

SMART HOUSE LAB: DOMÓTICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Gustavo Schleyer Daza, Instituto de Electricidad y Electrónica, UACH, gustavo.schleyer@uach.cl

Felipe Cid Burgos, Instituto de Electricidad y Electrónica, UACH, felipe.cid@uach.cl

José Mardones Fernández, Instituto de Electricidad y Electrónica, UACH, jmardones@uach.cl

Isabel Miranda Vergara, Instituto de Electricidad y Electrónica, UACH, isabelmiranda@uach.cl

RESUMEN

En este artículo se presenta el desarrollo de un proyecto de innovación docente que ha facilitado la habilitación inicial de un espacio tecnológico denominado Smart House Lab, el cual se encuentra ubicado en dependencias del Instituto de Electricidad y Electrónica, en el Campus Miraflores de la Universidad Austral de Chile. El objetivo de este espacio es facilitar el desarrollo de actividades de docencia e investigación en control domótico y eficiencia energética. Adicionalmente, asociado a la utilización de este espacio, se ha generado la asignatura optativa Domótica y Eficiencia Energética, la cual contribuirá a que los estudiantes de Ingeniería Civil Electrónica evidencien atributos enunciados en el perfil de egreso de su carrera. La asignatura propuesta inicialmente considera aspectos teóricos fundamentales, pero luego adopta un enfoque de aprendizaje basado en problemas, centrándose en el desarrollo de mini-proyectos o de proyectos de mayor magnitud en el caso de estudiantes memoristas.

PALABRAS CLAVES: Innovación docente, Aprendizaje basado en problemas (ABP), Domótica, Eficiencia energética.

INTRODUCCIÓN

El perfil de egreso de la carrera de Ingeniería Civil Electrónica de la Universidad Austral de Chile (UACH) establece ciertos atributos que deben poseer sus egresados, los cuales son expresados mediante enunciados tales como:

- Utilizar las tecnologías de la computación e información en la solución de problemas y desarrollo de diseños y proyectos.
- Estudiar y trabajar en la resolución de problemas integrando equipos.

Estos y otros atributos enunciados en el perfil de egreso se engloban en el siguiente enunciado:

Aplicar los principios de: matemática, física, química, ciencias de la ingeniería, y de ingeniería electrónica, en la resolución de problemas de su especialidad.

En el contexto de la innovación docente, se detectó que existe una problemática de interés asociada a dos requerimientos del Instituto de Electricidad y Electrónica de la UACH:

1) Contar con más espacios tecnológicos, de manera tal que los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil Electrónica y de otras Escuelas interesadas tengan acceso a instalaciones que les permitan aplicar sus conocimientos de matemática, física, química, ciencias de la ingeniería, y de ingeniería electrónica, en la resolución de problemas de su especialidad.

2) Aumentar la oferta de asignaturas optativas.

En respuesta a la problemática existente, se presentó una propuesta en la forma de un proyecto de innovación en docencia universitaria, la cual se adjudicó fondos provenientes del Departamento de Aseguramiento de la Calidad e Innovación Curricular (DACIC) de la UACH. Específicamente, nuestra propuesta consideró dos áreas de la ingeniería electrónica: domótica y eficiencia energética. La primera se define como el conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda y en los últimos años ha despertado un gran y renovado interés en la comunidad mundial debido a la mayor asequibilidad y simplicidad suministrada por tabletas y teléfonos inteligentes. Por otro lado, el área de eficiencia energética es de vital importancia debido a la preocupación mundial existente por el calentamiento global, el cuidado del medio ambiente y la disminución de nuestra huella de carbono. Considerando el perfil de egreso y la relevancia que estas dos áreas relacionadas directamente con la ingeniería electrónica están alcanzando a nivel mundial, pensamos que es pertinente capacitar a nuestros estudiantes en estos temas. Sin embargo, lo anterior requiere de instalaciones adecuadas para que estudiantes y docentes trabajen en la generación de proyectos que aborden problemas actuales en tales áreas. Por lo tanto, nuestra propuesta consideró la habilitación y equipamiento inicial del espacio tecnológico requerido, el cual se encuentra en proceso de implementación en dependencias del Instituto de Electricidad y Electrónica. Además, asociado a este espacio se planteó la generación de una asignatura optativa y la generación de proyectos de tesis para que estudiantes de diferentes niveles dentro de la carrera puedan utilizar el espacio.

A nivel mundial, existe un gran número de universidades que dictan carreras relacionadas con electrónica y que no tan solo han sabido reconocer oportunamente la importancia de las áreas de domótica y eficiencia energética, sino que han implementado laboratorios y grupos de investigación en estos temas. Por ejemplo, la University of Florida creó una casa completamente automatizada para demostrar los conceptos de ayuda y cuidados automatizados para personas de la tercera y cuarta edad (Bodine *et al.*, 2015). Otros ejemplos son el laboratorio de domótica del Instituto del Consejo de Investigación Nacional Italiano, el Domotics and Mobile Computer Science, en la Université de Sherbrooke en Canadá; la Paris-Sud University que cuenta con formación en el área de domótica, el DAI (Domótica y Ambientes Inteligentes) Lab en la universidad de Alicante, España; el Home Automation Lab, en la University of Applied Sciences, Alemania, entre otros.

Además, es importante notar que las áreas de domótica y eficiencia energética constituyen líneas de investigación activas que permiten generar proyectos de investigación que pueden ser perfectamente desarrollados por estudiantes memoristas. Algunos ejemplos de publicaciones en el área pueden encontrarse en las referencias. En (Rathinadurai *et al.*, 2015), los autores abordan el tema de eficiencia energética mediante la utilización de un control domótico y captación y almacenamiento de energías alternativas tales como energía eólica y solar. Parte de su sistema domótico fue simulado mediante el software Labview. El trabajo en (Florea & Bancioiu, 2015) analiza tendencias futuras en el área de domótica mientras que en (Paraskumar *et al.*, 2014) se trata el tema de la seguridad del hogar para disuadir robos o prevenir incendios. En (Samad & Chary, 2013), (Kumar, 2014), (Piyare & Lee, 2013), (Gowthami & Macriga, 2013) y (Bangali & Shaligram, 2013) se aborda el tema de monitoreo y control de dispositivos del hogar a distancia, ya sea a través de internet o mediante dispositivos de transmisión RF como ZigBee. Aquí se considera, además, la utilización de teléfonos inteligentes y la generación de aplicaciones móviles.

De acuerdo con un reporte elaborado por la firma internacional de investigación de mercados MarketsandMarkets la industria de la domótica fue evaluada en US\$ 39.93 billones en el año

2016 y se espera que crezca un 11.3% entre 2017 y 2022 (MarketsandMarkets Research Private Ltd., 2017). Por otro lado, el estudio de mercado realizado por la International Energy Agency (IEA) en 2015 (International Energy Agency, 2015) establece que la inversión realizada por la agencia en eficiencia energética desde 1990 le ha significado un ahorro de US\$ 5.7 trillones en consumo energético. Además, en el estudio se afirma que los beneficios de mejorar la eficiencia energética se extienden mucho más allá del ahorro financiero, relacionándose además con una mejora en la seguridad de la energía, mayor productividad para las empresas y una reducción de los gases de efecto invernadero. Se estima que aproximadamente 40% de la reducción de emisiones requeridas para limitar el incremento global de temperatura de aquí al año 2050 en 2 grados Celsius sería posible gracias a la eficiencia energética.

La variedad de áreas de investigación existente y las diferentes perspectivas desde las cuales se puede abordar la domótica y la eficiencia energética permiten la generación de diversos proyectos en sub-áreas asociadas. Esto genera una excelente oportunidad para la formulación de proyectos interesantes que motiven a los estudiantes y que puedan ser desarrollados utilizando el hardware con el que será equipado el Smart House Lab. Lo mismo se aplica a estudiantes memoristas que deseen realizar sus tesis en temas relacionados con domótica y eficiencia energética, y a docentes que deseen conducir investigación en tales áreas.

EXPERIENCIA PREVIA

Hasta la fecha existe un caso de éxito en el Instituto de Electricidad y Electrónica. Se trata de un estudiante memorista que desarrolló su tesis en el tema “Diseño y Construcción de un Sistema Domótico Enfocado al Ahorro Energético”. Este trabajo fue dirigido por el profesor José Mardones. La tesis del estudiante memorista fue aprobada unánimemente por la comisión examinadora y este trabajo fue publicado recientemente en la revista de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería: Síntesis Tecnológica (Del Canto, 2015). En Fig. 1 es posible observar la maqueta desarrollada con nodo de procesamiento y nodo maestro instalado. La figura también muestra una nueva versión de esta maqueta en la que actualmente se está trabajando para alojar el sistema desarrollado. El sistema cuenta además con una aplicación para teléfonos inteligentes que permite controlar dispositivos (e.g. encender/apagar luces) y monitorear las lecturas de sensores tales como temperatura, inundación, consumo de energía eléctrica, entre otros.

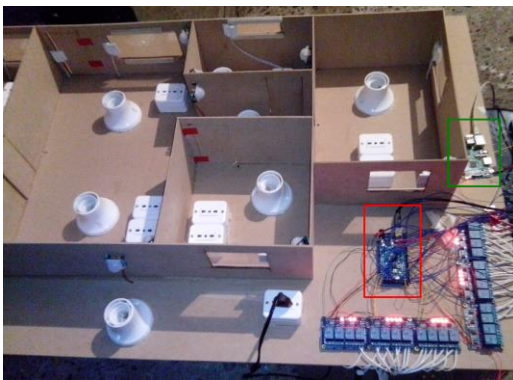


Figura 1. Maqueta con nodo de procesamiento y nodo maestro instalado (izquierda) y nueva versión de maqueta (derecha).

OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Objetivo general:

El objetivo del proyecto de innovación en docencia universitaria es habilitar un espacio tecnológico denominado Smart House Lab (SHL) en dependencias del Instituto de Electricidad y Electrónica, el cual será utilizado para desarrollar actividades de docencia e investigación en control domótico y eficiencia energética.

- Objetivos específicos:

- Adquirir el hardware necesario (motores, sensores, controladores, etc.) para equipar el Smart House Lab en instalaciones del Instituto de Electricidad y Electrónica.
- Generar una asignatura optativa que aborde temas en las áreas de domótica y eficiencia energética, y que permita a los estudiantes de ingeniería civil electrónica y de otras carreras interesadas, capacitarse en el diseño e implementación de sistemas orientados a la automatización del hogar y al ahorro energético.
- Formular mini-proyectos que les permitan a los estudiantes aprender mediante un enfoque de aprendizaje basado en problemas a desarrollar sistemas sencillos en el Smart House Lab, y de este modo afianzar el conocimiento adquirido en la asignatura, contribuir a enriquecer el know-how en el área y mejorar progresivamente los sistemas residentes en el Smart House Lab.
- Atraer la participación de estudiantes memoristas para generar proyectos de tesis en las áreas de domótica y eficiencia energética.

DISEÑO METODOLÓGICO

El proyecto contempla la habilitación de un espacio tecnológico denominado Smart House Lab, en conjunto con la generación de una asignatura optativa en domótica y eficiencia energética, lo cual permitirá capacitar a estudiantes interesados en estas áreas tanto en aspectos teóricos como prácticos. La asignatura propuesta permitirá a los estudiantes:

- Conocer las características que definen un sistema domótico.
- Revisar el estado de la domótica en la actualidad y tendencias futuras.
- Definir el campo de aplicación y funciones de los sistemas domóticos.
- Reconocer las ventajas que conlleva la implantación de este tipo de redes.
- Enumerar los principales sistemas domóticos comerciales y sus características.
- Aplicar los conocimientos adquiridos para el diseño de una instalación domótica sencilla o de sistemas que permitan monitorear el consumo de energía y facilitar el ahorro energético.

El Smart House Lab proveerá el ambiente y equipamiento necesario para que los estudiantes puedan utilizar las habilidades aprendidas, desarrollando e implementando sistemas domóticos y de eficiencia energética. Este laboratorio será implementado con elementos básicos comúnmente utilizados en sistemas domóticos, tales como: sensores, actuadores y controladores. La instalación de sensores permitirá la adquisición de parámetros que definan condiciones ambientales del laboratorio y diversos parámetros de interés. Se considerarán sensores que midan variables tales como:

- Humedad relativa (proveen información referente a la humedad interna y externa del laboratorio).
- Temperatura relativa (miden la temperatura al interior del laboratorio y en el exterior).
- Luz (miden la luminosidad interna del laboratorio).
- Presencia (sensores infrarrojos para la detección de presencia en la habitación).
- Humo (utilizado para detectar principios de incendio o fumadores).
- Contacto (utilizado para detectar apertura y cierre de puertas y ventanas).
- Consumo energético (miden la energía eléctrica consumida).

La información suministrada por estos sensores será procesada con el objetivo de controlar adecuadamente una serie de actuadores. Estos nos permitirán implementar sistemas que modifiquen las variables previamente medidas para satisfacer las necesidades de los habitantes y optimizar el consumo energético. Ejemplos de sistemas que se pueden implementar son:

- Persianas motorizadas (permiten controlar el paso de la luz y el ruido exterior a la habitación).
- Chapa eléctrica para el control de acceso.
- Utilización de elementos de climatización tanto para refrigeración como para calefacción.
- Dimmer para control de la intensidad de iluminación artificial en la habitación.
- Sistema de alarma de control de humo y presencia.

La Fig. 2 muestra elementos típicos de un sistema domótico y su distribución en una casa inteligente. La versión comercial de algunos de estos elementos será adquirida con fines de demostración. Sin embargo, el Smart House Lab estará orientado al desarrollo de estos y otros elementos por los estudiantes utilizando un enfoque de aprendizaje basado en problemas.

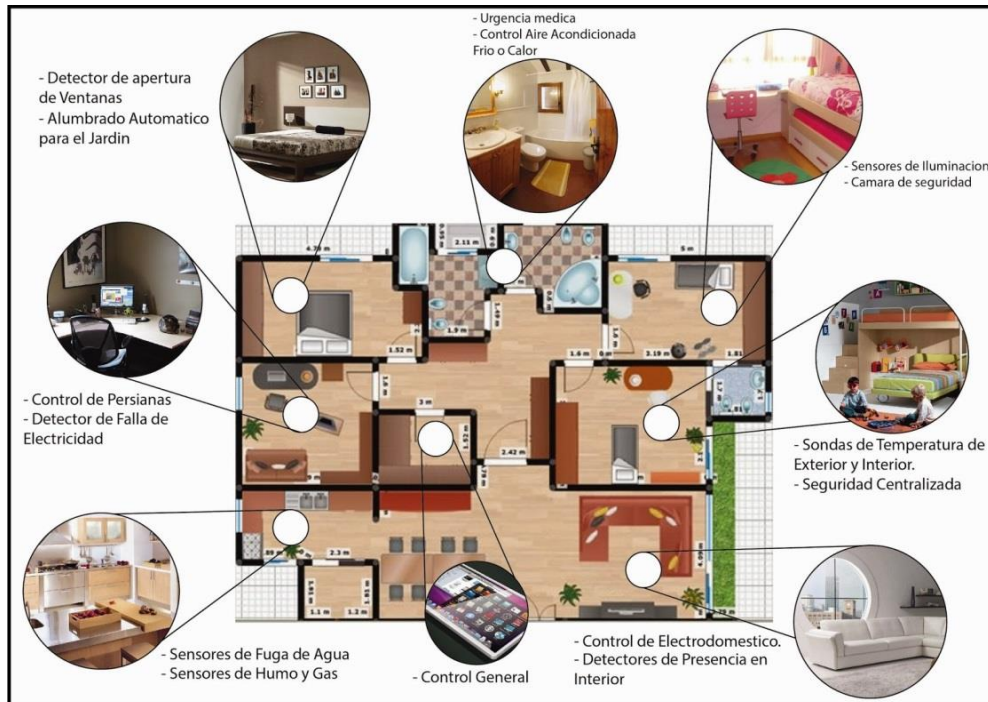


Figura 2. Ejemplo de distribución de elementos de un sistema domótico en una casa inteligente.

Un modelo del espacio propuesto inicialmente para la habilitación del Smart House Lab es mostrado en la Fig. 3.

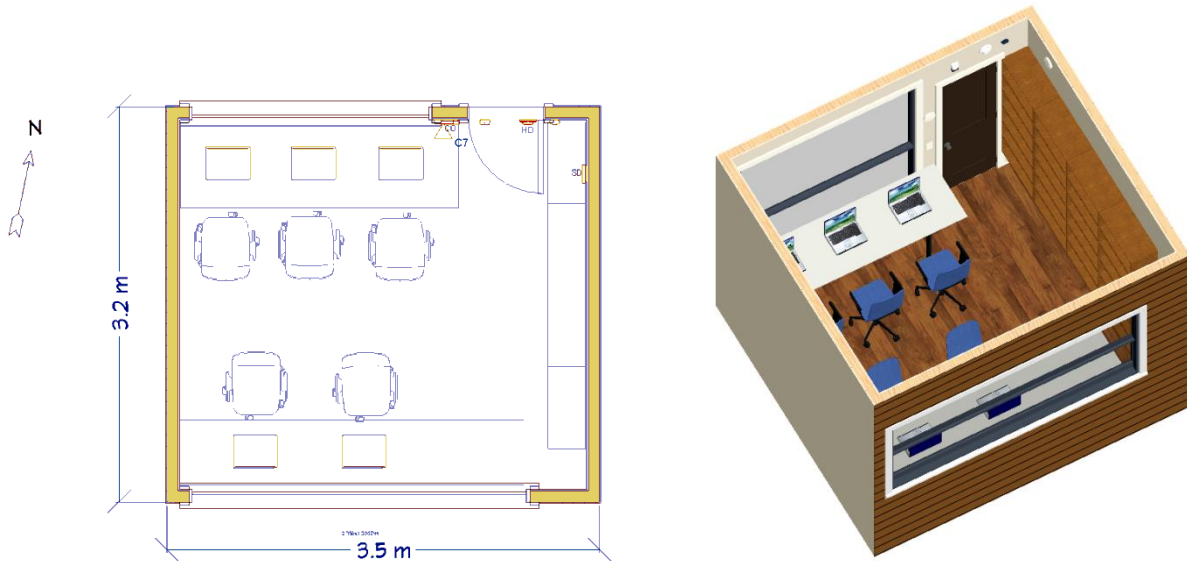


Figura 3. Modelo del espacio propuesto para la habilitación del Smart House Lab.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos hasta el momento están asociados a la habilitación del espacio físico, la compra de equipamiento y la generación de una asignatura optativa.

Habilitación de espacio físico

Se ha remodelado el espacio mostrado en Fig. 4 para albergar al Smart House Lab. Este espacio no es el considerado inicialmente, pero tiene características similares a las presentadas en el modelo original en Fig. 3.



Figura 4. Espacio asignado para implementar el Smart House Lab.

Compra de equipamiento

En la práctica se adquirió equipamiento de diverso tipo. En relación a domótica se obtuvo el siguiente equipamiento:

- Actuadores: motores servo de alto torque, motores de corriente continua (DC) y electroválvulas para controlar flujo de líquidos.
- Microcontroladores: Arduino Mega y Arduino Uno.
- Microcomputadores: Beaglebone Black con pantallas táctiles compatibles.
- Sensores: Humedad, temperatura, ultrasónicos, efecto hall, luz, sonido (micrófonos), gas metano (MQ5), humo, unidades de medición inercial (IMU por Inertial Measurement Unit), movimiento (PIR por Passive Infrared).

A lo anterior, se le agregan otros componentes de hardware, tales como:

- Fuentes de poder variable de hasta 30V y 10A (300 Watts).
- Un sistema de alarma inalámbrica.
- Componentes electrónicos de uso general (resistores, condensadores, diodos y transistores, entre otros).
- Interruptores, enchufes, portalámparas, ampolletas led y cable para realizar conexiones eléctricas.

Además se obtuvo equipamiento que puede relacionarse más directamente con el área de eficiencia energética. Inicialmente, se pensó en adquirir paneles solares, sin embargo finalmente optamos por comprar el material necesario para que nuestros estudiantes armen sus propios paneles solares y el sistema que permita transformar energía solar en una señal eléctrica alterna de 220 Vac 50Hz, la cual se encuentra comúnmente en los hogares chilenos. El equipamiento adquirido para este fin es el siguiente:

- Inversores de potencia de 300W.
- Reguladores controladores de carga solar.
- Kits con celdas solares que integrarán la construcción de paneles solares.
- Baterías de ciclo profundo de 12V y 12Ah.

Este equipamiento fue adquirido para que los estudiantes implementen un sistema como el que se muestra en la Fig. 5. Aquí el panel solar transforma la energía solar en energía eléctrica de corriente continua (DC). El inversor de potencia transforma este voltaje en un voltaje alterno (220V 50Hz). Cuando no hay requerimientos de energía para alimentar una carga externa, esta energía es utilizada para cargar la batería de ciclo profundo. Finalmente, de acuerdo a la cantidad de energía suministrada por el panel solar y la carga de la batería, el controlador de carga determina si la energía suministrada a la carga externa proviene de la celda solar o de la batería de ciclo profundo. Al ser un sistema aislado u off-grid, no se considera (al menos en esta etapa) el suministro de energía no utilizada al sistema interconectado central.

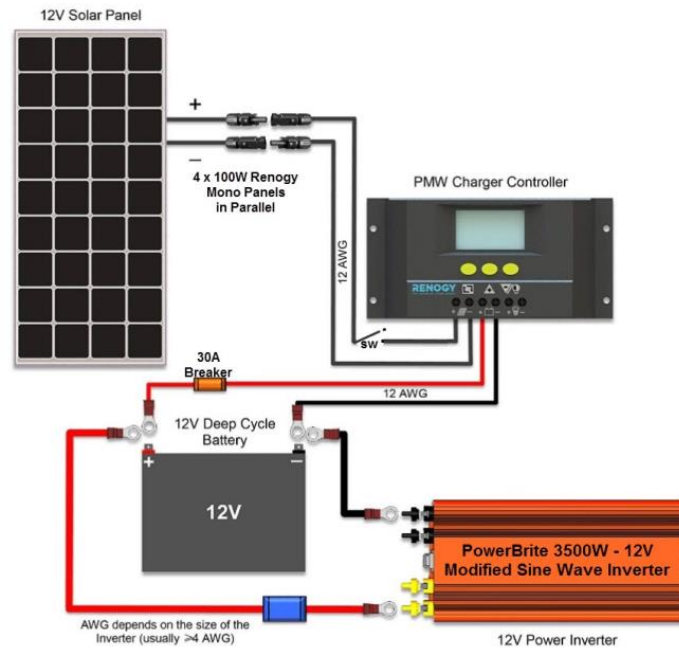


Figura 5. Diagrama de conexión de sistema fotovoltaico aislado (off-grid).

Generación de asignatura optativa

Como resultado del proyecto de innovación en docencia universitaria descrito en este artículo, se ha generado la asignatura optativa ELEP-224 Domótica y Eficiencia Energética, la cual se presenta como una asignatura en la que los estudiantes solucionan problemas prácticos del área, utilizando herramientas de investigación, análisis y tecnologías de la computación e información en el desarrollo de proyectos afines, donde se requiere la aplicación de principios de: matemática, física, química, ciencias de la ingeniería, y de ingeniería electrónica. La asignatura creada pretende aportar al perfil de egreso de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil Electrónica de la UACH mediante el desarrollo de las competencias listadas a continuación.

Competencias específicas:

- Identificar aspectos desconocidos del problema proponiendo una solución novedosa y creativa.
- Plantear la realización de un proyecto, con sujeción a normas y estándares de calidad, alineada a la mejora continua del producto.
- Definir la solución de un proyecto de ingeniería.
- Examinar la operación de sistemas evaluando zonas críticas de riesgo.

Competencias genéricas:

- Demostrar habilidad para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.
- Evidenciar habilidad de aplicar conocimientos, relativos a domótica y eficiencia energética, en la práctica.

Competencias sello:

- Evidenciar habilidades para trabajar en forma autónoma, en el contexto formativo del desarrollo personal y profesional del estudiante de Ingeniería Civil Electrónica.

La asignatura ELEP-224 está dividida en 9 unidades, de las cuales existen 7 unidades cortas (1 semana por unidad) y 2 mini-proyectos en los cuales los estudiantes trabajarán 5 semanas en cada uno. El objetivo es que durante estas 10 semanas los estudiantes trabajen desarrollando sistemas domóticos bajo un enfoque de aprendizaje basado en problemas. Las unidades de aprendizaje del curso son las siguientes:

Introducción y presentación del curso.

Unidad 1: Introducción a Sistemas Domóticos.

Unidad 2: Sistemas Domóticos Comerciales.

Unidad 3: Análisis de Tendencias en Domótica.

Unidad 4: Elementos de Sistemas Domóticos.

Unidad 5: Introducción a Protocolos de Control y Automatización de Procesos.

Unidad 6: Tecnologías de Comunicación en Domótica.

Unidad 7: Monitoreo y Control del Uso Eficiente de Energía.

Unidad 8: Mini proyecto 1 de Domótica y Eficiencia Energética.

Unidad 9: Mini proyecto 2 de Domótica y Eficiencia Energética.

CONCLUSIONES

El trabajo realizado en el proyecto presentado en este artículo ha permitido habilitar un espacio físico y realizar la implementación inicial del Smart House Lab, un espacio tecnológico dedicado al desarrollo de actividades de docencia e investigación relacionadas con las áreas de domótica y eficiencia energética. Al mismo tiempo se ha generado la asignatura ELEP-224 Domótica y Eficiencia Energética, la cual aporta al desarrollo de una serie de competencias establecidas en el perfil de egreso de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil Electrónica de la Universidad Austral de Chile. Si bien la asignatura ha sido generada, ésta todavía no ha sido dictada por primera vez. Por lo tanto, aún no existen experiencias ni es posible evaluar resultados asociados con estudiantes, lo cual constituye trabajo futuro. Sin embargo, notamos interés por parte de estudiantes que se acercan a preguntar cuándo se empezará a dictar la asignatura. Una vez que el laboratorio esté operativo y comiencen las clases, esperamos que el laboratorio vaya creciendo progresivamente mediante la incorporación de los diversos sistemas que los estudiantes de la asignatura, memoristas, docentes e investigadores vayan implementando. Como resultado, se espera generar un círculo virtuoso que involucre un desarrollo sostenido del Smart House Lab en aspectos tales como equipamiento, infraestructura y prestaciones de los sistemas implementados, pero principalmente de su potencial como agente motivador para desarrollar actividades en las áreas de la domótica y la eficiencia energética, y de su utilidad como herramienta facilitadora para que nuestros estudiantes adquieran competencias definidas en el perfil de egreso de su carrera.

AGRADECIMIENTOS

La implementación inicial del laboratorio descrito en este artículo no hubiera sido posible sin el apoyo del Departamento de Aseguramiento de la Calidad e Innovación Curricular (DACIC) de la Universidad Austral de Chile y su financiamiento a través del concurso interno de Proyectos de Innovación en Docencia Universitaria 2015.

REFERENCIAS

- Bangali, J. y Shaligram, A. (2013), "Design and Implementation of Security Systems for Smart Home based on GSM technology", International Journal of Smart Home, 7 (6).
- Bodine, C.; Helal, A.; Tao, G. and Mokhtari, M. (2015), "Smart Homes and Health Telematics", Lecture Notes in Computer Science (LNCS 8456), Springer, ISBN 978-3-319-14423-8.
- Del Canto, C. (2015), "Diseño y Construcción de un Sistema Domótico Enfocado al Ahorro Energético", Revista Universitaria de Difusión Científica Síntesis Tecnológica (Revista de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UACH), 5(1), págs. 14-23.
- Florea, A. y Bancioiu, I. (2015), "Future House Automation", 19th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC), págs. 699-704.
- Gowthami, T. y Macriga G. (2013), "Smart Home Monitoring and Controlling System Using Android Phone", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (IJETA), 3 (11), págs. 426-427.
- International Energy Agency (2015), "Energy Efficiency Market Report". Disponible online en: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MediumTermEnergyefficiencyMarketReport2015.pdf>.
- Kumar, S. (2014), "Ubiquitous Smart Home System using Android Application", International Journal of Computer Networks & Communications, vol. 6(1), págs. 33-43.
- MarketsandMarkets Research Private Ltd. (2017), "Home Automation System Market by Protocol and Technology (Network and Wireless), Product (Lighting, Security and Access Control, HVAC and Entertainment Control), Software and Algorithm (Behavioral and Proactive), and Geography - Global Forecast to 2022", reporte código SE 3065. Disponible online en: <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/home-automation-control-systems-market-469.html>.
- Paraskumar, D.; Pandey, P. et al. (2014), "Home Security System", International Journal of Inventive Engineering and Sciences (IJIES) ISSN: 2319-9598, 2 (12).
- Piyare, R. y Lee, S. (2013), "Smart Home Control and Monitoring System using Smart Phone", 1st International Conference on Convergence and its Application (ICCA 2013), ASTL vol. 24, págs. 83-86.
- Rathinadurai, J.; Shanmugam, S y Nattuthurai, V. (2015), "Efficient Energy Management Using Domotics Controller and Validation Incorporating LabView in wind/solar/battery Storage Hybrid System", Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 9 (5), págs: 171-175.
- Samad, M. y Chary, M. (2013), "Design of Remote Intelligent Smart Home System Based on Zigbee and GSM Technology", International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 4 (9), págs. 3926-3930.