

Sistema de Automatización residencial basado en el uso de Energías Renovables

Raúl Castillo-Meraz ^{1,*}, Carmen del Pilar Suárez-Rodríguez ², Yoshio Josafat Del Ángel-Rubio ², Fátima María Isabel De los Santos-García³

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de San Luís Potosí, San Luís Potosí, San Luís Potosí, México

² Coordinación Académica Región Huasteca Sur, Universidad Autónoma de San Luís Potosí, San Luís Potosí, San Luís Potosí, México

³ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luís Potosí, San Luís Potosí, San Luís Potosí, México

* Autor de correspondencia: raul.castillo@uaslp.mx

Energías Renovables (Energía Solar)

Recibido: 2 de abril de 2025 Aceptado: 3 de junio de 2025 Publicado: 9 de diciembre de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i3.415>

Resumen: La Automatización Residencial (Domótica) se define como el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema. En este proyecto se propone la utilización de energías renovables dirigidas a la automatización residencial en cuatro aspectos básicos: (1) Sistema de iluminación interior y exterior, (2) Sistema de riego de jardín, (3) Sistema de seguridad residencial y (4) Sistema de control de temperatura interior. Estos sistemas se implementan en un modelo basado en una vivienda típica de interés social y dependerán de alimentación eléctrica basada en energía de tipo solar fotovoltaica con sus respectivas adaptaciones para los diferentes niveles de voltaje requeridos, así como un sistema de respaldo de energía para que el sistema funcione aún en condiciones de oscuridad o poca irradiancia. Por último, se realizó un análisis costo-beneficio del sistema completo y de su consumo eléctrico.

Palabras clave: Domótica, Energía Solar Fotovoltaica, Panel Solar, Arduino, Batería

Residential Automation System based on the Use of Renewable Energy

Abstract: Residential Automation (Home Automation) is defined as the set of technologies applied to the intelligent control and automation of a home, enabling efficient energy management, enhanced security and comfort, as well as communication between the user and the system. This project proposes the use of renewable energy sources directed toward residential automation in four basic areas: (1) interior and exterior lighting systems, (2) garden irrigation system, (3) residential security system, and (4) indoor temperature control system. These systems are implemented in a model based on a typical low-income housing unit and rely on an electrical supply derived from photovoltaic solar energy, with appropriate adaptations for the different required voltage levels, as well as a backup energy system to ensure operation even under low light or low irradiance conditions. Finally, a cost-benefit analysis of the complete system and its electrical consumption was carried out.

Keywords: Home Automation, Photovoltaic Solar Energy, Solar Panel, Arduino, Battery

Introducción

Los orígenes de la Domótica son relativamente recientes: uno de sus antecedentes principales refiere a la década de los 70's, donde un grupo de investigadores británicos realizó trabajos sobre un protocolo de comunicación entre diversos dispositivos al que llamaron X10 (Romero, 2010). Esto nace como una consecuencia natural de lo que en ese entonces se estaba gestando en otro ámbito de la vida moderna: la Automatización Industrial. Es precisamente ahí donde nace la Domótica: el hecho de necesitar que las tareas habituales de una vivienda sean realizadas de manera automática, sin intervención humana.

La Domótica es la evolución de la clásica automatización industrial adecuándola a las necesidades de viviendas, negocios u oficinas. Los sistemas domóticos recogen información gracias a diferentes sensores y tras su procesado son capaces de enviar órdenes de control a diferentes dispositivos situados en la instalación llamados actuadores. Estos actuadores pueden ser persianas, enchufes, iluminación, calefacción, válvulas y un sin fin de posibilidades (Harke, 2010).

Esta tecnología responde a las nuevas necesidades que se gestan en este nuevo siglo como lo es el uso eficiente del tiempo. Al vivir en un mundo de rápidos cambios, pareciera como si el tiempo transcurriera más de prisa y cada vez las ocupaciones cotidianas absorben un mayor porcentaje de nuestro día, a tal grado que la cantidad de tiempo que se dedica a las tareas habituales del hogar es cada vez menor. Asimismo, además del uso eficiente del tiempo, la Domótica

nos facilita nuestra forma de vida, reduce nuestros consumos y hace más humanos y adaptables espacios de convivencia y trabajo. La palabra que mejor define esta tecnología es flexibilidad.

Actualmente, la Domótica no ha tenido el impacto social que se hubiera pensado teniendo en cuenta los beneficios que conlleva. Este hecho se debe a varios factores:

- **Desconocimiento.** Los potenciales usuarios de esta tecnología tienen una falta de conocimiento sobre la misma dada su poca difusión actual. Este hecho hace que exista una muy escasa demanda en el mercado e incluso hace pensar que las tecnologías domóticas solo están al alcance de unos pocos; asimismo se asocia esta tecnología con sistemas caros, elitistas, con una compleja puesta a punto sin por ello reportar grandes beneficios que justifiquen esta inversión.
- **Falta de interés por parte de grandes empresas.** Al no existir prácticamente empresas de gran envergadura que se dediquen a este ramo tecnológico, se puede decir que no hay motores que impulsen la difusión y desarrollo de este campo. Sin embargo, existen empresas de pequeña y mediana escala que apuestan por estas tecnologías pero la escasez de recursos tanto de personal como económicos hacen que compañías con este perfil no puedan considerarse como re-presentantes o motores de una industria como ésta.
- **Indiferencia.** Esto se refiere a que las empresas del ramo constructor e inmobiliario no se ven interesados en este tipo de tecnologías dado que representa una mayor inversión y sus ganancias económicas se verían reducidas; esto último sin tomar en cuenta el grandísimo valor agregado que podrían aportar las tecnologías domóticas a la vivienda

En contraparte, a continuación, se mencionan algunos de los beneficios de las tecnologías domóticas son:

- **Fomenta la accesibilidad:** el manejo de elementos dentro de una vivienda se ve facilitado y esta característica junto con las opciones de asistencia remota convierten a la domótica en un buen aliado de las personas con problemas de accesibilidad.
- **Eleva el confort de los usuarios que la emplean.** La Domótica permite interactuar de forma cómoda con persianas, toldos, interruptores, electrodomésticos, bombas de riego etcétera.
- **Fomenta el ahorro energético:** gestión de la iluminación, climatización, agua caliente sanitaria, el riego, los electrodomésticos, etc. La nueva reforma energética hace que seleccionar las mejores tarifas horarias repercuta en un gran ahorro y gracias a la domótica, el proceso de reducir la factura energética se realiza de forma casi automática. Una parte importante de la gestión energética de la domótica es la monitorización de consumos que obtiene suficientes datos como para modificar prácticas en busca de una mayor eficiencia.

Un sistema Domótico básico consta de tres partes fundamentales (Figura 1):

- **Sistema de sensores.** Con el objetivo de detectar las variables de interés para los sistemas que se desean automatizar se debe contar con un conjunto de sensores con su correspondiente acondicionamiento electrónico.
- **Unidad central de proceso y control.** Las señales del sistema de sensores serán dirigidas a la unidad central de proceso y control la cual será la encargada de monitorear las variables de control, procesar dichas señales y enviar órdenes de control al sistema de actuadores.
- **Sistema de actuadores.** Es el conjunto de elementos electromecánicos que activarán los dispositivos encargados de regular las variables de interés: temperatura, humedad, luminosidad y seguridad.

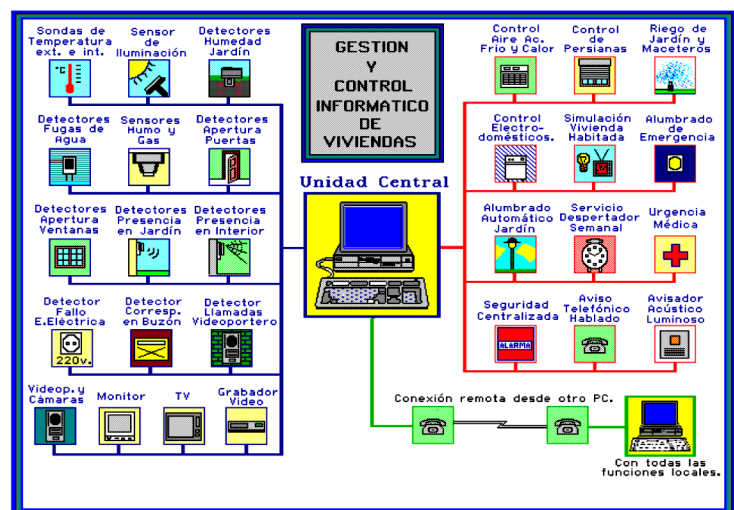


Figura 1. Esquema básico donde se muestran las partes básicas para automatización residencial.

Energía Solar Fotovoltaica

Por otro lado, la Energía Solar Fotovoltaica (FV) funciona bajo el principio físico del efecto fotoeléctrico el cual, al hacer incidir luz visible en un material semiconductor (Messenger, 2010), se genera una absorción de fotones y desplazamiento de electrones en dicho material. Esto da lugar a la generación de un potencial eléctrico en los extremos de dicho material (Figura 2).

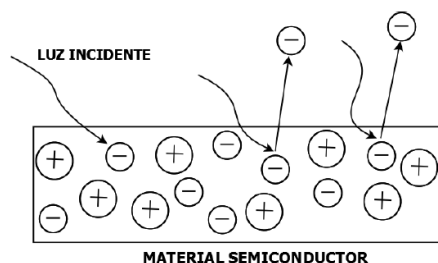


Figura 2. Imagen ilustrativa del efecto fotoeléctrico.

Las celdas solares funcionan bajo dicho efecto físico y transforman la LUZ SOLAR en ELECTRICIDAD de tipo CD (CORRIENTE DIRECTA) como se muestra en la Figura 3.

Cada panel solar está construido a partir de pequeñas celdas (obleas de silicio) que generan un potencial eléctrico individual aproximado de entre 0.6 y 0.7 Volts. Al colocar las celdas solares en arreglos serie y paralelo, se pueden obtener mayores voltajes y corrientes. El voltaje y la corriente producidos por un panel solar son directamente proporcionales al área de captación y a la irradiancia incidente.

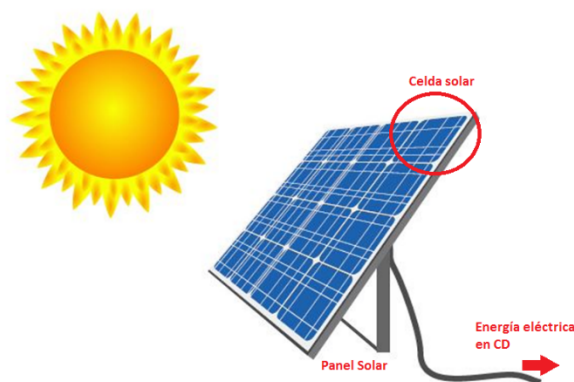


Figura 3. Celda solar y panel solar

Básicamente, un panel solar se comporta como una fuente de corriente dependiente de la irradiancia solar. A mayor irradiancia, mayor corriente eléctrica; por otro lado, las nubes y el efecto sombra, son fenómenos poco deseados en un panel solar dado que este suministrará poca corriente.

En lo que respecta al voltaje que suministra el panel solar, este se ve poco afectado por los efectos mencionados anteriormente. Sin embargo, al estar expuesto todo el día a una irradiancia intensa, el panel solar eleva su temperatura y esto si puede afectar notablemente al desempeño en voltaje. Ambos efectos, tanto de Temperatura como de Irradiancia pueden apreciarse en la Figura 4.

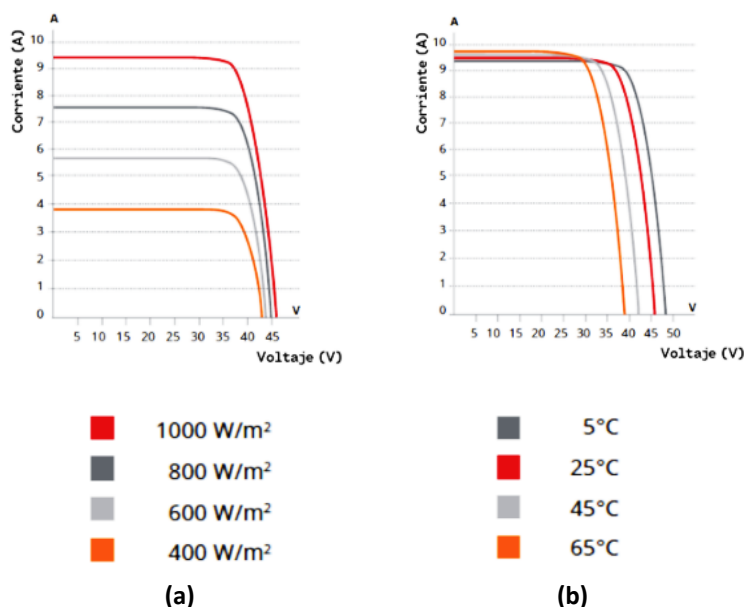


Figura 4. a) Comportamiento de un panel solar típico respecto a Irradiancia, b) Comportamiento de un panel solar típico respecto a Temperatura

Sin embargo, la teoría de Circuitos Eléctricos nos indica que la potencia eléctrica de cualquier elemento está dada por el producto del voltaje por la corriente como se ilustra en la ecuación 1 (Boylestad, 2009).

$$P = VI \quad (1)$$

Donde: P = Potencia Eléctrica (Watts); V = Voltaje (Volts); I = Corriente (Amperes)

Por lo tanto, si disminuye el voltaje o la corriente por algún efecto no deseado (sombra, nublado, temperatura elevada) la potencia que suministra el panel se ve notablemente afectada al ser el producto del voltaje multiplicado por la corriente.

Tomando en cuenta el argumento anterior y considerando que los paneles solares solo producen energía durante el día, se debe contemplar un sistema de respaldo de energía (baterías) para que la alimentación eléctrica no se vea afectada en ningún momento.

El presente trabajo propone un sistema combinado entre la Domótica y la alimentación eléctrica a partir de paneles solares y una batería como respaldo de energía. Cabe mencionar que la energía eléctrica producida alimentará exclusivamente a los sensores, actuadores y a la plataforma Arduino Mega; no se suministrará energía proveniente de los paneles a ninguna otra parte de la vivienda.

Materiales y Métodos

En el presente proyecto se contempla la automatización de una vivienda básica (a escala) de las siguientes características: 2 recámaras, 1 sala-comedor, 1 cocina, 1 patio trasero, 1 patio delantero con cochera para un automóvil.

El área total del terreno de la vivienda de interés social es de 90 metros cuadrados de acuerdo al plano mostrado en la Figura 5.

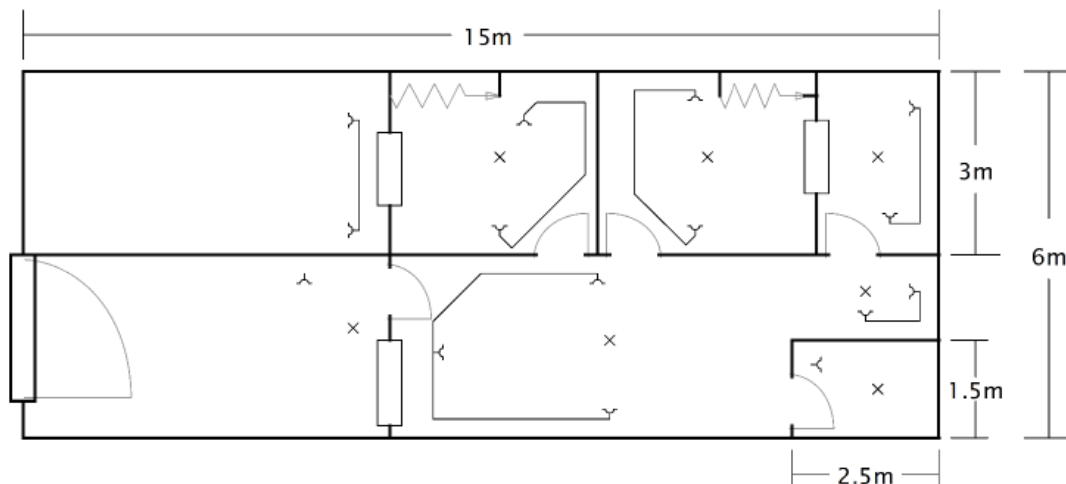


Figura 5. Plano de la vivienda de interés social

Este plano es una representación a escala de una vivienda real de interés social típica de la ciudad de San Luís Potosí.

Los sistemas que se automatizarán son los siguientes:

- Sistema de iluminación exterior
- Sistema de regulación automática de temperatura al interior de la vivienda.
- Sistema de control de riego para el jardín.
- Sistema de detección de intrusos

Sistema Domótico

Para la implementación del sistema de control se tomaron en cuenta cuatro variables físicas de interés: temperatura, humedad, luminosidad y detección de movimiento.

En este contexto, los sensores utilizados fueron los siguientes:

- Termistor NTC de 10 Kiloohms para medición de temperatura.
- Sensor de humedad DHT11
- Fotorresistencia de 2 Megaohms para medición de luminosidad.
- Sensor PIR y ultrasónico para detección de movimiento.

Cada sensor fue acondicionado electrónicamente para que la señal proveniente de ellos se ajustara a los parámetros técnicos señalados por el fabricante de la tarjeta Arduino Mega.

Los sistemas actuadores fueron los siguientes:

- Ventilador de CD para el control de temperatura
- Leds ultrabrillantes para el sistema de iluminación
- Relevador para la activación del sistema de riego
- Buzzer para la emisión de sonido de alarma

De igual manera, para la activación de los sistemas actuadores se implementaron interfaces electrónicas necesarias para su operación. El esquemático del sistema domótico puede apreciarse en la Figura 6.

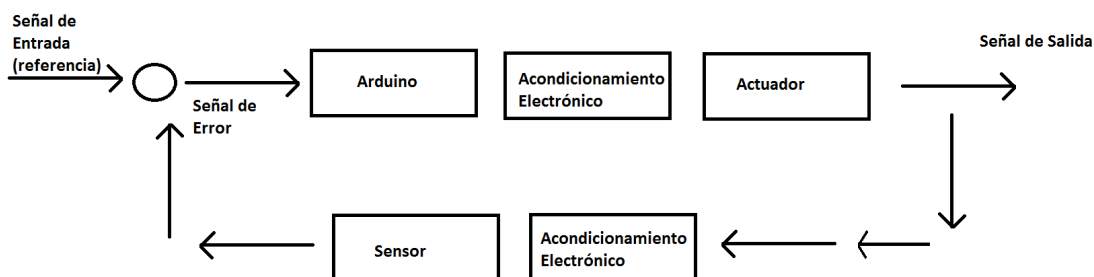


Figura 6. Diagrama del sistema domótico implementado

Consumo de Energía

En base a un análisis de potencia eléctrica consumida por cada elemento, se elaboró la Tabla 1.

Tabla 1. Potencia consumida por elemento y potencia total del Sistema Domótico a escala

COMPONENTE	Cant.	Potencia	Voltaje (V)	Corriente (A)
HC-SR04 (SENSOR ULTRASONICO)	1	75 mW	5	0.015
DHT11 (SENSOR DE HUMEDAD)	1	1.5 mW	5	0.0003
ARDUINO MEGA (PUERTO USB)	1	2500 mW	5	0.5
MOTOR 5V	1	4500 mW	5	0.9
DIODO LED	14	1400 mW	5	0.28
FOTORESISTENCIA LDR (GL55) -LUZ	1	1250 μ W	-	-
FOTORESISTENCIA LDR (GL55) -OBSC	1	12.44 μ W	-	-
TERMISTOR MF52-T=23°C	1	1136.36 μ W	-	-
TERMISTOR MF52-T=24°C	1	54.90 μ W	-	-
TOTAL		12.97W	5	1.7

Conociendo la potencia eléctrica total que consumirá el Sistema Domótico, procedemos a diseñar el sistema de alimentación.

Sistema De Alimentación

Para la parte de la generación de energía eléctrica que alimentará el sistema se implementó mediante los siguientes elementos:

1. 2 Paneles solares de silicio policristalino MULTICOMP de 10 W c/u.



VALORES CARACTERÍSTICOS DEL PANEL DE PRUEBA

Parámetro	Valor
Fabricante	MULTICOMP
Tipo	Policristalino
Numero de celdas	36
Potencia en MPP (P_{MPP})	10 Watts
Voltaje en MPP (V_{MPP})	17.2 Volts
Corriente en MPP (I_{MPP})	0.57 Ampere
V_{OC}	21 Volts
I_{SC}	0.65 Ampere
α_{SC}	0.39 mA/°K
β_{OC}	-75.6mV/°K

Figura 7. Panel solar utilizado y datos técnicos

El diagrama esquemático del sistema de alimentación puede apreciarse en la Figura 8.

Como respaldo de energía para las horas donde había períodos nublados, estaban en uso todos los elementos del sistema o de noche, se utilizó una batería recargable de litio de 5 Volts a 10,000mAh marca ADATA, misma que se muestra en la Figura 9.

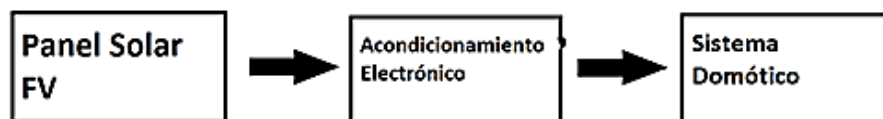


Figura 8. Diagrama del sistema de alimentación



Figura 9. Batería de respaldo para el sistema domótico

Metodología

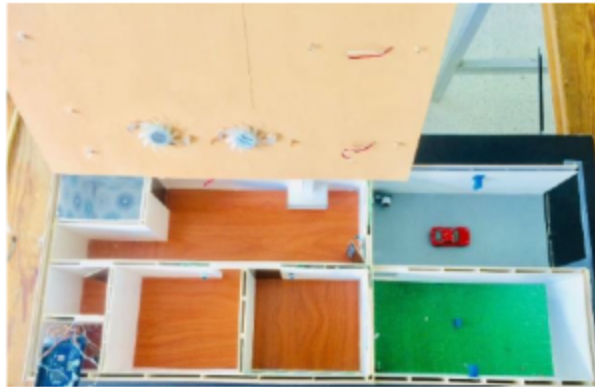
Con el apoyo de un tesista de licenciatura, la metodología implementada se basó en Teoría-Simulación-Práctica (TSP) de acuerdo a los siguientes pasos:

1. **Teoría:** Se estudiaron las hojas de datos de cada elemento del sistema y se recurrió a la teoría de Circuitos Eléctricos y Electrónica Analógica para deducir consumos de potencia, cuanto voltaje y corriente se necesitaba para alimentar cada elemento y el diseño de los circuitos para regular el voltaje y la corriente proveniente de los paneles solares dado que si se excedía la entrega de corriente a los distintos circuitos, se correría el riesgo de dañar a esos elementos.
2. **Simulación:** Una vez diseñados los circuitos electrónicos, se procedió a realizar las respectivas simulaciones mediante el software PROTEUS el cual nos permite simular placas Arduino así como los diversos sensores y actuadores utilizados en este proyecto.

- 3. Práctica:** Cuando ya se comprobó el correcto funcionamiento en las etapas anteriores, se procede a los alambrados de los distintos circuitos (no se ahondará más en estos temas técnicos dado que escapa a los propósitos de este documento).

Resultados y Discusión

En la Figura 10, se muestra el prototipo de vivienda implementado.



- 90 metros cuadrados
- 2 recámaras
- 1 sala comedor
- Cochera 1 auto
- Jardín
- 1 baño
- 1 cocina
- 1 patio trasero

Figura 10. Maqueta a escala de la vivienda de interés social

En la Figura 11 y 12, se muestran las pruebas a los sensores y actuadores diversos.

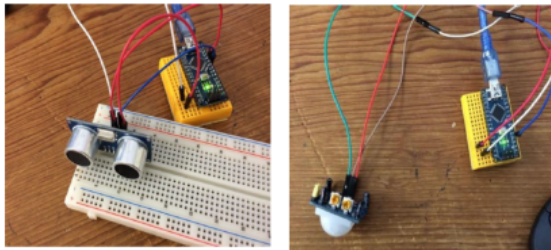


Figura 11. Prueba de diversos sensores



Figura 12. Prueba de diversos actuadores

En la Figura 13, se muestra la tarjeta de desarrollo Arduino Mega utilizada en la etapa final de este proyecto.

En la Figura 14, se muestra la prueba a todos los sensores y actuadores.

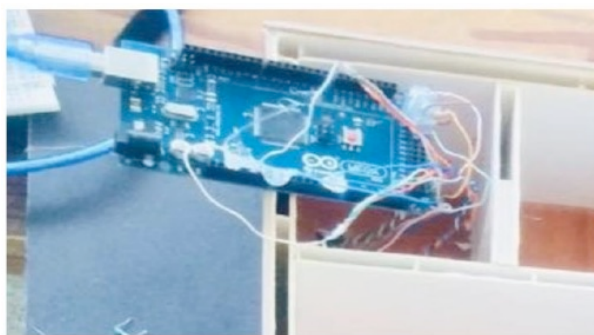


Figura 13. Arduino Mega

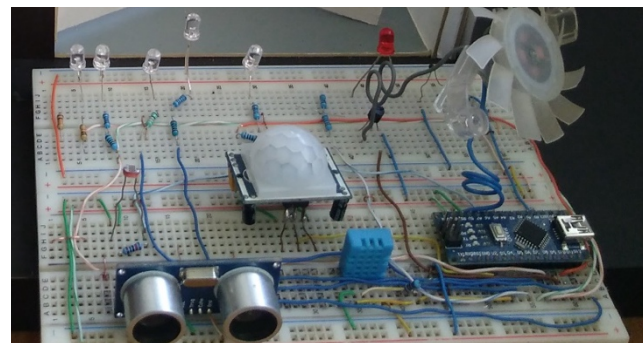


Figura 14. Prueba de todos los sensores y actuadores

En la Figura 15, se muestra la vista frontal e inferior del prototipo terminado.

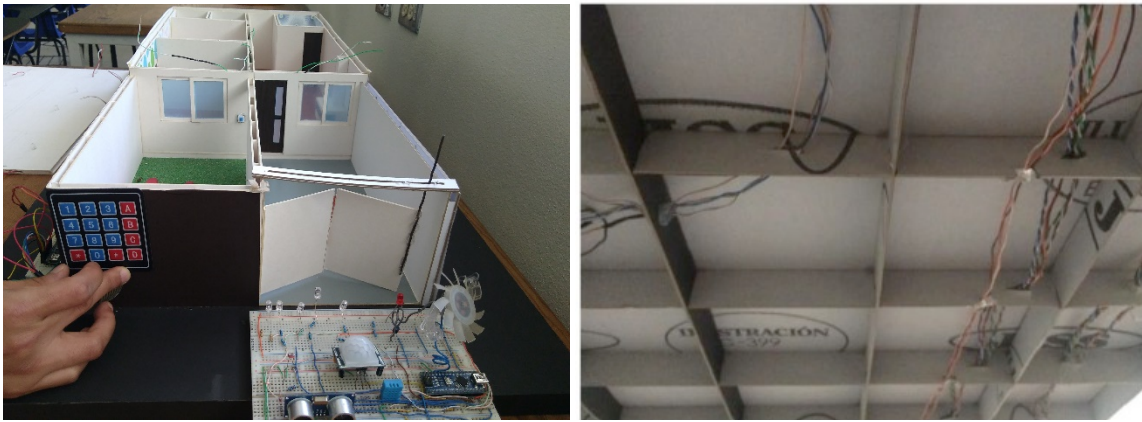


Figura 15. Vista frontal e inferior del sistema domótico

En la Figura 16, se muestran los paneles solares conectados en paralelo para el desarrollo de este proyecto.



Figura 16. Paneles solares en paralelo para alimentar el sistema

Los paneles fueron conectados en paralelo dado que cada uno entrega 21 Volts y 0.6 Amperes por separado. Al conectarlos en paralelo, el voltaje permanece constante en 21 VDC y las corrientes se suman dando un total de 25.2 Watts disponibles para alimentar el sistema.

Ahora, según lo calculado en la Tabla 1, el consumo total del sistema es de aproximadamente 13 Watts; por tanto, tenemos 12 Watts “de sobra” que funcionan como respaldo energético del sistema en caso de sombra o nubosidad.

Además, se cuenta con el respaldo de la batería de 5 Volts y 10 Ah, por lo que la batería por sí misma es capaz de proporcionar 50 Wh y se recarga mediante los mismos paneles durante el día. Si consideramos que durante la noche, los paneles no están generando energía eléctrica y algunos de los elementos del sistema estarán apagados, el respaldo de energía mediante la batería se considera suficiente.

Como trabajo a futuro, se menciona lo siguiente:

- El sistema a escala podría ser implementado en una vivienda real y con elementos de mayor potencia.
- Pueden ser monitoreadas otras variables como, por ejemplo: gas butano, presión de agua, etcétera.
- Se podrían agregar elementos para monitorear el nivel de carga de la batería y asegurarnos que efectivamente se cargó al 100% al final del día.
- Agregar comunicación inalámbrica y mediante internet para que el usuario monitoree los sistemas domóticos en tiempo real en su celular desde cualquier ubicación.

Conclusiones

En este proyecto se desarrolló un sistema Domótico básico a escala orientado a 4 funciones: control de temperatura, luminosidad, humedad y alarma basado en Arduino y alimentado mediante paneles solares.

El proyecto se realizó en colaboración con un alumno de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Coordinación Académica Región Huasteca Sur de la Universidad Autónoma de San Luís Potosí. El mismo realizó su tesis en este proyecto y se tituló en abril de 2022. Actualmente labora en CFE.

El prototipo generado sirvió para la realización de prácticas de otras asignaturas como lo son: Programación de microcontroladores. Electrónica Analógica, Ingeniería de Control y Automatización. Dos estudiantes de servicio social desarrollaron su trabajo en este proyecto y se colaboró con profesores de otras asignaturas para que realizarán su proyecto final de semestre en este trabajo.

Se realizaron asesorías personalizadas a los estudiantes involucrados y se les dio seguimiento puntual en el desarrollo de cada etapa, enfatizando su trabajo en la fase de simulación dado que no se podía implementar el prototipo final, si no se cumplía estrictamente con las simulaciones requeridas.

Agradecimientos y financiamiento: Se agradece la colaboración de los estudiantes de licenciatura en Ingeniería Mecánica Eléctrica que realizaron su servicio social en este proyecto: Néstor Antonio Rivera e Isaac Iván Inés Joaquín Asimismo, se agradece la colaboración del alumno Yoshio Josafat del Ángel Rubio quién se tituló el 04 de abril de 2022 mediante tesis profesional con este proyecto.

El desarrollo de este proyecto fue llevado a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Eléctrica y Electrónica de la Coordinación Académica Región Huasteca Sur perteneciente a la UASLP.

El financiamiento de este proyecto se realizó mediante la convocatoria 2019 para Nuevos Profesores de Tiempo Completo de PRODEP.

Bibliografía

- Ackermann, T. (2005). *Wind power in power systems*. John Wiley.
- Arduino. (2019). <https://www.arduino.cc/>
- Bhuvanewari, G. (2010). Development of a solar cell model in Matlab for PV based generation system. *2010 IEEE International Energy Conference*.
- Boylestad, R., & Nashelsky, L. (2009). *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (10ª ed.). Pearson Educación.
- Carcangiu, S., & Montisci, A. (2012). A building-integrated eolic system for the exploitation of wind energy in urban areas. *Energy Conference and Exhibition (ENERGYCON) IEEE*.
- Comisión Federal de Electricidad. (2019, julio). Requisitos técnicos para la interconexión de fuentes distribuidas de generación en pequeña escala. <https://www.cfe.gob.mx/>
- Desconzi, M. I., Beltrame, R. C., Rech, C., Schuch, L., & Hey, H. L. (2010). Photovoltaic stand-alone power generation system with multilevel inverter. *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPPQ'11)*, Las Palmas de Gran Canaria (Spain), 13th to 15th April.
- Franquelo, L. G., Rodríguez, J., León, J. I., Kouro, S., & Portillo, R. (2008). The age of multilevel converters arrives. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, junio.
- Harke, W. (2010). *Domótica para viviendas y edificios* (1ª ed.). Editorial Marcombo.
- International Energy Agency. (2019, junio). World Energy Outlook 2019: Executive summary. <https://www.iea.org/>
- Luis Llamas. (abril 2019). <https://www.luisllamas.es>
- Messenger, R. A. (2010). *Photovoltaic systems engineering* (1ª ed.). CRC Press.
- Rekous, D. (2012). *Optimization of photovoltaic power systems* (1ª ed.). Springer.
- Rodríguez Pedroza, G., Lara Vázquez, I., Núñez Olvera, O., López Alanís, J., Lastras-Martínez, L. F., Balderas-Navarro, R., Ortega Gallegos, J., Campos-Cantón, I., & Lastras-Martínez, A. (2012). Autogeneración de energía eléctrica en viviendas unifamiliares de alto consumo en la ciudad de San Luis Potosí: Un análisis económico. *Memorias del XII Encuentro de participación de la mujer en la ciencia*.
- Romero-Morales, C. (2010). *Domótica e Inmótica. Viviendas y edificios inteligentes* (3ª ed.). Ra-Ma Editorial.
- Taller Arduino. (julio 2019). <https://tallerarduino.com>
- U.S. Energy Information Administration. (2019, abril). Annual energy outlook 2019. <https://www.eia.gov/>
- Wu, J. C., & Chou, C. W. (2014). A solar power generation system with a seven-level inverter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 29(7), julio.