



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INTERFAZ DE USUARIO EN DISPOSITIVOS DOMOTICOS.

Br. Velasco Rondón Luis Fernando

Mérida, Noviembre, 2019

Reconocimiento-No comercial- Compartir igual



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INTERFAZ DE USUARIO EN DISPOSITIVOS DOMOTICOS.

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero
Electricista

Br. Velasco Rondón Luis Fernando

Tutor: Prof. Francisco Viloría

Mérida, Noviembre, 2019

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INTERFAZ DE USUARIO EN DISPOSITIVOS DOMOTICOS.

Autor: Br. Velasco Rondón Luis Fernando

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente Jurado.

www.bdigital.ula.ve

M.Sc. Arraiz Budovalchew Ana

M.Sc. José Rafael Uzcategui

Prof. Francisco J. Vilorio M

DEDICATORIA

A Mis Padres Maritza Rondón y Gonzalo Duran, que a lo largo de mi formación académica y personal han estado presentes para apoyarme y aconsejarme en todo momento, por su motivación constante y amor infinito, por inculcar en mí el valor del estudio y enseñarme a ser una persona de bien.

A mi abuela Felida Duran, por siempre estar presente en cada paso y meta lograda, por sus buenos consejos y fe.

A Mis Hermanos Gonzalo Velasco, Marglory Velasco y Alfredo Velasco, gracias por todo el apoyo incondicional que siempre me han brindado y por ser mi ejemplo a seguir en lo personal y profesional.

A mis sobrinos Rafael Rivas y Laura Velasco, que mi logro académico sea ejemplo para ustedes, y logren formarse como profesionales más adelante.

A mis Familiares, por haber sido mi apoyo a lo largo de la carrera universitaria y a lo largo de mi vida. Por tantos buenos recuerdos y consejos dados tanto en el ámbito profesional como en el personal.

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso, por permitirme llegar hasta este momento, por guiarme, iluminarme y protegerme todos los días.

A la ilustre Universidad de Los Andes, por abrirme las puertas y permitirme crecer de manera profesional y como persona para poder lograr esta meta.

Al Profesor Francisco Vioria, por brindarme la oportunidad y su apoyo para llevar a cabo este trabajo de grado. Estoy eternamente agradecido por su paciencia y disponibilidad en cualquier momento.

A todos los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, por el tiempo y la dedicación al momento de impartir sus conocimientos con los estudiantes.

A mis amigos, tanto a los que tuve la dicha de conocer en la facultad, como a los que estuvieron a mi lado antes y durante toda la carrera universitaria. Gracias por todas las experiencias vividas y momentos compartidos, hicieron inolvidable esta etapa de mi vida.

RESUMEN

Autor: Br. Luis F. Velasco R. **INTERFAZ DE USUARIO EN DISPOSITIVOS DOMOTICOS**. Universidad de Los Andes. Tutor: Prof. Francisco Vilorio. Octubre, 2019.

Esta investigación tiene como finalidad facilitar la configuración de una red domótica usando una aplicación Android que permita realizar un control domótico a través de los módulos ESP8266-01. Para ello, se creó una aplicación Android que permite al usuario ingresar directamente a los servidores web creados por cada uno de los módulos, sin necesidad de que el usuario deba conocer las direcciones IP generadas por dichos módulos. Dependiendo de la configuración del módulo ESP8266, se puede denominar módulo principal o módulo secundario. El módulo principal permite habilitar la red de punto de acceso siempre y cuando el dispositivo este encendido, y el módulo secundario puede habilitar la red de punto de acceso solamente cuando no logre establecer conexión con la red indicada por el usuario. Es importante resaltar, que el módulo principal es el puente para ingresar en los servidores generados en los módulos secundarios. Adicionalmente, los módulos se pueden configurar de dos maneras, la primera configuración permite conectar los módulos entre si mediante el punto de acceso generado por el módulo principal, y el segundo tipo de configuración permite conectar los dispositivos a una red generada por un *router*. Los servidores web creados en cada módulo, permiten al usuario realizar el control domótico y modificar su configuración. Al realizar cambios de cualquier dato de la configuración, inmediatamente se guardan en la memoria eeprom de los dispositivos, dichos datos permanecerán guardados en tal caso de que el módulo se reinicie.

Descriptor: Domótica, Aplicación Android, Internet de las Cosas.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------------|
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO..... | III |
| RESUMEN | IV |
| ÍNDICE GENERAL..... | V |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VII |
| ÍNDICE DE TABLAS | IX |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO 1 | 3 |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.2.1 OBJETIVOS GENERALES | 3 |
| 1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 3 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| 1.4 METOLOGÍA..... | 4 |
| 1.5 ALCANCE | 5 |
| CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION | 6 |
| 2.2 DOMOTICA | 7 |
| 2.2.1 AHORRO DE ENERGIA | 8 |
| 2.2.2 CONFORT | 8 |
| 2.2.3 SEGURIDAD..... | 8 |
| 2.2.4 COMUNICACIÓN | 9 |
| 2.2.5 ACCESIBILIDAD | 9 |
| 2.3 INTERNET DE LAS COSAS (IdC) | 9 |
| 2.3.1 COSAS..... | 10 |
| 2.3.2 DISPOSITIVO | 10 |
| 2.4 ARQUITECTURA DEL INTERNET DE LAS COSAS..... | 11 |
| 2.5 APLICACIONES DEL INTERNET DE LAS COSAS..... | 11 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5.1 HOGAR..... | 11 |
| 2.6 SEGURIDAD Y PRIVACIDAD | 13 |
| 2.7 MODULO ESP8266-01 | 14 |
| 2.7.1 PROGRAMACION DEL ESP8266..... | 16 |
| 2.7.2 MODOS DE OPERACIÓN | 17 |
| 2.8 TCP/IP..... | 20 |
| 2.9 PROTOCOLO MDNS | 20 |
| 2.10 LENGUAJE HTML | 21 |
| 2.11 DIRECCIÓN MAC | 21 |
| 2.12 LENGUAJE JAVASCRIPT | 22 |
| 2.13 LENGUAJE CSS | 22 |
| 2.14 HERRAMIENTAS PARA DESARROLLAR APLICACIONES ANDROID | 22 |
| 2.15 REACT NATIVE..... | 24 |
| CAPÍTULO 3 DISEÑO DEL SERVIDOR WEB E INTERCONEXIÓN DE MÓDULOS | |
| ESP8266-01 | 25 |
| 3.1 INTERCONEXIÓN DE LOS MÓDULOS ES8266-01 | 25 |
| 3.2 FUNCIONAMIENTO MÓDULO PRINCIPAL..... | 27 |
| 3.3 FUNCIONAMIENTO MÓDULO SECUNDARIO..... | 32 |
| 3.4 COMUNICACIÓN UDP ENTRE LOS MÓDULOS..... | 37 |
| 3.4 FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN ANDROID | 38 |
| CAPÍTULO 4 EXPERIENCIA DEL USUARIO CON LA APLICACIÓN ANDROID Y | |
| SERVIDORES ESP8266-01 | 41 |
| 4.1 APLICACIÓN ANDROID | 41 |
| 4.2 SERVIDOR DEL MÓDULO PRINCIPAL | 45 |
| 4.3 SERVIDOR DEL MÓDULO SECUNDARIO | 47 |
| 4.4 CIRCUITOS RECOMENDADOS | 49 |
| CONCLUSIONES | 51 |
| RECOMENDACIONES | 52 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Pines del módulo ESP8266-01 [9]. | 15 |
| Figura 2.2 Modo de operación como estación. | 18 |
| Figura 2.3 Modo de operación como punto de acceso suave. | 18 |
| Figura 2.4 Modo de operación como cliente. | 19 |
| Figura 2.5 Modo de operación como servidor. | 19 |
| Figura 3.1 Configuración sin conexión a internet. | 26 |
| Figura 3.2 Configuración con conexión a internet. | 26 |
| Figura 3.3 Evento setup. | 27 |
| Figura 3.4 Evento loop. | 28 |
| Figura 3.5 Evento regresar1. | 29 |
| Figura 3.6 Evento configuración. | 29 |
| Figura 3.7 Evento control1. | 29 |
| Figura 3.8 Evento resetear. | 30 |
| Figura 3.9 Evento ON/OFF | 30 |
| Figura 3.10 Evento configuración WiFi. | 30 |
| Figura 3.11 Evento configuración punto de acceso. | 31 |
| Figura 3.12 Evento configuración del servidor. | 31 |
| Figura 3.13 Evento configuración ubicación. | 32 |
| Figura 3.14 Evento setup. | 33 |
| Figura 3.15 Evento loop. | 34 |
| Figura 3.16 Evento regresar. | 34 |
| Figura 3.17 Evento resetear. | 35 |
| Figura 3.18 Evento ON/OFF | 35 |
| Figura 3.19 Evento configuración WiFi. | 36 |
| Figura 3.20 Evento configuración punto de acceso. | 36 |
| Figura 3.21 Evento configuración del servidor. | 36 |
| Figura 3.22 Evento configuración ubicación. | 37 |
| Figura 3.23 Comunicación UDP. | 38 |
| Figura 3.24 Diagrama de flujo de la aplicación Android. | 39 |
| Figura 3.25 Evento ingresar al servidor. | 39 |
| Figura 3.26 Evento página de error. | 40 |
| Figura 3.27 Evento salir de la aplicación. | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.1 Pantalla de bienvenida..... | 42 |
| Figura 4.2 Página principal..... | 43 |
| Figura 4.3 Pagina de error. | 44 |
| Figura 4.4 Página principal del servidor del dispositivo principal. | 45 |
| Figura 4.5 Pagina secundaria del servidor del dispositivo principal. | 46 |
| Figura 4.6 Página de configuración del servidor del módulo principal..... | 47 |
| Figura 4.7 Página principal del servidor del módulo secundario. | 48 |
| Figura 4.8 Página de configuración del servidor del módulo secundario. | 48 |
| Figura 4.9 Esquema del circuito de potencia para la luminaria [2]..... | 49 |
| Figura 4.10 Esquema del circuito de potencia para un aire acondicionado [2]..... | 50 |

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Descripción de capas de la arquitectura del internet de las cosas [6]. | 10 |
| Tabla 2 Tipos de conexión [9]. | 17 |

www.bdigital.ula.ve

INTRODUCCIÓN

El concepto IoT (Internet of things o Internet de las Cosas) se propuso en 1999 en el MIT por Kevin Ashton, pero debido al avance tecnológico de los smartphones en la última década es donde ha crecido de manera sustancial su popularidad. Esto nos permitirá controlar cualquier objeto físico, al que se le puede aplicar conectividad a internet e interactuar con el usuario de manera sencilla. Debido a esto se han estado creando nuevos dispositivos, módulos, sensores, actuadores, plataformas y chips que permiten facilitar la creación de nuevos proyectos, sin importar el área en la que se realice la aplicación.

La importancia del internet de las cosas, se basa en tener el control sobre cualquier dispositivo que pueda conectarse a internet, donde el usuario pueda manejarlo de manera eficiente y pueda observarlo de tal manera que se integre e interactúe con otro dispositivo, para obtener datos relevantes para el usuario por medio de cada uno de los dispositivos y puedan facilitar la toma de decisiones por parte del usuario a cualquier lugar donde se implemente dicha solución.

Dicho control mencionado anteriormente se basa en la domótica, ya que se encarga de mejorar la calidad de vida de los usuarios en sus hogares, permitiendo automatizar cualquier vivienda y siempre planteando una experiencia del usuario simple y sencilla, para poder controlar cualquier instrumento en el hogar, en este caso luminarias.

Debido a que no existe un software que pueda realizar un control domótico completo, con dos o más dispositivos ESP8266-01 por consiguiente, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar una aplicación Android capaz de ingresar a los servidores creados por los dispositivos mencionados anteriormente, con la finalidad de establecer un control domótico.

El trabajo grado se ha estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo uno se plantea de manera detallada el problema y la justificación, así como los objetivos generales y específicos. Junto con la metodología del trabajo a seguir, alcances y limitaciones del mismo.

En el capítulo dos se explica de manera sencilla, las bases teóricas que sustentan la teoría para el desarrollo y comprensión del tema, así como los diferentes protocolos y lenguajes de programación que se utilizaron.

En el capítulo tres corresponde a la configuración de la aplicación Android e interconexión los dispositivos ESP8266-01 para formar una red domótica, su funcionamiento y tipos de configuraciones que posee dicho dispositivo.

En el capítulo cuatro se explica la experiencia del usuario con aplicación Android y los servidores creados en los dispositivos, de tal manera que el usuario pueda acceder de manera sencilla y sin complicaciones a dichos servidores.

CAPITULO 1

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el internet de las cosas (IdC) y la domótica, se están convirtiendo en una necesidad, ya que permite conectar objetos de una vivienda entre sí, haciendo uso de aplicaciones celulares en sistema operativo Android, que tienden a facilitar la vida diaria de los usuarios automatizando ciertos objetos del hogar, como las luminarias o distintos aparatos electrónicos, teniendo así un control total de la vivienda sin realizar ningún esfuerzo. Esto permite el desarrollo de nuevas interfaces, para que el usuario final de estos dispositivos tenga una mayor comodidad en el hogar, y para que pueda realizar la configuración de los dispositivos domóticos sin que el usuario sea un experto en el tema cuando tenga necesidad de modificar algún parámetro, de manera análoga a como es usado *Bluetooth* en la actualidad.

1.2 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES

- Crear una interfaz de usuario para configurar los dispositivos domóticos que forman la red domótica con o sin conexión a internet.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Programar una interfaz de usuario en un dispositivo Android para configurar los dispositivos domóticos.
- Definir el protocolo de comunicación entre el módulo principal y los clientes.

- Definir el protocolo de configuración en el módulo principal para inicializar cada cliente.
- Definir el protocolo de configuración de cada cliente.
- Estudiar las capacidades del circuito integrado ESP8266 y el entorno de programación Arduino

1.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, las aplicaciones domóticas tienen un auge cada vez mayor debido a la gran cantidad de ofertas existentes en el mercado debido al descenso en los costos de producción de los microcontroladores y los circuitos asociados. En el mercado existe una gran variedad de opciones de bajo costo para usar por medio de controles inalámbricos, así como por medio del celular.

Uno de los problemas existentes en las aplicaciones domóticas es el referido a la configuración de los dispositivos. Actualmente, los que se han desarrollado en la Universidad de Los Andes adolecen del problema de configuración, donde es el programador del sistema es el que tiene que configurarlo para que un tercero lo use, esto conlleva a que luego de programarlos es difícil contactar nuevamente al programador para usarlos en un nuevo ambiente o agregar nuevos dispositivos, lo que evidentemente tiene sus limitaciones. Existen dos escenarios en los que se debe abordar: cuando los dispositivos domóticos comparten una conexión de internet y los que forman su propia red, por lo que se requiere mejorar las interfaces de usuario para que con conocimientos mínimos puedan realizar dicha configuración.

1.4 METODOLOGÍA

Este trabajo se lleva a cabo mediante la revisión de los trabajos de investigación desarrollados anteriormente y una amplia documentación en la web, posteriormente se analizó los protocolos de comunicación y modos de operación del módulo ESP8266, para desarrollar la red domótica de tal manera que sea confiable, segura y de fácil acceso.

Luego se analizaron los diferentes tipos de plataformas en las cuales se podía realizar la aplicación Android, eligiendo React Native como entorno de trabajo para realizar dicha aplicación debido a su amplia documentación en la web.

Una vez recopilada la información necesaria para realizar la red domótica, y decidir en qué entorno de trabajo se realizaría la aplicación Android, se diseñaron los diagramas de bloques que muestran el funcionamiento de los servidores generados por el módulo principal y los clientes, así como la comunicación entre los dispositivos, la configuración de cada uno de los módulos que permite el accionamiento de cualquier dispositivo del hogar. Posteriormente se realizó una aplicación en Android que interconecta la interfaz de usuario con los servidores web que generan los módulos.

1.5 ALCANCE

El presente estudio abarca el análisis de la definición y funcionamiento de los sistemas domóticos, con el fin de diseñar e implementar una red domótica, a partir de varios módulos ESP8266 los cuales logran establecer una comunicación entre ellos, y dicha red domótica se podrá manipular en su totalidad a través de una interfaz de usuario Android, lo que permite al usuario poder realizar cualquier modificación de la configuración de cada uno de los dispositivos sin necesidad de que sea un experto en el tema.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo describiremos las características del módulo ESP8266-01, y otros componentes que se utilizaran para llevar a cabo el sistema que ayudara al control de una vivienda por medio de una aplicación.

Sera también de gran utilidad conocer las características de la domótica e internet de las cosas, su estudio definirá la manera más sencilla de comunicación en un sistema domótico.

Finalmente, en base al internet de las cosas, la domótica y el objetivo que se pretende conseguir con esta investigación utilizando herramientas de software, hardware y lenguaje de programación C, HTML y Reactjs. Lenguajes de programación y entornos de trabajo que permitirá la interconexión de los módulos con la aplicación Android que ayudará a conseguir los resultados que se desea alcanzar.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Barboza A (2013), El aporte y desarrollo del tema de: Implementación de un sistema de monitoreo y control de cargas eléctricas usando tecnología Arduino. Esta investigación tiene como finalidad implementar, un sistema de monitoreo y control de cargas eléctricas [1]. La investigación en estudio parte de un control domótico mediante Arduino, que se aplica a cualquier dispositivo que se encuentre en el hogar como: equipo de sonido, cafetera, iluminación, aire acondicionado, por lo que se diseñó una página web en donde el cliente o usuario puede controlar los equipos conectados a su preferencia, teniendo en cuenta que la carga que se va a controlar no puede ser mayor a 960W. Esto se puede modificar siempre y cuando se sustituyan los componentes involucrada en cada uno de los circuitos.

Sánchez A (2016), El aporte y desarrollo del tema de: **Diseño e implementación de un sistema domótico para el hogar**. La investigación en estudio tiene como finalidad implementar, un entorno de control para integrar los diferentes elementos que conforman un sistema domótico. con interconectividad WiFi [2]. Esta investigación implementa sistemas domóticos que son capaces de automatizar una vivienda, utilizando el protocolo de comunicación IEEE-802.11 por medio del modulo WiFi ESP8266. Desarrollando diferentes tipos de actuadores que permiten el accionamiento de las cargas a controlar. La comunicación entre el módulo ESP8266 y los actuadores se realiza vía WiFi y se elabora una interfaz gráfica de usuario utilizando Android Studio para realizar el control de cargas a través de *Smartphone o Tablet*. De igual manera se desarrolló una página web para realizar el control de las cargas, con el fin de realizar un sistema domótico adaptado a las necesidades de los usuarios. Se realizó el diseño de cuatro dispositivos domóticos: control de luminaria, control de aire acondicionado, control de cargas electrodomésticas y *dimmer*.

Bazarrueta R (2016), El aporte y desarrollo del tema de: **Implementación de invernadero con sistema de control y monitoreo inalámbricos**. Esta investigación desarrolla una plataforma de monitoreo y control en tiempo real de un invernadero para un clima templado [3]. La investigación en estudio parte de una plataforma de monitoreo y control en tiempo real basada en los módulos ESP8266. Se dispone de una serie de sensores colocados estratégicamente con el fin de obtener las condiciones internas del invernadero. Mediante los sensores y una aplicación Android, creada mediante una plataforma de Google Labs llamada App Inventor, se pueden monitorear las distintas variables, así como la variación de las mismas a lo largo del tiempo, permitiendo activar en caso de que sea necesario la calefacción, ventilación, humidificación o riego. En este caso los módulos ESP8266 incluyen una fuente de alimentación con sistema de respaldo con el fin de asegurar una alimentación continua del dispositivo.

2.2 DOMÓTICA

El termino domótica proviene de la unión de las palabras: domus (que significa casa en latín) y robótica (de robota, que significa esclavo, sirviente en checo) y hace referencia solamente a viviendas. Cuando queremos hacer referencia a locales comerciales o cualquier otro tipo de

edificación el término adecuado es inmotica, y en alusión con grandes ciudades el término correcto es urbotica.

Se denomina domótica a todos aquellos sistemas y tecnologías integrados capaces de automatizar y controlar una vivienda o edificación cualquiera, garantizando gestión energética, confort, seguridad, comunicación y accesibilidad entre el usuario y el sistema [4].

2.2.1 AHORRO DE ENERGIA

Consiste en gestionar de manera inteligente las energías que se utilizan en un inmueble. La domótica juega un papel de gran importancia, ya que posee capacidad suficiente para realizar dicha gestión. El ahorro de energía es una de las aplicaciones más trascendentales de la domótica.

Es importante mencionar que, al hablar de energía, no solamente se hace referencia a la energía eléctrica sino a cualquier tipo de energía.

2.2.2 CONFORT

La domótica juega un papel fundamental en este punto, debido a que está comprendida por todas las acciones que se pueden realizar para mejorar el bienestar, la comodidad del inmueble y por ende mejorar la calidad de vida. Dicha comodidad se garantiza al programar escenas para que el inmueble se adapte a las necesidades de cada persona y mediante tareas repetitivas y rutinarias que se realizan de manera automática.

Desde el punto de vista de la domótica el confort es básicamente el control de dispositivos vía internet o mediante una aplicación en el teléfono o Tablet, por mencionar algunos ejemplos: control de luminarias, control de aberturas, control de riego, control de la temperatura, entre otros.

2.2.3 SEGURIDAD

En un inmueble, la seguridad es uno de los factores más importantes, ya que se encarga de garantizar la protección de las personas y sus bienes personales, dicha red de seguridad se basa en dos acciones fundamental que son la detección y la prevención

Debido a que la domótica permite control de las puertas, ventanas, cámaras de vigilancia y sensores dentro y fuera del inmueble, se puede de una manera muy sencilla y eficiente proteger dicho inmueble mediante la programación instalada. La seguridad es una de las aplicaciones más importantes de la domótica, ya que a medida que pasa el tiempo, es menos frecuente que las familias actuales puedan tener un personal encargado de la seguridad y debido a que las personas tienen que pasar la mayor parte de su tiempo fuera del inmueble, la mejor opción para reemplazar a dicho personal, son los elementos que permiten saber lo que está pasando de manera local o a distancia.

2.2.4 COMUNICACIÓN

Esta aplicación puede que parezca poco importante, pero en realidad va de la mano con todas las demás características, ya que nos permite comunicación bidireccional entre los dispositivos y los usuarios. Habilita la posibilidad de conectarse con el inmueble y dentro del mismo con todos los dispositivos disponibles, sin ella sería imposible conocer el estado de los dispositivos y controlar los sistemas a distancia, garantizando de esta manera garantizar mayor interacción entre el usuario y el inmueble.

2.2.5 ACCESIBILIDAD

La domótica en esta aplicación, pretende habilitar el acceso de cualquier persona en cualquier entorno. La accesibilidad toma en cuenta todas las necesidades de todos los posibles usuarios, incluyendo las personas con diferentes capacidades o discapacidades, es decir, consiste en realizar un diseño accesible para la diversidad humana.

2.3 INTERNET DE LAS COSAS (IdC)

También llamado *Internet of Things* o IoT por sus siglas en inglés, es un conjunto de dispositivos interconectados que están equipados con algún tipo de inteligencia permitiendo servicios avanzados, y posee la capacidad de enviar datos a través de una red sin necesidad de estar involucrado el usuario.

Mediante la captura y procesamiento de datos, comunicación entre dispositivos y la identificación, la IdC hace un uso completo de los servicios que ofrecen todas las aplicaciones, garantizando que se cumplan los requisitos de seguridad y privacidad.

2.3.1 COSAS

Respecto al internet de las cosas, las cosas son objetos del mundo físico (cosas físicas) o del mundo de la información (mundo virtual), que son capaces de ser integrados e identificados en las redes de comunicación. Las cosas tienen información asociada, que puede ser estática o dinámica [5].

2.3.2 DISPOSITIVO

Con respecto al internet de las cosas, un dispositivo es un equipo con las capacidades obligatorias de comunicación y capacidades ópticas de detección, actuación, captura de datos, almacenamiento de datos y procesamiento de datos [5].

Tabla 1 Descripción de capas de la arquitectura del internet de las cosas [6].

| | |
|---------------------------------------|--|
| Capa de detección | Sensores, objetos físicos y la obtención de datos. |
| Capa de intercambio de datos | Transmisión transparente de datos a través de redes comunicación. |
| Capa de integración de la información | El procesamiento de la información incierta adquirida de las redes, filtrado de datos no deseados e integración de información principal en conocimiento útil para los servicios y los usuarios finales. |
| Capa de servicio de aplicación | Da servicio de contenido a los usuarios. |

2.4 ARQUITECTURA DEL INTERNET DE LAS COSAS

La arquitectura de sistemas de internet de las cosas se puede dividir en cuatro capas como se muestra en la Tabla 1: capa de detección de objetos, la capa de intercambio de datos, capa de integración de la información y la capa servicios y aplicaciones.

La capa detección integra sensores que se comunican con otros sensores o usuarios de los mismos, mediante la capa de integración de la información que es la responsable de toda la comunicación. Por otro lado, se generan nuevos requerimientos y desafíos para el intercambio de datos, el filtrado y la integración de la información, la definición de nuevos servicios para los usuarios

2.5 APLICACIONES DEL INTERNET DE LAS COSAS

Con un enfoque más claro del internet de las cosas y los dispositivos, se centrará en los beneficios para la sociedad. El principal objetivo del IdC es hacer la vida más fácil no más compleja. Puede aplicarse a cualquier área ya que, el uso que pueda darse a los productos y servicios depende de la creatividad y el ingenio de los desarrolladores. El hogar, ciudades, automotores, salud, agricultura y ganadería, industria y comercio, medio ambiente e integración de sistemas son solo algunos ejemplos de la descripción limitada para comprender las posibles nuevas aplicaciones y servicios que el IdC puede proporcionar.

2.5.1 HOGAR

Dentro del hogar se pueden destacar las siguientes aplicaciones:

Electrodomésticos inteligentes: Son los clásicos dispositivos de uso doméstico, pero ahora conectado entre sí, que aprovechan los sensores y la conexión para facilitar su uso. Actualmente existen alternativas comerciales como los *Smart tv*.

Como un ejemplo, al tomar en cuenta un refrigerador que controla la cantidad de productos que entran y salen del mismo para así determinar la falta de alguno de los productos, para elaborar automáticamente una lista de los productos faltantes, enviando dicha lista al *Smartphone* o

inclusive realizar directamente la orden online al supermercado de nuestra preferencia. Otro ejemplo sería el de una lavadora que elija un determinado tipo de lavado y secado teniendo en cuenta el tipo de prenda que se haya introducido en ella [7].

Las aplicaciones mencionadas no son las únicas existentes, el internet de las cosas puede ser llevado a cualquier otro instrumento del hogar que tenga el potencial de recibir y procesar datos que le den mucho más valor y utilidad de las cuales ya posee.

Control y automatización de los sistemas del hogar: Una de las características más importantes de tener los dispositivos conectados al internet, es poder controlarlos remotamente y programar su funcionamiento de la misma manera a través, por ejemplo, de los *Smartphone*. El funcionamiento de estos dispositivos también puede analizar hábitos, preferencias y las condiciones del clima, día de la semana y hora para poder aprender de ellos y auto ajustarse cuando sea necesario. Por ejemplo: las luces y persianas de la casa pueden activarse o desactivarse cuando el sol se oculte, el aire acondicionado en cada habitación puede ajustarse a la temperatura preferida del integrante de la familia que ahí se encuentre, la cafetera puede encenderse en distintos horarios determinados, la calefacción puede encenderse antes de que los integrantes de la familia lleguen a casa [8].

Monitoreo del estado la casa: mediante esta aplicación puede tener información en tiempo real sobre todos los dispositivos que están conectados en el hogar, podemos saber si las luces están encendidas, si alguna puerta está abierta, si la cocina está encendida, si se activó alguna alarma de humo, a que temperatura se encuentra cada sector de la casa o visualizar las cámaras de seguridad [8].

Esta información obtenida es de gran importancia a la hora de prevenir accidentes ya que se pueden tomar medidas de manera inmediata, por ejemplo: si el detector de humo se activa podría contactar directamente al departamento de bomberos más cercano.

Estas tres aplicaciones mencionadas anteriormente en conjunto forman una *Smarthouse* o casa inteligente: un hogar equipado con tecnología que nos permite interactuar con él, que podemos controlarlo y que se ajusta a nuestras necesidades y preferencias.

2.6 SEGURIDAD Y PRIVACIDAD

Quizás el aspecto más complicado y desafiante para la implementación de Internet de las Cosas sea la seguridad y la privacidad, debido a que en el momento en que se esté rodeado de dispositivos conectados al IdC se realizará un intercambio de información entre miles y millones e incluso billones de dispositivos con conexión a internet, aunque se puede ignorar cuando, como, donde y quien estará recolectando cualquier tipo de información sobre el usuario sin su consentimiento o simplemente confiar en que dicha información está segura, cifrada en un servidor bien protegido o en algún lugar de la nube.

Esta información recolectada puede ser personal, de tal manera que no se desea que más nadie la conozca como: conversaciones y encuentros íntimos, datos sobre el estado bancario, resultados de análisis médicos, datos de ubicación, entre otros.

Esta información recolectada podría considerarse inofensiva por el usuario promedio, pero no solo se recolectan los datos personales mencionados anteriormente, sino también información estadística valiosa como: la hora en que entra y sale del hogar. Pero sin duda alguna el usuario debe estar informado de que esa información está siendo recolectada y a qué lugar está siendo enviada. Debería tener la capacidad de decidir si está de acuerdo o no con recolección de dicha información, los términos y condiciones deben estar claros y disponibles.

Sin embargo, es obvio que esta información en las manos equivocadas se puede utilizar en contra de los usuarios. Existen personas mal intencionadas con el conocimiento y recursos suficientes para apoderarse de este tipo de información descubriendo y aprovechando los puntos débiles de los sistemas informáticos. De esta manera estas personas pueden extorsionar, robar y acosar o simplemente usar esa información para fines de venganza.

El riesgo no solo se encuentra en la información como se mencionó anteriormente, debido a que el internet de las cosas está relacionado con el control y la automatización del hogar o de cualquier edificación, personas que sepan del tema o simplemente grupos terroristas pueden apoderarse de estos sistemas y utilizarlos para fines para los cuales no fueron ideados. Por lo tanto, los sistemas de seguridad deberán ser avanzados de tal manera que no se generen brechas de seguridad como, por ejemplo: en los momentos en los que el sistema se está reiniciando por

una falla eléctrica. Siempre se trata de evitar un sistema básico de autenticación y control ya que se puede convertir en potenciales amenazas a la seguridad.

2.7 MODULO ESP8266-01

ESP8266 es el nombre de un micro controlador diseñado por Espressif Systems, una compañía china con sede en Shanghai. La producción de estos micros controladores no comenzó sino hasta agosto del 2014.

Si se desea utilizar el circuito integrado ESP8266 recién salido de fábrica no se sabría qué hacer, puesto que el chip se presenta en encapsulado QFN32 con un tamaño de 5mm x 5mm (demasiado pequeño para realizar un prototipo), y es gracias a que los fabricantes se encargan de construirlos sobre circuitos impresos y placas prefabricadas, permitiendo un uso adecuado y sencillo. Debido a esto se realizaron diferentes versiones del ESP8266 (por ejemplo: ESP8266-01, ESP8266 hasta el nodeMCU siendo capaz de ejecutar aplicaciones independientes), pero todas las versiones poseen el mismo procesador, lo que los diferencia entre ellos es la cantidad de pines GPIO (entrada y salida de propósito general) que presentan, la cantidad de memoria flash, las dimensiones, la forma de exponer los pines y otras consideraciones varias relativas a su construcción. Pero desde la perspectiva de programación todos son iguales.

El módulo ESP8266 es un chip integrado con conexiones WiFi y compatible con el protocolo TCP/IP. El objetivo principal es dar acceso a cualquier micro controlador a una red.

Estos módulos poseen una ventaja, y es las distintas maneras en las que se puede establecer comunicación. Por defecto se puede establecer comunicación mediante comandos AT (conjunto de comando desarrollado por Hayes Comunitacion para el modem Hayes *Smartmodem* 300, la denominación AT proviene del juego de comandos que siempre comienza con dichas siglas) a través del puerto serie. Pero si desea realizar un programa y cargarlo como si se tratara de un módulo arduino se puede realizar sin ningún inconveniente. Existen también otros *firmwares* que funcionan como intérpretes, realizan precisamente esa función, interpretar el lenguaje de alto nivel y lo traducen para poder controlar el micro controlador ESP8266. Hay intérpretes para Python (microPython), JavaScript (Espruino) o Basic (ESPBasic).

Dicho esto, se le pueden dar distintos usos al módulo ESP8266 como: conectar electrodomésticos, automatización del hogar, automatización de la industria, cámaras IP, redes y monitoreo de sensores, entre otros.

El ESP8266-01 posee 8 pines, cada uno de ellos está diseñado para una función específica.



| | |
|---------|---------|
| 1 GND | 5 TXD |
| 2 GPIO2 | 6 CH_PD |
| 3 GPIO0 | 7 RESET |
| 4 RXD | 8 Vcc |

Figura 2.1 Pines del módulo ESP8266-01 [9].

- 1.- GND es la tierra.
- 2.- GPIO2 es una entrada y salida de propósito general. Es el pin digital número 2.
- 3.- GPIO0 es una entrada y salida de propósito general. Es el pin digital número 0.
- 4.- RXD es el pin donde se van a recibir los datos del puerto serie. Trabaja a 3,3V. También se puede utilizar como GPIO y es el número 3.
- 5.- TXD es el pin donde se van a transmitir los datos del puerto serie. Trabaja a 3,3V. También se puede utilizar como GPIO y es el número 1.
- 6.- CH_PD pin para encender o apagar el módulo. Si se pone a 3,3V este encendido y si está a 0V está apagado.

7.- RESET pin para resetear el módulo, si se pone a 0V se resetea.

8.- Vcc es la alimentación del módulo, funciona a 3,3V y admite un máximo de 3,6V, la corriente suministrada debe ser de 200mA [9].

2.7.1 PROGRAMACIÓN DEL ESP8266

Luego de tener el dispositivo alimentado se debe cargar el programa, esto se hará mediante el puerto serie, por lo tanto, se utilizarán los pines RX y TX para transmitir los datos a la memoria *Flash*, lugar donde se almacenará el *sketch*.

Por lo general cuando se trabaja con Arduino, no es necesario saber si se va a ejecutar o cargar el programa, debido a que todo esto lo hace de forma interna y automática. Sin embargo, con el módulo ESP8266-01 esto no ocurre, el programador debe hacerlo de forma manual para activar los diferentes modos de funcionamiento. Existen dos modos de operación y se configuran a través de los puertos GPIO0 y GPIO2 que son el modo *Flash* y el modo UART (Transmisor-Receptor Asíncrono Universal).

El modo UART se utiliza para cargar el programa en la memoria del módulo, luego de encender el dispositivo, se debe tener el pin GPIO0 a nivel bajo ($LOW=0V=GND$) y el GPIO2 a nivel alto ($HIGH=3,3V=Vcc$). El pin GPIO2 está por defecto a un alto, ya que posee un *pull-up* interno, por lo tanto, se puede dejar desconectado.

Para la ejecución del programa en el módulo se utiliza el modo *Flash*, luego de cargar el programa se debe ejecutar, esto se realiza colocando los pines GPIO0 y GPIO2 a nivel alto. Tanto el GPIO0 como el GPIO2 están por defecto en alto debido a que ambos poseen un *pull-up* interno, por lo tanto, se pueden dejar simplemente desconectados.

es de gran importancia mencionar que para cargar el programa utilizando la placa de Arduino se debe utilizar RX y TX, pero se debe tener en cuenta que:

- RX y TX se utilizan solamente para cargar el programa, luego de que finaliza la carga se pueden utilizar como pines de entrada y salida digitales.

- Los modos de programación se indican a través de los pines 0 y 2. Luego de cargar el programa y que el módulo esté funcionando de manera normal, se puede conectar cualquier componente a estos pines.

Tabla 2 Tipos de conexión [9].

| | GPIO0 | GPIO2 |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Modo UART (carga programa) | <i>LOW</i> | <i>HIGH</i> (desconectado) |
| Modo <i>Flash</i> (ejecuta programa) | <i>HIGH</i> (desconectado) | <i>HIGH</i> (desconectado) |

www.bdigital.ula.ve

2.7.2 MODOS DE OPERACIÓN

El módulo ESP8266-01 presenta cuatro distintas maneras de operación: cliente, estación, punto de acceso suave y como servidor. Lo importante de estas modalidades de operación es que no solamente trabajan de manera aislada, sino que pueden ser combinadas para obtener distintas aplicaciones, mucho más completas y eficientes.

El modo de operación como estación, permite conectar el dispositivo a una red WiFi que es proporcionada por un punto de acceso, como se indica en la siguiente figura.



Figura 2.2 Modo de operación como estación.

El siguiente modo de operación se denomina punto de acceso suave, el módulo se encarga de proveer una red WiFi para que otros dispositivos se conecten, en este caso es suave debido a que no puede conectarse a internet mediante una red cableada, como se puede observar en la siguiente figura.



Figura 2.3 Modo de operación como punto de acceso suave.

El modo de operación como cliente, puede acceder a servicios brindados por servidores para enviar, recibir y procesar datos como se observa en la imagen a continuación.



Figura 2.4 Modo de operación como cliente.

Modo de operación como servidor, provee servicios y funcionalidad a otros programados o dispositivos, en este caso serían los clientes, como se puede ver en la siguiente imagen.



Figura 2.5 Modo de operación como servidor.

2.8 TCP/IP

Consiste, en un conjunto de protocolos que permite la comunicación entre dispositivos pertenecientes a una red, y define cuidadosamente como se mueve la información desde el remitente hasta el destinatario. En primer lugar, hace referencia a los dos protocolos más trascendentes de este grupo que son el protocolo de control de transmisión (TCP) y el llamado protocolo de internet (IP).

Es de gran importancia mencionar, que la capa de transporte está representada por los protocolos UDP (*User Datagram Protocol* o Protocolo de Datagrama de Usuario) o TCP, que se encargan de enviar mensajes o corrientes de datos de manera segura entre dos anfitriones, es decir, se asegura que los datos no se pierdan durante la transmisión y también garantiza que los paquetes sean entregados en el mismo orden en el cual fueron enviados, en dado caso de que ocurra un error que haga que la transmisión de datos sea incorrecta TCP terminara con la conexión.

Mientras que el protocolo IP se encarga de ofrecer la posibilidad de dirigir los datos a otros dispositivos y permite a las aplicaciones ejecutarse transparentemente sobre redes interconectadas. Cuando se utiliza IP, no es necesario conocer que hardware se utiliza, debido a que siempre funciona en una red local.

2.9 PROTOCOLO mDNS

El protocolo mDNS (*multicast Domain Name System* o sistema de nombres de dominio de multidifusión), se encarga proporcionar un sistema de servicio de nombres para sustituir las direcciones IP por nombres asignados con sufijo .local, por ejemplo `http://esp8266.local`. Si algún dispositivo necesita enviar alguna solicitud a un nombre de dominio que termina en .local enviara un mensaje de consulta de multidifusión, es decir, enviara un mensaje a todos los demás dispositivos conectados de manera local que permiten el protocolo mDNS, y le pedirá al dispositivo con ese nombre de dominio específico que se identifique. El dispositivo con el nombre correcto responderá con otro mensaje de multidifusión y enviará su dirección IP. Ya que la computadora o dispositivo conoce la dirección IP del otro objeto, puede enviar cualquier tipo de solicitud que requiera.

2.10 LENGUAJE HTML

Las siglas HTML significan Hyper Text Markup Language (Lenguaje de Marcas de Hipertexto), el hipertexto en una computadora es texto que posee referencias (hipervínculos, links o enlaces) a otro texto, es decir, el hipertexto es aquel botón o texto que si se presiona con el ratón nos redirecciona a otra página web u otro texto (no necesariamente se debe utilizar internet).

HTML es un lenguaje de marcado que se utiliza para el desarrollo de páginas de internet, diseñado para que los programadores puedan redactar instrucciones que los navegadores ejecuten para llevar a cabo una página web, es decir, HTML es un lenguaje o un idioma que la maquina entiende y analiza para generar una respuesta, dicha respuesta es lo que se puede visualizar en la página web como botones, párrafos, cabeceras, tablas, imágenes, y videos en la página.

El lenguaje HTML tiene dos ventajas que lo hacen prácticamente imprescindible a la hora de diseñar una página web: su comportamiento y facilidad que plantea su aprendizaje debido al reducido número de etiquetas en las que se apoya.

2.11 DIRECCIÓN MAC

La dirección MAC (Media Access Control Address o Dirección de Control de Acceso a Medios) es un identificador único, que se le asigna a cada uno de los dispositivos de red como *router*, impresoras, tarjetas de red WiFi, tarjetas de red ethernet, entre otros, para identificar la totalidad de los dispositivos. Las direcciones MAC son identificadores únicos a nivel mundial, por lo tanto, es imposible encontrar dos dispositivos que posean la misma dirección. La entidad que se encarga de regular estos identificadores es la IEEE (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, la dirección MAC consta de 48 bits en 6 bloques hexadecimales en donde los primeros 3 bloques hexadecimales identifican al fabricante, los otros 3 bloques hexadecimales es el número de serie que identifica al dispositivo fabricado.

2.12 LENGUAJE JAVASCRIPT

Es un lenguaje de programación que puede ser utilizado por profesionales y para quienes se inician en el desarrollo y diseño de sitios web, no requiere de compilación ya que el lenguaje funciona del lado del cliente y los navegadores son los encargados de interpretar estos códigos. En general, se utiliza para crear y controlar contenido web dinámico, dicho contenido puede incluir archivos multimedia, gráficos animados, formularios interactivos entre otras cosas. Por lo general cuando se ingresa a un sitio web dinámico o con animación de objetos, donde se actualiza o cambia la información de alguna manera sin necesidad de que se vuelva a cargar la página, existe una muy buena posibilidad de que JavaScript sea el lenguaje utilizado.

2.13 LENGUAJE CSS

CSS (Cascading Style Sheets), en español hojas de estilo en cascada, es un lenguaje de programación que se utiliza para crear páginas webs visualmente atractivas. La filosofía de CSS se basa en intentar separar el contenido de su presentación visual y la forma de presentación del mismo, características como las capas o *layout*, los colores y las fuentes, de modo que cambiar el diseño no implique modificar el contenido. Por decirlo de alguna manera, la página web sería lo que hay debajo (el contenido) y CSS sería un cristal de color que hace que el contenido se vea de una forma u otra. Ahora bien, si se desea modificar el aspecto de la página web solo se necesita modificar el cristal.

Dicha separación mencionada anteriormente, busca mejorar la accesibilidad al documento, proveer más flexibilidad y control sobre las características de la presentación.

2.14 HERRAMIENTAS PARA DESARROLLAR APLICACIONES ANDROID

Existen distintos tipos de herramientas o entornos de programación para el desarrollo de aplicaciones Android como: Android Studio, AppInventor, Reactjs y React Native, debido a que es uno de los sistemas operativos más populares y ocupa mayor parte del mercado de las aplicaciones móviles. Lo que permite al programador tener variedad al momento de elegir que

herramienta utilizar para realizar la aplicación, dependiendo de las cualidades que posea con respecto a los lenguajes de programación.

Android Studio es una especie de escritorio de trabajo para un desarrollador, oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android basado en lenguaje de programación JavaScript, posee una estructura simple y organizada para llevar a cabo la elaboración de proyectos de cualquier tamaño, permite previsualizar las aplicaciones en diferentes *Smartphones* y tablets, para observar el aspecto del diseño de la aplicación en pleno desarrollo, y como luce en los distintos tipos de pantalla que existen (esto depende del dispositivo que se utilice). Una de las ventajas de Android Studio es que posee emuladores, con los cuales se podrá visualizar el funcionamiento de la aplicación en tiempo real permitiendo verificar que las aplicaciones creadas se ejecutan de manera correcta y sin presentar ningún problema [10].

AppInventor es un entorno de desarrollo de software para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. Es un lenguaje gratuito y se puede acceder fácilmente de la web. Las aplicaciones creadas con AppInventor están limitadas por su simplicidad, aunque permite cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil. La ventaja de este entorno de desarrollo es que el programador no necesita tener gran conocimiento en el tema debido a que la manera de programar es mediante bloques de manera intuitiva y gráfica, se puede acceder en cualquier momento y cualquier lugar siempre y cuando se tenga conexión a internet. [11]

Reactjs es una biblioteca de código abierto basada en JavaScript, desarrollada y mantenida por Facebook y por la comunidad de software libre. Diseñada para crear interfaces de usuario, con el objetivo de facilitar el desarrollo de aplicaciones web, ya que permite cambiar los datos sin necesidad de volver a cargar la página web. El objetivo principal de Reactjs es ser rápido y simple. Reactjs está basado en sus componentes, estos componentes son los que constituyen la interfaz del usuario (botón, texto, entre otros), para crearlos y modificarlos solo se necesitan conocimientos básicos de HTML y CSS (hojas de estilo en casada) [12].

Por otra parte, React Native ha sido el entorno de programación que se decidió utilizar en dicho trabajo, por lo que se explicara de manera detallada en el siguiente apartado.

2.15 REACT NATIVE

Antes de entrar en detalle acerca del React Native, es de gran importancia mencionar la diferencia entre los tipos de tecnologías de cara al desarrollo de aplicaciones móviles: híbridas o nativas.

- Las aplicaciones híbridas se desarrollan al utilizar diferentes tipos de lenguajes de programación como HTML5, JavaScript, entre otros. Es decir, utilizan el mismo código independientemente de la plataforma en que se ejecutan. Se incrustan dentro de un *webview* o una web App.
- Las aplicaciones nativas se desarrollan usando el lenguaje requerido por la plataforma de destino en concreto. En el caso de Android Java y Swift para IOS

La aparición de React Native ha cambiado los enfoques mencionados anteriormente, debido a que React Native es un entorno de trabajo que permite construir aplicaciones móviles utilizando JavaScript y React. Utiliza el mismo diseño de Reactjs por lo cual permite utilizar los componentes de Reactjs para construir aplicaciones nativas para cualquier plataforma ya sea Android o IOS y tiene la posibilidad de expandirse a plataformas futuras, es decir, su desarrollo no es del todo híbrido y es aquí donde radica su importancia frente a otros entornos de trabajo y porque esta revolucionado el desarrollo móvil [13].

React Native posee una gran cantidad de API (Application Programming Interface o Interfaz de Programación de Aplicaciones) y componentes. Una API consiste en proporcionar un conjunto de funciones y procedimientos que puedan ser usados por otro software, dándoles uso general. Los componentes pueden ser botones, textos, casillas de texto, *slider*, entre otros. En cambio, los API son funciones que se le dan a los componentes, como una alerta al momento de presionar un botón o simplemente poder salir de la aplicación utilizando el botón que posee el *Smartphone* o Tablet.

CAPITULO 3 DISEÑO DEL SERVIDOR WEB E INTERCONEXION DE MODULOS ESP8266-01

En el siguiente capítulo se realizará una explicación detallada de la manera en que se configura cada uno de los módulos, debido a que cada módulo posee un servidor diferente y por lo tanto una configuración diferente.

Con respecto al tipo de configuración que se seleccione se verán cambios en las direcciones IP, lo cual es de suma importancia y la base para desarrollar la aplicación de manera sencilla en el sistema operativo Android.

3.1 INTERCONEXIÓN DE LOS MÓDULOS ES8266-01

La interconexión de los módulos ESP8266-01 en este caso se puede realizar de dos maneras, es decir, posee dos tipos de configuración: todos los dispositivos domóticos conectados al *router* (existe una conexión a internet) o todos los dispositivos conectados al punto de acceso generado por el módulo principal (no existe conexión a internet). En la Figura 3.1 se muestra que todos los dispositivos configurados como clientes están conectados al módulo principal, es decir, al punto de acceso habilitado por el dispositivo principal que se encarga de otorgar la dirección de IP a cada uno de los módulos conectados como clientes. Por otra parte, se encuentra el segundo tipo de configuración reflejado en la Figura 3.2, en la cual se muestra que todos los dispositivos están configurados como clientes y establecen conexión con el *router*, el cual se encarga de asignar la dirección de IP a cada uno de los dispositivos. El único dispositivo que siempre tendrá

una dirección IP fija será el módulo principal para poder realizar la transferencia de datos mediante el protocolo UDP.



Figura 3.1 Configuración sin conexión a internet.



Figura 3.2 Configuración con conexión a internet.

La selección del tipo de configuración dependerá de si el usuario posee *router* o no, pero esto no influirá en el funcionamiento del dispositivo ya que no es necesario conexión a internet.

3.2 FUNCIONAMIENTO MÓDULO PRINCIPAL

La principal función que posee el módulo principal, es que facilita la configuración del resto de los dispositivos domóticos a través de él, debido a que habilita su red de punto de acceso para que los demás dispositivos puedan establecer conexión, en caso de que no exista conexión a internet.

A continuación, se observa el funcionamiento del módulo principal por eventos, lo que permite mayor comprensión de la manera en la que trabaja dicho módulo.

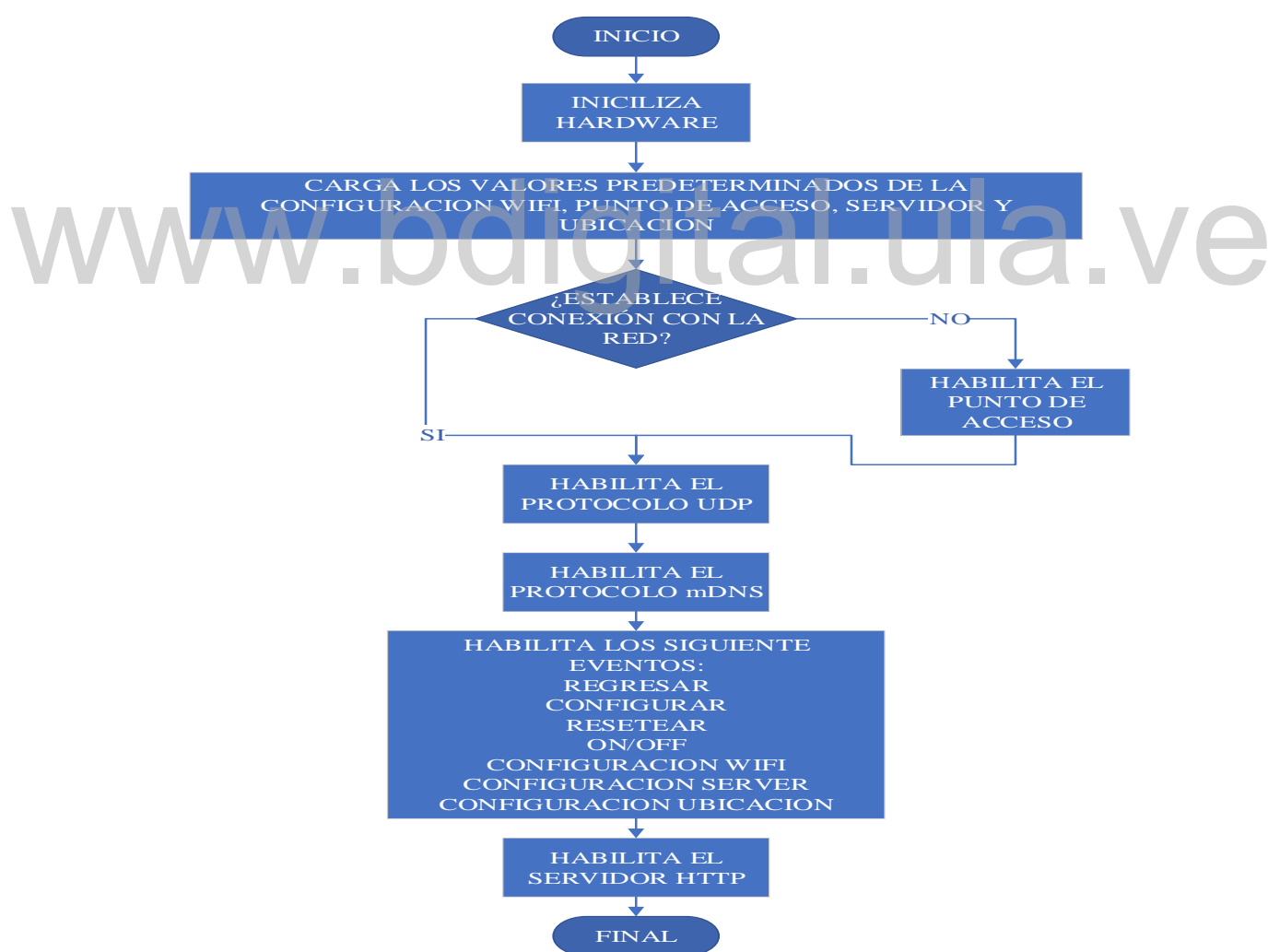


Figura 3.3 Evento setup.

En la figura mostrada anteriormente, luego de inicializar el hardware se cargan los valores predeterminados, o simplemente los valores que el usuario ha modificado en la página de configuración. Si el dispositivo establece conexión con la red del *router*, la dirección de IP para ingresar al servidor 192.168.X.99 (el valor de X puede ser 0,1,2 dependiendo de la configuración que posea el *router*), pero si el dispositivo no establece conexión con el *router* se podrá acceder mediante su punto de acceso (el cual siempre estará activo) con dirección de IP 192.168.4.1 para ingresar al servidor. Luego se habilita el protocolo de UDP para establecer comunicación entre los dispositivos y el protocolo mDNS para sustituir las direcciones IP por nombres. Por último, habilita los eventos y el servidor HTTP que son los que permiten el manejo del servidor.



Figura 3.4 Evento loop.

En la figura mostrada anteriormente, se manejan los eventos que realiza el servidor web, es decir, se encarga de siempre tener el servidor cargado esperando cualquiera de los eventos mostrados a continuación, y se encarga de actualizar el número de dispositivos conectados al punto de acceso que habilita el módulo.

Como se puede observar en la figura mostrada a continuación, el evento se encarga de construir y enviar la página principal dinámicamente cuando se presiona el botón regresar mostrado en la Figura 4.5.



Figura 3.5 Evento regresar1.

En la figura mostrada a continuación, se construye y envía la página de configuración realizando una redirección cuando se presiona el botón configuración mostrado en la Figura 4.5



Figura 3.6 Evento configuración.

El evento de la Figura 3.7, redirecciona a la página de control presionando el primer botón de la Figura 4.4.



Figura 3.7 Evento control1.



Figura 3.8 Evento resetear.

El evento mostrado en la Figura 3.8, permite al usuario reestablecer la configuración genérica que se le dispuso al módulo.



Figura 3.9 Evento ON/OFF

El evento mostrado en la Figura 3.9, se genera cuando el usuario presiona el botón ON/OFF, cambiando el estado de la salida domótica.

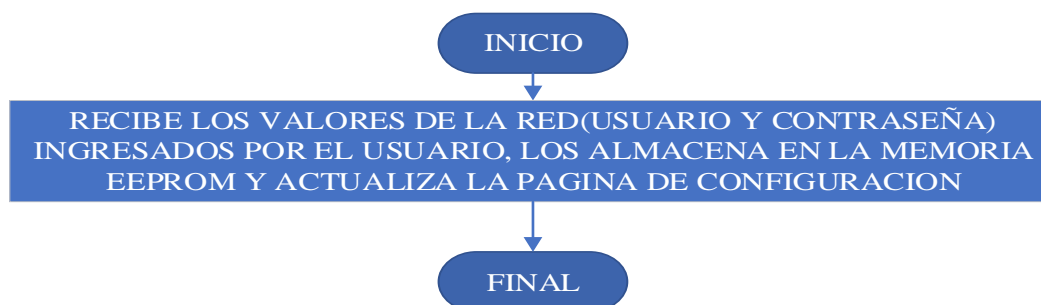


Figura 3.10 Evento configuración WiFi.

El evento de la Figura 3.10, se origina cuando el usuario desea guardar en la memoria eeprom la configuración WiFi, al completar las casillas y presionar el botón correspondiente mostrado en la Figura 4.6.

En la Figura 3.11, se origina cuando el usuario desea guardar la configuración del punto de acceso en la memoria eeprom, al completar las casillas y presionar el botón correspondiente mostrado en la Figura 4.6 **Figura 4.6**.

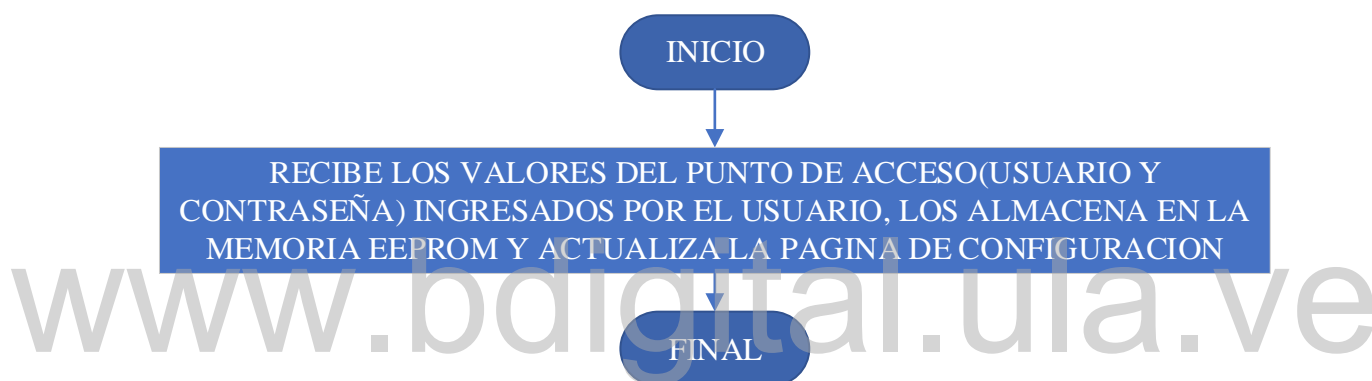


Figura 3.11 Evento configuración punto de acceso.

El evento mostrado en la Figura 3.12, permite al usuario guardar los valores de la configuración del servidor en la memoria eeprom, al completar las casillas y presionar el botón correspondiente Figura 4.6.

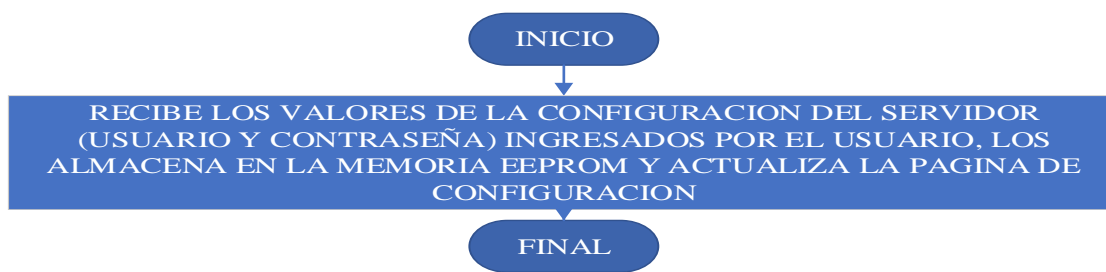


Figura 3.12 Evento configuración del servidor.



Figura 3.13 Evento configuración ubicación.

En la figura mostrada anteriormente, permite almacenar el valor de la ubicación en la memoria eeprom el usuario completa la casilla correspondiente y presiona el botón guardar.

3.3 FUNCIONAMIENTO MÓDULO SECUNDARIO

La principal función que posee el módulo secundario, es que se encarga de inicializar la comunicación UDP entre el módulo secundario y el módulo principal, ya que ambos dispositivos necesitan intercambiar información (ubicación y dirección IP, que puede cambiar cada vez que el dispositivo es reiniciado), para el perfecto funcionamiento de la red domótica.

A continuación, se observa el funcionamiento del módulo secundario por eventos, lo que permite mayor comprensión de la manera en la que trabaja dicho módulo.

En la figura mostrada a continuación, luego de inicializar el hardware se cargan los valores predeterminados, o simplemente los valores que el usuario ha modificado en la página de configuración. En este caso existen dos opciones, cuando el punto de acceso está habilitado y cuando el punto de acceso está deshabilitado, es decir, en caso de que el dispositivo se conecte a la red WiFi que genera el *router* o el punto de acceso habilitado por el dispositivo principal, el punto de acceso estará deshabilitado, en este caso la dirección IP no es estática, pero si el dispositivo no establece conexión, se habilitará el punto de acceso para que el usuario pueda conectarse directamente a la red e ingresar al servidor mediante la dirección IP 192.168.4.1, en un supuesto caso de que el usuario ingresó mal los datos de la configuración WiFi. Luego se

habilita el protocolo de UDP para establecer comunicación entre los dispositivos y el protocolo mDNS para sustituir las direcciones IP por nombres. Por último, habilita los eventos y el servidor HTTP que son los que permiten el manejo del servidor.

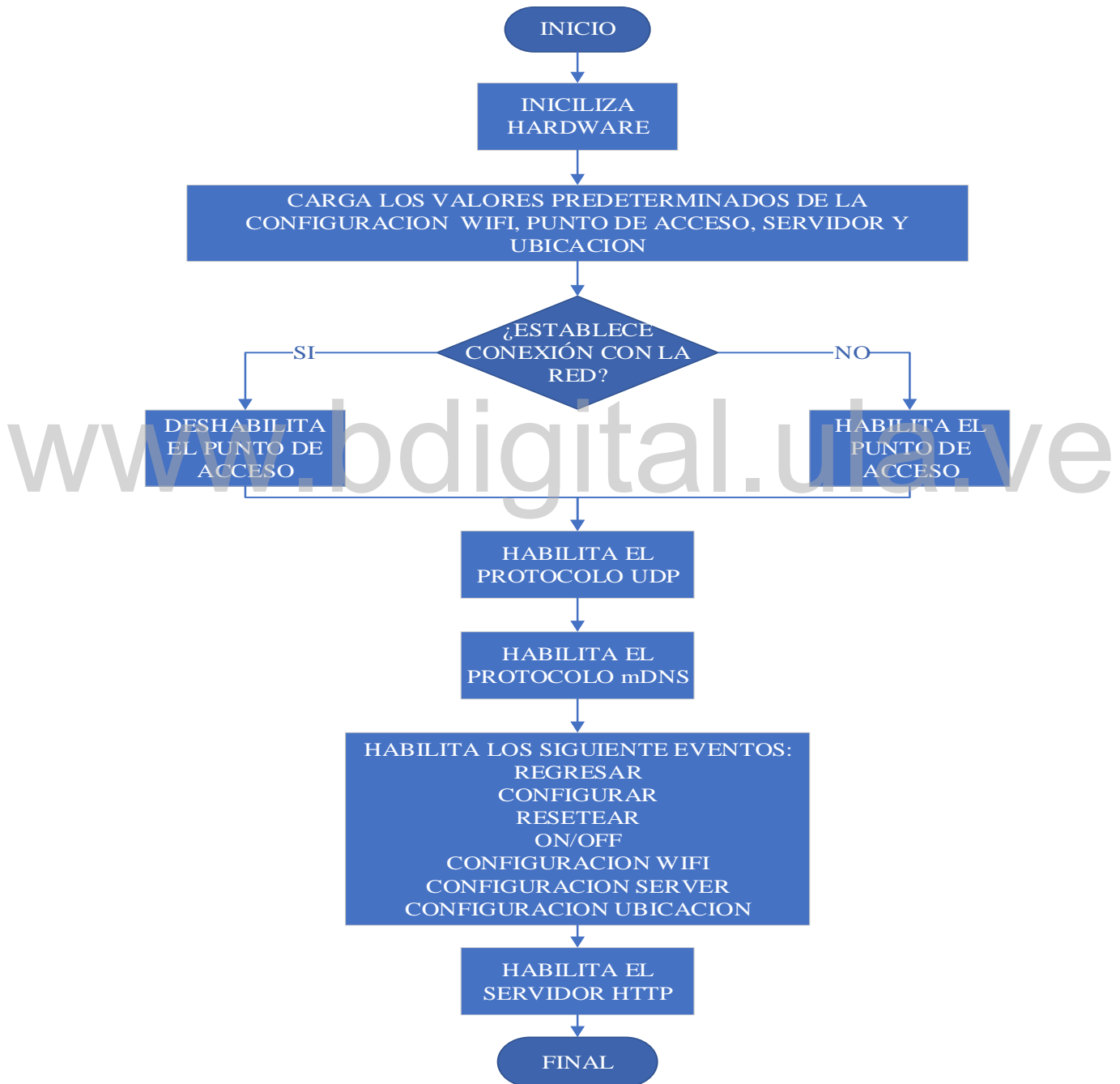


Figura 3.14 Evento setup.

En la Figura 3.15, se manejan los eventos que realiza el servidor web, es decir, se encarga de siempre tener el servidor cargado esperando cualquiera de los eventos mostrados a continuación, y se encarga de iniciar la comunicación UDP enviando una trama que contiene la dirección de IP y la ubicación del módulo.



Figura 3.15 Evento loop.

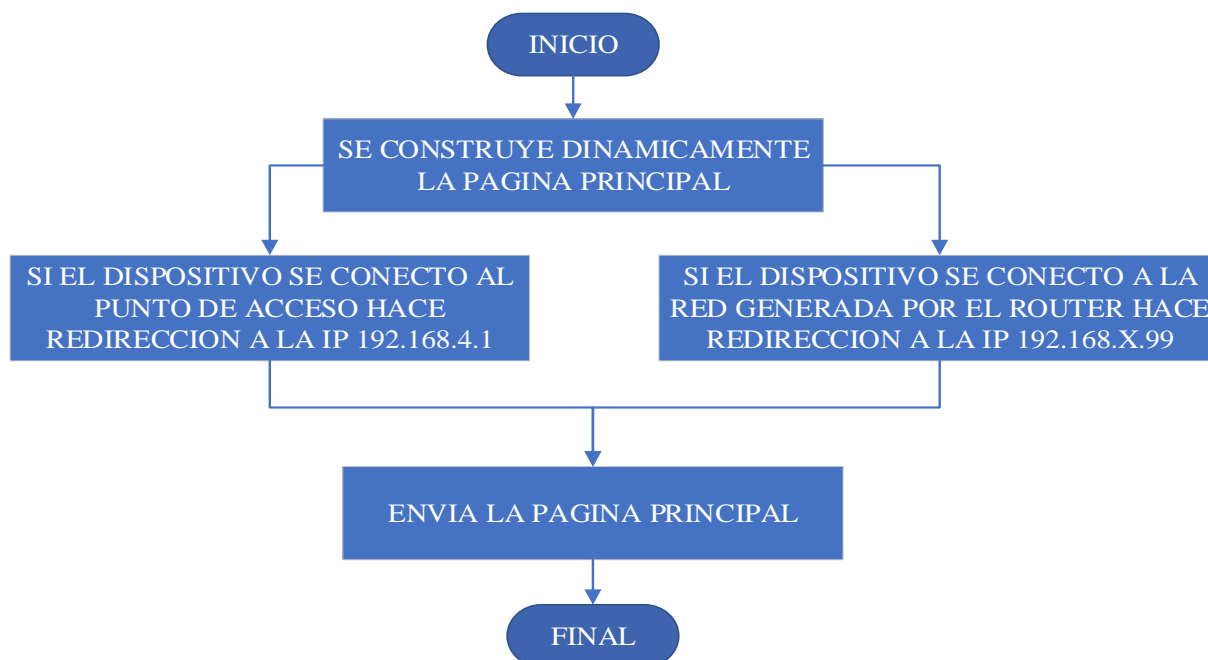


Figura 3.16 Evento regresar.

Como se puede observar en la Figura 3.16, se construye dinámicamente la página principal y existen dos posibilidades para hacer la redirección, si el dispositivo se conectó al punto de acceso generado por el dispositivo principal realizara la redirección a la dirección IP 192.168.4.1, pero si el dispositivo se conectó a la red que genera el *router* realizara la redirección a 192.168.X.99.

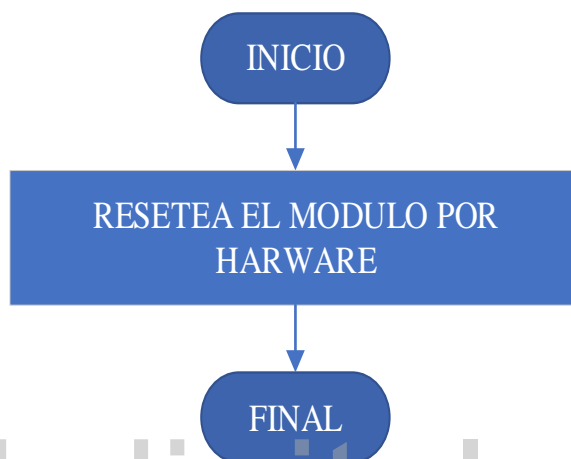


Figura 3.17 Evento resetear.

El evento mostrado en la Figura 3.17, permite al usuario reestablecer la configuración genérica que se le dispuso al módulo.



Figura 3.18 Evento ON/OFF

El evento mostrado en la Figura 3.18, se genera cuando el usuario presiona el botón ON/OFF, cambiando el estado de la salida domótica.

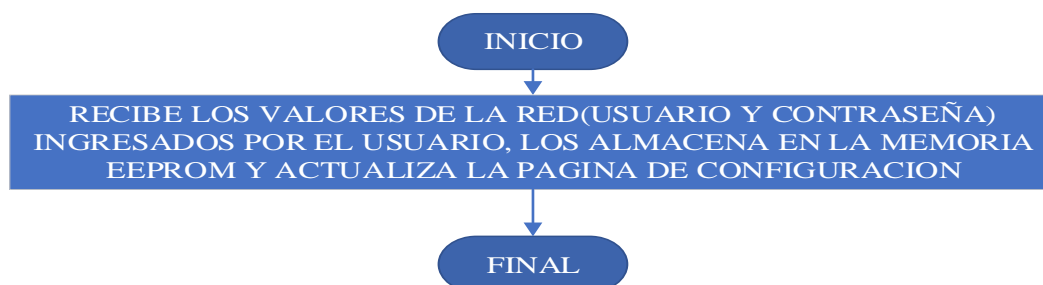


Figura 3.19 Evento configuración WiFi.

El evento de la Figura 3.19, se origina cuando el usuario desea guardar en la memoria eeprom la configuración WiFi, al completar las casillas y presionar el botón correspondiente mostrado en la Figura 4.8.

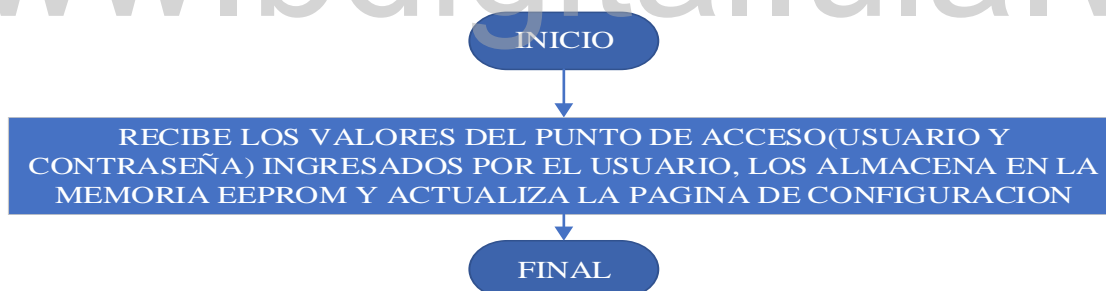


Figura 3.20 Evento configuración punto de acceso

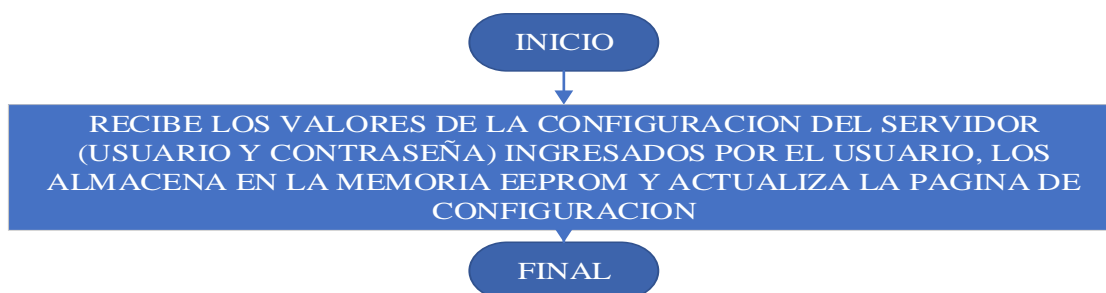


Figura 3.21 Evento configuración del servidor.

En la Figura 3.20, se origina cuando el usuario desea guardar la configuración del punto de acceso en la memoria eeprom, al completar las casillas y presionar el botón correspondiente mostrado en la Figura 4.8 **Figura 4.6.**

El evento mostrado en la Figura 3.21, permite al usuario guardar los valores de la configuración del servidor en la memoria eeprom, al completar las casillas y presionar el botón correspondiente mostrado en la Figura 4.8.



Figura 3.22 Evento configuración ubicación

En la figura mostrada anteriormente, permite almacenar el valor de la ubicación en la memoria eeprom el usuario completa la casilla correspondiente y presiona el botón guardar.

3.4 COMUNICACIÓN UDP ENTRE LOS MODULOS

La comunicación UDP (*User Datagram Protocol* o Protocolo de Datagrama de Usuario) entre los dispositivos ESP8266-01, la inicializan los módulos secundarios enviando su dirección de IP y la ubicación al módulo principal. La respuesta siempre es enviada desde el punto de acceso a los clientes, en este caso se envía solamente la ubicación como se puede observar la Figura 3.23 Comunicación UDP..

Este tipo de intercambio de información es necesario para que cada uno de los dispositivos, es decir, para que el módulo principal y los módulos secundarios conozcan hacia que dirección IP

o nombre van a realizar la redirección, y en el caso del punto de acceso para que muestre en su página principal el nombre de los otros dispositivos en sus respectivos botones.

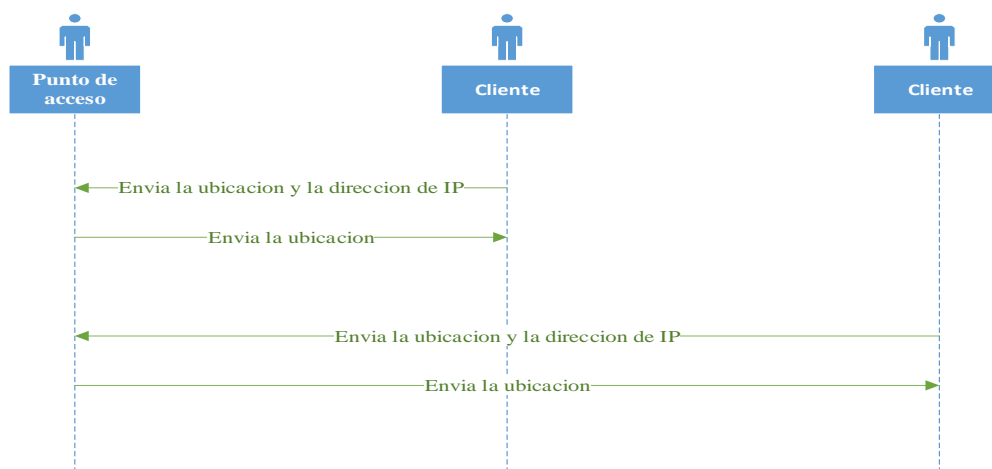


Figura 3.23 Comunicación UDP.

Es de gran importancia hacer énfasis en si los dispositivos no poseen ubicación, se envía los últimos dos caracteres de la dirección MAC junto con la dirección de IP del dispositivo en los datos UDP. Para así establecer diferencia entre los botones de la página principal del dispositivo principal y poder identificar cada uno de los dispositivos.

3.4 FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN ANDROID

En la Figura 3.24, se puede observar el funcionamiento de la aplicación Android. Al momento del usuario iniciar la aplicación, se puede observar una pantalla de bienvenida la cual dura aproximadamente 7 segundos, lo cual permite que dicha aplicación reconozca si el servidor está funcionando o no, es decir, si el servidor arroja una respuesta satisfactoria de 200 OK, quiere decir que la aplicación reconoce el servidor, por lo tanto, al momento de presionar el botón de ingresar al servidor, realizara la redirección a la página web del servidor.

Las únicas direcciones IP en las cuales puede estar ubicado el servidor serán, 192.168.4.1, 192.168.0.99, 192.168.1.99 y 192.168.2.99 por lo que solamente se va a reconocer una dirección

IP debido a que, el dispositivo móvil que posea la aplicación Android debe estar conectado a una de las redes WiFi mencionadas anteriormente, por lo cual dicha aplicación solamente puede una de las direcciones de IP como correctas.

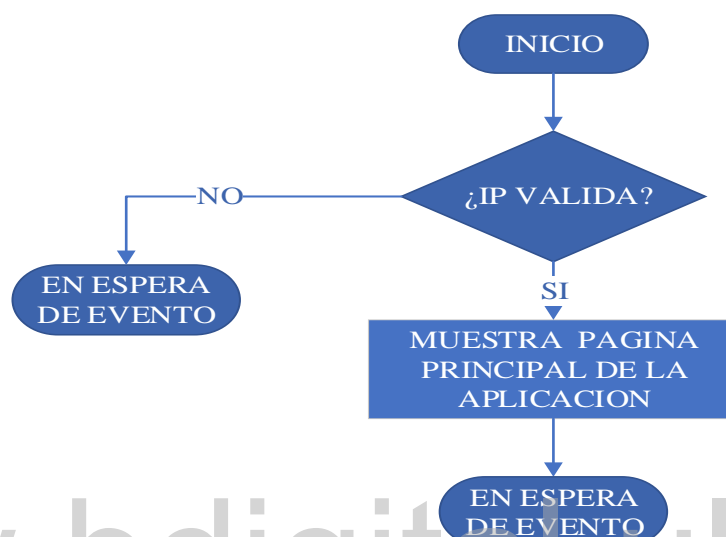


Figura 3.24 Diagrama de flujo de la aplicación Android.

Por último, se encuentran los eventos que puede realizar la aplicación Android, el primer evento nos permite ingresar al servidor siempre y cuando la aplicación reconozca algunas de las direcciones IP mencionadas anteriormente como se muestra en la figura mostrada a continuación.



Figura 3.25 Evento ingresar al servidor.

Si es el caso contrario, en el cual no reconoce ninguna de las direcciones IP mencionadas anteriormente se presenta el segundo evento mostrando una página de error Figura 3.26, y el tercer evento permitirá salir de dicha aplicación Android Figura 3.27, aunque también esta funcional el botón de regresar interno del sistema operativo Android.



Figura 3.26 Evento página de error.



Figura 3.27 Evento salir de la aplicación.

CAPITULO 4 EXPERIENCIA DEL USUARIO CON LA APLICACIÓN ANDROID Y SERVIDORES ESP8266-01

En este capítulo se desarrolla una aplicación Android en el entorno de trabajo de React Native, con el fin de facilitar el uso de los servidores creados en los dispositivos ESP8266-01, para que el usuario no requiera memorizar cada una de las direcciones IP de los equipos domóticos y la experiencia del usuario sea satisfactoria.

Sin embargo, al hablar de experiencia del usuario, se refiere a como se siente una persona al interactuar con el sistema, en este caso el sistema será la red domótica por medio de la aplicación Android, que le permitirá ingresar a los usuarios a dichos servidores creados en los dispositivos,

4.1 APLICACIÓN ANDROID

En la Figura 4.1 se puede observar, la pantalla de bienvenida que dura aproximadamente 7 segundos. Una vez transcurrido el tiempo mencionado anteriormente, se mostrará la pantalla principal de la aplicación Android (Figura 4.2), la cual posee dos botones uno para ingresar al servidor y el segundo para salir de dicha aplicación.

Si la aplicación Android no reconoce el servidor web generado por los dispositivos, al presionar el botón `INGRESAR_AL_SERVIDOR` se mostrará la Figura 4.3, y en caso de reconocer el servidor web, el usuario podrá visualizar el servidor a través de un *webview* dentro de la misma aplicación Android sin necesidad de hacer una redirección o utilizar algún buscador como Google o Mozilla.



Figura 4.1 Pantalla de bienvenida.

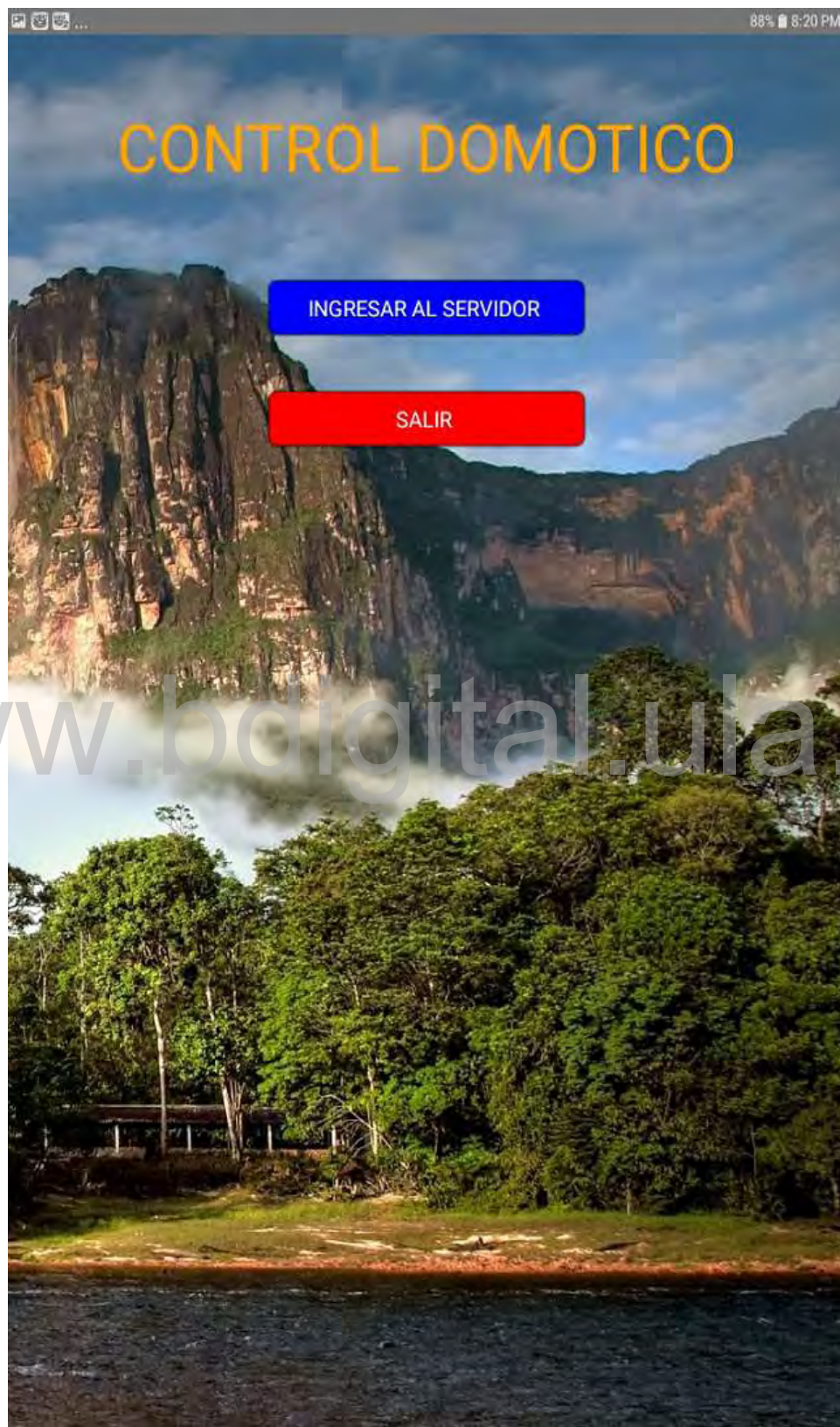


Figura 4.2 Página principal.



Figura 4.3 Pagina de error.

4.2 SERVIDOR DEL MÓDULO PRINCIPAL

Dicha página principal tendrá un máximo de cinco botones siendo uno de ellos el botón correspondiente al dispositivo principal, debido a que el dispositivo solo permite la conexión de cuatro clientes, en este caso se dispone de dos dispositivos como se observa en la Figura 4.4. Si el usuario presiona el primer botón entra en la página secundaria del dispositivo principal, sin embargo, si el usuario hace *click* en el segundo botón ingresa a la página principal del dispositivo secundario.



Figura 4.4 Página principal del servidor del dispositivo principal.

Una vez dentro de la página secundaria del dispositivo principal, se puede observar que dicha página posee tres botones como se aprecia en la Figura 4.5, el primer botón es para encender o apagar la luminaria, el segundo nos redirecciona a la página de configuración del dispositivo y el tercero para regresar a la página principal.



Figura 4.5 Pagina secundaria del servidor del dispositivo principal.

Cuando se accede a la página de configuración, se puede observar ciertas casillas de texto como en la Figura 4.6, las cuales son de gran importancia para el correcto funcionamiento del módulo. Dicho esto, si el módulo se desea utilizar con la primera configuración, no es necesario llenar los espacios de la configuración WiFi, pero si es sumamente importante tener llenos los espacios de la configuración del punto de acceso ya que siempre estará funcionando de esta manera.

La ubicación del dispositivo, permite identificar cada módulo y saber en qué lugar se encuentra, en caso de que el usuario desee encender o apagar la luminaria o simplemente para modificar su configuración. Si la casilla de texto que corresponde a la ubicación está vacía, en el botón correspondiente a dicho modulo aparece los últimos dos caracteres de la dirección MAC (Control de Acceso a Medios).

Todos los datos ingresados en la página de configuración serán almacenados en la memoria eeprom del dispositivo, pero si dichos datos son modificados y se desean utilizar se debe reiniciar el dispositivo de manera manual.

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying '192.168.4.1/configurar'. The page content is as follows:

- CONFIGURACION**
 - CONFIGURACION WIFI**
 - Nombre de la red wifi (contraseña de red)
 - Contraseña (password)
 - GUARDAR
 - CONFIGURACION AP**
 - Usuario AP (Luisvelasco)
 - Contraseña AP (*****)
 - GUARDAR
 - CONFIGURACION DEL SERVIDOR**
 - Nombre del usuario admin
 - Contraseña (*****)
 - GUARDAR
 - Ubicación del dispositivo**
 - Ubicación del dispositivo (ubicacion dispositivo)

Figura 4.6 Página de configuración del servidor del módulo principal.

4.3 SERVIDOR DEL MÓDULO SECUNDARIO

Para ingresar a cualquiera de los dispositivos secundarios, se debe hacer *click* a los botones que están por debajo de “0A” como se observa Figura 4.4, ya que dicho botón corresponde al servidor del módulo principal, y los botones que se encuentran por debajo de “0A” tendrán, el nombre de la ubicación asignada en la página de configuración y si no posee nombre se le asignaran los dos últimos caracteres de su dirección MAC (Control de Acceso a Medios) del módulo secundario correspondiente.

Al realizar la acción mencionado anteriormente, el módulo principal realiza una redirección al servidor del dispositivo que se ha seleccionado. Como se puede observar en la Figura 4.7; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** posee tres botones, el primero para encender o apagar la luminaria, el segundo redirecciona a la página de configuración del dispositivo y el tercero para regresar a la página principal del dispositivo principal Figura 4.4Figura 4.7.



Figura 4.7 Página principal del servidor del módulo secundario.

A screenshot of a web browser window displaying a configuration page. The title bar shows the address bar with '192.168.1.100'. The main content area has the heading 'CONFIGURACION'. Below the heading are three sections: 'CONFIGURACION WIFI' with fields for 'Nombre de la red wifi (Lámparas)' and 'Contraseña' and a 'GUARDAR' button; 'CONFIGURACION DEL SERVIDOR' with a field for 'Nombre del usuario admin' and a 'GUARDAR' button; and 'Ubicacion del dispositivo' with a field for 'Ubicacion del dispositivo' and 'GUARDAR' and 'REGRESAR' buttons.

Figura 4.8 Página de configuración del servidor del módulo secundario.

La página de configuración posee varias secciones como se puede observar en la Figura 4.8, en este caso independientemente de que el módulo este trabajando en la configuración uno o dos, se deben ingresar los datos de la configuración WiFi, debido a que este módulo siempre trabajara como cliente y necesita establecer conexión con alguna red, ya sea la red WiFi del *router* o la red que genera el módulo principal como punto de acceso.

Este dispositivo funciona de igual manera que el descrito anteriormente, ya que los datos ingresados en la página de configuración serán almacenados en la memoria eeprom del dispositivo, pero si dichos datos se desean utilizar se debe reiniciar el dispositivo de manera manual.

4.4 CIRCUITOS RECOMENDADOS

En esta sección se presentan algunos circuitos, los cuales pueden ser utilizados para conectarlos en la salida de cada uno de los módulos, para realizar el control domótico de diferentes sistemas como son: luminaria, electrodomésticos y aire acondicionado.

En la figura mostrada a continuación se puede observar, un circuito para controlar una luminaria y una carga domestica mediante el módulo ESP8266, en este caso el pin GPIO2 se debe conectar a la resistencia R9 y el pin de GND se debe conectar al pin número dos del optoacoplador. Consta de un tiristor denominado Triac que es un elemento que permite la conmutación de cargas de 120 o 220 de corriente alterna. Para el caso de la carga doméstica se debe cambiar el Triac dependiendo de la corriente que necesite dicha carga.

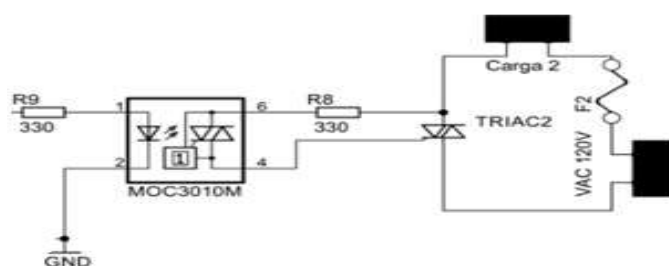


Figura 4.9 Esquema del circuito de potencia para la luminaria [2].

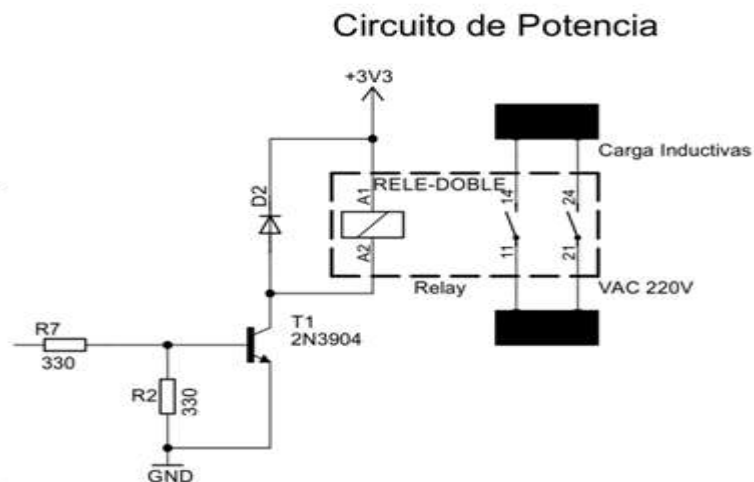


Figura 4.10 Esquema del circuito de potencia para un aire acondicionado [2].

En la figura mostrada anteriormente, se puede observar un circuito para controlar un aire acondicionado mediante el módulo ESP8266, en este caso el pin GPIO2 se debe conectar a la resistencia R7 y el pin de GND se debe conectar a la resistencia R2 y al emisor del transistor.

En este caso se utiliza un transistor y relés para poder soportar mayores niveles de corriente.

www.bdigital.ula.ve

CONCLUSIONES

Al termino del presente trabajo se puede afirmar que fue posible crear una interfaz de usuario para configurar los dispositivos domóticos que forman parte de la red domótica con o sin conexión a internet de manera satisfactoria. Se logró elaborar un servidor web que permite al usuario modificar la configuración de cada uno de los dispositivos habilitando la conexión entre los dispositivos o simplemente establecer conexión al *router*. De la misma manera, modificar la ubicación de los dispositivos, el usuario y la contraseña del módulo principal para que el usuario pueda recordar con facilidad la red que genera dicho modulo.

Con referencia a la aplicación Android se realizó una interfaz de usuario, de manera tal que la experiencia del usuario sea mucho más satisfactoria y sencilla al momento de utilizar, lo que permite a cualquier persona que no posee conocimientos sobre el tema manipular la red domótica.

Se estudiaron las capacidades del circuito integrado ESP8266 y el entorno de programación Arduino, se describió a fondo cada uno de los modos de operación del módulo permitiendo así entender cómo se realizó la red domótica.

Los protocolos para la comunicación entre los módulos ESP8266, la configuración en el módulo principal para inicializar cada cliente y el protocolo de configuración de cada cliente, se definieron de manera sencilla debido a que no habían sido desarrollados, permitiendo el uso de dichos protocolos a futuro.

RECOMENDACIONES

En cuanto a las recomendaciones, se hace referencia a lo más importante de la investigación del trabajo de grado que a futuro se pueda realizar.

- Se recomienda implementar un pulsador, con la finalidad de reiniciar el dispositivo de manera manual con un cero lógico, si se llega a presentar problemas para ser reiniciado a través del código. Dicho pulsador debe estar conectado al pin numero7.
- Se propone, con respecto a la interfaz de los servidores poner en práctica una capa de seguridad, para evitar que personas ajenas que conozcan del tema intervengan en el buen funcionamiento del sistema.
- Se recomienda, realizar el mismo diseño en un módulo ESP32, ya que posee mejores características e interfaces de comunicación que el dispositivo utilizado, para así comprobar el funcionamiento óptimo del sistema.
- Se propone, implementar a futuro el protocolo mDNS en los buscadores disponibles para Android, debido a que no han desarrollado el software necesario para reconocer dicho protocolo. Para que el programador al momento de realizar la aplicación Android tenga un manejo de nombres en vez de direcciones IP, y sea mucho más sencilla su elaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] B. Astrid, IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE CARGAS Y CONTROL DE CARGAS ELECTRICAS USANDO TECNOLOGIA ARDUINO, 2013.
- [2] S. Albert, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DOMOTICO PARA EL HOGAR, 2016.
- [3] B. Ruosbelt, «IMPLEMENATACION DE UN INVERNADERO CON SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO INALAMBRICO,» 12 2016. [En línea]. Available: <http://zaguan.unizar.es/record/58019/files/TAZ-TFG-2016-4838.pdf>. [Último acceso: 28 09 2019].
- [4] «Domotica,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%B3tica>. [Último acceso: 28 08 2019].
- [5] «Y.2060: Vision general de la internet de la cosas,» 28 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I/es>.
- [6] J. S. y. S. Silvestre, «LM08_R_ES.pdf,» 28 08 2019. [En línea]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08_R_ES.pdf.
- [7] «¿Que es el internet de las cosas (IoT)?,» 28 08 2019. [En línea]. Available: <https://www.aboutspanol.com/que-es-el-internet-de-las-cosas-iot-157621>.
- [8] «¿Que es el internet de las cosas?,» 28 08 2019. [En línea]. Available: https://www.pcactual.com/noticias/actualidad/internet-cosas-2_12647.
- [9] L. d. V. Hernández, «Guia para configurar un ESP-01, el modulo WiFi basado en ESP8266,» 28 08 2019. [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/podcast/como-configurar-esp01-wifi-esp8266/>.
- [10] «Android Studio, Herramienta para Crear Aplicaciones Android,» [En línea]. Available: <https://okhosting.com/blog/android-studio-herramienta-crear-aplicaciones/>. [Último acceso: 28 08 2019].

- [11] «¿Que es AppInventor?,» [En línea]. Available: <https://www.programoergosum.com/cursos-online/appinventor/27-curso-de-programacion-con-app-inventor/primeros-pasos>. [Último acceso: 28 08 2019].
- [12] «React,» 28 08 2019. [En línea]. Available: <https://es.reactjs.org/>.
- [13] React Native, «React Native,» [En línea]. Available: <https://facebook.github.io/react-native/>. [Último acceso: 28 08 2019].
- [14] P. S, 20 Abril 2016. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=2546>. [Último acceso: 16 Enero 2019].
- [15] A. Angel, IMPLEMENTACION DE MODULOS DE COMUNICACION PARA INTERNET DE LAS COSAS (Iot), 2018.

www.bdigital.ula.ve