

# Diseño de un prototipo de un HomBot para videovigilancia usando IoT

J. I. Vega-Luna<sup>1</sup>, V. N. Tapia-Vargas<sup>1</sup>, G. Salgado-Guzmán<sup>1</sup>, F. J. Sánchez-Rangel<sup>1</sup>, J. F. Cosme-Aceves<sup>1</sup>

**Resumen**—Con la *IoT* y la tecnología actual surgen los *homBot* comerciales, posibilitando que los hogares sean más limpios y saludables. El objetivo de este trabajo fue usar el concepto de *IoT* para diseñar un prototipo de un *homBot* para videovigilancia de un laboratorio. Cuando detecta la presencia de personas u objetos en el recorrido del laboratorio, transmite un mensaje a la plataforma *slack* y captura una fotografía que transmite al correo electrónico del usuario. Se utilizó un módulo embebido *Raspberry Pi Zero W* para el acceso a Internet y una cámara *Raspberry Pi* de 5 Megapíxeles con un lente de enfoque fijo, ambos ubicados en una plataforma móvil robótica experimental construida previamente. El módulo *Raspberry Pi Zero W* se programó con *MicroPython*. El usuario puede visualizar los mensajes enviados por el *homBot* a *slack* desde la aplicación que se ejecuta en una computadora o en un dispositivo móvil. Se realizaron pruebas para determinar el alcance de la comunicación del *homBot* al punto de acceso WiFi a la Internet. Los resultados mostraron que el alcance fue 32 metros con línea de vista usando la antena integrada al dispositivo embebido y 73 metros con una antena externa conectada.

**Palabras claves**—*HomBot*, *icroPython*, *Raspberry Pi*, videovigilancia, WiFi

**Abstract**—With the *IoT* and current technology, commercial *homBots* are emerging, making cleaner and healthier homes possible. The objective of this work was to use the *IoT* concept to design a prototype of a *homBot* for video surveillance of a laboratory. When it detects the presence of people or objects in the laboratory path, it transmits a message to the *slack* platform and captures a photograph that it transmits to the user's email. A *Raspberry Pi Zero W* embedded module was used for Internet access and a 5 Megapixel *Raspberry Pi* camera with a fixed focus lens, both located on a previously built experimental robotic mobile platform. The *Raspberry Pi Zero W* module was programmed with *MicroPython*. The user can view messages sent by the *homBot* to *slack* from the application running on a computer or mobile device. Tests were performed to determine the communication range of the *homBot* to the WiFi access point to the Internet. The results showed that the range was 32 meters with line of sight using the antenna integrated to the embedded device and 73 meters with an external antenna connected.

**Keywords**—*HomBot*, *MicroPython*, *Raspberry Pi*, video surveillance, WiFi

## I. INTRODUCCIÓN

Con la *IoT* (*IoT-Internet Of Things*) y la tecnología actual surgen los robots para el hogar inteligente, con una nueva denominación: *homBot*, especialmente aquellos que permiten que los hogares sean más limpios, saludables y cómodos para las familias. Es donde la mayoría de las empresas robóticas ven hacia dónde dirige la industria [1]. Por otro lado, la Internet es una red de computadoras a nivel mundial, que permiten intercambiar información entre ellas, a través de conexiones alámbricas, inalámbricas u ópticas utilizando el protocolo común *TCP/IP*, las normas de este protocolo establecen la forma en que transitan los datos por la red. Son muchas las ventajas que presenta el uso de la Internet, entre las cuales se encuentran: que es administrada por organizaciones sin ánimo de lucro, es abierta e independiente, y su acelerado crecimiento y flexibilidad son la clave que permite desarrollar aplicaciones de *IoT* [2].

La *IoT* es una red de dispositivos que se comunican entre sí sin ninguna intervención humana, usando la Internet. Los dispositivos crean, modifican, eliminan, envían y reciben datos entre sí por su cuenta, los cuales se utilizan para la toma de decisiones. En la nueva era de la *IoT* se recopila gran cantidad de datos que ingresan en algoritmos y sistemas artificialmente inteligentes en las dispositivos o cosas que están conectadas a la Internet como: computadoras, luces de habitaciones, refrigeradores, teléfonos inteligentes, punto de conexión electrónicos comerciales e industriales, interactúan para transmitir o recopilar datos. Al mismo tiempo con la *IoT*, surge la generación conectada de hoy en día como la *tecnología vestible* (*wearable technology*) que permite un número creciente de casos de uso: relojes inteligentes, relojes deportivos, rastreadores de actividad física, incluidos el pago electrónico, el acceso, el seguimiento de la salud, la educación y los juegos. Estos dispositivos y aplicaciones pueden activar notificaciones personalizadas o enviar alertas a los servicios conectados. Además, los *wearables* incorporan seguridad reforzada para que los usuarios no tengan que preocuparse por los datos personales o confidenciales [3]-[4].

De esta forma, el desarrollo tecnológico actual de la microelectrónica, inteligencia artificial y visión por

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Electrónica, Área de Sistemas Digitales, Av. San Pablo 180, Colonia Reynosa, C.P. 02200, Ciudad de México, México. \* vlji@azc.uam.mx.

computadora [5],[6] proporciona conectividad de gran ancho de banda, precisión de medición, de baja energía y estabilidad. Esto permite la automatización para la toma de decisiones con módulos embebidos de las familias *Raspberry Pi*, *Arduino*, *ESP32* y tarjetas similares, diseñadas para controlar dispositivos y cosas con el objetivo de conectarlos a la Internet vía *IoT* y favorecer el acceso a ellas desde cualquier parte del mundo. También, se agrupan microcontroladores eficaces con transceptores inalámbricos, que operan convenientemente con los protocolos de *IoT*, terminales de propósito general de entrada/salida (*GPIO-General Purpose Input Output*) programables e interfaces de comunicación que reconocen diferentes tipos de sensores y actuadores. Estos módulos permiten usar sistemas operativos y lenguajes de programación de código abierto, que facilitan al usuario el desarrollo de aplicaciones enfocadas a la *IoT* de manera eficiente y rápida [7].

En la mayoría de la comunicación de los dispositivos basados en la *IoT* se ocupa el esquema cliente-servidor en el que la comunicación usa los protocolos *IP* y *HTTP* para solicitar una página web, *FTP* cuando un cliente se conecta a un servidor de archivos y *TCP* y *UDP* para la transmisión de información. *UDP* se usa para videollamadas o llamadas de voz, donde se requiere una gran cantidad de datos transmitidos, mientras que *TCP* se usa para solicitudes *HTTP* o acciones similares, cada uno de ellos ocupa bastantes bytes para funcionar correctamente lo que implica eventualmente consumo de energía. Los protocolos de comunicación diseñados específicamente para *IoT* permiten el uso de hardware de bajo consumo de energía; por ejemplo, las redes *LPWAN (Low-Power Wireless Personal Area Networks)*, usan un protocolo de red diseñado con mecanismos de compresión de encabezado y encapsulación para la automatización que permite comunicarse con dispositivos a través de una red inalámbrica de baja potencia y con otros protocolos como *Ethernet* o *WiFi* [8].

Por otro lado, los bots denominados *homBots* son bastante populares y evidentemente útiles en el hogar, principalmente como auxiliares en quehaceres de limpieza, como los siguientes: *ROKUBOT* esteriliza el hogar, elimina el 99.9 % de bacterias, gérmenes y ácaros. La aspiradora robótica *iRobot Bravva jet 240* es un robot trapeador para ayudar a limpiar varios tipos de pisos y suciedad. El robot *Gladwell Gecko* es un limpiador de ventanas grandes y altas. La succión lo mantiene unido a la ventana, mientras que la inteligencia artificial ayuda a ubicar los bordes de las ventanas. *Grillbot* en la cocina realiza la limpieza automática de parrillas. *Worx Landroid*, con la misma tecnología que las aspiradoras robóticas, corta el césped y cuenta con sensores de lluvia que lo protegen cuando cambia el clima [9],[10].

Cuando el aprendizaje remoto se generalizó durante la pandemia del COVID-19, las escuelas y las familias tuvieron

que ser creativas rápidamente [11]. Uno de los mayores desafíos fue encontrar formas atractivas de conectarse con los niños y mantener sus mentes en crecimiento, por lo que estos robots permiten contribuir a esta conexión. Dentro de los robots educativos, destacan 1) *LEGO Education SPIKE Prime*, que ayuda al niño a aprender codificación, resolución de problemas y diseño creativo, 2) *Miko 2*, es un pequeño robot que puede escuchar, hablar y relacionarse con niños utilizando una variedad de voces, algoritmos y señas, 3) *Búho*, que físicamente no está en casa y el niño puede tener experiencia con él a través del aprendizaje electrónico y por último 4) *Wigl*, el pequeño robot con aspecto de insecto que baila basándose en las notas musicales y fue creado para inspirar a los niños a una edad temprana a ingresar a la robótica y la ingeniería. Estos y otros robots de telepresencia similares, están brindando a los maestros la capacidad de mejor una experiencia en el aula incluso cuando sus estudiantes están a distancia. Otros desarrollos de robots están dedicados a vigilancia y monitoreo de parámetros de control de sistemas ubicados en locación remota, en posición fija, los robots móviles se diseñan para realizar recorridos programados, a fin de evaluar parámetros [12],[14].

El desarrollo con asistentes de voz e *IoT* llevados a cabo durante los últimos años, son eminentemente comerciales, se puede conseguir una cantidad significativa de aplicaciones en distintos campos de la sociedad, entre los que se encuentran: el cuidado de la salud y hospitales [15],[17], monitoreo de personas [18] y en casas y ciudades inteligentes [19], entre otras. Pocos trabajos realizados se han dirigido a la enseñanza y educación o al monitoreo de hogares y oficinas.

El objetivo del trabajo presentado es usar el concepto de *IoT* para diseñar un prototipo de *homBot* usando un módulo embebido *Raspberry Pi Zero W* con acceso a Internet y una cámara de video, ambos ubicados en una plataforma robótica experimental de 4 ruedas previamente construida y controlada con un módulo *Arduino*. La función del prototipo es realizar la videovigilancia remota de un laboratorio y el envío automático de mensajes al personal que esté realizando trabajo desde casa, o en un lugar distinto de la oficina, detectando la presencia de una persona u objeto en la ruta recorrida.

Comúnmente, la forma con la cual el usuario envía mensajes, o habla con un *homBot*, es mediante una página web usada como interface de usuario, desarrollada como una aplicación. Una de ellas es *slack*, la cual es una aplicación de mensajería usada para conectar a empleados de empresas con el fin de acceder a la información que necesitan, conectándolas de forma tal que integren un equipo productivo. *Slack* proporciona un conjunto *APIS* y funciones que permiten enviar mensajes y alertas a una aplicación que se ejecuta en una computadora o en un dispositivo móvil desde un equipo digital como un *homBot*.

## II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

El sistema se implementó con un módulo embebido y un dispositivo de captura de video con una cámara de alta definición. La alimentación del sistema se realiza con un banco de baterías recargables, como se muestra en la Figura 1.

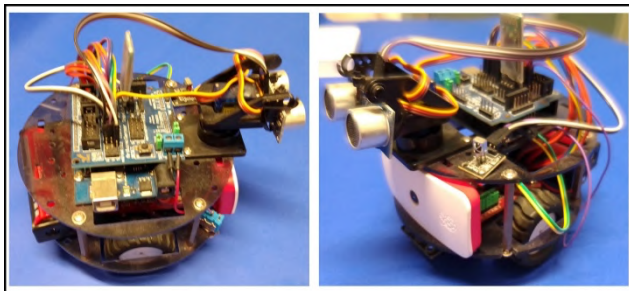


Figura 1. HomBot desarrollado  
Fuente Elaboración propia

Para el diseño del sistema con acceso a la internet, se eligió el módulo embebido *Raspberry Pi Zero W*, programado con *MicroPython*, por la facilidad para establecer la conexión Internet, además de admitir conectar con el protocolo *HDMI* un monitor externo, o una pantalla de TV. Para la captura de video e imágenes fijas se utilizó el módulo V1.3, compatible con el módulo anterior. El *homeBot* recorre periódicamente la ruta en el laboratorio marcada con una línea obscura. La línea está libre de obstáculos al frente y a los lados a una distancia de 30 centímetros.

### A. El módulo embebido *Raspberry Pi Zero W*

Se usó el módulo *Raspberry Pi Zero W* (Figura 2), para el desarrollo del sistema, ya que es apropiado para aplicaciones de *IoT* por sus características de: codificación de voz, transmisión de video HD de 1080P, audio estéreo en tiempo real y manejo de redes de sensores de bajo consumo de energía. Este módulo consiste en una tarjeta que integra un procesador *RISC ARM Broadcom BCM2835* con un núcleo de 32 bits a 1 GHz, usa voltaje de polarización de 3.3 V, consume en reposo 0.6 W @ 120 mA y a pleno rendimiento 1.19 W @ 230 mA. Incorpora las interfaces mediante las cuales el ARM puede acceder de forma segura los dispositivos periféricos del sistema diseñado: salidas mini *HDMI*, micro USB y alimentación, conector *CSI* para cámara de video, temporizadores, controlador de interrupciones, USB, controlador de *DMA*, maestro *I2C*, esclavo *I2C/SPI*, *SPI0*, *SPI1*, *SPI*, *PWM*, *UART* e interfaces para memoria *SD*, así como *LAN* inalámbrica 802.11 b/g/n (802.11n hasta 150 Mbps), *Bluetooth Classic v4.1* y *Bluetooth LE*. Adicionalmente, el módulo embebido cuenta con 40 terminales *GPIO* y memoria *RAM* de 512 MB. Es en sí una computadora que permite programar fácilmente las

terminales *GPIO*, algunas de ellas usadas para la interfaz de sensores y actuadores, a través del uso de diferentes lenguajes disponibles en sistemas operativos basados en algunas distribuciones de *Linux*, como por ejemplo *Raspbian*.

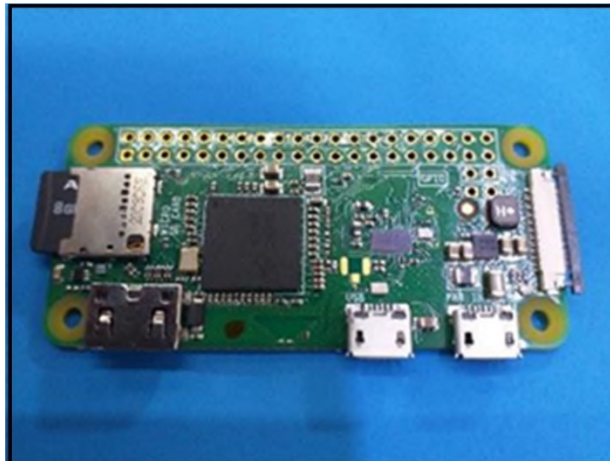


Figura 2. Módulo Raspberry usado en el homBot

Fuente: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-zero-2-w/>

### B. Dispositivo de captura de video

Se utilizó el módulo de cámara V 1.3 (Ver Figura 3), el cual posee un sensor de resolución nativa de 5 Megapíxeles compatible con *Raspberry Pi*.

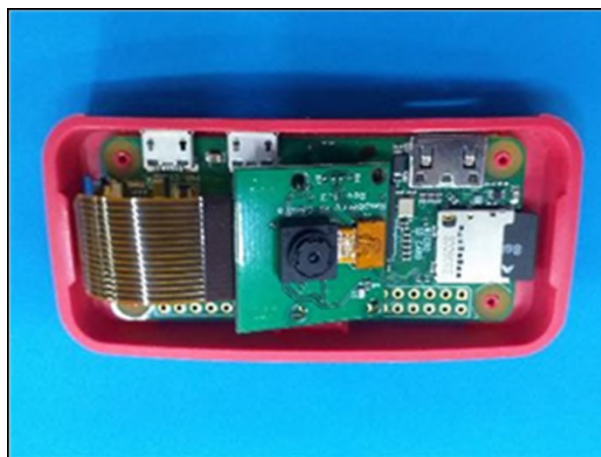


Figura 3. Módulo de cámara V 1.3 usado en el homBot

Fuente:

<https://www.raspberrypi.com/documentation/accessories/camera.html>

Esta cámara, cuenta con un lente de enfoque fijo para imágenes estáticas de 2592 x 1944 píxeles y video de 1080p30, 720p60 y 640x480p60/90. Utiliza la interfaz *CSI* para la conexión con *Raspberry Pi*. El bus *CSI* permite a la cámara lograr velocidades de datos de píxeles extremadamente altas hacia el procesador *BCM2835* y es compatible con la última versión de *Raspbian* usando una

interfaz de salida paralela 32 bytes de memoria programable de una sola vez (*OTP-One Time Programmable*). La cámara es usada por el *homBot* para capturar la imagen al detectar la presencia de una persona u objeto en su ruta, lo cual se lleva a cabo por medio de la función *camera.capture* de la biblioteca de código abierto *PiCamera*.

Se implementó el banco de poder recargable *MA-54*, el cual posee una capacidad de 40,000 mAh, con un consumo de carga de 5 V/1.5 A y dos salidas, una de 5 V/1 A y otra de 5 V/2 A.

### C. Comunicación cliente-servidor

La comunicación entre dos dispositivos o un servidor, conectados a la internet se realiza mediante *sockets* en configuración *cliente-servidor*, en el que un *cliente*, puede identificar al servidor, para enviarle datos y eventualmente obtener respuesta. Para la programación del módulo embebido se usó *Python*, aprovechando su simpleza de uso y la gran cantidad de plataformas disponibles y bibliotecas de funciones de código abierto. La combinación de una dirección *IP* y un puerto definen un servidor específico en todo el mundo, al cual se puede acceder. Esto permite el envío del correo electrónico al usuario con la imagen capturada por el *homeBot*, usando las bibliotecas de funciones de código abierto *socket* y *smtplib*. El correo es enviado desde una cuenta de *Gmail* utilizando las funciones *server.login* y *server.sendmail*.

La aplicación cliente, es una aplicación sencilla, en un teléfono móvil que se conecta a un servidor existente y envía un mensaje, para después recibir la respuesta del servidor y mostrarse en la pantalla del teléfono. Como cliente, también se puede tener al móvil. Es sustancial que la comunicación cliente-servidor puedan enviar y recibir datos. Por lo que se implantó comunicación avanzada cliente-servidor con llamadas de *API* y otras bibliotecas programadas del lado del servidor con la tarjeta *Raspberry Pi Zero W*.

### D. Cliente avanzado

El cliente es en realidad la aplicación de *slack* que ejecuta el usuario. La plataforma de la aplicación *slack* proporciona un kit de desarrollo de software (*SDK-Software Development Kit*) mediante el cual la programación en *Python* del *homBot* envía las notificaciones a la plataforma usando *API*. Al detectar la presencia de personas u objetos, el *homBot*, adicionalmente el envío de la imagen capturada transmite un mensaje de alerta a la plataforma de *slack*, el cual puede visualizar el usuario en la aplicación que se ejecuta en una computadora o dispositivo móvil. En esta parte de la programación se utilizó la función *slack\_sdk.web* del *SDK*. El uso de *slack* en el teléfono móvil implicó descargar e instalar la aplicación y crear un equipo, o grupo de trabajo, para recibir las notificaciones y alertas enviadas por el *homBot*,

para este proyecto, el cliente no envía mensajes al servidor. En la Figura 4 se muestra la pantalla de un teléfono móvil donde se ejecuta la aplicación *slack* y en la cual se reciben las notificaciones del *homBot*.



Figura 4. Captura de pantalla de un teléfono móvil ejecutando la aplicación *slack* para recibir los mensajes del *homBot*

## III. RESULTADOS

Se consiguió integrar los dispositivos de hardware en el sistema diseñado, programado con *Python*, para establecer la configuración cliente servidor y la página web para activarlo como *homBot*. A pesar de que no se encuentran normalmente personas u objetos a 30 centímetros, o menos, del *homBot*, la cámara permite detectar obstáculos a una distancia máxima de 1.8 metros aproximadamente.

La comunicación inalámbrica del *homBot* se realiza por medio de la interface WiFi del módulo embebido *Raspberry Pi Zero W*, para acceder a la Internet a través de un punto de acceso. Se realizaron dos conjuntos de pruebas que tuvieron como objetivo medir el alcance de la comunicación WiFi con la antena integrada del módulo y una antena eterna. Para llevar a cabo estas pruebas, se ubicó el *homBot* a diferentes distancias del punto de acceso y se ejecutó un programa en el *Raspberry* que accede continuamente el sitio web de la ampliación *slack* para obtener nivel de la potencia de la señal WiFi recibida (*RSSI-Received Signal Strength Indicator*) desde el punto de acceso, usando la biblioteca de funciones *rssi*. En el primer conjunto de pruebas se utilizó la antena que tiene integrada la tarjeta del *Raspberry* y transmitir con línea de vista al punto de acceso a una velocidad de 100 Mbps. Los resultados indicaron que alcance de la comunicación es 32 metros y el nivel *RSSI* fue -60 dBm. A distancias mayores a 32 metros la potencia decreció aceleradamente hasta perder

el enlace. En la figura 5, se muestra la gráfica que comprueba este hecho. En el segundo conjunto de pruebas se usó una antena externa conectada a la tarjeta del *Raspberry* transmitiendo a la misma velocidad del conjunto anterior y el alcance logrado fue 73 metros, siendo el nivel *RSSI* -70 dBm.

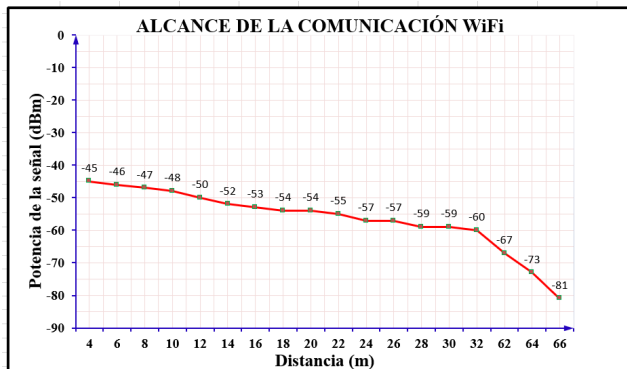


Figura 5. Alcance de la comunicación WiFi del homBot usando la antena integrada del módulo Raspberry

El sistema consume a plena carga, en promedio, 450 mA. El último grupo de pruebas tuvo como objetivo determinar la duración de la batería. Para realizar estas pruebas se realizó una rutina que mantiene al *homBot* en movimiento continuo circular y lee cada hora el voltaje de la batería por medio de un canal del *ADC* del módulo *Raspberry*, registrando en un archivo de la memoria *SD* tanto el tiempo transcurrido desde el inicio del movimiento como el valor de voltaje. Los resultados mostraron que la batería puede alimentar al sistema aproximadamente 48 horas continuas, transcurrido este tiempo, el *homBot* se detuvo cuando el voltaje de la batería cae a los 3.05 V. (Ver figura 6)

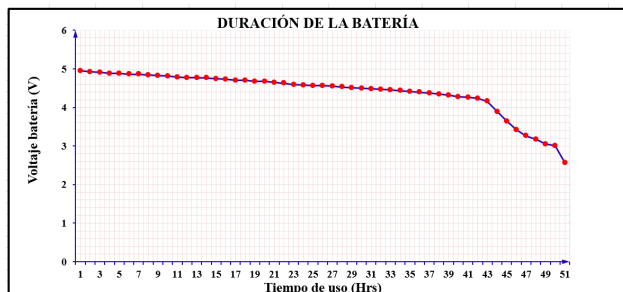


Figura 6. Duración de la batería

En la Figura 7a, se muestra una fotografía del *homBot* y en la Figura 7b una imagen capturada al detectar un obstáculo.

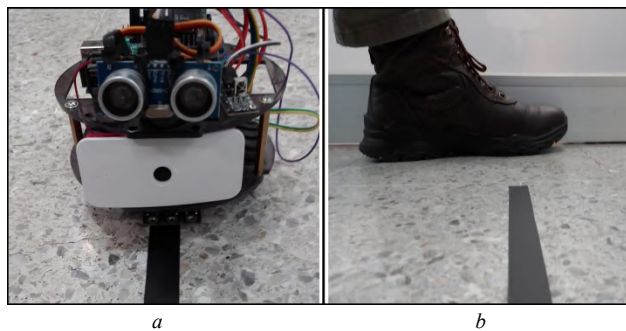


Figura 7. a)-Fotografía del homBot b)-Imagen capturada al detectar un obstáculo

#### IV. Discusión, Conclusión Y Recomendaciones

Se concluye que, el sistema obtenido es una buena opción como herramienta didáctica, para comprender los conceptos de la *IoT* y generar prototipos de *homBot's*. Se tiene planeado realizar una siguiente versión de este trabajo usando otro módulo *Raspberry* con más recursos para permitir disponer de mayor cantidad de respuestas en la comunicación entre el *homBot* y el usuario. Como complemento en domótica, se empleará la tarjeta *Raspberry Pi Zero W* y un sensor de temperatura y humedad *DHT11*. Es fácil configurar con la biblioteca de funciones proporcionada por el fabricante del sensor, ya que consta de solo tres terminales, uno para tierra, uno para los 5 V y el último para la señal que se conecta a una terminal *GPIO* apropiada de la tarjeta *Raspberry Pi*.

#### V. REFERENCIAS

- [1] Ackerman, E. y Guizzo, E. (2020). "A robot that keeps it simple: Hello robot wants to reinvent how autonomous machines perform tasks at home," in *IEEE Spectrum*, vol. 57, no. 10, pp. 11-11.
- [2] Kim, U. y Kim, J. (2020). "A Stabilized Feedback Episodic Memory (SF-EM) and Home Service Provision Framework for Robot and IoT Collaboration," in *IEEE Transactions on Cybernetics*, vol. 50, no. 5, pp. 2110-2123.
- [3] Zhou, H.; Yang, G.; Huang L. H.; Yang, H. y Pang. Z. (2020). "IoT-Enabled Dual-Arm Motion Capture and Mapping for Telerobotics in Home Care," in *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 24, no. 6, pp. 1541-1549.
- [4] Huang, J.; Tu, X. y He, J. (2016). "Design and Evaluation of the RUPERT Wearable Upper Extremity Exoskeleton Robot for Clinical and In-Home Therapies," in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 46, no. 7, pp. 926-935.
- [5] Gómez, L. V. y Miura, J. (2021). "Ontology Learning of New Concepts Combining Textural Knowledge, Visual Analysis, and User Interaction," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 146023-146037.
- [6] Lv, Y.; Fang, Y.; Chi, W.; Chen, G. y Sun, L. (2021). "Object Detection for Sweeping Robots in Home Scenes (ODSR-IHS): A Novel Benchmark Dataset," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 17820-17828.
- [7] Tanaka, Y.; Morie, T. y Tamukoh, H. (2020). "An Amygdala-Inspired Classical Conditioning Model Implemented on an FPGA for Home Service Robots," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 212066-212078.
- [8] Hu, K.; Gu, C. y Chen, J. (2022). "LTrack: A LoRa-Based Indoor Tracking System for Mobile Robots," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 71, no. 4, pp. 4264-4276.
- [9] Hazas, M. (2021). "Roombas and Landroids: Do Domestic Service Robots Save Energy?," in *IEEE Pervasive Computing*, vol. 20, no. 2, pp. 54-57.

- [10] Do, H. M.; Welch, K. C. y Sheng, W. (2022). "SoHAM: A Sound-Based Human Activity Monitoring Framework for Home Service Robots," in *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, a ser publicado.
- [11] Pang, G.; Yang, G. y Pang, Z. (2021). "Review of Robot Skin: A Potential Enabler for Safe Collaboration, Immersive Teleoperation, and Affective Interaction of Future Collaborative Robots," in *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, vol. 3, no. 3, pp. 681-700.
- [12] Herrero, R. P.; Fentanes, J. P. y Hanheide, M. (2018). "Getting to Know Your Robot Customers: Automated Analysis of User Identity and Demographics for Robots in the Wild," in *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 3, no. 4, pp. 3733-3740.
- [13] Sabnis, A.; Dwaracherla, V. y Vachhani, L. (2016). "Probabilistic Approach for Visual Homing of a Mobile Robot in the Presence of Dynamic Obstacles," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 63, no. 9, pp. 5523-5533.
- [14] Akabane, R. y Kato, Y. (2021). "Pedestrian Trajectory Prediction Based on Transfer Learning for Human-Following Mobile Robots," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 126172-126185.
- [15] Booth, K. E. C.; Mohamed, S. C.; Rajaratnam, S.; Nejat, G. y Beck, J. C. (2017). "Robots in Retirement Homes: Person Search and Task Planning for a Group of Residents by a Team of Assistive Robots," in *IEEE Intelligent Systems*, vol. 32, no. 6, pp. 14-21.
- [16] Tröbinger, M. et al. (2021). "Introducing GARMi-A Service Robotics Platform to Support the Elderly at Home: Design Philosophy, System Overview and First Results," in *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 6, no. 3, pp. 5857-5864.
- [17] Iglesias, A. et al. (2021). "Extending the Evaluation of Social Assistive Robots With Accessibility Indicators: The AUSUS Evaluation Framework," in *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, vol. 51, no. 6, pp. 601-612.
- [18] Pinheiro, P. R. et al. (2020). "Integration of the Mobile Robot and Internet of Things to Monitor Older People," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 138922-138933.
- [19] Miandashti, F. J.; Izadi, M.; Shirehjini, A. A. N. y Shirmohammadi, S. (2022). "An Empirical Approach to Modeling User-System Interaction Conflicts in Smart Homes," in *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, vol. 50, no. 6, pp. 573-583.



**Salgado Guzmán Gerardo.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1992. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y sistemas operativos. El Ing. Salgado realiza investigación con redes inalámbricas de sensores y actuadores.



**Sánchez Rangel Francisco Rangel.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1987. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1999. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores.



**Cosme Aceves José Francisco.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Su línea de trabajo es lenguajes de descripción de hardware. El Ing. Cosme realiza investigación con sistemas embebidos y seguridad en redes de computadoras.

## VI. BIOGRAFÍA



**Vega Luna José Ignacio.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1985. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1990. Labora actualmente en el área de Sistemas Digitales del Departamento de electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores y sistemas operativos. El M. en C. Vega realiza investigación con redes

inalámbricas de sensores y actuadores.



**Tapia Vargas Víctor Noé.** Ingeniería Electrónica, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1987. Maestría en Ciencias de la Computación, UAM-Azcapotzalco, Cd. de México, 1999. Labora actualmente en el Departamento de Electrónica de la UAM-Azcapotzalco. Sus líneas de trabajo son: aplicaciones de microprocesadores y microcontroladores, robótica e IoT.