

Sistema domótico híbrido por distribución matricial en módulos con plataformas de software libre

Omar Amaro Hernández,
Alexis Fernando Cruz Baños,

Miguel Hernández Bolaños
Frida Janine Razo Bedolla

Luis Alberto Tovar Ortiz

Instituto Politécnico Nacional
CIDETEC

oamaroh1400@alumno.ipn.mx

mbolanos@ipn.mx

acruzba2100@alumno.ipn.mx

frazob@ipn.mx

ltovaro2100@alumno.ipn.mx

Referencia de este artículo [1].

Resumen

En este artículo se realiza una primera aproximación a la oportunidad de desarrollo de un sistema domótico con placas de desarrollo comerciales de bajo costo proponiendo una configuración híbrida de arquitecturas que se adapte a las necesidades de la comunidad mexicana. Los sistemas domóticos contemporáneos han ido depurando sus funciones en favor de la reducción de costos de instalación y facilitar la integración. Las funciones de la gran mayoría de dispositivos domóticos en el mercado actual se concentran en el control de iluminación por medio de focos inteligentes; encendido y apagado absoluto desde un enchufe inteligente; algunos otros más sofisticados como sensores de puertas o sistemas de vigilancia y control de puertas de garaje. Estos dispositivos son diseñados para ese proceso y con ello aplicaciones móviles específicas o asistentes de voz en bocinas inteligentes. Por lo anterior, el costo no es tan elevado como lo fue en los inicios de la domótica, y la instalación y configuración es relativamente sencilla; sin embargo, no hay funcionamiento de respaldo en caso de falla física o de red, y suelen ser sistemas aislados que no trabajan conjuntamente como ecosistema tecnológico.

I. Introducción

El hogar es uno de los lugares en los que la mayoría de la población pasa el tiempo y en los últimos años debido al vuelco tecnológico de la necesidad de los trabajos remotos y educación a distancia, la estadía en él aumentó. Esto significa un desplazo de recursos energéticos, ya no sólo se utilizan en las oficinas sino también en los hogares en horarios hábiles de trabajo. Con esto hay implicaciones de utilización de estos, pero también de comodidad y seguridad en general: el hogar se ha convertido en una pieza fundamental de la existencia del ser humano contemporáneo.

La domótica como extensión tecnológica que automatiza y optimiza procesos en el hogar, y que fue de gran dificultad adoptar en sus inicios, ha tomado importancia y se han buscado formas de reducir los costos de fabricación, precios de venta y facilidad de integración; aunque con ello se han debilitado áreas como la de la compatibilidad, acciones en caso de falla y mantenimiento. Los componentes llegan a ser desechables, de diversos protocolos de comunicación, y una instalación universal.

La integración de tecnologías de uso libre como sensores y placas de desarrollo (como Arduino) han ido acrecentando su presencia en plataformas de compra/venta en línea, lo que ha incentivado a desarrollar mejores componentes y de menor precio, además de que las comunidades que se dedican a la escritura de código para estas placas son cada vez más sofisticadas y cubiertas en general. Esto, en contraparte, puede alterar la coexistencia respecto a compatibilidad de dichos productos, la redundancia de funcionamiento y otros problemas de falla o seguridad de red. Es importante continuar contribuyendo a la mejora y expansión de la domótica sin aumentar los costos para que la adopción de estas tecnologías aumente, y con ello, la calidad de vida de las personas.

II. Marco teórico

La palabra domótica se propuso por primera vez en diccionarios franceses como “domotique”, en la que su etimología viene de la palabra en latín “domo” (casa) y la palabra francesa “informatique” (informática), en una contracción para referirse a la automatización de funciones en el hogar por intervención informática [1].

En México no hay normas específicas o exclusivas respecto a la domótica, ya que aún es un mercado emergente en el que la demanda no se ha dado de forma masiva. Según una encuesta Nacional sobre el uso de tecnologías en los Hogares por la INEGI, el 81.2% de los hogares utilizan internet, de los cuales 7.7 millones dispone de dispositivos inteligentes conectados a la red, siendo el 63.7% bocinas inteligentes [2]. En la Figura 1 se muestra esta gráfica un desglose general del tipo de dispositivos en los hogares mexicanos en el año 2024.

Porcentaje de los tipos de dispositivos inteligentes en los hogares^{1/} 2024



Figura 1. Hogares que disponen de dispositivos inteligentes conectados a internet [2].

En la gráfica se puede visualizar que una porción menor de los hogares que disponen de dispositivos inteligentes se refiere a los que automatizan procesos, sistemas de videovigilancia en el que se mandan alarmas ante una irregularidad en movimiento y horarios, el de las luces o interruptores para el control de la iluminación, conexión eléctrica para corte o alimentación en bruto de corriente, electrodomésticos como monitoreo y control, puertas o ventanas para su cerrado a distancia y dispositivos que son auxiliares en el ahorro del consumo eléctrico.

Como se puede concluir de la anterior representación gráfica, no es una sumatoria excluyente ya que la suma de sus componentes no es un 100%, es decir, un hogar puede tener más de un dispositivo inteligente y no es posible saber con certeza cuáles son los que integran tecnologías como ecosistema. Sin embargo, los asistentes del hogar son un punto de partida interesante como prospecto para la adopción de dispositivos domóticos el número de hogares que cuentan con uno.

Asimismo, uno de los lugares en el que más se utiliza el acceso a internet es el hogar, por lo que la interconexión de aparatos físicos incrementa la calidad de vida vía conexión a internet es totalmente factible en los hogares mexicanos [2]. En la gráfica de la Figura 2 se muestra el lugar de acceso a internet.

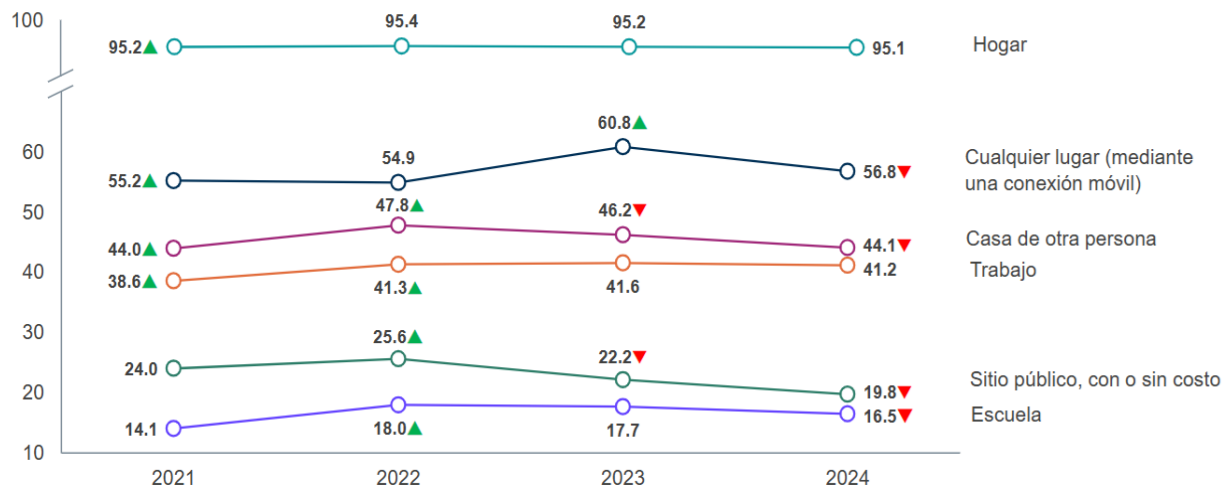


Figura 2. Lugar de acceso de usuarios a Internet en México [2].

Como se muestra en la gráfica, el lugar con mayor porcentaje de personas usuarias de internet es el hogar, por lo que la adopción del Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en inglés ‘Internet of Things’ -cosas conectadas a internet-) que confluya en la domótica, es decir, que tengan funcionalidades que contribuyan a la calidad de vida, y funcionen como un ecosistema homogéneo en el que las aplicaciones de las características individuales de los dispositivos conectados a internet sean coherentes entre sí. Es por esto que la integración de tecnologías domóticas en prospecto es una oportunidad con gran potencial con el que mejoraría la calidad de vida de muchos hogares.

III. Desarrollo preliminar y conexión de tarjetas

Existen tres ramas principales de arquitecturas domóticas: centralizada, descentralizada (o distribuida) y mixta [1].

La arquitectura centralizada cuenta con un controlador central que procesa información de todos los dispositivos conectados y sensores para actuar respecto a parámetros preestablecidos [1]. Este tipo de configuración es propensa a fallos críticos debido a que la confluencia de sus componentes es en el controlador central, lo que significa que, si hay un fallo en éste, los subcomponentes dejarán de funcionar, y por tanto, todo el sistema se verá comprometido hasta que dicha falla sea tratada.

La arquitectura descentralizada (o distribuida) es aquella en la que los dispositivos no son codependientes y son capaces de funcionar individualmente [1]. Esta configuración es la más extendida en los hogares mexicanos y en plataformas digitales de compra debido a su fácil instalación y precio accesible [2]. Sin embargo, no existe una garantía total de que los componentes serán compatibles entre sí y con esto que sea posible formar un ecosistema homogéneo funcional en el que el hogar actúe de manera coherente ante parámetros específicos.

La mixta es en la que se combinan características de ambas arquitecturas permitiendo funciones en las que un controlador central realiza unas funciones, y otros dispositivos funcionan de forma autónoma [1]. La integración de este tipo de sistemas es ambigua por su alcance respecto a funcionalidad centralizada y las virtudes de una distribuida. Aún así, este tipo de configuración es la

que más se acerca al interés del presente desarrollo por su versatilidad ante fallas, pero su monitoreo central. La posibilidad de añadir más componentes, que puedan ser controlados por una unidad central y que no haya que configurar cada uno individualmente es uno de los prospectos más interesantes a desarrollar. Esta arquitectura es propicia para el desarrollo de un sistema que conjunte los beneficios de ambas arquitecturas, y además podría añadirse alguna otra característica. Como se busca redundancia respecto a fallas, habría formas convencionales de accionamiento y manualmente. Este flujo se muestra en la Figura 3.

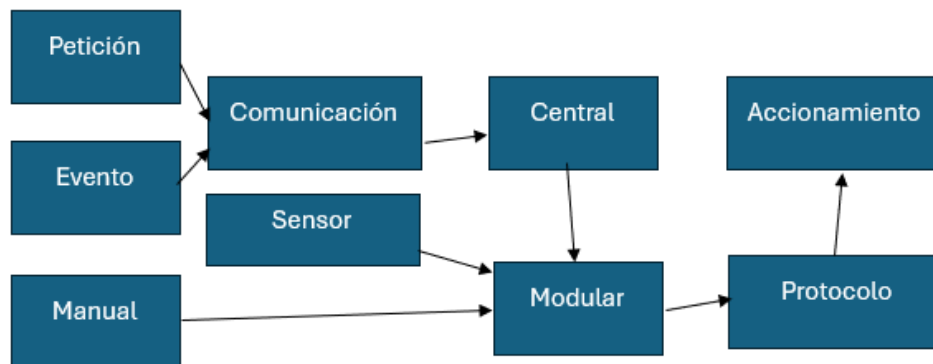


Figura 3. Flujo de operación propuesto.

El punto de partida es una petición, un evento o un accionamiento manual. Para el control central de software como peticiones de voz o por aplicación móvil, se propone el asistente de voz Alexa por su accesibilidad de costo e integración de funciones domóticas; para el control central de recepción y envío de datos se ha elegido el módulo ESP32 que es una placa de desarrollo de bajo costo y versátil respecto a su programación, con amplia cobertura de componentes y bibliotecas; por último el microcontrolador ATmega328P, en la placa Arduino UNO de desarrollo por su amplio rango de opciones de hardware compatible, cobertura de software y uso en diseños didácticos o preliminares.

Si es una petición al asistente de voz Alexa, éste realiza una comunicación en la red local por HTTP hacia el módulo ESP32 que recibe la información por medio que se ha procesado con la ayuda de la biblioteca FauxmoESP, que sirve para comunicar el asistente de voz con la placa de desarrollo. Esta a su vez haría la conexión por medio de una red local por UPnP (Universal Plug and play) siendo una capa muy básica respecto a seguridad, pero de gran facilidad de conexión. Para una aproximación más correcta pero compleja respecto a temas de seguridad se podrá utilizar MQTT con autenticación TLS. Como las redes domésticas utilizan normalmente protocolos robustos como WPA2 con un cifrado AES y autenticación PSK [3], se entiende que la conexión a la que se aplica este desarrollo es ya segura por sí misma; sin embargo, para aquellas que tienen diversos puntos de red conectados o que no son locales, como para aplicaciones en edificios o inmuebles grandes y públicos, esta primera aproximación no es segura.

La estructura distributiva de sus componentes, la plataforma de compilación de los algoritmos, así como sus componentes en sí se han ideado de manera que sean intercambiables respecto a la aplicación específica o necesidades. Una generalización distributiva y de funcionamiento sería la siguiente mostrada en la Figura 4.

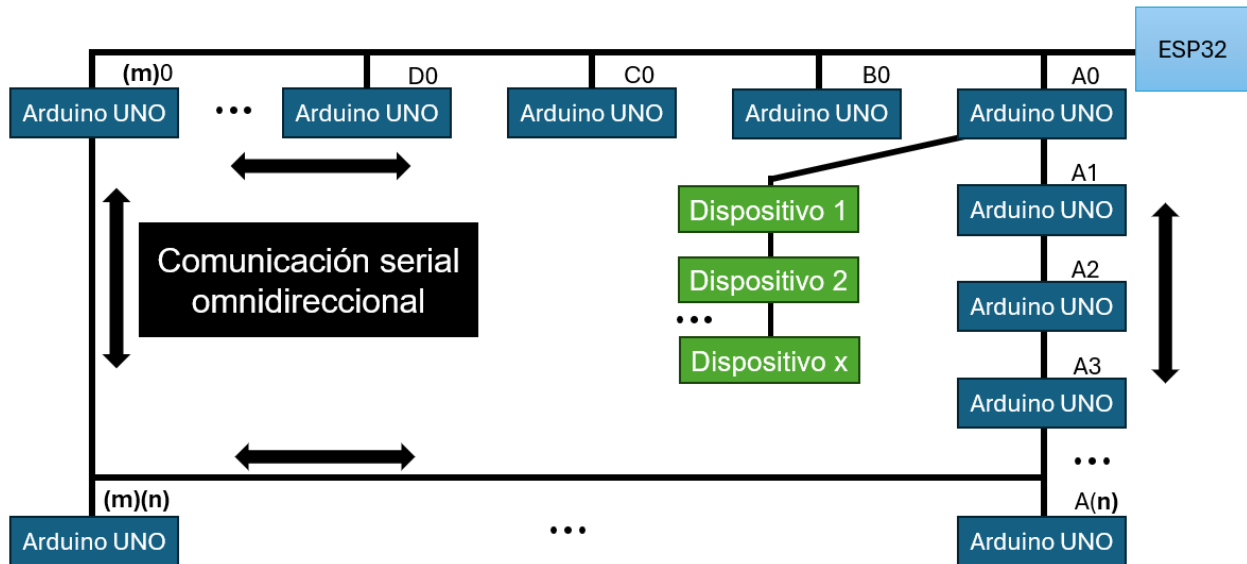


Figura 4. Distribución general de las placas en el sistema domótico propuesto.

Así, los módulos respecto a la matriz horizontal representarían las habitaciones del hogar en las que se automatizaría algún proceso, y en vertical las extensiones de la misma habitación o lugar si es que faltase alguna. Todos los módulos recibirían el mismo mensaje serial desde la placa central, pero sólo uno realizaría alguna función preprogramada dependiendo de la posición matricial y primera solicitud del módulo central.

IV. Conclusiones

Generalizar las tecnologías de automatización domótica es una tarea posible, en la que el desarrollo de algoritmos globales facilita el prospecto de desarrollo y con ello reducir costos, aumentar compatibilidad, hacer posible la escalabilidad y facilitar la instalación de sistemas domóticos complejos como los centralizados, sin dejar de cubrir las ventajas de uno distribuido ante fallas, además de integrar todas las virtudes de plataformas de hardware libre como Arduino.

La constante actualización del asistente de voz garantiza la vanguardia respecto a funciones complejas como reconocimiento de voz, tareas automatizadas programadas, seguridad de información, y demás; aunado a esto, el desarrollo de software y hardware libre por parte de la comunidad tecnológica hace posible también un desarrollo incremental respecto a la complejidad y funcionamiento de este tipo de sistemas respecto a sus características y no de integración: se busca en mayor medida que los componentes sean baratos, de fácil programación e instalación.

V. Referencias bibliográficas

INEGI, Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares, 2024.
J. C. S. Loboguerrero, "Domótica: Un factor importante para la arquitectura sostenible," Módulo arquitectura-CUC, vol. 10, pp. 267-277, 2011.

“¿Qué es WEP, WPA, WPA2 y WPA3 y cuáles son sus diferencias?” Kaspersky Latinoamérica, 20-sep-2021. [En línea]. Disponible en: <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/wep-vs-wpa>

“¿Te gustaría conocer los precios de instalaciones domóticas?” Cronoshare México, 19-feb-2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.cronoshare.com.mx/cuanto-cuesta/poner-domotica-casa>

Referencia del artículo

Amaro, O., Hernández, M., Cruz, A., Razo, F. & Tovar, L. (septiembre - octubre, 2025). Sistema domótico híbrido por distribución matricial en módulos con plataformas de software libre. *Boletín UPIITA. año 20, (110) 2025*
<https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/1098-cyt-numero-110/2441-sistema-domotico-hibrido-por-distribucion-matricial-en-modulos-con-plataformas-de-software-libre>