

Servidor Web local con Autenticación y Administración de Usuarios basado en ESP32 para Viviendas Inteligentes

*Local Web Server with User Authentication and Management based on
ESP32 for Smart Homes*

AUTORES: Alfonso Jacinto Agama Chico^{1*}

Juan Fernando Saa Ayala²

Emerson Gabriel Baldeón Navarrete³

Octavio Alexander Bajaan Ortiz⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: aagama@utb.edu.ec

Fecha de recepción: 28/08/2022

Fecha de aceptación: 13/11/2022

RESUMEN

Actualmente, debido a la crisis económica mundial que existe, muchas personas tratan de ahorrar la mayor cantidad de dinero posible, sobre todo en los servicios básicos de las viviendas, ya que dependen directamente del uso que requiera cada persona, por ello es importante buscar alternativas que permitan minimizar los gastos en cuanto a los recursos del hogar. El propósito del presente artículo fue desarrollar un sistema que permita controlar, monitorear y automatizar una vivienda a bajo costo, desde cualquier dispositivo con un navegador web, conectado a la red local Wi-Fi de la vivienda con o sin internet e inclusive por medio de la propia red Wi-Fi que proporciona la tarjeta de desarrollo ESP32 actuando como Access Point. Se logró desarrollar un sistema con la posibilidad de utilizarlo con diversos dispositivos que contengan un navegador web, manteniendo las

^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-2839-5126>, Universidad Técnica de Babahoyo. aagama@utb.edu.ec

² <https://orcid.org/0000-0001-7996-0757>, Universidad Técnica de Babahoyo. jsaayala@fafi.utb.edu.ec

³ <https://orcid.org/0000-0001-9043-3034>, Universidad Técnica de Babahoyo. ebaldeon039@fafi.utb.edu.ec

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-5020-3100>, Universidad Técnica de Babahoyo. obajana894@fafi.utb.edu.ec

mismas funcionalidades con un diseño web responsive, de fácil manejo, control de acceso y gestión de usuarios, además de brindar la facilidad de actualización del firmware del sistema de forma inalámbrica.

Palabras Clave: Domótica, Aplicación Web, WebSockets, Arduino JSON, SPIFFS, AsyncElegantOTA, Internet de las Cosas.

ABSTRACT

Currently, due to the global economic crisis that exists, many people try to save as much money as possible, especially in basic housing services, since they depend directly on the use that each person requires, for this reason it is important to look for alternatives to minimize expenses in terms of household resources. The purpose of this article was to develop a system that allows to control, monitor and automate a house at low cost, from any device with a web browser, connected to the local Wi-Fi network of the house with or without internet and even through the Wi-Fi network itself provided by the ESP32 development board acting as an Access Point. It was possible to develop a system with the possibility of using it with various devices that contain a web browser, maintaining the same functionalities with a responsive web design, easy to use, access control and user management, in addition to providing the ease firmware updating of the system wirelessly.

Keywords: Home Automation, Web Application, WebSockets, Arduino JSON, SPIFFS, AsyncElegantOTA, Internet of Things.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas las personas han podido disfrutar de grandes avances a nivel tecnológico que ha supuesto un cambio en la forma de interactuar con el entorno (Andreu, 2020), la incursión de internet y las tecnologías de la información y comunicación (TIC`s) han generado diversos cambios en la sociedad, como la posibilidad de intercambiar información mundialmente, motivo por el cual han pasado a tener un papel protagónico para mediar el desarrollo, siendo su ausencia signo de subdesarrollo (Flores, Hernández, & Garay, 2020). Actualmente la tecnología es una parte fundamental de nuestras vidas. Estos avances tecnológicos se encuentran por doquier, formando parte de la sociedad en

la que vivimos; es fácil encontrarse con sitios en internet cada vez más seguros y sofisticados, haciendo la vida del ser humano más simple.

El internet de las cosas, o más conocido como IoT, es uno de los avances más significativos en la actualidad, ha dado la posibilidad de un mayor control por medio de sensores y ha optimizado la identificación de amenazas en la sociedad, en el cuerpo humano, entre otros espacios intervenidos (Montenegro, 2018). El IoT, a su vez, es un término muy ligado a la domótica, donde un usuario puede estar en cualquier parte del mundo mientras puede revisar el estado de su vivienda e incluso puede realizar tareas sin necesidad de estar dentro de ella (Cruz, 2018).

El Internet de las Cosas se está integrando muy rápida en la sociedad actual, sin embargo, muchos dispositivos se fabrican sin tener en cuenta los aspectos de seguridad y adaptabilidad de los diferentes usuarios (Montes, 2019).

Desde hace algunos años han aparecido muchos aparatos electrónicos con la posibilidad de ser controlados desde un smartphone con o sin conectividad a Internet, y con sensores especializados para diferentes fines, pero en la actualidad, contar con alguno de estos aparatos requiere una inversión importante de dinero, que simplemente muchas personas no pueden asumir. Además, estos equipos ya vienen definidos por un fabricante, lo cual hace que no se puedan adaptar a las diferentes necesidades de las viviendas, haciendo que las personas que adquieran estos equipos, deban pagarles a estos fabricantes un valor extra para cada aplicación adicional que los usuarios requieran.

A fin de no depender de la tecnología de un fabricante, el presente trabajo busca controlar, monitorear y automatizar una vivienda a bajo costo, utilizando sensores y en donde la tarjeta electrónica ESP32 actúe como un servidor web local utilizando un navegador web, la cual se puede encontrar en teléfonos, tablets, computadoras de escritorio y portátiles, dándole la posibilidad al usuario de usar cualquiera de estos medios para controlar su vivienda y a su vez, mediante la interfaz de usuario se pretende que existan opciones que permitan adaptar los dispositivos a las necesidades de cada vivienda. Cabe indicar que dicho control y monitoreo puede ser realizado dentro del área de cobertura de la red local Wi-Fi de la vivienda con o sin acceso a internet.

En los últimos años se ha venido trabajando en diferentes proyectos encaminados a optimizar el uso de recursos básicos en una vivienda tales como agua y energía eléctrica, mejorar el confort del usuario, además de brindar seguridad con el monitoreo de variables ambientales como humedad, temperatura, presión y calidad del aire tal como Espino, Yotziri, y Cossio (2020) en “Propuesta de un sistema de control, monitoreo y asistencia para optimización de recursos energéticos en el hogar” , Rodríguez, López, y Vega, (2017), con un “Sistema de monitoreo y control remoto usando IOT para un regulador de presión”, León (2020), en su trabajo “Desarrollo de una aplicación IoT para la gestión de un hogar inteligente mediante el protocolo MQTT y Sistemas en chip (SoC) ESP32”, Díaz (2019), en “Desarrollo de un sistema domótico basado en IoT para la seguridad residencial y mejoramiento del consumo energético, aplicando conceptos de Big Data”. Santiesteban (2021), en su trabajo “Sistema de iluminación domótico mediante comando de voz, para el laboratorio de electrónica y robótica de la Universidad Estatal del sur de Manabí”, Bocanegra (2018) con el “Diseño de un sistema domótico de bajo costo en una plataforma OpenSource bajo el concepto del IoT”, Vázquez (2019) con el “Diseño y desarrollo de un sistema domótico de bajo costo” y Cedeño (2018) en su trabajo “Desarrollo de un sistema domótico y aplicación para dispositivos móviles Android para control de luces”.

Otros autores encaminaron su trabajo hacia la utilización de un sistema domótico para personas con discapacidad, entre los que tenemos a Rodríguez (2020) con el “Diseño de sistema domótico basado en IoT utilizando microcontrolador ESP32 mediante protocolo de comunicación MQTT, para paciente con diplejía braquial amiotrófica” y Del Rosario (2018) en su trabajo “Sistema Domótico de apoyo para personas con discapacidad motriz mediante tecnología móvil y reconocimiento de voz”.

Algunos autores emplearon esta tecnología para el procesamiento de residuos orgánicos tales como García (2020) en su trabajo “Diseño e implementación de un sistema IoT mediante la plataforma ESP32 para la automatización del proceso de compostaje de residuos orgánicos domésticos” y La Cruz & Otazú (2018) en el “Diseño e implementación de un sistema IoT mediante la plataforma ESP32 para la automatización del proceso de compostaje de residuos orgánicos domésticos”.

Los artículos antes mencionados corroboran el propósito del presente proyecto, ya que mantener monitoreado los recursos del hogar y poder controlarlos mediante un dispositivo es la manera más sencilla de facilitarle la tarea al usuario de monitorear los recursos de su vivienda, pero teniendo en cuenta que cualquier solución que se intente desarrollar debe ser de bajo costo, accesibilidad local con o sin internet y personalizable.

METODOLOGÍA

En la presente investigación, se desarrollará una interfaz web, la cual permita monitorear el estado de distintos sensores del hogar, en donde el usuario pueda contactarse desde cualquier dispositivo mediante un navegador web y controlar los recursos de su vivienda.

Debido a que se pretende ahorrar costos con respecto a los componentes y herramientas a utilizar, los materiales e instrumentos escogidos para el desarrollo del proyecto se muestran en la Tabla 1.

Materiales	Herramientas
Módulo de temperatura y humedad DHT11 Sensor ultrasonido HC-SR04 Sensor de luz LDR. 3 diodos led Jumpers Esp32 DoIt Devkit v1 Board Protoboard Resistencias 3 de 330 Ω , 1 de 10k Ω , 1 de 1k k Ω y 1 de 2k Ω	Arduino IDE (C/C++) Visual Studio Code (HTML, CSS, Javascript)

Tabla 1. Materiales usados en el proyecto

Fuente: Elaboración propia

Para lograr desarrollar el sistema, en primer lugar, se deben realizar las configuraciones necesarias en la placa ESP32, por ello es necesario haber descargado las librerías que se mencionan en la Tabla 2, ya que no vienen por defecto al instalar el entorno de desarrollo del Arduino Ide, estas librerías nos permitirán realizar varias funciones dentro del sistema a desarrollar.

Librería	Enlace	Descripción
ESPAsyncWebServer	https://github.com/me-no-dev/ESPAsyncWebServer	Es una librería Open Source que permite configurar un servidor HTTP y WebSocket asíncrono, con la capacidad de atender a varios clientes de forma simultánea.
ESPAsyncTCP	https://github.com/me-no-dev/ESPAsyncTCP	Esta es una biblioteca TCP totalmente asíncrona, destinada a permitir un entorno de red multiconexión sin problemas, es la base para la implementación de la librería ESPAsyncWebServer.
DHT sensor library	https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library	Una biblioteca Arduino para la serie DHT de sensores de temperatura/humedad de bajo costo.
ArduinoJson	https://github.com/bblanchon/ArduinoJson	ArduinoJson es una biblioteca C++ JSON para Arduino e IoT (Internet de las cosas).
SPIFFS	https://github.com/me-no-dev/arduino-esp32fs-plugin	Complemento de Arduino que empaqueta la carpeta de datos del boceto en la imagen del sistema de archivos SPIFFS y carga la imagen en la memoria flash ESP32.
AsyncElegantOTA	https://github.com/ayushsharma82/AsyncElegantOTA	La biblioteca AsyncElegantOTA crea un servidor web al que puede acceder en su red local para cargar nuevos archivos o firmware en el sistema de archivos (SPIFFS).

Tabla 2. Instalaciones necesarias en la placa ESP32

Fuente: Elaboración propia

En la interfaz gráfica del usuario, se deben cumplir ciertos requerimientos, orientados a facilitar el trabajo del usuario de monitorear y controlar los dispositivos del hogar, dichos requerimientos deben estar exentos de ambigüedades con el fin de alcanzar un producto de calidad (Lucero & La Serna, 2018). Los requerimientos reflejan las necesidades de los clientes, estos marcan el punto de partida para actividades como costos, definición de recursos, entre otros, e inician cuando comienza un proyecto y pueden variar a lo largo

de este (Rípodas, 2018), para lo cual hemos establecido en la Tabla 3 los requerimientos funcionales de la presente investigación.

Numero	Requerimiento	Descripción
RF1	Inicio de sesión de usuario	Es necesario que los usuarios ingresen sus credenciales de acceso para poder asegurar la seguridad de la vivienda.
RF2	Administración de usuarios	El administrador puede crear y eliminar nuevos usuarios como invitados, los cuales tendrán acceso también al control y monitoreo de la vivienda, pero sin poder crear otros usuarios.
RF3	Control de luces	Debe existir un apartado, en el cual el usuario pueda monitorear el estado de las luces y a su vez poder manipularlos a su gusto.
RF4	Lectura de sensores	Existen distintos sensores dentro del hogar que deben ser necesarios de monitorear para saber el estado en el que se encuentran.

Tabla 3. Requerimientos funcionales del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Cabe indicar de la importancia de los requerimientos no funcionales, aquellos que son características propias que posee la aplicación, como el rendimiento, o seguridad, lo cual quiere decir que, no se especifica el comportamiento ni que funciones cumple, sino la manera en la que la aplicación efectúa dichas funciones (De las Nieves, 2019), los cuales mostramos en la Tabla 4.

Numero	Requerimiento	Descripción
RNF1	Rendimiento	La aplicación web debe monitorear y presentar los datos obtenidos de los sensores en tiempo real, por ello, un aspecto a considerar es el rendimiento de la aplicación, la cual debe ser óptima y con tiempos de espera muy cortos.
RNF2	Adaptabilidad	Debido a que se pretende que los usuarios puedan manipular los sensores de su hogar desde cualquier dispositivo, sea un smartphone, Tablet, o computadora, esta aplicación web debe poner adaptarse a las dimensiones de estos

		dispositivos, para que el usuario no se sienta incomoda al usarla.
RNF3	Disponibilidad	Es necesario considerar la disponibilidad en la aplicación web a desarrollar, debido a que debe ser posible para los usuarios, poder ingresar a la interfaz gráfica del control de sensores del hogar en cualquier día y hora del año.
RNF4	Seguridad	La aplicación web está orientada a que los usuarios de un determinado hogar manipulen los sensores que se encuentran dentro de la misma, por ello se debe garantizar que ninguna persona no autorizada, pueda manipular los objetos de la vivienda.

Tabla 4. Requerimientos no funcionales del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente realizamos las conexiones entre la placa con el ESP32, los sensores y luces led, teniendo en cuenta que al no utilizar algún protocolo de transmisión de datos como I2C o SPI, empleamos cualesquiera de pines de entrada-salida de la tarjeta de desarrollo ESP32. En la Figura 1 se presenta la manera adecuada de conectar los materiales para llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

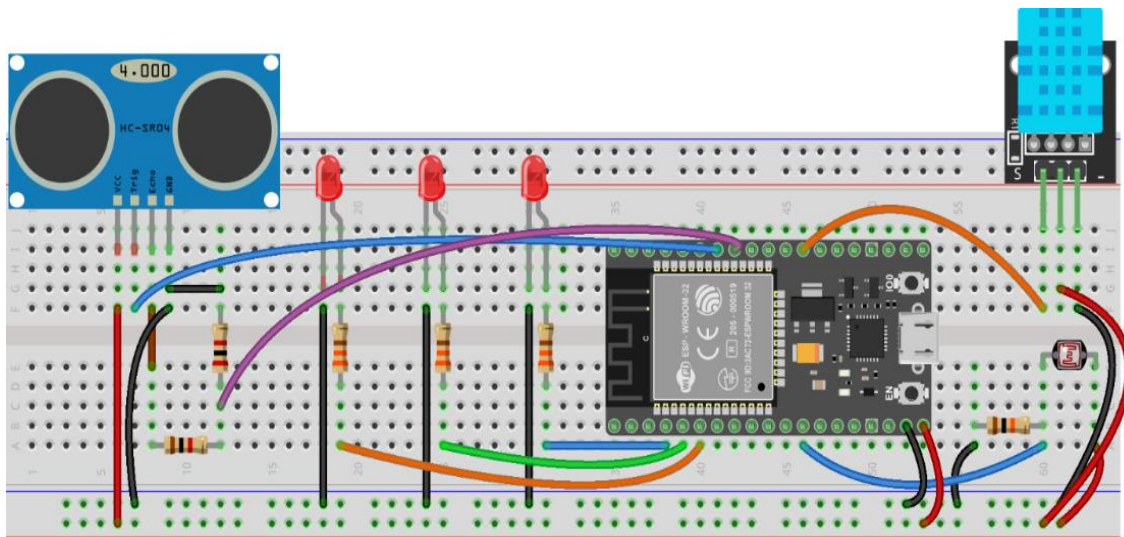


Figura 1. Esquema de conexiones

Fuente: Elaboración propia

Luego, mediante los diagramas de casos de uso de la Figura 2, se muestran a los actores y las funciones que utilizará nuestro sistema web, teniendo en cuenta que al mismo tiempo pueden estar utilizando el aplicativo web uno o varios usuarios y que el cambio realizado por uno de los usuarios, éste se verá reflejado casi instantáneamente en el navegador de los demás usuarios. Para lo cual haremos uso de la tecnología Websockets a fin de mantener una comunicación interactiva entre diferentes navegadores y el mismo servidor, es decir, el ESP32.

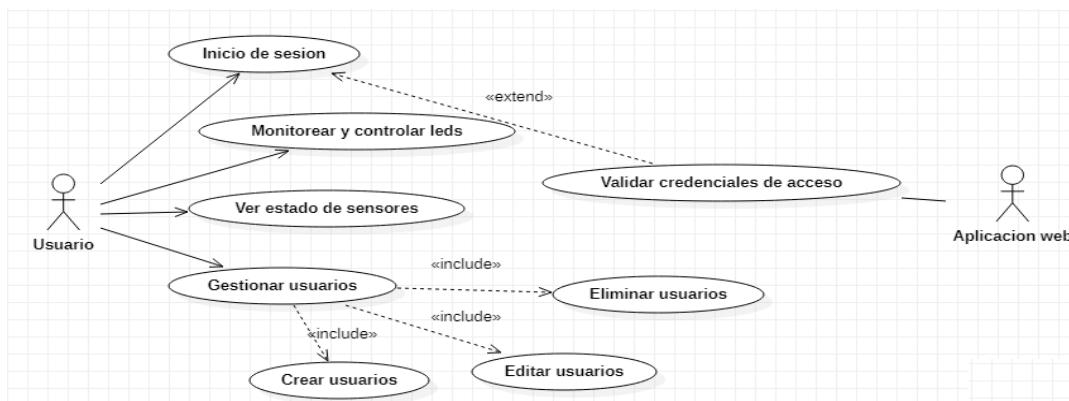


Figura 2. Diagrama de casos de uso

Fuente: Elaboración propia

La particularidad de que la tarjeta ESP32 funcione como un servidor web, provee la ventaja de ser usada por los distintos dispositivos que estén conectados dentro de la misma red, como se muestra en la Figura 3. Esto permite que, con el simple hecho de conectarse a la misma red, inclusive sin tener acceso a internet, se puede controlar los objetos del hogar.



Figura 3. Funcionalidad del ESP32 de comportarse como un servidor local

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4 muestra el flujo de procesos general que se sigue para poder administrar los sensores del hogar. En primer lugar, se necesita estar conectados a una red Wi-Fi, que puede ser una red LAN con o sin acceso a internet o en su defecto la misma red Wi-Fi proporcionada por la tarjeta ESP32 actuando como Access Point, caso contrario nunca iniciará el servidor y posteriormente se tendrá que iniciar sesión correctamente para monitorear los respectivos sensores y variar el estado de los leds.

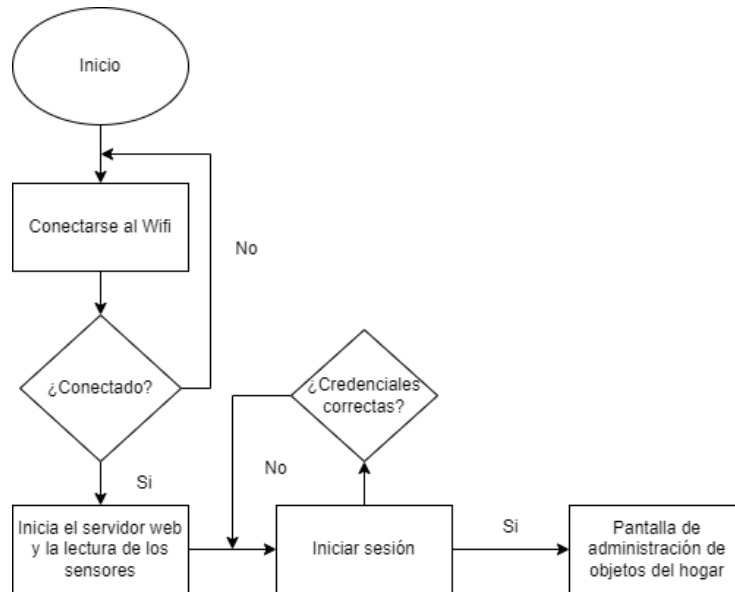


Figura 4. Flujo de procesos interno para el inicio del servidor local

Fuente: Elaboración propia

Es importante aclarar que, para tener un control de actuadores y monitoreo de sensores fácil de adaptar a nuevas necesidades, fue necesario realizar el envío de mensajes en formato JSON, siendo esto posible gracias al uso de la librería ArduinoJson para la programación del Backend en el servidor, que en nuestro caso es la tarjeta de desarrollo ESP32. Es necesario aclarar que, para realizar todas las funciones antes mencionadas, se tuvo la necesidad de utilizar la herramienta Visual Studio Code para colocar toda la lógica de las páginas webs y sus funcionalidades, que podrán ser visualizadas dentro del sistema web, mientras que se utilizó Arduino IDE para importar dichas paginas al código del sistema en general, logrando que posteriormente toda esta programación pueda ser subida a la tarjeta ESP32 y logre los objetivos planteados.

RESULTADOS

Mediante los requerimientos planteados anteriormente, se definió el diseño y el posterior desarrollo de la aplicación web para manipular objetos dentro del hogar, lo cual beneficiaría a las personas que no puedan costear sistemas de domótica definidas por fabricantes.

A continuación, se presentan las pantallas de la aplicación web funcionando:

Las Figuras 5 y 6 presentan un formulario de inicio de sesión en donde el usuario tendrá que ingresar sus credenciales de acceso para poder manipular las opciones que tiene la aplicación web, caso contrario, se le negará el acceso.

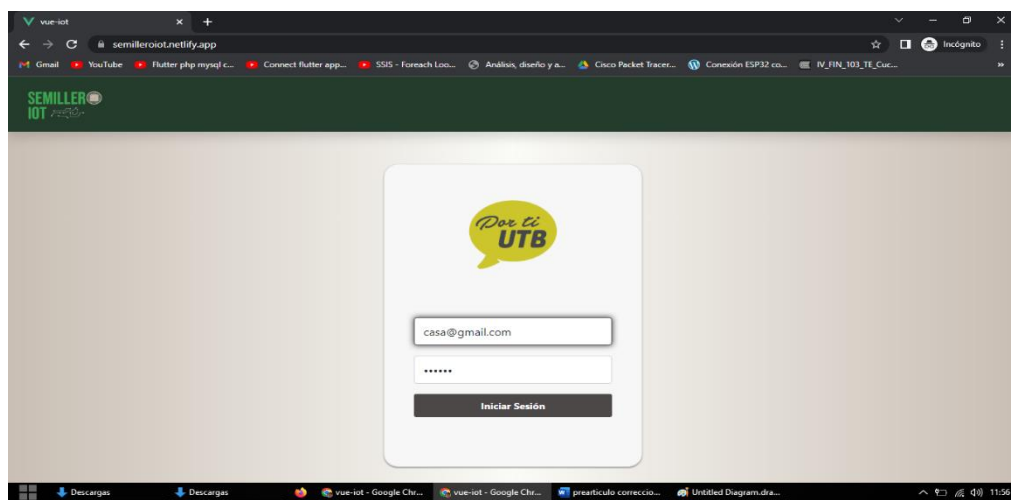


Figura 5. Formulario de inicio de sesión accedido desde un computador

Fuente: Elaboración propia

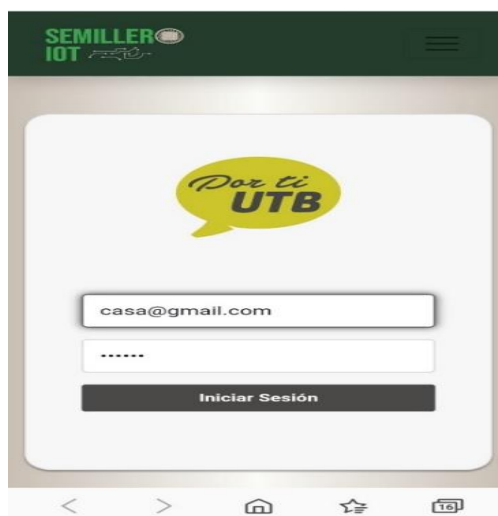


Figura 6. Formulario de inicio de sesión accedido desde un SamrtPhone

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en las Figuras 7 y 8, si las credenciales de acceso están correctas, la siguiente pantalla que se mostrará, corresponde a la administración de los leds, donde no solo podrá monitorear si están encendidos o apagados los leds, sino que el usuario también puede manipularlos a su gusto.

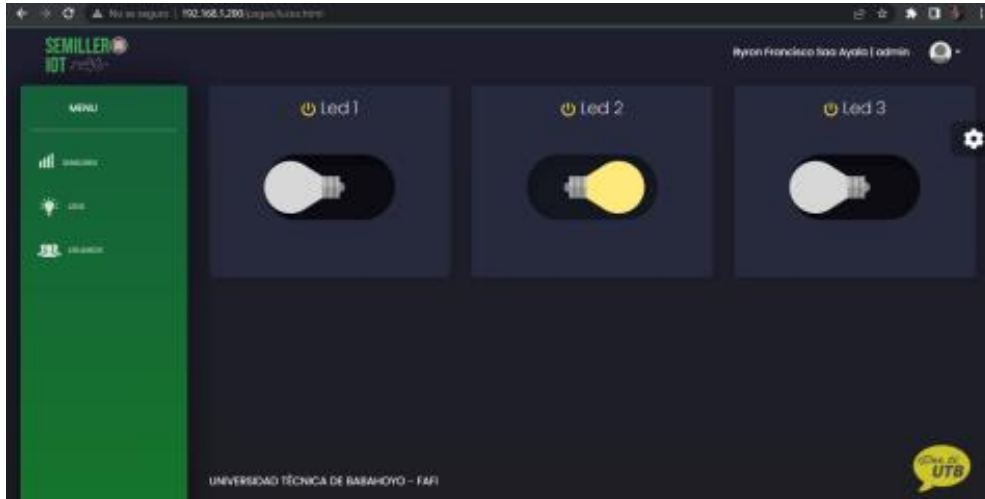


Figura 7. Pantalla de administración de leds, accedido desde un Computador

Fuente: Elaboración propia

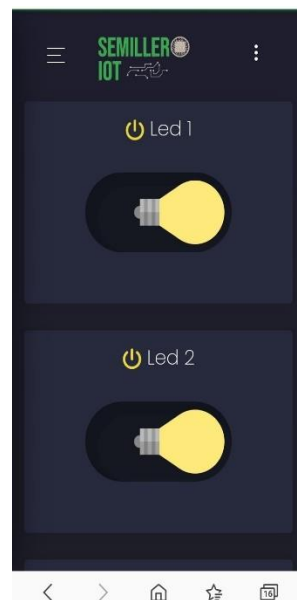


Figura 8. Pantalla de administración de leds, accedido desde un SmartPhone

Fuente: Elaboración propia

Otra de las pantallas disponibles corresponde a la del monitoreo de sensores, tal como se puede apreciar en las Figuras 9 y 10, donde el usuario podrá observar las lecturas obtenidas por los sensores y tomar sus respectivas decisiones, para mantener en óptimo estado su vivienda.



Figura 9. Pantalla de monitoreo de sensores, accedido desde un Computador

Fuente: Elaboración propia

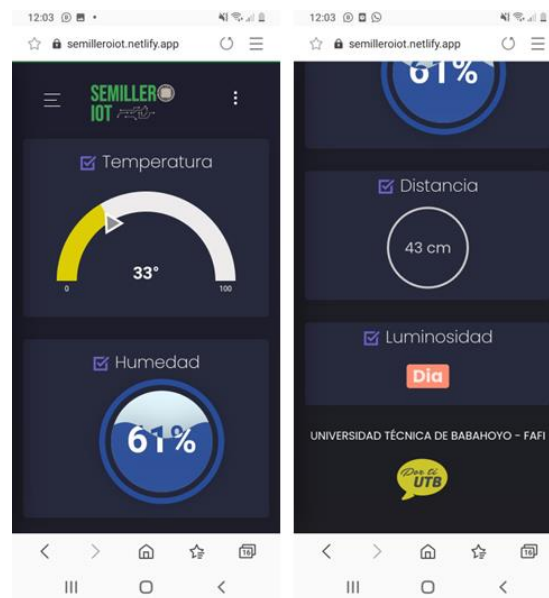


Figura 10. Pantalla de monitoreo de sensores, accedido desde un SmartPhone

Fuente: Elaboración propia

Por último, en las Figuras 11 y 12, se observa los usuarios que actualmente están habilitados para acceder al monitoreo del hogar, así mismo el usuario administrador podrá gestionar los accesos de usuario para mantener la seguridad de su hogar.

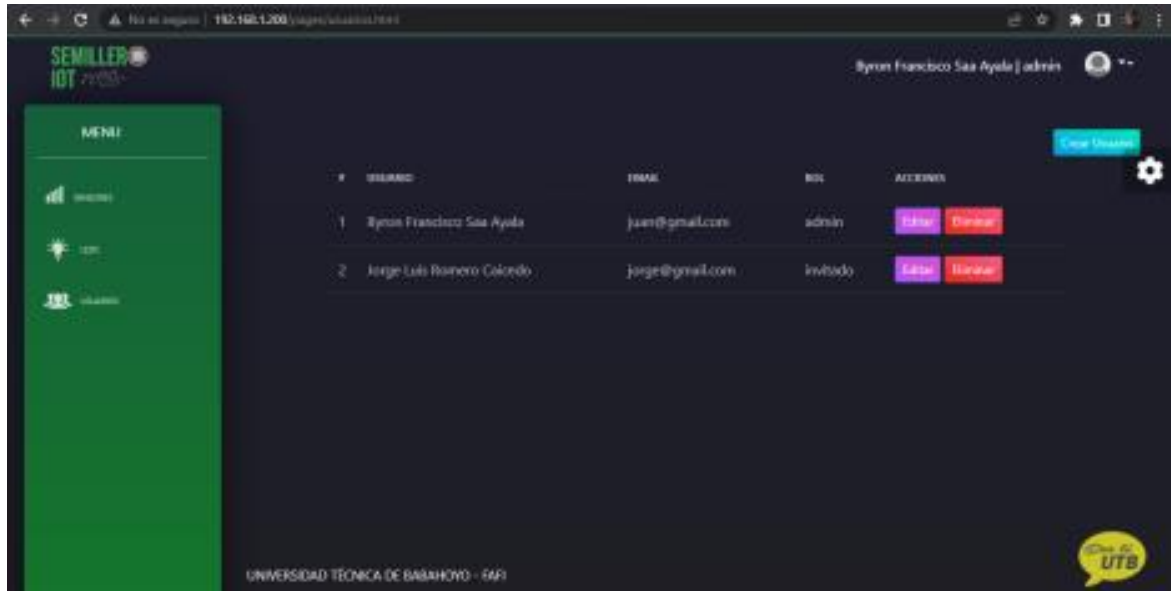


Figura 11. Pantalla de gestión de usuarios, accedido desde un Computador

Fuente: Elaboración propia

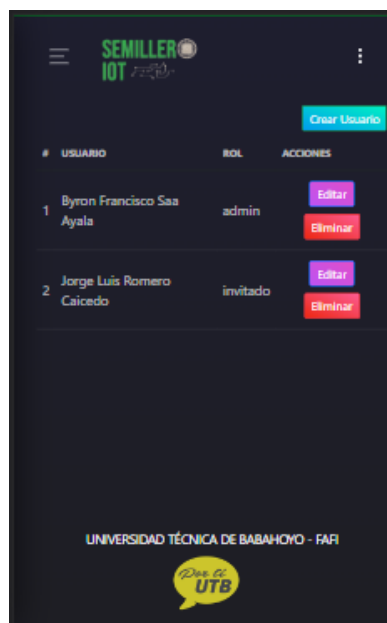


Figura 12. Pantalla de gestión de usuarios, accedido desde un SmartPhone

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

Mediante los resultados obtenidos, se puede concluir que es posible desarrollar un sistema para monitorear y controlar los objetos del hogar a un bajo costo, pero es importante mencionar que el presente trabajo puede ser mejorado e inclusive también puede quedar obsoleto, debido a las nuevas tecnologías en el área del internet de las cosas.

En comparación al proyecto de Espino, Yotziri, & Cossio (2020), denominado “Propuesta de un sistema de control, monitoreo y asistencia para optimización de recursos energéticos en el hogar”, se puede mencionar que persigue objetivos similares a la presente investigación, con respecto al aprovechamiento de los recursos del hogar, sin embargo, los investigadores en su estudio desarrollaron una aplicación Android, sin tomar en cuenta algunas situaciones que le podrían suceder al usuario que no le permitiesen administrarlo en todo momento, por ejemplo, al usuario se le puede perder o dañar el dispositivo, también puede tener lleno el almacenamiento de su SmartPhone y en esos casos sería imposible tener una estrategia rápida para poner monitorear los recursos de su hogar, mientras que en la presente investigación, se pensó en realizar la misma actividad de monitorear recursos del hogar, pero que pueda ser accedida desde un navegador, sin necesidad de estar conectado a internet, ayudándole a administrar los recursos de su hogar desde cualquier dispositivo y con una interfaz adaptable al tamaño del dispositivo del usuario.

En el transcurso de la investigación también se han podido encontrar proyectos que buscan objetivos similares en relación al bajo costo de un sistema IoT, uno de esos proyectos es el de Bocanegra (2018) en su trabajo denominado “Diseño de un sistema domótico de bajo costo en una plataforma OpenSource bajo el concepto del IoT”, debido a que tuvo el propósito de diseñar, construir, e implementar un sistema domótico con una buena relación costo-beneficio, lo cual demuestra que aunque un sistema IoT es una buena forma de gestionar los recursos del hogar, es necesario tener en cuenta el costo de los materiales, ya que muchas de las personas que podrían requerir estos sistemas para sus hogares, son individuos que no cuentan con un gran poderío económico.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el proyecto, se llegó a la conclusión de que es posible desarrollar de un sistema de control y monitoreo de una vivienda mediante un servidor web local, que incluya la visualización en tiempo real de las mediciones recolectadas por los sensores y que puede ser accedida desde cualquier dispositivo con un navegador web, debido a que la tarjeta electrónica ESP32 actúa como servidor web y a la posibilidad de gestionar la comunicación por medio de Web Sockets, gracias a esto, el usuario puede gestionar los recursos de su hogar mediante una interfaz sencilla, de bajo costo y personalizable.

El diseño web responsive, de fácil manejo, control de acceso y gestión de usuarios, además de brindar la facilidad de actualización del firmware del sistema de forma inalámbrica, también permite que el usuario se sienta cómodo y que pueda manejar el sistema sin complicaciones, ya que el sistema se adapta a las medidas de las pantallas de los diferentes dispositivos en los cuales el usuario se conecte, manteniendo las mismas funcionalidades y acomodándose a las necesidades de los usuarios.

Durante el desarrollo de esta investigación también se concluye que para futuras investigaciones es necesario contar con sensores más eficaces, debido a que los utilizados en la investigación mostraban datos cercanos a la realidad, pero no exacto, lo cual podría confundir a los usuarios al momento de la toma de decisiones con respecto a la gestión de los recursos de su hogar.

Por último, el sistema presentado en esta investigación solo puede ser accedido, si el dispositivo del usuario se encuentra conectada dentro de la red del hogar, así que es recomendable que en futuras investigación se encuentre una manera posibilitar al usuario, el acceso al sistema web desde cualquier parte del mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreu, A. (2020). DOMOTIZACIÓN Y CONTROL DE UNA VIVIENDA. (*Trabajo final de grado*. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA). Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/147567/Andreu%20-%20DOMOTIZACI%C3%93N%20Y%20CONTROL%20DE%20UNA%20VIVIENDA.pdf?sequence=1>
- Bocanegra, R. (2018). DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO DE BAJO COSTO EN UNA PLATAFORMA OPENSOURCE BAJO EL CONCEPTO DEL IOT. (*Trabajo de grado*. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA). Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/18138?locale-attribute=en>
- Cedeño, F. (2018). Desarrollo de un sistema domótico y aplicación para dispositivos móviles Android para control de luces. *Trabajo de grado*. Universidad Autónoma del Estado de México. Obtenido de <https://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94905>
- Cruz, W. (2018). DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y DE CONTROL DE ILUMINACIÓN PARA EL CONJUNTO CERRADO EL PORTAL DEL BOSQUE EN LA CIUDAD DE TUNJA. (*Trabajo de Grado*. UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA). Recuperado de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2535/1/TGT-1119.pdf>
- De las Nieves, M. (2019). “SWIRL”, *METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE APLICACIONES DE WEB*. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/IngyTec.2019.55>
- Del Rosario, G. (2018). SISTEMA DOMÓTICO DE APOYO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD MOTRIZ MEDIANTE TECNOLOGÍA MÓVIL Y RECONOCIMIENTO DE VOZ. (*Proyecto de investigación*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO). Recuperado de <https://redi.uta.edu.ec/handle/123456789/56074>
- Díaz, E. (2019). DESARROLLO DE UN SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN IOT PARA LA SEGURIDAD RESIDENCIAL Y MEJORAMIENTO DEL CONSUMO ENERGÉTICO, APLICANDO CONCEPTOS DE BIG DATA.

- (Trabajo de grado. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA). Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/32454>
- Espino, L., Yotziri, P., & Cossio, E. (2020). Propuesta de un sistema de control, monitoreo y asistencia para optimización de recursos energéticos en el hogar. *Research in Computing Science*, 149(11), 49-61.
- Flores, J., Hernández, R., & Garay, R. (6 de Septiembre de 2020). Tecnologías de información: Acceso a internet y brecha digital en Perú. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(90), 504-527. doi:<https://doi.org/10.37960/rvg.v25i90.32396>
- García, A. (2020). Diseño e implementación de un sistema IoT mediante la plataforma ESP32 para la automatización del proceso de compostaje de residuos orgánicos domésticos. (Trabajo final de Master. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA). Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/174747>
- La Cruz, J., & Otazú, A. (2018). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO UTILIZANDO PLATAFORMAS DE DESARROLLO COMO CONTROLADOR. (Trabajo de grado. Universidad de Lima). Recuperado de https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/8026/La_Cruz_Chac%C3%B3n_Jonat%C3%A1n?sequence=3&isAllowed=y
- León, A. (2020). Desarrollo de una aplicación IoT para la gestión de un hogar inteligente mediante el protocolo MQTT y Sistemas en chip (SoC) ESP32. (Trabajo de grado. Universitar Politècnica de València). Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/152402/Moreno%20-%20Desarrollo%20de%20una%20aplicaci%C3%B3n%20IoT%20para%20la%20gesti%C3%B3n%20de%20un%20hogar%20inteligente%20mediante%20el%20pro....pdf?sequence=1>
- Lucero, D., & La Serna, L. (2018). Automatización de requisitos: historias de usuario generadas a partir de un modelo orientado a objetivos basado en el framework i*. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 11, 57 - 72.
- Montenegro, J. (2018). INTERNET DE LAS COSAS: LA NUEVA GENERACIÓN DE INTERNET. APROPIACIÓN, CONEXIÓN, INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN LA ERA DIGITAL COLOMBIANA. (Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana). Recuperado de

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/46844/TG-MONTENENEGROJORGE.pdf?sequence=1>

- Montes, F. (2019). Seguridad en internet de las cosas. (*Trabajo fin de grado*. Universitat Oberta de Catalunya). Recuperado de <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/94466/8/fmontesgalTFG0619memoria.pdf>
- Rípodas, A. A. (Octubre de 2018). SGR: Sistema para la Gestión de Requerimientos. *Instituto de Investigación en Informática LIDI*, 652-661. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73290/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, J., López, A., & Vega, C. (2017). Sistema de monitoreo y control remoto usando IOT para un regulador de presión. *Scientia et Technica Año XXII*, 22(4), 391-397.
- Rodríguez, K. (2020). Diseño de sistema domótico basado en IoT utilizando microcontrolador ESP32 mediante protocolo de comunicación MQTT, para paciente con diplejía braquial amiotrófica. (*Tesis*. TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA LAGUNA). Recuperado de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/1660/1/%2801%29-TMCIE-2020-Kevin%20Arnold%20Rodr%C3%ADguez%20Vargas.pdf>
- Santiesteban, G. (2021). SISTEMA DE ILUMINACIÓN DOMÓTICO MEDIANTE COMANDO DE VOZ, PARA EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA Y ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. (*Trabajo de grado*. UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ). Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3134>
- Vázquez, M. (2019). Diseño y desarrollo de un sistema domótico de bajo costo. (*Trabajo Fin de Grado*. Universidad Carlos III de Madrid). Recuperado de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/30097/TFG_Miguel_Vazquez_Wilks_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y