



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 23 de febrero de 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Alejandro Mauricio Sánchez Ibáñez, con C.C. No.1.075.266.961, Andrés Felipe González Salazar, con C.C. No. 1.075.267.218, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado Sistema de Seguridad y Monitoreo Domótico Basado en IoT presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de Ingeniero Electrónico;

Autorizo(amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Alejandro Sanchez I.

Firma: ANDRÉS F GONZÁLEZ S

Vigilada Mineducación



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Sistema de Seguridad y Monitoreo Domótico Basado en Internet de las Cosas

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
González Salazar	Andrés Felipe
Sánchez Ibáñez	Alejandro Mauricio

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Molina Mosquera	Johan Julián

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Electrónico

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Ingeniería Electrónica

**CIUDAD:** Neiva  
**PÁGINAS:** 78

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2018

**NÚMERO DE**

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas  Fotografías  Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general   
Grabados \_\_\_ Láminas \_\_\_ Litografías \_\_\_ Mapas \_\_\_ Música impresa \_\_\_ Planos \_\_\_  
Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_ Tablas o Cuadros



**MATERIAL ANEXO:** Anteproyecto, artículo revista Ingeniería y Región, Datasheets.

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Domótica	Home Automation	6. Sensor Biométrico	Biometric Sensor
2. Internet de las Cosas	Internet of Things	7. _____	_____
3. Raspberry Pi 3	Raspberry Pi 3	8. _____	_____
4. Microcontrolador	Microcontroller	9. _____	_____
5. Aplicación Web	Web Application	10. _____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

En el siguiente proyecto de grado se expone el desarrollo de un Sistema de Seguridad y Monitoreo Domótico Basado en el Internet de las Cosas (IoT) con el fin de reforzar la protección a una vivienda familiar de algún posible intruso con intenciones de forcejear la puerta principal en donde se vea expuesto tanto los inmuebles como la integridad de las personas que residen ahí. Para llevar a cabo este trabajo, se cuenta con una plataforma web diseñada principalmente con un lenguaje de programación de alto nivel PHP, la cual contiene varios servicios donde el usuario puede monitorear y controlar dispositivos electrónicos a través de internet ya sea de manera local o remota. El sistema utiliza un sistema embebido conocido como Raspberry Pi 3. Esta herramienta principal ha sido programada y configurada como servidor web, con el objetivo de almacenar y realizar el tratamiento de la información necesaria captada por los sensores implementados en tiempo real y de manera automatizada.

También, se utilizó un microcontrolador ATMEGA328p que ha sido programado y acoplado para mantener una comunicación bidireccional con la placa inicial, y a su vez ser un soporte para realizar funciones tales como la activación y desactivación de un electroimán, que es el encargado de asegurar la puerta principal, una sirena y gestionar el funcionamiento del sensor biométrico FPM10A encomendado para permitir el acceso a la vivienda.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

In the next degree project presents the development of a System of security and monitoring home automation based on the Internet of Things (IoT) to beef up the protection of a family home from a possible intruder with intentions to struggle at the front door in where the properties and the integrity of the people residing there are exposed. In order to carry out this work, we have a web platform designed with a high-level programming language PHP, which contains several services where the user can monitor and control electronic devices through the internet either locally or remotely. The system uses an embedded system known as Raspberry Pi 3. This main tool has been programmed and configured as a web server, to store and perform the treatment of the necessary information captured by the sensors implemented in real time and in an automated way.

Also, was used an ATMEGA328p microcontroller, it has been programmed and coupled to maintain a bidirectional communication with the initial plate, and in turn be a support to perform functions such as the activation and deactivation of an actuator (electromagnet), which is in charge of secure the main door, a siren and manage the operation of the biometric sensor FPM10A in charge of allowing access to living place.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Jurado: José de Jesús Salgado Patrón

  
FIRMA DEL JURADO

Firma:

Nombre Jurado: Diego Fernando Sendoya Losada

  
FIRMA DEL JURADO

Firma:

**SISTEMA DE SEGURIDAD Y MONITOREO DOMOTICO BASADO EN IOT**

**ALEJANDRO MAURICIO SÁNCHEZ IBAÑEZ  
ANDRES FELIPE GONZALEZ SALAZAR**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
NEIVA – HUILA  
2017**

**SISTEMA DE SEGURIDAD Y MONITOREO DOMOTICO BASADO EN IOT**

**ALEJANDRO MAURICIO SÁNCHEZ IBAÑEZ  
ANDRES FELIPE GONZALEZ SALAZAR**

**Director**

**JOHAN JULIÁN MOLINA MOSQUERA Ms. C  
Docente Programa de Ingeniería Electrónica**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar  
al título de Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
NEIVA – HUILA  
2017**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Director del Proyecto

---

Firma del Primer Jurado

---

Firma del Segundo Jurado

Neiva, Noviembre de 2017

A Dios porque sin él nada de esto hubiese sido posible.

A mi querida madre Irma por darme la vida, su incondicional apoyo y por enseñarme siempre a ser una mejor persona.

A mi padre Antonio por su gran apoyo y cautivar en mí grandes valores.

A mi hermana Karent por alentarme siempre en alcanzar esta meta.

A mi especial y querida compañera de camino Camila, por entregarme lo que mejor sabe hacer ella, su total amor y apoyo incondicional en todo momento.

A todos los miembros de mi familia por depositar en mi mucho afecto, perseverancia y aliento de esperanza para alcanzar mi título de profesional.

ALEJANDRO SÁNCHEZ IBAÑEZ

A Dios por sostenerme en los momentos difíciles y por darme la fuerza para seguir adelante con mis proyectos.

A mi madre Carolina por su motivación intrínseca, su lucha infatigable y por sobretodo su amor incondicional.

A mi padre Hugo por sus oraciones y su apoyo desmesurado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Juan David y Sebastián por su alegría, porque siempre logran en mí una sonrisa.

A mi hermano de otra madre y futuro colega Jorge Iván por su conocimiento y asesoría.

A mis abuelos y a todos los miembros de mi familia que me quieren y me alientan para alcanzar mis objetivos.

ANDRES FELIPE GONZALEZ SALAZAR

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por siempre estar iluminando nuestro camino y permitirnos cumplir este logro tan importante en nuestras vidas.

A nuestras familias, un enorme agradecimiento por el apoyo incondicional y constante en todos estos años, por la gran enseñanza transmitida y la alegría de vernos crecer a cada uno como gran persona.

A Manuel Alejandro por diseñarnos el logo de la página web S<sup>2</sup>D.

Al Ingeniero Johan Julián Molina Mosquera por ser nuestro tutor y brindarnos la orientación necesaria para el desarrollo del presente trabajo.

A todos nuestros compañeros, amigos y demás personas que nos brindaron su especial colaboración durante el transcurso de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	16
3.1 DOMÓTICA .....	16
3.1.1. Aplicaciones de Domótica .....	17
3.1.2. Seguridad Domótica .....	17
3.2 INTERNET DE LAS COSAS.....	18
3.3 APLICACIÓN WEB.....	19
3.3.1 ¿Cómo Funcionan las Apps Web? .....	20
3.3.2 Tipos de Desarrollo App Web .....	21
3.3.2.1 Aplicaciones web estáticas .....	21
3.3.2.2 Aplicaciones web dinámicas .....	22
3.3.3 Responsive Design .....	22
3.3.4 NetBeans .....	23
3.3.5 HTML5 .....	23
3.3.6 PHP .....	24
3.3.7 phpMyAdmin .....	24
3.3.8 MySQL .....	25
3.3.9 JavaScript .....	25
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	26
4.1 RASPBERRY PI 3 COMO SERVIDOR LAMP .....	27
4.1.1 Registro y Configuración del Host en NO-IP.....	30
4.1.2 Configuración e Instalación del Servidor LAMP .....	32
4.1.2.1 Instalación de apache2 .....	33
4.1.2.2 Instalación de MySQL.....	34
4.1.2.3 Instalación de phpMyAdmin .....	34

4.1.2.4 Instalación de ModSecurity .....	35
4.1.2.4.1 Modsecurity y CRS .....	36
4.1.2.4.2 Configuración Modsecurity.....	36
4.1.2.4.3 Archivo de configuración Modsecurity.....	37
4.1.2.4.4 Configuración del sistema de archivos.....	37
4.2 MOTION PARA LA CÁMARA PI NOIR V2.....	37
4.2.1 Instalación de Motion y sus Dependencias .....	39
4.2.2. Configuración de Motion .....	40
4.3 CONFIGURACIÓN DEL ROUTER PARA LA APERTURA DE PUERTOS.....	42
4.4 DESARROLLO DEL ENTORNO DE NOTIFICACIONES .....	44
4.4.1 Configuración de los Pines GPIO en la Raspberry Pi 3 .....	44
4.4.2 Configuración e Instalación de exim4 .....	45
4.4.3 Instalación de Google Drive en la Raspberry Pi 3.....	47
4.4.4 Vigilancia del sistema de archivos Grive.....	48
4.5 DESARROLLO DEL ENTORNO DE MONITOREO .....	49
4.5.1 Circuito de Acondicionamiento de Luz Nocturna .....	49
4.5.2 Funcionamiento del Entorno de Monitoreo .....	52
4.6 ELABORACIÓN DE UN ENTORNO WEB GESTOR DE BASES DE DATOS.....	55
4.6.1 Aplicación Web .....	55
4.6.2 Bases de Datos MySQL.....	60
4.7 DESARROLLO DEL ENTORNO DE CONTROL DE ACCESO .....	61
4.7.1 Sensor Biométrico Lector de Huella Digital - FPM10A.....	61
4.7.2 Cerradura Electromagnética (Electroimán).....	62
4.7.3 Sirena Y “Cut Wire” .....	63
4.7.4 Circuito de Control .....	64
4.7.4.1 Atmega328P .....	65
4.7.4.2 Bootloader Arduino .....	66
4.7.4.3 PL2303HX.....	66
4.7.5 Comunicación Serial .....	67
4.8 DISEÑO DE LA TARJETA ELECTRÓNICA PRINCIPAL .....	70
4.9 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD .....	70
<b>5. COMPARACIÓN DE COSTOS.....</b>	<b>73</b>

**6. CONCLUSIONES..... 74**  
**7. RECOMENDACIONES.....75**  
BIBLIOGRAFIA..... 76

## LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Especificaciones técnicas Raspberry Pi 3 Modelo B.....	28
Tabla 2. Raspberry Pi 3 Modelo B vs sus modelos anteriores.....	29
Tabla 3. Características de la cámara Pi NoIR v2.....	49
Tabla 4. Especificaciones Técnicas del sensor biométrico FPM10A.....	61
Tabla 5. Especificaciones técnicas de la Cerradura Electromagnética.....	62
Tabla 6. Especificaciones técnicas de la sirena.....	64
Tabla 7. Especificaciones Técnicas del microcontrolador Atmega328P.....	65
Tabla 8. Especificaciones Técnicas del convertidor USB a TTL PL2303HX.....	67

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Modelamiento del sistema de seguridad y monitoreo doméstico IoT.....	27
Figura 2. Raspberry Pi 3 Modelo B con sus componentes principales.....	28
Figura 3. Página oficial de NO-IP.....	30
Figura 4. Tablero de configuraciones de la cuenta NO-IP.....	31
Figura 5. Funcionamiento de un servidor web.....	33
Figura 6: Panel de inicio para ingresar a phpMyAdmin.....	35
Figura 7: Transmisión en vivo utilizando Motion.....	41
Figura 8. Login del enrutador MitraStar DSL-2401-HNT1C.....	42
Figura 9. Ventana para añadir la regla correspondiente al puerto 80.....	43
Figura 10. Reglas de los diferentes servicios asociados a la Raspberry Pi.....	43
Figura 11. Configuración DNS Dinámico para NO-IP.....	43
Figura 12. Comparación de imágenes entre cámaras de Raspberry Pi.....	50
Figura 13. Circuito de acondicionamiento de luz nocturna.....	51
Figura 14. Vista del esquemático en el visualizador 3D de proteus.....	52
Figura 15. Caja en acrílico correspondiente al entorno de monitoreo.....	53
Figura 16. Sensor de movimiento PIR HC-SR501.....	53
Figura 17. Diagrama de flujo programación entorno de monitoreo.....	55
Figura 18. Vista web index.php.....	56
Figura 19. Vista web menu.php.....	57
Figura 20. Vista web estado.php.....	57
Figura 21. Vista web control.php.....	58
Figura 22. Vista web streaming.php.....	59
Figura 23. Vista web movimiento.php.....	59
Figura 24. Vista web biometrico.php.....	60
Figura 25. Conexiones y circuito complementario para el sensor biométrico.....	62
Figura 26. Etapa de potencia Electroimán.....	63
Figura 27. Circuito para sirena y cut wire.....	64
Figura 28. Pines Atmega328P.....	66

Figura 29. Circuito de control.....	68
Figura 30. Diagrama de flujo programación Atmega328P.....	69
Figura 31. PCB diseñada.....	70
Figura 32. Caja central.....	71
Figura 33. Electroimán en el marco de la puerta.....	71
Figura 34. Entorno de Monitoreo.....	71
Figura 35. Sensor Biométrico.....	71
Figura 36. Sirena.....	72
Figura 37. Caja central por dentro.....	72

## RESUMEN

En el siguiente proyecto de grado se expone el desarrollo de un Sistema de seguridad y monitoreo domótico basado en el Internet de las Cosas (IoT) con el fin de reforzar la protección a una vivienda familiar de algún posible intruso con intenciones de forcejear la puerta principal en donde se vea expuesto tanto los inmuebles como la integridad de las personas que residen ahí. Para llevar a cabo este trabajo, se cuenta con una plataforma web diseñada principalmente con un lenguaje de programación de alto nivel PHP, la cual contiene varios servicios donde el usuario puede monitorear y controlar dispositivos electrónicos a través de internet ya sea de manera local o remota. El sistema utiliza un sistema embebido conocido como Raspberry Pi 3. Esta herramienta principal ha sido programada y configurada como servidor web, con el objetivo de almacenar y realizar el tratamiento de la información necesaria captada por los sensores implementados en tiempo real y de manera automatizada.

Además de esto, se utilizó un microcontrolador ATMEGA328p que ha sido programado y acoplado para mantener una comunicación bidireccional con la placa inicial, y a su vez ser un soporte para realizar funciones tales como la activación y desactivación de un electroimán, que es el encargado de asegurar la puerta principal, una sirena y gestionar el funcionamiento del sensor biométrico FPM10A encomendado para permitir el acceso a la vivienda.

**Palabras Clave:** Domótico; IoT; PHP; Raspberry Pi 3; ATMEGA328p; FPM10A.

## ABSTRACT

In the next degree project presents the development of a System of security and monitoring home automation based on the Internet of Things (IoT) to beef up the protection of a family home from a possible intruder with intentions to struggle at the front door in where the properties and the integrity of the people residing there are exposed. In order to carry out this work, we have a web platform designed with a high-level programming language PHP, which contains several services where the user can monitor and control electronic devices through the internet either locally or remotely. The system uses an embedded system known as Raspberry Pi 3. This main tool has been programmed and configured as a web server, to store and perform the treatment of the necessary information captured by the sensors implemented in real time and in an automated way.

Also, was used an ATMEGA328p microcontroller, it has been programmed and coupled to maintain a bidirectional communication with the initial plate, and in turn be a support to perform functions such as the activation and deactivation of an actuator (electromagnet), which is in charge of secure the main door, a siren and manage the operation of the biometric sensor FPM10A in charge of allowing access to living place.

**Keywords:** Home automation; IoT; PHP; Raspberry Pi 3; ATMEGA328p; FPM10A

## 1. INTRODUCCIÓN

Una manera de compartir información que sea útil para mejorar la calidad de vida es en la protección de las viviendas. La inseguridad en Colombia es un tema muy alarmante donde hoy en día se sigue luchando para reducir el número de casos por hurtos de toda clase. Aunque existen numerosos sistemas para solventar dicho problema, la mayoría de los casos son muy costosos o simplemente los servicios que incluyen estos son muy pocos o incompletos. Con el fin de dar una solución que ofrezca una protección robusta al ingreso de la vivienda, se ha construido una idea que no solamente va a reforzar la seguridad del hogar, sino que también será un sistema económico, ya que se va a trabajar con herramientas de software libre, sistemas embebidos que fácilmente se consiguen en el mercado electrónico y lo mejor de todo, contendrá una interfaz agradable para que el cliente no tenga que preocuparse y preguntándose lo mismo: ¿Cómo funciona? ¿Cómo enciendo o apago el sistema? ¿Qué servicios incluye?, o simplemente leyendo manuales extensos sobre el funcionamiento de este.

Con el propósito de ofrecer un sistema sólido para reforzar la seguridad de las viviendas de las personas utilizando las tecnologías actuales en software libre y sistemas embebidos, se diseñó y se implementó un sistema capaz de aumentar la protección del hogar, que se activa ya sea de manera completamente remota o local, con previa conexión a internet desde una página alojada en un servidor web propio. Este contiene varios servicios los cuales pueden ser activados de manera seleccionada al gusto del usuario. Además de lo anterior, el tema de la privacidad es un tópico muy importante, puesto que las personas al momento de adquirir un sistema de seguridad convencional, los servidores que manejan estos dispositivos electrónicos tales como las cámaras de videovigilancia son administradas por las compañías que prestan el servicio, logrando así acceder a los datos almacenados como imágenes, videos u otra información relevante donde ya la privacidad pierde en su totalidad su valor y significado.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un sistema de monitoreo y seguridad domótico en tiempo real basado en IoT para asegurar la protección del hogar.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Recopilar y seleccionar la información necesaria que permita comprender el comportamiento de un sistema domótico de seguridad, sus tipos de sensores y demás componentes.
- Modelar y diseñar el sistema IoT adaptado a gestor de base de datos.
- Adquirir los dispositivos a programar y posteriormente implementar dichas tecnologías según el modelamiento.
- Poner a punto y optimizar el funcionamiento de cada una de las etapas del sistema.
- Evaluar y validar el sistema en general.

### 3. MARCO TEÓRICO

En esta parte se presentan los temas más relevantes en el desarrollo del proyecto de grado, tales como Domótica, Internet de las Cosas y Aplicación Web. Se desglosan cada uno de ellos para poder entender un poco más la importancia de cada uno para cumplir con los objetivos.

#### 3.1 DOMÓTICA

Cuando se habla de domótica<sup>1</sup>, en líneas generales el término se refiere a las plataformas que incluyen la creación de controles automatizados para los hogares; por esa razón, a la domótica también se la conoce como los sistemas de casas inteligentes.

Para ello, la domótica incluye elementos de hardware y de software, que dan lugar al posible desarrollo de plataformas personalizadas, es decir que pueden ser construidas de acuerdo con diversos aspectos, incluyendo las necesidades puntuales de los usuarios que van a utilizar el sistema.

Lo cierto es que la domótica posee grandes ventajas, ya que, al tratarse de un conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, permite entre otras cosas lograr un real ahorro energético, mejorar el acceso a elementos por parte de personas con discapacidades, incluye la posibilidad de aportar un sistema de seguridad con vigilancia automática y demás.

Antecediendo este proyecto, Alarcón y Díaz (2013) *“Desarrollo de un sistema domótico de seguridad para el hogar utilizando tecnología Arduino y software libre”*, trabajo de grado desarrollado en la Universidad Surcolombiana, donde combinan los principios de la domótica, telemetría y tecnología actual para darle a su aplicativo un nuevo concepto de seguridad para el hogar. El trabajo integra dispositivos de software libre, sensores, un aplicativo web, suministro de energía al sistema y demás elementos electrónicos para automatizar el hogar y darle una mayor seguridad. Incluye acciones tales como alertar al dueño con un mensaje de seguridad a sus redes sociales y realizar el bloqueo de manera inmediata de la puerta para impedir la huida del intruso en una situación de allanamiento de morada y proporcionarle tiempo al usuario para tomar las acciones necesarias. También brinda por medio de un monitoreo de temperatura y humo, detectar un posible incendio en su vivienda. Además de lo que se ha

---

<sup>1</sup> (2017) ¿Qué es Domótica? ¿Para qué sirve? Tecnología Fácil. Recuperado de: <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-domotica-para-que-sirve/>

mencionado anteriormente el sistema es de bajo costo y no representa un gasto adicional como lo es contratar un sistema de vigilancia con una compañía de seguridad<sup>2</sup>. El trabajo es realizado mediante comunicación en tiempo real y es una solución viable al problema planteado haciendo uso de dispositivos embebidos y con una interacción amigable con el usuario.

### 3.1.1. Aplicaciones de Domótica

Desde hace años la domótica ha sido aplicada a diferentes ámbitos, en principio relacionados al campo científico, pero lo cierto es que, gracias al constante avance de la domótica, hoy es posible que cualquier persona en el mundo pueda convertir su vivienda convencional en una verdadera casa inteligente, y volverla así por completo automatizada. El sistema de domótica en un hogar pueda contralarse sin inconvenientes a través de paneles de control centralizado, que se incorporan a la casa, como así también utilizando computadoras, e incluso dispositivos portátiles como tablets y smartphones.

### 3.1.2. Seguridad Domótica

Actualmente, es la función más desarrollada<sup>3</sup>, y puede integrar múltiples aplicaciones, especialmente si se encuentra integrada dentro de un sistema domótico. Se puede dividir en seguridad en personas y seguridad de bienes.

En cuanto a la seguridad de bienes se refiere, las funciones principales son:

- Avisos a distancia. En ausencia del usuario se emiten avisos en caso de alarma, (bien acústicos o telefónicos).
- Detección de intrusos. Incluye la instalación de diversos sensores:
  - Sensores volumétricos para detección de presencia.
  - Sensores de hiperfrecuencia para cristales rotos.
  - Sensores magnéticos para apertura de puertas y ventanas.
- Simulación de presencia.
- Alarmas técnicas:
  - Detección de incendios.

---

<sup>2</sup> Alarcón Murillo, S.F. y Díaz Hoyos, W. (2013). *Desarrollo de un sistema domótico de seguridad para el hogar utilizando tecnología arduino y software libre*. Neiva: Universidad Surcolombiana.

<sup>3</sup> Castañeda Cubero, A. (2004). *Introducción a la Domótica*. Biblioteca de Ingeniería, Universidad de Sevilla. Recuperado de: [bibing.us.es/proyectos/abreproy/10939/fichero/04.+Introducción+a+la+Domótica.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/10939/fichero/04.+Introducción+a+la+Domótica.pdf)

- Detección de fugas de agua y gas.
- Ausencia de energía eléctrica.
- Control de C.C.T.V.

### 3.2 INTERNET DE LAS COSAS

IoT<sup>4</sup> (Internet of Things, por sus siglas en inglés) es el mundo en el que cada objeto tiene una identidad virtual propia y capacidad potencial para integrarse e interactuar de manera independiente en la Red con cualquier otro individuo, ya sea una máquina (M2M) o un humano.

Se está sufriendo una transformación donde “things” hablan con otros “things” y estas conversaciones están creando nuevos modelos de negocio, productos y compañías. Hace 20 años, Internet se usaba principalmente como herramienta para buscar información. En los últimos 10 años se ha vivido una nueva forma de uso de Internet, donde todo se ha convertido en social, transaccional y móvil.

El número de cosas conectadas a internet sobrepasó en 2008 el número de habitantes del planeta. Se estima que habrá 50.000 millones de dispositivos conectados en 2020. Según un estudio de CISCO, solo este año el volumen de negocio de las cosas conectadas a internet ascenderá a 475.000 millones de euros. El IoT representaría un negocio mundial de 10.900 billones de euros en 5 años por la mayor productividad, ahorro de costes y nuevos mercados para las empresas.

Algunos de los muchos beneficios<sup>5</sup> que tiene abrirse al mundo del IoT son los siguientes:

- Tener una vida más eficiente.
- Se puede ahorrar dinero.
- Contar con un hogar más seguro.

Previamente al Sistema de Seguridad y Monitoreo Domótico basado en IoT, está el trabajo de grado de García “*IoT con Raspberry Pi*” para la Universitat Oberta de Catalunya, trabajo en el cuál se realiza un estudio de las diferentes plataformas de software existentes, describiendo sus características, puntos fuertes y débiles, así

---

<sup>4</sup> Everlet, A. Pastor, J. (2013). Introducción al Internet de las Cosas, Construyendo un proyecto de IoT. Universidad Rey Juan Carlos. Recuperado de: [https://www.carriots.com/newFrontend/img-carriots/press\\_room/Construyendo\\_un\\_proyecto\\_de\\_IOT.pdf](https://www.carriots.com/newFrontend/img-carriots/press_room/Construyendo_un_proyecto_de_IOT.pdf)

<sup>5</sup> Lopez, N. (2016). Beneficios de Tener IoT. Insite. Recuperado de: <https://insite.com.co/beneficios-de-tener-iot/>

como su ámbito de aplicación. Por otro lado también indagan las plataformas de hardware, sus propiedades de bajo consumo, coste y tamaño. Por medio de mensajes vía Telegram o Whatsapp<sup>6</sup>, llevan a cabo un estudio de la interacción del sistema hardware-software, de forma que se notifique una posible alarma o se pueda apagar remotamente un equipo con mensajes en Twitter. Finalizando el proyecto se lleva a cabo un caso real de representación de sensores en una plataforma software utilizando la Raspberry Pi como hardware junto con sensores de diferente tipo (humedad, temperatura, vigilancia, etc.) acoplados a la misma.

### 3.3 APLICACIÓN WEB

Las aplicaciones web son llamadas de esta manera porque se ejecutan a través de internet, por lo general, no necesitan ser instaladas en el computador. Es decir que toda la información o acciones que se realizan en la aplicación son procesadas y almacenadas dentro de la web, en este caso la aplicación es alojada en la Raspberry Pi 3. Para el desarrollo de ésta fue necesario el software NetBeans IDE 8.2, trabajar lenguajes de programación tales como PHP3 y JavaScript, lenguaje de marcado HTML5 y MySQL para gestionar bases de datos.

Algunos ejemplos de aplicaciones web: Gmail, Google Docs, Facebook, Netflix, Whatsapp Web, etc.

Antecediendo a este proyecto, Domínguez (2015) en su trabajo de fin de grado "*Aplicaciones orientadas a la domótica con Raspberry Pi*" desarrollado en la Universidad de Sevilla, donde se diseñó una aplicación orientada a la domótica en la placa Raspberry Pi. Un sistema de seguridad, donde tiene como finalidad poder administrarla remotamente y que funcione tanto manual como automáticamente. Además, ya que usa transmisión de datos en tiempo real podrá detectar la presencia de intrusos y poder vigilar una habitación desde cualquier lugar con conexión a internet e informando al usuario a través de un mensaje en WhatsApp con el uso de una librería llamada Yowsup. La aplicación tiene como nombre "Security Pi" centrada en la seguridad y control de luces de una vivienda donde han encaminado el proyecto con elementos disponibles en el Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla y la adquisición de algunos elementos restantes de bajo coste y con ayuda del desarrollo de códigos en lenguaje Python para el control de todos los dispositivos conectados a está, poder facilitar al usuario la interacción y configuración del sistema mediante un entorno web contenido en la Raspberry Pi y su debida estructuración en un servidor PHP<sup>7</sup>. Como resultado final, se puede observar que la propuesta

---

<sup>6</sup> García Muelas, C. (2015). *IoT con Raspberry Pi*. Cataluña: Universitat Oberta de Catalunya.

<sup>7</sup> González Domínguez, C. (2015). *Aplicaciones orientadas a la domótica con Raspberry Pi*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

planteada y desarrollada es una solución viable a lo referente a la inseguridad del hogar implementando un sistema de seguridad con elementos económicos y monitoreo en tiempo real donde además se provee una interfaz hombre-máquina agradable y confiable.

### 3.3.1 ¿Cómo Funcionan las Apps Web?

Que las aplicaciones web sean ejecutadas por medio de un navegador web en una red significa que los datos o los archivos en los que trabajas son procesados y almacenados dentro de la una red a través de un navegador. Por este motivo, este tipo de aplicaciones por lo general, no necesitan ser instaladas en el ordenador o el móvil.

Una página web puede contener elementos que permiten una comunicación activa entre el usuario y la información, haciendo que éste acceda a los datos de forma interactiva, ya que el sitio web se encargará de responder a cada una de las acciones que éste ejecute (por ejemplo, acceder a gestores de bases de datos de todo tipo, publicar e interactuar con los contenidos, rellenar y enviar formularios, participar en juegos, etc.).

Las ventajas más importantes que tiene el desarrollo de una App web son las siguientes<sup>8</sup> :

- Ahorro de tiempo: Son Apps sencillas de gestionar, por lo que permiten realizar tareas de forma fácil sin necesidad de descargar ni instalar ningún programa o plugin adicional.
- Completa compatibilidad: Son totalmente compatibles con navegadores para poder utilizarlas. Sólo se suele requerir que el navegador web esté debidamente actualizado para poder usar este tipo de Apps.
- Actualización continua e inmediata: Debido a que es el propio desarrollador App el que gestiona y controla el software, la versión que descarguen, instalen y utilicen los usuarios, siempre será la última que haya lanzado dicho desarrollador App. Para ello es imprescindible estar al tanto de lo que ocurre con la App.
- Recuperación de datos: Una de las mayores ventajas de una App Web es que, en la mayoría de ocasiones el usuario puede recuperar su información desde cualquier dispositivo y lugar con su nombre de usuario y contraseña.

---

<sup>8</sup> ¿Qué son las Aplicaciones Web? Ventajas y Tipos de Desarrollo. Wiboo GCF Aprende Libre. Recuperado de: [https://www.gcfaprendelibre.org/tecnologia/curso/informatica\\_basica/aplicaciones\\_web\\_y\\_todo\\_ace\\_rca\\_de\\_la\\_nube/1.do](https://www.gcfaprendelibre.org/tecnologia/curso/informatica_basica/aplicaciones_web_y_todo_ace_rca_de_la_nube/1.do)

- Ahorro de recursos en equipos y dispositivos: Las Apps Web, generalmente tiene un bajo consumo de recursos dado que toda (o gran parte) de la aplicación se encuentra en un servidor web y no en el ordenador.
- Compatibilidad con múltiples plataformas: Se pueden usar desde cualquier dispositivo móvil u equipo informático, ya que son válidas para cualquier sistema operativo ya que sólo es necesario que cuente con un navegador web.
- Portabilidad: Como se ha indicado, las App Web son compatibles con todas las plataformas (independiente del ordenador, equipo informático o dispositivo móvil donde se utilice), ya que con tener acceso a internet se puede acceder a las mismas (como si de una página web se tratase).
- Virus inexistentes: Los virus no afectan los datos guardados en el servidor de la aplicación, ya que cuentan con potentes sistemas de seguridad informáticos y garantías ante este tipo de situaciones.
- Mayor funcionalidad: El hecho de que el acceso a la App se realice desde una única ubicación (un servidor web de una Intranet en las oficinas de una empresa) permite realizar de forma sencilla acciones colaborativas entre los usuarios como por ejemplo la compartición de datos entre ellos. Cada vez es más sencillo crear, desarrollar y utilizar navegadores web, ya que actualmente ofrecen cada vez más y mejores funcionalidades para crear "aplicaciones web enriquecidas" (RIA o Rich Internet Application).

Gran parte de las tareas que realiza el software no consumen recursos propios del equipo o dispositivo, ya que se realizan desde el servidor o servidores que se contratan. Para que los usuarios con dispositivos móviles puedan acceder a la App Web de forma sencilla, se requiere de un diseño específico (ficheros CSS) para facilitarlos.

### **3.3.2 Tipos de Desarrollo App Web**

Se pueden clasificar las Apps Web en función de cómo se presenta el contenido dentro de la aplicación. A continuación, se expone dos (2) tipos generales de aplicaciones web.

#### **3.3.2.1 Aplicaciones web estáticas**

Características de las Aplicaciones Web Estáticas:

- Este tipo de web App muestran muy poca información y no suelen variar mucho.

- Por regla general suelen estar desarrolladas en lenguaje HTML y CSS y pueden ser creadas en plataformas de desarrollo como por ejemplo AppYourSelf o Monincube.
- Hay que tener en cuenta que modificar las Apps estáticas no resulta nada sencillo y menos aún con las limitaciones que presentan por lo general este tipo de plataformas de desarrollo App.

### **3.3.2.2 Aplicaciones web dinámicas**

Una aplicación web dinámica es mucho más compleja de crear y desarrollar a nivel técnico que una App web estática, ya que utilizan bases de datos para cargar la información para que los contenidos de la App Web se vayan cargando y actualizando cada vez que el usuario accede a la misma. Este proyecto se controla a través de una aplicación web dinámica.

Se pueden utilizar la mayoría de lenguajes para desarrollar aplicaciones web dinámicas., pero lo más usados y comunes son los lenguajes PHP y ASP, ya que permiten una buena estructuración y diseño del contenido de la App. Para actualizar o realizar cambios en la App Web, el proceso es muy sencillo, ya que:

- No es necesario entrar en el servidor para modificarlo.
- Permite implementar muchas funcionalidades como foros o bases de datos.
- El diseño web, el contenido y la estructura pueden ser modificados por el administrador de la App (no solo el contenido de la App).

### **3.3.3 Responsive Design**

Se trata de redimensionar y colocar los elementos de la web de forma que se adapten al ancho de cada dispositivo permitiendo una correcta visualización y una mejor experiencia de usuario. Se caracteriza porque los layouts (contenidos) e imágenes son fluidos y se usa código media-queries de CSS3.

El diseño responsive<sup>9</sup> permite reducir el tiempo de desarrollo, evita los contenidos duplicados, y aumenta la viralidad de los contenidos ya que permite compartirlos de una forma mucho más rápida y natural.

---

<sup>9</sup> ¿Qué es el Diseño Responsive? 40 de Fiebre. Recuperado de: <https://www.40defiebre.com/ques/diseno-responsive/>

En definitiva, el diseño web responsive se consolida como una de las mejores prácticas hoy en día en diseño web. Aunque como todas, tiene sus pros y contras, la web responsive es considerada hoy en día la mejor práctica posible en el diseño web. Para poder ver la aplicación web del sistema de seguridad desde cualquier aparato electrónico conectado a internet (Smartphone, tablet, PC, etc.) se hace uso de responsive design.

### 3.3.4 NetBeans

Netbeans<sup>10</sup> es un entorno de desarrollo gratuito y de código abierto. Permite el uso de un amplio rango de tecnologías de desarrollo tanto para escritorio, como aplicaciones Web, o para dispositivos móviles. Da soporte a las siguientes tecnologías, entre otras: Java, PHP, Groovy, C/C++, HTML5. Además, puede instalarse en varios sistemas operativos tales como Windows, Linux, Mac OS.

### 3.3.5 HTML5

HTML5<sup>11</sup> Es la última versión de HTML. Diseñado para ser utilizable por todos los desarrolladores de Open Web, esta página referencia numerosos recursos sobre las tecnologías de HTML5, clasificados en varios grupos según su función.

- Semántica: Permite describir con mayor precisión cuál es su contenido.
- Conectividad: Permite comunicarse con el servidor de formas nuevas e innovadoras.
- Sin conexión y almacenamiento: Permite a las páginas web almacenar datos localmente en el lado del cliente y operar sin conexión de manera más eficiente.
- Multimedia: Otorga un excelente soporte para utilizar contenido multimedia como lo son audio y video nativamente.
- Gráficos y efectos 2D/3D: Proporciona una amplia gama de nuevas características que se ocupan de los gráficos en la web como lo son canvas 2D, WebGL, SVG, etc.
- Rendimiento e Integración: Proporciona una mayor optimización de la velocidad y un mejor uso del hardware.
- Acceso al dispositivo: Proporciona APIs para el uso de varios componentes internos de entrada y salida del dispositivo.

---

<sup>10</sup> (2014). NetBeans. GenBeta:dev. Recuperado de: <https://www.genbetadev.com/herramientas/netbeans-1#sections>

<sup>11</sup> HTML5. Developer Mozilla. Recuperado de: <https://developer.mozilla.org/es/docs/HTML/HTML5>

- CSS3: Ofrece una nueva gran variedad de opciones para hacer diseños más sofisticados.

### 3.3.6 PHP

PHP<sup>12</sup> (crónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

En lugar de usar muchos comandos para mostrar HTML (como en C o en Perl), las páginas de PHP contienen HTML con código incrustado que hace "algo". Lo que distingue a PHP de algo del lado del cliente como Javascript es que el código es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente. El cliente recibirá el resultado de ejecutar el script, aunque no se sabrá el código subyacente que era. El servidor web puede ser configurado incluso para que procese todos los ficheros HTML con PHP, por lo que no hay manera de que los usuarios puedan saber a simple vista lo que se realiza.

Lo mejor de utilizar PHP es su extrema simplicidad para el principiante, pero a su vez ofrece muchas características avanzadas para los programadores profesionales.

### 3.3.7 phpMyAdmin

phpMyAdmin<sup>13</sup> es una herramienta escrita en PHP con la intención de manejar la administración de MySQL a través de páginas web, utilizando Internet, está disponible bajo la licencia GPL (General Public License) y en más de 50 idiomas. Además de eso, este proyecto se encuentra vigente desde el año 1998.

Con esta herramienta se puede crear y eliminar Bases de Datos. De la misma manera, se puede crear, eliminar y alterar tablas, borrar, editar y añadir campos, ejecutar cualquier sentencia SQL, administrar claves en campos, administrar privilegios, exportar datos en varios formatos.

---

<sup>12</sup> (2015) .Qué es PHP? php.net. Recuperado de: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>

<sup>13</sup> (2016) ¿Qué es phpMyAdmin? INC. Recuperado de: <https://www.inc.cl/blog/hosting/que-es-phpmyadmin>

### 3.3.8 MySQL

MySQL<sup>14</sup> es un sistema de administración de bases de datos (Database Management System, DBMS) para bases de datos relacionales. Así, MySQL no es más que una aplicación que permite gestionar archivos llamados de bases de datos.

Existen muchos tipos de bases de datos, desde un simple archivo hasta sistemas relacionales orientados a objetos. MySQL como base de datos relacional, utiliza múltiples tablas para almacenar y organizar la información.

MySQL fue escrito en C y C++ y destaca por su gran adaptación a diferentes entornos de desarrollo, permitiendo su interacción con los lenguajes de programación más utilizados como PHP, Perl y Java y su integración en distintos sistemas operativos.

En este proyecto se han utilizado bases de datos, con diferentes tablas para manejar un usuario, y registro de las actividades captadas por los sensores para finalmente mostrarlo en la página web.

### 3.3.9 JavaScript

JavaScript<sup>15</sup> (a veces abreviado como JS) es un lenguaje ligero e interpretado, orientado a objetos con funciones de primera clase, más conocido como el lenguaje de script para páginas web, pero también usado en muchos entornos sin navegador, tales como node.js o Apache CouchDB. Es un lenguaje script multi-paradigma, basado en prototipos, dinámico, soporta estilos de programación funcional, orientada a objetos e imperativa.

---

<sup>14</sup> (2016) ¿Qué es MySQL? EsepeStudio. Recuperado de: <http://www.espestudio.com/noticias/que-es-mysql>

<sup>15</sup> (2017). JavaScript. Developer Mozilla. Recuperado de: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>

## 4. METODOLOGIA

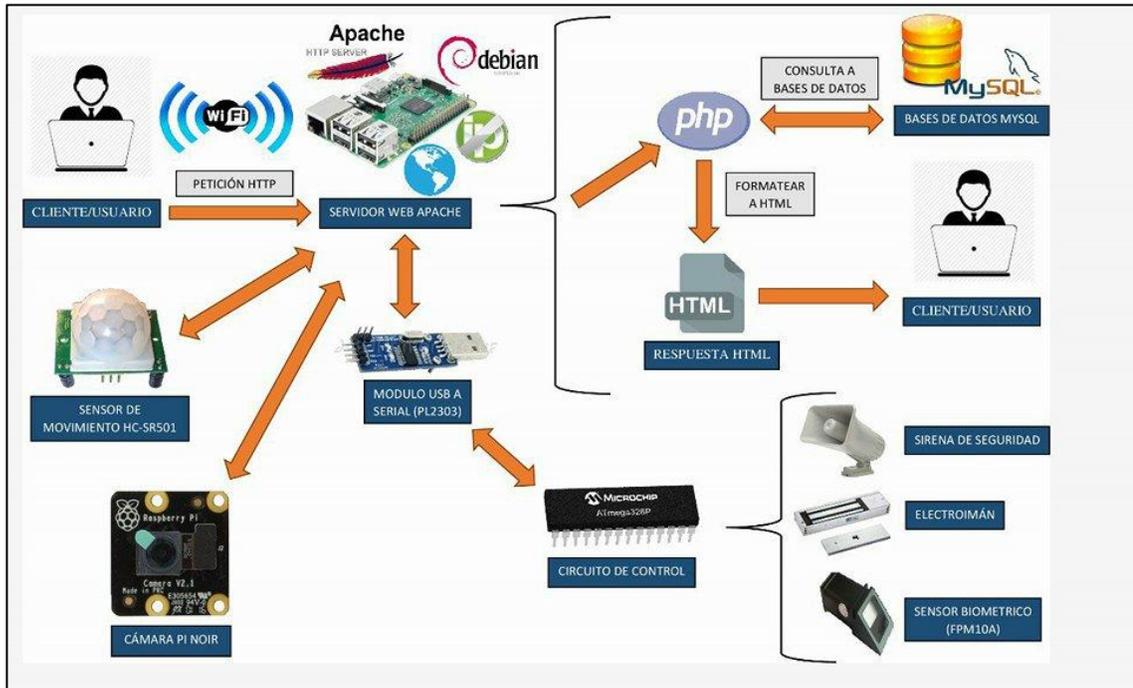
En la siguiente sección se contempla el proceso realizado para llevar a cabo el objetivo del proyecto. Como finalidad de este, es implementar un sistema de seguridad y monitoreo domótico basado en el internet de las cosas para reforzar el acceso a la vivienda y notificar al usuario de un posible intruso mediante un mensaje a su correo electrónico primario. A continuación, se plantea la trayectoria que tuvo este trabajo para realizar una configuración e instalación de todo el software necesario y su diseño e implementación correspondiente al sistema de seguridad.

Como punto de partida se realizan diferentes consultas y una exhaustiva recopilación de múltiples fuentes de información tales como libros, guías, tesis, artículos científicos y páginas web en temas relacionados a la seguridad domótica, el internet de las cosas (IoT) y desarrollo de páginas web dinámicas con el fin de darle una correcta y adecuada implementación al sistema. Como primera medida, se desarrolla la preparación, instalación y configuración de la placa principal (Raspberry Pi 3) como servidor LAMP. Seguidamente se hace la obtención de la librería necesaria para el uso adecuado del archivo de configuración que controla la cámara Pi NoIR. Además de eso se hace la adquisición de las fuentes adicionales necesarias para desarrollar el entorno de notificaciones. Ya teniendo lo anterior, se explica el funcionamiento del entorno de monitoreo.

Adicionalmente se realiza una optimización al sistema de seguridad domótico. Para ello, se hace un análisis y elaboración de un entorno web gestor de bases de datos para la correcta interacción con la placa principal. Después, se lee un poco más sobre cerraduras electromagnéticas y su correcto funcionamiento con el fin de diseñar una etapa de potencia para lograr adaptarla a un actuador (en este caso, un electroimán). También, se realiza la implementación del sensor biométrico lector de huella digital a un circuito de control para lograr un apropiado desarrollo del control de acceso a la vivienda. Finalmente, se desarrolla la implementación del sistema de seguridad y monitoreo domótico con el fin de evaluar y validar los resultados obtenidos.

Para una adecuada comprensión del comportamiento que tiene el sistema, se expone a continuación el modelo pertinente.

Figura 1. Modelamiento del sistema de seguridad y monitoreo doméstico IoT



#### 4.1 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LA PLACA PRINCIPAL RASPBERRY PI 3 COMO SERVIDOR LAMP

Como primera instancia se debe conocer la razón del por qué se va a utilizar y configurar esta placa como servidor web, el cual será el motor de este sistema de seguridad de monitoreo doméstico. La Raspberry Pi 3 Modelo B cuenta con un chip integrado Broadcom BCM2837 el cual contiene un procesador de cuatro (4) núcleos a una frecuencia de 1.2 GHz de velocidad, por lo tanto, la hace mucho más rápida y con mayor capacidad de procesamiento que sus versiones anteriores. Esto con el fin de desarrollar con potencia tipos de tareas tales como capacidad de cálculo, tratamiento de datos recogidos, envío de correos, entre otros. También tiene la capacidad de realizar multiprocesos en segundo plano.

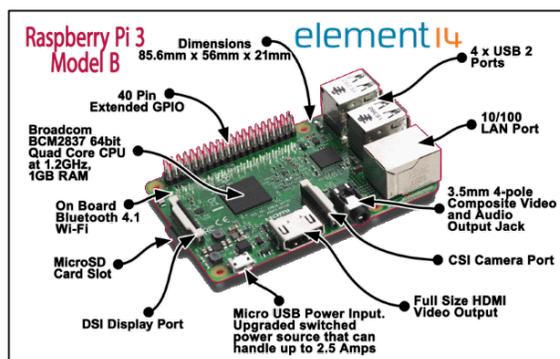
A continuación, se relaciona las especificaciones técnicas de la placa principal, una imagen de dicha herramienta con sus componentes principales y una tabla que diferencia este modelo con las versiones anteriores.

Tabla 1. Especificaciones Técnicas Raspberry Pi 3 Modelo B

Chipset Broadcom BCM2837 a 1,2 GHz.
ARM Cortex-A53 de 64 bits y cuatro núcleos.
LAN Inalámbrica 802.11 b/g/n.
Bluetooth 4.1 (Classic and Low Energy)
Co-procesador multimedia de doble núcleo Videocore IV
Memoria LPDDR2 de 1 GB.
Compatible con todas las últimas distribuciones de ARM GNU/Linux y Windows 10 IoT.
Conector micro USB para fuente de alimentación de 2,5 A.
1 puerto Ethernet 10/100.
1 conector de vídeo/audio HDMI.
1 conector de video/audio RCA.
1 conector de cámara CSI.
4 puertos USB 2.0
40 pines GPIO.
Antena de chip.
Conector de pantalla DSI.
Ranura de tarjeta microSD.
Dimensiones: 85x56x17 mm

Fuente: <https://www.raspberrypi.com/store/product/raspberry-pi-3-model-b/>

Figura 2. Raspberry Pi 3 Modelo B con sus componentes principales.



Fuente: <https://www.raspberrypi.com/store/product/raspberry-pi-3-model-b/>

Tabla 2. Raspberry Pi 3 Modelo B vs sus modelos anteriores.

	Raspberry Pi 3 Modelo B	Raspberry Pi 2 Modelo B	Raspberry Pi Modelo B+	Raspberry Pi Modelo A+
<b>Procesador</b>	Broadcom BCM 2837 64bit Quad-Core @ 1.2GHz	Broadcom BCM 2836 64bit Quad-Core @ 900MHz	Broadcom BCM 2835 32bit	Broadcom BCM 2835 32bit
<b>GPU</b>	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV	Videocore IV
<b>Velocidad de Procesador</b>	Quad-Core @ 1.2GHz	Quad-Core @ 900MHz	Single-Core @ 700MHz	Single-Core @ 700MHz
<b>RAM</b>	1GB SDRAM @ 400MHz	1GB SDRAM @ 400MHz	512MB SDRAM @ 400MHz	256MB SDRAM @ 400MHz
<b>Almacenamiento</b>	MicroSD	MicroSD	MicroSD	MicroSD
<b>USB 2.0</b>	4x USB Ports	4x USB Ports	4x USB Ports	1x USB Ports
<b>Consumo max./voltaje</b>	2.5A @ 5V	1.8A @ 5V	1.8A @ 5V	1.8A @ 5V
<b>GPIO</b>	40 pin	40 pin	40 pin	40 pin
<b>Puerto Ethernet</b>	Si	Si	Si	Si
<b>WiFi</b>	Integrado	No	No	No
<b>Bluetooth BLE</b>	Integrado	No	No	No

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/raspberry-pi-3-modelo-b-armv8-1g-ram/>

Como se puede apreciar claramente de la tabla anterior, la Raspberry Pi 3 Modelo B es una placa que lleva consigo una buena capacidad en lo relacionado a procesamiento y utilidad con respecto a los modelos más antiguos. A diferencia de la Raspberry Pi 2 no son muchas, excepto por los dos tipos de comunicación incorporados. El módulo de WiFi integrado es una ventaja para este nuevo modelo.

Por estas razones se ha elegido trabajar con este sistema embebido, ya que se necesita sincronizar datos en tiempo real como son las bases de datos de MySQL manejados a través de phpMyAdmin, ejecutar simultáneamente scripts en segundo plano programados mediante el lenguaje de programación orientado a objetos comúnmente conocido como Python; estos archivos van a jugar un papel muy importante junto con el entorno web diseñado por medio de PHP con el fin de proporcionar a la web un contenido dinámico y confiable.

Retomando a lo que concierne al título de esta sección, se prosigue a explicar el procedimiento sobre la preparación, instalación y configuración de esta placa como servidor LAMP (Linux, Apache, MySQL y PHP).

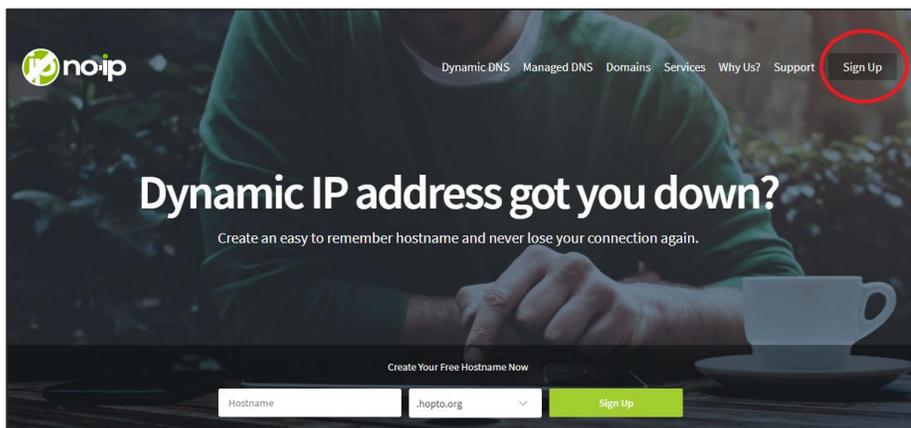
### 4.1.1 Registro y Configuración del Host en NO-IP

A continuación, se muestra los pasos necesarios para realizar el registro y configuración del host en NO-IP. Este servicio proporciona una variedad de dominios para su uso, en este caso, se va a utilizar uno de ellos para el registro del host correspondiente al ingreso a la plataforma web de manera remota.

NO-IP también cuenta con un servicio de DNS (Domain Name System) dinámico, el cual es de gran utilidad cuando se presente la eventualidad de alguna reconexión del servicio de internet en la Raspberry Pi, ya que esta placa va a funcionar como servidor web y su estabilidad es muy importante. Por consiguiente, NO-IP hará la sincronización del host de manera adecuada a su dominio registrado utilizando el DNS dinámico.

Se debe dirigir a la página oficial y luego realizar un registro sencillo. Página oficial: <https://www.noip.com/>.

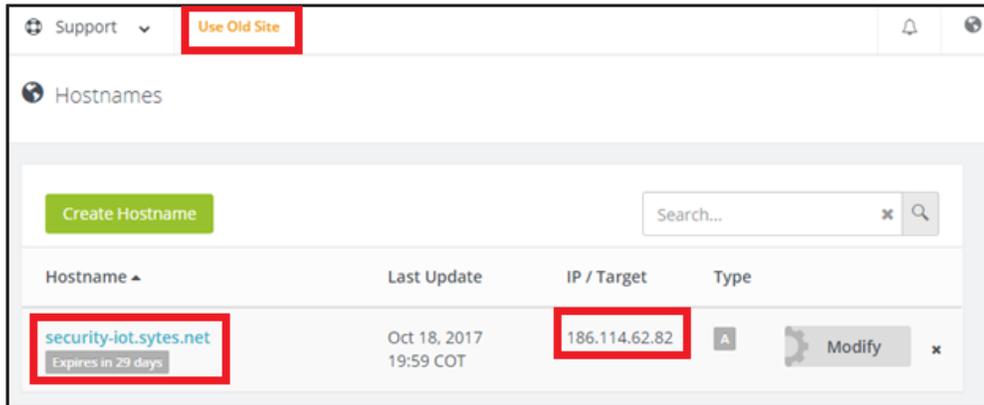
Figura 3. Página oficial de NO-IP



Se llenan los datos correspondientes y al final se agrega el host el cual va a permitir ingresar a la plataforma web desde cualquier lugar. Se ha optado por el nombre de:

`security-iot.sytes.net`

Figura 4. Tablero de configuraciones de la cuenta NO-IP



La imagen anterior es el tablero de configuraciones de la cuenta NO-IP, desde aquí se puede observar el hostname enlazado al correo electrónico registrado, la dirección IP pública del proveedor de servicios de internet en ese momento y el tiempo de expiración para el uso de este servicio. Como es algo gratuito, se debe actualizar el host cada 30 días; cuando se esté aproximando a dicho tiempo, una notificación llegará al correo; por lo tanto, se debe ingresar en la opción que aparece en la parte superior en letra naranja denominada como “Use Old Site” para realizar la correcta actualización.

Ya teniendo la cuenta registrada y el host, se prosigue a la configuración del servicio NO-IP en la placa. Se digita las siguientes sentencias en el terminal:

```
sudo bash
cd /usr/local/src/
wget http://www.no-ip.com/client/linux/noip-duc-linux.tar.gz
tar xf noip-duc-linux.tar.gz
cd noip-2.1.9-1/
make install
```

Se ingresa como usuario root para no tener inconvenientes para efectos de permisos con la primera sentencia. Seguidamente se ingresa al directorio /usr/local/src/ descrito en la segunda línea. Luego se descarga NO-IP en formato tar.gz desde la página oficial. Después se descomprime el programa con su contenido con la cuarta sentencia; cuando se realiza esto se ingresa a la carpeta noip-2.1.9-1, el número indica la versión del programa. Finalmente, se ejecuta la instalación con la última sentencia.

Cuando se ha completado lo anterior, se edita el archivo rc.local para arrancar NO-IP cada vez que se enciende la placa.

```
nano /etc/rc.local
```

Se agrega la dirección del programa en el cuerpo de este archivo de configuración antes de la línea “exit 0”.

```
/usr/local/bin/noip2
```

Para empezar a utilizar NO-IP se ingresa en el terminal:

```
sudo /usr/local/bin/noip2
```

#### 4.1.2 Configuración e Instalación del Servidor LAMP

La Raspberry Pi va a alojar un servidor web, el tipo de servidor que se instala es LAMP, mediante la consola se dan las órdenes para la correcta instalación de la paquetería necesaria.

Un servidor LAMP (Linux + Apache + MySQL + PHP) es un conjunto de componentes que hacen de un servidor web ligero, simple y sólido. Dentro de dicho servidor se encuentran almacenado las bases datos SQL los cuales serán manejados por medio de phpMyAdmin para el buen uso del tratamiento de la información que serán captados por el sensor de movimiento y el sensor biométrico lector de huella digital. Las siglas correspondientes a este tipo de servidor son descritas a continuación.

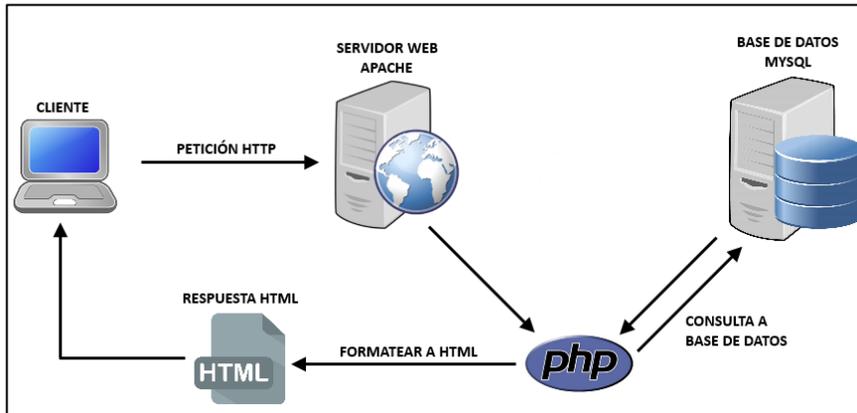
- *Linux*: Plataforma para la instalación de las aplicaciones, por demanda se usa Raspbian Jessie basado en Debian Linux.
- *Apache*: Servidor web HTTP de código abierto.
- *MySQL*: Bases de datos administrados mediante phpMyAdmin.
- *PHP*: (Hipertext Preprocessor): Lenguaje de programación de código abierto para desarrollar páginas web dinámicas.

Un servidor web es una computadora que almacena y transmite datos vía red. La información que guardan es en forma de página web. Este servidor implementa el protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol) para transferir datos como páginas HTML, páginas web o hipertexto. Cuando un cliente (navegador web) accede a un servidor web, este emite una petición HTTP que obtiene el servidor web; por lo tanto, se envía la información a través del protocolo HTTP al cliente en formato HTML<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup>(2014). Raspberry Pi como servidor web. DI Makers. Recuperado de <http://diymakers.es/raspberry-pi-como-servidor-web/>

Figura 5. Funcionamiento de un servidor web.



Fuente: <http://diymakers.es/raspberry-pi-como-servidor-web/>

Para evitar cualquier inconveniente en las librerías propias del sistema al momento de realizar la instalación de los componentes, se debe actualizar los repositorios.

```
sudo apt-get update
```

Seguidamente se debe crear un grupo de usuarios para el servidor

```
sudo groupadd www-data
sudo usermod-a -G www-data www-data
```

#### 4.1.2.1 Instalación de apache2

Se procede a instalar apache2:

```
sudo apt-get install apache2 -y
```

Como se va a utilizar el lenguaje de alto nivel PHP para brindarle al servidor una plataforma web con contenido dinámico; se procede a instalar la versión compatible con apache2.

```
sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5 -y
```

#### 4.1.2.2 Instalación de MySQL

Posteriormente se procede a instalar el contenido necesario para las bases de datos.

```
sudo apt-get install mysql-server
```

El programa va a solicitar una serie de medidas de seguridad. Como contraseña, nombre de usuario y restricciones.

Si al terminar la instalación de la paquetería correspondiente a MySQL no muestra una ventana azul, se debe ingresar la siguiente sentencia:

```
sudo mysql_secure_installation
```

Para que Python pueda interactuar con las bases de datos se debe instalar el paquete relacionado con ambos programas.

```
sudo apt-get install python-mysqldb
```

Para iniciar con la instalación de phpMyAdmin, se debe crear primero un usuario para las bases de datos.

```
sudo mysql -u root -p
```

Ahora se debe ejecutar el siguiente comando; donde se reemplaza el nombre de usuario con root, también se debe reemplazar la contraseña con la que se ingresó inicialmente para la configuración de MySQL.

```
GRANT ALL PRIVILEGES ON mydb.* TO 'root'@'192.168.1.31' IDENTIFIED BY 'iot2017';
```

#### 4.1.2.3 Instalación de phpMyAdmin

Para la administración de las bases de datos, phpMyAdmin es el indicado y su uso no es tan complicado. Se procede con la instalación correspondiente.

```
sudo apt-get install phpmyadmin
```

Después pedirá que se ingrese una contraseña, se escribe la que se registró en la configuración para MySQL server para lograr que phpMyAdmin interactúe y administre las bases de datos SQL.

Finalmente se hace la última configuración para tener listo el servidor LAMP. Para lograr esto, se realiza la configuración de apache para phpMyAdmin.

```
sudo nano /etc/apache2/apache2.conf
```

En el archivo de configuración se agrega al final la siguiente línea.

```
Include /etc/phpmyadmin/apache.conf
```

Para terminar, se reinicia el servicio de Apache y el sistema.

```
sudo /etc/init.d/apache2 restart  
sudo reboot
```

Figura 6: Panel de inicio para ingresar a phpMyAdmin



phpMyAdmin

Bienvenido a phpMyAdmin

Idioma - Language

Español - Spanish

Iniciar sesión

Usuario: root

Contraseña: .....

Continuar

#### 4.1.2.4 Instalación de ModSecurity

ModSecurity es un firewall de aplicaciones web embebibles bajo licencia GNU que se ejecuta como módulo del servidor web Apache para proveer protección contra diversos ataques hacia aplicaciones web. Además, permite monitorizar tráfico HTTP, realizar análisis en tiempo real sin necesidad de hacer cambios a la infraestructura existente. Este programa por ser OpenSource permite configurar y añadir nuevas reglas de configuración utilizando herramientas proporcionadas por

OWASP CRS (Open Web Application Security Project's Core Rule Set)<sup>17</sup> donde incluyen algunas tales como:

- Proteger el servidor contra ataques de inyección SQL.
- Ataques de denegación de servicio (DDoS).
- Solicitudes con formato incorrecto.
- Ataques cruzados de scripting.
- Troyanos
- Secuestros de sesión.

Este firewall puede ser instalado en una Raspberry Pi donde utilice sistemas operativos tales como Raspbian, Debian u otro derivado de Debian. Por tal razón, se ha decidido instalar este software con el fin de brindar un sistema de seguridad robusto tanto a nivel de hardware como software.

#### 4.1.2.4.1 Modsecurity y CRS

Como ModSecurity es un módulo para Apache2, el siguiente paquete a instalar deriva de este módulo.

```
sudo apt-get install libapache2-mod-security2
```

Seguidamente se sugiere instalar un paquete seguro para este software que es el CRS. Por ello se escribe en consola.

```
sudo apt-get install modsecurity-crs
```

#### 4.1.2.4.2 Configuración Modsecurity

ModSecurity crea una carpeta en /etc/modsecurity durante la instalación. En esta carpeta se van a guardar todas las reglas y configuraciones.

Cuando Apache2 está puesta en marcha, ModSecurity ejecuta en segundo plano un módulo de configuración y un archivo que carga este módulo los cuales son denominados como: security2.conf y security2.load, se debe estar seguro de que

---

<sup>17</sup> (2016). Getting Started With Apache ModSecurity on Debian and Ubuntu. Sam Hobbs. Recuperado de <https://samhobbs.co.uk/2016/03/getting-started-apache-modsecurity-debian-and-ubuntu>

ambos ficheros se carguen al iniciar Apache2. Por lo tanto, la manera más práctica de hacerlo es ingresando la siguiente sentencia en consola.

```
sudo a2enmod Security2
```

ModSecurity cuenta de la misma forma un módulo de cabeceras, por lo que su instalación es importante.

```
sudo a2enmod headers
```

#### **4.1.2.4.3 Archivo de configuración Modsecurity**

Se procede a copiar el archivo de configuración del directorio de ModSecurity para que Apache2 lo pueda leer.

```
sudo cp /etc/modsecurity/modsecurity.conf-recommended  
/etc/modsecurity/modsecurity.conf
```

#### **4.1.2.4.4 Configuración del sistema de archivos**

Esta parte es importante en la configuración del software, puesto que al realizar lo siguiente, se pueden mitigar secuestros de sesión, ya que se bloquea instantáneamente la petición de un acceso desconocido que para ModSecurity lo considera nuevo mediante cookies almacenados en el directorio asignado por configuración. Pero este directorio está asignado a la carpeta de archivos temporales, por ello se debe cambiar el directorio /tmp/ a /var/cache/modsecurity de las siguientes funciones de los archivos, SecTmpDir y SecDataDir.

```
SecDataDir / var / cache / modsecurity
```

Finalmente, el sistema de seguridad ha quedado protegido de diversos ataques que puedan realizarse al aplicativo web dinámico gestor de bases de datos.

## **4.2 CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DE MOTION PARA LA CÁMARA PI NOIR V2**

En esta sección se explica el procedimiento utilizado para configurar la cámara Pi NoIR encargada de monitorear y tomar capturas de imágenes cuando se presente

algún evento sospechoso a los alrededores del recinto inmobiliario donde se instaló el sistema de seguridad.

Para lograr aquello, se instala un paquete esencial llamado *Motion* en la Raspberry Pi. Este programa se encarga de monitorear la señal de video de una o más cámaras instaladas, y es capaz de detectar si una parte significativa de la imagen ha cambiado. En pocas palabras, puede detectar movimiento. El programa está escrito en lenguaje C y puesto en funcionamiento para sistemas operativos Linux; esta herramienta contiene un soporte limitado para su configuración a través de HTTP y muchas de sus otras opciones que posee, se realizan mediante líneas de comando o archivos de configuración<sup>18</sup>.

Las características que tiene Motion, son:

- Toma fotos de algún movimiento.
- Observa múltiples dispositivos de video al mismo tiempo.
- Observa múltiples entradas en una tarjeta de captura al mismo tiempo.
- Transmisión de video en vivo.
- Creación en tiempo real de películas usando bibliotecas de ffmpeg.
- Toma fotos automáticas a intervalos regulares.
- Toma fotos automáticas a intervalos irregulares mediante Cron.
- Ejecuta un programa externo cuando ocurre un evento en particular.
- Rastreo de movimiento.
- Suministro de eventos a una base de datos MySQL, PostgreSQL o SQLite3.
- Retorno de video a un loopback de video4linux para observarlo en tiempo real.
- Control a través de una sencilla interfaz web.
- Ruido automático y control de umbral.
- Capacidad para controlar la inclinación de una cámara de seguimiento.
- Pantalla de texto altamente configurable en imágenes.
- Definición altamente configurable en nombres de rutas, archivos de las imágenes y películas almacenadas.

---

<sup>18</sup> Motion Guide. GitHub. Recuperado de [:https://github.com/Motion-Project/motion/blob/master/motion\\_guide.html](https://github.com/Motion-Project/motion/blob/master/motion_guide.html)

## 4.2.1 Instalación de Motion y sus Dependencias

Siempre antes de instalar cualquier software se debe realizar una descarga de la lista de paquetes de los repositorios y sus debidas actualizaciones para lograr obtener información sobre las versiones más recientes de los paquetes y sus dependencias. Por esa razón, se ingresa la siguiente sentencia en el terminal de la Raspberry Pi.

```
sudo apt-get update
```

Motion trabaja de acuerdo con el sistema operativo instalado. Como se está trabajando con Raspbian Jessie, se comienza eliminando bibliotecas que pueden entrar en conflicto con paquetes más nuevos.

```
sudo apt-get remove libavcodec-extra-56 libavformat56 libavresample2  
libavutil54
```

Seguidamente se descarga el paquete ffmpeg con extensión el cual es complemento de este programa y se descomprime.

```
wget  
https://github.com/ccrisan/motioneye/wiki/precompiled/ffmpeg\_3.1.1-1\_armhf.deb
```

```
sudo dpkg -i ffmpeg_3.1.1-1_armhf.deb
```

Después se sigue con la instalación de otros paquetes adicionales enlazados a Motion.

```
sudo apt-get install curl libssl-dev libcurl4-openssl-dev libjpeg-dev  
libx264-142 libavcodec56 libavformat56 libmysqlclient18 libswscale3  
libpq5
```

Teniendo ya organizado los paquetes esenciales para correr el programa, se obtiene Motion en su última versión.

```
Wget https://github.com/Motion-Project/motion/releases/download/release-4.0.1/pi\_jessie\_motion\_4.0.1-1\_armhf.deb
```

```
sudo dpkg -i pi_jessie_motion_4.0.1-1_armhf.deb
```

## 4.2.2. Configuración de Motion

El siguiente archivo es el principal para la correcta configuración de la cámara Pi NoIR con el software Motion.

```
sudo nano /etc/motion/motion.conf
```

En el fichero se buscan las siguientes funciones, en algunas se cambian de estado y en otras se ajustan a valores fijos.

- a. `daemon on` [Habilita el script en segundo plano]
- b. `stream_localhost off` [Limita las conexiones de transmisión a localhost únicamente]

Las siguientes dos funciones son deshabilitadas para evitar inconvenientes con distorsión y congelamiento de la transmisión de la imagen.

- c. `output_pictures off`
- d. `ffmpeg_output_movies off`
- e. `stream_maxrate 100` [Permite la transmisión en tiempo real, pero requiere más ancho de banda y recursos]
- f. `framerate 100` [Permite capturar 100 fotogramas por segundo lo que permite un video más suave]
- g. `width 800` [Cambia el ancho de la imagen mostrada]
- h. `height 600` [Cambia la altura de la imagen mostrada]
- i. `quality 100` [Calidad de la imagen en porcentaje que es usada por compresión JPG]
- j. `snapshot_interval 60` [Realiza capturas en intervalos de 60 segundos]
- k. `target_dir /home/pi/google-drive/security-iot/snapshots_streaming` [Puntero para almacenar las imágenes en modo streaming]
- l. `snapshot_filename %Y-%m-%d/%H:%M:%S-snapshot` [Establece fecha y hora de la imagen capturada en modo streaming]
- m. `stream_maxrate 100` [Establece tasa máxima para secuencia de fotogramas en modo streaming]
- n. `stream_port 8081` [Puerto por el cual el servidor mini-HTTP va a estar en escucha para solicitudes de streaming]

Después de hacer los respectivos ajustes a *motion.conf*, se procede a configurar la función que activa el programa en segundo plano [daemon]. Al igual que los demás, se debe editar el siguiente fichero.

```
sudo nano /etc/default/motion
```

Se activa el estado de la función deamon, que por defecto viene desactivada.

```
start_motion_daemon=yes
```

Con la cámara Pi NoIR previamente conectada a su puerto CSI, se ingresa la siguiente sentencia en consola para habilitar la cámara.

```
sudo raspi-config
```

Posteriormente se edita el archivo que contiene algunos módulos del kernel o núcleo para cargar en el arranque de la Raspberry Pi.

```
sudo nano /etc/modules
```

Se agrega al final del fichero el nombre del driver correspondiente a la cámara Pi NoIR.

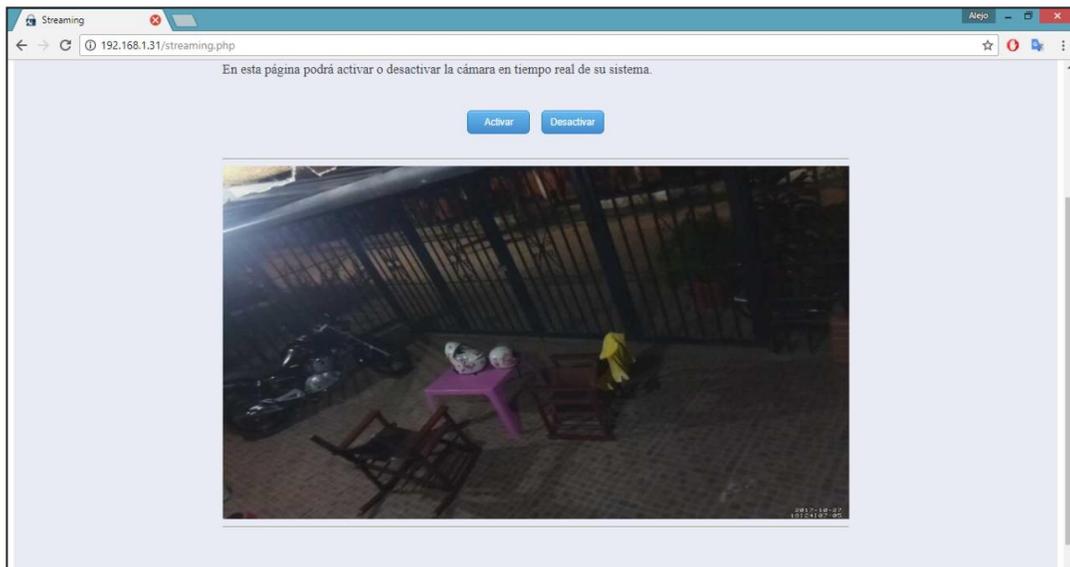
```
bcm2835-v4l2
```

Se reinicia el dispositivo y seguidamente se activa el programa Motion para lograr observar el funcionamiento de la misma en el navegador web.

```
sudo service motion start
```

La siguiente imagen muestra el servicio de streaming activo mediante el software Motion para lograr observar en tiempo real lo que sucede afuera de la vivienda.

*Figura 7.* Transmisión en vivo utilizando Motion



### 4.3 CONFIGURACIÓN DEL ROUTER PARA LA APERTURA DE PUERTOS

Para establecer la comunicación remota de cualquier dispositivo con el servidor web alojado en la Raspberry Pi, se debe abrir los puertos necesarios. El protocolo HTTP es el responsable de efectuar el intercambio de las solicitudes en cualquier dirección entre el cliente y servidor utilizando el puerto 80. También se ha dado apertura al puerto 8081 correspondiente al servicio de Streaming proporcionado por el software Motion.

A continuación, se da a conocer el procedimiento para la apertura de este puerto en el enrutador “MitraStar DSL-2401-HNT1C” de Movistar Colombia.

- a. Se ingresa como administrador.
- b. Se toma la siguiente ruta para realizar la configuración del reenvío de puertos:
  1. Configuración de la red
  2. NAT
  3. Reenvío de puertos
- c. Se añade una nueva regla: se agrega un servicio, en este caso se selecciona WWW; el sistema automáticamente configura los espacios restantes en el puerto 80 respectivamente, donde finalmente se agrega la dirección IP local del servidor el cual es 192.168.1.31. Para añadir la regla correspondiente a Streaming, no se selecciona ningún nombre de servicio, se llena los espacios manualmente apuntando al puerto 8081 y luego la dirección IP local del servidor.
- d. Para agregar el servicio de NO-IP, el enrutador trae consigo una función para realizarlo. La ruta es la siguiente:
  1. Configuración de la red
  2. DNS Dinámico
- e. Se habilita el DNS Dinámico, luego se selecciona el proveedor de servicios, en este caso NO-IP, seguidamente se ingresa el nombre del host. En las últimas dos casillas se ingresa el usuario y contraseña el cual se utiliza para ingresar a la cuenta de NO-IP y se aplica cambios.

Figura 8. Login del enrutador MitraStar DSL-2401-HNT1C



Figura 9. Ventana para añadir la regla correspondiente al puerto 80

**Añadir nueva regla** ✖

Activo

Nombre del servicio :

Iniciar al externa puente :

Externa Final Puerto :

Dirección IP del servidor :

Protocolo :

Abrir Comienzo Puerto :

Abrir Final Puerto :

Figura 10. Listado de reglas de los diferentes servicios asociados a la Raspberry Pi

WAN Interface :

#	Activo	Nombre de servicio	Iniciar al externa puente	Externa Final Puerto	Interna puerto de inicio	Internal End Port	Puerto Fin Interna	Modificar
1	💡	SSH	22	22	22	22	192.168.1.31	
2	💡	streaming-rpi	8081	8081	8081	8081	192.168.1.31	
3	💡	WWW	80	80	80	80	192.168.1.31	

**Listado de Reglas UPNP**

#	Puerto externo	Puerto interno	IP del cliente	Protocolo
<p> <b>Nota</b></p> <p>El puerto TCP 7547 Está reservada para la conexión TR069 puerto de solicitud.</p>				

Figura 11. Configuración DNS Dinámico para NO-IP

**Configuración de DNS dinámico**

DNS dinámico  Habilitar  Desactivar

Proveedor de servicios :

Nombre de host :

Nombre de usuario :

Contraseña :

**Estado de DNS dinámico**

Autenticación Resultado de usuario :

Última Hora actualizada :

Current IP dinámica :

## 4.4 DESARROLLO DEL ENTORNO DE NOTIFICACIONES

En esta sección se explica el funcionamiento del entorno de notificaciones. Cuando el usuario active a través del aplicativo web alguno de estos servicios: Sistema completo, Sensor de movimiento con notificación e-mail o Cámara en modo fotos; la Raspberry Pi va a ejecutar en segundo plano un script programado en Python por cada servicio activado. También se ha incorporado en la PCB principal unos LEDs indicadores para saber qué servicios están ejecutándose en ese momento y cuáles no.

### 4.4.1 Configuración de los Pines GPIO en la Raspberry Pi 3

Los LEDs indicadores van a estar manejados mediante los pines GPIO de la Raspberry; estos deben ser configurados a nivel de software como salidas. A continuación, se describe el procedimiento utilizado.

- Para el LED indicador del control de acceso, sensor de movimiento + email, cámara en modo fotos y sistema completo.

Se ha creado una carpeta con el nombre `gpio17` la cual contiene 4 scripts escritos en Python que son llamados: `apaga.py`, `enciende.py`, `gpio17.py` y `unexp.py`.

Cuando el usuario presiona “Activar” desde la plataforma web en la pestaña de control en el servicio de *Sistema Biométrico*, estos scripts se ejecutan en orden de la siguiente manera por medio de PHP.

- a. `gpio17.py`
- b. `enciende.py`

El primer archivo exporta el pin `gpio17` y luego lo direcciona como salida.

```
echo 17 > /sys/class/gpio/export
echo out > /sys/class/gpio/gpio17/direction
```

Seguidamente se ejecuta el segundo script el cual coloca en estado ALTO al LED indicador mediante la librería GPIO.

Posteriormente, cuando el usuario presiona “Desactivar”, los siguientes scripts se ejecutan en orden.

- a. `apaga.py`
- b. `unexp.py`

El primer archivo pone en estado BAJO al LED indicador. Y el segundo script va a eliminar la configuración que se le dio inicialmente con el script gpio17.py.

```
echo 17 > /sys/class/gpio/unexport
```

Este proceso se realiza para que el usuario cada vez que quiera activar o desactivar algún servicio no se produzca ningún inconveniente con la configuración de estos pines GPIO, efectuando una liberación de estos mismos para su posterior control ON/OFF que se requiera.

Lo anterior se realiza exactamente con los demás servicios, pero con diferentes pines GPIO. Para el sensor de movimiento + email se utiliza el pin gpio22; para cámara en modo fotos se utiliza el pin gpio27. Pero para la opción *Sistema completo*, va a ejecutar en orden los scripts de la siguiente manera.

- a. gpio17.py
- b. enciende.py [Para el pin gpio17]
- c. gpio22.py
- d. enciende.py [Para el pin gpio22]
- e. gpio27.py
- f. enciende.py [Para el pin gpio27]

#### 4.4.2 Configuración e Instalación de exim4

Siguiendo con el procedimiento para el desarrollo del entorno de notificaciones, los scripts que manejan los servicios de *Sensor de movimiento con notificación e-mail* o *Cámara en modo fotos*, contienen la programación necesaria para enviar una notificación al correo Gmail principal del usuario para alertar cuando se capte a través del entorno de monitoreo (cámara Pi NoIR v2 y Sensor de movimiento HC-SR501) alguna actividad sospechosa alrededor de la casa. A su vez, el servicio *cámara en modo fotos* va a capturar imágenes cuando lo mencionado anteriormente ocurra.

Para lograr lo anterior, se debe instalar y configurar algunos paquetes necesarios encargados de realizar la comunicación entre el servidor web y Gmail. Primero se debe instalar exim4 y configurarlo. Este software permite enlazar un servicio de correo cualquiera a la Raspberry Pi, en este caso, se utiliza Gmail.

Se procede a instalar exim4 utilizando la siguiente sentencia en consola.

```
sudo apt-get install exim4
```

Seguidamente el software genera una interfaz la cual contiene una serie de preguntas para su respectiva configuración. Si se ha equivocado al ingresar algún dato, se ingresa el siguiente comando para realizar nuevamente la configuración.

```
sudo dpkg-reconfigure exim4-config
```

La serie de preguntas generada por la interfaz y su configuración que se realiza es descrita a continuación.

- El correo se envía mediante un “smarthost”; se recibe a través de SMTP
- Nombre del sistema de correo: utilizar el nombre de servidor (*raspberrypi* por defecto)
- Direcciones IP en las que recibir conexiones SMTP entrantes: *127.0.0.1 ; ::1*
- Otros destinos para los que se acepta el correo: (*raspberrypi* por defecto)
- Máquinas para las cuales reenviar correo: *dejar en blanco*
- Dirección IP o nombre de equipo para el “smarthost” saliente: poner el servidor SMTP por el cual se envía el correo saliente. Para Gmail *smtp.gmail.com::587*
- ¿Desea ocultar el nombre de correo local en los mensajes salientes? *No*
- ¿Limitar el número de consultas de DNS (marcación bajo demanda)? *No*
- Mecanismo de entrega para el correo local: *formato mbox en “/var/mail”*
- ¿Dividir la configuración en pequeños ficheros? *No.*

Después se debe editar el siguiente fichero y agregar la cuenta desde la cual se van a enviar todos los correos del sistema.

```
sudo nano /etc/exim4/passwd.client
```

En la parte final del archivo se debe agregar la siguiente información.

```
*.google.com:seguridadiot2017@gmail.com:1234.56.7          gmail-  
smtp.l.google.com:seguridadiot2017@gmail.com:1234.56.7  
smtp.gmail.com:seguridadiot2017@gmail.com:1234.56.7
```

La cuenta de Gmail que se ha creado para la Raspberry Pi es *seguridadiot2017@gmail.com*.

Para que estas configuraciones surtan efecto se debe reiniciar el software exim4.

```
sudo update-exim4.conf sudo /etc/init.d/exim4 restart
```

### 4.4.3 Instalación de Google Drive en la Raspberry Pi 3

El entorno de notificaciones cuenta con la funcionalidad de capturar imágenes y almacenarlas en la nube cuando ocurra algún evento sospechoso. Como Linux no tiene soporte de compatibilidad con Google, se ha configurado e instalado Grive; esta herramienta se encarga de realizar la sincronización de la carpeta de Google Drive cuando se agregue, elimine o se cambie un archivo mediante un script de vigilancia de sistema de archivos escrito en JavaScript. El registro se realiza a través de un token de acceso, Google emite un token que autoriza a Grive para tener acceso a Google Drive.

Para empezar, se debe ingresar la siguiente tira de comando en consola.

```
sudo apt-get install -y git cmake libgcrypt11-dev libjson0-dev
libcurl4-openssl-dev libexpat1-dev libboost-filesystem-dev libboost-
program-options-dev libboost-all-dev build-essential automake autoconf
libtool pkg-config libcurl4-openssl-dev intltool libxml2-dev
libgtk2.0-dev libnotify-dev libglib2.0-dev libevent-dev checkinstall
qt4-dev-tools
```

Seguidamente se instala una dependencia manualmente desde github.

```
mkdir -p /home/pi/sources
cd /home/pi/sources
git clone git://github.com/lloyd/yajl yajl
cd yajl
./configure
cmake .
make
sudo checkinstall --nodoc --default
```

Grive al momento de instalarse no se encuentra en la dirección `/usr/local/bin`, sino en el directorio que esté sincronizado. Esta sincronización tiene su ventaja ya que se puede iniciar sin necesidad de argumentos, simplemente llamando a `./grive`. Para lograr lo anterior se debe copiar el ejecutable de Grive a la carpeta creada para la sincronización en la dirección `/home/pi/google-drive/`

```
mkdir -p /home/pi/google-drive
cp /home/pi/sources/grive/grive/grive /home/pi/google-drive
```

Se debe ingresar a la carpeta creada y ejecutar `./grive` para solicitar el token de autorización. En consola se escribe lo siguiente.

```
./grive -a
```

Para realizar una sincronización manual, se puede escribir.

```
./grive
```

#### 4.4.4 Vigilancia del sistema de archivos Grive

La idea es que cuando las capturas se realicen mediante los scripts programados en Python, estos se sincronicen y se almacenen en tiempo real en Google Drive. Se ha obtenido un script escrito en JavaScript que permite al sistema operativo monitorear una carpeta y todas las subcarpetas en busca de cambios. El script llama a Grive únicamente si se agrega, elimina o se cambia un archivo.

Se debe instalar el software compatible con este script escrito en JavaScript llamado *Node.js*. Se ingresa en consola lo siguiente.

```
wget http://node-arm.herokuapp.com/node_latest_armhf.deb
```

Seguidamente se descomprime el archivo y se realiza la instalación.

```
sudo dpkg -i node_latest_armhf.deb  
sudo npm -g install forever
```

Dentro del directorio creado anteriormente para la sincronización se debe descargar el script de vigilancia de sistema de archivos.

```
wget http://www.home-automation-community.com/downloads/grive-filesystem-watcher.js
```

Este script es ejecutado en segundo plano, pero para que siempre este activo cada vez que inicialice la Raspberry. Se debe ingresar el siguiente comando en consola.

```
forever start grive-filesystem-watcher.js
```

Después se edita el fichero encargado de arrancar automáticamente servicios de preferencia.

```
sudo nano /etc/rc.local
```

Se agrega al final de este archivo la siguiente configuración.

```
cd /home/pi/google-drive && /usr/bin/sudo /usr/local/bin/forever start
-p /home/pi/.forever grive-filesystem-watcher.js
```

## 4.5 DESARROLLO DEL ENTORNO DE MONITOREO

En esta sección se explica la trayectoria que tiene el entorno de monitoreo, la cual pertenece a una de las funciones importantes del sistema de seguridad y monitoreo domótico.

### 4.5.1 Circuito de Acondicionamiento de Luz Nocturna

Debido a que una de las funciones principales del sistema es la parte de monitoreo, gracias a la cámara Pi NoIR v2 infrarroja que se ha instalado y configurado en la sección anterior, esta va a funcionar como una herramienta de seguridad nocturna.

Esta nueva versión de cámara NoIR ha mejorado su resolución de 5 a 8 megapíxeles, su capacidad de capturar imágenes estáticas y video en alta calidad, al igual que la versión anterior no cuenta con filtro infrarrojo lo que la hace un mecanismo ideal para lograr capturar imágenes en condiciones muy pobre de iluminación<sup>19</sup>. Por esa razón, se debe implementar un circuito de acondicionamiento de luz.

Tabla 3. Características de la cámara Pi NoIR v2

<b>Resolución Mejorada</b>
○ 8 megapíxeles de resolución nativa de alta calidad sensor de imagen Sony IMX219
○ Cámara capaz de capturar imágenes estáticas de 3280 x 2464 pixeles
<b>Restante de alta calidad.</b>
○ Captura de vídeo a resoluciones de 1080p30, 720p60 y 640x480p90
○ Todo el software está soportado dentro de la última versión del sistema operativo Raspbian.
○ 1.4 µm X 1.4 µm pixel con tecnología OmniBSI para un alto rendimiento (alta

<sup>19</sup> Cámara Pi NoIR infrarroja para Raspberry Pi v2 – 8 Megapíxeles. Electronilab. Recuperado de: <https://electronilab.co/tienda/camara-noir-raspberry-pi-v2-8-megapixeles/>

sensibilidad, baja

- interferencia y bajo nivel de ruido).
- Tamaño óptico de 1/4 “

Cabe aclarar que la cámara Pi NoIR tiene una desventaja frente a la luz de día, pues se pierde la verdadera tonalidad del color, sufriendo alteraciones en los niveles de blancos, cómo se puede observar en la siguiente imagen:

*Figura 12. Comparación de captura de imágenes entre cámaras de Raspberry Pi.*



Imagen tomada Pi NoIR Camera

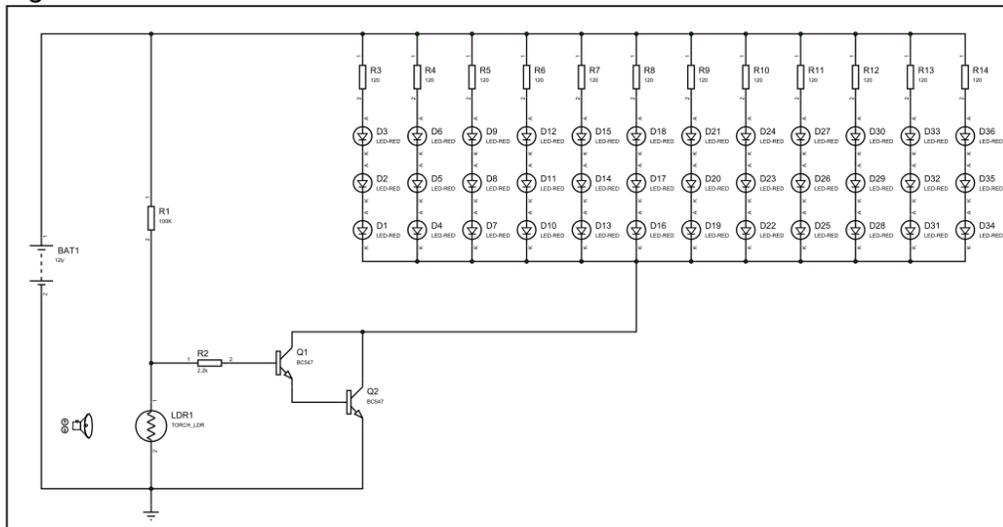


Imagen tomada Raspberry Pi Camera

*Fuente: Domínguez, C. Aplicaciones orientadas a la domótica con Raspberry Pi. 2015. Universidad de Sevilla. España.*

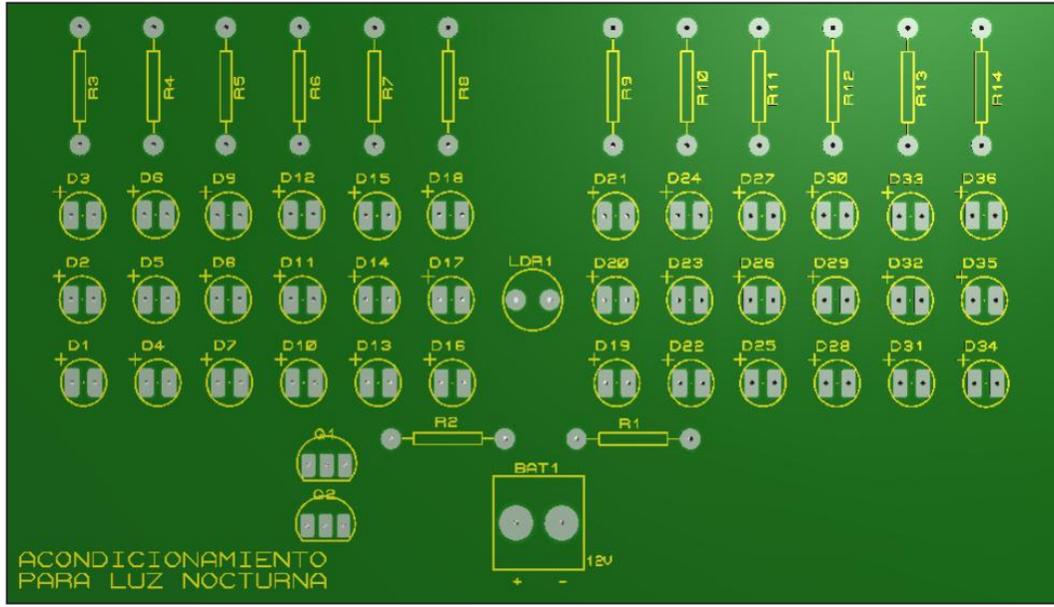
Para el circuito de acondicionamiento de luz nocturna, como dispositivos principales se han utilizado 36 LED's infrarrojos con una longitud de onda de 850 nm a un diámetro de 5 mm. También cuenta con un LDR, esta fotorresistencia no lineal es empleada junto con el transistor Darlington para el encendido o apagado de los LEDs IR. Para esta configuración par Darlington, se han utilizado dos transistores bipolares NPN BC547 para obtener una ganancia de corriente mayor que un transistor común, esto con el fin de proporcionar una distribución de corriente hacia todos los LED infrarrojos y lograr obtener una iluminación de luz nocturna parecida a las cámaras de videovigilancia convencionales. A continuación, se muestra el diseño realizado en el software PROTEUS.

Figura 13. Circuito de acondicionamiento de luz nocturna.



El funcionamiento del circuito es el siguiente: cuando está de noche, la LDR tiene una resistencia elevada lo que causa que el voltaje en la base del transistor Q1 sea muy bajo lo que produce que ambos transistores entren en corte haciendo que los LEDs IR se apaguen. Por el contrario, cuando está de día, la LDR disminuye su resistencia lo que causa que el potencial eléctrico en la base de Q1 aumente produciendo que ambos transistores se saturen consiguiendo que los LEDs IR se enciendan.

Figura 14. Vista del esquemático en el visualizador 3D de proteus.



#### 4.5.2 Funcionamiento del Entorno de Monitoreo

El entorno de monitoreo comprende los siguientes dos elementos principales, la Cámara Pi NoIR v2 y el Sensor de Movimiento HC-SR501. Como se ha descrito en la sección anterior, el circuito de acondicionamiento de luz nocturna implementado también hace parte del entorno de monitoreo.

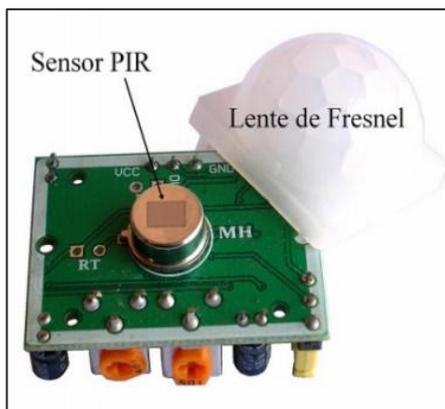
Estas herramientas han sido incorporadas en una caja diseñada en acrílico para su implementación en la pared junto a la puerta principal de la vivienda, esto con el fin de darle un aspecto parecido a una cámara de videovigilancia convencional. Debido a su contextura, no le es posible maniobrar de manera flexible inclinaciones de manera horizontales y verticales, por ende, se ha decidido mandar a diseñar un soporte que pueda cumplir estos requerimientos. Esta caja apunta directamente hacia la reja donde se ubica una pequeña entrada al antejardín de la vivienda.

Figura 15. Caja en acrílico correspondiente al entorno de monitoreo



El sensor de movimiento infrarrojo PIR HC-SR501 contiene un lente de Fresnel el cual puede detectar una radiación en un ángulo de apertura de 110°, donde adicionalmente concentra la energía en la superficie de detección del sensor PIR, permitiendo una mayor sensibilidad del dispositivo. Esta herramienta contiene dos potenciómetros, el primero comprende a lo referente al ajuste del tiempo de disparo de la señal de alarma de movimiento entre 3 segundos y 5 min. El segundo, comprende la distancia de detección ajustable entre 3 metros y 7 metros<sup>20</sup>.

Figura 16. Sensor de movimiento PIR HC-SR501



Fuente: <http://www.puntofotante.net/MANUAL-DEL-USUARIO-SENSOR-DE-MOVIMIENTO-PIR-HC-SR501.pdf>

<sup>20</sup> 2017. Sensor Infrarrojo de Movimiento PIR HC-SR501. Punto Flotante S.A. Recuperado de <http://www.puntofotante.net/MANUAL-DEL-USUARIO-SENSOR-DE-MOVIMIENTO-PIR-HC-SR501.pdf>

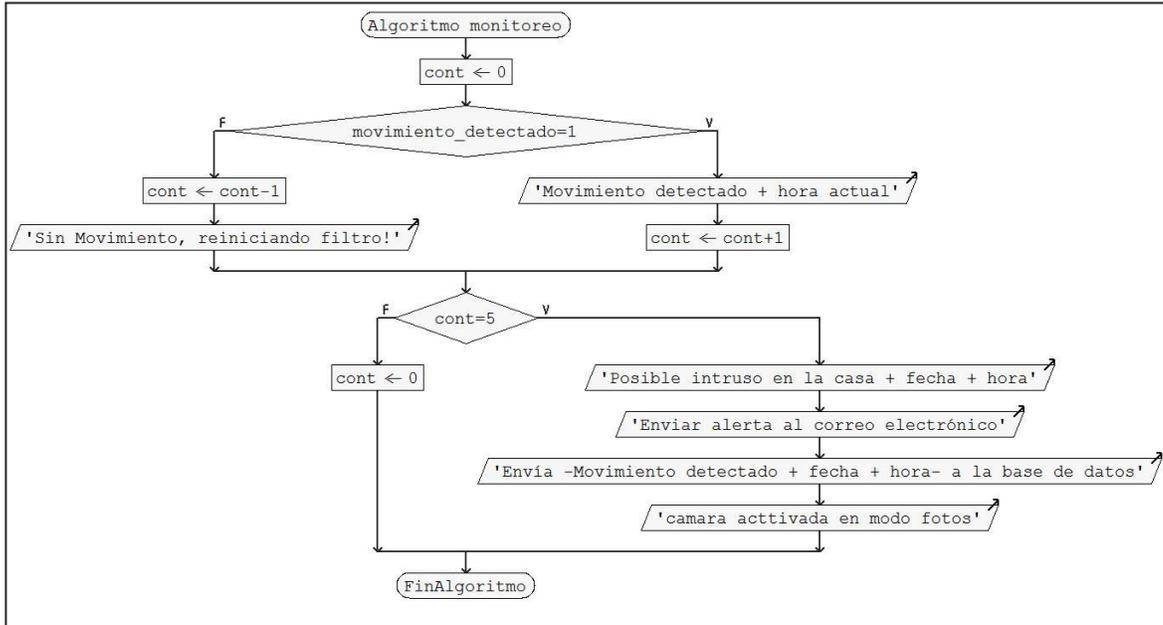
Este sensor trae dos modos de operación: Un solo disparo y disparos repetitivos. Se ha dejado la configuración que trae por defecto, de un solo disparo.

Un solo disparo se refiere cuando ocurre una detección de movimiento (o evento), la salida del sensor se activa durante un tiempo que se haya ajustado a través del potenciómetro correspondiente. Para efectos de ejemplo, se supone que el tiempo de activación es de 60 segundos, si durante ese lapso ocurre un segundo evento, este no es considerado. La programación que se ha realizado para el manejo de este sensor junto con la cámara fue escrita en Python. Se sabe que todo ser vivo e incluso objetos, emite radiación electromagnética infrarroja debido a su temperatura. Por esa razón, se han diseñado sensores infrarrojos pasivos con una longitud de onda de 9.4 micrones, lo cual permite la detección de movimiento en humanos o animales. En consecuencia, se ha diseñado un filtro en Python junto con la librería correspondiente al Sensor de Movimiento para lograr mitigar posibles falsas alarmas de dos mascotas que residen en la vivienda.

El funcionamiento de este filtro es el siguiente. Se ha puesto un ciclo *si* dentro del ciclo principal infinito, donde va a realizar un conteo de hasta 4 veces. Cuando el sensor HC-SR501 detecte algún movimiento, apenas termine este evento, tiene un retardo de 3 segundos, lo que corresponde a un total de 12 segundos transcurridos al final. Si el movimiento persiste y sobrepasa este lapso, entrará a otra parte del ciclo principal donde contiene unas funciones que permiten el envío inmediato del movimiento detectado con fecha y hora a la base de datos SQL y un mensaje al correo electrónico principal del usuario alertando de un posible intruso en el hogar. Sin embargo, al entrar a esta parte del ciclo principal seguirá evaluando si el evento aún persiste, si es así, seguirá enviando a la base datos el evento de movimiento cada 30 segundos y un mensaje al correo cada 60 segundos. De lo contrario, el conteo se va a reiniciar a la espera de un segundo evento. Igualmente, el conteo se reinicia si inicialmente no sobrepasa los 12 segundos permitidos.

La cámara se activa y entra en modo captura de fotos cuando se ha sobrepasado este filtro. De la misma manera, va a tomar cada 60 segundos una imagen con fecha y hora donde será almacenada en Google drive en una carpeta nombrada como *Capturas*.

Figura 17. Diagrama de flujo programación entorno de monitoreo



## 4.6 ELABORACIÓN DE UN ENTORNO WEB GESTOR DE BASES DE DATOS

Este apartado se explica el desarrollo de la página web principal y el adecuado manejo de las bases de datos MySQL mediante la herramienta phpMyAdmin. Este aplicativo web dinámico está alojado en el servidor LAMP configurado previamente en la Raspberry Pi 3, aquí también se han almacenado todos sus scripts, donde el lenguaje de programación de alto nivel PHP predomina para el diseño de páginas web. Además, es el portal de acceso donde el usuario va a interactuar de manera directa con el sistema de seguridad y ejecutar acciones de control.

### 4.6.1 Aplicación Web

Se desarrolla una aplicación web que utiliza lenguaje de marcado HTML5, lenguaje de diseño gráfico CSS3, lenguaje de programación interpretado JavaScript y lenguaje de programación PHP5 para poder dar acceso a la misma a través de un login (usuario registrado), manejar bases de datos MySQL, dar y recibir instrucciones a través de internet a la Raspberry Pi 3. La aplicación web se trabaja por medio de Netbeans IDE 8.2.

Trece (13) scripts de extensión .php y 1 .js, dan formato por completo a la página, de los cuales 8 se utilizan para mostrar una interfaz gráfica amigable para el usuario en donde va a poder monitorear y controlar su sistema, los 7 restantes son para procesar la información que el usuario y/o los sensores ingresan.

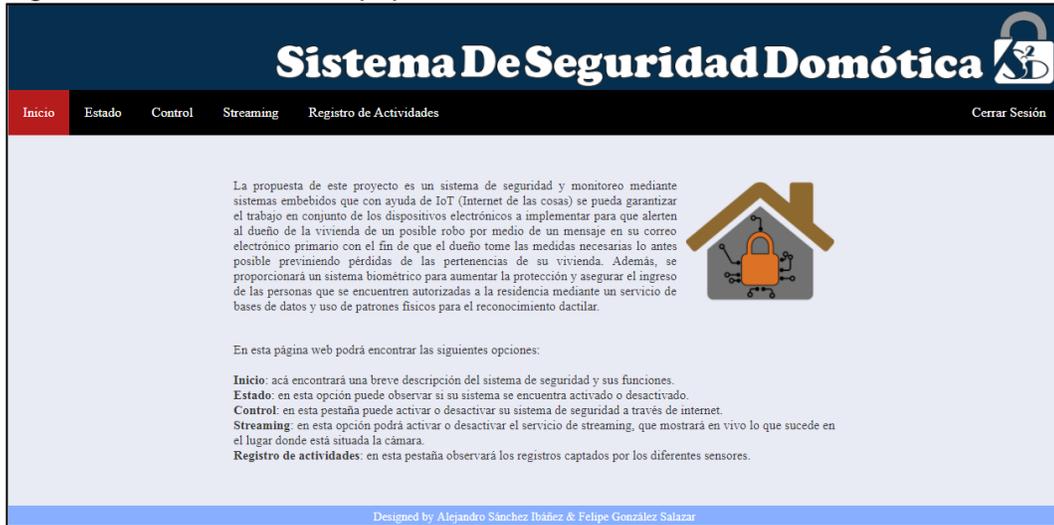
- index.php: Contiene un formulario de autenticación para los usuarios registrados en la base de datos con los campos: usuario y contraseña.

Figura 18. Vista web index.php



- login.php: Procesa los datos ingresados en index.php de usuario y contraseña. Si el usuario no está registrado, no se le permitirá el acceso y se mostrará el siguiente mensaje “Usuario y/o contraseña incorrecta, por favor, verifique.”. Si el usuario y contraseña coinciden, mostrará la página menu.php; además de esto, este script define la fecha y la hora de inicio de sesión.
- funciones.php: Posee la información necesaria para realizar la conexión a la base de datos.
- menu.php: Es la página principal que se muestra después de haber tenido un inicio de sesión exitoso. En esta página se podrá leer una breve descripción del sistema de seguridad, donde se explica cada una de las funciones de la aplicación web.

Figura 19. Vista web menu.php



- [estado.php](#): Este archivo se encarga de mostrarle al usuario si los sensores del sistema se encuentran o no activados.

Figura 20. Vista web estado.php



- [control.php](#): Aquí se puede activar o desactivar el sistema por completo o cada una de sus funciones por aparte, adicional a esto, se podrá apagar o reiniciar la RaspberryPi 3. Si se da clic en alguno de los botones de esta página, esta información es enviada y accionada en enviar.php

Figura 21. Vista web control.php

**Sistema De Seguridad Domótica**

Inicio Estado **Control** Streaming Registro de Actividades Cerrar Sesión

Desde esta pagina puede activar o desactivar su sistema de seguridad por completo o independientemente cada uno de los servicios.

A continuación se da una breve descripción de las funciones brindadas:

**Sistema completo:** Esta opción activa el sistema completamente, es decir, todos sus servicios.

**Control de acceso:** Esta alternativa activa el sensor biométrico, la cerradura electromagnética y la sirena en caso de que el cable de la cerradura sea cortado. Además de esto, llevará un registro de las personas que han ingresado a la vivienda.

**Sensor de movimiento con notificación e-mail:** Este servicio envía notificaciones a su correo y hace un registro a la base de datos cuando el sensor capte movimientos

**Cámara en modo Fotos:** Con esta elección, el sistema capturará imágenes, las almacena en la nube (google drive) y hace un registro a la base de datos cuando el sensor capte movimientos.

**Reiniciar RPi:** Este botón reiniciará su dispositivo de procesamiento.

**Apagar RPi:** Este botón apagará su dispositivo de procesamiento. ¡CUIDADO!, si se encuentra afuera de su recinto, lo mejor es que no lo oprima, pues tendrá que encenderla de nuevo manualmente.

Sistema completo:

Sensor biométrico:

Sensor de movimiento con notificación e-mail:

Cámara en modo fotos:

Designed by Alejandro Sánchez Iñáñez & Felipe González Salazar

- enviar.php: Contiene todas las instrucciones a realizar de acuerdo con las instrucciones dadas en control.php. Luego de realizarlas correctamente, retorna a la página control.php.
- streaming.php: Permite activar o desactivar el streaming (video en tiempo real) del sistema de seguridad. Si el streaming está desactivado, muestra en pantalla el aviso “Streaming Detenido” y una imagen GIF. Por el contrario, si el streaming está activo, permitirá ver el vídeo en tiempo real de la posición donde se encuentre la Camera Pi.

Figura 22. Vista web streaming.php



- enviar1.php: Contiene las instrucciones a realizar de acuerdo con las instrucciones dadas en streaming.php. Luego de realizarlas correctamente, retorna a la página streaming.php.
- movimiento.php: Muestra una tabla con los distintos registros captados por el sensor de movimiento, junto con la fecha y la hora, también permite eliminar la tabla por completo o por filas. Posee un hipervínculo a Google drive en donde se guardan las fotos de los movimientos captados.

Figura 23. Vista web movimiento.php



- [biometrico.php](#): Muestra una tabla con los registros captados por el sensor biométrico de las personas que han entrado a la vivienda, con el nombre de cada una y la fecha y la hora de ingreso. también permite eliminar la tabla por completo o por filas. Si no hay registros en la base de datos, muestra el aviso en la página “¡No se ha encontrado ningún registro!”.

Figura 24. Vista web biometrico.php



- [sesion.php](#): Impide que se ingrese a las diferentes funciones de la página sin previamente haber iniciado sesión de forma exitosa, asimismo, luego de 30 minutos de inactividad, destruye la sesión y retorna a index.php.
- [sesion\\_aviso.js](#): Este script imprime una alerta a los 25 minutos de inactividad, indicando que faltan 5 minutos para destruir la sesión.
- [logout.php](#): Destruye la sesión “login” del usuario luego de dar clic sobre “Cerrar Sesión” en la barra de navegación de la aplicación web.

#### 4.6.2 Bases de Datos MySQL

Para poder consultar los datos adquiridos por los sensores del sistema de seguridad e iniciar sesión de forma satisfactoria en la aplicación web, se utiliza una base de datos MySQL. Usando phpMyAdmin se crea la base de datos “*seguridadiot*” y dentro de ella las tablas presentadas a continuación:

- users: contiene 2 columnas:
  - user: almacena el nombre de los distintos usuarios.
  - password: guarda las contraseñas de cada user.
- movimiento: contiene 2 columnas:
  - accion: almacena los movimientos capturados por el sensor.
  - tiempo: registra la fecha y hora de cada movimiento.
- biometrico: contiene 2 columnas:
  - accion: almacena los nombres de las personas que ingresan al recinto.
  - tiempo: registra la fecha y hora de cada ingreso.

## 4.7 DESARROLLO DEL ENTORNO DE CONTROL DE ACCESO

La funcionalidad del control de acceso del Sistema de Seguridad Domótico Basado en IoT, es permitir o no el ingreso a la vivienda, recoger la información sobre las personas que entran y la transmisión de dicha información a la base de datos. Además, envía alarmas/alertas por e-mail. Está compuesto por los siguientes elementos: Circuito de control, Cerradura Electromagnética (Electroimán), Sensor Biométrico y una Sirena.

### 4.7.1 Sensor Biométrico Lector de Huella Digital - FPM10A

El sensor biométrico FPM10A posee en su memoria las distintas huellas de las personas que habitan el hogar, previamente grabadas; al momento de detectar la coincidencia de la huella que está sobre el lector con alguna de las almacenadas, envía un pulso al circuito de control, este desactiva el electroimán y transmite la información a la base de datos. Si la huella no está registrada, el sensor no envía información alguna. Al FPM10A se le acoplan dos LEDs indicadores, uno rojo manejado por el pin digital 5 (PD5) que se activa al momento de bloquearse la puerta y uno verde (PD4), para indicar el desbloqueo de la misma; junto a los LEDs se encuentra un pulsador (PD6) que es el encargado de encender o apagar el sensor para evitar consumo innecesario de corriente cuando se active el sistema y donde el lector no se esté utilizando.

Se escoge este sensor por su facilidad de enlace con el atmega238p y sus librerías, ya que funciona con el protocolo serial. Este sensor puede almacenar en su memoria FLASH interna hasta 162 huellas dactilares, lo suficiente para el número de personas que viven en una casa, realiza procesamiento digital de imágenes interno con un DSP<sup>21</sup>.

*Tabla 4.* Especificaciones Técnicas del sensor biométrico FPM10A

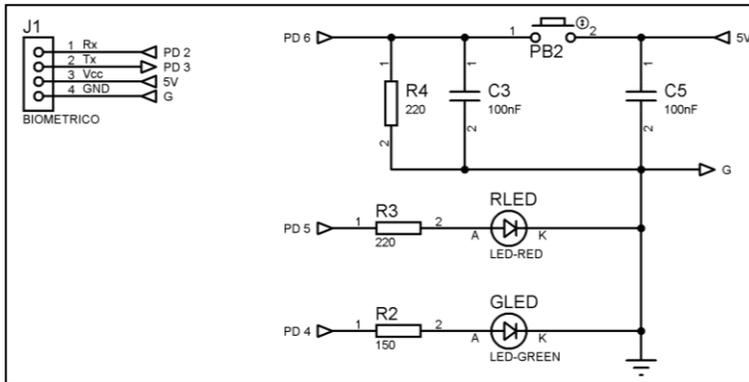
Modelo: 071405
Voltaje de alimentación: 3.6V - 6V
Corriente de operación: 100mA - 150mA
Interfaz: UART TTL
Modo de paridad de huella: 1:1 1:N
Baud Rate: 9600*N
N = 1 a 12 (Por defecto es 6)

---

<sup>21</sup> (2016). Sensor Biométrico Lector De Huella Digital – FPM10A. Electronilab. Recuperado de: <https://www.vistronica.com/sensores/sensor-biometrico-lector-de-huella-fpm10a-detail.html>

Tiempo de adquisición menor a 1 segundo
5 Niveles de seguridad
Dimensión de la ventana: 14x18mm
Entorno de trabajo: -10°C a 40°C (Humedad Relativa 40% a 85%)
Dimensiones: 5.5 x 2.1 x 2.0 cm
Peso: 22g

Figura 25. Conexiones y circuito complementario para el sensor biométrico



#### 4.7.2 Cerradura Electromagnética (Electroimán)

Los electroimanes son cerraduras eléctricas conformadas por una parte activa y una pasiva; la parte activa se instala en el marco de la puerta, y la pasiva (placa) va montada en la hoja de la misma. Cuando la parte activa del dispositivo se encuentra energizada, la fuerza magnética del electroimán asegura la puerta<sup>22</sup>. Estos dispositivos están diseñados para asegurar cualquier tipo de puerta ya sea metálica, de madera, de vidrio, etc.

Para garantizar un bloqueo permanente de la puerta se hace uso de una cerradura electromagnética que, al momento de activar el control de acceso desde la aplicación web, aplica una fuerza de sujeción de 350 lb (180 Kg). El atmega328p es el encargado de controlar el electroimán de acuerdo con el pulso recibido por el sensor biométrico.

Tabla 5. Especificaciones técnicas de la Cerradura Electromagnética

Material: Aluminio
Voltaje de alimentación: 12 VDC

<sup>22</sup> Electroimán Puerta Sencilla con Antirremanente Magnético EL-150 / 350 lb. Redes Orión. Recuperado de: <http://redesorion.com/el-150-350-lb.html>

Consumo corriente: 350 mA

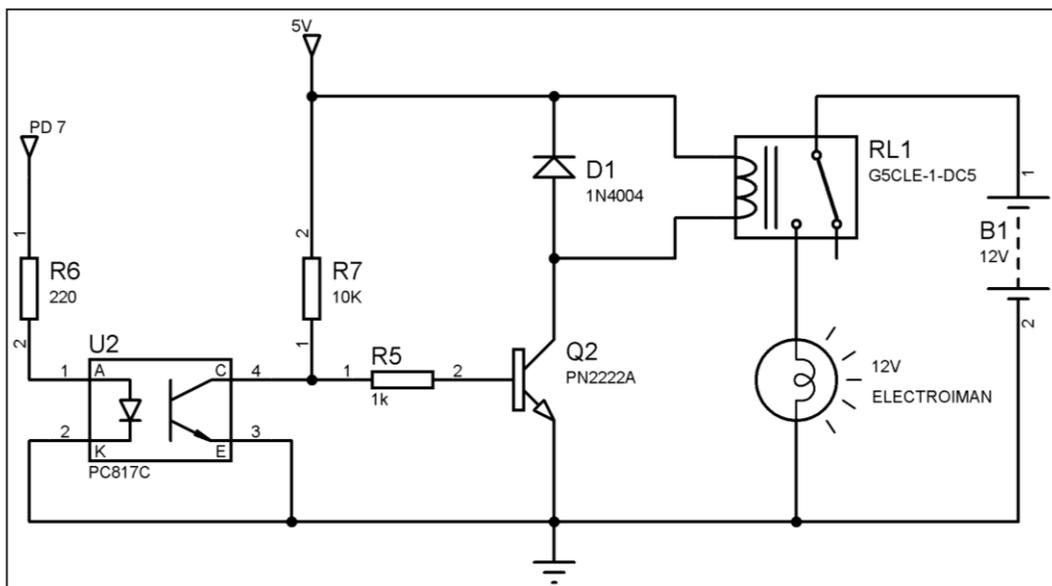
Dimensiones: 171x33x23 mm

Fuerza de sujeción: 180 kg (350 lb)

Un circuito de potencia es un circuito capaz de recibir señales de bajo voltaje o digitales de un circuito de control, procesarlas y activar una salida de potencia de altos voltajes como pueden ser motores, bombillos, bobinas, etc.

Se diseña una etapa de potencia debido a que la cerradura electrónica necesita 12 VDC para su funcionamiento y el circuito de control ofrece sólo 5 VDC. El pin digital 7 (PD7) del microcontrolador se usa como salida. Al estar en nivel lógico ALTO, acciona la etapa de potencia, conmutando el relé y activando el electroimán, asegurando la entrada de la vivienda; al estar en un nivel lógico BAJO impide alimentar la bobina del relé, permitiendo el ingreso al hogar. El optoacoplador PC817C controla el modo de operación del transistor 2N2222 (corte o saturación) además aísla ópticamente la etapa de potencia del circuito de control, protegiéndolo de posibles sobrecargas de corriente.

Figura 26. Etapa de Potencia Electroimán



#### 4.7.3 Sirena Y “Cut Wire”

Se hace uso de una sirena monofónica, accionada a través del pin digital 8 (PD8) del microcontrolador, para alertar en caso tal de que los cables sean violentados. En este proyecto, “Cut Wire” se llama a la acción en la que el bandido/intruso corta los cables del electroimán y/o los cables del sensor biométrico.

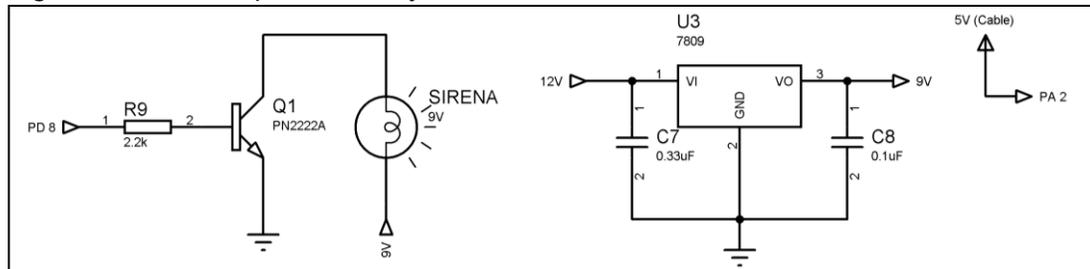
El pin análogo 2 (PA2) toma lectura constantemente de estos cables en nivel lógico ALTO; en el caso de que los cables sean vulnerados, la lectura del PA2 pasaría a nivel lógico BAJO. Cuando sucede lo anterior, el PD8 cambia a estado ALTO, activando esta la sirena e inmediatamente mandando una instrucción “cable cortado” a través del puerto serial a la Raspberry Pi 3. Esta a su vez, al recibir la instrucción envía un mensaje al correo alertando sobre dicho corte y una posible entrada del intruso a la casa. Se hace necesario el uso de un regulador de voltaje 7809, ya que se necesita disminuir el voltaje de la fuente de alimentación de 12 VDC a 9 VDC para energizar correctamente la sirena.

Tabla 6. Especificaciones técnicas de la sirena

Voltaje de alimentación: 9 VDC
Consumo de corriente: 250 mA
Sonido de la sirena: 120 dB
Tipo de sonido: monofónico

Fuente: <http://lloydscorp.com/manuales/Manual-LA-516.pdf>

Figura 27. Circuito para sirena y “cut wire”



#### 4.7.4 Circuito de Control

El circuito de control es, quizás, la parte más importante del control de acceso, puesto que este circuito es el encargado de tomar las decisiones sobre los actuadores de acuerdo con las lecturas que proporcionan los sensores. Se basa en un microcontrolador atmega328p que posee la capacidad para manejar los procesos necesarios del sistema, se le ha grabado el bootloader para que trabaje y se programe como Arduino; su alimentación se logra a través del módulo convertidor USB a TTL PL2303HX conectado a la Raspberry pi 3, que también se encarga de hacer la comunicación serial entre las dos placas.

Desde la aplicación web, en la dirección [www.security-iot.sytes.net/control.php](http://www.security-iot.sytes.net/control.php) se activa el servicio de control de acceso. Seguidamente de esto, se energizan el sensor biométrico, el electroimán y su etapa de potencia, y el PA2. El control de acceso queda en modo ON, con todas las funciones descritas anteriormente.

#### 4.7.4.1 Atmega328P

Microcontrolador RISC AVR de la compañía ATMEL, posee una resolución de 8 bits, con memoria Flash de 32KB con la capacidad de lectura y escritura, a través de comunicación ISP. Cuenta con una memoria EEPROM de 1024B, una SRAM de 2KB, con 23 pines de propósito general, usadas como entradas/salidas, cuenta con 32 registros de trabajo de propósito general, 3 temporizadores flexibles/comparadores, se pueden generar interrupciones internas y externas. Se programa a través de comunicación serie USART, con una interfaz serial de 2 hilos orientado a bytes. Cuenta con un puerto serie SPI, un conversor analógico a digital de 10 bits de 6 canales. Funciona a través de un oscilador interno el cual se encarga de proporcionar la frecuencia de reloj para que funcione correctamente. Mediante la ejecución de las instrucciones de gran alcance en un solo ciclo de reloj, el dispositivo alcanza rendimientos se acercan a 1 MIPS por MHz, por lo que permite equilibrar el consumo de energía y la velocidad de procesamiento<sup>23</sup>.

Tabla 7. Especificaciones Técnicas del microcontrolador Atmega328P

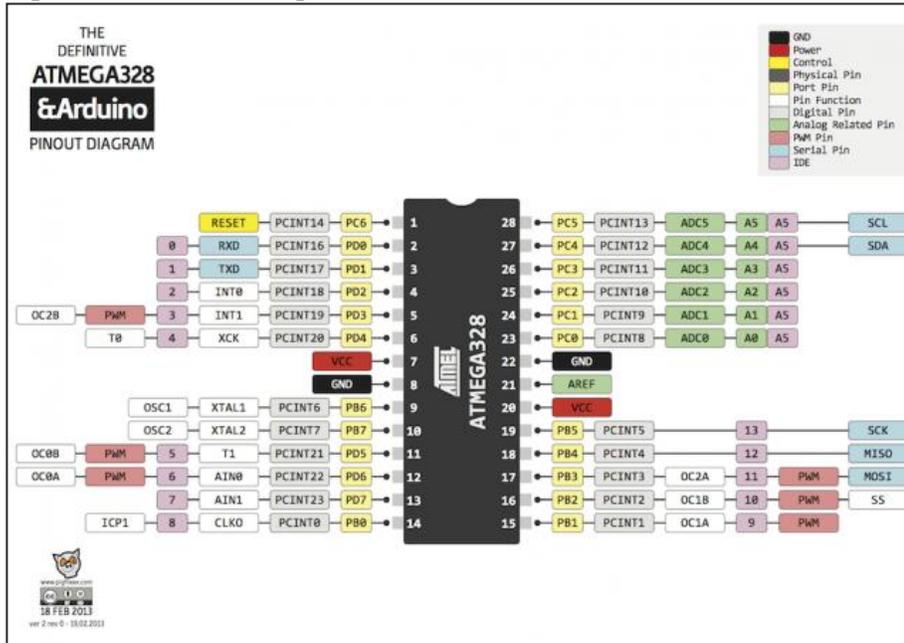
Procesador: Corel AVR
Tamaño de núcleo: 8 Bits
Frecuencia de Reloj: 20 MHz
Conectividad:
○ I2C
○ UART
○ USART
Periféricos:
○ Detección de pérdida
○ Restablecimiento
○ POR
○ PWM
○ WDT
Pines de entrada/salida: 23
Capacidad de almacenamiento de programas: 32 KB (16 KB * 16 KB)
Memoria EEPROM: 1 KB * 8
Memoria RAM: 2 KB * 8
Voltaje de alimentación: 1,8 V ~ 5,5 V
Conversor: Analógico/Digital 6 * 10 b
Tipo de oscilador: Interno
Temperatura de operación: -40 °C ~ +85 °C

<sup>23</sup> Atmega 328P-PU. Vistrónica: Tienda Virtual de Electrónica. Recuperado de: <https://www.vistronica.com/componentes-activos/microcontroladores-/atmega328p-pu-detail.html>

#### 4.7.4.2 Bootloader Arduino

Cuando se carga un programa en Arduino desde el USB con el IDE, se está haciendo uso del bootloader, se trata de un pequeño programa que ha sido guardado previamente en el microcontrolador de la placa y que permite estabilizar códigos sin necesidad de hardware adicional. El bootloader solo está activo unos segundos cuando se resetea el Arduino y después comienza el sketch que está almacenado en el flash de Arduino el cual ha sido programado y subido a la placa<sup>24</sup>.

Figura 28. Pines Atmega328P



Fuente: [http://ezcontents.org/sites/default/files/atmega328w\\_0.png](http://ezcontents.org/sites/default/files/atmega328w_0.png)

#### 4.7.4.3 PL2303HX

Este módulo convierte un puerto USB en un puerto serial, con niveles de voltaje TTL compatibles con la mayoría de tarjetas microcontroladoras como Arduino/Pic/Raspberry Pi. Posee leds indicadores de transmisión de datos, salidas reguladas de voltaje de 5V y 3.3V, usa el chip PL2303HX de Prolific<sup>25</sup>.

<sup>24</sup> Bootloader. Aprendiendo Arduino. Recuperado de: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/bootloader/>

<sup>25</sup> Convertidor USB a TTL PL2303HX. Vistrónica: Tienda Virtual de Electrónica. Recuperado de: <https://www.vistronica.com/comunicaciones/convertidor-usb-a-ttl-pl2303hx-detail.html>

Tabla 8. Especificaciones Técnicas del convertidor USB a TTL PL2303HX

Chip controlador: PL2303HX
Voltaje de salida: 5V y 3.3V
Pines TX y RX con niveles de voltaje TTL (0V-5V)
Leds indicadores de transmisión de datos
Fusible reseteable automático de 500 mA.
Trabaja con Win7, Win8, Vista, XP, Linux

#### 4.7.5 Comunicación Serial

La mayoría de los microcontroladores, entre ellos Arduino, poseen un puerto de comunicación serial. Para comunicarse con los computadores personales actuales que poseen únicamente puerto USB requieren de un dispositivo “traductor”. Para este caso se emplea el módulo PL2303HX descrito anteriormente, el cual es un convertidor USB-Serial. A través de este módulo el microcontrolador puede recibir y enviar datos a un computador de manera serial.

La parte física encargada de la comunicación serial es la UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter). Los microcontroladores Atmega8/168/328, en los cuales está basado Arduino, disponen de un dispositivo compatible llamado USART (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter) que permite tanto la comunicación asincrónica como sincrónica.

Arduino facilita este proceso ya que sólo es necesario especificar la velocidad de envío de los datos. Esta velocidad es conocida como “baud rate” o tasa de pulsos por segundo. Velocidades frecuentes de uso son 9600, 19200, 57600 y 115200<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> (2009) Comunicación Serial. Galaxi0. Recuperado de: <https://galaxi0.wordpress.com/el-puerto-serial/>

Figura 29. Circuito de control

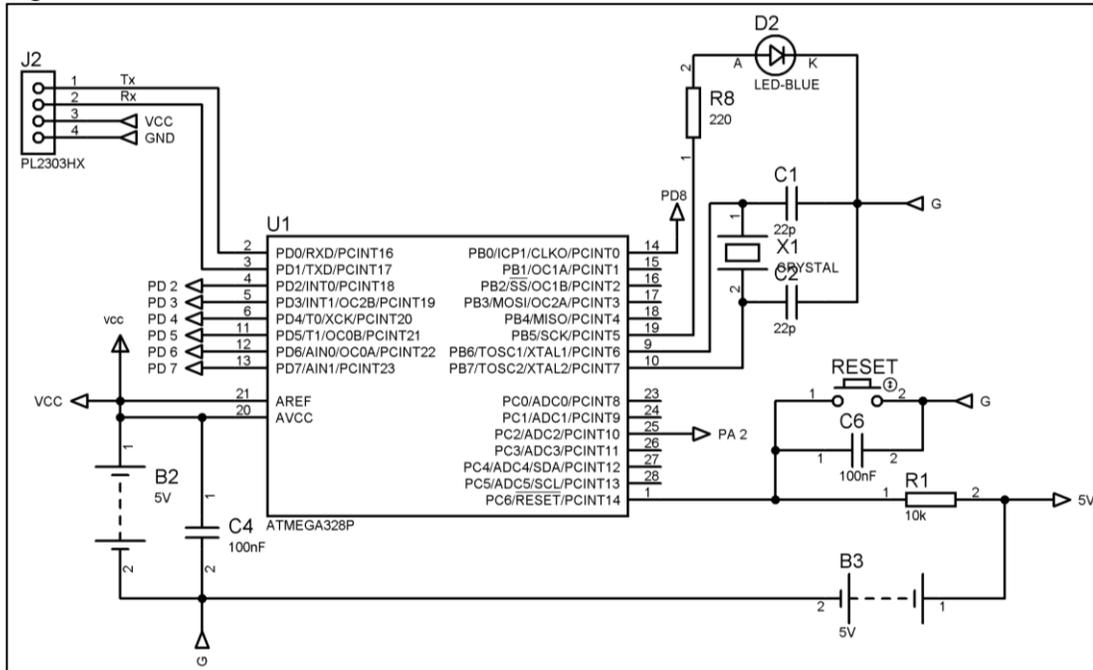
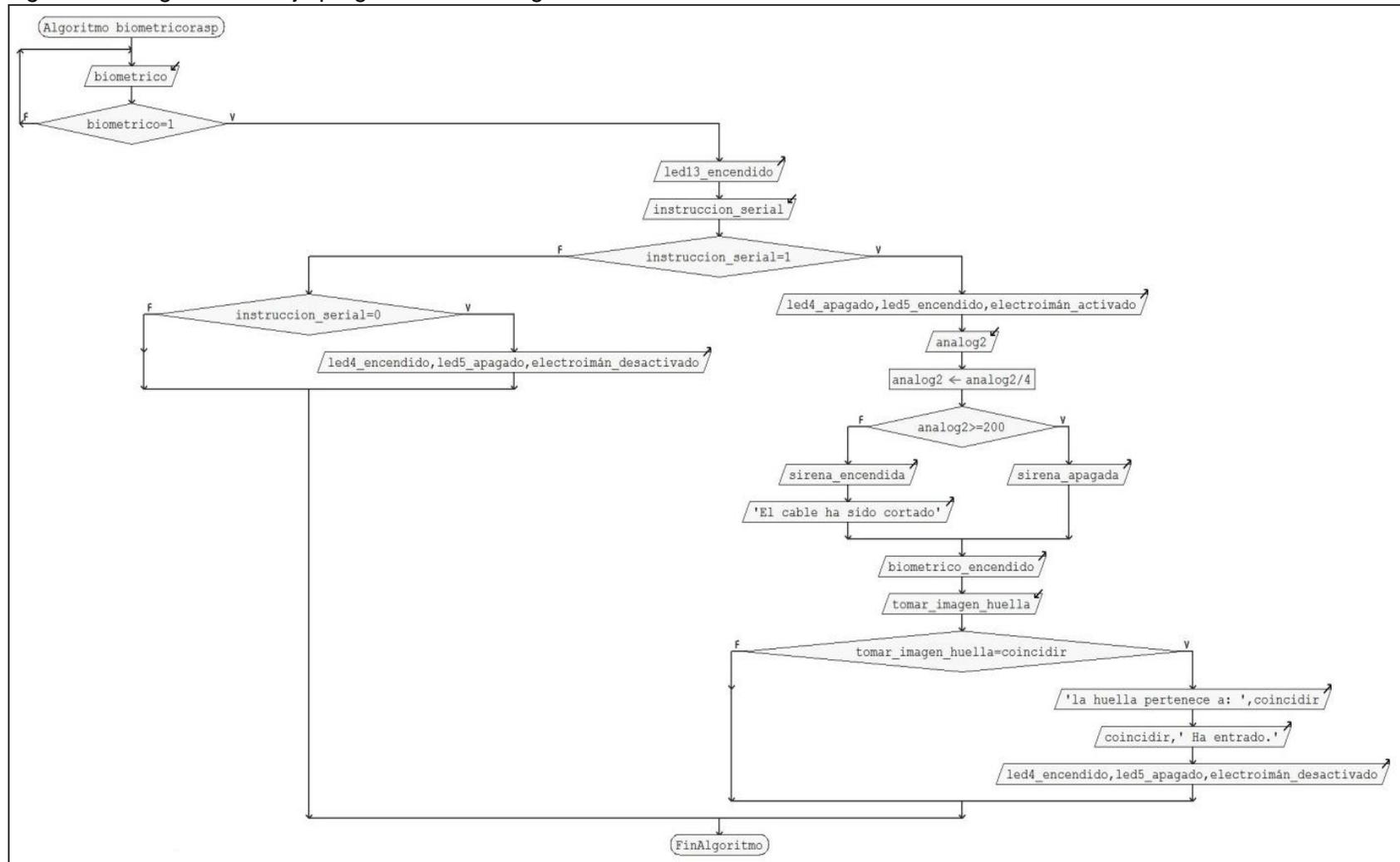


Figura 30. Diagrama de flujo programación Atmega328P



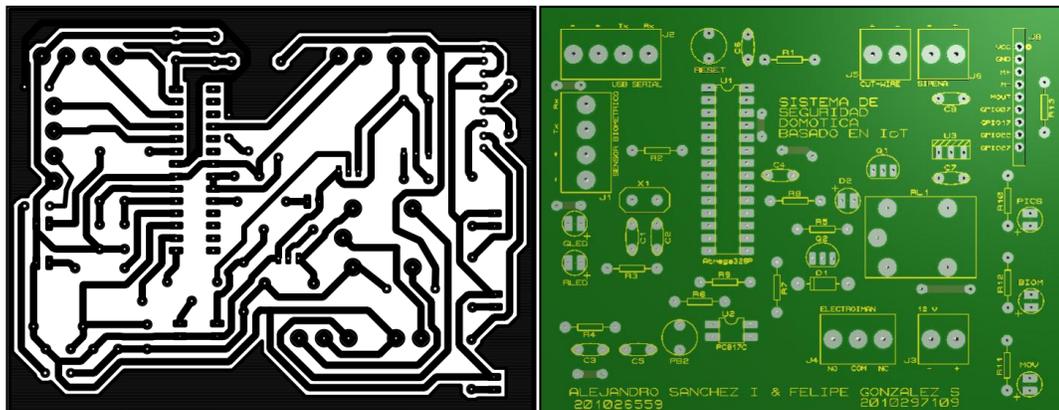
## 4.8 DISEÑO DE LA TARJETA ELECTRÓNICA PRINCIPAL

Gracias a Proteus 8.1 y su programa ARES se procede a diseñar la PCB que contiene las siguientes entradas/salidas del sistema.

1. El circuito de control [Atmega328p]
  - Comunicación serial PL2303HX [In/Out]
    - PL2303HX
    - Sensor biométrico
  - Sirena [Out].
  - Cut Wire [In].
  - Etapa de potencia.
    - Electroimán [Out]
2. Regleta de 9 posiciones [In/Out]

La regleta de 9 posiciones sirve para la comunicación entre la PCB principal y la Raspberry Pi. A partir de esta, se energiza todo el circuito. De la misma manera, se conecta el Sensor de Movimiento PIR HC-SR501 y el pin GPIO 7 que lo controla, y sus respectivos LED's indicadores para los puertos GPIO 17, 22 y 27.

Figura 31. PCB diseñada



## 4.9 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y MONITOREO DOMÓTICO

Este apartado muestra la implementación del sistema de seguridad y monitoreo domótico basado en IoT en una vivienda ubicada al Norte de la ciudad de Neiva, específicamente en el barrio El Cortijo. El resultado fue muy bueno, este prototipo no presentó inconvenientes a la hora de realizar las pruebas finales puesto que ya se habían desarrollado muchos ensayos anteriormente antes de su montaje final.

Se procuró ofrecer la mejor estética posible a este proyecto, la cámara que se utilizó es un complemento de la Raspberry Pi 3 Modelo B la cual fue acoplada con el circuito de acondicionamiento de luz nocturna donde se trató de proporcionar un aspecto algo similar a una cámara de videovigilancia convencional; el diseño de esto fue elaborado en acrílico, componente primario elegido por su resistencia y practicidad. El trabajo realizado es muy interesante y de interés, ya que se ha logrado cumplir todas las expectativas propuestas ofreciendo al usuario una opción viable para reforzar la seguridad de su hogar con un sistema práctico y económico al alcance de cualquier persona.

A continuación, se muestra las imágenes de lo dicho anteriormente.

*Figura 32. Caja Central*



*Figura 33. Electroimán en marco de puerta*



*Figura 34. Entorno de Monitoreo*



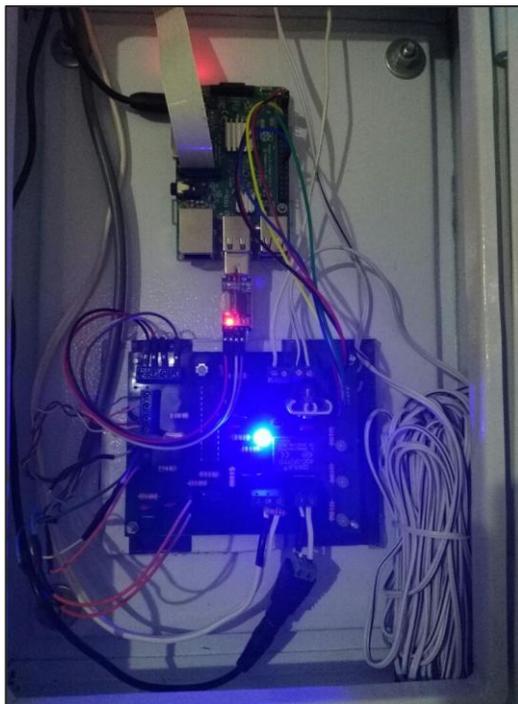
*Figura 35. Sensor Biométrico*



Figura 36. Sirena



Figura 37. Caja Central Por dentro



## 5. COMPARACIÓN DE COSTOS

Comparando el Sistema de Seguridad y Monitoreo Domótico basado en IoT, con sistemas de seguridad convencional, en el mercado actual no se encuentra un sistema de seguridad que cumpla con todas las características propuestas en este proyecto de grado, en cambio se hallan sistemas fraccionados de diferentes funciones. Por ejemplo:

- a. Un sistema de seguridad electrónico para un hogar, el cual incluye 1 sistema de control principal, 1 sensor de movimiento infrarrojo PIR, 1 sensor magnético detector de apertura de puerta, 1 sirena de 110dB y 1 adaptador de corriente (12Vdc 1A), está costando en el mercado alrededor de \$599.990COP.
- b. Un sistema de control de acceso biométrico con electroimán en el mercado se consigue por un precio cercano a los \$390.900.
- c. Un DVR con 2 cámaras de 720p tiene un costo aproximado de \$287.000COP.

Todo esto, como ya se dijo anteriormente, por separado, con un costo total de \$1'277.890COP.

El Sistema de Seguridad Domótico gana ventaja frente a estos sistemas convencionales por su reducción de costo (\$768.000COP) aproximadamente un 40% del valor de los 3 sistemas descritos anteriormente, aparte de esto, integra todos los servicios mencionados anteriormente en un solo lugar, sin olvidar que permite ser dueños de la información evitando así acudir a servidores de terceras personas.

- a. Raspberry Pi 3: \$160.000COP
- b. Sensor Biométrico FPM10A: \$110.000COP
- c. Cámara NoIR: \$110.000COP
- d. Electroimán: \$150.000COP
- e. Brazo hidráulico cierra puertas: \$90.000COP
- f. PCB's y componentes electrónicos: \$70.000COP
- g. Sensor PIR: \$8.000COP
- h. Sirena: \$20.000
- i. Caja para albergar el sistema: \$50.000COP

## 6. CONCLUSIONES

- Mediante el modelamiento planteado para el sistema de seguridad y monitoreo domótico basado en IoT, se ha logrado cumplir a cabalidad los objetivos propuestos. El proceso evaluativo que se realizó ha sido satisfactorio, ya que se consiguió un prototipo electrónico robusto, eficiente y automatizado donde el usuario puede monitorear y controlar tranquilamente de manera remota o local su vivienda a través de un aplicativo web dinámico amigable que es almacenado en un servidor propio, con la capacidad de administrar y gestionar mediante phpMyAdmin bases de datos MySQL teniendo como interés primordial la privacidad de la información.
- La domótica es un conjunto de tecnologías que implementadas en una vivienda permiten la creación de un sistema de control sobre ella. Este proyecto integra unas de muchas de estas tecnologías las cuales proporcionan una protección integral al hogar, un apoyo y una solución. El entorno del control de acceso es un buen ejemplo relacionado a la seguridad domótica, su adaptable manejo a través de la Raspberry Pi y el microcontrolador Atmega328p es una propuesta muy buena para seguir desarrollando. Además de que es un sistema confiable y económico, puede escalar según el requerimiento del usuario logrando mitigar un poco más el índice de hurtos a domicilios.
- IoT es un nuevo concepto que se ha venido fortaleciendo al pasar de los años, donde su expansión y estandarización en un futuro en la sociedad será capaz de cambiar las vidas para su beneficio. La interconexión digital de las tecnologías utilizadas para este sistema de seguridad y monitoreo domótico contiene ventajas relacionado a la automatización y gestión de la vivienda ya que este prototipo es capaz de ejecutar funciones en tiempo real logrando una respuesta rápida y precisa a través de internet. El acople del entorno de monitoreo, de notificaciones, del control de acceso y el aplicativo web convierte el hogar en lugar mucho más confortable ya que el dueño tendrá la confianza de salir de su domicilio, gracias al trabajo que realizan este conjunto de ciencias tecnológicas.
- Python, C, PHP, SQL, HTML y JavaScript, estas herramientas de programación han sido el núcleo del funcionamiento, puesto que fueron de gran utilidad a la hora de tomar una decisión estratégica para desarrollar este sistema de seguridad y monitoreo domótico. Su flexibilidad de empalme las convierte en un método estructurado de comunicación para ejecutar instrucciones consecutivas de manera organizada con el fin de efectuar una tarea específica a través de la plataforma web dinámica diseñada, donde la conectividad a internet es muy importante para su correcta sincronización en tiempo real de sus actividades.

## 7. RECOMENDACIONES

- Este sistema de seguridad y monitoreo domótico está abierta a muchas modificaciones por lo cual posee escalabilidad donde se recomienda añadir más sensores, tales como de escape de gas, de temperatura, de humo, otro de movimiento donde este pueda estar ubicado dentro de la vivienda para otros fines, e incluso más cámaras. Todo esto para lograr fortalecer y convertir este modelo un poco más robusto tanto en seguridad como en prevención ante situaciones que ocurran dentro del hogar.
- Se recomienda utilizar el navegador Google Chrome para poder ejecutar de manera correcta cada de unas de las funciones del aplicativo web dinámico, ya que mediante Mozilla Firefox se ha notado que al activar algún servicio desde la pestaña de control la hace bien, pero al momento de desactivar dicha función, la petición HTTP que realiza el usuario al servidor web apache queda bloqueada y no responde de manera oportuna.
- La energía eléctrica es un tópico importante para poner en funcionamiento un sistema de seguridad. Por ello, se aconseja adquirir un sistema de alimentación ininterrumpida o UPS en caso de que ocurra un apagón eléctrico con el fin de que los dispositivos electrónicos no se vean afectados. Adicionalmente, se puede agregar un dispositivo que se encargue de leer continuamente el nivel de tensión de algún elemento conectado a la red con el fin de avisar de manera oportuna mediante el entorno de notificaciones sobre alguna caída de tensión en la vivienda y reaccionar rápidamente ante esta novedad.
- La seguridad informática es un tema muy cuestionable hoy en día, ya que se ha propagado mucha información sobre ataques a la información privada de las personas. Se sugiere leer un poco más sobre aplicaciones que puedan asegurar de manera eficiente un sistema de seguridad basado en IoT gestor de bases de datos con el fin de proporcionar más confiabilidad y protección tanto en hardware como en software para lograr mitigar ataques a servidores web de tipo Injection, DDoS, Fuerza Bruta, Cross Site Scripting, entre otros; evitando que la información de relevancia sea vulnerable para esta clase de personas inescrupulosas.

## BIBLIOGRAFIA

¿Qué es Domótica? ¿Para qué sirve? Tecnología Fácil, 19 de febrero de 2017. Disponible en Internet: <https://tecnologia-facil.com/que-es/que-es-domotica-para-que-sirve/>

ALARCÓN MURILLO, Sebastián Felipe y DÍAZ HOYOS, Walter. Desarrollo de un sistema domótico de seguridad para el hogar utilizando tecnología Arduino y software libre. Proyecto de grado Neiva: Universidad Surcolombiana. 2013.

CASTAÑEDA, Ana. Introducción a la Domótica. Biblioteca de Ingeniería, Universidad de Sevilla, septiembre de 2004. Disponible en Internet: [bibing.us.es/proyectos/abreproy/10939/fichero/04.+Introducción+a+la+Domótica.pdf](https://bibing.us.es/proyectos/abreproy/10939/fichero/04.+Introducción+a+la+Domótica.pdf)

EVERLET, Alvaro. PASTOR, Javier. Introducción al Internet de las Cosas, Construyendo un proyecto de IoT. Carriots. Disponible en Internet: [https://www.carriots.com/newFrontend/img-carriots/press\\_room/Construyendo\\_un\\_proyecto\\_de\\_IOT.pdf](https://www.carriots.com/newFrontend/img-carriots/press_room/Construyendo_un_proyecto_de_IOT.pdf)

LOPEZ, Natalia. Beneficios de Tener IoT. Insite, 29 de junio de 2016. Disponible en Internet: <https://insite.com.co/beneficios-de-tener-iot/>

GARCÍA MUELAS, Carlos. IoT con Raspberry Pi. Proyecto de grado Cataluña: Universitat Oberta de Catalunya. 2015

GONZÁLEZ DOMÍNGUEZ, Claudio. Aplicaciones orientadas a la domótica con Raspberry Pi. Sevilla: Universidad de Sevilla. 2015

¿Qué son las Aplicaciones Web? Ventajas y Tipos de Desarrollo. Wiboo GCFaprendeLibre. Disponible en Internet: [https://www.gcfaprendelibre.org/tecnologia/curso/informatica\\_basica/aplicaciones\\_web\\_y\\_todo\\_acerca\\_de\\_la\\_nube/1.do](https://www.gcfaprendelibre.org/tecnologia/curso/informatica_basica/aplicaciones_web_y_todo_acerca_de_la_nube/1.do)

¿Qué es el Diseño Responsive? 40 de Fiebre. Disponible en Internet: <https://www.40defiebre.com/que-es/disenio-responsive/>

NetBeans. GenBeta:dev, 9 de enero de 2014. Disponible en Internet: <https://www.genbetadev.com/herramientas/netbeans-1#sections>

MIQUEL, Alfredo. HTML5. Developer Mozilla, 3 de enero de 2017. Disponible en Internet: <https://developer.mozilla.org/es/docs/HTML/HTML5>

¿Qué es PHP? php.net, 2015. Disponible en Internet: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php>

¿Qué es phpMyAdmin? INC, 27 de marzo de 2016. Disponible en Internet: <https://www.inc.cl/blog/hosting/que-es-phpmyadmin>

¿Qué es MySQL? EsepeStudio, 16 de agosto de 2005. Disponible en Internet: <http://www.espestudio.com/noticias/que-es-mysql>

BINA, Ismail. JavaScript. Developer Mozilla, 22 de noviembre 2017. Disponible en Internet: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript>

Raspberry Pi como servidor web. DI Makers, 7 de agosto de 2014. Disponible en Internet: <http://diymakers.es/raspberry-pi-como-servidor-web/>

HOBBS, Sam. Getting Started With Apache ModSecurity on Debian and Ubuntu. Samhobbs, 14 de marzo de 2016. Disponible en Internet: <https://samhobbs.co.uk/2016/03/getting-started-apache-modsecurity-debian-and-ubuntu>

GitHub. Motion Guide. Disponible en Internet: [https://github.com/Motion-Project/motion/blob/master/motion\\_guide.html](https://github.com/Motion-Project/motion/blob/master/motion_guide.html)

Cámara Pi NoIR infrarroja para Raspberry Pi v2 – 8 Megapíxeles. Electronilab. Disponible en Internet: <https://electronilab.co/tienda/camara-noir-raspberry-pi-v2-8-megapixeles/>

Sensor Infrarrojo de Movimiento PIR HC-SR501. Punto Flotante S.A., 2017. Disponible en Internet: <http://www.puntoflotante.net/MANUAL-DEL-USUARIO-SENSOR-DE-MOVIMIENTO-PIR-HC-SR501.pdf>

Sensor Biométrico Lector De Huella Digital – FPM10A. Vistrónica: Tienda Virtual de Electrónica, 2016. Disponible en Internet: <https://www.vistronica.com/sensores/sensor-biometrico-lector-de-huella-fpm10a-detail.html>

Electroimán Puerta Sencilla con Antirremanente Magnético EL-150 / 350 lb. Redes Orión. Disponible en Internet: <http://redesorion.com/el-150-350-lb.html>

Atmega 328P-PU. Vistrónica: Tienda Virtual de Electrónica. Disponible en Internet: <https://www.vistronica.com/componentes-activos/microcontroladores-/atmega328p-pu-detail.html>

Bootloader. Aprendiendo Arduino. Disponible en Internet: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/bootloader/>

Convertidor USB a TTL PL2303HX. Vistrónica: Tienda Virtual de Electrónica. Disponible en Internet: <https://www.vistronica.com/comunicaciones/convertidor-usb-a-ttl-pl2303hx-detail.html>

Comunicación Serial. Galaxi0, 21 de junio de 2009. Recuperado de: <https://galaxi0.wordpress.com/el-puerto-serial/>