

## Prácticas de domótica y sistemas industriales. Entornos de control y comunicaciones

Andrés Fuster Guilló  
Dpto. de Tecnología Informática y  
Computación  
Universidad de Alicante  
Apdo. Correos 99. E-03080. Alicante  
[fuster@dtic.ua.es](mailto:fuster@dtic.ua.es)

F. Javier Ferrández Pastor  
Dpto. de Tecnología Informática y  
Computación  
Universidad de Alicante  
Apdo. Correos 99. E-03080. Alicante  
[fferran@dtic.ua.es](mailto:fferran@dtic.ua.es)

Jorge Azorín López  
Dpto. de Tecnología Informática y  
Computación  
Universidad de Alicante  
Apdo. Correos 99. E-03080. Alicante  
[jazorin@dtic.ua.es](mailto:jazorin@dtic.ua.es)

### Resumen

En este artículo se presenta una serie de entornos para prácticas docentes en asignaturas de domótica y sistemas industriales donde se hace hincapié en el control y las comunicaciones. Estos entornos representan situaciones comunes en la sociedad de la información, donde el acceso a los servicios será posible desde cualquier lugar y en cualquier momento. Con estos requerimientos se diseña la arquitectura del sistema siendo conscientes de las necesidades didácticas y económicas de las prácticas de laboratorio. A partir de este diseño general se instancian dos paneles: industrial y domótico. Las conclusiones que se han extraído de la experiencia en las aulas han motivado el desarrollo de nuevos entornos con tecnología domótica X10 y EIB.

### 1. Introducción

La necesidad de material didáctico enfocado hacia las prácticas de laboratorio en las asignaturas relacionadas con el control y las comunicaciones en entornos industriales y domésticos y, en general, para las asignaturas relacionadas con las IST (Information Society Thecnologies — Tecnologías de la Sociedad de la Información) [1] se hace cada vez más aparente cuando se precisa de un acercamiento por parte del alumno hacia situaciones más realistas. Esta necesidad viene motivada más si cabe cuando es una realidad que el “*miedo al hardware*” está presente entre los alumnos de ingeniería en informática. El tratamiento de los procesos de información deriva en muchos casos hacia un aislamiento del exterior. Obtener un dato del entorno para poder elaborar información o actuar en un determinado proceso es ofrecido por los interfaces entre el mundo exterior y el proceso de información. Es

importante dar a conocer estos interfaces y de alguna forma hacer notar en el alumno que es capaz de encender una bombilla, mover un motor o saber si hace frío o calor en una habitación. La intención es que el alumno adquiera la actitud necesaria para enfrentarse a cualquier tipo de problema, ya sea el control de un proceso industrial, ya sea el programa de contabilidad de una empresa. El alumno es más reacio a enfrentarse al primer tipo de problema.

Las nuevas metas de la sociedad de la información exigen una transformación desde enfoques de disciplinas aisladas con integraciones no estructuradas hacia una integración de servicios de procesamiento de información y comunicaciones en el marco de las IST gracias a la evolución de proyectos globales donde existirán campos de trabajo multidisciplinares como el de automática, electrónica, informática y comunicaciones. En este nuevo marco el ingeniero en informática debe ser la pieza fundamental en el desarrollo de servicios para las IST.

En este contexto, las prácticas relacionadas con el control y monitorización del entorno han sido realizadas habitualmente mediante simuladores debido a su gran versatilidad y economía. Sin embargo, genera una pérdida de realidad con el correspondiente miedo a lo desconocido en el alumno.

En este artículo planteamos la utilización de material docente para prácticas de laboratorio a caballo entre la implementación real y la simulación con la intención de aprovechar las ventajas de ambas visiones. Para ello se presentan una serie de paneles didácticos que permiten una mejor comprensión de los interfaces entre el mundo exterior y el procesamiento por parte del alumno, y que pueda ser explotado a distintos niveles de abstracción para las distintas prácticas que se pueden elaborar sobre éstos. La

arquitectura que se plantea presenta las características de funcionalidad y economía necesarias para poder ser implantada en las asignaturas relacionadas con las nuevas metas de la sociedad de la información.

Concretamente, en el contexto de los planes de estudios de Informática 2001/2002 [2][3][4] de la Universidad de Alicante y dentro del área de conocimiento Arquitectura y Tecnología de Computadores, se contemplan asignaturas optativas concebidas con carácter complementario al cuerpo de conocimiento impartido en materias obligatorias y troncales (Sistemas Operativos, Arquitectura de Computadores, Redes, etc.) y otras con un marcado carácter aplicado. Estas asignaturas de enfoque aplicado de las materias ofertadas a los estudiantes de informática están completamente relacionadas con los objetivos de las IST: Informática Industrial, Domótica y Edificios Inteligentes, Informática de Comunicaciones, etc. Uno de los objetivos de estas asignaturas es familiarizar al alumno sobre las posibilidades de integración de Internet en el desarrollo de redes de control especializadas en tareas de supervisión y control. Adoptando una filosofía de microdispositivos integrados capaces de obtener datos y comunicarse mediante protocolos muy establecidos como el TCP/IP, estas tecnologías ofrecen un valor añadido a las actuales soluciones propietarias que ofrece el mercado.

A través de los ejemplos en las asignaturas relacionadas con los sistemas industriales y la domótica vamos a exponer las características que presenta el panel de prácticas. Para ello primero definiremos en el siguiente apartado los servicios generales de la sociedad de la información en el marco socioeconómico europeo mediante las metas de las IST. Más tarde, se expone la arquitectura general del sistema. En los siguientes puntos se tratan las instancias para prácticas industriales y domótica. Finalizaremos el artículo con las conclusiones extraídas del trabajo.

## 2. Servicios de la sociedad de la información

En la cumbre de marzo de 2000 en Lisboa, los líderes de la Unión Europea fijaron un nuevo y ambicioso reto para Europa: convertirse en la economía basada en el conocimiento más

competitiva y dinámica del mundo. Así el programa de las Tecnologías de la Sociedad de la Información que parte del V Programa Marco propone una visión de futuro donde sitúa al usuario en el centro del desarrollo de servicios de las tecnologías de información y la comunicación. El objetivo principal es la ubicuidad: tecnología casi invisible que se mezcla con nuestro entorno diario. Las personas son capaces de acceder a los servicios y aplicaciones de las IST: desde donde quieran, cuando quieran, y como quieran.

Se abren cuatro líneas clave de actuación:

- *Sistemas y servicios para los ciudadanos:* sistemas y aplicaciones innovadoras de interés general (salud, discapacitados, administración, medio ambiente, transporte, turismo,...).
- *Nuevos métodos de trabajo y comercio electrónico:* tecnologías que permiten a los individuos, empresas y otras organizaciones adaptarse y competir en la economía digital.
- *Contenido y herramientas multimedia:* funcionalidad, utilidad e impacto de futuros servicios y productos de información, particularmente en el contexto de la cultura y diversidad del lenguaje europeos.
- *Tecnologías esenciales e infraestructuras:* tecnologías que soportan la actual convergencia en industria e infraestructura y su integración en sistemas, aplicaciones y redes.

En relación a estas cuatro líneas clave y sobre todo con las de *Sistemas y servicios para los ciudadanos* y las *Tecnologías esenciales e infraestructuras*, los proyectos evolucionan hacia espacios personales (coche, casa, trabajo...) inteligentes e interconectados constituyendo los interfaces a un mundo de servicios: *e-learning, e-health, e-work*. Consideran también una evolución hacia una nueva generación de objetos inteligentes donde los objetos cotidianos tendrán capacidades de comunicación y procesamiento (papel, bolígrafos, mesas en los colegios o en los cafés, bancos de un parque, carteleras, ropas, electrodomésticos inteligentes,...).

En este contexto, el objetivo principal es extender las plataformas de procesamiento y de comunicación para ofrecer servicios, con lo que vendrá aparejado la necesidad de la utilización de plataformas y estándares abiertos que permitan el enlace de equipos en redes heterogéneas del

hogar, de la industria, etc. Este hecho permitirá una evolución desde los enfoques clásicos de automatización, control, monitorización, etc., hacia un enfoque de comunicaciones entre microdispositivos.

### 3. Arquitectura del sistema

El principal objetivo que nos marcamos para el diseño de los paneles de prácticas es que el alumno sea capaz de adquirir las habilidades y actitudes suficientes para enfrentarse a la integración del control y las comunicaciones en entornos industriales y domésticos. Con esto, se han seguido distintos criterios funcionales y de coste que han dado como resultado paneles que están a caballo entre el funcionamiento real y la simulación. Ubicar el panel entre estas dos situaciones nos aporta la versatilidad y economía de la simulación sin perder la visión de la realidad y evitando la complejidad de trasladar un escenario industrial y/o domótico a un laboratorio.

Atendiendo a los criterios funcionales y siguiendo el contexto de aplicación expuesto en el apartado anterior y a la evolución que se vislumbra —necesidad de plataformas y estándares abiertos que permitan el enlace de equipos en redes heterogéneas—, la tecnología de Internet y los dispositivos embebidos capaces de operar con ella ofrecen multitud de posibilidades. Es con esta filosofía que el panel dispone de distintos dispositivos con capacidades de control y comunicaciones a través de servidores web embebidos.

Los dispositivos ofrecen gran versatilidad y generalidad asociadas a las posibilidades que determinan el intercambio de información basado en páginas web. Además, disponen de las características necesarias para su integración en tareas de control ya sean de procesos industriales como de servicios domóticos. A continuación se exponen las principales características de éstos:

- *Facilidad de uso*: Esta tecnología nos aporta aplicaciones fáciles de utilizar, mantener o modificar. La interfaz con el usuario está basada en páginas web cuya utilización está ampliamente difundida y aceptada. El diseño, mantenimiento y modificación de páginas web no necesita de un alto grado de especialización.

- *Sistema abierto*: ofrecen soluciones independientes de la plataforma. Los servicios web no dependen ni del tipo de bus de control instalado ni de los sistemas operativos con los que se trabaje. Cada bus de control deberá contar con una pasarela a Internet y cada sistema operativo deberá incluir la pila de protocolos de comunicaciones necesaria.
- *Acceso transparente*: permiten el acceso a la información y los servicios desde cualquier nodo conectado a la red.
- *Estándar libre*: el diseño y desarrollo de las aplicaciones que implementan los servicios están basados en estándares y tecnologías ampliamente extendidas y de acceso libre. Los ficheros HTML pueden crearse con cualquier editor de texto disponible y las aplicaciones pueden implementarse en distintos lenguajes de programación establecidos (C, Java, etc).

Estos dispositivos además tienen un coste económico bajo. En [5] se revisan distintas características de microcontroladores que ofrecen servidores de páginas web embebidos.

Para la realización de los paneles disponemos de distintos dispositivos de red embebidos montados en forma de microautómata: el DK40 de la empresa alemana Beck [6]. Este microautómata dispone de 8 entradas y salidas digitales entre 15 y 30 Vcc con led de estado, 2 interfaces puerto serie (RS232, RS485) e interfaz Ethernet (10BaseT). Utiliza el IPC@CHIP® Single Chip Embedded-Webserver de la misma empresa [7]. Se trata de un controlador embebido diseñado para aplicaciones en red. El controlador incorpora el hardware y software necesario para tal fin. El hardware consiste en una CPU 186 de 16 bits 20 MHz, memoria RAM y Flash, Ethernet, Watchdog y detección de falta de alimentación. El software preinstalado es un sistema operativo en tiempo real (RTOS) con sistema de ficheros capaz de ejecutar aplicaciones DOS de forma concurrente, la pila TCP/IP, un servidor Web con soporte para CGI, Ftp y Telnet.

El funcionamiento básico del microautómata DK40 se puede dividir en dos grandes bloques: los procesos de control y los procesos para servicio web. Estos bloques pueden funcionar de manera independiente, sin embargo la fusión de los dos procesos aporta toda la funcionalidad descrita en los párrafos anteriores.

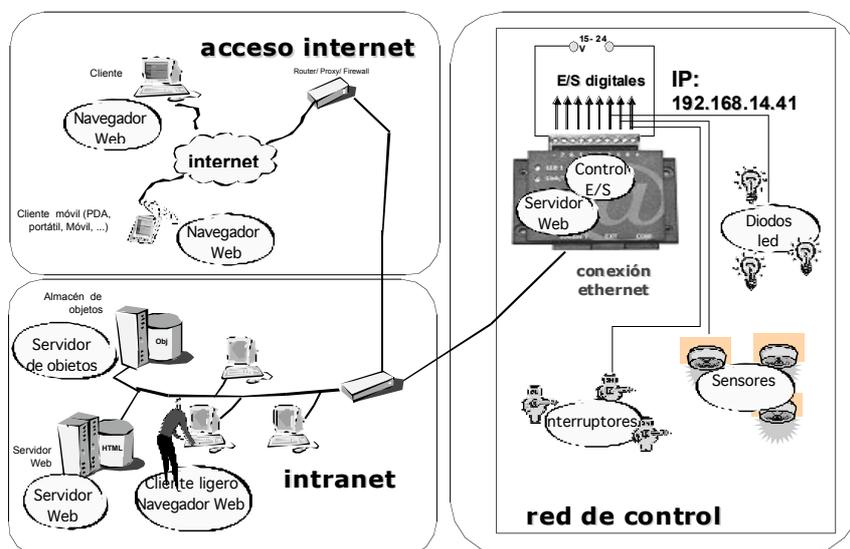


Figura 1. Escenario de aplicación de los entornos de prácticas de control y comunicaciones

En este sentido, de las características que vamos a utilizar del dispositivo, el soporte para CGI es la más importante. Seremos capaces de dar “órdenes” al microautómata para que active o desactive sus salidas; o que podamos “leer” sus entradas a través de páginas web. La plataforma soporta programas CGI implementados en distintos lenguajes de programación.

Expuesta la plataforma que nos permite el control y la comunicación a través de servicio web, nos falta determinar cuál es la planta o proceso a controlar. Estos procesos dependerán del entorno de aplicación. Es por ello que desde este punto y siguiendo criterios de coste de realización así como de versatilidad, nos hemos planteado la simulación de los distintos procesos utilizando una serie de diodos led y de interruptores conectados a la matriz de entradas y salidas del DK40. Estos diodos determinarán, dependiendo del caso, la conexión de un determinado aparato, el transvase de información, etc. Los interruptores, por su parte, generarán las entradas al sistema: apertura de una puerta, un incendio, una inundación, etc.

En la figura 1 se puede observar cual es el posible escenario de aplicación de los paneles. En los laboratorios de prácticas (intranet) conectamos los distintos microautómatas de los paneles a la

red existente en el mismo y les asignamos distintas direcciones IP. A partir de aquí, el microautómata se convierte en un servidor de páginas web y un procesador de control accesible desde cualquier punto según la configuración existente en los laboratorios. En este escenario los alumnos podrán enviar peticiones al servidor utilizando las máquinas del laboratorio así como descargar los programas de control necesarios en el mismo dependiendo de los requerimientos de las prácticas.

A continuación analizamos las prácticas desarrolladas para asignaturas relacionadas con sistemas industriales y domóticos.

#### 4. Prácticas industriales

Las asignaturas relacionadas con los sistemas industriales, *Sistemas Industriales* en la Universidad de Alicante [8], ofertadas a los alumnos de ingeniería informática pretenden cubrir los siguientes objetivos, entre otros:

- Conocer tecnologías basadas en computador que resuelven tareas de regulación y control de procesos industriales.
- Comprender modelos que describen el comportamiento de los procesos y saber

manejar las herramientas de simulación que los analizan.

- Poder identificar el tipo de proceso y proponer los dispositivos hardware y los programas necesarios para su automatización o control.
- Adquirir el conocimiento en la materia que sirva de base para poder integrarse con éxito en las actividades profesionales relacionadas con la informática industrial.

En las prácticas de laboratorio se profundizan diferentes aspectos relacionados con la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes, desarrollando distintos tipos de escenarios. Se plantea analizar los problemas de automatización secuencial y proponer algoritmos que los resuelvan; proponer interfaces hombre máquina en tareas de monitorización y supervisión de procesos; analizar los requerimientos de las redes de comunicación en entornos industriales, etc.

Siguiendo los objetivos de la asignatura se plantea un escenario básico que nos permita tratarlo a diferentes niveles de realización. Para ello, suponiendo una empresa ficticia que se encarga de la fabricación de puertas a partir de troncos de madera, el proceso se desarrolla de la siguiente forma (ver Figura 2).

La fabricación toma el punto de partida con la entrada de la materia prima que se almacena en el *Almacén de materia prima*: troncos de madera. A continuación, ésta se transporta desde el punto de entrada a dos máquinas que realizan un acondicionamiento de los mismos (automático y semiautomático) para más tarde ser cortados en dos máquinas (cada uno con un tipo de corte). El proceso termina con el producto elaborado, almacenando el deshecho para que pueda ser reciclado. Mediante un sistema de visión artificial se realiza la inspección del producto y los tableros son ordenados y almacenados por calidades.

En este hipotético escenario el objetivo es la automatización del proceso industrial y la convergencia con los objetivos de la empresa. Para ello contamos con una serie de servicios que engloban desde la monitorización del estado de las máquinas hasta los servicios de administración. En los servicios de administración se contempla la gestión de pedidos, albaranes, facturas, nóminas, etc. En la monitorización se conocerá el estado o ritmo de fabricación de las máquinas de la industria, información que podrá ser utilizada para

una planificación posterior del proceso de fabricación. También se considerarán servicios para planes de contingencia donde se podrá consultar las actuaciones a tomar caso de ocurrir cualquier incidencia en el proceso de fabricación.

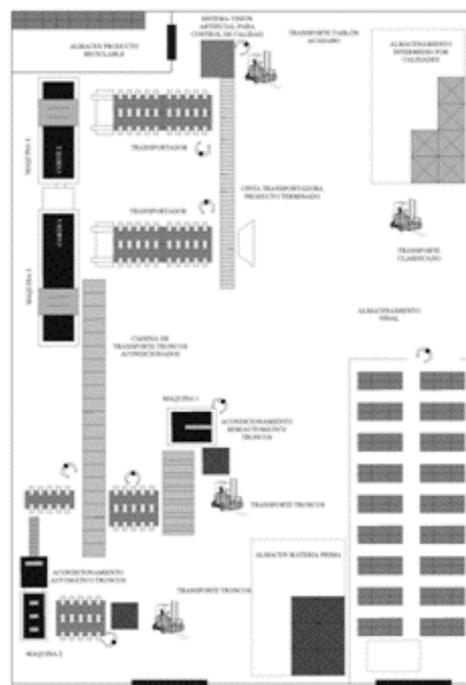


Figura 2. Escenario de aplicación para la industria.

Las ventajas proporcionadas por las IST en cuanto a la gestión de los procesos de conocimiento toman relevancia en este marco, cuando se realiza la gestión de la información, permitiendo realizar una planificación de la fabricación a partir de los planes estratégicos de la empresa. A partir de los objetivos de fabricación se pueden lanzar planes específicos por máquina: descripción de la fabricación, ritmo, etc.

Con este escenario y con estos objetivos generales y para las prácticas de laboratorio se plantea el panel industrial de la Figura 3. En este panel se introduce un marco funcional que simula cualquier transvase de información entre los distintos elementos que intervienen en el proceso de fabricación planteado. El nivel de realización práctico que se puede plantear varía en el detalle de control y las comunicaciones.

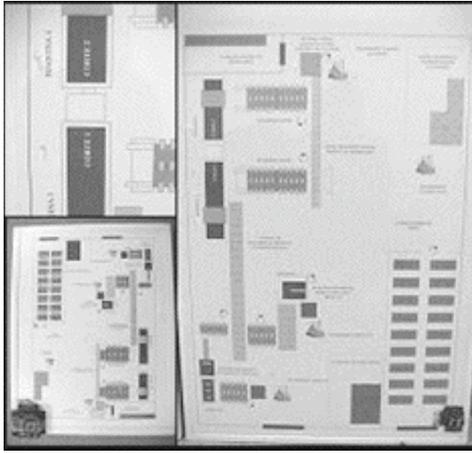


Figura 3. Foto del panel industrial y detalle de la implementación.

En el nivel de mayor abstracción y que sirve de base para posteriores implementaciones, se han diseñado una serie de páginas web que sirven como introducción a los alumnos. En la Figura 4 se pueden observar las páginas relacionadas con la monitorización de la maquinaria y los servicios generales en la industria.



Figura 4. Páginas web para el panel industrial.

En prácticas posteriores se enfatiza el apartado de control de los dispositivos. En este sentido, se propone el control de la máquina de corte para la madera. Ésta se realizará posicionando un cabezal de corte gestionado por uno o dos motores. En la Figura 5 se observa la versión que simula el corte de la madera utilizando el motor de una vieja impresora y control directo a través de las salidas del microautómata.

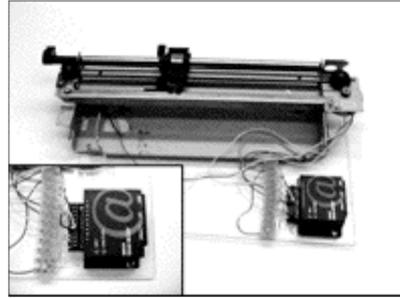


Figura 5. Prototipo que simula el corte de madera en un solo eje.

En la Figura 6 se observa una versión refinada donde se utiliza un cabezal que puede moverse en los dos ejes X e Y.

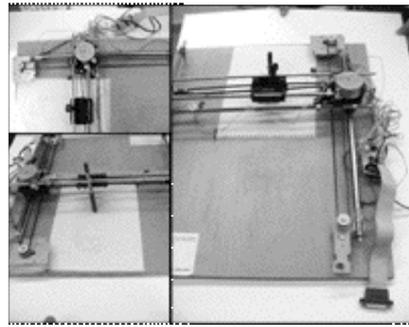


Figura 6. Prototipo refinado de corte de madera con posibilidad de movimiento en el plano.

## 5. Prácticas domóticas

En la asignatura relacionada con el control y las comunicaciones en el entorno doméstico, *Domótica y Edificios Inteligentes* en la Universidad de Alicante [9][10], el alumno debe conocer cuáles son las tecnologías que existen actualmente y ser capaz de enfrentarse a la especificación y diseño de estos sistemas domóticos. Como grandes subobjetivos se plantean, entre otros, el conocer los subsistemas domóticos y los dispositivos de percepción y actuación, así como estudiar los estándares actuales y las tecnologías de comunicación en edificación. Ambos relacionan la capacidad de obtención y actuación con el mundo exterior así como con las capacidades de comunicación.

El escenario de aplicación que se plantea para llevar a cabo estas prácticas es una vivienda unifamiliar (ver Figura 7) con dependencias como dormitorios, salón, cocina, etc. Sobre esta vivienda se pretende desarrollar una serie de servicios que establezcan un sistema domótico incidiendo en la integración del control y las comunicaciones. Los servicios a considerar serán los de seguridad, ahorro energético, confort y comunicaciones.

Los objetivos para las prácticas que se desarrollan están relacionados con los aspectos a incidir en el conocimiento del alumno: desde la concepción de los subsistemas domóticos y los dispositivos de percepción y actuación, en su enfoque clásico, hasta la integración de servicios de procesamiento de información y comunicaciones.

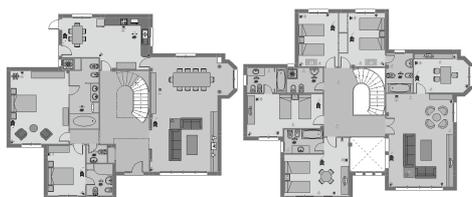


Figura 7. Escenario de aplicación para entornos domésticos.<sup>1</sup>

En este escenario y con estos objetivos, el panel domótico que se plantea está relacionado con los servicios que se pueden llevar a cabo en el hogar. Con esto, las necesidades de comprensión de la integración domótica y las características de las prácticas de laboratorio marcan la instancia desarrollada de la arquitectura del sistema. Para ello complementando la visualización del transvase de información, este panel está dotado de distintos interruptores que pretenden simular distintos eventos de entrada al sistema de tipo "todo o nada". En este caso se podrá simular un incendio, la entrada de un intruso, etc. Con este esquema el alumno podrá plantearse el diseño del control necesario para que ante diferentes eventos el sistema actúe en consecuencia (al producirse un incendio debemos avisar a los servicios de emergencia y accionar los mecanismos de extinción, si los hubiera) así como el

planteamiento de distintos servicios de comunicaciones (*e-health, e-learning, etc.*)

En la Figura 8 se observa una foto del panel realizado junto con algunos detalles de implementación y las conexiones con el microautómata.

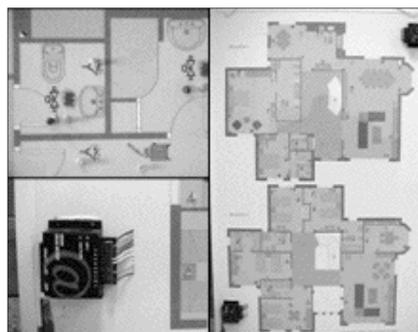


Figura 8. Foto del panel domótico y detalle de la implementación

Para la comprensión del sistema y como ocurre con el panel industrial se han desarrollado una serie de páginas web que el alumno tomará como base para la demostración de los servicios y los programas de control (ver Figura 9).

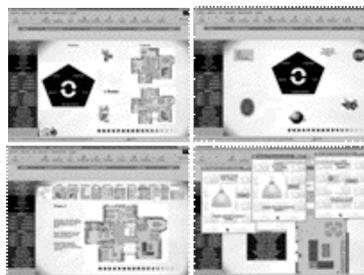


Figura 9. Páginas web para el panel domótico

Siguiendo la misma filosofía de prácticas para docencia de la domótica, pero en este caso utilizando dispositivos físicos reales, durante el curso 2003/2004 [11] se elaboró un panel basado en el estándar X10 (ver Figura 10a). Este panel ha sido desarrollado para tratar los problemas de la pasarela residencial basada en el estándar OSGI. Así, se han utilizado distintos dispositivos X10 y la pasarela CM11 que permite realizar el interfaz entre la red de control eléctrica y la de datos. Con este panel el alumno encuentra una instalación

<sup>1</sup> Plano cedido por la arquitecto M<sup>a</sup> José Fuster Guilló.

más cercana a la realidad doméstica y también se le permite realizar simulaciones.

En esta misma línea, durante este curso se está desarrollando un panel basado en la tecnología EIB (Figura 10b). Sin embargo, el coste asociado es mucho mayor que los anteriores debido al importe de cada uno de los dispositivos.

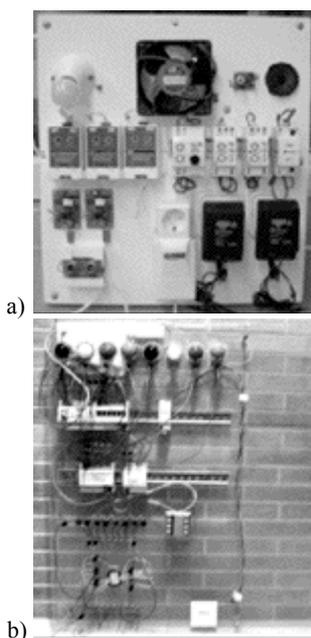


Figura 10. Paneles domésticos. a) X10 b) EIB

## 6. Conclusiones

En este artículo se han analizado los paneles diseñados para prácticas de laboratorio que inciden en el control y las comunicaciones de las asignaturas relacionadas con las nuevas metas de las tecnologías de la sociedad de la información.

Para el diseño de los paneles se han seguido diferentes criterios de funcionalidad y de coste dando como resultado una arquitectura que aporta versatilidad y economía, a su vez que repercute en una visión más realista por parte del alumno.

Las prácticas que se pueden desarrollar utilizando estos paneles varían en su nivel de abstracción: desde el nivel más alto considerando la funcionalidad de los sistemas hasta el más bajo a nivel de transducción de energías.

La comprensión por parte de los alumnos de los procesos de control y comunicaciones aumenta, de la misma forma que el interés mostrado en las prácticas donde se introducen estos paneles.

## Referencias

- [1] Programa de trabajo 2003-2004 del VI Programa Marco de la Unión Europea. <http://www.cordis.lu/fp6/home.html>.
- [2] *Plan de Estudios conducente al título de Ingeniero en Informática de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante*. BOE número: 230-2001.
- [3] *Plan de Estudios conducente al título de Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante*. BOE número: 230-2001.
- [4] *Plan de Estudios conducente al título de Ingeniero Técnico en Informática de Gestión de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante*. BOE número: 230-2001.
- [5] Eisenreich, D.; DeMuth, B. *Designing Embedded Internet Devices*. Elsevier Science, 2003
- [6] Beck IPC *DK40 Datasheet & Hardware Manual* Mayo 2002. [www.bcl.de](http://www.bcl.de)
- [7] Schlösser, E.; Gatrost, J. *SC12 Getting Started*. Oct. 2001 [www.bcl.de](http://www.bcl.de)
- [8] Pujol López, F.; Ferrández Pastor, F.J.; Sánchez Romero, J.L.; García Chamizo, J.M.: *Propuesta para la asignatura Sistemas Industriales en las titulaciones de Informática*. JENUI'01. Palma de Mallorca. 2001
- [9] Azorín López, J.; Fuster Guilló, A.; Maciá Pérez, J.; Ferrández Pastor, F.J.: *Domótica y Edificios Inteligentes en la Universidad de Alicante*. JENUI'03. Cádiz, 2003
- [10] Fuster Guilló, A.; Ferrández Pastor, F.J.; Azorín López, J. *Entornos para prácticas de control y comunicaciones en asignaturas de informática industrial y domótica*. JENUI'04. Alicante, 2004.
- [11] Fuster Guilló, A.; Capella D'Alton, A.; Azorín López, J. *Nuevas Tendencias en Domótica*. Actas JDAI'04. Alicante, 2004