



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
DE ILUMINACIÓN Y ACCESO A UNA VIVIENDA UTILIZANDO
HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA DOMÓTICA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR:

PATRICIO EZEQUIEL SANGOQUIZA TIPANTIZA

Riobamba-Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
DE ILUMINACIÓN Y ACCESO A UNA VIVIENDA UTILIZANDO
HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA DOMÓTICA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Dispositivo tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR: PATRICIO EZEQUIEL SANGOQUIZA TIPANTIZA

DIRECTOR: Ing. PAUL PATRICIO ROMERO RIERA

Riobamba-Ecuador

2021

©2021, Patricio Ezequiel Sangoquiza Tipantiza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, PATRICIO EZEQUIEL SANGOQUIZA TIPANTIZA, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de agosto de 2021.

Patricio Ezequiel Sangoquiza Tipantiza

180528253-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación Curricular certifica que: El trabajo de titulación, Tipo: Dispositivo Tecnológico, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN Y ACCESO A UN VIVIENDA UTILIZANDO LAS HERRAMIENTAS BÁSICAS DE LA DOMÓTICA**”, realizado por el señor **PATRICIO EZEQUIEL SANGOQUIZA TIPANTIZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Geovanny Estuardo Vallejo Vallejo PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	<hr/>	2021-12-16 <hr/>
Ing. Paul Patricio Romero Riera DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	<hr/>	2021-12-16 <hr/>
Ing. Marco Antonio Viteri Barrera MIEMBRO DEL TRIBUNAL	<hr/>	2021-12-16 <hr/>

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico a Dios quien me ha permitido cumplir esta meta, dándome la fuerza necesaria para superar cada obstáculo y problema a lo largo de este camino.

A mis padres, Patricio y María Susana, por su gran apoyo y sus consejos, por darme la motivación e inspiración necesaria para superar todas las dificultades; por todos los valores que me han inculcado y su ejemplo de perseverancia, que me han permitido ser la persona que soy.

A mis hermanos, Isaac, Paola y Priscila, quienes han estado siempre con su apoyo.

A mis amigos, Wilmer, Danny, Jorge, Maritza y Lizbeth, quienes fueron un gran apoyo a lo largo de mis estudios, con quienes compartí buenos y malos momentos, algunos increíbles e inolvidables.

Este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Patricio

AGRADECIMIENTO

Primeramente, deseo expresar mis agradecimientos al Ingeniero Paul Romero, director de este trabajo de grado; por su dedicación, paciencia y apoyo, quien con su experiencia ayudo por medio de sus asesorías y consejos al éxito del presente trabajo, igualmente por su respeto a mis ideas.

A todos los ingenieros de la escuela de ingeniería electrónica y automatización quienes de manera directa o indirectamente ayudaron en el transcurso del desarrollo de este proyecto; además a los que me acompañaron a lo largo de mi formación como ingeniero, y compartieron sus conocimientos conmigo.

De manera especial agradezco a mis padres, quienes con su gran esfuerzo y sacrificio lograron hacer posible esta meta, quienes con sus enormes enseñanzas y consejos hicieron de mí la persona que soy ahora. A mis hermanos por su gran apoyo en cada momento a lo largo de mis estudios.

Finalmente, gracias a mis amigos y compañeros por su apoyo en cada situación, tanto a lo largo de este proyecto como en mis estudios. Son unas personas muy especiales y parte de este logro es gracias a ustedes.

Patricio

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
INDICE DE ABREVIATURAS.....	ii
RESUMEN.....	iv
SUMMARY	v
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
ESTADO DEL ARTE DE SISTEMAS DE CONTROL PARA ILUMINACION.....	3

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	8
1.1. Domótica.....	8
1.1.1. <i>Aspectos y Característica.....</i>	8
1.1.1.1. <i>Servicios Principales de la Domótica.....</i>	9
1.1.2. <i>Áreas de control.....</i>	9
1.1.2.1. <i>Área de seguridad.....</i>	9
1.1.2.2. <i>Área de Control de Entorno</i>	10
1.1.2.3. <i>Área de ocio y entretenimiento</i>	10
1.1.3. <i>Protocolos.....</i>	10
1.1.3.1. <i>Protocolo X-10</i>	10
1.1.3.2. <i>Protocolo KNX</i>	12
1.1.3.3. <i>Simple Control Protocolo (SCP)</i>	13
1.1.3.4. <i>Protocolo LonWorks.....</i>	14
1.1.3.5. <i>Protocolo Jini</i>	15
1.1.4. <i>Arquitectura de Comunicación</i>	15
1.1.5. <i>Medios de Transmisión.....</i>	17
1.1.5.1. <i>Transmisión con cable.....</i>	17
1.1.5.2. <i>Transmisión inalámbrica.....</i>	19
1.2. Visión Artificial.....	19

1.2.1.	<i>Etapas de la Visión Artificial</i>	20
1.2.1.1.	<i>Adquisición de la Información</i>	20
1.2.1.2.	<i>Pre - procesamiento</i>	21
1.2.1.3.	<i>Segmentación</i>	21
1.2.1.4.	<i>Descripción</i>	22
1.2.1.5.	<i>Reconocimiento</i>	23
1.2.2.	<i>Aplicaciones</i>	23
1.2.2.1.	<i>Sistemas de vigilancia y control en hogares</i>	23
1.2.2.2.	<i>Medicina</i>	24
1.2.2.3.	<i>Inspección de calidad</i>	25
1.2.2.4.	<i>En la educación</i>	26
1.2.3.	<i>Métodos de Reconocimiento</i>	26
1.2.3.1.	<i>Métodos Holísticos</i>	26
1.2.3.2.	<i>Análisis de Componentes Principales</i>	26
1.2.3.3.	<i>Análisis de Componentes Independientes</i>	26
1.2.3.4.	<i>Análisis Lineal Discriminante</i>	27
1.3.	Controladores	27
1.3.1.	<i>NRF52-DK</i>	27
1.3.2.	<i>Raspberry PI</i>	28
1.3.3.	<i>Tarjeta DECA</i>	29
1.3.4.	<i>Tarjeta OpenMV</i>	29
1.3.5.	<i>Controlador LOGO</i>	30
1.4.	Sensores en la Domótica	31
1.4.1.	<i>Sensores de Movimiento</i>	31
1.4.2.	<i>Alarmas Técnicas</i>	32
1.4.3.	<i>Detectores de intrusión</i>	33
1.4.4.	<i>Placa TMDSDC3359</i>	33
1.5.	Lenguajes para programación y desarrollo	34
1.5.1.	<i>JavaScript</i>	34
1.5.2.	<i>PHP</i>	34
1.5.3.	<i>Python</i>	35
1.5.4.	<i>Ruby</i>	35
1.5.5.	<i>C++</i>	35

1.5.6.	<i>C#</i>	35
1.5.7.	<i>Pearl</i>	36
1.6.	Elección del Hardware y Software del Sistema.....	36
1.6.1.	<i>Controladores</i>	36
1.6.2.	<i>Software</i>	37
1.6.3.	<i>Sensores</i>	38
1.6.4.	<i>Elección de la cámara</i>	39

CAPÍTULO II

2.	PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	41
2.1.	Requerimientos del Sistema.....	41
2.2.	Concepción del prototipo	42
2.3.	Elementos de <i>hardware</i> del sistema.....	46
2.3.1.	<i>Elementos de adquisición de datos, procesamiento y control</i>	46
2.3.1.1.	<i>Raspberry Pi 4</i>	46
2.3.1.2.	<i>PLC Logo 8.3</i>	48
2.3.2.	<i>Interruptor Simple</i>	49
2.3.3.	<i>Foco LED sobrepuesto redondo</i>	49
2.3.4.	<i>Sensor de movimiento</i>	50
2.3.5.	<i>Cámara web USB full HD 720</i>	51
2.3.6.	<i>Luz Piloto</i>	52
2.3.7.	<i>Alarma Sonora</i>	53
2.3.8.	<i>Selector dos posiciones NA</i>	54
2.3.9.	<i>Pulsador de emergencia tipo hongo</i>	55
2.3.10.	<i>Interruptor Diferencial (Disyuntor)</i>	56
2.3.11.	<i>Interruptor termomagnético</i>	57
2.3.12.	<i>Fuente de poder 12V 2A</i>	58
2.3.13.	<i>Gabinete Metálico</i>	59
2.3.14.	<i>Diseño de la estructura externa del prototipo</i>	60
2.4.	Esquema eléctrico del prototipo.....	62
2.5.	Elementos de software del sistema	63
2.5.1.	<i>Node-RED v1.3.5</i>	64

2.5.2.	<i>Protocolo de comunicación MQTT</i>	66
2.5.3.	<i>Python 3.8.0</i>	69
2.5.4.	<i>Algoritmo de Visión Artificial</i>	70
2.5.4.1.	<i>Proceso para reconocimiento de una persona</i>	76
2.5.4.2.	<i>Proceso para reconocimiento de placa vehicular</i>	77
2.5.5.	<i>Android Studio 4.1.2</i>	78
2.5.6.	<i>Base de datos Firebase</i>	79

CAPÍTULO III

3.	marco de resultados	81
3.1.	Introducción	81
3.2.	Prueba de comunicación TCP	81
3.2.1.	<i>Comunicación Mqtt y dispositivos</i>	81
3.3.	Prueba de comunicación Firebase con aplicaciones	85
3.4.	Prueba de interfaz del entrenador de detección facial	86
3.5.	Prueba de reconocimiento de vehículo y placa	87
3.6.	Prueba de tiempos de ejecución de procesos	89
3.6.1.	<i>Prueba de tiempo de puesta en marcha del sistema</i>	89
3.7.	Prueba de funcionamiento sin conexión a internet	90

CAPÍTULO IV

4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	92
4.1.	Análisis de costo	92

	CONCLUSIONES	95
--	---------------------------	-----------

	RECOMENDACIONES	96
--	------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Comparación entre características de los controladores.....	36
Tabla 2-1: Características de sensores de movimiento.	38
Tabla 3-1: Comparación entre modelos de cámaras	39
Tabla 1-2: Características técnicas Raspberry Pi 4	47
Tabla 3-2: Tabla de conexiones eléctricas del sistema domótico	63
Tabla 4-2: Tabla de direcciones MQTT.....	68
Tabla 1-3: Prueba de comunicación Mqtt y dispositivos día 1.	81
Tabla 2-3: Prueba de comunicación Mqtt y dispositivos.....	82
Tabla 3-3: Prueba de comunicación modo manual.	84
Tabla 4-3: Prueba de comunicación modo automático	85
Tabla 5-3: Prueba de entrenador de detección facial	86
Tabla 6-3: Prueba de detección vehículo y placa.....	88
Tabla 7-3: Prueba de tiempo de puesta en marcha.....	90
Tabla 8-3: Prueba de funcionamiento sin conexión a internet.....	91
Tabla 1-4: Análisis de costos del prototipo.....	92
Tabla 2-4: Análisis de costos del sistema base	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Envío de la trama X-10 por la red eléctrica.	11
Figura 2-1:	Modulo Receptor X-10 LM 465.	12
Figura 3-1:	Conexión de dispositivos KNX	13
Figura 4-1:	Topología de conexión de SCP.....	14
Figura 5-1:	Arquitectura Centralizada	16
Figura 6-1:	Arquitectura Descentralizada.....	16
Figura 7-1:	Arquitectura Distribuida	17
Figura 8-1:	Captura de Código de barras.....	20
Figura 9-1:	Resaltado de bordes en una imagen	21
Figura 10-1:	Operaciones de apertura y cierra para mejorar contornos.....	22
Figura 11-1:	Extracción de características de un a imagen.....	22
Figura 12-1:	Reconocimiento de placas vehiculares	23
Figura 13-1:	Reconocimiento Facial.....	24
Figura 14-1:	Reconocimiento de tumores en radiografía	25
Figura 15-1:	Control de Calidad en la industria.....	25
Figura 16-1:	Tarjeta controladora NRF52-DK	28
Figura 17-1:	Placa Raspberry PI 3	28
Figura 18-1:	Placa Raspberry PI 3	29
Figura 19-1:	Tarjeta Controladora OpenMV	30
Figura 21-1:	Sensor COMET PIR	32
Figura 22-1:	Sensor de Humo.....	32
Figura 23-1:	Sensor de Humo.....	33
Figura 24-1:	Placa Controladora TMDSDC3359	34
Figura 1-2:	Concepción del prototipo domótico.....	42
Figura 2-2:	Bloques de sensores, controladores y actuadores	43
Figura 3-2:	Bloques servidor local, transmisión de video y protocolo	44
Figura 4-2:	Bloques de base de datos en la nube	45
Figura 5-2:	Bloques de Interfaz de usuario.....	45
Figura 6-2:	Raspberry Pi 4.....	47
Figura 7-2:	PLC Logo 8.3.....	48
Figura 8-2:	Interruptor simple.....	49
Figura 9-2:	Foco LED sobrepuesto redondo.....	50

Figura 10-2: Detector de movimiento infrarrojo	51
Figura 11-2: Cámara Web USB.....	52
Figura 12-2: Luz piloto verde 110V	53
Figura 13-2: Alarma sonora 110V	54
Figura 14-2: Selector dos posiciones	55
Figura 15-2: Pulsador de emergencia tipo hongo	56
Figura 16-2: Disyuntor	57
Figura 17-2: Interruptor termomagnético	58
Figura 18-2: Fuente de poder.....	59
Figura 19-2: Armario metálico 40x40x20 cm	60
Figura 20-2: Diseño 3D (superior) e implementación prototipo domótico (inferior).....	61
Figura 21-2: Esquema eléctrico del tablero domótico	62
Figura 22-2: Representación de la programación con <i>Node-RED</i>	64
Figura 23-2: Diagrama de flujo de Node-Red	65
Figura 24-2: Programación de Node-RED y visualización de la interfaz de usuario web	66
Figura 25-2: Protocolo MQTT.....	67
Figura 26-2: Estructura de un mensaje MQTT	68
Figura 27-2: Terminal de comandos al encender la Rapsberry PI.....	70
Figura 28-2: Pantalla de bienvenida de la interfaz de usuario.	71
Figura 29-2: Diagrama de flujo del algoritmo de visión artificial	72
Figura 30-2: Interfaz de usuario realizada en Python con PYQT5	73
Figura 31-2: Controles de registro de usuario por visión artificial	74
Figura 32-2: Banco de imágenes para detección de rostros.....	75
Figura 33-2: Controles de autorización de usuarios	76
Figura 34-2: Algoritmo de comparación de puntos característicos del rostro	77
Figura 35-2: Desarrollo de la aplicación móvil en Android Studio.....	79
Figura 36-2: Almacenamiento de variables de estado del sistema domótico en Firebase	80
Figura 37-2: Almacenamiento de fotografías de personas o vehículos detectados.	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Evolución de la domótica desde el año 2012 al 2019

ANEXO B: Variables utilizadas en el sistema.

ANEXO C: Proforma de sistema domótico para residencia.

ANEXO D: Características de dispositivos.

INDICE DE ABREVIATURAS

A.mode:	Modo Automático
API:	Application Program Interfaz
ARM:	Maquinas RISC Avanzadas
AWS:	Servicios Web de Amazon
BPS:	Bits Por Segundo
CEDOM:	Centro de Documentación Municipal
DSSS:	Espectro Ensanchado por Secuencia Directa
DMX:	Digital Multiplex
EHS:	European Home System
EIB:	European Installation Bus
E.mod :	Modo Fácil
FPGA:	Matriz de Puertas Lógicas Programable en Campo
GPIO:	Entrada/Salida de Propósito General
HTML:	Lenguaje de Marcas de Hipertexto
ICA:	Análisis de Componentes Independientes
IDE:	Entorno de Desarrollo Integrado
IN:	Corriente Nominal
IoT:	Internet de las cosas
IR:	Infrarrojo
KBPS:	Kilo Bits por Segundo
LAN:	Red de Área Local
LED:	Diodo Emisor de Luz
MQT :	Transporte Telemétrico de Cola de Mensajes
NA:	Normalmente Abierto
NFC:	Comunicación de Campo Cercano
OSI:	Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos
PCA:	Análisis de Componentes Principales
PDA:	Asistente Personal Digital
PC:	Personal Computer
PLC:	Controlador Lógico Programable
RISC:	Ordenador con Conjunto Reducido de Instrucciones

RF: Radio Frecuencia
RGB: Red, Green, Blue
S.mode: Modo Sistema
SCP: Protocolo Simple de Control
SoC: Sistema en Chip
TLS: Capa de Seguridad de Transporte
UART: Transmisor-Receptor Asíncrono Universal
UPnP: Universal Plug and Play
USB: Bus Serial Universal
VDC: Voltaje de Corriente Directa
VN: Tensión Nominal
WRGB: Diodo Led RGB.
WPAN: Redes de Área Personal Inalámbrica
WIFI: Wireless Fidelity
WEP: Algoritmo de privacidad equivalente por cable
WLAN: Red de Área Local Inalámbrica

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se realizó con el fin de diseñar e implementar un sistema de control de iluminación y acceso a la vivienda utilizando herramientas básicas de la domótica, para esto se planteó como objetivos: realizar un estado del arte sobre el control de la iluminación aplicados en la vivienda, definir los requerimientos técnicos necesarios para el funcionamiento de los equipos. Para cubrir cada uno de los objetivos como primer paso se realizó una investigación bibliográfica para conocer las diferentes técnicas y métodos utilizados en el campo de la domótica. De esto se tomó la decisión de utilizar como controlador principal para el manejo de sensores y actuadores un Siemens LOGO V8, así como una placa Raspberry pi 4 para el desarrollo de los algoritmos de visión artificial. La combinación de estos dos controladores generó un mayor nivel de seguridad y eficiencia en cada uno de las operaciones del sistema. Se simuló un bosquejo del sistema en el software SolidWorks con el fin de tener una visión clara de cómo se vería el módulo al final. Una vez culminado las etapas de diseño e implementación se procedió a realizar las pruebas necesarias para verificar que el sistema funciona de manera eficaz en cada una de las funciones. Se concluye que al destinar el manejo de sensores y actuadores al controlador LOGO brinda mayor robustez al sistema debido a que los dispositivos como interruptores y luminarias trabajan con un voltaje de 110 VAC. Es importante mencionar que al utilizar una placa Raspberry como base para la ejecución de algoritmos de visión artificial se debe tener en cuenta que la misma no cuenta con gran capacidad de procesamiento por lo que se debe utilizar métodos que consuman pocos recursos.

PALABRAS: <DOMÓTICA> <SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN> <VISIÓN ARTIFICIAL> <RECONOCIMIENTO FACIAL> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>



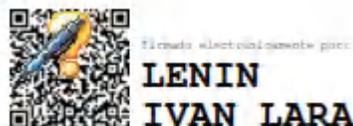
2132-DBRA-UPT-2021

2021-11-19

SUMMARY

The current graduate research project was to design and implement a lighting control system and access to the house using basic home automation tools; it was proposed as objectives: to carry out state of art on lighting control applied in the home, to define the technical requirements necessary for the operation of the equipment. In order to achieve the objectives, as a first step, bibliographic research was carried out for learning about the different techniques and methods used in the field of home automation. From this, the decision was made to use a Siemens LOGO V8 as the main controller for the management of sensors and actuators and a Raspberry pi 4 board for the development of artificial vision algorithms. Combining these two controllers generated a higher level of safety and efficiency in each of the system operations. A sketch of the system was simulated in SolidWorks software to get a clear view of the module's end. Once the design and implementation stages were completed, the necessary tests were carried out to verify that the system works effectively in each of the functions. It is concluded that allocating the management of sensors and actuators to the LOGO controller provides greater robustness to the system because devices such as switches and luminaires work with a voltage of 110 VAC. It is essential to mention that when using a Raspberry board as a basis for the execution of artificial vision algorithms, it must be taken into account that it does not have a large data processing capacity; therefore, methods that consume few resources should be used.

KEYWORDS: **Keywords:** <HOME AUTOMATION> <LIGHTING CONTROL SYSTEM> <ARTIFICIAL VISION> <FACIAL RECOGNITION> <SOLIDWORKS (SOFTWARE)>



INTRODUCCIÓN

La tecnología es el área que se mantiene en constante avance, es así, que en los últimos años se ha introducido en prácticamente todos los ámbitos de la vida cotidiana. En el ámbito del hogar el control de los procesos y recursos existente en este ámbito está tomando especial relevancia. A este campo de la tecnología se lo conoce como Domótica y está orientado a la automatización de los diferentes procesos que se encuentran dentro del hogar, así como, al uso y manejo eficiente de los recursos del mismo. Otro término relacionado a este campo es la Inmótica que cumple la misma función que la Domótica, pero orientado específicamente a la automatización de estructuras o casa dedicadas al ámbito comercial.

CEDOM es una de las empresas líderes en el campo de la Domótica, año tras año esta empresa realiza un estudio de mercado de este campo, su último año de estudio fue el 2019, en su reporte podemos evidenciar el constante crecimiento de este campo de la tecnología con el pasar el tiempo. Hablando de cifras se pudo evidenciar que con respecto al año 2018 se produjo un crecimiento del 15%. En el anexo A se presenta mediante una gráfica la evolución de la domótica desde el año 2012 hasta el año 2019. (CEDOM, 2019)

La Domótica tiene como principales objetivos facilitar la interacción de las personas con los distintos procesos existentes en una vivienda, así como, manejar de una manera eficiente los recursos que se utilizan en el hogar tales como: Energía Eléctrica, Agua Potable, Gas, etc.

En los últimos años la visión artificial se ha convertido en la tecnología aliada más potente de la Domótica, debido a que puede ser utilizado en un sin número de aplicaciones únicamente restringido por la capacidad de procesamiento del controlador del sistema. Las principales aplicaciones dentro de la Domótica son: el control de acceso mediante reconocimiento facial, la detección de movimiento mediante las cámaras de seguridad, reconocimiento de placas vehiculares, etc.

Una vez analizados estos parámetros, se presenta el trabajo de titulación que tiene como título “Diseño e implementación de un sistema de control de iluminación y acceso a una vivienda utilizando herramientas básicas de la domótica”. Para ello se plantea hacer uso de un controlador PLC con el fin de brindar un mayor nivel de robustez al sistema, así como controlar el proceso de iluminación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseño e implementación de un sistema de control de iluminación y acceso a una vivienda utilizando herramientas básicas de la Domótica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar el estado del arte, sobre el funcionamiento y operación de los sistemas de control de iluminación aplicados a la vivienda.
- Definir los requerimientos técnicos necesarios, para la operación de los equipos eléctricos del sistema de control propuesto.
- Diseñar los circuitos eléctricos de control del sistema de iluminación y seguridad.
- Implementar los algoritmos y programas para el control de los sistemas de iluminación y seguridad.
- Validar el funcionamiento correcto del dispositivo

ESTADO DEL ARTE DE SISTEMAS DE CONTROL PARA ILUMINACION EN LA VIVIENDA

Antecedentes

La inclusión de la tecnología en el hogar ha permitido elevar la calidad de vida de sus habitantes, es así que en la actualidad existen diferentes dispositivos, sistemas y protocolos orientados exclusivamente a la automatización de los procesos integrados en una vivienda. Esto hace posible que los usuarios en muchos de los casos ni siquiera deban tener contacto con dispositivos que controlan la parte de iluminación, apertura de puertas, encendido de aparatos electrónicos entre otros.

La iluminación es uno de los procesos más importantes dentro de una vivienda, de este recurso depende el bienestar de las personas que habitan dentro de una edificación conocida como hogar, además que conlleva un costo mensual para cada familia, el mismo que puede ser bajo o alto dependiendo del consumo de energía. Por estos y otros motivos uno de los principales objetivos de cualquier sistema Domótico es dotar de un eficaz control de este recurso.

Según la empresa LEDVANCE, los interruptores de luz en la pared son una cosa de los años 90 porque la iluminación inteligente ofrece actualmente al consumidor y profesional en este campo posibilidades infinitas (LEDVANCE, 2020).

Según estudios realizados por varias empresas dedicadas a la automatización de viviendas, para un correcto y eficiente control de iluminación no basta solo con el control oportuno del encendido y apagado de las lámparas, además de esto se debe tener en cuenta otros aspectos como la luz natural que influye en los sistemas de iluminación lo que hace que no sea necesario mantener la intensidad total de la luz durante todo el tiempo, además se aconseja usar las lámparas correctas para cada ambiente del hogar, de esta manera se logra un ahorro económico y además prolonga el tiempo de vida útil de cada dispositivo.

Sistemas e investigaciones existentes

A nivel mundial

En el mercado internacional se encuentran varios sistemas orientados al control de iluminación dentro de un ambiente Domótico, varios de los cuales han sido instalados en edificaciones reconocidas por su nivel de automatización. En este contexto podemos encontrar entre las principales:

En el año 2018, el arquitecto Simone Micheli, diseño un proyecto de vivienda conocido como Casa Barco en el país italiano, este proyecto es uno de los referentes en automatización y confort, el sistema de iluminación toma como referencia la luz ambiental y se adapta a la misma. Este proyecto se presentó al público durante el Fuori Salone 2018 en el Distrito de Diseño de Lambrate (Maggiora, 2018).

El mercado de “Pere San”, también conocido como “Mercat Vell” se encuentra ubicado en el centro histórico de Sant Cugat del Vallés, en la plaza de Sant Pere, a cinco minutos del Real Monasterio de Sant Cugat. En el año 2019 se realizó su rehabilitación convirtiéndole en una edificación inteligente y un icono en este campo, una de sus joyas es su sistema de iluminación. Para su gestión de la iluminación decorativa LED WRGB de la fachada se utilizó el protocolo de comunicaciones DMX512, una solución habitual y económica para este tipo de aplicaciones. Mediante la pasarela DDMX02 de Domintell es posible controlar los cuatro canales de iluminación LED (Blanco, Rojo, verde y Azul) que permiten bañar dinámicamente los huecos de la fachada del edificio con el color escogido para cada evento (Cabanillas, 2020).

La empresa LEDVANCE perteneciente a un consorcio chino, es una de las principales empresas en la distribución de luminarias y sistemas de control de iluminación. En el año 2020 presentó su sistema Smart +, el mismo que es capaz de ser controlado tanto por comandos de voz como desde un teléfono inteligente. La principal fortaleza es el uso de la bombilla Tibeal, la cual conjuga de forma inteligente la luz adecuada para una cena con amigos o crea el entorno perfecto para una reunión de negocios, generando 2.000 lúmenes con solo 22 vatios de potencia (Ledvance Lighting, 2020).

A nivel regional

Una de las empresas líderes a nivel regional es SIMON, la misma que en el año 2020 presentó su sistema conocido como SCENA la misma que está diseñada para ayudar a los usuarios a crear un sistema de control de iluminación desde cero, así como la reprogramación y la activación de nuevas luminarias en la red. Esto puede hacerse directamente en la consola Touch Light Manager. Además, en el caso de que se produzca algún problema o incidencia en alguna de las luminarias de la red DALI, esta aparecerá en la pantalla de la consola, simplificando con creces su reparación. También hay que tener en cuenta que SIMON SCENA es compatible tanto con DALI DT6 y DALI DT8. Esto permite crear atmósferas y ambientes diferentes y guardarlos en la consola para poder reproducirlos de forma automática cuando sea necesario (SIMON, 2020).

Cestrom Latam es otra empresa líder en automatización y domótica en América Latina, su sistema Cestrom Home, es uno de los más populares debido a que puede ser modificado por el usuario una vez instalado de acuerdo a su gusto sin correr el riesgo de desconfigurar todo el sistema, en el apartado de iluminación el usuario es capaz de ajustar el nivel de luminosidad, eliminar espacios del sistema configurar nuevos dispositivos entre otras opciones. Además, el sistema puede ser controlado desde una pantalla TOUCH, así como con comandos de voz y desde un teléfono inteligente (Santa, 2021).

Así mismo podemos encontrar varios trabajos realizados por estudiantes de diferentes universidades de Latinoamérica, orientados a la construcción de sistemas domóticos. Entre ellos podemos nombrar: En el año 2019 en la ciudad de Bogotá en la UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, se realizó una tesis de maestría con el título DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DOMÓTICO PARA UN SALÓN PROTOTIPO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. En el cual se plantea el control de los diferentes sensores y actuadores mediante el protocolo de comunicación Zigbee (Sandoval, 2019).

Otro trabajo realizado es en el año 2020 en la ciudad Puno Perú en la Universidad Nacional del Altiplano con título DISEÑO DE UN SISTEMA DOMÓTICO DE FORMA INALÁMBRICA Y

MANEJABLE PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE UN SERVIDOR WEB CON UNA RASPBERRY PI. Este proyecto se basó en el uso de software libre para el diseño y construcción del sistema completo, obteniendo como resultados que el proyecto domótico fue capaz de controlar las luminarias de forma remota y al mismo tiempo se llevó a cabo un ahorro de energía en la vivienda con un 20.6% menos del consumo habitual de una vivienda (López, 2020).

Según un artículo publicado por la fundación Endesa en el año 2019, los países con más desarrollo en el campo de la automatización de la vivienda en América Latina son: Chile, Argentina, Uruguay Colombia y México (Endesa, 2019).

A nivel Nacional

En Ecuador, no existe una normativa específica sobre domótica. Las empresas que trabajan en este campo se basan en normas internacionales y la adaptan a la realidad del país. El experto de Sodel añade que es mandatario realizar un estudio previo a la instalación, pues hay que verificar el estado de los cables y evitar cortacircuitos, sobre todo, cuando se trata de un bien inmueble.

A nivel nacional existen pocas empresas dedicadas exclusivamente al ambiente domótico y que cuenten con la experiencia necesaria para ser reconocidas. Entre ellas tenemos a la empresa JEdi que cuenta con 14 años de experiencia en el mercado. SAYCON S.A es otra empresa reconocida a nivel nacional debido a que es distribuidor oficial de las principales tecnologías presentes en la domótica. Cuenta con un sin número de dispositivos utilizados en el control de iluminación y que además son compatibles con distintos protocolos de comunicación (Houzz, 2019).

Dentro de los trabajos realizados a nivel nacional en este campo se encontraron varios, sin embargo, se mencionarán los más interesantes.

En la Universidad de Guayaquil en el año 2016 se desarrolló un proyecto de titulación el que lleva por título “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÓVILES, CON SISTEMAS OPERATIVO ANDROID, PARA EL CONTROL DE LUMINARIAS Y MONITOREO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA”. Con la ayuda de un microcontrolador además de sensores se pudo obtener los diferentes parámetros presentes en el consumo energético, para luego usar esta información para un correcto control de este recurso (Arjona, 2016).

En el año 2018 en la Universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Guayaquil se desarrolló un proyecto titulado “AUTOMATIZACIÓN PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO RESIDENCIAL Y PÚBLICO CON ILUMINACIÓN LED”. Para este proyecto se utilizó como controlador un PLC S7-1200 para que el sistema sea más robusto (Merchán y Calderón, 2018).

En la ESPOCH en el año 2017 se desarrolló un trabajo de titulación que tiene por tema “IMPLEMENTACIÓN DE DOS MÓDULOS TÉCNICOS PARA PRÁCTICAS DE DOMÓTICA E INMÓTICA MEDIANTE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN X10 Y HDL BUSPRO.” Su desarrollo se basó en un proceso de tres etapas: diseño físico, diseño eléctrico y programación. Los Módulos Domóticos prácticos fueron implementados en ambas tecnologías con los dispositivos correspondientes a una instalación de nivel 1 de domotización, según la “Tabla de niveles de Domotización” de la Asociación Española de Domótica e Inmótica (CEDOM), de esta manera fueron comparadas de manera equitativa (Maldonado y Chacha, 2017).

Analizados cada punto de esta investigación se llegó a la conclusión que el trabajo de titulación “Diseño e implementación de un sistema de control de iluminación y acceso a una vivienda utilizando las herramientas básicas de la domótica”, propuesto es factible para su diseño, construcción e implementación. El mismo se diferencia de los estudiados en este apartado por la combinación de un controlador PLC y el miniordenador Raspberry pi 4, para de esta manera el sistema sea completamente robusto en el manejo de sensores y actuadores, así como eficiente en los algoritmos de visión artificial que serán los encargados de controlar el acceso que serán desarrollados en la Raspberry.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este capítulo se investigarán la teoría sobre los temas principales presentes en el trabajo de titulación propuesto, se comenzará por dar una definición de cada uno, así como analizar los subtemas principales.

1.1. Domótica

Es el conjunto de tecnologías utilizadas en la automatización y control de los procesos pertenecientes a una edificación conocida como vivienda, con el fin de aumentar el nivel de seguridad y confort de las personas, así como, controlar de manera eficiente los recursos que podemos encontrar dentro de la misma (CEDOM, 2018).

1.1.1. Aspectos y Característica

Para que un sistema sea considerado inteligente debe ser capaz de controlar distintos procesos y dispositivos de manera autónoma basándose en las nuevas tecnologías que se van desarrollando con el paso del tiempo. Un sistema domótico eficiente debe ser capaz de realizar una adecuada interacción entre los dispositivos que conforman el sistema con el usuario que lo controla de la manera más sencilla posible.

En la actualidad la propia evolución, la convergencia en prestaciones y campos de aplicación de las tecnologías disponibles, junto con este estado todavía muy inexplorado y otras razones de carácter semántico hacen que se prefiera la denominación (Rodríguez, 2019).

La domótica combina varias áreas de la tecnología como son electricidad, electrónica, informática, visión artificial entre otras todas ellas encaminadas hacia el objetivo de ayudar a los usuarios a manejarse de mejor manera dentro de la vivienda, así como cuidar su bienestar y aspecto económico.

1.1.1.1. Servicios Principales de la Domótica

En la domótica existen varios procesos o aspectos que deben ser controlados, a continuación, se describe los más importantes:

Seguridad: Es uno de los principales aspectos a controlar dentro de un sistema domótico, es el encargado de la detección de posibles fugas de recursos que pueden ocasionar siniestros que afecten a las personas o a la edificación en general. Para el control y vigilancia de este aspecto se puede utilizar sensores para la detección de factores como: humo, fuego, fugas de gas y agua si como otras sustancias peligrosas que pueden ocasionar incidentes (Ortega, 2020).

Ahorro de Energía: Relacionado con el control del principal recurso usado dentro de una vivienda como es el consumo energético, aquí se encuentra el control de encendido y apagado de lámpara, la atenuación del nivel de iluminación dependiendo del momento del día y la actividad que se está realizando en el espacio controlado (Ortega, 2020).

Comunicaciones: Mediante un buen control y supervisión remoto a la vivienda que lo podemos hacer a través de un celular o una computadora que tenga el acceso al internet. La instalación domótica permite comunicarse de diferentes formas como lo es la voz, también incluyendo texto, imágenes y hasta sonidos con redes locales como se conoce esta red de área local (LAN) (Ortega, 2020).

Confort: El sistema debe ser capaz de realizar un sin número de acciones de manera autónoma evitando que el usuario deba entrar en interacción innecesarias con procesos que se pueden controlar automáticamente como: encendido de luces, apertura de puertas y persiana, etc.

1.1.2. Áreas de control

1.1.2.1. Área de seguridad

En este apartado se encuentra el control de acceso a las diferentes áreas o a la vivienda en general, para esto en la actualidad existen un sin número de maneras para controlar como pueden ser huella digital, comandos de voz, tarjetas de radio frecuencia y reconocimiento facial. Este último se encuentra en auge debido a la popularidad de sistemas de visión artificial.

Además, en seguridad se encuentra el sistema de alarma y cámaras de video vigilancia, el sistema debe ser capaz de comunicar sobre una posible vulneración a la seguridad al usuario en donde quiera que este se encuentre, así como como se debe poder observar las imágenes de las cámaras de una parte externa de la vivienda (Cerdá y Bueno, 2020).

1.1.2.2. Área de Control de Entorno

Conlleva el control de servicios generales de la vivienda satisfaciendo las necesidades de confort, seguridad y eficiencia energética (Cerdá y Bueno, 2020).

Los servicios que puede proporcionar esta área son:

- Simulación de presencia
- Telecontrol
- Creación de ambientes
- Diagnóstico y mantenimiento de entornos

1.1.2.3. Área de ocio y entretenimiento

Encargado del autoaprendizaje de contenido de televisión y música según el usuario presente en el espacio de la vivienda. Puede controlar el encendido del televisor en un horario específico, así como sintonizar determinada estación de radio o reproducción de música reconociendo al usuario.

1.1.3. Protocolos

Los protocolos de comunicación dentro de la Domótica se refieren al formato de los mensajes que intercambian los diferentes dispositivos, es decir es la información que envía un sensor hacia el controlador, así como la instrucción enviada hacia el actuador. Dicho de otra manera, es el formato de intercambio de información dentro del sistema. Entre los más importantes tenemos:

1.1.3.1. Protocolo X-10

Utiliza la instalación de corriente eléctrica presente en la vivienda para la transmisión de datos entre los diferentes dispositivos. De esta manera evita el uso de cableado externo abaratando los costos tanto en diseño y puesta en marcha del sistema (Porcuna, 2021, p. 36).

X-10 utiliza tres tipos de dispositivos para la comunicación:

El dispositivo controlador transmisor: el mismo que debe ser programado desde el software propietario de X-10, para luego poder emitir la trama de datos que informa a que dispositivo se dirige y la acción que debe realizar.

Un dispositivo receptor: Encargado de recibir la trama de datos emitida descifrarla y accionar el dispositivo al que se encuentra enlazado.

Dispositivos bidireccionales: Tienen la capacidad de transmitir y recibir información, normalmente suelen ser consolas u ordenadores que pueden manejar más de un dispositivo final (Porcuna, 2021, p. 36).

La señal enviada desde el controlador se la denomina datagrama, trama o telegrama, la misma que es enviada por toda la red eléctrica siendo recibida y decodificada únicamente por el dispositivo cuya dirección es la correcta, de lo contrario los demás dispositivos solo pasará por alto el datagrama y se mantendrá a la espera hasta que llegue a él una instrucción o comando con su dirección, uno de las desventajas de la comunicación X10 con respecto a otras tecnologías es que tiene un tiempo elevado de transmisión, el cual es de 1.5 segundos aproximadamente debido a su baja velocidad de transmisión de 60bps en América y 50 bps en Europa (Maldonado y Chacha, 2017, p. 20).

En la figura 1-1, se puede observar el proceso de envío de datos a través de la señal de la red eléctrica.

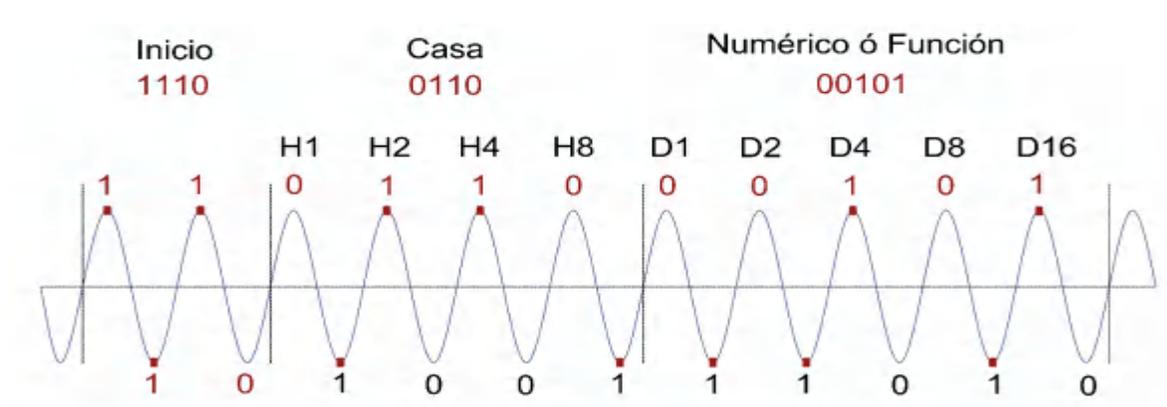


Figura 1-1: Envío de la trama X-10 por la red eléctrica.

Fuente: Maldonado, H.; Chacha, E. 2017

La configuración de la dirección en cada módulo consta de dos partes que pueden ser asignadas mediante dos selectores en forma de rueda que vienen ubicados en cada módulo. La primera parte de la dirección esta dado por el código de casa representado por letras que van desde A hasta la P, mientras que la segunda parte es el código numérico cuyas opciones van desde el número 1 hasta el 16. En la figura 2-2 se observa estos selectores en un dispositivo X-10.



Figura 2-1: Modulo Receptor X-10 LM 465.

Fuente: Amazon, s.f.

1.1.3.2. *Protocolo KNX*

Es un estándar de comunicación para sistemas domóticos basado en modelo OSI. Se creo de la unión de los estándares previos EUROPEAN HOME SYSTEMS (EHS) y EUROPEAN INSTALLATION BUS (EIB). En la actualidad se ha convertido en un estándar abierto lo que conlleva que otros fabricantes pueden desarrollar dispositivos compatibles con KNX (Romero, 2017, p. 17).

Consta de tres modos de funcionamiento:

S.mode (System mode): La configuración de Sistema usa la misma filosofía que el EIB actual, esto es, los diversos dispositivos o nodos de la nueva instalación son instalados y configurados por profesionales con ayuda de la aplicación software especialmente diseñada para este propósito.

E.mode (Easy mode): En la configuración sencilla los dispositivos son programados en fábrica para realizar una función concreta. Aun así, deben ser configurados algunos detalles en la instalación, ya sea con el uso de un controlador central (como una pasarela residencial o similar) o mediante unos micro interruptores alojados en el mismo dispositivo (similar a muchos dispositivos X-10 que hay en el mercado) (Romero, 2017, p. 25).

A.mode (Automatic mode): En la configuración automática, con una filosofía Plug&Play, ni el instalador ni el usuario final tienen que configurar el dispositivo.

La ventaja principal de este estándar son la fácil instalación, se puede realizar cambios sin afectar a todo el sistema, no necesitar mucho cableado y cuenta con su propio software para configuración. En la figura 3-1 se presenta el esquema del protocolo KNX.

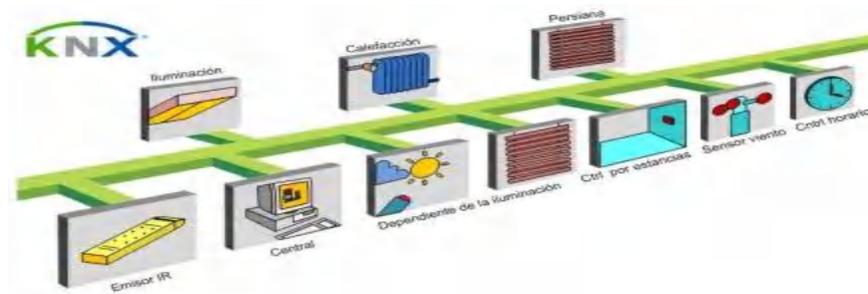


Figura 3-1: Conexión de dispositivos KNX

Fuente: Castillo, P. 2020.

1.1.3.3. Simple Control Protocolo (SCP)

Perteneciente a Microsoft pretende ser la solución estándar para todos los problemas de instalación y configuración de una red de dispositivos pequeños o grandes. El SCP está optimizado para su uso en dispositivos de eléctricos y electrónicos que tienen una memoria y una capacidad de proceso muy limitadas. Al igual que otros buses o protocolos de control distribuido, el SCP está diseñado para funcionar sobre redes de control con un ancho de banda muy pequeño (< 10 Kbps) y optimizado para las condiciones de ruido características de las líneas de baja tensión (Ondas Portadoras o "Powerline Communications") (García y Morón, 2020, p. 35).

Los dispositivos SCP usarán modelos definidos por el UPnP que serán configurados mediante el acceso a un conjunto de primitivas o APIs (Application Program Interface). Se trata de asegurar la

conexión punto-a-punto entre dispositivos y definir un conjunto de funciones distribuidas extremo-a-extremo que permita el desarrollo de múltiples servicios en las viviendas con un bajo coste y de manera segura. En la figura 4-1 podemos observar la topología SCP.

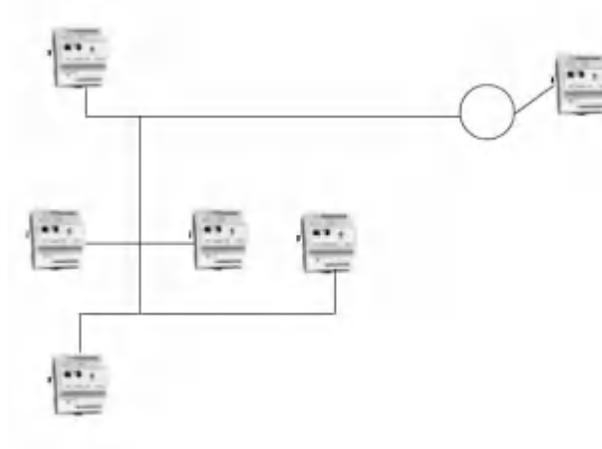


Figura 4-1: Topología de conexión de SCP

Fuente: García, A.; Morón, C. 2020

1.1.3.4. *Protocolo LonWorks*

Puede utilizar varios medios para el envío de los datos entre ellos se encuentran cable par trenzado, coaxial, fibra óptica, etc. Utiliza el método de comunicación LonTalk, el cual se asegura de que todos los dispositivos recibieron la información correcta mediante mensajes de confirmación, además el remitente tiene que enviar su información de autenticación, esto asegura la información del sistema.

La característica que también se debe tomar en cuenta es la velocidad de mediante la cual la información es transmitida de un elemento o dispositivo a otro dentro de la red; las principales causas o factores que afectan esta velocidad de transmisión son, el medio por el cual se transmiten, y el protocolo de comunicación por el cual se comunican. Los sistemas inmóticos se pueden diseñar para utilizar un único protocolo de comunicación, con diferentes medios de transmisión, teniendo en cuenta que la velocidad de transmisión está dada por el medio de transmisión, mas no por el protocolo por el cual se están comunicando (Maestre, 2015, p.61).

1.1.3.5. Protocolo Jini

Esta dentro de los protocolos propietarios está diseñado para la comunicación entre varios dispositivos de diferentes proveedores puedan compartir información, sin la necesidad de una extensa configuración por el usuario en varios casos todo se lo realiza automáticamente sin la ayuda del usuario.

En esta red de equipos, llamada "comunidad", cada uno proporciona a los demás los servicios, controladores e interfaces necesarios para distribuirse de forma óptima la carga de trabajo o las tareas que deben realizar (García y Morón, 2020, p. 36).

Al igual que el UPnP de Microsoft, el Jini tiene un procedimiento, llamado "discovery" para que cualquier dispositivo recién conectado a la red sea capaz de ofrecer sus recursos a los demás, informando de su capacidad de procesamiento y de memoria además de las funciones que es capaz de hacer (tostar el pan, sacar una foto digital, imprimir, etc.). Una vez ejecutado el discovery, se ejecutará el procedimiento "join", asignándole una dirección fija, una posición en la red, etc.

La arquitectura está totalmente distribuida, ningún dispositivo hace el papel de controlador central o maestro de la red, todos pueden hablar con todos y ofrecer sus servicios a los demás. No es necesario el uso de un PC central que controle a los dispositivos conectados a la red. Igualmente, el Jini puede funcionar en entornos dinámicos donde la aparición o desconexión de dispositivos sea constante. Jini ha sido desarrollado aprovechando la experiencia y muchos de los conceptos en los que está inspirado: el lenguaje Java y, sobre todo, en la filosofía de la Máquina (García y Morón, 2020, p. 36).

1.1.4. Arquitectura de Comunicación

Es la forma de conexión de los dispositivos dentro de un sistema domótico. Tenemos tres tipos de arquitectura que se presenta a continuación:

Arquitectura Centralizada: Consta de una sola unidad de control que controla los diferentes sensores y actuadores. La principal ventaja es la disminución de costo debido a que en la mayoría de los casos el principal costo está en la adquisición de la unidad de control. Al depender todo el sistema de un solo controlador una falla del mismo puede provocar la caída total del sistema esta es la

principal desventaja de este tipo de arquitectura, además que para su instalación requiere una gran cantidad de cableado (Martin, 2020: pág. 15). En la figura 5-1 se presenta la arquitectura Centralizada.

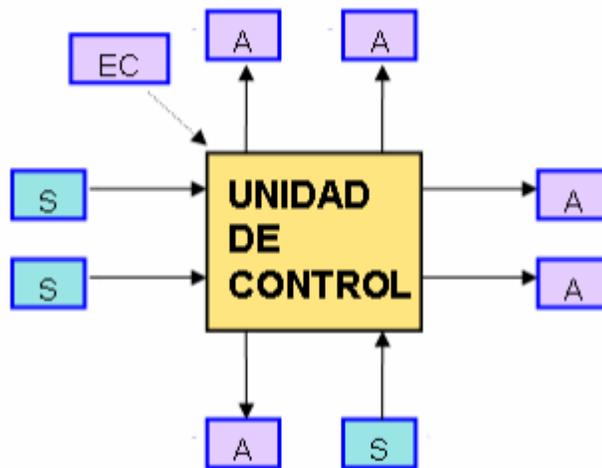


Figura 5-1: Arquitectura Centralizada

Fuente: Martin, F. 2020

Arquitectura Descentralizada: En este tipo de arquitectura se puede encontrar más de una unidad de control, este aspecto es la principal ventaja sobre la expuesta anteriormente debido a que, si existe una falla en una de las unidades de control, no significa la caída total del sistema, además permite la comunicación entre sensores y actuadores que están conectados a diferentes unidades de control, a principal desventaja parte de que al tener varias unidades de control el costo del sistema aumenta (Martin, 2020, p. 16). En la figura 6-1 se presenta la arquitectura Descentralizada.

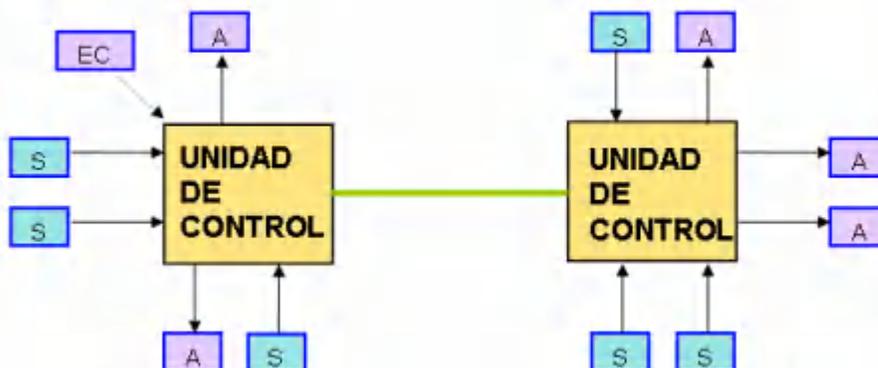


Figura 6-1: Arquitectura Descentralizada

Fuente: Martin, F. 2020

Arquitectura Distribuida: No solo la unidad de control recibe la información del sistema completo, en la red pueden existir módulos capaces de recibir datos de los sensores presentes en el sistema para luego enviarlo a la unidad de control. La principal ventaja de este tipo de arquitectura es un gran ahorro de cableado al momento de la instalación. La desventaja consiste en que únicamente la unidad de control procesa la información y un daño de la misma ocasionaría la caída del sistema total (Martin, 2020, p. 17). En la figura 7-1 se presenta la arquitectura Distribuida.

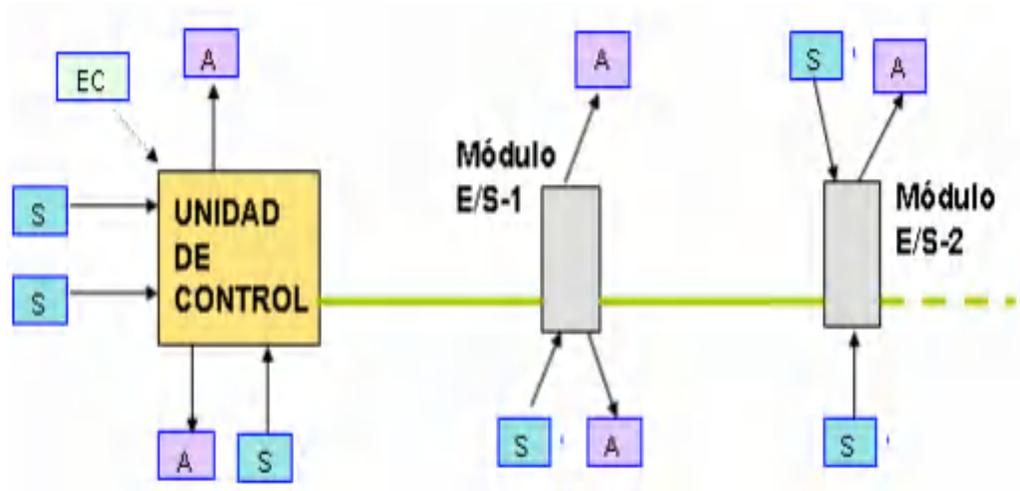


Figura 7-1: Arquitectura Distribuida

Fuente: Martin, F. 2020

1.1.5. Medios de Transmisión

Es el medio por el cual se envía la información desde y hacia los diferentes dispositivos del sistema domótico, existen dos grupos:

1.1.5.1. Transmisión con cable

Red de energía eléctrica: con el fin de abaratar costos existen protocolos que utilizan la instalación del servicio eléctrico del hogar para la transmisión de los datos, este medio de transmisión no es el más óptimo debido a factores como el ruido que se tiene debido a los diferentes dispositivos como maquinas conectadas en la red, así como la velocidad de transmisión por este medio es muy baja.

Los rangos de frecuencia que se usa son:

Rango de 3 a 95 kHz: suministradores de energía y sus empresas concesionarias.

Rango de 95 kHz a 148,5 kHz: disponible para aplicaciones generales. Este rango se encuentra dividido en tres bandas:

Banda 1: 95 kHz a 125 kHz, sin protocolo de acceso.

Banda 2: 125 kHz a 140 kHz, con protocolo de acceso.

Banda 3: 140 kHz a 148,5 kHz, sin protocolo de acceso.

Por encima de 148,5 kHz: rango prohibido. (Martin, 2020, p. 19)

Cable Coaxial: El cable coaxial tenía una gran utilidad en sus inicios por su propiedad idónea de transmisión de voz, audio y video. Los factores a tener en cuenta a la hora de elegir un cable coaxial son su ancho de banda, su resistencia o impedancia característica, su capacidad y su velocidad de propagación. El ancho de banda del cable coaxial está entre los 500Mhz, esto hace que el cable coaxial sea ideal para transmisión de televisión por cable por múltiples canales. La resistencia o la impedancia característica depende del grosor del conductor central o malla; si varía éste, también varía la impedancia característica (Martin, 2020, p. 19).

Cable Par Trenzado: Consiste en dos alambres de cobre de 1 mm² de espesor, la razón para el trenzado es la disminución de interferencia de otros cables cercanos. Es el más utilizado por su bajo costo y fácil manipulación. La principal desventaja se da en altas velocidades de transmisión es más susceptible a las interferencias electromagnéticas. La velocidad máxima de transmisión es de 100Mbs.

Fibra Óptica: Es el medio de transmisión por cable más óptimo en la actualidad debido a que puede soportar grandes velocidades y ha disminuido en gran porcentaje la interferencia de ruido, puede mantener la señal a una larga distancia sin la necesidad de repetidores, su distancia optima de transmisión es hasta 70 km.

Con un cable de seis fibras se puede transportar la señal de más de cinco mil canales o líneas principales, mientras que con el otro se requiere de 10,000 pares de cable de cobre convencional para brindar servicio a ese mismo número de usuarios, con la desventaja que este último medio ocupa un gran espacio en los canales y requiere de grandes volúmenes de material, lo que también eleva los costes (Martin, 2020, p. 20).

1.1.5.2. Transmisión inalámbrica

Bluetooth: Se encuentra dentro de las Redes de Área Personal (WPAN), utiliza enlaces de radiofrecuencia con un alcance de 10 metros de distancia, hace referencia a un espacio de funcionamiento personal conocido como POS.

Desde el punto de vista de la Domótica e Inmótica, el Bluetooth proporcionará el acceso inalámbrico, por ejemplo; a los menús de la centralita de alarma, las pasarelas residenciales o similares desde el teléfono móvil o la agenda de mano PDA. Gracias a sus prestaciones también podremos ver como aparecen webcams con interface Bluetooth evitando así la instalación de nuevos cables por la vivienda (Martin, 2020, p. 23).

IEEE 82.11B: Conocido como WIFI (Wireless Fidelity). El estándar incluye una característica adicional que permite aumentar la seguridad frente a escuchas no autorizadas: Esta técnica es conocida como WEP (Wired Equivalent Privacy Algorithm), basado en proteger los datos transmitidos vía radio, principalmente DSSS, usando una encriptación con 64 y hasta 128 bits.

Pero las WLAN basadas en IEEE 802.11 no son perfectas, ya que presentan algunos problemas como la dificultad que entraña su gestión, o las interferencias creadas por aparatos como los hornos microondas; sin embargo, las últimas versiones del estándar solucionan estos problemas, y la mayoría de las soluciones móviles de entorno local se basarán en esta tecnología por su sencillez, su capacidad y su reducido coste (Martin, 2020, p. 24).

Infrarrojo: Utiliza un haz de luz en la banda IR mediante la cual un emisor transmite una señal modulada hacia el receptor el cual toma la señal y la decodifica. Esta tecnología está en desuso debido a los bajos costos de las tecnologías basadas en radiofrecuencia. Su principal ventaja es su inmunidad a ruido electromagnético. Su principal desventaja es la distancia de comunicación.

1.2. Visión Artificial

Es la rama de la tecnología que pretende emular el sentido de la vista de las personas. Se basa en el uso de cámaras para la obtención de imágenes o videos los mismos que son procesados en un computador para realizar tareas como reconocimiento, clasificación, navegación, detección de objetos, personas, animales, etc.

1.2.1. Etapas de la Visión Artificial

Para la creación de un algoritmo de visión artificial se debe seguir un estricto proceso con el objetivo de que al momento de su implementación funcione de manera óptima.

1.2.1.1. Adquisición de la Información

Se basa en el uso de cámaras fotográficas o de video, con el fin de conseguir imágenes del medio en que operara el sistema de visión artificial. Esta etapa es quizás la más importante debido a que primero se debe realizar un análisis de las condiciones del medios tales como: nivel de iluminación, clima, porcentaje de humedad, distancia de la cámara hacia el objetivo entre otras.

Una vez analizados los factores se procede a elegir la cámara adecuada, en este proceso intervienen factores como nitidez, el autoenfoco, la resolución, etc. En la actualidad en el mercado se cuenta con cámaras capaces de operar en ambientes como total oscuridad, bajo el agua, así como cámaras térmicas diseñadas para extraer mapas de calor de objetos, personas, animales, etc.

Una correcta extracción de imágenes proveerá la información correcta y necesaria para las siguientes etapas. En la figura 8-1 se presenta una aplicación de la visión artificial en la industria.



Figura 8-1: Captura de Código de barras

Fuente: Revista de Robots, 2020

1.2.1.2. *Pre - procesamiento*

Toma las imágenes capturadas, las analiza con el objetivo de mejorarlas corrigiendo factores como nitidez, brillo, ruido presente además se realiza procesos para resaltar las características propias de cada objeto capturado utilizando técnicas como resaltado de bordes, conversión a diferentes modelos de color (Jiménez, 2015, p. 28)

Esta etapa está estrechamente relacionada con la anterior debido a que, si la imagen no es lo suficientemente clara, las operaciones realizadas en esta etapa podrían resaltar características erróneas a las requeridas por el algoritmo. En la figura 9-1 podemos observar la extracción de bordes en una imagen.



Figura 9-1: Resaltado de bordes en una imagen

Fuente: Jiménez, M. 2015

1.2.1.3. *Segmentación*

Divide a la imagen en partes, de manera que cada una de ellas compartan características específicas como pueden ser color, textura, intensidad. Este proceso se lo realiza con el objetivo de que el algoritmo analice más rápido cada imagen recibida y el costo en procesamiento sea menor (Jiménez, 2015, p. 29).

En esta etapa se trata de dar un mayor énfasis a las características propias de cada objeto dentro de la imagen, así como la aplicación de técnicas para reducir factores como la iluminación que afecten

directamente al algoritmo de visión artificial. En la figura 10-1 podemos observar el reconocimiento de células en una imagen.

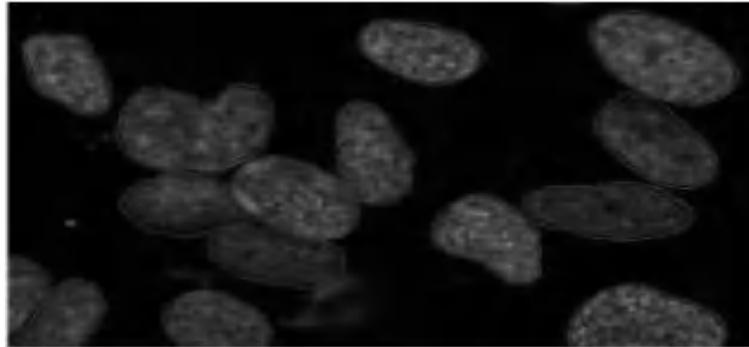


Figura 10-1: Operaciones de apertura y cierra para mejorar contornos

Fuente: Jiménez, M. 2015

1.2.1.4. Descripción

Orientado a extraer las características propias de cada objeto presente en la imagen, esta etapa es muy importante en los algoritmos de clasificación, debido a que una incorrecta extracción de características conlleva a una inexacta clasificación, las características analizadas pueden ser patrones de textura, parámetros de contornos, etc. En la figura 11-1 se presenta la extracción de características en una imagen.

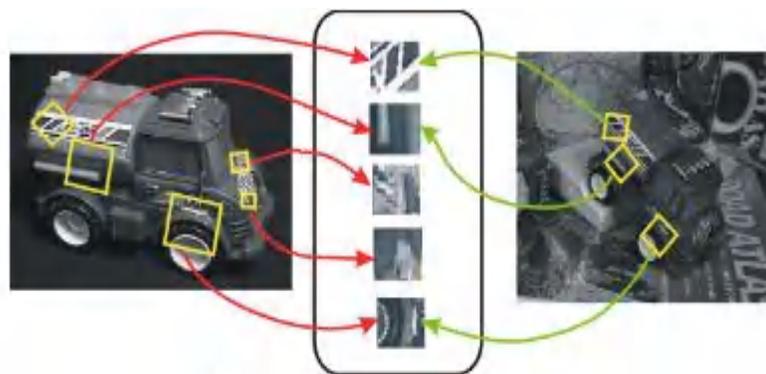


Figura 11-1: Extracción de características de un a imagen

Fuente: Sánchez, A. 2018

1.2.1.5. Reconocimiento

Toma las características extraídas en la etapa anterior las compara entre ellas y divide en grupos. En los algoritmos dedicados a clasificación y reconocimiento compara estas características con las del conjunto de entrenamiento para dar un resultado de clasificación. En esta etapa se encuentran las técnicas utilizadas en visión artificial como son algoritmos genéticos, redes neuronales y métodos estadísticos (Jiménez, 2015, p. 29). En la figura 12-1 se observa la forma de reconocimiento de placas vehiculares.



Figura 12-1: Reconocimiento de placas vehiculares

Fuente: Revista Innovación, 2017

1.2.2. Aplicaciones

Día tras día podemos encontrar en el mercado cámaras fotográficas y de video cada vez más avanzadas y con mejor resolución, así como computadoras personales y otras tarjetas controladoras con mayor capacidad de procesamiento, estos dos factores han influido para que los sistemas de visión artificial tomen fuerzas en prácticamente todos los ámbitos laborales. A continuación, se presenta algunos campos o aplicaciones importantes.

1.2.2.1. Sistemas de vigilancia y control en hogares

En los hogares es donde se encuentra una gran cantidad de bienes de todas las personas es por eso que año tras año diferentes empresas destinan una gran cantidad de recursos para el desarrollo de nuevos y mejores sistemas de vigilancia. En la actualidad se están apoyando en la visión artificial

para crear sistemas capaces de reconocer únicamente a los usuarios de dicha vivienda, de manera que si un intruso irrumpe en la edificación emita una alarma o aviso. (Alvear et al., 2016, p. 116)

Incluso se han desarrollado dispositivos de control de acceso que tiene como base el reconocimiento facial, así como detección de movimiento sin la necesidad de usar sensores externos. En la figura 13-1 se observa una representación de un proceso de reconocimiento facial.



Figura 13-1: Reconocimiento Facial

Fuente: Pascual, J. 2019

1.2.2.2. *Medicina*

En el ámbito de la medicina los principales avances mediante la visión artificial se dan en la detección de enfermedades como por ejemplo el coronavirus, según un artículo publicado en el diario de Sevilla el 7 de mayo del 2020, la empresa española IOVI, creó un sistema capaz de detectar síntomas de coronavirus en una persona con la ayuda de un algoritmo de visión artificial (Diario de Sevilla, 2020).

Otro avance en el campo de la medicina es la tele operación en la cual un cirujano es capaz de realizar operación de manera remota y siendo asistido por un algoritmo inteligente.



Figura 14-1: Reconocimiento de tumores en radiografía

Realizado por: Guerrero T.; 2021

1.2.2.3. *Inspección de calidad*

La visión artificial ha permitido a las industrias ser más productivas, debido al desarrollo de algoritmo que ayudan en tanto en la manufacturación de los productos, así como en el control de calidad en la etapa final. Gracias a esto se pueden evitar que productos defectuosos lleguen hasta el consumidor final evitando un sin número de complicaciones hacia la empresa.

La inspección de calidad también se la utiliza en el campo de la agronomía para de esta manera conocer si una determinada plantación es asechada por alguna plaga o insecto que puede derivar en la pérdida del cultivo.



Figura 15-1: Control de Calidad en la industria

Fuente: Alvear, V.; et al. 2016

1.2.2.4. En la educación

Se está dando los primeros pasos en este campo, pero las aplicaciones que se pretende son variadas desde robots que puedan interactuar con los estudiantes, hasta algoritmos capaces de detectar posibles estados de ánimo, distractores y cansancio en los alumnos. (Alvear et al., 2016, p. 116)

1.2.3. Métodos de Reconocimiento

1.2.3.1. Métodos Holísticos

Técnicas del reconocimiento que utiliza varias muestras de un mismo sujeto, donde el objeto a reconocer será la imagen de entrada del sistema, mediante cálculos matemáticos de correlación modelan las características de la comparación.

Teniendo presente que cada pixel es una característica y que el sistema debe compararlos a todos, se debe utilizar métodos que correlacionen las características entre sí, para reducir el espacio y que el procesamiento del algoritmo a aplicar sea en tiempo real, se detallan los más relevantes. (Moreno, 2019, p. 167)

1.2.3.2. Análisis de Componentes Principales

Técnica utilizada para reducir la dimensionalidad de un gran conjunto de datos, al intentar distinguir las causas de la variabilidad de los patrones, sobre todo en imágenes donde la calidad es baja, entonces PCA, es una técnica potente en la identificación de patrones en una relación de 1 a 1000, y comúnmente utilizada por Eigenfaces realizada por Sirovitch y Kirby, donde las imágenes deben ser normalizadas a un mismo tamaño, a más de tener una alineación uniforme por Sirovitch y Kirby. (Moreno, 2019, p. 168)

1.2.3.3. Análisis de Componentes Independientes

Descompone la imagen de entrada en múltiples vectores mediante una combinación de características independientes unas de otras, así se consigue disminuir la dependencia entre los vectores base, obteniendo una matriz q de fila tiene las variables independientes y en las columnas están unas

observaciones, el Análisis de Componentes Independientes (ICA) adquiere imágenes en variables estadísticamente independientes.

Las imágenes que se obtienen de ICA contienen más información local que las obtenidas por el análisis de componentes principales, no obstante, los recursos computacionales para el tiempo de entrenamiento son mucho mayor que PCA. (Moreno, 2019, p. 168)

1.2.3.4. Análisis Lineal Discriminante

Utiliza la técnica de aprendizaje supervisado en el cual, se utiliza imágenes enlazadas a la categoría que pertenece como imágenes de alimentación del algoritmo. Se basa en disminuir las combinaciones lineales entre las características de clases conocidas y maximizar las mismas en clases desconocidas.

Al utilizar técnicas de aprendizaje supervisado las imágenes utilizadas para el entrenamiento del algoritmo deben tener la etiqueta a la que pertenece. (Moreno, 2019, p. 168)

1.3. Controladores

Los controladores son la unidad más importante de un sistema de control, debido a que es el encargado de procesar toda la información generada tanto de sensores y actuadores. Es importante en la fase de diseño del sistema analizar la cantidad de información que se va a manejar, así como, el tipo de datos estos son las principales características que se deben tener en cuenta al momento de elegir una tarjeta controladora.

A continuación, se mencionará las tarjetas más importantes existentes en el mercado, así como las características de las mismas.

1.3.1. NRF52-DK

Desarrollada por Nordic Semiconductor tiene un núcleo de 32 bits ARM CORTEX M4F con memoria flash de 512 kB, además posee una memoria RAM de 64 kB. Su principal ventaja es la compatibilidad directa con Arduino. La conexión con cámara se la realiza por medio de comunicación UART con software libre. (Endara y Maigua, 2021, p. 16)

Facilita el desarrollo aprovechando todas las características de los SoC nRF52805, nRF52810 y nRF52832. Incluye una antena NFC que permite rápidamente la utilización del periférico de etiqueta NFC-A en el nRF52832. Todos los GPIO están disponibles a través de conectores de borde y encabezados, y 4 botones y 4 LED simplifican la salida y la entrada desde y hacia el SoC. (Nordic Semiconductor, s. f.)



Figura 16-1: Tarjeta controladora NRF52-DK

Fuente: Endara, C.; Maigua, E. 2021

1.3.2. *Raspberry PI*

Conocido como un miniordenador, cuenta con un núcleo ARM en su versión tres posee un procesador CORTEX de 1.2 GHz, además de una memoria RAM de 1 GB. En la actualidad puede soportar distintos sistemas operativos desde distribuciones libres como lux hasta sistemas propietarios como Microsoft. (Endara y Maigua, 2021, p. 17)

Entre sus principales características se presenta pines de propósito general GPIO que soportan voltajes hasta 3.3 VDC. Así como es capaz de proveer voltajes de 5 y 3.3VDC de salida para alimentación a otros dispositivos.



Figura 17-1: Placa Raspberry PI 3

Fuente: Endara, C.; Maigua, E. 2021

1.3.3. *Tarjeta DECA*

Se clasifica por su arquitectura en el grupo de FPGA, tiene un núcleo NIOS II de segunda generación del tipo RISC 32 bits, además cuenta con una memoria RAM de 512 MB, así como puertos para conexión USB y Ethernet, para la conexión de sensores y actuadores cuenta con pines de entrada y salida. Soporta sistemas operativos desde Windows 7 en adelante. (Endara y Maigua, 2021, p. 17)

La placa de desarrollo DECA está equipada con memoria DDR3 de alta velocidad, capacidades de video y audio, redes Ethernet y mucho más que prometen muchas aplicaciones interesantes. El kit de desarrollo DECA contiene todas las herramientas necesarias para utilizar la placa junto con el software de diseño Quartus II de Altera. (Arrow, s. f.)



Figura 18-1: Placa Raspberry PI 3

Fuente: Endara, C.; Maigua, E. 2021

1.3.4. *Tarjeta OpenMV*

Provista de un núcleo STM32H743VI ARM Cortex M7, se puede encontrar en el mercado versiones de 1 y 2 MB de memoria SDRAM flash extensible hasta 32 GB, posee puertos de conexión USB, I2C y SPI. Capaz de controlar dispositivos como sensores y actuadores mediante sus periféricos de entrada y salida. (Endara y Maigua, 2021, p. 18)

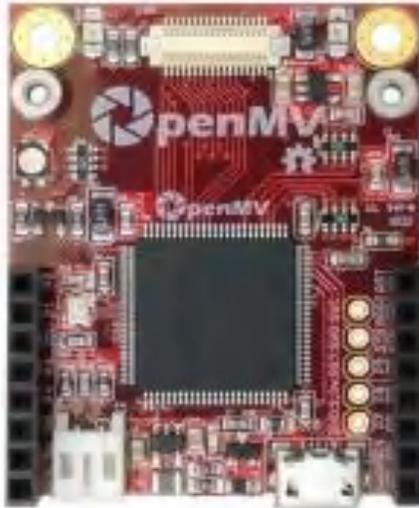


Figura 19-1: Tarjeta Controladora OpenMV

Fuente: Endara, C.; Maigua, E. 2021)

1.3.5. *Controlador LOGO*

Desarrollado por Siemens, utilizado en los sistemas domóticos por nivel de robustez, en las áreas de control de iluminación, climatización, seguridad, riego, etc. Entre sus principales características se encuentran: Alimentación de 115/230 VAC, 400 bloques de memoria, control desde la nube, también es capaz de comunicarse utilizando tecnologías como Modbus TCP/IP, Konex Bus (KNX) y Ethernet. Así mismo puede utilizarse como puerta de enlace en la nube para los sistemas ya implementados (CEDOM, 2019, p. 35).

La conectividad en la nube de los nuevos módulos lógicos representa un cambio de paradigma. El acceso en tiempo real en la nube de Logo permite acceder a todos los datos durante la operación. En el primer nivel, Logo 8.3 permite que Amazon Web Services (AWS) se conecte a la nube. Y hay planes para más conexiones, como MindSphere, el sistema operativo IoT abierto basado en la nube de Siemens y Alibaba (InfoPLC, 2020).



Figura 20-1: Partes de un Controlador Logo

Fuente: CEDOM, 2019

1.4. Sensores en la Domótica

Los sensores son dispositivos capaces de leer un cambio en una determinada variable presente en el ambiente que supervisan, mantienen comunicación directa con el controlador, de manera que este sea capaz de realizar una determinada acción según la información recibida desde el sensor.

En la domótica los sensores están entre los dispositivos más importantes debido a que una correcta lectura de los cambios en la ambiente deriva en un sistema domótico óptimo. A continuación, se presentan los principales sensores utilizados en un ambiente domótico.

1.4.1. Sensores de Movimiento

Son capaces de percibir movimiento en el área controlada, en domótica los más utilizados son de tecnología infrarrojo y mediante cambio de temperatura. Su uso se da en sistemas de vigilancia, control de luces, alarmas, etc. (Pérez y Flores, 2020, p. 58)

Los tres tipos de sensores de movimiento son:

Ultrasónicos: Emiten una onda ultrasónica que rebota en los objetos presentes en el ambiente, su activación se da al recibir una onda de rebote desconocida en un tiempo determinado.

Infrarrojos: Capaz de emitir un haz de luz constante en el espacio de trabajo del sensor. Se activa al detectar un objeto o presencia que interrumpe un espacio del haz de luz.

Mediante Temperatura: Dependiendo del sensor, existen dispositivos en los cuales se puede setear un rango de temperatura normal del ambiente. Se activa al percibir el cambio de temperatura en una parte del espacio de control.



Figura 21-1: Sensor COMET PIR

Fuente: RISCO, s. f.

1.4.2. Alarmas Técnicas

Capaces de detectar variables específicas, muy utilizados en la domótica para prevenir situaciones que pongan en riesgo la salud de los habitantes o el daño de la infraestructura, por ejemplo, el sensor de incendio detecta estos fenómenos mediante el cambio de temperatura y humo. Sensor de nivel de agua utilizado en ambientes como cocinas y baños. Sensor de gas para prevenir posibles fugas, etc. (Casián, 2018, p. 27)



Figura 22-1: Sensor de Humo

Fuente: Casián, K. 2018

1.4.3. Detectores de intrusión

Diseñados para detectar aperturas de puertas o ventanas, así como irrupciones anormales en el sistema de vigilancia o domótico. En el mercado podemos encontrar de dos tipos los cuales son:

Magnéticos: se compone de dos partes, una magnética y la otra por contacto de Relay. La primera se ubica en la ventana y la otra en el marco de la misma, la separación de estas dos piezas indicará la abertura de la puerta o ventana que se esté controlando. (Casián, 2018, p. 27)

Barra Infrarroja: se compone de un emisor y un receptor, el primero emite una luz infrarroja, el segundo recibe la señal de luz, que, al ser cortada o interrumpida por un cuerpo, genera un pulso que activa una alarma indicando movimiento. (Casián, 2018, p. 28)



Figura 23-1: Sensor de Humo

Fuente: Casián, K. 2018

1.4.4. Placa TMDSDC3359

Desarrollada por Texas Instrument, pertenece a la familia de controladores A8 Sitara AM335x, cuenta con un núcleo ARM Cortex así como un coprocesador NEON SIMD, su memoria RAM es de 512 MB. Se puede comunicar mediante tecnologías como Ethernet, etherCAT, Profibus, Profinet y más. Posee periféricos de entrada y salida para control de dispositivos externos. Su software de programación y control es de paga. (Endara y Maigua, 2021, p. 18)



Figura 24-1: Placa Controladora TMDSDC3359

Fuente: Endara, C.; Maigua, E. 2021

1.5. Lenguajes para programación y desarrollo

1.5.1. *JavaScript*

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado como open source y multiplataforma que, gracias a su versatilidad, es adecuado para, prácticamente, cualquier proyecto. Como la mayoría de los lenguajes web más conocidos, está orientado a objetos, es decir, depende de su campo de aplicación concreto (IONOS, 2019).

Al ser un lenguaje de programación web, su nivel de aprendizaje es considerado difícil esto conlleva que en comparación con los otros existan menos expertos, haciendo que el costo de un sistema basado en este lenguaje sea alto, lo cual representa una ganancia más elevada hacia el programador.

1.5.2. *PHP*

El preprocesador de hipertexto, más conocido por sus siglas PHP, desarrollado de una combinación de otros lenguajes con Pearl y C. Su principal aplicación es el diseño y desarrollo de aplicaciones y páginas web dinámicas. PHP es considerado como un lenguaje de programación web apto para inexpertos y es compatible con HTML. Por estas razones, suele ser uno de los primeros lenguajes que aprenden los futuros programadores. (IONOS, 2019)

1.5.3. Python

Python es un lenguaje de programación web de alto nivel basado en un código compacto, pero con una sintaxis fácil de entender. El proyecto Python está impulsado por una comunidad activa que lo mantiene actualizado y conforme a los estándares de la industria a través de la fundación sin ánimo de lucro Python Software Foundation. Este lenguaje está disponible de forma gratuita y puede utilizarse en la mayoría de los sistemas operativos más conocidos (IONOS, 2019).

1.5.4. Ruby

En aras de la comodidad, la sintaxis de Ruby es flexible. Por ejemplo, el uso de paréntesis suele ser opcional. Esto lo convierte en un lenguaje muy fácil de leer que, en muchas ocasiones, parece a simple vista un lenguaje de marcado. No obstante, Ruby ofrece una gran potencia y permite también la meta programación, una habilidad que los desarrolladores utilizan para generar sus propios métodos, manipular la jerarquía de herencia y modificar otras constantes del lenguaje de programación y así poder personalizarlas. Por eso se dice que Ruby es “fácil de aprender, pero difícil de dominar”. (IONOS, 2019).

1.5.5. C++

Debido a que se basa estrictamente en C, este lenguaje de programación tiene algunas desventajas, como, por ejemplo, una sintaxis desordenada en comparación con otros lenguajes. No obstante, C++ es actualmente uno de los lenguajes de programación más utilizados en el ámbito de la programación de aplicaciones y sistemas. Como lenguaje de programación web, C++ está por detrás de Java, JavaScript y C# (IONOS, 2019).

1.5.6. C#

Para muchos, C# es, junto a Java, el lenguaje de programación más importante y que todo desarrollador web debería aprender. Como lenguaje de programación orientado a objetos, C# ofrece la mejor combinación entre funcionalidad y potencia. Sus críticos advierten del problema derivado de vincular el uso de C# a .NET Framework de Microsoft. No obstante, con esta sintaxis, los programadores cubren un gran sector del mercado: muchos confían actualmente en C# a la hora de programar para sistemas Windows o videojuegos para Xbox y PC. Como lenguaje de programación web, C# se utiliza principalmente en las API web y en varias aplicaciones web (IONOS, 2019).

1.5.7. *Pearl*

Perl ha sido fundamental en la difusión de la World Wide Web y sigue desempeñando un papel importante como lenguaje de programación web, aunque es cierto que se usa con menos frecuencia en ese sentido cuando la proximidad del hardware (por ejemplo, con los servidores web) y la velocidad (por ejemplo, de los controladores) son relevantes (IONOS, 2019).

1.6. Elección del Hardware y Software del Sistema

Una vez realizada la investigación bibliográfica se procederá a la selección de los diferentes dispositivos y software que se utilizarán en las etapas de diseño, construcción e implementación del sistema domótico propuesto.

1.6.1. *Controladores*

Como se menciona en el apartado 1.3, el controlador es el dispositivo más importante dentro del sistema, de una correcta elección del mismo depende el óptimo funcionamiento del sistema. En la tabla 1-2. Se presenta la comparación entre los diferentes controladores.

Tabla 1-1: Comparación entre características de los controladores.

CARACTERISTICAS	MODELOS				
	NRF52-DK	Raspberry Pi	Tarjeta DECA	Tarjeta OpenMV	LOGO
Procesador	1 núcleo de 32 bits ARM CORTEX M4F	4 núcleos a 1,5 GHz con brazo Cortex-A72	1 núcleo NIOS II Generación tipo RISC	1 núcleo STM32H743VI ARM Córtes M7	400 bloques de memoria
Memoria RAM	64 KB	4 GB LPDDR4	512 MB DDR3	1 GB SDRAM	-----
Compatibilidad con Cámara	comunicación UART	Directa mediante bus o puerto USB	Directa con cámara de la misma marca	Modulo de cámara OPENMV 7	-----
Pines Entrada/Salida	Si.	Si	Si	Si	Si
Voltaje de Alimentación	1.7 a 3.6 VDC	Máximo 5 VDC	5 VDC	5 VDC	115/230 VAC
Precio Aproximado	60 dólares	130 dólares	240 dólares	80 dólares	220 dólares

Realizado: Sangoquiza P., 2021

Una vez analizadas las características de cada controlador, se tomó la decisión de utilizar dos controladores, para el desarrollo del trabajo de titulación. Esto debido que se hará uso de la combinación de un controlador para el manejo de sensores y actuadores, así como una placa controladora para el desarrollo de algoritmos de visión artificial orientados al reconocimiento del rostro de las personas pertenecientes al lugar, así como sus vehículos.

Se escogió al controlador LOGO V8.3 para el manejo de entradas y salidas, debido a que además de las características explicadas en la tabla 1-1, brinda un nivel de robustez al sistema, es decir es capaz de seguir operando óptimamente en cambios bruscos de condiciones del sistema o de sus variables.

Para los algoritmos de visión artificial se escogió hacer uso de una tarjeta Raspberry pi basándose en las características presentadas en la tabla anterior, que brindan un ambiente óptimo para el procesamiento de imágenes que se pretende realizar, además de la compatibilidad con un extenso número de marcas de cámaras.

La principal desventaja en el uso de una tarjeta Raspberry pi para el control de sensores y actuadores se da que no cuenta con protección desde los pines GPIO, hacia la tarjeta en general lo que conlleva que si se conecta un voltaje superior al de operación que es de 3.3 VDC. Se producirá un daño total.

1.6.2. Software

Una vez elegido el controlador se procede a la elección del software donde se programará las diferentes acciones que realizará el sistema.

LOGO Soft Confort: Para la programación de las operaciones que realizará el controlador LOGO V8.3. Desarrollado por la empresa Siemens, compatible directamente con el controlador aquí podemos crear programas, realizar simulaciones, archivarlos e incluso imprimir los mismos. Su principal beneficio es que su distribución es totalmente gratuita.

En la sección 1.5 se habló de lenguajes de programación y desarrollo esto lo utilizamos para escoger el software en el cual se programará los algoritmos de visión artificial.

Python: Luego de un análisis se escogió el lenguaje Python, basándose principalmente en que ya cuenta con librerías que apoyan con el procesamiento de imágenes, manejo de cámaras, fácil diseño de interfaz gráfica, entre otras ventajas.

Además, en los últimos años Python es el lenguaje líder en campos como Machine Learning, Visión Artificial y Data Science.

1.6.3. *Sensores*

El trabajo de titulación planteado se planteó como un prototipo, por lo que en esta instancia se utilizara únicamente sensores de movimiento que ayudaran para tareas específicas como el control de incendio y apagado de luces, así como la cámara de captura de imágenes.

En la tabla 2-1. Se presenta las características de tres sensores uno por cada clasificación que se presentó en el apartado 1.4.

Tabla 2-1: Características de sensores de movimiento.

CARACTERISTICAS	MODELOS		
	Sensor Ultrasónico HC-SR04	PIR RK210 PR Infrarrojo	PIR Z-WAVE Temperatura
Rango de Trabajo	2cm a 4m	0 a 12m	0 a 10 metros
Voltaje de Operación	5 VDC	9 a 16 VDC	3 VDC
Angulo de Detección	15 a 20 grados	45 grados	120 grados
Frecuencia de Trabajo	40 KHz	470-500 MHz	868,42MHz
Precio Aproximado	4 dólares	28 dólares	70 dólares

Realizado: Sangoquiza, P., 2021

Analizando la tabla anterior se determinó usar el sensor RK210 PR de tecnología infrarrojo debido a su Angulo de detección, rango de trabajo. Como se mencionó antes se utilizará un LOGO para el control de sensores, así que, el voltaje de operación del RK210PR es totalmente compatible con el voltaje que brinda este controlador en sus salidas.

1.6.4. Elección de la cámara

En el ambiente de Visión Artificial, una correcta adquisición de imágenes conlleva un óptimo comportamiento en la detección o reconocimiento. De esta manera es importante elegir el tipo de cámara correcto para realizar la tarea requerida.

En la tabla 3-1 se presenta las características de cámaras que se pueden encontrar en el mercado.

Tabla 3-1: Comparación entre modelos de cámaras

CAMARAS			
PRODUCTOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTO
BRIO ULTRA HD PRO WEBCAM	<p>Videoconferencias 4K Ultra HD (hasta 4096 x 2160 píxeles a 30 fps)</p> <p>Compatible con raspberry</p> <p>Campo visual: Diagonal: 90° Horizontal: 82,1° Vertical: 52,2°</p>	<p>Trabaja a resoluciones que no son compatibles con raspberry</p> <p>Es necesario redimensionar las imágenes que genera para utilizarlas.</p>	Costo del dispositivo 300 dólares.
DRIVERLESS	<p>Resolución compatible con raspberry.</p> <p>Compatible con raspberry.</p>	<p>Rango de enfoque 3cm</p> <p>Resolución 640x480.</p> <p>Cuenta con una resolución muy baja.</p>	Costo del dispositivo 15 dólares.
MODULO DE CAMARA RASPBERRY PI	<p>Desarrollada para uso en placa raspberry pi.</p> <p>Captura de vídeo a resoluciones de 1080p30, 720p60 y 640x480p90</p> <p>Resolución de alta calidad</p>	<p>No se puede utilizar a una distancia mayor a 30 cm de la placa raspberry debido al tamaño de su bus de conexión</p>	Costo del dispositivo 18 dólares.

Realizado: Sangoquiza, P., 2021

La tabla anterior se tomó de un estudio realizado en una tesis anterior centrada en la creación de algoritmos de visión artificial, por lo tanto, se la utilizara para la elección de la cámara que se utilizara en el desarrollo del sistema propuesto.

Es así al analizar, los objetivos de los algoritmos de visión artificial que se implementará no es necesario una cámara con una gran capacidad de resolución al nivel la Brío Ultra presentada, además el costo de esta es muy elevado y no supondría una gran ayuda para el desarrollo de los algoritmos.

Se tomó como mejor opción la cámara Driveless, la misma que por un módico precio presenta una buena resolución además que es compatible con Raspberry.

CAPÍTULO II

2. PROPUESTA Y DISEÑO DEL PROTOTIPO

En este capítulo se detalla cada uno de los bloques de *hardware* y *software* que conforman el sistema de control de iluminación y acceso a una vivienda utilizando herramientas básicas de la domótica. La metodología a usar es deductiva y experimental ya que mediante conceptos generales sobre casas inteligentes que se han manifestado en los últimos años, se puede plantear un prototipo que se adecue según especificaciones del usuario final ya que es un sistema escalable y se pueden aplicar mejoras según el domicilio donde se pretenda instalar el prototipo. El usuario podrá controlarlo a través de una aplicación web, aplicación de escritorio, aplicación móvil y adicionalmente podrá encender o apagar físicamente los interruptores. A continuación, se detalla las etapas en las que se realiza estos procesos con sus respectivos diagramas, conexiones eléctricas y características técnicas y con el respectivo proceso al implementar el sistema.

2.1. Requerimientos del Sistema

Una vez detallados datos importantes en el capítulo anterior. Para el desarrollo y buen funcionamiento, el sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Disponer de un tablero de domótica de pruebas en donde se coloquen de forma didáctica sensores de presencia, luces piloto que simulan actuadores, interruptores, lámparas de 110V, cámara web y controladores que van a mostrar el funcionamiento completo del sistema.
- Implementar una topología de red en estrella para conectar varios sensores y actuadores al PLC Logo V8.3.
- Monitorear mediante una cámara web y aplicando técnicas de visión artificial, se puede detectar tanto usuarios o vehículos registrados que tendrán acceso a la vivienda, así como de personas o vehículos sospechosos. Añadiendo de esta forma un gran índice de seguridad en la vivienda.
- Implementar el protocolo de comunicación seguro y rápido MQTT, que permita establecer una comunicación inalámbrica entre dispositivos *hardware* y se puedan intercambiar datos de manera continua.

- Usar la base de datos *Firebase* de *Google* que facilita el almacenamiento de información importante como estado de los interruptores, sensores e imágenes capturadas, así como de la interacción entre el tablero de domótica y el usuario que lo maneja desde cualquier parte del mundo.
- Disponer de una aplicación móvil Android en donde el usuario pueda interactuar con el sistema en tiempo real, programar eventos automáticos., recibir notificaciones de alertas al celular y adicionalmente monitorear movimientos sospechosos cuando el usuario esté fuera de casa.

2.2. Concepción del prototipo

En la figura 1-2 se detalla la propuesta del sistema que se va a implementar y que permitan cumplir con los requerimientos del prototipo.

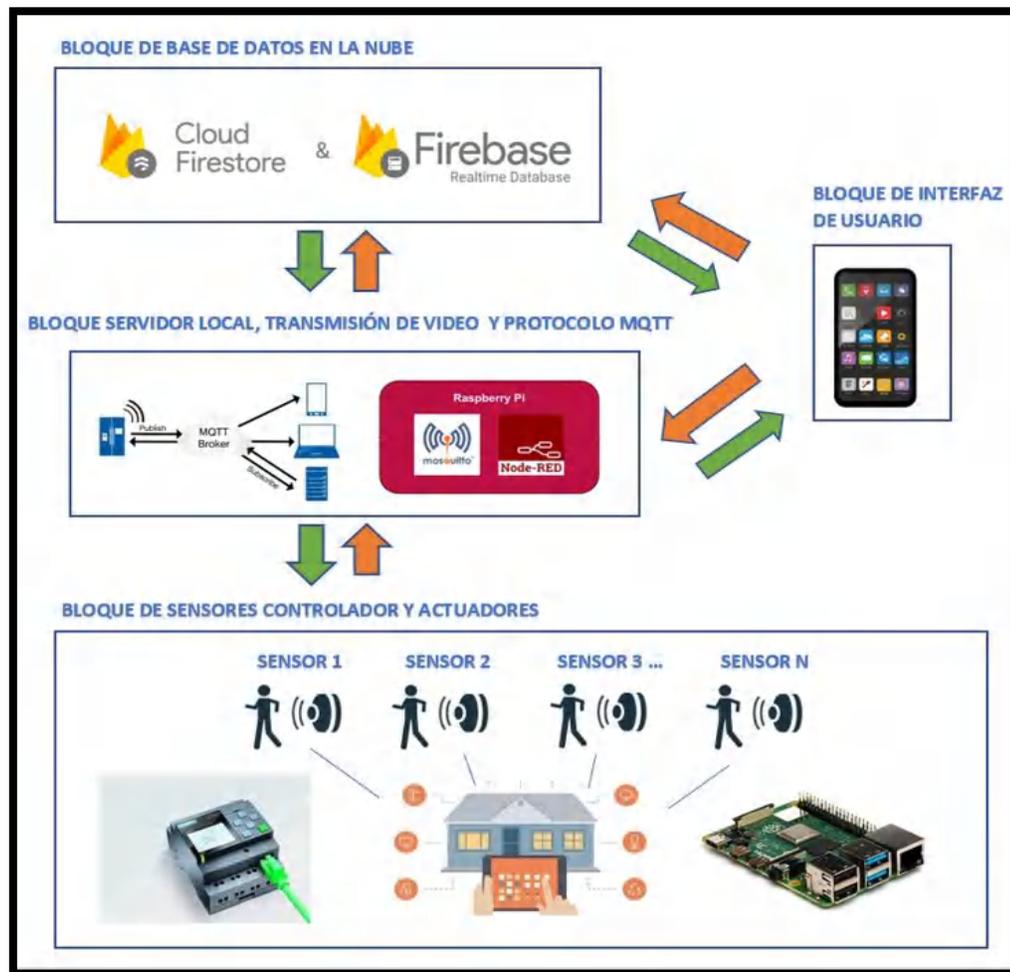


Figura 1-2: Concepción del prototipo domótico

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Bloque de sensores, controlador y actuadores: Para realizar el proyecto es necesario una etapa donde se lean sensores, en este caso sensores de movimiento, también se tiene interruptores manuales para activar las luces del domicilio o encender la cámara para reconocer personas o vehículos. Se dispondrá de tres habitaciones representados en el tablero de control, tres focos de 110V y relés que representan el estado de la puerta de entrada como del garaje, conectado al PLC Logov8.3 y hacia la Raspberry Pi 4 respectivamente como se indica en la figura 2.2.

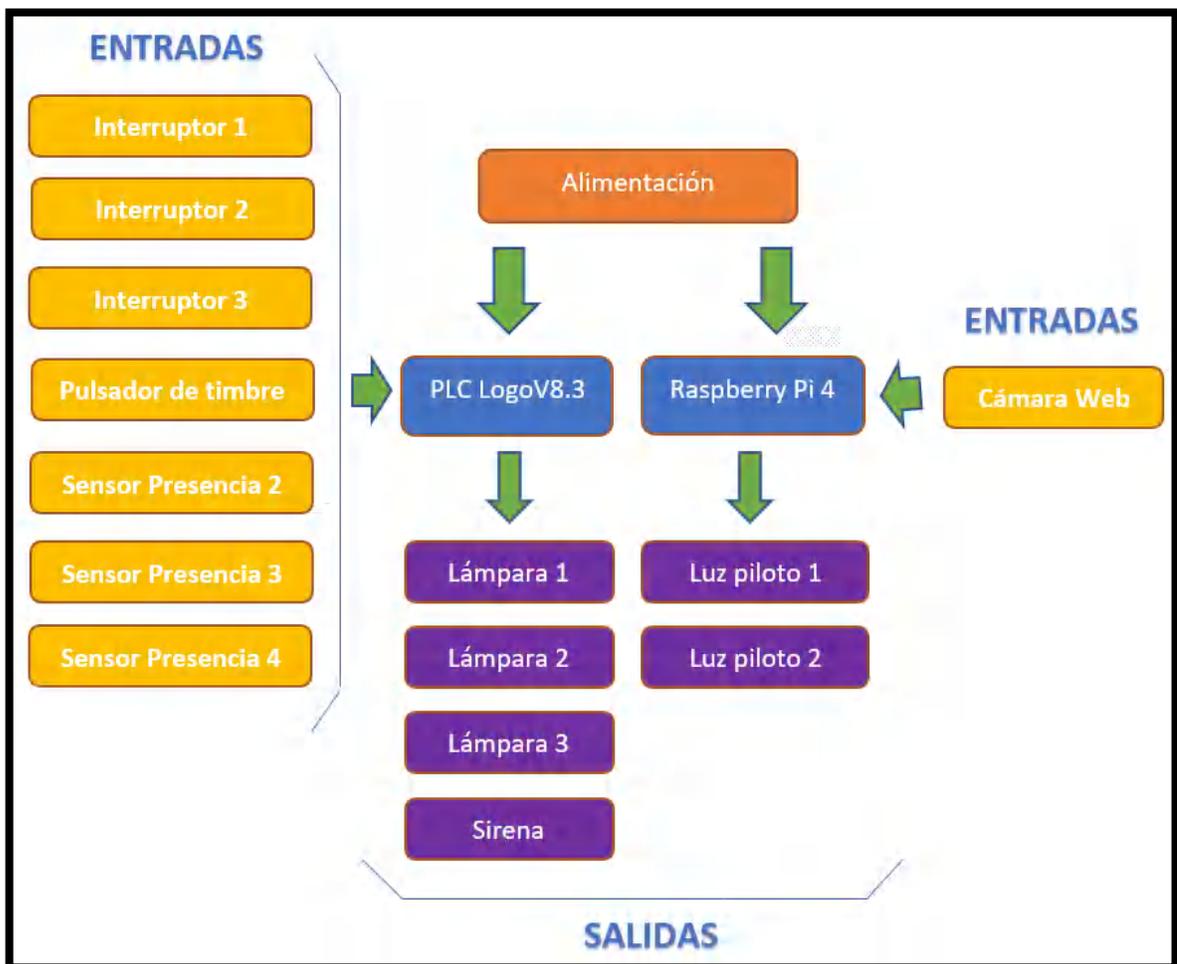


Figura 2-2: Bloques de sensores, controladores y actuadores

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Bloque servidor local, transmisión de video y protocolo MQTT: La *Raspberry PI 4* actúa como un puente de comunicación tanto remota como local y con la herramienta de desarrollo *Node-RED*, le permite al usuario controlar los diferentes dispositivos *hardware* del hogar que estén conectados a

la red. La finalidad de enviar datos a través del protocolo es capturar el estado de las entradas y salidas del *PLC Logo 8.3* para de esa forma controlar la luminaria o saber el estado de sensores de presencia. De forma adicional la Raspberry en estado de servidor puede transmitir el video con la librería *Motion* en tiempo real ya que muestra las imágenes capturadas vía *HTTP* de la cámara en la red local y se puede acceder al video a través de un *URL: http://IPRaspberry:8081*. En la figura 3-2 se describe los bloques que lo conforman.

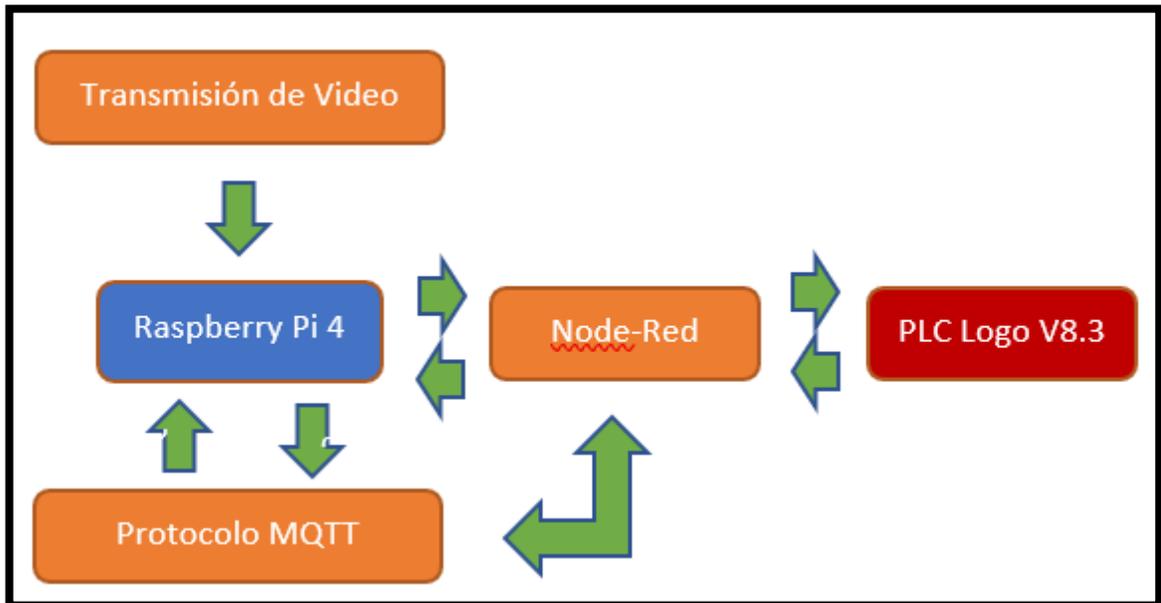


Figura 3-2: Bloques servidor local, transmisión de video y protocolo de comunicación MQTT

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Una vez se instalan las librerías del protocolo *MQTT* necesarias se puede acceder al *bróker* y se establezca la comunicación inalámbrica entre los diferentes dispositivos por medio del protocolo *MQTT* que es muy recomendable para aplicaciones IoT (internet de las cosas).

Bloque de base de datos en la nube: En esta etapa, se almacenan los estados de interruptores, y sensores como variables en la plataforma *Firestore* alojada en la nube, es necesario ya que allí se van a publicar datos recibidos por la aplicación realizada en Python y la aplicación móvil. Además, se almacenan las fotografías tanto de las personas detectadas por la cámara, así como las placas de los vehículos. Esta etapa es necesario ya que el usuario puede controlar los artefactos desde cualquier parte del mundo. Este bloque se puede verificar en la figura 4-2.



Figura 4-2: Bloques de base de datos en la nube

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Bloque de Interfaz de Usuario: El proyecto constituye de un programa de escritorio, una aplicación web y una aplicación móvil Android. Para que el usuario desde cualquier dispositivo que posea, pueda ser sencillo el interactuar directamente con el prototipo ya que las aplicaciones permiten acceder al video de la cámara web, revisar el estado de los sensores, botones, etc. También se puede obtener notificaciones de personas sospechosas o vehículos y crear rutinas para que automáticamente las luces se prendan o apaguen en un horario programado. En la figura 5-2 se detalla sus principales componentes.

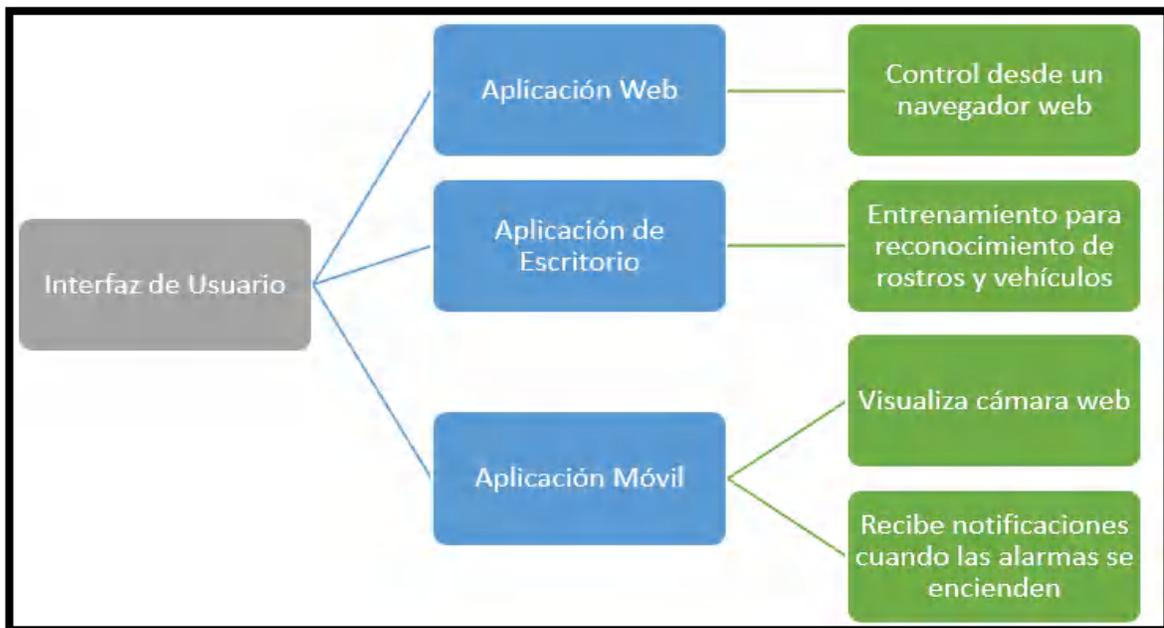


Figura 5-2: Bloques de Interfaz de usuario

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3. Elementos de *hardware* del sistema

Al especificar los requerimientos del prototipo con su respectiva concepción se procede a una fase de diseño de la parte física y materiales necesarios para su implementación. Se procede con la selección de los elementos que lo conforman a continuación.

2.3.1. Elementos de adquisición de datos, procesamiento y control

Son componentes que permite la adquisición de datos de las diferentes variables de estado ya sea encendido y apagado de componente, de procesamiento ya que según condiciones analiza esos estados y finalmente realiza acciones y controla actuadores. También son componentes que están conectados a través de la red y permite el intercambio de información entre sí a través de protocolos de comunicación adecuados.

2.3.1.1. Raspberry Pi 4

La *Raspberry Pi 4* es un pequeño computador muy económico y tamaño reducido. Puede conectarse a un monitor, teclado y mouse. También se puede programar remotamente. Es un componente fundamental *IoT* (internet de las cosas) ya que permite el control de varios dispositivos simultáneos.

Algunos de los componentes que contiene esta tarjeta varían en función del modelo. La primera *Raspberry Pi 1* salió al mercado en febrero de 2012 y a este le siguieron otros modelos con configuraciones más avanzadas, pero su precio se mantuvo por el mismo valor. La *Raspberry Pi 4* de Modelo B se lanzó en mayo del 2020 y cuenta con una *CPU* de 1,5 GHz, permite una conexión *HDMI* para dos pantallas *4K* e incluyen conexión *WiFi* y *Bluetooth* (5.0). De forma adicional, los usuarios pueden elegir entre 2 GB, 4 GB y 8 GB de memoria *RAM* (RUS, 2019). Para más características revisar el anexo D.



Figura 6-2: Raspberry Pi 4

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Características

En la tabla 1-2 se detallan las características con las que cuenta el dispositivo.

Tabla 1-2: Características técnicas Raspberry Pi 4

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Procesador	ARM Cortex-A72
Frecuencia de reloj	1,5 GHz
Gpu	VideoCore VI (con soporte para OpenGL ES 3.x)
Memoria	1 GB / 2 GB / 4 GB LPDDR4 SDRAM
Conectividad	Bluetooth 5.0, Wi-Fi 802.11ac, Gigabit Ethernet
Puertos	GPIO 40 pines 2 x micro HDMI 2 x USB 2.0 2 x USB 3.0 CSI (cámara Raspberry Pi) DSI (pantalla tácil) Micro SD Conector de audio jack USB-C (alimentación)

Fuente: (RUS, 2019)

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.1.2. PLC Logo 8.3

¡El nuevo modelo PLC LOGO! 8.3 incorpora la conectividad hacia un servidor en la nube, lo que le permite procesar grandes volúmenes de datos, sin depender de la capacidad de una tarjeta de memoria SD ya que los datos permanecen seguros en la nube. Tiene la facilidad de implementar páginas web propias con las cuales se puede visualizar y controlar de forma individual entradas y salidas y opciones de automatización en el campo de la domótica, elaboración de armarios de control y muchas otras aplicaciones más. (grupcarol, 2021). Véase anexo D.

Para conectar a la nube se configura de una manera sencilla. Debido a sus numerosas posibilidades de conexión, como Modbus TCP/IP, Ethernet y el bus *Konnex (KNX)*. El dispositivo también puede usarse para instalaciones ya existentes como una pasarela web para las aplicaciones (grupcarol, 2021).



Figura 7-2: PLC Logo 8.3

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Características

- Posee compatibilidad con módulos de ampliación actuales en el mercado.
- Posee una conexión fácil a la nube con el asistente *LOGO SoftComfort*.
- Permite desarrollar páginas web con *LOGO Web Editor*.
- Posee seguridad mediante una encriptación TLS en AWS.
- Posee una memoria con análisis de datos.

- Posee una comunicación con la nube con otros módulos de LOGO básicos.

2.3.2. *Interruptor Simple*

Es un dispositivo electrónico que permite la conexión y desconexión de la corriente eléctrica en toda clase de circuitos eléctricos con cargas resistivas e inductivas (vetoelectric, 2020).

Características

- Consiste en un sistema modular
- Posee una tensión nominal (VN): 125 / 250V
- Posee una corriente nominal (IN): 15A
- Posee una presentación elegante con un bastidor metálico que impide la deformación de la placa.



Figura 8-2: Interruptor simple

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.3. *Foco LED sobrepuesto redondo*

Son dispositivos elegantes que reemplazan la iluminación tradicional en varios ambientes. Luminaria de fácil instalación, bajo consumo de energía, larga vida útil, estructura compacta, hermoso aspecto y combinan con todo tipo de acabados y no obstruyen. Ampliamente utilizado en el Hogar, Hoteles, Tiendas comerciales, oficinas, escuelas, entre otros (electrolandia.cl, 2021).

Características

- Posee un color de luz frío.
- Posee una temperatura de trabajo de -20°C a 50°C
- Una ventaja es que no emite la radiación UV.
- Posee un voltaje de entrada desde 85 a 265VAC
- Posee un ángulo de haz de luz de 120°
- Posee aproximadamente de una vida útil de 20.000 horas
- Posee un diámetro de 17 cm
- Tiene un consumo de energía de 18W
- Posee un ahorro de 80% energía sobre otra luminaria convencional.



Figura 9-2: Foco LED sobrepuesto redondo

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.4. *Sensor de movimiento*

Es un dispositivo que detecta el movimiento mediante un haz de luz infrarrojo. Se lo puede considerar como una solución eficaz para aplicaciones residenciales en el tema de seguridad debido a su pequeño coste y tamaño. Posee una buena capacidad de detección y a la vez una inmunidad contra falsas alarmas (riscogroup, 2018).

Características

- Posee un alcance de 12 x 12m (40' x 40') de gran angular
- Posee una inmunidad contra RF de 20V/m
- Es de fácil instalación
- Posee una indicación de alarma con LED que indica la detección
- Posee un diseño compacto para instalaciones residenciales.
- Posee una compensación de temperatura para trabajar en diferentes ambientes
- Posee un contador de pulsos seleccionable de 1, 2 o 3
- Posee una protección contra luz blanca



Figura 10-2: Detector de movimiento infrarrojo

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.5. Cámara web USB full HD 720

Es una cámara web de alta definición que se usa para streaming y video conferencias. Captura las imágenes en un color nítido y verdadero. Tiene soportes para que se la pueda ajustar 170 grados arriba y abajo según sea se crea conveniente. El lente de vidrio óptico puede obtener imágenes con una alta precisión y permite que la imagen no se distorsione. Para ajustar el enfoque se debe girar el lente de la cámara., revisar anexo D. (cuscoinformatico, 2021)



Figura 11-2: Cámara Web USB

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Características

- Posee una resolución máxima: 1280 x 720 px
- Posee micrófono integrado que absorbe el sonido,
- Se escucha el sonido a menos de 10 metros
- Posee una compatibilidad con USB 2.0 y 3.0.
- Posee un balance automático de blancos con una corrección automática del color.
- Posee un chip DSP
- Posee un formato de vídeo de tipo MJPEG, YUY2
- Posee un sensor de imagen de tipo CMOS 1/2.7 Big Chip.
- Posee un lente de vidrio de seis capas.

2.3.6. Luz Piloto

Este tipo de luz se usa comúnmente como indicadores lumínicos en cajas de control industrial para procesos de automatización ya que ofrecen una alta resistencia a vibraciones del ambiente. Sus tornillos de terminal son a prueba de sacudidas y con un nivel de protección contra impactos de hasta IK06. (grupocmejia, 2021)



Figura 12-2: Luz piloto verde 110V

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Características

- Posee un diámetro de montaje de 22 mm,
- Posee una alta resistencia a vibraciones con tornillos a prueba de sacudidas
- Posee una gran protección contra golpes
- Cuenta con una temperatura de funcionamiento de -40 °C a 70 °C.
- Cuenta con un alto rendimiento en entornos exigentes
- Posee una gran flexibilidad y adaptabilidad
- Su instalación es muy rápida y sencilla

2.3.7. *Alarma Sonora*

Similar a las luces piloto, éste es un dispositivo indicador visual y sonoro. De forma muy común sirve para indicar algún fallo o alerta que pueda causar un evento no esperado o accidente. (ipowerelectronics, 2020).

Características

- Su voltaje de alimentación es de 110V.
- Consume una corriente de 20mA.
- Posee un diámetro de montaje de 22mm o 0.9 "
- Es de material plástico.
- El disponible de alerta es color rojo.

- Su instalación es muy rápida y sencilla



Figura 13-2: Alarma sonora 110V

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.8. Selector dos posiciones NA

Se le conoce como selector, conmutador o interruptor al dispositivo eléctrico utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica mediante el accionamiento manual de un eje que se rota o mueve a distintas posiciones ya definidas con el objetivo de cambiar simultáneamente el estado eléctrico de los contactos internos que posee (ecore, 2020) .

Características

- Posee un diseño pensado para usarse para sistemas eléctricos de potencia en la industria.
- Posee una amplia aplicación en el encendido o apagado de motores.
- Posee dos versiones siendo uno el diseño europeo y el otro americano.



Figura 14-2: Selector dos posiciones

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.9. Pulsador de emergencia tipo hongo

Este tipo de dispositivos se los usa principalmente para detener algún proceso o cuando el operador cree que exista alguna emergencia para interrumpir dicho proceso en la industria o comercio (inyepartes, 2021).

Características

- Posee dos posiciones de un pulso y rotación.
- Su tipo de la manija es como una seta.
- Posee un tipo de contacto normalmente cerrado.
- Posee un botón de parada de tipo rotatoria.
- Posee una frecuencia de trabajo de 50Hz o 60Hz
- Posee una corriente de 10A
- Posee un grado de protección IP65
- Posee un agujero del montaje de diámetro de 22mm.
- Sus materiales de fabricación son de metal, plástico y eléctricos.

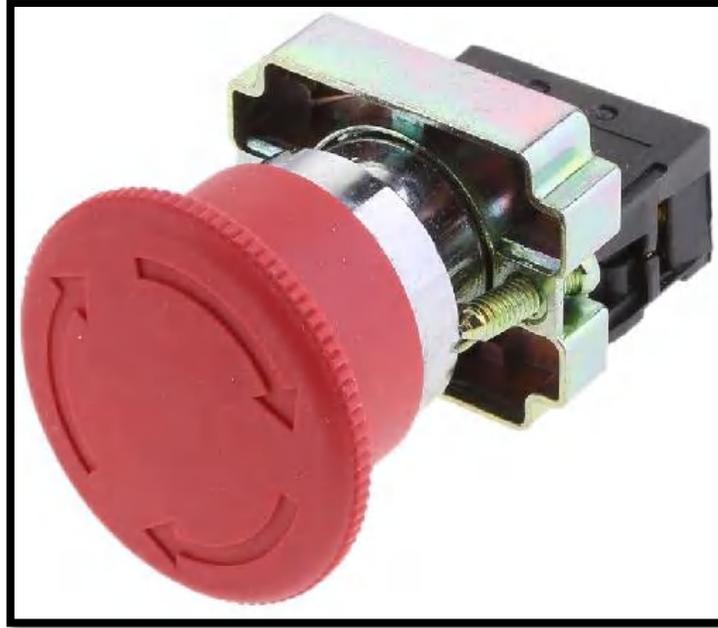


Figura 15-2: Pulsador de emergencia tipo hongo

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.10. Interruptor Diferencial (Disyuntor)

Este aparato es de tipo electromecánico. El funcionamiento es la combinación de energía eléctrica, así como mecánica. Brinda una protección automática a las personas al haber fallas en el circuito eléctrico. Es fundamental en toda instalación eléctrica en la que se tenga un contacto directo con personas. Su función es cortar la corriente eléctrica de manera inmediata al detectar fugas dentro de un circuito. (R., 2021).

Características

- Posee una corriente de fuga menor o igual a 30mA
- Puede soportar hasta 32A
- Posee una velocidad de respuesta menor a 50 mseg.
- Son bastante seguros debido a que al ser un dispositivo electromecánico, por medio de una mínima fuga de corriente, el dispositivo se dispara se dispara, y mueve la parte mecánica.



Figura 16-2: Disyuntor

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.11. *Interrupor termomagnético*

Este tipo de dispositivos que combina dos efectos. Uno es el magnetismo y el otro es el calor con la finalidad de interrumpir la corriente eléctrica del circuito al detectar valores mayores a ciertos límites de peligro (R., 2021).

Características

- Se activan por efecto térmico al detectar intensidades entre 1.13 y 1.44 veces la nominal.
- Por encima de cinco y diez veces la corriente nominal actúan por efecto magnético.
- Su uso se basa en mayor parte en domicilios sin alguna limitación.



Figura 17-2: Interruptor termomagnético

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.12. Fuente de poder 12V 2A

Es un transformador de corriente alterna a corriente continua. Se usa para diversas aplicaciones pequeñas y se recomienda verificar los requerimientos de alimentación en el lugar donde se desee implementar.

Características

- Posee una entrada de corriente alterna 100~240V-50/60Hz.
- Posee una salida de corriente continua 12V 2A.
- Pose un plug de conexión de 5.5mm x 2.5mm.



Figura 18-2: Fuente de poder

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.13. *Gabinete Metálico*

Son creados para organizar en su interior los diversos componentes que necesitan algunos equipamientos electrónicos, de comunicaciones de una instalación TI, de telecomunicaciones y, sobre todo, de servidores informáticos. Es decir, una estructura que permite el sostén o servir de mueble protector de un módulo tecnológico (Guerra, 2019).

Características

- Posee dimensiones de 40 cm x 40 cm x 20 cm.
- Son usado para la elaboración y protección de complejas redes de cableado.
- Son de uso multipropósito en su mayoría.
- Posee un grado de protección IP66



Figura 19-2: Armario metálico 40x40x20 cm

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.3.14. *Diseño de la estructura externa del prototipo*

Una vez se conoce todos los elementos que intervienen en el proyecto, se procede al diseño de la estructura del tablero de domótica y la caja que va a cubrir los elementos de control con sus respectivas protecciones. El software utilizado para el diseño es *SolidWorks 2020* que es una herramienta que permite ensamblar piezas y visualizar el resultado final en formato 3D como se aprecia en la figura 20-2. El material usado para la estructura externa es madera MDF, por su sencilla implementación y fácil corte en máquinas. El gabinete que contiene los dispositivos de mando y protección es metálico y cuenta con un grado de protección IP66 que significa protección ante el polvo e intemperie para protección de cableado y elementos de control. En la tabla 2-2 se presentan las medidas totales de todo el tablero.

Tabla 2-2: Tabla de dimensiones del prototipo

Dimensiones del tablero domótico	
Largo	1000 mm
Ancho	830 mm
Espesor	300 mm

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

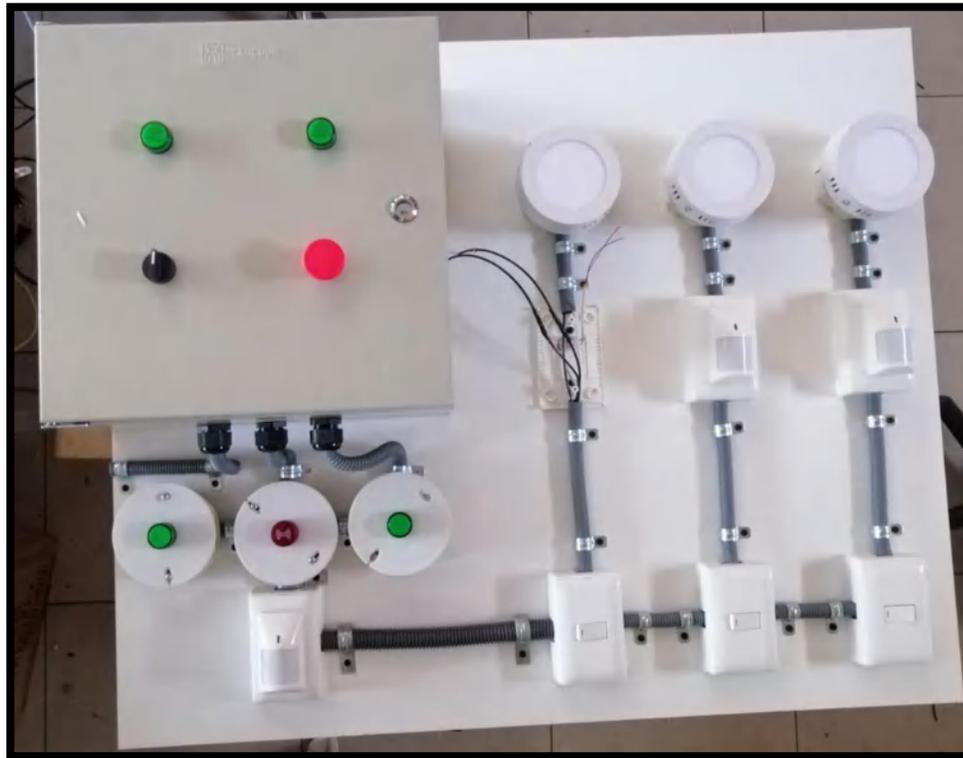
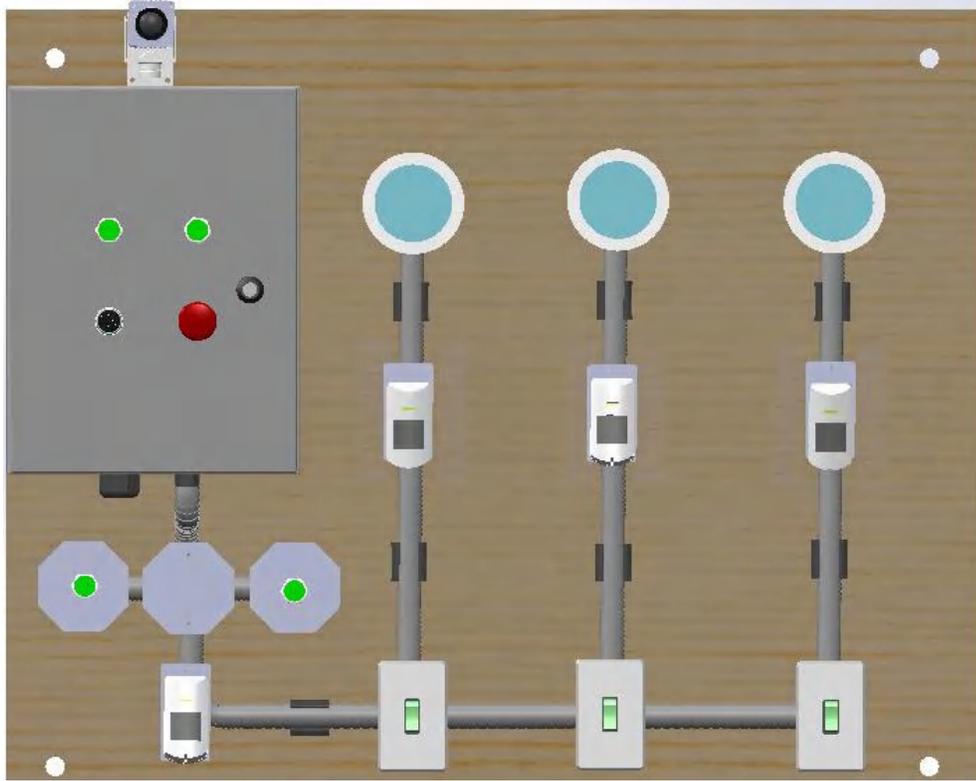


Figura 20-2: Diseño 3D (superior) e implementación prototipo domótico (inferior)

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.4. Esquema eléctrico del prototipo

El esquema electrónico del sistema se lo realiza en el *software AutoCAD Electrical 2021*. Las conexiones realizadas entre los distintos elementos se pueden ver en la figura 21-2. En el diseño intervienen elementos de potencia a 110V como las lámparas, luces piloto, sirena, alimentación del PLC. Mientras que para la parte de control se tiene fuentes de alimentación de 12V y 5V para los sensores de presencia y la tarjeta Raspberry Pi 4 respectivamente.

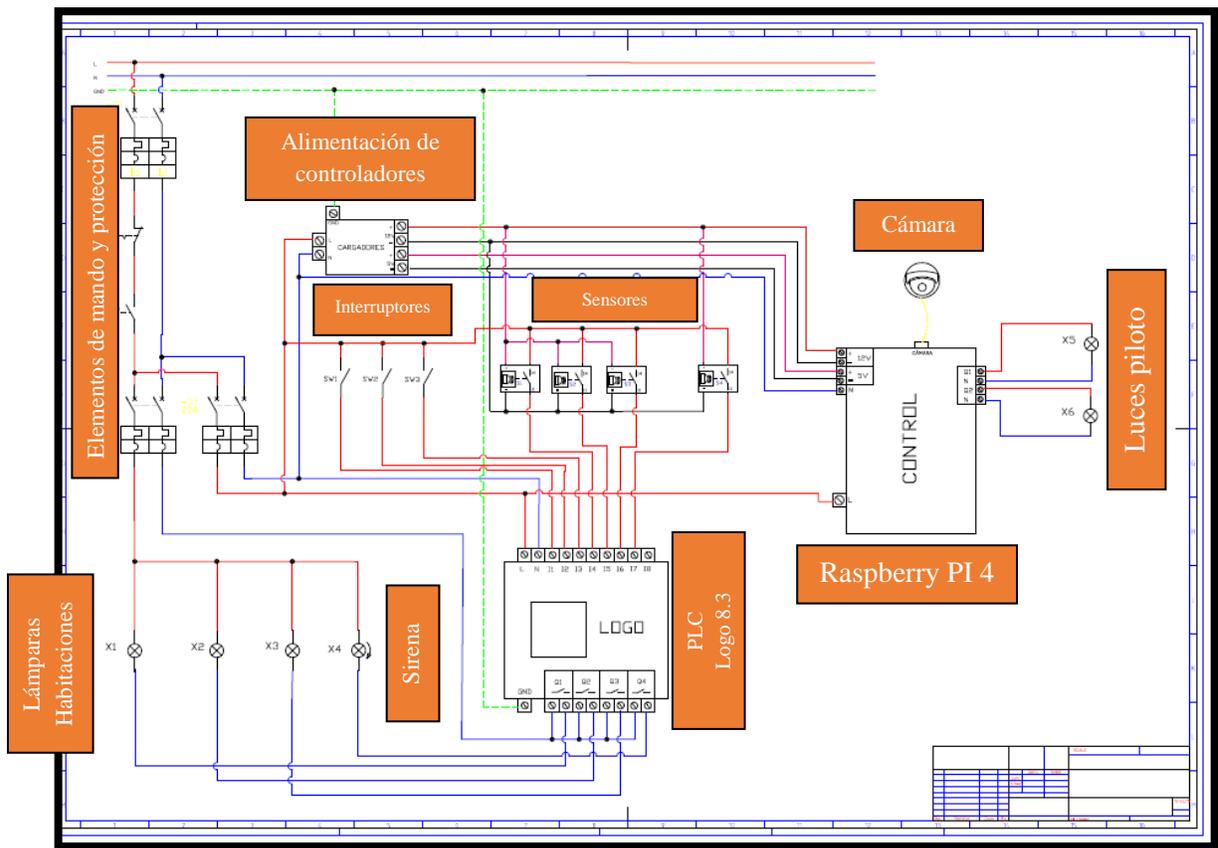


Figura 21-2: Esquema eléctrico del tablero domótico

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Para una mejor comprensión de las conexiones realizadas se presenta una tabla de terminales que sirven como guía para una mejor representación y lectura sencilla para el usuario. En la tabla 3-2 se encuentra detallada dichas conexiones.

Tabla 3-2: Tabla de conexiones eléctricas del sistema domótico

PLC LOGO v8.3	
Nombre Terminal	Elemento
ALIMENTACIÓN	
L1	Fase
N	Neutro
SALIDAS	
Q1	Fase de lámpara 1
Q2	Fase de lámpara 2
Q3	Fase de lámpara 3
Q4	Fase de Sirena
ENTRADAS	
I1	Fase Interruptor 1
I2	Fase Interruptor 2
I3	Fase Interruptor 3
I4	Contacto Sensor Presencia 1
I5	Contacto Sensor Presencia 2
I6	Contacto Sensor Presencia 3
I7	Pulsador de Timbre
RASPBERRY PI 4	
Nombre Terminal	Elemento
ALIMENTACIÓN	
5V	Terminal + cargador 5V
GND	Terminal - cargador 5V
SALIDAS	
GPIO 2	IN1 Módulo Relé
GPIO 3	IN 2 Módulo Relé
ENTRADAS	
PUERTO USB	Cámara web 720p
SENSORES DE MOVIMIENTO	
Nombre Terminal	Elemento
12 V	Terminal + cargador 12V
GND	Terminal - cargador 12V

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.5. Elementos de software del sistema

Para la parte de software del sistema domótico, se presenta detalladamente los programas a utilizar acerca del procesamiento de información y la interfaz gráfica.

2.5.1. *Node-RED v1.3.5*

Node-RED es una herramienta de programación de forma visual debido a que se tiene las relaciones y funciones en bloques predeterminados, lo que permite al usuario realizar una programación sin tener que escribir código convencional. Es una herramienta que consiste en un editor de flujo que se ejecuta en el navegador, en el cual se puede añadir o eliminar nodos y conectarlos según sea conveniente, con el fin de crear una comunicación entre bloques. *Node-RED* facilita que los dispositivos *hardware*, *APIs* y servicios en línea se conecten oportunamente. Según se ve en la figura 22-2 (Sancho, 2020).

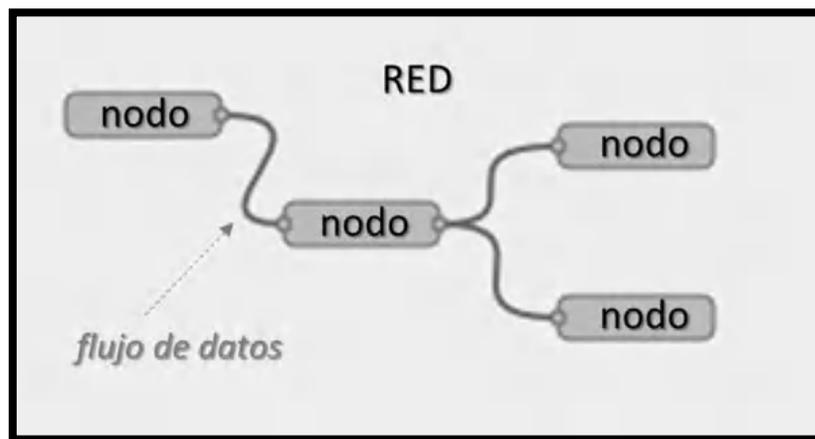


Figura 22-2. Representación de la programación con *Node-RED*

Fuente: (Sancho, 2020)

La herramienta *Node-RED* está construido bajo *Node.js*, de esa forma aprovecha las diferentes características de dicho lenguaje de programación. Posee un modelo de eventos asíncronos no bloqueable (*'Event-Driven, Non-Blocking Model'*).

Esto permite que obtener dos características importantes:

1. Un flujo de trabajo muy ligero que posee un consumo de bajos recursos.
2. Una gran facilidad de ejecutarse en dispositivos o sistemas en los que se pueda ejecutar *Node.js*

Estas características permiten que *Node-RED* pueda instalarse y ejecutarse en una gran variedad de elementos actuales (Sancho, 2020).

A continuación, se muestra el diagrama de flujo de la figura 23-2 que corresponde al proceso de recolección y muestra de datos en el programa.

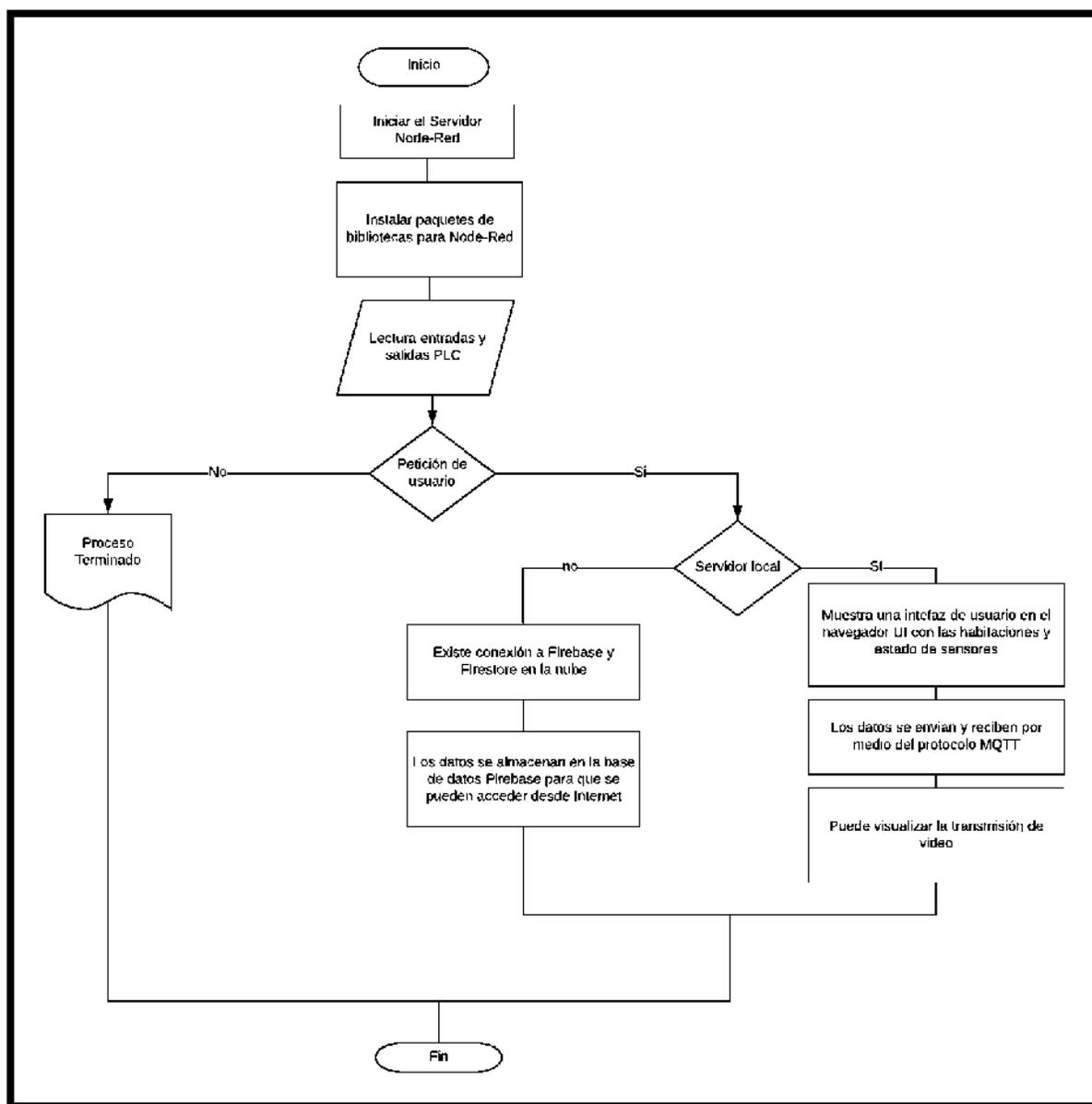


Figura 23-2: Diagrama de flujo de Node-Red

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Para iniciar el proceso se tiene que activar la herramienta *Node-RED* desde la consola dentro de la *Raspberry Pi*. Seguido se instalan todas las bibliotecas necesarias para la correcta comunicación con el *PLC Logo V8.3*, la transmisión de video y alarmas mediante *Whatsapp*. El algoritmo espera a realizar una petición del cliente, vuelve a preguntar si es de manera local, o si el cliente realiza la

petición desde internet. Entonces si es el primer caso se puede conectar en un navegador web el cliente e interactuar con el sistema y sus salidas y entradas directamente desde la interfaz de *Node-RED* pues los datos se envían a través del protocolo de comunicación *MQTT* como se ve en la figura 24-2 que a su vez se comunica con la aplicación realizada en Python. La aplicación de Python se conecta con la base de datos *Firebase*, entonces el usuario a través de una aplicación móvil va a poderse conectarse desde cualquier parte del mundo con el prototipo y manipularlo según crea conveniente.

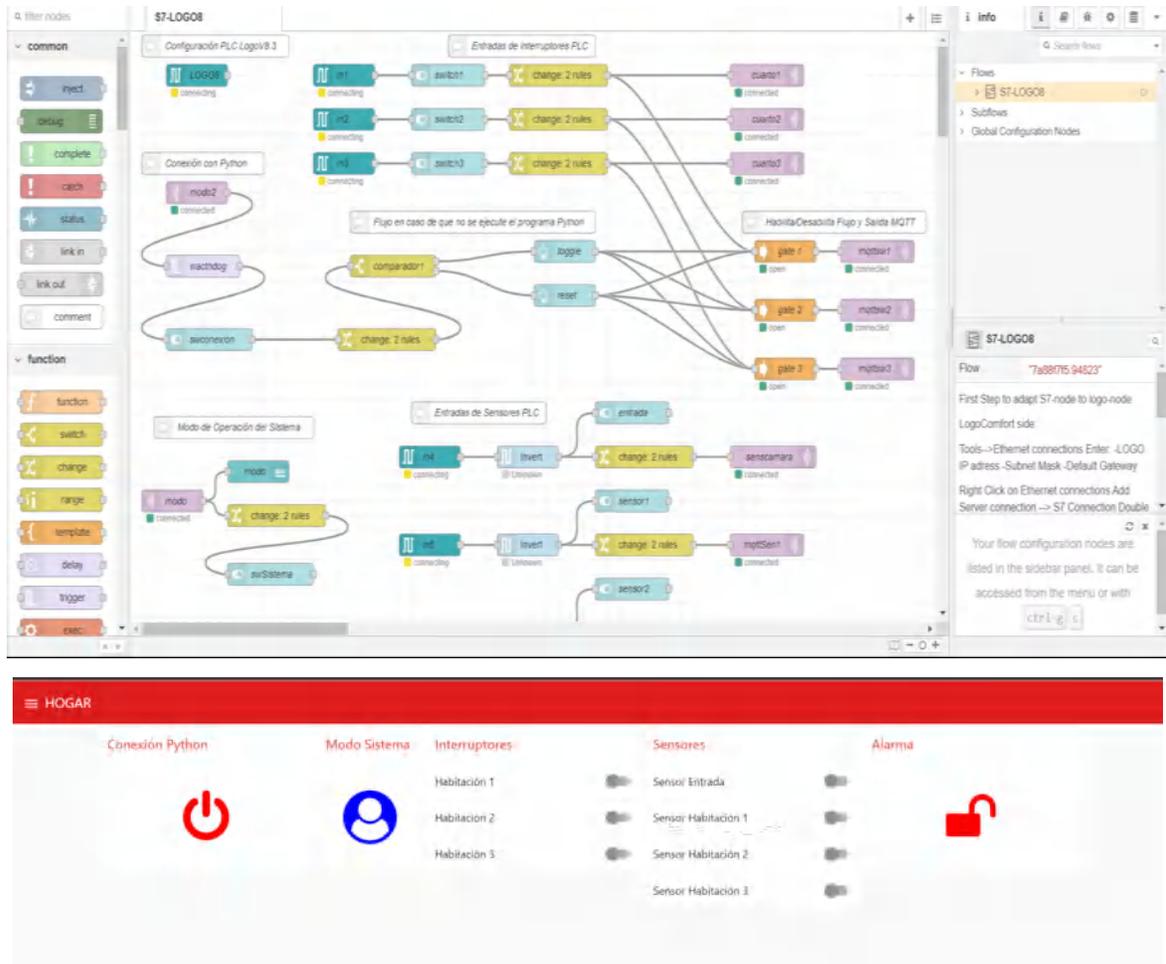


Figura 24-2: Programación de Node-RED y visualización de la interfaz de usuario web.

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.5.2. Protocolo de comunicación MQTT

Para entender de una mejor manera es necesario conocer el termino *MQTT* que proviene de las palabras en ingles *Message Queing Telemetry Transport*. Se basa en un protocolo de transporte de

mensajería de publicación / suscripción de temas. Está diseñado para implementarse de una manera fácil en cualquier entorno. Dicho esto, es un protocolo de comunicación *M2M* (machine-to-machine) e internet de las cosas (IoT). Se basa en el protocolo TCP/IP como base para la comunicación, pero a la vez la conexión se mantiene abierta al enviar o recibir mensajes en cualquier momento, se vuelve a usar el mismo canal en cada comunicación. A continuación, se muestra en la figura 25-2 la estructura el protocolo (Anda, 2018).

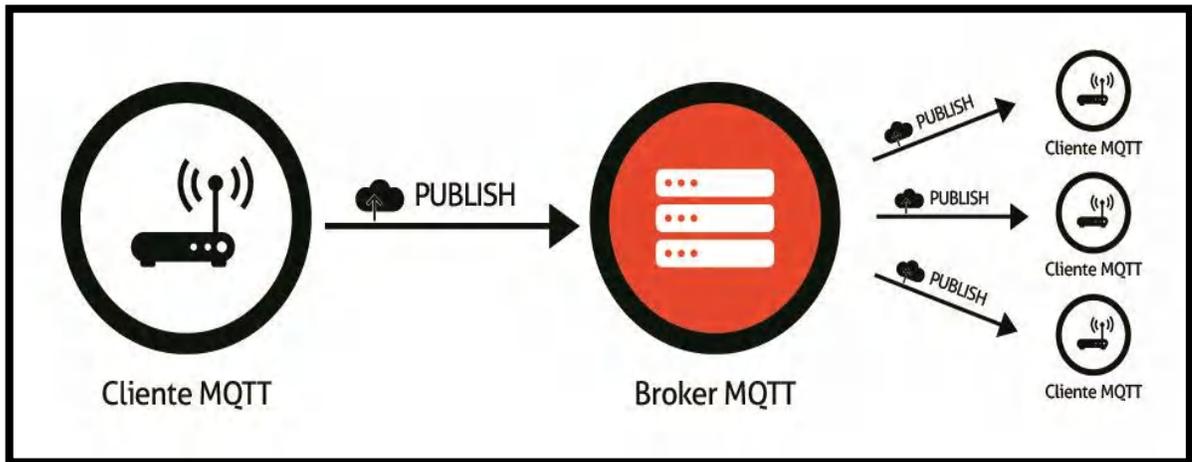


Figura 25-2: Protocolo MQTT

Realizado por: Anda, 2018

Este protocolo está diseñado para usar el mínimo de ancho de banda, por lo que el envío de datos es rápido. Para de alguna forma reforzar las redes poco fiables puede soportar tres niveles en la calidad del servicio (QoS) que se muestra a continuación:

- Disparar y olvidar (0) – Fire and Forget – At most once
- Al menos una vez (1) – At least once
- Exactamente una vez (2) – Exactly once

Al solicitar un nivel de calidad de servicio 1 o 2, el protocolo realiza una gestión de la retransmisión de mensajes para que la entrega sea correcta. Esta calidad de servicio se lo puede especificar ya sea por los clientes que publican información en los temas y por los clientes que son suscriptores (Anda, 2018).

Una parte esencial del protocolo *MQTT* es la tipología de los mensajes que se envían al *broker*, Cada mensaje consta de 3 partes y se muestra en la figura 26-2: (Llamas, 2019)

- **Cabecera fija:** Tiene un código de control, que identifica el tipo de mensaje enviado, y de la longitud del mensaje. La longitud se codifica en uno a cuatro bytes, de los cuales siete emplean los primeros bits, y el último es un bit de continuidad. Tiene una extensión de 2 a 5 bytes.
- **Cabecera variable:** Es de tipo opcional e indica información adicional para ciertos mensajes o situaciones en procesos.
- **Contenido (payload):** Contiene un mensaje o información específica con un máximo de 256 Mb.

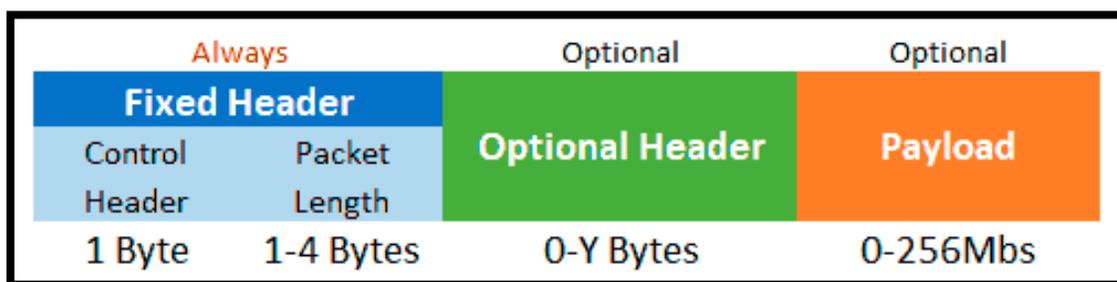


Figura 26-2: Estructura de un mensaje MQTT

Realizado por: Anda, 2018

Para la correcta comunicación de los dispositivos del prototipo se presenta una tabla con los tópicos que contiene el bróker *MQTT*. El *broker* usado en el proyecto tiene la dirección *mqtt://broker.mqtt-dashboard.com* a los cuales están suscritos los dispositivos con sus respectivos mensajes *Payload*

Tabla 4-2: Tabla de direcciones MQTT

DISPOSITIVOS		TÓPICOS / TEMAS DEL SISTEMA	MENSAJES PAYLOAD	
SALIDAS			Encender/Activo	Apagar/Inactivo
Lámpara 1	Q1	luz1	on	off
Lámpara 2	Q2	luz2	on	off
Lámpara 3	Q3	luz3	on	off
Sirena	Q4	sirena	on	off

ENTRADAS				
Interruptor 1	I1	fisico1	on	off
Interruptor 2	I2	fisico 2	on	off
Interruptor 3	I3	fisico 3	on	off
Sensor Presencia 1	I4	sen1	on	off
Sensor Presencia 2	I5	Sen2	on	off
Sensor Presencia 3	I6	Sen3	on	off
Pulsador de Timbre	I7	entrada	on	off
CONFIGURACION SISTEMA				
Si la interfaz de Python esta activa		conexionPython	python	-
SI las luces se encienden con sensores o con interruptores		modoApp	auto	manual
ALARMAS				
Alarma de cuarto 1		alarma1	on1	off1
Alarma de cuarto 2		Alarma2	on2	off2
Alarma de cuarto 3		Alarma3	on3	off3
Detección de personas		Intruso	conocido	Intruso
Detección de placas de vehículos		carro	placa conocida	placa mala
Cuando se arma el sistema de seguridad desde la app		alarmaFirebase	on	off

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.5.3. Python 3.8.0

Es un lenguaje de programación cuya característica principal es que sea legible para cualquier persona que cuente con conocimientos básicos de programación. En los últimos tiempos se ha convertido en el lenguaje más usado por todo tipo de programadores ya que aporta muchas ventajas y usos para distintos tipos de aplicaciones. Las características que presenta se presentan a continuación (Visus, s.f.), véase anexo E.

Características

- Es un lenguaje *open-source* o de código abierto. No se debe pagar ninguna licencia para usarlo ya que es gratuito.
- Tiene una gran comunidad activa. Es un lenguaje libre, permite que se desarrollen nuevas librerías y aplicaciones de todo tipo. Cualquier duda de programadores siempre tienen una respuesta resuelta en foros.
- Es un lenguaje multiparadigma. Debido a que mezcla propiedades de diferentes paradigmas de programación, Esto permite que tenga una curva de aprendizaje bastante rápida y sencilla.

- Debido a que es un lenguaje multiparadigma, puede usarse en el diseño de aplicaciones web, visión artificial o hasta la inteligencia artificial, entre muchos otros.
- Es un lenguaje apto para ejecutarse en cualquier sistema operativo. como Windows o Linux, solo basta con usar el intérprete correspondiente.

2.5.4. Algoritmo de Visión Artificial

Al encender la placa *Raspberry PI* se inicia la terminal de comandos y de este modo se ejecuta automáticamente, *Node-RED*, el servidor de video y finalmente la interfaz de usuario del sistema. Para ello, se edita el archivo *bashrc* que se encuentra en la dirección raíz del sistema operativo como se muestra en la figura 25-2.

```

LXTerminal
Archivo Editar Pestañas Ayuda

New 'x' desktop is raspberrypi:2

Starting applications specified in /home/pi/.vnc/xstartup
Log file is /home/pi/.vnc/raspberrypi:2.log

3 Aug 10:15:32 - [info]

Welcome to Node-RED
=====

3 Aug 10:15:32 - [info] Node-RED version: v1.3.5
3 Aug 10:15:32 - [info] Node.js version: v10.24.0
3 Aug 10:15:32 - [info] Linux 5.10.46-v7l+ arm LE
3 Aug 10:15:34 - [info] Loading palette nodes
3 Aug 10:15:36 - [info] Dashboard version 2.29.1 started at /ui
3 Aug 10:15:36 - [info] Settings file : /home/pi/.node-red/settings.js
3 Aug 10:15:36 - [info] Context store : 'default' [module=memory]
3 Aug 10:15:36 - [info] User directory : /home/pi/.node-red
3 Aug 10:15:36 - [warn] Projects disabled : editorTheme.projects.enabled=false
3 Aug 10:15:36 - [info] Flows file : /home/pi/.node-red/flows_raspberrypi.js
on

```

Figura 27-2: Terminal de comandos al encender la Rapsberry PI

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Al terminar la ejecución de los comandos anteriores en la consola. Se carga la interfaz de usuario y muestra una pantalla de bienvenida que contiene un botón de inicio como se visualiza en la figura 26-2. El botón abre otra ventana de procesos del sistema domótico.



Figura 28-2: Pantalla de bienvenida de la interfaz de usuario.

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

El diagrama de flujo que representa la aplicación de Escritorio realizada en Python sobre la visión artificial se visualiza en la figura 27-2.

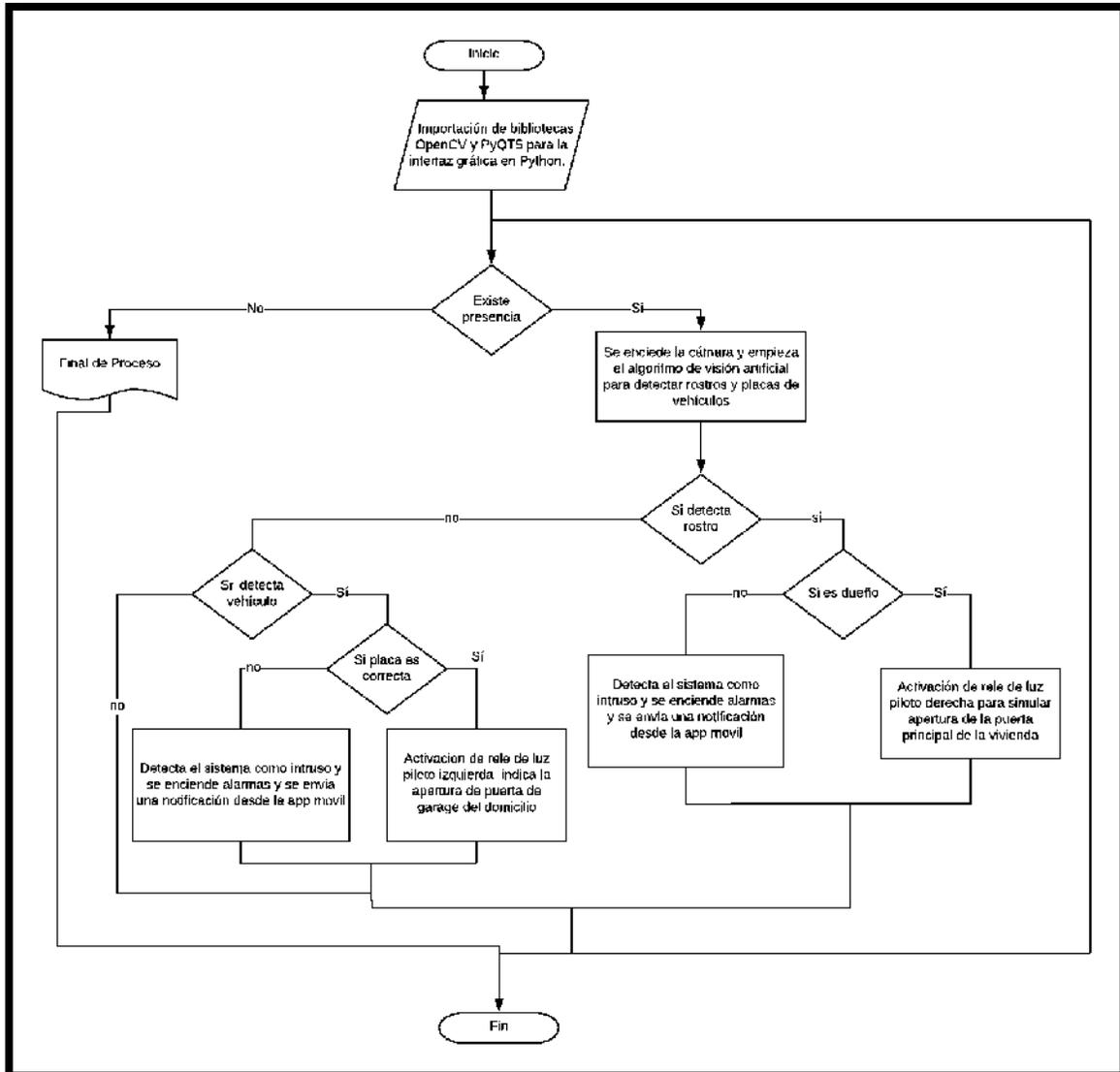


Figura 29-2: Diagrama de flujo del algoritmo de visión artificial

Realizado por: Patricio Sangoiquiza, 2021

El programa se inicia al ejecutar la aplicación realizada en Python a través del diseño de la interfaz gráfica de escritorio con la herramienta *PyQT5*. Se cargan todas las librerías necesarias para poder ejecutar sin problemas el *software*. La cámara se enciende al presionar el pulsador de timbre que simula la entrada de la vivienda, entonces se enciende la cámara y empieza el proceso de visión artificial en el cual se detectan rostros y de acuerdo a una base de datos previamente entrenada, se compara si la persona que está enfrente es el dueño o no de la vivienda, si es correcta la detección entonces se enciende un relé de luz piloto que simula que la puerta de la entrada principal se abrió.

Caso contrario si detecta un intruso se activa una alarma y envía un mensaje o notificación mediante un mensaje de *WhatsApp* al dueño.

De forma similar, al detectar un vehículo cuya placa es correcta se enciende un relé que simula que la puerta del garaje se abre normalmente, caso contrario se enciende una alarma y se envía una notificación en la aplicación hacia el dueño de la vivienda. Con estos parámetros de seguridad se puede tener el control total sobre la vivienda. La interfaz se presenta en la figura 28-2.

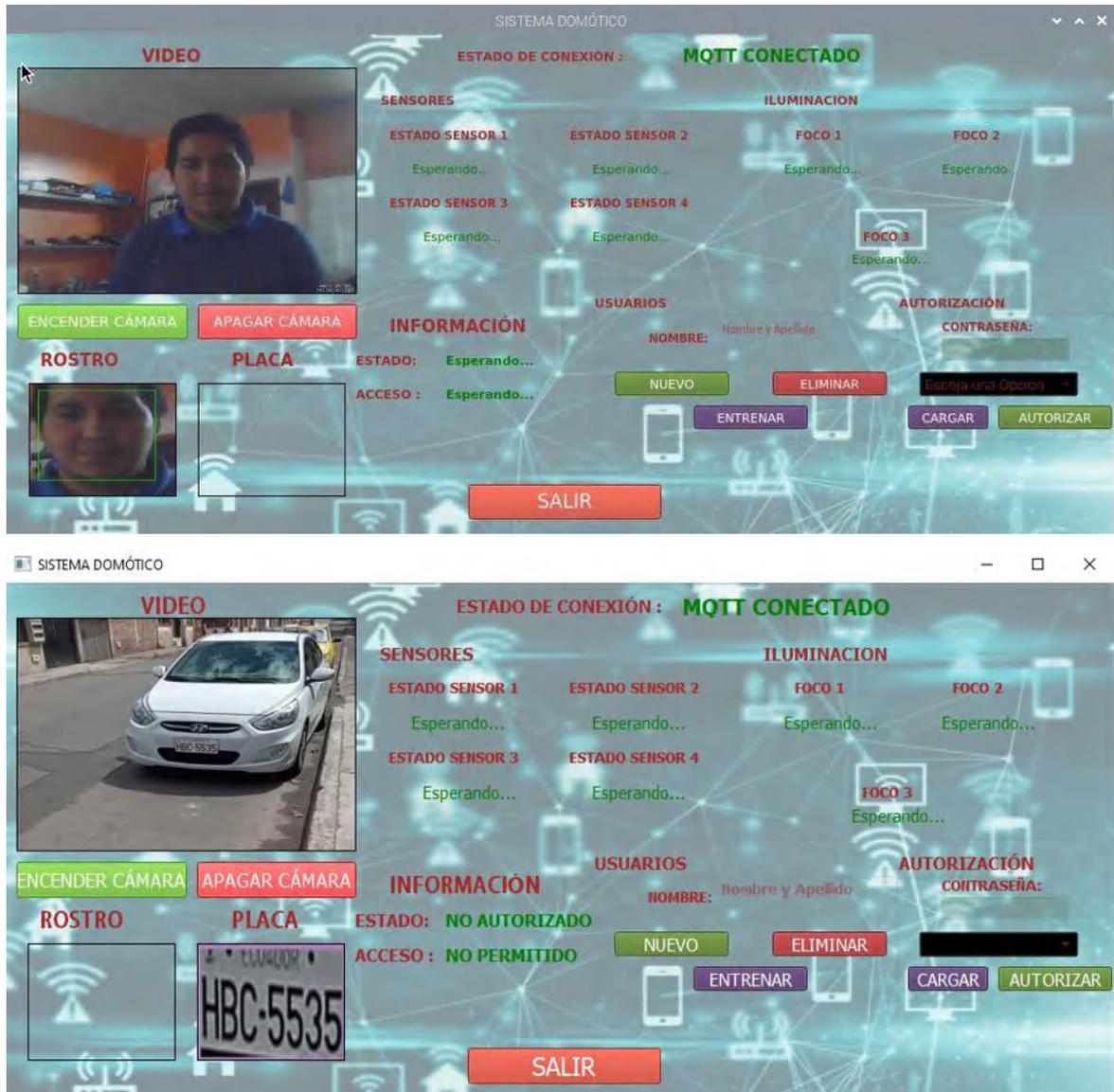


Figura 30-2: Interfaz de usuario realizada en Python con PYQT5

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Como se puede observar la pantalla de procesos se divide en cinco secciones. En el lado izquierdo se encuentran pantallas de visualización de las cuales en la primera se muestra el video en tiempo real. El video se va reproducir o parar al activar el botón de timbre del tablero de domótica. Se muestra una captura del rostro de un usuario que desee ingresar a la vivienda y en la derecha la placa del vehículo.

En la parte central superior se encuentra la información del estado de los sensores y actuadores que conforman el sistema. En la parte inferior central se tiene la sección para eliminar o agregar un nuevo usuario. Los controles se observan en la figura 29-2.

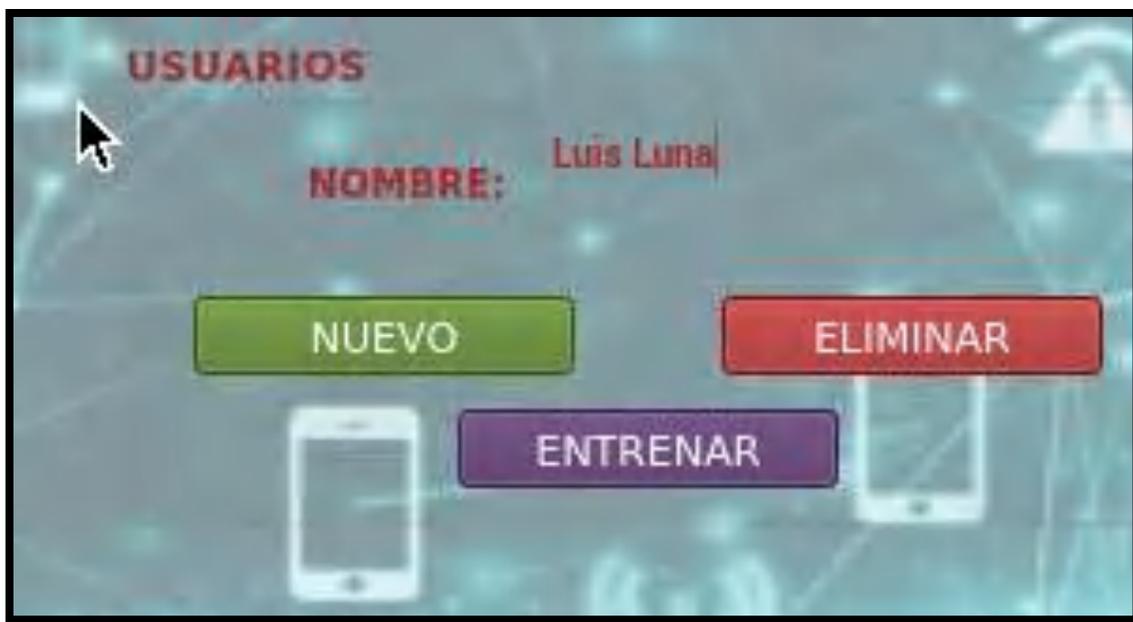


Figura 31-2: Controles de registro de usuario por visión artificial

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

El proceso de agregar un nuevo usuario para registrarlo es el siguiente:

1. Click en el botón *Encender Cámara* para mostrar el video en tiempo real.
2. El usuario a registrar debe colocarse frente a la cámara
3. Ingresar el nombre y apellido del usuario
4. Al pulsar sobre el botón nuevo. Al realizar esta acción en un directorio determinado se crea una carpeta con el nombre digitado.

Como se puede observar en la figura 30-2. Se almacena un total de 100 imágenes del rostro del usuario registrado dentro de la misma.

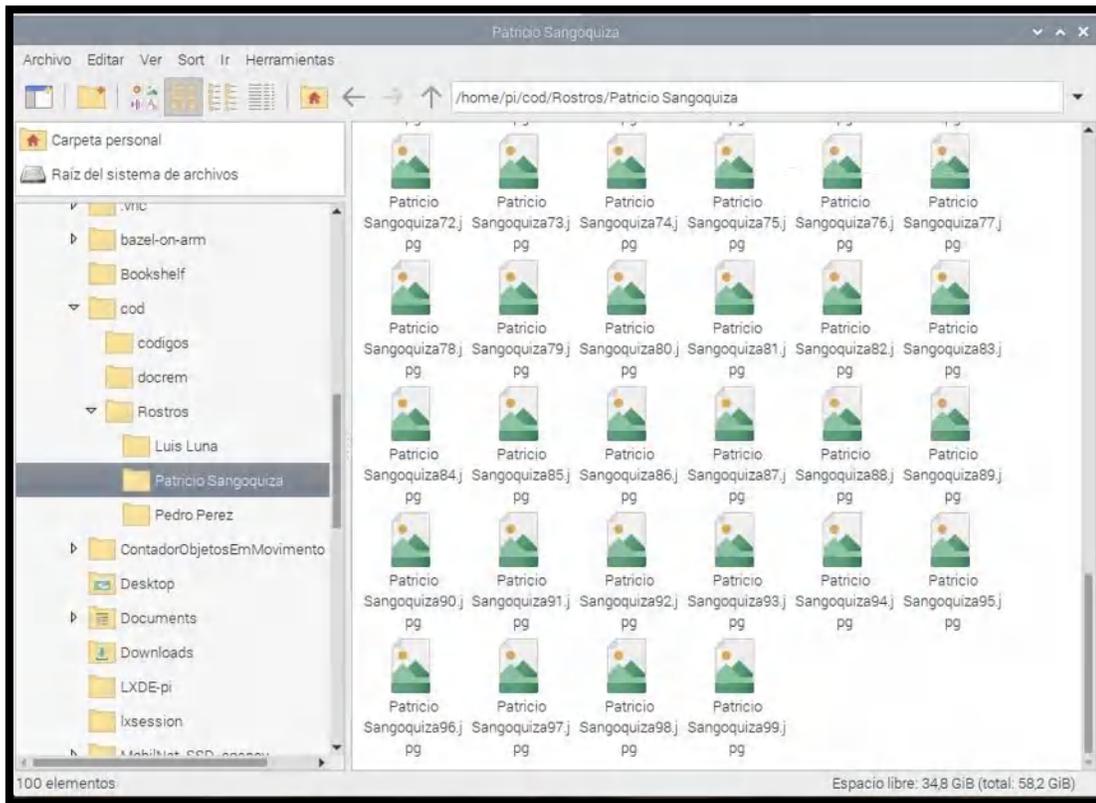


Figura 32-2: Banco de imágenes para detección de rostros

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Para eliminar un usuario se debe escribir el nombre en la sección correspondiente para luego presionar sobre el botón eliminar. El botón entrenar está orientado al ingreso de nuevos usuarios previo a dar autorización para la apertura del espacio

El proceso para conceder autorización a un nuevo usuario se describe a continuación y se muestra en la figura 31-2:

1. Pulsar botón *Cargar* ubicado en la sección de autorización, se cargan los archivos de un archivo de texto.
2. Click sobre el *combobox* e inmediatamente se despliega una lista en la cual se debe escoger el nombre de la persona que se le quiere dar autorización.
3. Una vez realizado el paso anterior se llena el campo contraseña y se presiona el botón *Autorizar*.

En la sección información se indica si la persona está autorizada y si tiene acceso al sistema.

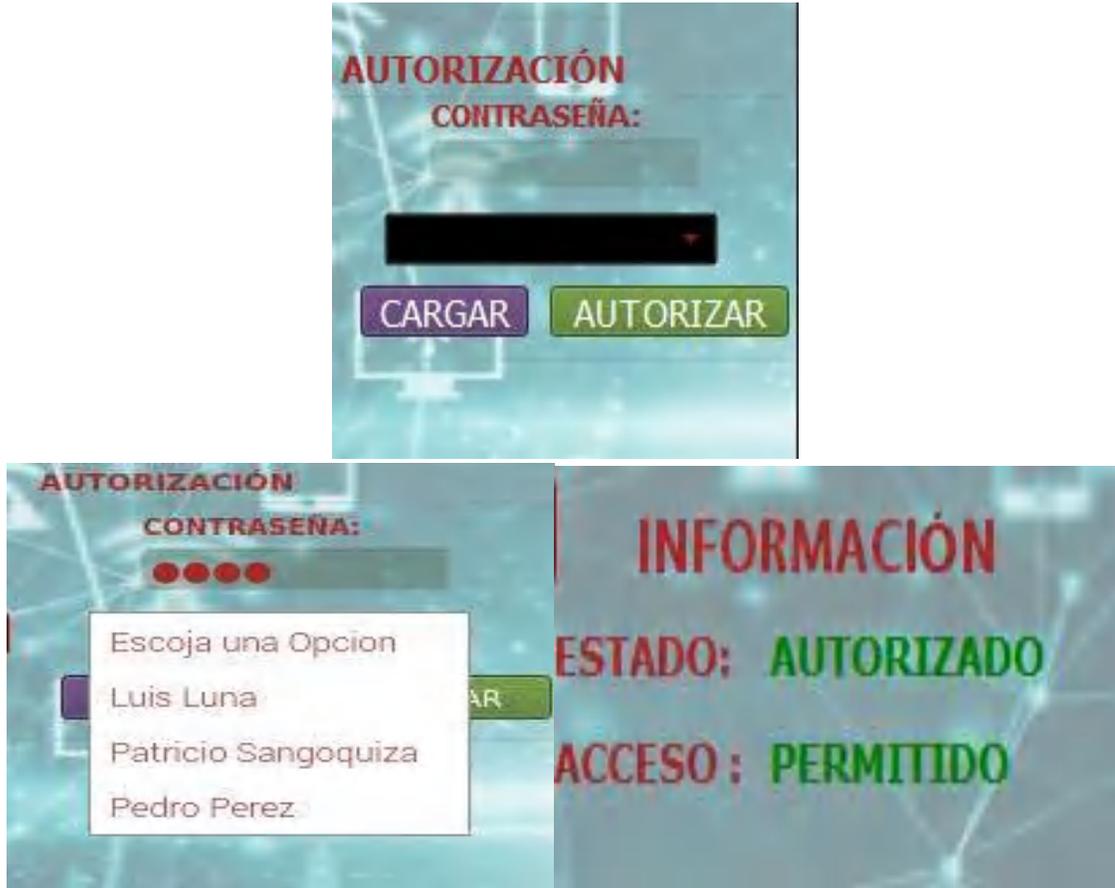


Figura 33-2: Controles de autorización de usuarios

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

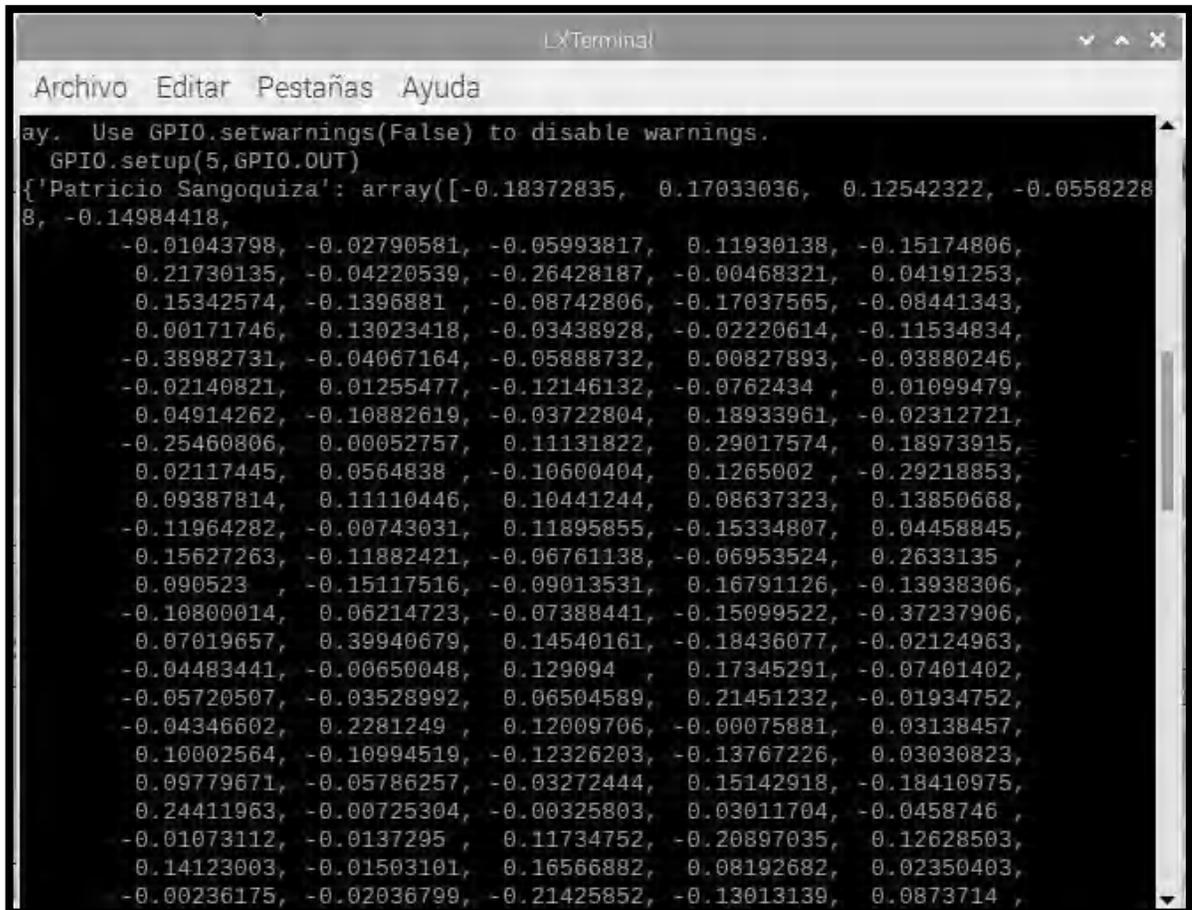
2.5.4.1. Proceso para reconocimiento de una persona

Para q un usuario sea reconocido debe estar en la base de datos de imágenes del sistema. Durante el proceso de entrenamiento se crea un objeto diccionario de *Python* el cual contiene los puntos característicos del rostro de cada persona. Este objeto se guarda en un archivo llamado *Puntos.pickle* Se pulsa el interruptor de timbre del tablero se enciende la cámara hasta detectar un rostro en la imagen o durante un lapso aproximado de 20 segundos.

Si se detecta un rostro en la imagen, el algoritmo hace una captura únicamente de la cara para luego obtener los puntos característicos de la misma y compararlos con los q se encuentran almacenados en el archivo *Puntos.pickle*. Para obtener la similitud se calcula la distancia euclidiana entre los

generados por el rostro frente a la cámara y los almacenados de cada usuario. Se almacena el valor mayor entre estas comparaciones y se compara con un nivel de seguridad ubicado en 0.55.

Si el rostro en la imagen sobrepasa todos estos filtros se dará como un rostro reconocido y se precede a verificar si tiene autorización. De ser verdadero se permite el ingreso. En la figura 32-2 se muestra el algoritmo de comparación para verificar la similitud del rostro detectado con la del directorio del banco de imágenes.



```
ay. Use GPIO.setwarnings(False) to disable warnings.
GPIO.setup(5,GPIO.OUT)
{'Patricio Sangoquiza': array([-0.18372835,  0.17033036,  0.12542322, -0.0558228
8, -0.14984418,
-0.01043798, -0.02790581, -0.05993817,  0.11930138, -0.15174806,
 0.21730135, -0.04220539, -0.26428187, -0.00468321,  0.04191253,
 0.15342574, -0.1396881, -0.08742806, -0.17037565, -0.08441343,
 0.00171746,  0.13023418, -0.03438928, -0.02220614, -0.11534834,
-0.38982731, -0.04067164, -0.05888732,  0.00827893, -0.03880246,
-0.02140821,  0.01255477, -0.12146132, -0.0762434,  0.01099479,
 0.04914262, -0.10882619, -0.03722804,  0.18933961, -0.02312721,
-0.25460806,  0.00052757,  0.11131822,  0.29017574,  0.18973915,
 0.02117445,  0.0564838, -0.10600404,  0.1265002, -0.29218853,
 0.09387814,  0.11110446,  0.10441244,  0.08637323,  0.13850668,
-0.11964282, -0.00743031,  0.11895855, -0.15334807,  0.04458845,
 0.15627263, -0.11882421, -0.06761138, -0.06953524,  0.2633135,
 0.090523, -0.15117516, -0.09013531,  0.16791126, -0.13938306,
-0.10800014,  0.06214723, -0.07388441, -0.15099522, -0.37237906,
 0.07019657,  0.39940679,  0.14540161, -0.18436077, -0.02124963,
-0.04483441, -0.00650048,  0.129094,  0.17345291, -0.07401402,
-0.05720507, -0.03528992,  0.06504589,  0.21451232, -0.01934752,
-0.04346602,  0.2281249,  0.12009706, -0.00075881,  0.03138457,
 0.10002564, -0.10994519, -0.12326203, -0.13767226,  0.03030823,
 0.09779671, -0.05786257, -0.03272444,  0.15142918, -0.18410975,
 0.24411963, -0.00725304, -0.00325803,  0.03011704, -0.0458746,
-0.01073112, -0.0137295,  0.11734752, -0.20897035,  0.12628503,
 0.14123003, -0.01503101,  0.16566882,  0.08192682,  0.02350403,
-0.00236175, -0.02036799, -0.21425852, -0.13013139,  0.0873714,
```

Figura 34-2: Algoritmo de comparación de puntos característicos del rostro

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.5.4.2. Proceso para reconocimiento de placa vehicular

De forma similar al punto anterior, al pulsar el interruptor del timbre se enciende la cámara y si existe un vehículo en la imagen, el algoritmo hace un recorte de la parte de la imagen donde se encuentra la placa del vehículo, la imagen almacena en la Raspberry PI

Posteriormente, esta imagen es cargada para verificar el texto de la placa vehicular. El algoritmo utiliza la librería de conversión de imagen a texto *OCR* para Python. Si la combinación de texto de esa placa es la misma que la placa autorizada. Se concede el acceso o de lo contrario suena una alarma de evento sospechoso.

Para la detección de vehículo en la imagen se utilizó una variante de red neuronal, diseñada para la ejecución sobre dispositivos móviles conocida como *MobilNet*, esto debido al bajo poder de procesamiento de la placa Raspberry Pi. Esta red es capaz de detectar un total de 21 objetos. Se hizo necesario realizar varios procedimientos sobre este conjunto de detección con el fin de obtener el resultado de la detección de únicamente vehículos.

La detección de placas vehiculares se la realizo con una variante del conocido algoritmo de red neuronal *YOLO* destinado únicamente a la detección de placas vehiculares. Al destinarse a la detección de un solo objeto el costo de procesamiento que requiere el algoritmo *YOLO* disminuye significativamente.

2.5.5. *Android Studio 4.1.2*

El sistema domótico cuenta con una aplicación móvil desarrollada en el software *Android Studio 4.1.2*, que es un entorno de desarrollo integrado (IDE) para desarrollar aplicaciones móviles para el sistema operativo Android. La función de la app es controlar cada uno de los interruptores del tablero de control, colocar horarios de encendido y apagado, cambiar el modo de funcionamiento a manual o automático, verificar el estado de los sensores, colocar una alarma de ser el caso y por último se puede visualizar el video de la cámara web en tiempo real y visualizar las fotos capturadas por el algoritmo de visión artificial. En la figura 33-2 se observa la programación de la interfaz gráfica para el usuario final, véase ANEXO F.

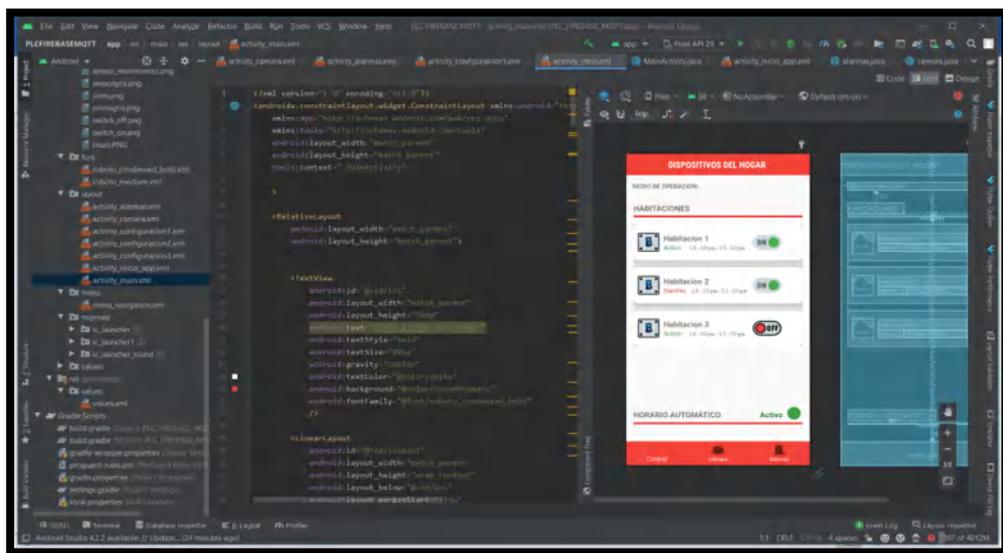
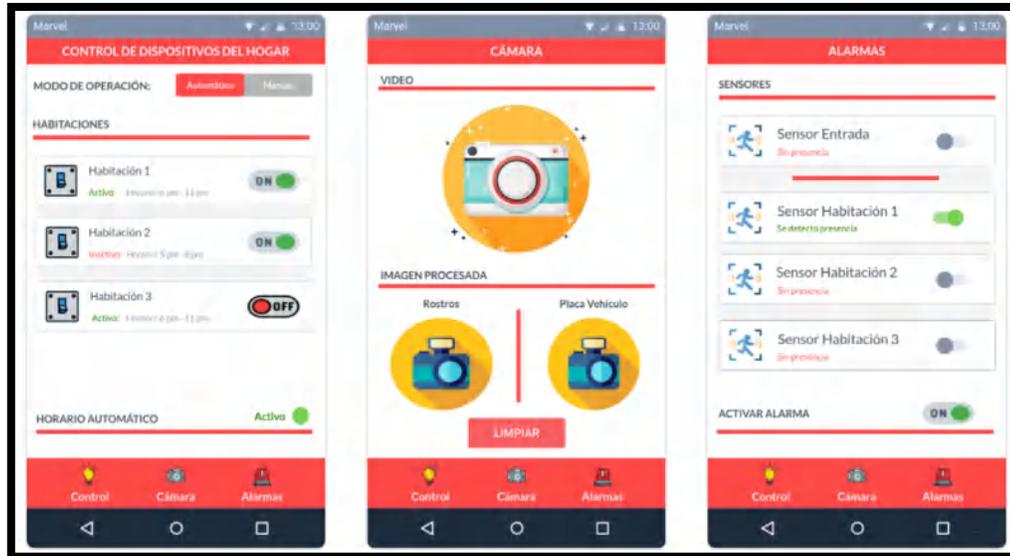


Figura 35-2: Desarrollo de la aplicación móvil en Android Studio

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

2.5.6. Base de datos Firebase

Es una plataforma en la nube que en este caso sirve para poder controlar el prototipo desde cualquier lugar del mundo. Se almacenan los datos en forma de árbol o carpetas. Estos datos son los estados de encendido o apagado de la lámparas o configuraciones del sistema domótico como se ve en la figura 34-2. Los datos se actualizan cuando existe un cambio físico desde el tablero de control o desde las diferentes aplicaciones de escritorio (Python) o web (Node-RED).

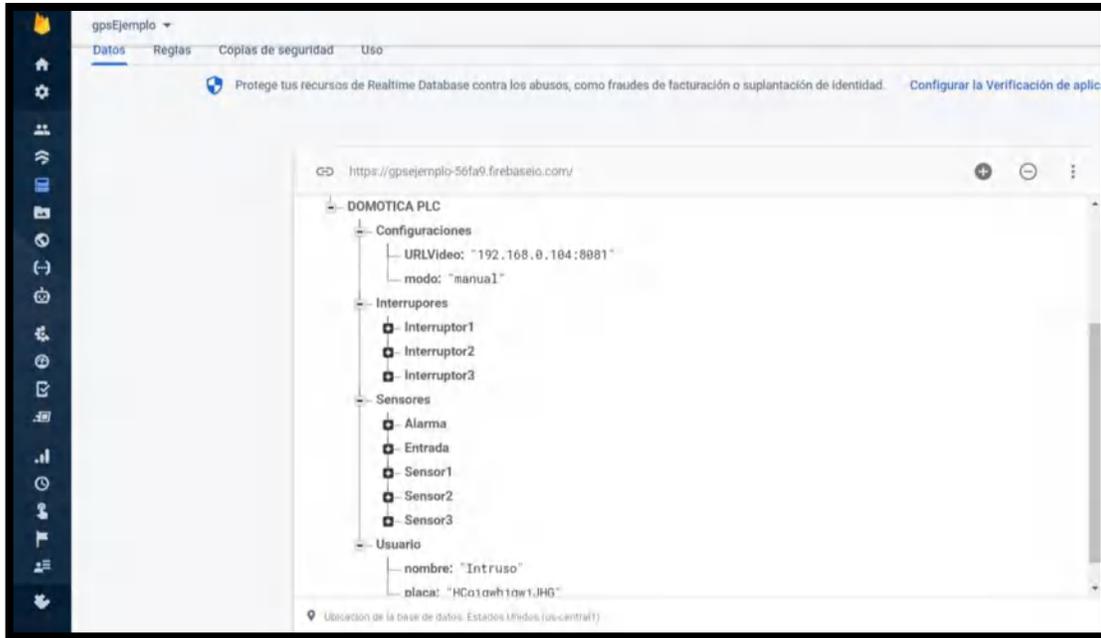


Figura 36-2: Almacenamiento de variables de estado del sistema domótico en Firebase

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Existe otra ventana llamada *Storage* como se observa en la figura 35-2, en donde se pueden almacenar archivos de cualquier tipo. En este caso se usa para almacenar las fotografías de la detección realizada por la cámara web. Una vez se detecte una persona inmediatamente esta foto se guarda en la carpeta *Persona*. Una vez almacenado la aplicación móvil detecta ese cambio e inmediatamente se carga la imagen y se puede verificar quien ha intentado entrar en el domicilio. Para el caso de la detección de vehículos se realiza el mismo procedimiento, pero en este caso se almacena la foto en la carpeta *Carros*.

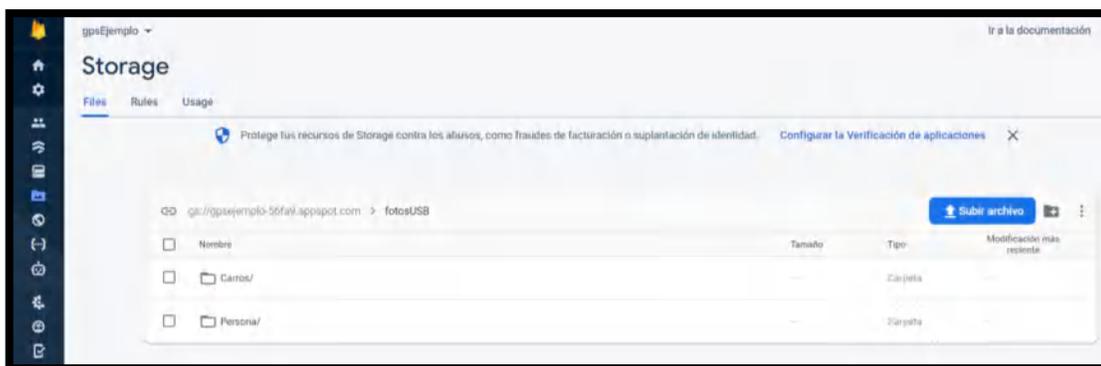


Figura 37-2: Almacenamiento de fotografías de personas o vehículos detectados.

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

3.1. Introducción

En el presente capítulo se da a conocer los resultados obtenidos conforme a las pruebas realizadas al sistema, tanto en software y hardware. Se presentan datos de funcionamiento de la comunicación, entrenamiento del algoritmo de reconocimiento, tiempos de operación, detección de rostro y placa del vehículo y operatividad sin conexión a internet, las pruebas realizadas van conforme a los objetivos planteados.

3.2. Prueba de comunicación TCP

Esta prueba determina la existencia de comunicación entre los diferentes dispositivos y/o aplicaciones implementadas, basadas en el anexo B, que muestra las variables utilizadas por el sistema.

3.2.1. Comunicación Mqtt y dispositivos

Conforme al a diseño de circuitos eléctricos de iluminación y seguridad propuestos en el tercer objetivo, se establece un protocolo de comunicación entre red y dispositivos, requiere el envío de información, para nuestro caso, palabras que son enviadas al usar los interruptores, sensores o medios digitales, se realizó 20 pruebas por cada variable a controlar, en un total de 7 días de uso del sistema, suponiendo su puesta en marcha el primer día y desactivación el día final.

Entendiendo que I1-I3 funcionan en modo manual, S1a S3 en modo automático y S4 en cualquier modo de operación.

Tabla 1-3: Prueba de comunicación Mqtt y dispositivos día 1.

N prueba	DÍA 1													
	I 1		I 2		I 3		S 1		S 2		S 3		S 4	
	EN	RE	EN	RE	EN	RE	EN	RE	EN	RE	EN	RE	EN	RE
1	A	A	B	B	C	C	D		E	E	F	F	G	G
2	A	A	B		C	C	D	D	E	E	F	F	G	
3	A		B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G

4	A	A	B	B	C		D	D	E	E	F	F	G	G
5	A	A	B	B	C	C	D		E	E	F	F	G	
6	A	A	B		C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
7	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
8	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
9	A	A	B	B	C	C	D	D	E		F	F	G	
10	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
11	A	A	B	B	C		D	D	E	E	F	F	G	G
12	A		B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
13	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F		G	G
14	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
15	A	A	B	B	C	C	D	D	E		F	F	G	
16	A	A	B		C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
17	A	A	B	B	C		D	D	E	E	F	F	G	G
18	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
19	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
20	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
CORRECTO	18		17		17		18		18		19		16	
EFICIENCIA	90		85		85		90		90		95		80	
PROMEDIO S	87,86%													

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Para la comprensión de la tabla 1-3, denota (EN) como envió de datos y (RE) como excepción de datos, las letras A hasta G, representan simbólicamente el envió de la información pertinente, esto debido a que, la información enviada es más extensa, se denota pérdida de información enviada debido al comportamiento mecánico y la interacción que sucede al leer el estado de la variable, la pérdida de información se da a un grado no tan considerable, pero teniendo en cuenta la variable S4, responsable de la activación del algoritmo de reconocimiento facial y vehicular, su función es vista como un timbre o citófono, la activación depende de un tiempo relativo, el nivel de eficiencia a lo largo del primer día es de 87.9%, un valor considerable teniendo en cuenta que cada prueba se realizó en intervalos irregulares.

Tabla 2-3: Prueba de comunicación Mqtt y dispositivos.

N prueba	DÍA 2-7													
	I 1		I 2		I 3		S 1		S 2		S 3		S 4	
	EN	RE	EN	RE	EN	RE	EN	RE	EN	RE	EN	RE	EN	RE
1	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
2	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
3	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
4	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
5	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G

6	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
7	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
8	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
9	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
10	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
11	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
12	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
13	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
14	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
15	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	
16	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
17	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
18	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
19	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
20	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	G
CORRECTOS	20		20		20		20		20		20		19	
EFICIENCIA R	100		100		100		100		100		100		95	
PROMEDIO S	99,29 %													

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Después del primer día de pruebas, se determinó que la incidencia de errores fueron causados por el tiempo de activación de cada artefacto, estableciendo 2 segundo como tiempo mínimo de activación, es decir, el usuario debe presionar los interruptores o el timbre, un tiempo mínimo de 2 segundos, no permiten cambios abruptos de estado, una vez entendido este procedimiento, se realizó las pruebas los restantes 6 días, sabiendo que la variable S4, en su funcionamiento es un timbre, y por mecanismo puede suscitar a tiempos de activación menores a 2 segundos, por eso se toma como norma la activación en tiempos mayores a 2 segundos, en la tabla 2-3, se observa que la única falla de comunicación se da en la variable S4, esto debido a que se probó el comportamiento mencionado del tiempo mínimo de activación, con promedio de eficiencia de un 99.3%, teniendo en cuenta que la información es enviada tanto al LOGO como a la Raspberry al mismo tiempo.

También a modo de comprobación podemos comprobar el funcionamiento de los mecanismos frente a su contraparte virtual cuando el modo de funcionamiento es manual, entonces:

Tabla 3-3: Prueba de comunicación modo manual.

N°	F1		F2		F3		SR
	I1	DI1	I2	DI2	I3	DI3	S4
1	E	E	E	E	E	E	E
2	E	E	E	E	E	E	E
3	E	E	E	E	E	E	E
4	E	E	E	E	E	E	E
5	E	E	E	E	E	E	E
6		E	E	E	E	E	E
7	E	E		E	E	E	E
8	E	E		E	E	E	E
9	E	E	E	E		E	E
10	E	E	E	E	E	E	E
11		E	E	E	E	E	E
12	E	E	E	E	E	E	E
13	E	E	E	E	E	E	E
14	E	E	E	E	E	E	E
15		E	E	E	E	E	
16	E	E	E	E	E	E	E
17	E	E	E	E	E	E	E
18		E	E	E	E	E	E
19	E	E	E	E	E	E	E
20	E	E	E	E	E	E	E
TOTAL	16	20	18	20	19	20	19
EFICIENCIA	80	100	90	100	95	100	95

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Para comprobar el funcionamiento de los mecanismo físicos con respecto a los digitales, la tabla 4-3 muestra el resultado de las prueba en modo manual, en donde E representa estado alterado debido al cambio de posición de mecanismo físico o digital, como se explicó previamente la condición de activación debe ser mínimo de 2 segundos, los fallos encontrados en esta prueba son a causa de no cumplir dicha condición, entonces podemos ver que en promedio tenemos un 90 % de eficiencia al pulsar los mecanismos, en cambio en modo digital como no depende de un tiempo mínimo de activación, tenemos un 100% de eficiencia al pulsar los mecanismo por la aplicación móvil.

La prueba de funcionamiento en modo automático solo presenta mecanismos físicos, ya que son sensores de presencia en su mayoría.

Tabla 4-3: Prueba de comunicación modo automático

Nº	F1	F2	F3	SR
	S1	S2	S3	S4
1	E	E	E	E
2	E	E	E	E
3	E	E	E	E
4	E	E	E	E
5	E	E	E	E
6	E	E	E	E
7	E	E	E	E
8	E	E	E	E
9	E	E	E	E
10	E	E	E	E
11	E	E	E	E
12	E	E	E	E
13	E	E	E	
14	E	E	E	E
15	E	E	E	E
16	E	E	E	E
17	E	E	E	E
18	E	E	E	E
19	E	E	E	E
20	E	E	E	E
TOTAL	20	20	20	19
EFICIENCIA	100	100	100	95
PROMEDIO	99 %			

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Los resultados de la prueba de comunicación en modo automático reflejan un 99 % de eficiencia, debido a que los sensores permanecen activados más de los 2 segundos de tiempo mínimo de activación al detectar movimiento, por tal motivo se precisa un funcionamiento óptimo, el error en el mecanismo S4 se dio al probar con el tiempo mínimo de funcionamiento.

3.3. Prueba de comunicación Firebase con aplicaciones

Mediante la imputación de algoritmos para detección y control de iluminación, referente al cuarto objetivo, se determina que el funcionamiento de esta prueba es similar a la prueba anterior, cabe mencionar que se diferencia por el almacenamiento de la información en una base de datos y las variables se nombran de forma diferente, un punto considerable es el tiempo de proceso.

La prueba tiene sentido de ser ya que puede suceder la pérdida de información, al producirse la comunicación entre dispositivos y las aplicaciones, para nuestro caso no se suscitó tal pérdida de información, entonces se establece que el sistema tiene un 99 % de eficiencia al enviar información desde el mecanismo que cambia el estado de las variables de control hacia los dispositivos y aplicaciones que se encargan de supervisar y realizar la lógica de operación para controlar las salidas requeridas, dicha prueba solo puede realizarse con conexión a internet, por motivo de funcionalidad de la base de datos, el porcentaje de efectividad de envío es tomado de la prueba anterior ya que las 2 pruebas tuvieron los mismos resultados.

3.4. Prueba de interfaz del entrenador de detección facial

Conforme al cuarto objetivo, se determina que una residencia promedio se basa en una familia de 3 integrantes, 2 padres y un hijo, teniendo eso en cuenta se establece como forma óptima de funcionamiento un entrenador de 3 personas, con operatividad desde 1 a un máximo de 10 personas, el máximo establecido por motivo de seguridad residencial, no se puede ingresar a muchas personas por términos de seguridad, el sistema tiene por característica la designación de permiso de ingreso entre las personas que están presentes en el entrenamiento, de tal forma se recomienda solo 3 personas con permiso de ingreso, se realizan 20 pruebas de detección facial.

El entrenador depende en su constitución del número de imágenes que tenga, para nuestro caso se hizo las pruebas sobre una base de 10, 100 y 200 imágenes, dando como resultados

Tabla 5-3: Prueba de entrenador de detección facial

N°	BASE 10 FOTOS			BASE 100 FOTOS			BASE 200 FOTOS		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
1	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
2	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
3	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
4	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
5	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
6	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
7	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
8	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
9	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI

10	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
11	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
12	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
13	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
14	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
15	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
16	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI
17	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
18	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
19	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI
20	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
TOTAL	9	9	12	18	19	19	19	19	19
EFICIENCIA	45	45	60	90	95	95	95	95	95
PROMEDIO	50 %			93,33 %			95 %		

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

La tabla 6-3 muestra los resultados de la prueba de detección facial, se observa que el uso de 10 imágenes para un entrenador es insuficiente, dando como eficiencia promedio un 50 % de detección de rostros de las 3 personas en circunstancias reales, entonces se supone que el aumento de imágenes mejora la detección, teniendo en cuenta que las fotografías utilizadas deben realizarse en el ambiente donde se va a colocar la cámara, es recomendable que las imágenes sean tomadas sin algún tipo de accesorio extravagante.

Para las pruebas con 100 y 200 imágenes se utilizó el criterio de selección por menor tiempo de respuesta, entonces para la detección de rostro con base en 100 fotografías, se obtuvo un promedio de eficiencia de 93% que es 2% menor al que se obtuvo con 200 imágenes, pero en pruebas posteriores se identificó que tiene mejor tiempo de reacción, por tal motivo se eligió como estándar en el desarrollo del sistema.

Cabe mencionar que el sistema admite el ingreso de más de 10 usuarios, con un peso aproximado de 4 MB por usuario y teniendo como espacio libre 35 GB, es factible su almacenamiento, más no resulta conveniente al momento de realizar un sistema de seguridad basado en reconocimiento facial.

3.5. Prueba de reconocimiento de vehículo y placa

Conforme al cuarto objetivo, la prueba de detección de vehículo el algoritmo utilizado permitió un funcionamiento fluido, teniendo en cuenta que el sistema permite el ingreso solo de 1 vehículo

registrado a la vez entendiendo que los nuevos registros sobrescriben el vehículo previamente registrado.

Tabla 6-3: Prueba de detección vehículo y placa.

Nº	Vehículo 1	Vehículo 2	Vehículo 3	Vehículo 4
1	SI	SI	SI	NO
2	SI	SI	SI	SI
3	SI	SI	SI	NO
4	SI	SI	SI	SI
5	NO	SI	SI	SI
6	SI	SI	SI	SI
7	SI	SI	NO	SI
8	SI	SI	SI	SI
9	SI	SI	SI	SI
10	SI	SI	SI	SI
11	SI	SI	SI	SI
12	SI	SI	SI	SI
13	SI	SI	SI	SI
14	SI	SI	SI	SI
15	SI	NO	SI	SI
16	SI	NO	SI	SI
17	SI	SI	SI	SI
18	NO	SI	SI	NO
19	SI	SI	SI	SI
20	SI	SI	SI	SI
TOTAL	18	18	19	17
EFICIENCIA	90	90	95	85
PROMEDIO	90 %			

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Teniendo en cuenta que el porcentaje de detección vehicular según el algoritmo en las pruebas referenciadas fue superior al 80%, se entiende como motivo de error de detección el reconocimiento de los caracteres de la placa del vehículo, entonces el sistema según las pruebas realizadas como muestra la tabla 7-3, cuenta con una eficiencia promedio de 90%, $\pm 5\%$ debido a errores de orientación de la placa detectada, es pertinente mejorar la detección del entorno a las perturbaciones que pudiesen darse al detectar un texto dentro de una imagen, véase, nivel de iluminación, destello, orientación,

locación, tipografía, entre otros factores diversos que se debe tomar en cuenta al programar un algoritmo de reconocimiento de caracteres.

Para el caso, el algoritmo implementado cumple con los requerimientos, y las falsas detecciones incurren al presionar el mecanismo S4 o timbre ya que, en su implementación funciona en secuencia con la detección facial por motivos de espacio reducido en la maqueta, pero pudiese funcionar independientemente por activación de algún sensor o señal digital (por aplicación), lo que conlleva al uso de una cámara individual para detección facial y de vehículo respectivamente.

3.6. Prueba de tiempos de ejecución de procesos

Cada proceso que realiza el sistema está sujeto a tener retardo, debido al uso de internet para comunicar la base de datos con los dispositivos y aplicaciones.

3.6.1. Prueba de tiempo de puesta en marcha del sistema

Conforme a segundo y cuarto objetivo se establece que, al energizar los dispositivos existe un tiempo de espera para entrar en funcionamiento, dicho tiempo está determinado por el lapso de puesta en marcha de la Raspberry, cuando se inicia el sistema operativo y existe comunicación entre los dispositivos y aplicaciones, las interfaces presentes en los dispositivos muestran el estado de las variables a controlar, cabe señalar que el número de pruebas son 20.

El tiempo de puesta en marcha depende de las características del dispositivo central, no existen comparativas de tiempos de arranque del sistema operativo, se puede aplicar una diferencia según el tipo de tarjeta micro SD utilizada, en nuestro caso micro SD Sandisk 64gb Ultra Clase 10 Microsdx, pero no resulta pertinente realizar una comparativa entre tiempos de arranque de sistemas operativos compatibles con Raspberry y características de rendimiento como almacenamiento y procesamiento, más bien comparar el tiempo en puesta en marcha del sistema con las características ya implementadas.

Tabla 7-3: Prueba de tiempo de puesta en marcha.

Día 1		Día 2		Día 3	
Número	Tiempo(s)	Número	Tiempo(s)	Número	Tiempo(s)
1	40.32	1	42.16	1	41.26
2	41.25	2	41.15	2	40.52
3	41.12	3	42.35	3	42.18
4	42.27	4	43.16	4	43.20
5	42.31	5	41.26	5	41.18
6	40.05	6	43.10	6	40.26
7	41.30	7	41.02	7	40.45
8	40.27	8	41.15	8	40.36
9	40.15	9	42.18	9	41.25
10	40.16	10	41.52	10	40.19
11	40.50	11	41.14	11	40.45
12	40.27	12	40.16	12	40.08
13	40.32	13	40.25	13	41.25
14	40.41	14	40.26	14	42.25
15	41.15	15	41.28	15	41.29
16	43.26	16	41.26	16	40.37
18	40.12	18	41.45	18	41.28
19	40.42	19	40.33	19	40.45
20	41.22	20	41.48	20	42.58
Media	40,89	Media	41,40	Media	41,10
Desviación	0,89	Desviación	0,87	Desviación	0,89
CV (%)	2,19	CV (%)	2,11	CV (%)	2,18

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Entonces podemos determinar que el tiempo de encendido del sistema está dentro de los 40 segundos, cabe mencionar que el sistema solo será activado al iniciar el circuito eléctrico de la residencia, o cuando exista un corte súbito de energía y su respectiva reactivación.

3.7. Prueba de funcionamiento sin conexión a internet.

Conforme al primero, segundo, tercero y cuarto objetivo se establece que cuando el sistema no tiene conexión a internet, entendiendo que debe estar conectado a una red, esto para garantizar la conexión entre dispositivos, el sistema entra en modo manual, pero sin interacción con las aplicaciones, solo operación de forma física, la prueba en cuestión cuenta con 20 muestras para cada interruptor.

Tabla 8-3: Prueba de funcionamiento sin conexión a internet

N°	F1	F2	F3
	I1	I2	I3
1	0,01	0,01	0,01
2	0,01	0,01	0,01
3	0,01	0,01	0,01
4	0,01	0,01	0,01
5	0,01	0,01	0,01
6	0,01	0,01	0,01
7	0,01	0,01	0,01
8	0,01	0,01	0,01
9	0,01	0,01	0,01
10	0,01	0,01	0,01
11	0,01	0,01	0,01
12	0,01	0,01	0,01
13	0,01	0,01	0,01
14	0,01	0,01	0,01
15	0,01	0,01	0,01
16	0,01	0,01	0,01
17	0,01	0,01	0,01
18	0,01	0,01	0,01
19	0,01	0,01	0,01
20	0,01	0,01	0,01
PROMEDIO	0,01	0,01	0,01
TOTAL	0,01		

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

No se encuentra en funcionamiento el reconocimiento facial, debido a que necesita enviarse a internet la imagen del intruso, podría solucionarse el inconveniente solo almacenando las fotografías, pero por motivos didácticos se realizó el prototipo para probar un sistema con conexión a internet y su interacción, para el caso las pruebas realizadas en el sistema sin conexión a internet, son similares a el funcionamiento normal de un circuito residencial para activación de luminarias, dando tiempos de respuesta o activación inmediatos.

CAPÍTULO IV

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El sistema en su composición necesita la presencia de ciertos dispositivos, así como una estructura, para la evaluación de costos se relaciona el sistema implementado con respecto a sistemas de bajo costo que automaticen la activación de algún artefacto, para el sistema se utilizó lógica cableada por motivos de desarrollo para simular la instalación eléctrica residencial que consta de 1 circuito de luminaria y 1 circuito de tomacorrientes con sus debidas protecciones, véase anexo G.

4.1. Análisis de costo

Entre los materiales utilizados para el desarrollo del prototipo sin tomar en cuenta mano de obra, tenemos:

Tabla 1-4: Análisis de costos del prototipo.

Cantidad	Descripción	Costo
1	Breaker riel csc 2p 20A 400V	5,35
1	Breaker riel csc 2p 10A 400V	5,35
4	Tapa para bornera Leipole 4mm	0,79
1	Selector 22mm 2pos	1,76
1	Pulsador 22mm met hongo 40mm R	2,55
1	Gabinete metálico liviano 40x40x20cm IP41	40,22
2	Prensa estopa PG21 negra 28,30mm	1,64
2	Canaleta ranurada gris DNX10042 25X40mm	10,4
4	Luz piloto 22mm Led verde 110v	6,55
25MT	Manguera corrugada gris 1/2"	3,75
3	Interruptor simple C/luz blanco VIVE	5,45
7	Cajetín para toma o interruptor blanco 32mm	9,97
7	Cajetín ortogonal Epem pvc	2,66
3	Ojo de buey sob. Redondo 12cm 6w 6k cuarzo	13,11
1	Luz con sonido ebs roja 22mm 110v	2,19
3	Placa ciega blanca veto vive	5,44
70MT	Cable flexible THHN #14 AWG	30,6
100	Terminal puntera simple 16-14 awg rojo	1,97
22	Terminal U azul 3/16 16-14 AWG 2-5Y	0,22

1FUN	Amarras 10cm T4HD nega DXN3004N	1,04
1FUN	Amarras 15cm T4HD nega DXN3004N	1,96
30	Abrazadera emt 1/2"	1,2
3	Sensores de proximidad CoMET pir 12m RK210PR	12
1	Interruptor timbre blanco VIVE	2,2
1	Web digital cam full HD 720p	25
1	Full kit raspberry pi 4 4GB, 64GB SD	150
1	¡Logo! V8 SIEMENS 115/240 V 8DI/4DO	180,65
1	Tablero madera 1x0,83 m	10
1	Interruptor diferencial RCCB F362 32A	8
5MT	Cable acometida awg (J) THWN-2 600V TC SR	8,5
1	Caja plástica recubierta para electrónica	14
1	Módulo relé 2 canales 5v	3,74
	Materiales extra	50
TOTAL		618,26

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Como costo total del prototipo en su implementación tenemos un total de 618 dólares, esto teniendo en cuenta que para una residencia el cableado eléctrico es mayor, así como los puntos de conexión, en nuestro caso existen 13 puntos de conexión y un tablero eléctrico, entonces podemos establecer un precio de desarrollo e implementación del sistema en una residencia base con 1 circuito de luminarias y tomacorrientes, sin tomar en cuenta la instalación eléctrica el sistema en su composición depende de un logo V8, Raspberry pi 4, artefactos de encendido y apagado.

Entonces como base el sistema provisto no puede aplicarse sobre una instalación residencial culminada, por motivos de lógica cableada, para poder operar sin interrumpir las conexiones de una residencia es necesario utilizar dispositivos inalámbricos que se comuniquen con raspberry, entonces según los costos de sistema, al plantearlo de forma comercial podrían usarse los siguientes dispositivos usados y un cobro de instalación regular.

Tabla 2-4: Análisis de costos del sistema base

Cantidad	Descripción	Costo
4	Luz piloto 22mm Led verde 110v	6,55
3	Interruptor simple C/luz blanco VIVE	5,45
3	Ojo de buey sob. Redondo 12cm 6w 6k kuarzo	13,11
1	Luz con sonido ebs roja 22mm 110v	2,19
3	Sensores de proximidad CoMET pir 12m RK210PR	12
1	Interruptor timbre blanco VIVE	2,2
1	Web digital cam full HD 720p	25
1	Full kit raspberry pi 4 4GB, 64GB SD	150
1	¡Logo! V8 SIEMENS 115/240 V 8DI/4DO	180,65
1	Caja plástica recubierta para electrónica	14
1	Módulo relé 2 canales 5v	3,74
1	Programación modular e instalación	120
	Materiales extra	50
TOTAL	584,89	

Realizado por: Patricio Sangoquiza, 2021

Entonces en promedio el sistema planteado podría desarrollarse con un monto base de 600 dólares aproximadamente, con relación a sistemas de automatización domiciliar que se encuentran entre los 1500 a 3000 dólares, véase anexo C, cabe mencionar que el sistema propuesto es escalable, pueden agregarse más controles, así como más funcionalidades, podría adaptarse a los requerimientos del usuario.

CONCLUSIONES

- Se implementó el control de iluminación y acceso a una vivienda, teniendo en cuenta el estado del arte según el funcionamiento y operatividad del sistema, por medio de la comunicación entre dispositivos y los usuarios, así como el uso de herramientas presentes en el área de domótica y electricidad, en todo caso debe brindar soporte y debe adaptarse a los requerimientos de los usuarios.
- Se determinó que el protocolo de comunicación Mqtt integrado en el sistema cumplió con los requerimientos establecidos, entregando tiempos de respuesta menores a 1 segundo, y funcionamiento fluido entre los dispositivos y aplicaciones para el control de luminarias y seguridad domiciliar.
- Se determinó que el uso de dispositivos comerciales provee un rango limitado de operatividad al momento de controlar variables, entregar soporte a los circuitos implementados para el control de luminarias y seguridad, para el caso solo controlando 4 salidas, lo que conlleva a la adquisición de más de 1 dispositivo obtiene un funcionamiento similar a una residencia promedio.
- Se determinó que el uso de algoritmos para el control de acceso y luminarias, cumplió con los requerimientos tanto en comunicación como en operatividad, logrando vincular dispositivos con aplicaciones para la gestión de estados de las variables a controlar, pero su escalabilidad depende de la adquisición de un dispositivo con una mayor cantidad de salidas.
- Se evaluó el sistema implementado y se determinó que cumple con los requerimientos, se realizó pruebas con respecto a envío de información, funcionalidad y soporte, entendiendo dichas pruebas como la capacidad de enviar la información entre dispositivos y aplicaciones, capacidad de reproducir la interactividad de un mecanismo físico a través de aplicaciones, vincular lógica necesaria para activación de salidas requeridas y entregar soporte en tiempos prolongados al entrar en operación dentro de una vivienda.

RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta que los dispositivos con los que se implementó el sistema representan una limitación y afecta a la escalabilidad del sistema, por lo cual se sugiere la adaptación de electrónica adicional para elaborar un dispositivo que permita control un número considerable de salidas.
- Mejorar el proceso de interconexión de dispositivos mediante el uso de controladores inalámbricos conectados a una central, sin necesidad de utilizar cableado eléctrico adicional.
- Tener un uso adecuado de los mecanismos, recomendable con un tiempo de activación mayor a 2 segundos, esto para garantizar un buen funcionamiento del sistema de comunicación e interacción entre dispositivos.
- Registrar de forma coherente los usuarios que puedan ingresar a la residencia recomendable 3 usuarios habilitados dentro del sistema, para evitar problemas de seguridad producidos al involucrar a una cantidad excesiva de personas con acceso.
- Desarrollar un sistema de soporte en caso de pérdida de conexión o suministro de energía, para lo cual el prototipo no está diseñado al operar.

BIBLIOGRAFÍA

ALVEAR, V. FARINANGO, H. NAVARRETE, I & ROSERO, P. *Internet de las cosas y visión artificial, funcionamiento y aplicaciones: revisión de literatura*. [En línea], 2016. [Consulta 2021-08-02]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/313280598_Internet_de_las_Cosas_y_Vision_Artificial_Funcionamiento_y_Aplicaciones_Revision_de_Literatura

BROWNLEE, J. *How to Perform Face Detection with Deep Learning*. [En línea], 2019. [Consulta 2021-07-23]. Disponible en:

<https://machinelearningmastery.com/how-to-perform-face-detection-with-classical-and-deep-learning-methods-in-python-with-keras/>

CAMACHO, SIGIFREDO. *Desarrollo de una plataforma web para el sistema de gestión de a información de proyectos de fiscalización realizados por la empresa TECNIE, accesible local y remotamente*. [En línea], 2018. [Consulta 2021-07-24]. Disponible en:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10786/1/CD-6318.pdf>

CASIÁN, KARINA. “*Mejora domótica para residencias utilizando PLC con sensores de Resistencia*”. [En línea], 2018. [Consulta 2021-07-24]. Disponible en:

<https://docplayer.es/202500016-Universidad-tecnologica-de-manzanillo.html>

CASTRO, RICARDO. “*Desarrollo e implementación de una aplicación para dispositivos móviles, con sistema operativo android, para el control de luminarias y monitoreo de consumo de energía eléctrica de una vivienda*”. [En línea], 2016. [Consulta 2021-08-06]. Disponible en:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17887/1/UG-FCMF-B-CISC-PTG.1226.pdf>

CHÁVEZ, JOSÉ. “*Sistema de control de iluminación del edificio de la sede permanente de la UNASUR*”. [En línea], 2015. [Consulta 2021-08-05]. Disponible en:

<https://n9.cl/qd5sx>

DIARIO DE SEVILLA, *Visión artificial frente al coronavirus*, [En línea], 2020. [Consulta 2021-07-28]. Disponible en:

https://www.diariodesevilla.es/tecnologia/Vision-artificial-frente-Coronavirus_0_1468053318.html

ENDARA, C. MAIGUA, E. *Desarrollo de un algoritmo de trayectoria para un robot seguidor de línea destreza de competencia mediante visión e inteligencia artificial.* [En línea], 2021. [Consulta 2021-07-21]. Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19880/1/UPS%20-%20TTS281.pdf>

ENDESA. SMART CITIES. [En línea], 2021. [Consulta 2021-08-06]. disponible en:

<https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-smart-city>

GARCÍA, FRANCISCO. *"Ingeniería del Software"*. [En línea], 2018. [Consulta 2021-07-23]. Disponible en:

<https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/1228/1/07-rep.pdf>

GARCÍA, N. GONZÁLEZ, V. ALEGRE, E. FIDALGO, F. *Comparación de métodos de detección de rostros en imágenes digitales.* [ISBN 978-84-16664-74-0]. [En línea], 2017. [Consulta 2021-07-21]. Disponible en:

<https://docplayer.es/96593234-Comparacion-de-metodos-de-deteccion-de-rostros-en-imagenes-digitales.html>

GÁZQUEZ, V. ZAFRA, A & PÉREZ, O. **DOMOTICA PARA INGENIEROS.** [En línea], 2015. [Consulta 2021-08-06]. Disponible en:

<https://n9.cl/555we>

HUIDOBRO, JOSÉ. **DOMÓTICA: SISTEMA PARA AUTOMATAS.** [En línea], 2005. [Consulta 2021-08-04]. Disponible en:

<https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=30014>

ILKIN, Sefik. *A gentle introduction to face recognition in deep learning.* [En línea], 2017. [Consulta 2021-07-21]. Disponible en:

<https://sefiks.com/2020/05/01/a-gentle-introduction-to-face-recognition-in-deep-learning/>

LAB.ELMUNDO. *Superordenadores al servicio del paciente.* [En línea], 2018. [Consulta 2021-07-25]. Disponible en:

<https://lab.elmundo.es/inteligencia-artificial/salud.html>

LARA, CANO. *Diseño y simulación de un sistema de control Smart Home*. [En línea], 2016. [Consulta 2021-07-23]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/331635452_Disenio_y_simulacion_de_un_sistema_de_control_Smart_Home

MERCHÁN, W & CALDERÓN, E. “*Automatización para sistemas de alumbrado residencial y público con iluminación LED*”. [En línea], 2018. [Consulta 2021-08-06]. Disponible en:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16339/1/UPS-GT002352.pdf>

OPENVINO, *Open Model Zoo Demos*. [En línea], 2020. [Consulta 2021-07-21]. Disponible en:

https://docs.openvino toolkit.org/latest/omz_demos.html

ORDIERES, J. CASTEJÓN, M. MARTÍNEZ, F & ALBA, F. *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial*. [En línea], 2006. [Consulta 2021-08-03]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/231521316_Tecnicas_y_algoritmos_basicos_de_vision_artificial_Recurso_electronico_-_En_linea

PAZ, MIGUEL. *Analizar el uso de la domótica y su influencia en la comunidad de os hogares arequipeños*. [En línea], 2020. [Consulta 2021-08-07]. Disponible en:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8068/2/IV_FIN_108_TI_Paz_Corrales_2020.pdf

PÉREZ, Ramón Guerrero. *Mantenimiento preventivo de sistemas domóticos e inmóticos. elem0111*. [En línea], 2015. [Consulta 2021-07-20]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=YVYpEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=protocolos+dom%C3%B3ticos+pdf&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

REYES, O. MEJIA, M & USECHE, J. *Técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el procesamiento de imágenes y su aplicación en el análisis de pavimentos*. [En línea], 2019. [Consulta 2021-08-02]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/journal/1492/149258931014/html/>

ROMERO, CRISTÓBAL. *Domótica: edificios inteligentes*. [En línea], 2004. [Consulta 2021-08-04]. Disponible en:

https://www.academia.edu/29893746/La_Dom%C3%B3tica_%C3%8Dndice_de_contenidos

SIEMENS, LOGO! *Software*. [En línea], 2019. [Consulta 2021-07-25]. Disponible en:

[https://support.industry.siemens.com/cs/document/109767413/logo!-soft-comfort-v8-2-sp1-\(download-notes-instructions\)?dti=0&lc=en-WW](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109767413/logo!-soft-comfort-v8-2-sp1-(download-notes-instructions)?dti=0&lc=en-WW)

SIMON, *Sistemas de control de iluminación: edificios sostenibles y alumbrado inteligente*. [En línea], 2020. [Consulta 2021-08-06]. Disponible en:

<https://www.simonelectric.com/blog/sistemas-de-control-de-iluminacion-edificios-sostenibles-y-alumbrado-inteligente>

VELNO, *Software de programación*. [En línea], 2020. [Consulta 2021-07-23]. Disponible en:

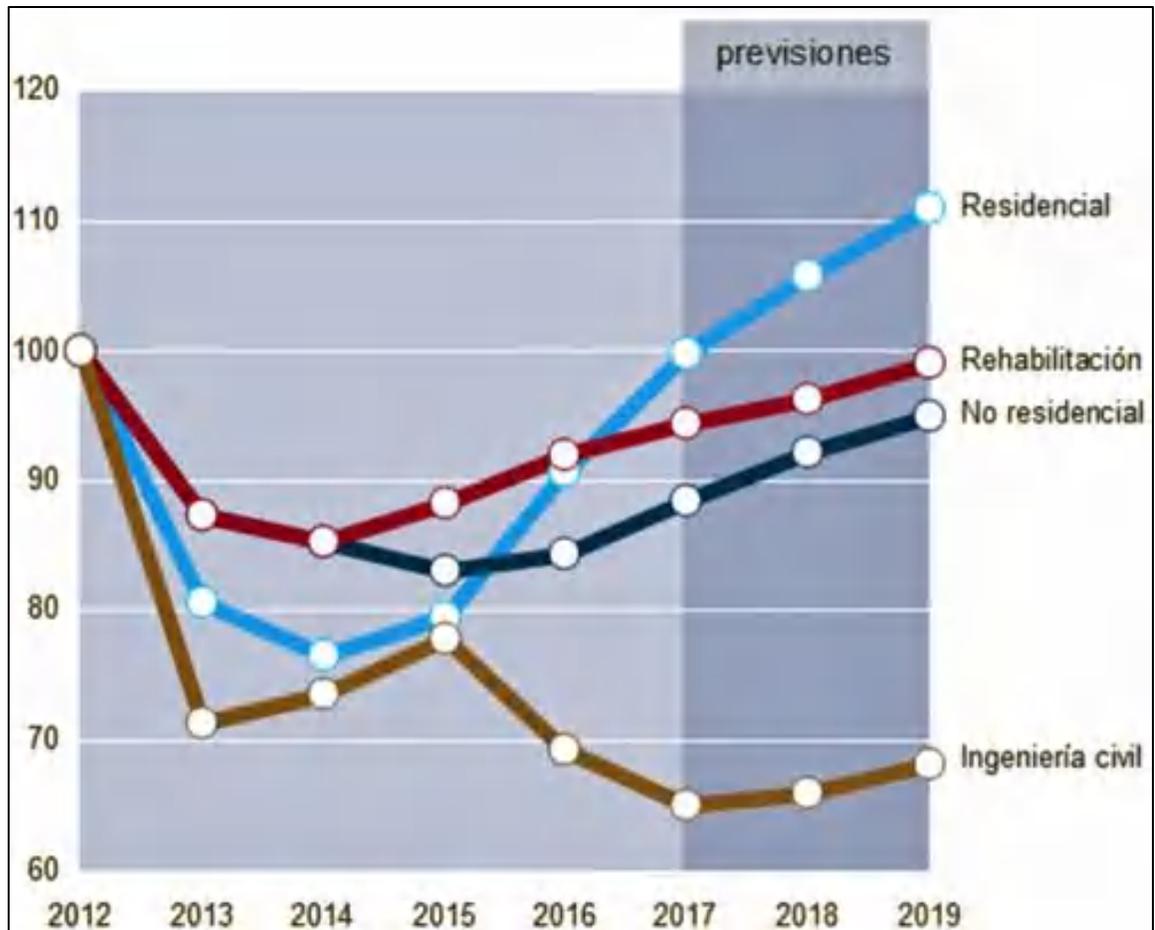
<https://velneo.es/software-de-programacion/>

ZHANG, K. ZHANG, Z. LI, Z & QIAO, Y. *Joint face detection and alignment using multi-task cascaded convolutional networks*. [DOI: 10.1109/LSP.2016.2603342]. [En línea], 2016. [Consulta 2021-07-22]. Disponible en:

<https://arxiv.org/abs/1604.02878v1>

ANEXOS

ANEXO A: Evolución de la domótica desde el año 2012 al 2019



ANEXO B: Variables utilizadas en el sistema.

MECANISMO	VARIABLE
Interruptor 1	I1
Interruptor 2	I2
Interruptor 3	I3
Sensor 1	S1
Sensor 2	S2
Sensor 3	S3
Timbre	S4
Luz 1	F1
Luz 2	F2
Luz 3	F3
Sirena	SR
Digital 1	ID1
Digital 2	ID2
Digital 3	ID3
Luz cara	F4
Luz auto	F5

ANEXO C: Proforma de sistema domótico para residencia.

RUC: 0604285643001

Av. Pedro Vicente Maldonado y José de Rocha

RIOBAMBA - ECUADOR

smartelectronicsnew@hotmail.com



Cel. 0983133440

Documento	Número	Fecha
Proforma	252	6/8/2020

CLIENTE: CONSUMIDOR FINAL

CI/RUC:

DIRECCIÓN:

TELÉFONO:

CORREO:

Proyecto: PROFORMA DOMOTICA

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO U.	TOTAL
MODULO 3 ZONAS SMART	Control 3 focos y 6 sensores	1	135	135
MODULO 2 ZONAS SMART	Control 2 focos y 8 sensores	3	100	300
MODULO 1 ZONA SMART	Control 1 foco y 10 sensores	1	80	80
MODULO CHAPA	Cerradura inteligente (Huella, Tarjeta,	1		0
MODULO MOTOR PUERTA		1		0
MODULO CENTRAL(BASE DE DATOS, APLICACIÓN MOVIL Y WEB, COMANDOS DE VOZ)		1	900	900
CAJAS PARA INSTALACION		10	7	70
SENSORES PRESENCIA		18	2	36

SUBTOTAL	IVA 12%	TOTAL
1521	182.52	1703.52

Nota: Este presente documento indica los valores en tentativa según el proyecto o proforma de materiales ,
La validez de este documento tiene un plazo de 15 días.

ANEXO D: Características de dispositivos.

Kit LOGO! 8.3 - 230RCE con conectividad a la nube		
	LOGO! 230RCE, Mini PLC LOGO! 8.3 con conectividad a la nube (AWS). <ul style="list-style-type: none"> • Alimentación 115V/230 V AC RCE • 400 bloques de memoria • 8 entradas digitales 230 V AC • 4 salidas digitales a relé 10A • Web Server e interfaz Ethernet integrados • Páginas Web personalizables con el usuario • Display integrado que permite la programación 	
	N° Pedido: ES2:LOGO2001	N° uds. <input type="text"/>
N° Pedido: ES2:LOGO2001SW - (Incluye licencia software LOGO! Soft Comfort v 8.3)		
N° uds. <input type="text"/>		125,00 € / ud (IVA aplicable 21%)

Web Digital Camera User Guide

Introduction
 Thank you for choosing our new generation Web Digital Camera! It is a high performance web digital product guaranteed by our technology and quality. It is a product for real-time data transmission to PC via USB port. It has a high resolution and fast transmission rate, and it is also nice-looking and easy to carry with you it just brings intimate and convenient life experience with your distant friends and families!

Parameters And Features

- * High resolution COMS color sensors
- * Large window capture size:640X480/800X600
- * Video mode:24bit true color
- * Interface:USB port
- * Transmission rate:320x240 25F/S
 640x480 25F/S
 1280x720 25F/S
 1920x1080 25F/S
- * Noise-signal ratio:greater than 48dB(30F/s 220LUX)
- * Dynamic range:greater than 72 dB
- * Image focus:5cm to infinity
- * Build-in image compression
- * Automatic brightness adjustment
- * Automatic color compensation
- * Manual focus

System requirements

- * - IBM PC or compatible PC or laptop with USB port Pentium 200 or higher GPU
- * - Operation system: Windows XP/ 2000 /2003 / Vista/ 7/ 8/ 10, Mac OS, Android and Linux
- * - Over 200MB available hard disk space
- * - 32MB or higher memory
- * - Support Direct X VGA card

Raspberry Pi 4 Model B Datasheet
 Copyright Raspberry Pi (Trading) Ltd. 2019

2 Features

2.1 Hardware

- Quad core 64-bit ARM-Cortex A72 running at 1.5GHz
- 1, 2 and 4 Gigabyte LPDDR4 RAM options
- H.265 (HEVC) hardware decode (up to 4Kp60)
- H.264 hardware decode (up to 1080p60)
- VideoCore VI 3D Graphics
- Supports dual HDMI display output up to 4Kp60

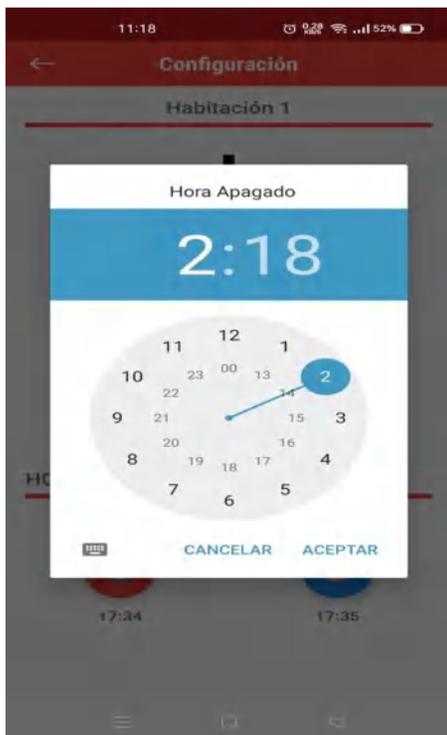
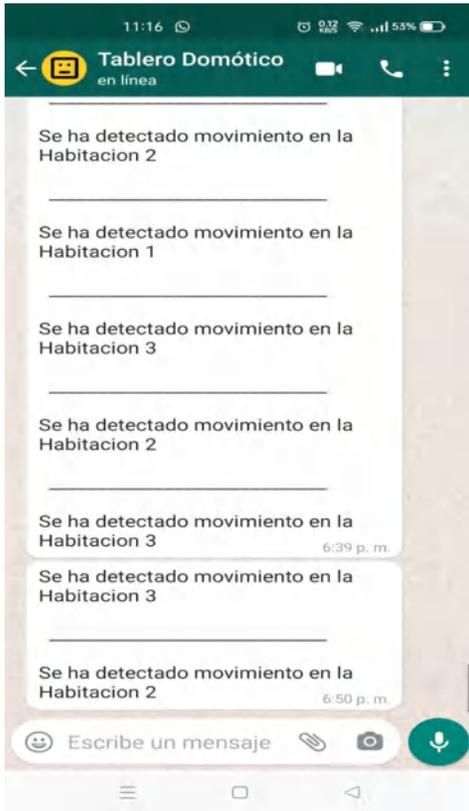
2.2 Interfaces

- 802.11 b/g/n/ac Wireless LAN
- Bluetooth 5.0 with BLE
- 1x SD Card
- 2x micro-HDMI ports supporting dual displays up to 4Kp60 resolution
- 2x USB2 ports
- 2x USB3 ports
- 1x Gigabit Ethernet port (supports PoE with add-on PoE HAT)
- 1x Raspberry Pi camera port (2-lane MIPI CSI)
- 1x Raspberry Pi display port (2-lane MIPI DSI)
- 28x user GPIO supporting various interface options:
 - Up to 6x UART
 - Up to 6x I2C
 - Up to 5x SPI
 - 1x SDO interface
 - 1x DPI (Parallel RGB Display)
 - 1x PCM
 - Up to 2x PWM channels
 - Up to 3x GPCLK outputs

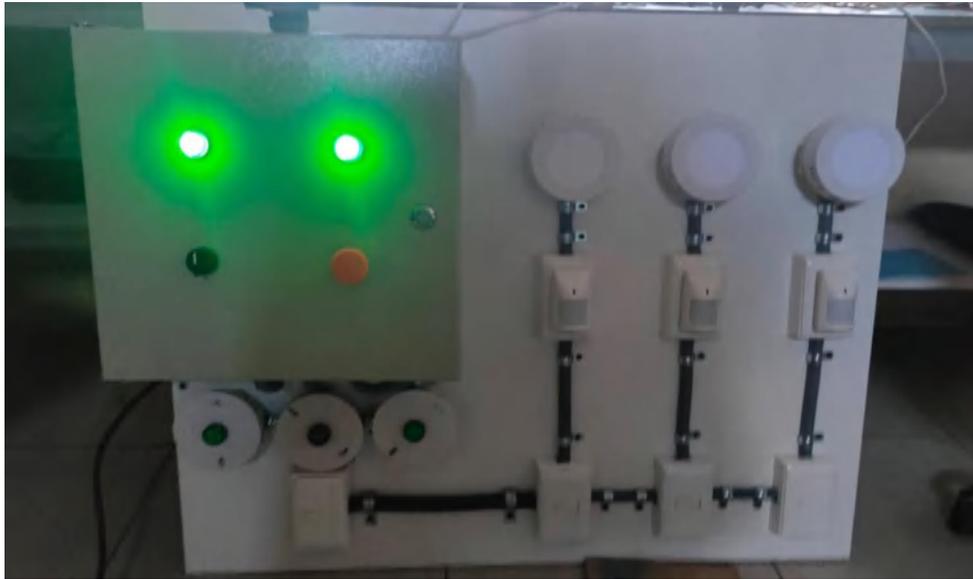
ANEXO E: Programación en lenguaje Python

```
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

ANEXO F: Aplicación móvil.



ANEXO G: Maqueta de sistema domótico.





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 05 / 01 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: PATRICIO EZEQUIEL SANGOQUIZA TIPANTIZA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.

