la que decidieron los actores no realizar más iteraciones.

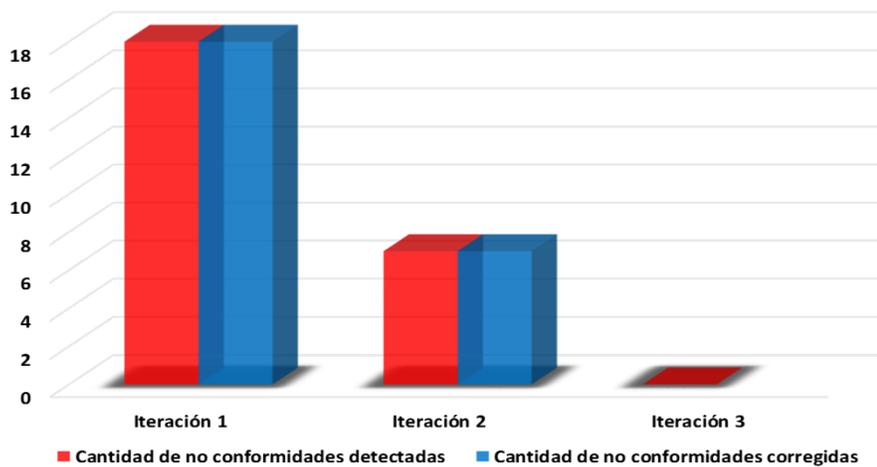


Figura 5: Resultado de las iteraciones de las pruebas de Caja Negra.

Conclusiones

El estudio del proceso de simulación de sistemas dinámicos de control automático y los SLVD permitió comprender y aplicar las teorías existentes a la herramienta para la simulación de sistemas dinámicos de control automático integrados al SLVD.

La implementación de las funcionalidades de la herramienta propuesta permitió el diseño y simulación de sistemas dinámicos de control automático integrados al SLVD obteniéndose las gráficas de respuesta del sistema de forma sencilla.

La aplicación de pruebas de software contribuyó a identificar y solucionar las vulnerabilidades de la herramienta para la simulación de sistemas dinámicos de control automático integrados al SLVD para realizar las correcciones que permitan el correcto funcionamiento del sistema.

Referencias

- AGUILAR, I. and J. HEREDIA Simuladores y laboratorios virtuales para Ingeniería en Computación, 2013.
- BONIVENTO, C. A Web Based Laboratory for Control Engineering Education. Second International Workshop on Tele-Education in Engineering Using Virtual Laboratories *Sherbrooke*, 2002, Canada.
- CASINI, M. E-learning by remote laboratories: A new tool for control education, 2003, Vol. 46 252-257.
- CASTILLO, C. and F. SEPÚLVEDA Nefrectomía simple por puerto único (LESS) asistida por robot (da Vinci) *Revista Chilena de cirugía*, 2011, Vol. 63 504-507.
- DORMIDO, S. and J. SÁNCHEZ. *Laboratorios Virtuales y Remotos para la Práctica a Distancia de la Automática*, [En Línea]. 2005. [Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pGtPoAmBu2EJ:www.researchgate.net/profile/S>
- FERRE, M. and R. ARACIL Aplicación del Sistema de Laboratorios a Distancia en Asignaturas de Regulación Automática, 2010, Vol. 7 46-53.
- GONZÁLEZ, J. Propuesta de algoritmo de clasificación genética *RCI*, 2013, Vol. 4 (No.2): 37-42.
- HERNÁNDEZ, L. and A. SARTORIUS. *Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automática - Laboratorio a distancia para la prueba y evaluación de controladores a través de Internet* [En Línea]. 2005. [Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592005000100010
- JACOBSON, I. El proceso unificado de desarrollo software *Series Editors.*, 2000.

- LANDER, A. *¿Por qué formación con simulación?*, [En Línea]. 2015. [Disponible en: <http://www.landersistimulation.com/formacion-con-simulacion/por-que-formacion-con-simulacion/>]
- MAR, O.; L. ARGOTA, *et al.* Módulo para la evaluación de competencias a través de un Sistema de Laboratorios a Distancias *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2016a, 10(2): 132-147.
- MAR, O. and J. GULÍN Modelo para la evaluación de habilidades profesionales en un sistema de laboratorios a distancia *Revista científica*, 2018, 3(33): 332-343.
- MAR, O.; J. GULÍN, *et al.* Experiencia en la evaluación de competencias en un sistema de laboratorios a distancia *Anais do EVIDOSOL/CILTEC-online*, 2016b, Vol.5(No.1).
- MAR, O.; I. SANTANA, *et al.* Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map *Revista Investigación Operacional*, 2017, 38(2): 170.178.
- MONGE, J. and V. MÉNDEZ. *Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración*, [En Línea]. 2007. [Vol. 31]. Disponible en:
- ORCHARD, M. *Laboratorio de Automática - Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*, [En Línea]. 2013. [Disponible en: <http://ingenieria.uchile.cl/investigacion/presentacion/laboratorios/90676/laboratorio-de-automatica>]
- SANTANA, I. *Herramientas para la docencia en automática orientadas hacia la metodología ECTS*. Departamento de Automática, Ingeniería Electrónica e Informática Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2012. p.
- SARTORIUS, A. and E. RUBIO Sistema de Laboratorios a Distancia (SLD): laboratorio para la enseñanza del control automático a distancia, 2004, Vol. 7 11-24.
- VARGAS, H. *AutomatL@bs*, [En Línea]. 2010. [Disponible en: <http://www.profesores.ucv.cl/hvargas/development.html>]
- VEIGA, L. *SISTEMAS DE TIEMPO REAL*, [En línea]. 2000. [Disponible en: <http://www.electro.fisica.unlp.edu.ar/temas/p7/RTS-1.html>]