

Diseño e implementación de sistema domótico para contribuir con el ahorro energético y seguridad en viviendas de clase media

Manuel Nevárez Toledo

Laboratorio de Investigación Tecnologías e Innovación LITI
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación PUCESE.
Esmeraldas, Ecuador
manuel.nevarez@pucese.edu.ec

Luis Herrera Izquierdo

Laboratorio de Investigación Tecnologías e Innovación LITI
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación PUCESE.
Esmeraldas, Ecuador
luis.herrera@pucese.edu.ec

Resumen.-

La domótica es una rama de la automatización que contribuye con el ahorro energético, seguridad, confort y telecomunicaciones dentro de una vivienda. Esta investigación tuvo como objetivo reducir el consumo energético en una vivienda de clase media, se realizaron varios experimentos en ambientes controlados, utilizando como variables la temperatura, nivel de iluminación y movimiento; con la instalación de sensores y actuadores se adquirió los datos, mientras que un controlador principal se encargó de la toma de decisiones. Dispositivos de hardware libre como Arduino y software libre como Android se utilizaron para la implementación del sistema, adaptando herramientas de uso común para minimizar su costo de ensamblado. Otro aspecto importante considerado en el proyecto es la seguridad de la vivienda, un sistema de alarma integrado al controlador principal utiliza los mismos sensores para su operación y el diseño de una aplicación móvil permite el acceso, agregando funciones al sistema de seguridad.

En el transcurso del proyecto surgió la necesidad de integrar tecnología para que personas con capacidades limitadas puedan realizar actividades comunes en una vivienda, la aplicación para dispositivos móviles permitió el control por comandos de voz de todos los actuadores como: iluminación, climatización y seguridad, es decir que el proyecto puede ser beneficioso y ayudar a personas con discapacidad visual, auditiva o motora. El prototipo fue instalado en el Laboratorio de Investigación, Tecnologías e Innovación LITI-PUCESE para su evaluación y diagnóstico, como resultado de la investigación se redujo considerablemente el consumo de energía eléctrica y la seguridad del laboratorio mejoró, el seccionamiento de los circuitos de iluminación y climatización permito el control independiente de la diferentes áreas monitoreadas. Uno de los objetivos es instalar estos dispositivos en viviendas para contribuir con la eficiencia energética y beneficiar a la comunidad.

Palabras claves: domótica, robótica, automatización, ahorro energético, seguridad.

I. INTRODUCCIÓN

La Domótica es una rama de la automatización que a través de aplicaciones tecnológicas posibilita el monitoreo y control de una vivienda, provee al usuario o habitante, confort, seguridad y economía energética. El control manual fue reemplazado por las primeras automatizaciones, comenzó con el uso de sensores térmicos en los sistemas climatizados y para el control de intrusos en sistemas de alarma. Los edificios inteligentes o domóticos están ligados a la construcción, en los que se proponen espacios que eleven la calidad de vida del hombre, siempre teniendo en cuenta que los sistemas inteligentes reaccionan en forma automática y razonable [9].

El proyecto consiste en la implementación de un sistema domótico utilizando hardware y software libre, las funcionalidades del sistemas son el ahorro energético y seguridad domiciliaria. Se pretende solucionar con ello estos problemas, con poca de inversión y conocimiento de las nuevas herramientas tecnológicas de pueden diseñar dispositivos que mejoren la calidad de vida en las personas, adicionalmente cuenta con un módulo para comandos de voz, con ello personas con problemas de movilidad podrán realizar tareas cotidianas dentro de la vivienda [7].

La inseguridad es un problema que se presenta al salir de una vivienda, esto es parte de la realidad social del país y conlleva a buscar nuevas alternativas para mantener la integridad familiar. Se consideró también el estudio del impacto energético en una vivienda, el calentamiento global nos está llevando a una nueva forma de vida, tomando en cuenta el uso de energías renovables y la optimización de los recursos energéticos con los que ya contamos. Los módulos diseñados se pueden adaptar a cualquier tipo de vivienda, es decir que sin adicionar dispositivos y utilizando pocos recursos se brinda múltiples opciones al usuario del sistema de automatización domiciliaria.

Como resultado de la investigación se obtuvieron mejoras en el uso de recursos energéticos, disminución en su consumo, seguridad de los equipos, control y monitoreo de iluminación y climatización, adicionalmente se agregó un control de voz para que personas con capacidades especiales puedan manipular el sistema.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto consistió en varias etapas, iniciando por la adquisición de información a través de encuestas en varios sectores de la ciudad de Esmeraldas, con ello se determinó como el consumo energético valorado por la comunidad, encuestas dirigidas a personas que habitan en viviendas de clase media determinando que factores intervienen en el consumo energético en los hogares esmeraldeños.

Los materiales utilizados para la construcción del prototipo son de uso comercial y se pueden adquirir localmente; la tecnología de control se basa en hardware Arduino y como herramienta adicional se diseñó una aplicación móvil bajo el sistema operativo Android, estas aplicaciones son comúnmente utilizadas en teléfonos inteligentes.

La investigación se dividió en cuatro etapas, que consistieron en la adquisición de información, diseño del prototipo, construcción del control de potencia y el diseño de una aplicación móvil:

A. Encuestas

Se realizaron 200 encuestas dirigidas a los habitantes de viviendas de clase media en diferentes sectores de la zona urbana de la ciudad de Esmeraldas con ello se analizó las tendencias en el consumo energético y cuáles son los criterios que mantienen los habitantes con respecto al consumo y eficiencia energética.

B. Diseño del controlador

El dispositivo controlador integró varios módulos: un microcontrolador que comanda todas las acciones secuenciales que interactúan con los sensores y un conjunto de actuadores del sistema automatizado, almacena todas las instrucciones de control, monitoreo y comunicación con dispositivos móviles [3].

Tabla 1 Componentes del módulo de control.

Cant.	Detalle
1	Controlador digital
2	Módulos de relés para el accionamiento de dispositivos externos
1	Módulo receptor / emisor Bluetooth
1	Display LCD 2x15, 1 Acondicionador de sensores de movimiento3
1	Teclado hexadecimal
1	Fuente de alimentación dual de 5V y + - 12V

El **controlador principal** contiene un Arduino Mega 2560, lleva 54 entradas/salidas digitales, 16 analógicas, memoria flash de 256 KB y velocidad de reloj de 16MHz. Un módulo Bluetooth instalado permitió la comunicación con una aplicación en Android para el control inalámbrico y reconocimiento de voz. Relés de baja potencia conectados al Arduino servirán como acopladores con el módulo de potencia y para el control de alarmas y apertura remota de puertas, el sistema además de contribuir con el ahorro energético también adiciona características de seguridad electrónica.



Fig. 1 Vista interior y exterior del módulo de control principal

El teclado y la pantalla LCD 2x16 sirven como interfaz para el usuario, las contraseñas para la activación de alarma e información del funcionamiento se puede mostrar en la pantalla, la comunicación serial fue una ventaja para el análisis de las señales obtenidas y mostradas en un computador.

C. Módulo de Potencia

Este módulo interactúa directamente con el controlador y los dispositivos de potencia, las luminarias tienen un consumo elevado de corriente y por ello se adicionaron relés de mayor amperaje minimizando la interferencia por activación y ruidos producidos por los relés.

Tabla 2 Componentes del módulo de potencia.

Cant.	Detalle
6	Relés de 20 Amperios
2	Disyuntores (breakes) de 20 Amperios



Fig. 2 Vista interior y exterior del módulo de potencia

D. Software de control inalámbrico

Se diseñó una interfaz de control inalámbrico que opera bajo el sistema operativo Android, puede ser ejecutada en una Tablet o teléfono SMART; de forma remota la aplicación permite desactivar los sensores de movimiento, controlar luces y puertas de acceso, un módulo de voz instalado puede realizar las mismas acciones[1][5].



Fig. 3 Aplicación en Android para el control del sistema.

E. Instalación

Los equipos fueron probados simulando señales inicialmente, las pruebas reales se realizaron luego de instalar el controlador y el módulo de potencia en el Laboratorio de Tecnologías e Innovación LITI-PUCESE, con ello se puso a punto el sistema en condiciones ambientales reales y luego se realizaron la correcciones necesarias para su correcto funcionamiento, esta tarea se duró 28 días para su evaluación.

El laboratorio cuenta con dos áreas independientes, la primera contiene un pequeño equipo de climatización de 12000BTU y dos luminarias, el área exterior tiene un equipo de climatización de 32000 BTU y 9 luminarias fluorescentes, esto nos llevó a la creación de sistema de fuerza para el control de los actuadores con mayor consumo eléctrico. Sensores de movimiento (S1 a S6) y temperatura (T1 y T2) se ubicaron en sitios estratégicos del laboratorio. Los sensores de temperatura utilizados son los DS18B20 que tienen una precisión de 9 a 12 bits y contienen una identificación para ser usados en un bus de datos. Los sensores de movimiento instalados son de tipo piroeléctricos, tienen un rango de alcance de 6 m, su sensibilidad y alcance pueden ser regulados.

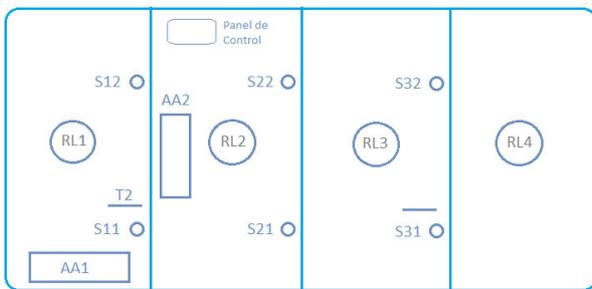


Fig. 4 Ubicación de los sensores y actuadores dentro del LITI

El diagrama presenta los dispositivos a controlar y la ubicación de los sensores, RL1 a RL4 son los relés de potencia que controlan los circuitos de iluminación IL1 a IL4 respectivamente, los sensores de movimiento S11 a S32 se ubicaron en puntos estratégicos, finalmente T1 y T2 en los dos ambientes independientes.

III. RESULTADOS

A. Análisis de la Encuesta

Las encuestas fueron dirigidas a los habitantes de viviendas de clase media dentro de la ciudad de Esmeraldas, un total de 200 encuestas fueron realizadas. La mayor parte de la población tiene una clara definición del cambio climático y consumo eléctrico, a muchos de ellos les gustaría contar con un dispositivo que reduzca el costo de sus planillas eléctricas.

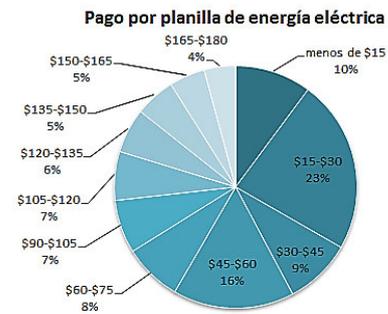


Fig. 5 Consumo eléctrico en viviendas de clase media

Los dispositivos utilizados tiene un bajo costo y se utilizan con fines académicos en investigación y desarrollo de hardware, con los datos se tomaron como referencia cuáles requerimientos se pueden cubrir con el dispositivo, encontrando un equilibrio entre las expectativas del usuario y los costos reales de producción e instalación.

Costo estimado del dispositivo

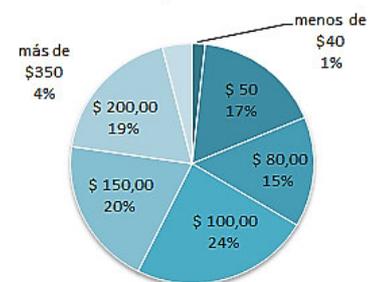


Fig. 6 Estimación de costo del dispositivo

Se puede afirmar que las personas consideran que los artefactos eléctricos que contribuyen al consumo energético de la vivienda son: refrigeradoras (12%), televisión (10%), computadora (10%) y lavadora de ropa (10%), con estos datos se diseñó el controlador para contribuir con el ahorro energético de la vivienda.

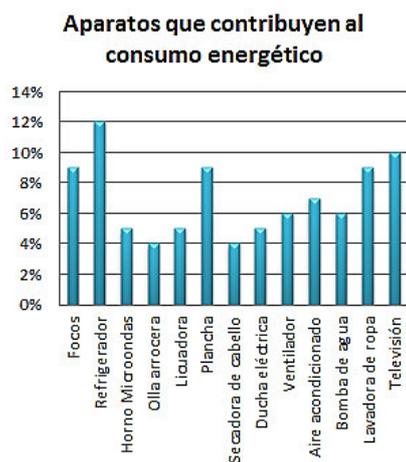


Fig. 7 Estadística de aparatos con mayor consumo en una vivienda

B. Diseño del controlador y adquisición de datos

El sistema de control se basó en hardware libre Arduino, este recibirá las señales provenientes de los sensores de movimiento y temperatura para tomar decisiones en iluminación, climatización y acceso, se adicionó un sistema de comunicación inalámbrica para el control y monitoreo de señales de forma remota utilizando el sistema operativo Android, destinado para aplicaciones móviles.

Por vía serial los datos provenientes de los sensores ingresan a un computador a través de un vector que contiene los estados de las señales, para su graficación se utilizó el software STAMPLOT que tiene licencia gratuita para educación, es una herramienta para la adquisición de señales digitales y analógicas. Las señales de temperatura (T1 y T2) de dos ambientes diferentes también se obtuvieron, esto permitió realizar los ajustes necesarios, en ocasiones se observaron transiciones no deseadas en los estados del controlador que se solucionaron con esta adquisición de datos.

Las pruebas de comunicación inalámbrica se desarrollaron bajo el sistema operativo Android y un módulo Bluetooth para Arduino, el accionamiento remoto necesitaba una opción para deshabilitar los sensores de movimiento, ya que estos responden a la presencia de personas para el accionamiento de la iluminación en forma automática, un comando de reconocimiento de voz permitió comandar las mismas funciones, personas con capacidades especiales podrían hacer uso de este sistema.

IV. DISCUSIÓN

Existen muchos dispositivos conectados dentro de una vivienda que pueden consumir energía eléctrica innecesariamente, la iluminación y climatización son algunos de ellos, en oficinas e instituciones educativas y privadas se nota en gran medida este consumo innecesario. Las pruebas se realizaron en ambientes controlados dentro del LITI, con ello se puso a prueba los sensores de movimiento y temperatura, una matriz de condiciones ejecuta la secuencia de encendido de las luminarias. Esta implementación redujo considerablemente

el consumo eléctrico del laboratorio ya que los equipos instalados permanecen un menor tiempo encendido, solo se mantienen iluminadas las áreas de trabajo utilizadas y la climatización se utiliza si es necesaria.

Tabla 3 Condiciones de encendido para iluminación de oficina

S11	S12	RL1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabla 4 Condiciones de encendido para luminarias en el laboratorio.

S21	S22	S31	S32	RL2	RL3	RL4
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	1	1
0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1

La medición de temperatura no presentó problemas de corrección en su medición, ya que la lectura de los sensores DS18B20 con comunicación One Wire envía datos confiables y precisos.

Una de las aplicaciones adicionales permite el control de voz en los circuitos de iluminación, climatización y control de acceso, con ello personas con problemas en sus extremidades pueden hacer uso de esta aplicación; personas con discapacidades físicas tendrán una mejor calidad de vida con estos ambientes inteligentes, creando independencia para la manipulación de equipos dentro de la vivienda. Alarmas de incendio, robo o alertas médicas pueden programarse en el dispositivo de control, este sistema modular puede modificarse dependiendo de las necesidades del usuario. La simulación de presencia en caso de ausencia de personas en la vivienda contribuirá a la seguridad de las zonas monitoreadas.

El hardware libre permite adaptar algunas mejoras, un módulo GSM con mensajería de texto o un punto de acceso a Ethernet conectarán la vivienda a la red a través de una aplicación web, existen sistemas de cámaras IP que podrían utilizarse para el monitoreo, con una aplicación remota se podría controlar la vivienda en caso de ser necesario.

En la prueba de los dispositivos se presentaron problemas en la sincronización de los sensores con las luminarias, los problemas se solucionaron luego de un mes de prueba y modificaciones, actualmente el proyecto se encuentra ejecutado y funcionando. Para ver el sistema funcionando puede visitar el siguiente link: <http://www.youtube.com/watch?v=fxuEZaey-qg&list=UUbZZW91eFFhN2FzhodC9Sew&feature=share&index=1>

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Axel Springer. (2012). El Gran Libro de Android. Madrid - España: Publishing Limited.
- [2] Catalán, A. (2011). Curso ANDROID, Desarrollo de aplicaciones móviles. Guatemala: Maestros del Web.
- [3] Domínguez, C., & Poveda, C. (2008). Diseño e implementación de una red Domótica con sensado y control de dispositivos. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- [4] Domínguez, H. M., & Sáez Vacas, F. (2006). Domótica un enfoque socio técnico. Madrid: E.T.S.I. de Telecomunicación.
- [5] Enriquez Herrador, R. (2009). Guía de Usuario de Arduino. Córdoba: I.T.I Sistemas.
- [6] Evans, B. W. (2007). Arduino Programming Notebook. San Francisco: Ardumania.
- [7] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2007). La Domótica como Solución de Futuro. Madrid.
- [8] G-TeC. (2012). Introducción a Android. Madrid, España: E.M.E.
- [9] Hernández, S. P. (2010). Consideraciones para la aplicación de la domótica desde la concepción del diseño arquitectónico. Arquitectura Revista 6, 63-75.
- [10] Monk, S. (2010). 30 ARDUINO PROJECTS FOR THE EVIL GENIUS. New York: Mc Graw Hill.
- [11] Ruiz Gutiérrez, J. M. (2011). IDE Arduino + Ardublock.
- [12] Ruiz Gutiérrez, J. M. (2012). Minibloq + Arduino.