

22

## LABORATORIOS REMOTOS. ANÁLISIS, CARACTERÍSTICAS Y SU DESARROLLO COMO ALTERNATIVA A LA PRÁCTICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA\*

281

Por: Ronald Zamora Musa\*\*

Fecha de recibido: 6 de julio de 2010 • Fecha de aceptación: 30 de septiembre de 2010

### RESUMEN:

El artículo tiene como propósito presentar los fundamentos conceptuales y los resultados preliminares de la investigación científica tecnológica sobre Desarrollo de un Laboratorio Remoto (LR), donde se esbozan las principales características que deben poseer los laboratorios remotos y las variables que se deben tener en cuenta durante la creación de un proyecto de teleoperación con el fin de convertirlo en un verdadero escenario de prácticas para los estudiantes de Ingeniería. La práctica para la ingeniería se constituye como una prioridad en la formación de los ingenieros, si se tiene en cuenta que el campo ocupacional les exige contar con las competencias necesarias para resolver problemas reales donde el componente práctico juega un papel preponderante. En la actualidad las instituciones educativas cuentan con limitados equipos y laboratorios para las prácticas de sus estudiantes, teniendo que recurrir a los laboratorios remotos como alternativa para suplir esta necesidad, ya que esta experimentación se puede llevar a cabo de manera remota a través de las Tecnologías de la Información y la Comunicaciones, TIC, sin restricción de tiempo y espacio. Es por ello que los LR han empezado a coexistir con los laboratorios tradicionales en el ámbito de la educación superior.

### PALABRAS CLAVE:

Laboratorio remoto, Ingeniería, Tecnología, Pedagogía, Educación.

Revista Inge-CUC / Vol. 6 - No. 6 / Octubre 2010 / Barranquilla - Colombia / ISSN 0122-6517



\* Investigación Desarrollo de un Laboratorio Remoto (LR) en el Área de Micro-procesadores en la Corporación Universitaria de la Costa, CUC, grupo y línea de investigación: GIINTEL-CUC, Nuevas Tecnologías de las Telecomunicaciones y la Informática. Investigador Principal: Ronald Zamora Musa.

\*\* Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, Postgrado en Sistemas de Telecomunicaciones, Profesor Tiempo Completo, Calle 58 #55-66 rzamora2@cuc.edu.co



## REMOTE LABORATORIES. ANALYSIS, FEATURES AND ITS DEVELOPMENT AS AN ALTERNATIVE TO THE PRACTICE IN THE ENGINEERING FACULTY

By: Ronald Zamora Musa

### ABSTRACT:

The article aims to present the conceptual and preliminary results of scientific and technological research, "Development of a Remote Laboratory (LR) in the area of microprocessors at the University Corporation of the Coast, CUC", which outlines the main features that must have the remote laboratories and the variables that must be taken into account during the creation of a teleoperation project to turn it into a real stage of practice for engineering students. The practice for engineering is a priority in the training of engineers, bearing in mind that the occupational field

requires them to have skills to solve real problems where the practical component plays a role preponderant. At present the educational institutions possess limited equipment and laboratories for the practices of their students, having to use remote laboratories as an alternative to meet this need, since this experiment can be carried out remotely through Technology Information and Communications, TIC, without restriction of time and space. That is why the LR have begun to coexist with the traditional laboratory in the field of higher education.

### KEY WORDS:

Remote laboratory, Engineering, Technology, Pedagogy, Education.



## INTRODUCCIÓN

Los diferentes modelos de educación y las nuevas aplicaciones de los laboratorios han generado un impacto que ha llevado a un entorno de revolución educativa, esto sumado a las nuevas generaciones de estudiantes formados en un mundo digital, ha derivado en la creación de nuevos enfoques y métodos de enseñanza, donde la pedagogía y la tecnología tienen un acercamiento y articulación (Tecnopedagogía).

Hoy en día es necesario que en el aprendizaje del estudiante actual se incluya a las tecnologías, para que el individuo pueda afrontar y solucionar los problemas del futuro, el aprendizaje debe estar enmarcado en una gestión y construcción de su propio conocimiento. De esta manera ingresan variables al detalle del aula en si, como el establecimiento de horarios flexibles de estudios y que exista una disposición de tiempo y espacio para una favorable realización de prácticas y/o laboratorios.[1]

Las tecnologías avanzadas ofrecen una serie de posibilidades didácticas que pueden revolucionar el mundo de la enseñanza. Esta revolución puede suponer el desarrollo de nuevos modelos de enseñanza en los que el estudiante será el centro del proceso y el aula escolar superará las limitaciones tradicionalmente impuestas por su localización física y los horarios impuestos.[2] Esta premisa ya es una realidad, en la Corporación Universitaria de la Costa, CUC, se pueden observar procesos de enseñanza que están siendo direccionados por las nuevas tecnologías aplicadas a la educación, como por ejemplo: asignaturas totalmente virtuales, ambientes educativos virtuales o de e-learning como apoyo a la presencialidad con la herramienta Moodle (Plataforma Tecnológica LMS<sup>1</sup>) e investigaciones que están siendo desarrolladas en el ámbito de los Laboratorios Virtuales (LV) y Laboratorios Remotos (LR).

Igualmente a nivel local, regional y nacional muchos de los procesos de enseñanza en otras universidades están también siendo direccionados por las nuevas tecnologías aplicadas a la educación, gracias a esfuerzos propios y al apoyo del Gobierno Nacional a través del Ministerio de Educación Nacional (MEN), con su apoyo de inclusión de las tecnologías de la informática y comunicación a la educación.

## ANÁLISIS Y ELEMENTOS CLAVES PARA EL DISEÑO DE LABORATORIOS REMOTOS

En la actual sociedad del conocimiento el ingeniero deberá contar con los conocimientos y habilidades necesarios para dar soluciones a problemas complejos de la humanidad, se podría decir entonces que los programas de Ingeniería deberán incluir en el currículo acciones que fomenten en los estudiantes tanto la observación como la experimentación y que les permita confrontar la teoría con la práctica. Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, las instituciones educativas en aras de ofrecer a sus estudiantes las prácticas necesarias para su formación, se ven abocadas a recurrir a los laboratorios remotos y virtuales. [3]

En la educación del ingeniero, los conceptos teóricos, sin ser llevados a la experimentación o a la práctica por medio del laboratorio se convierten solamente en ejercicios memorísticos y las prácticas sin una sólida conceptualización teórica se restringen a un nivel operativo.[4] Por esta razón, es importante que antes de desarrollar un LR se lleve a cabo un proceso de planificación, donde se tengan en cuenta ciertos elementos claves para su diseño; en primera instancia se deberá hacer un análisis y evaluación de las características, tanto técnicas como pedagógicas que den como resultado laboratorios óptimos, pertinentes y que su utilización redunde en verdadera obtención y aplicación de conocimientos

1. LMS: Learning Management System, Sistema de Gestión de Aprendizaje.



para los estudiantes. En segundo lugar se deberá tener en cuenta la relación costo-beneficio para que la inversión no se convierta en un gasto oneroso, con serios problemas de adecuaciones, infraestructura y obsolescencia de equipos y por último, se deberá revisar diferentes alternativas de diseño para los LR con el fin de lograr que estos cumplan con los objetivos académicos propuestos, de tal manera que genere un impacto positivo en la formación de los futuros ingenieros.

Los Laboratorios Remotos (LR) son herramientas tecnológicas compuestas por software y hardware que les permite a los estudiantes de manera remota realizar sus prácticas como si estuvieran en un Laboratorio Tradicional, LT, generalmente el acceso se realiza a través de Internet o mediante una red académica de alta velocidad como RUTA CARIBE-RENATA para el caso de Colombia.

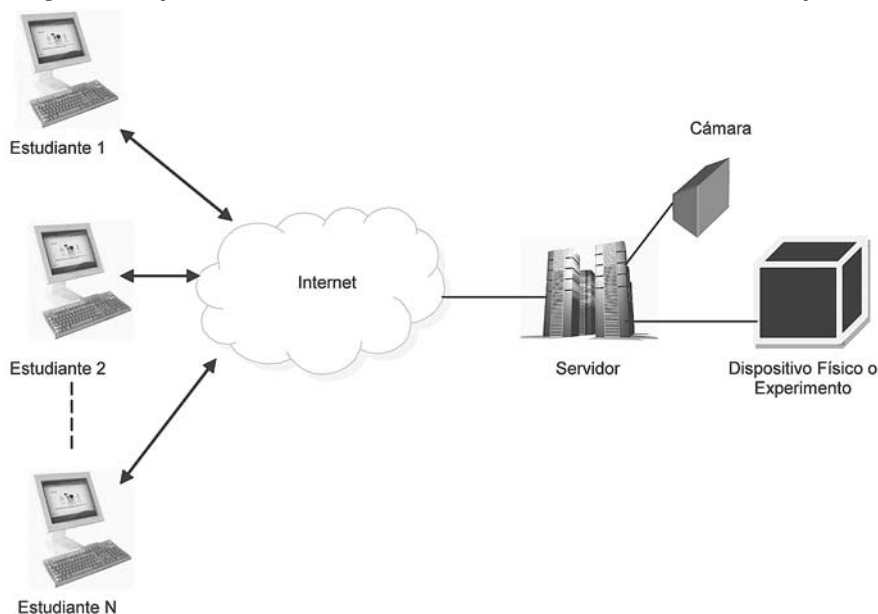
Los LR son normalmente utilizados cuando se requiere que los estudiantes pongan en práctica de manera autónoma lo aprendido las veces que lo requieran, esto les permite confrontar sus conocimientos previos con los nuevos conocien-

tos adquiridos hasta llegar a construir un nuevo conocimiento, se podría decir entonces que en este nuevo escenario prevalece el modelo constructivista que les permite a los estudiantes adquirir aprendizajes significativos para la vida.

Los LR son producto del desarrollo de las TIC que contribuyen con el mejoramiento de los procesos educativos, son considerados como sistemas que no están basados en prácticas simuladas, si no en acciones que permiten al estudiante realizar actividades de laboratorio con dispositivos o instrumentación real, transfiriendo información entre el procedimiento práctico y el estudiante. El alumno teleopera y controla los recursos disponibles en el laboratorio.[5][6]

En Calvo (2008) está propuesto un método, como ayuda al diseño y desarrollo de los LR, es un enfoque basado en la web buscando utilizar Internet como un marco genérico de tecnología estándar ampliamente utilizada a nivel mundial, para que el desarrollo sea adaptable a diversas situaciones. Dicho enfoque puede ilustrarse en la Figura 1, donde se muestran diferentes elementos involucrados en los LR.

**Figura 1. Arquitectura del laboratorio remoto o de un entorno de teleoperación**





Los laboratorios están inmersos en la enseñanza de la ingeniería y cambian o moldean la educación y cultura del ingeniero, los LR están empujando una gran incursión de las nuevas tecnologías a la educación y junto con otros elementos han logrado transformaciones y cambios donde la adaptación en ciertos sectores de la docencia no ha sido fácil. Caso contrario ocurre con los estudiantes quienes han sido formados en mundo digital o fueron criados usando las nuevas tecnologías.

desarrolla en un entorno de experimentación de sistemas microprocesadores.

Uno de los requerimientos importantes es la necesidad de evaluar distintas plataformas o arquitecturas con el fin de realizar un análisis de las mismas, obteniendo con esta evaluación las ventajas e inconvenientes presentes en cada una de ellas, permitiendo encontrar de esta manera la más ajustada y conveniente para el desarrollo del LR.

En la Figura 2, se puede observar cómo está inmerso el telecontrol o la teleoperación (concepto básico de los LR) en la tecnología y, por ende, en la educación del ingeniero como elemento esencial en la sociedad de información.

Dentro de las arquitecturas motivo de estudio y análisis para el desarrollo del LR, se encuentran el Intel 8088/8086, Microchip 18F97J60 y la familia Hitachi H8, dichas arquitecturas tienen compatibilidad con otras arquitecturas importantes y adicionalmente tienen alta implementación comercial y educativa, principalmente el Intel 8088/8086.

## DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

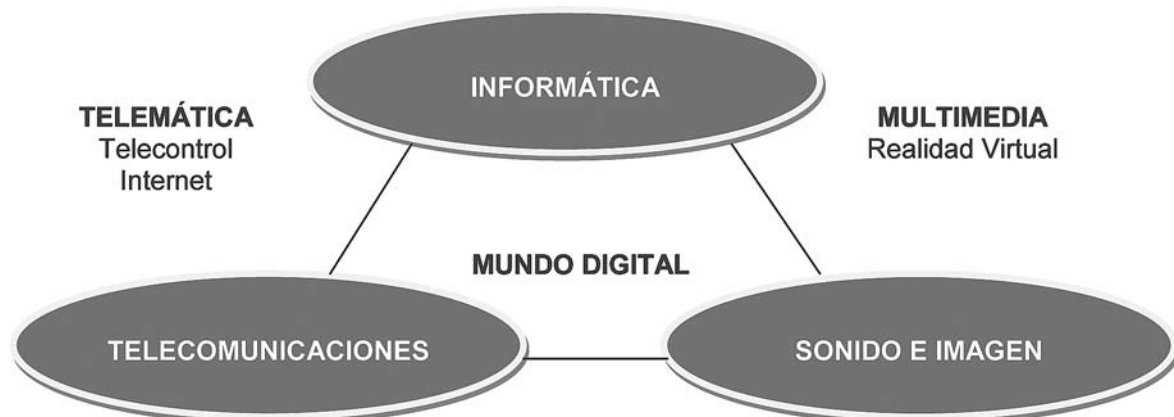
Para el desarrollo de los LR en el área de microprocesadores en la Corporación Universitaria de la Costa, CUC, se llevan a cabo las siguientes etapas:

El Microcomputador 18F97J60 tiene incluida una conexión Ethernet compatible con IEEE 802.3 y redes LAN, lo cual lo hace favorable a otros de los requerimientos imprescindibles en un LR, como lo es, el acceso a Internet. La programación de sistemas microprocesadores o un LT de microprocesadores desarrollado como LR tiene la particularidad que es accedido a través de Internet, lo cual confirma a la red de redes como un requerimiento en un LR.

### Levantamiento de los requerimientos

Esta es una etapa importante debido a que permite conocer cuáles son los requerimientos necesarios para el desarrollo del LR, el cual se

Figura 2. La tecnología y sus campos de conocimiento en la sociedad de la información



Fuente: La tecnología y sus aportaciones a la sociedad. Dr. Pere Marqués Graells <http://peremarques.pangea.org/tic.htm>

Otros requerimientos en el desarrollo de los LR, son elementos que pueden ser llamados requerimientos externos como lo son: El usuario (Estudiante), y el equipo cliente; y requerimientos internos como: servidores, módulos de laboratorio, software y hardware de control, software y hardware de visualización de experiencias, entre otros elementos que pueden ir desde tarjeta del microprocesador hasta sistemas completos de control y robótica.

### Selección de la metodología de diseño del LR

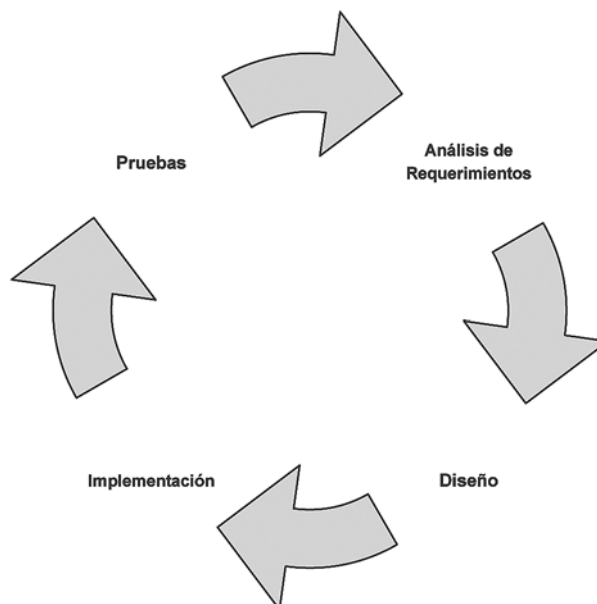
Se seleccionó la metodología formulada en la investigación “Diseño y Desarrollo de Laboratorios Virtuales y Teleoperados en el Laboratorio de Redes de la Corporación Universitaria de la Costa, CUC”, desarrollada por Francis Castellanos y Olga Martínez en el año 2009-02, la cual está basada en el instrumento metodológico RUP (Rational Unified Process), que permite mantener todo el proceso documentado, facilitando de esta manera el seguimiento de las diferentes actividades. Esta metodología divide el proceso en cuatro fases, enunciadas a continuación: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición; en

cada una de estas fases debe por lo menos existir una iteración formada de cuatro etapas: Análisis de Requerimientos, diseño, implementación, y pruebas.

Continuando con el análisis de los laboratorios remotos y su desarrollo como alternativa a la práctica en la Facultad de Ingeniería, el esquema metodológico se sigue desarrollando con la identificación del problema, los proyectos son cursos de acción para resolver problemas específicos, que deben ser identificados adecuadamente y que implican la asignación racional de los recursos. En este caso la carencia de suficientes herramientas, tiempo y espacio para el desarrollo de prácticas en los Laboratorios Tradicionales (LT), constituyen un problema que debe ser resuelto buscando alternativas de solución dentro de los medios disponibles. Según ILPES (Dirección de proyectos y programación de inversiones) un problema se refiere a una situación que denota inconveniencia, insatisfacción, o un hecho negativo.

Una de las causas, es la falta de recursos de hardware, espacio y tiempo para desarrollar las prácticas de los LT, lo cual trae como efecto im-

Figura 3. Etapas iteraciones del instrumento metodológico RUP



plícito, cierta ineficiencia en la construcción del conocimiento y su consecuente inconformismo por parte de los estudiantes. Para solventar estos inconvenientes se divide el problema en partes pequeñas o en etapas funcionales como: definición, construcción, prueba, puesta en marcha y seguimiento. Acercándose de esta manera a la actualización de metodologías de enseñanza, brindando de esta manera al estudiante una formación que le permita competir en el ámbito laboral.

Esta metodología en el proyecto de investigación hasta la fecha se ha desarrollado en varias etapas y/o actividades; una etapa heurística basada en la recopilación de fuentes de información con diferentes atributos, como bibliografías, monografías, trabajos especiales e investigaciones aplicadas.

Seguidamente en la siguiente etapa con toda la recopilación y exploración realizada, se hace el análisis, interpretación y selección o delimitación bibliográfica alrededor de la cual se trabajará en la investigación, con el desarrollo de esta etapa se identifica una bibliografía de la cual se relacionan los siguientes libros:

- D. Song. Sharing a vision: systems and algorithms for collaborativer y temoperated robotic cameras. Springer, 2009.
- Sharing a Vision: Systems and Algorithms for Collaboratively-Teleoperated Robotic Cameras, Autor: Dezhen Song, Editorial o Publisher: Springer; I edition (January 22, 2009).
- S. G. Tzafestas. Web-Based control and robotics education. Springer, 2009.
- Web-Based Control and Robotics Education, Editor: Spyros G. Tzafestas, Editorial o Publisher: Springer; I edition (August 14, 2009).

Otros libros de ese índice bibliográfico son relacionados en las referencias al final del artículo.

Existe también una etapa metodología de diseño, en la cual se buscan soluciones creativas que son determinantes para resolver interrogantes que surgen de inconvenientes en el desarrollo

de la investigación. Se comentan algunas de estas ideas o soluciones creativas:

En lo referente a la búsqueda de herramientas de hardware y software:

- Desarrollo del LR con interfaces compradas.
- Desarrollo con interfaces propias.
- Procesadores digitales de señales.
- Desarrollo de software propio.
- Adquisición de software de control.

En lo referente al desarrollo del LR:

- Elaboración de gráficas, de diagramas de bloques y de flujo.
- Uso de más de una herramienta de software.
- Diseño de más de una interfaz por herramienta de hardware en el LT.

Existe también una etapa de pruebas la cual se está realizando actualmente, con la cual se pretende fortalecer el desarrollo de la investigación.

Con respecto a la etapa y/o actividades de identificación de las características de las personas a las que va a ir dirigida la aplicación (público objetivo), y la determinación de la interrelación e interacción que va a existir entre los usuarios y el acceso remoto. Se especifican características del público objetivo para poder recrear el entorno real de forma eficiente, los resultados arrojados de dicha etapa son mostrados en las conclusiones.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de laboratorios remotos genera nuevos horizontes en la enseñanza de la ingeniería porque amplía las oportunidades y momentos de experimentación reduciendo las limitantes de espacio y tiempo. El diseño de dichos laboratorios orientados a la educación no solamente se deben sesgar hacia el componente tecnológico, también deben incorporar modelos didácticos y pedagógicos para incrementar la motivación de





los estudiantes y facilitar su uso al realizar las diferentes prácticas de laboratorio.

Los laboratorios remotos establecen una nueva solución didáctica, la cual puede ser integrada a plataformas de e-learning o LMS, pero hay que tener en cuenta que las prácticas de estos laboratorios, no solamente debe ser una innovación tecnológica y educativa, las prácticas de los LR deben estar integradas a la programación y preparación de la clase que realiza el profesor, obteniendo de esta manera mejores resultados en la adquisición de los conocimientos por parte de los estudiantes.

Con respecto a las actividades de identificación de las características de las personas a las que va a ir dirigida la aplicación, y teniendo en cuenta el entorno y/o contexto donde los estudiantes universitarios, en este caso los estudiantes de la Corporación Universitaria de la Costa (público objetivo en primera instancia) permanecen y residen, es visible que toda la comunidad estudiantil no es propietaria de un equipo de cómputo o computador con posibilidades de acceso a Internet, debido a esto las instalaciones necesarias deben ser pocas y de baja prioridad, es decir, los eventos prioritarios para el desarrollo de las prácticas, laboratorios, informes y datos deben estar alojados en su gran mayoría en el laboratorio.

Actualmente en la etapa de pruebas se está trabajando con la arquitectura Hitachi H8, mencionada en los requerimientos de los LR, el cual es un microprocesador con una gran variedad de modos de direccionamiento, posee rendimientos elevados, junto con otros elementos puede manejar sensores, motores, puertos infrarrojos, características deseables en un LR, y actualmente puede ser encontrado en cámaras digitales, algunas *notebooks*, controladores de impresoras y en varios subsistemas de automóviles.

Teniendo en cuenta el análisis de los LR y sus características, se pueden mencionar algunas ventajas de su desarrollo como alternativa a la práctica en la Facultad de Ingeniería:

- Con la creación de un LR, se permite a los estudiantes realizar sus prácticas sin restricción de espacio, de esta manera se suplen las falencias de conocimiento generadas a causa de la limitación.
- Se aprovechan recursos humanos y materiales de los LT. Al integrar, las herramientas necesarias para la ejecución de las prácticas.
- Los LR gracias a que no tienen limitación de espacio, conllevan a una ampliación de la oferta horaria hacia estudiantes en su formación.
- Generan flexibilidad al horario, porque facilitan su experimentación, aunque el laboratorio y el estudiante no tengan coincidencia en el espacio físico.



---

## REFERENCIAS

---

- [1] DOMÍNGUEZ, M.; FUERTES, J. J.; REGUERA, P.; DÍEZ, A. B.; ROBLES, A.; SIRGO, J. A. (2006). *Estrategias docentes colaborativas basadas en la utilización de laboratorios remotos vía Internet*.
- [2] TIRADO MORUETA, Ramón (2006). *Las tecnologías avanzadas en la enseñanza: aspectos psicopedagógicos*. España: Red Comunicar, p. 7.
- [3] JIMÉNEZ, L. M.; PUERTO, R.; REINOSO, O.; FERNÁNDEZ, C.; RAMÓN, Ñ. (2005). RE CO-LAB: Laboratorio remoto de control utilizando Matlab y Simulink; En: *Revista Iberoamericana de automática e informática industrial*, Vol. 2, Núm. 2, pp. 64-72.
- [4] BLANCO, L. y SILVA, E. (2009). *Herramientas pedagógicas para el profesor de ingeniería*. Bogotá: Lemoine Editores. pp. 97-114.
- [5] ROSADO, L. y HERREROS, J. R. (2002). *Laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física y materias afines, didáctica de la física y sus nuevas tendencias*. Madrid, UNED, pp. 415-603.
- [6] ROSADO, L. y HERREROS, J. R. (2004). *Internet y Multimedia en Didáctica e Investigación de la Física*. Tratado teórico práctico para profesores y doctorandos. Madrid, UNED.
- Sharing a Vision: Systems and Algorithms for Collaboratively-Teleoperated Robotic Cameras, Autor: Dezheng Song, Editorial o Publisher: Springer; 1 edition (January 22, 2009).
- Web-Based Control and Robotics Education, Editor: Spyros G. Tzafestas, Editorial o Publisher: Springer; 1 edition (August 14, 2009).
- A Multiuser Virtual-Reality Environment for a Tele-Operated Laboratory, H. Hoyer, A. Jochheim, C. Röhrig, A. Bischoff. IEEE Transactions on Education, Vol. 47, No. 1, February 2004.
- CALVO, I.; LÓPEZ, F.; ZULUETA, E.; PASCUAL, J. (2008). *Laboratorio de control remoto de un sistema de Ball & Hoop*, XXIX Jornadas de Automática, JAT08, Tarragona, septiembre.
- CALVO, I.; MARCOS, M.; ORIVE, D.; SARACHAGA, I. (2008). Building Complex Remote Laboratories, *Computer Applications in Engineering Education*. Accepted to be published in January.
- DORMIDO, S. (2004). "Control Learning: Present and Future" *Annual Reviews in Control*, Vol. 28.
- HOYER, H.; JOCHHIM, A.; RÖHRIG, C.; BISCHOFF, A. (2004). *A Multiuser virtual-reality environment for a tele-operated laboratory*. IEEE Transactions on Education, Vol. 47. No. 1.
- SONG, D. (2009). *Sharing a vision: Systems and algorithms for collaboratively-teleoperated robotic Cameras*. Springer.
- TZAFESTAS, S. G. (2009). *Web-Based Control and Robotics Education*. Springer.

