



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO DE
RECONOCIMIENTO FACIAL PARA UN SISTEMA DOMÓTICO
BASADO EN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN X10”

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTORA: KAREN ESTEPHANY BONE PORTOCARRERO

DIRECTOR: Ing. PABLO EDUARDO LOZADA YÁNEZ MSc.

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, **Karen Estephany Bone Portocarrero**

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, Karen Estephany Bone Portocarrero, 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 autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.

Riobamba, 24 de Febrero del 2022



Karen Estephany Bone Portocarrero

080413028-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: el Trabajo de Titulación tipo: Dispositivo Tecnológico, **“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO ELECTRÓNICO DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA UN SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN X10”**, realizado por la señorita **KAREN ESTEPHANY BONE PORTOCARRERO**, 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.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Luis Tinajero León MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	2022-02-24
Ing. Pablo Eduardo Lozada Yánez MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION	2022-02-24
Ing. Jorge Luis Paucar Samaniego MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL.	2022-02-24

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo quiero dedicar a Dios, por ser mi pilar y mi fortaleza en cada etapa de mi vida, demostrándome mediante mis padres que los éxitos con esfuerzo diario, determinación, es posible; por cada palabra justa y necesaria cuando lo necesite, porque gracias a ellos entendí que los sueños existen para alcanzarlos.

Estephany

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle a mi familia por estar ahí para mí siempre, a mis dos madres que Dios me permitió tener, la primera que me dio la vida y a mi segunda mamá, Mireya, porque me han apoyado en todo, por el infinito Amor transmitido a lo largo de los años, a mis amigos de la facultad y de danza porque hicieron mi día a día más llevadero y alegre con sus chistes ocurrentes.

Estephany

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1	Antecedentes	4
1.2	Introducción a la domótica	5
1.3	Definición de Domótica	5
1.4	Domótica	5
1.5	Evolución Histórica de la domótica.....	6
1.6	Redes Domesticas	6
1.7	Campos de aplicación.....	6
1.8	Comodidad y confort.....	6
1.8.1	<i>Seguridad</i>	7
1.8.2	<i>Ahorro Energético</i>	7
1.8.3	<i>Comunicaciones</i>	7
1.9	Tipos de Topología	7
1.9.1	<i>Topología en Estrella</i>	7
1.9.2	<i>Topología en anillo</i>	8
1.9.3	<i>Topología en bus</i>	8
1.10	Tipos de arquitectura	8
1.10.1	<i>Arquitectura Centralizada</i>	8
1.10.2	<i>Arquitectura Descentralizada</i>	9
1.10.3	<i>Arquitectura Distribuida</i>	9
1.11	Medios de Transmisión	10

1.11.1	<i>Corrientes portadoras</i>	10
1.11.1.1	<i>Características de los sistemas de corrientes portadoras</i>	10
1.11.2	<i>Cable Coaxial</i>	10
1.11.3	<i>Fibra Óptica</i>	11
1.11.4	<i>Transmisión inalámbrica</i>	11
1.12	Protocolos de comunicación	11
1.12.1	<i>Por su estandarización</i>	11
1.12.2	<i>Por su comunicación</i>	11
1.12.2.1	<i>X-10</i>	11
1.12.2.2	<i>EHS</i>	15
1.12.2.3	<i>EIB</i>	15
1.12.2.4	<i>Batibus</i>	16
1.12.2.5	<i>KNX</i>	16
1.12.2.6	<i>Lonworks</i>	16
1.12.2.7	<i>Jini</i>	16
1.12.2.8	<i>TCP/IP</i>	17
1.13	Tarjetas controladoras	17
1.14	Visión Artificial	18
1.14.1	<i>Definición</i>	18
1.14.2	<i>Etapas de un sistema de visión artificial</i>	18
1.15	Reconocimiento facial	18
1.15.1	<i>Detección de rostros</i>	18
1.15.1.1	<i>Algoritmo de Viola-Jones</i>	19
1.15.1.2	<i>Eigenfaces</i>	19
1.15.1.3	<i>FisherFaces</i>	19
1.15.1.4	<i>LBPH</i>	19
1.16	Almacenamiento de datos	20
1.16.1	<i>Python</i>	20
1.16.2	<i>SQL</i>	20
1.16.3	<i>PHP</i>	21

CAPÍTULO II

2	PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO	22
---	--	----

2.1	<i>Selección del hardware del módulo</i>	22
2.1.1	<i>Raspberry Pi</i>	22
2.1.2	<i>Módulo Transceptor CM15A</i>	23
2.1.3	<i>Módulo AM466</i>	24
2.1.4	<i>Cerradura Electromagnética ZKLM-2802</i>	24
2.2	Diagramas del módulo electrónico	25
2.2.1	<i>Diagrama General</i>	25
2.2.2	<i>Diagrama para captura de la imagen</i>	26
2.2.3	<i>Diagrama procesamiento de la imagen</i>	27
2.2.4	<i>Diagrama fase de reconocimiento</i>	28
2.2.5	<i>Diagrama X10</i>	30
2.3	Software del módulo	30
2.3.1	<i>Análisis comparativo de algoritmos existentes para reconocimiento facial</i>	31
2.3.2	<i>Python</i>	32
2.4	Proceso de funcionamiento	33
2.4.1	<i>Instalación de librerías</i>	33
2.4.2	<i>SQLITE</i>	35
2.4.3	<i>Instalación librerías raspberry</i>	36
2.4.4	<i>Proceso de entrenamiento</i>	37
2.4.5	<i>Ventana de reconocimiento</i>	38
2.4.6	<i>Trama X10</i>	38
2.4.7	<i>Acondicionamiento de la Señal</i>	39
2.4.7.1	<i>Detector de cruce por cero</i>	39
2.4.7.2	<i>Detector de portadora de 120KHz</i>	40

CAPÍTULO III

3	VALIDACIÓN PROTOTIPO	41
3.1	Pruebas de detección y reconocimiento bajo cambios de iluminación	41
3.2	Pruebas eficiencia reconocimiento	42
3.3	Prueba reconocimiento variando distancia	45
3.4	Pruebas de X10	47
3.5	Prueba funcionamiento general	48

CAPÍTULO IV

4	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	51
4.1.1	<i>Análisis de costos</i>	51
4.1.2	<i>Análisis comparativo de los protocolos de comunicación existentes en domótica</i>	52
4.1.3	<i>Análisis de costos del módulo con dispositivos existentes en el mercado.....</i>	53
	CONCLUSIONES.....	55
	RECOMENDACIONES.....	56
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Dirección de casa y código de casa	13
Tabla 2-1:	Dirección de unidad y códigos de control	14
Tabla 3-1:	Códigos de comandos y códigos de control	14
Tabla 4-1:	Tipos de tarjetas controladoras.....	17
Tabla 1-2:	Comparación entre características de los modelos Raspberry Pi.....	22
Tabla 2-2:	Ventajas y Desventajas en los algoritmos de reconocimiento facial	31
Tabla 3-2:	Ventajas y Desventajas de los lenguajes de programación.....	32
Tabla 4-2:	Transmisión del Código	38
Tabla 5-2:	Transmisión de la Función.....	39
Tabla 1-3:	Pruebas de reconocimiento bajo cambios de iluminación	41
Tabla 2-3:	Pruebas eficiencia reconocimiento	42
Tabla 3-3:	Pruebas de reconocimiento variando distancia.....	45
Tabla 4-3:	Pruebas envío- recepción de datos X10	47
Tabla 5-3:	Pruebas funcionamiento general del módulo.....	48
Tabla 1-4:	Costos	51
Tabla 2-4:	Ventajas y Desventajas de los protocolos de comunicación.	52
Tabla 3-4:	Ventajas y desventajas de los productos existentes en el mercado.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Arquitectura Centralizada.....	8
Figura 2-1:	Arquitectura Descentralizada	9
Figura 3-1:	Arquitectura Distribuida.....	9
Figura 4-1:	Esquema de transmisión de protocolo X10	12
Figura 5-1:	Datagrama X10	12
Figura 1-2:	Módulo Transceptor CM15A	23
Figura 2-2:	Módulo AM466.....	24
Figura 3-2:	Cerradura electromagnética.....	25
Figura 4-2:	Diagrama General de Funcionamiento	26
Figura 5-2:	Proceso captura de imagen	27
Figura 6-2:	Diagrama procesamiento de rostro	28
Figura 7-2:	Diagrama Fase de reconocimiento.....	29
Figura 8-2:	Diagrama de X10	30
Figura 9-2:	Librerías necesarias en Python	33
Figura 10-2:	Esquema programación usada	34
Figura 11-2:	Ventana de reconocimiento	34
Figura 12-2:	Ventana captura de imágenes	35
Figura 13-2:	Código usado para crear la base de datos	35
Figura 14-2:	Estructura de la base de datos	36
Figura 15-2:	Instalación de librerías en Raspberry Pi	36
Figura 16-2:	Capturas de rostro.....	37
Figura 17-2:	Aviso entrenamiento terminado.....	37
Figura 18-2:	Ejemplo reconocimiento.....	38
Figura 19-2:	Detector de cruce por cero.....	39

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Gráfico Pruebas bajo cambios de iluminación	42
Gráfico 2-3:	Gráfico Reconocimiento Usuario 1.....	43
Gráfico 3-3:	Gráfico Reconocimiento Usuario 2.....	44
Gráfico 4-3:	Gráfico Reconocimiento Usuario 3.....	44
Gráfico 5-3:	Porcentaje error de 0-25cm.....	45
Gráfico 6-3:	Porcentaje error de 26-50cm.....	46
Gráfico 7-3:	Porcentaje error de 51-75cm.....	46
Gráfico 8-3:	Porcentaje error de 76-100cm.....	47
Gráfico 9-3:	Envío y recepción de datos X10.....	48
Gráfico 10-3:	Funcionamiento General del Módulo.....	49
Gráfico 11-3:	Porcentajes del Funcionamiento General	50

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA RASPBERRY PI 4

ANEXO B: LISTADO DE MÓDULOS X10

ANEXO C: MÓDULO AM466

ANEXO D: MÓDULO CM15A

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

RF:	Radio Frecuencia
OSI:	Interconexión estándar abierta
EIB:	Instalación del Bus Europeo
TCP/IP:	Protocolo de control de transmisión
EHS:	Sistema doméstico europeo
PCA:	Análisis de componentes principales
UCP:	Unidad Central de procesos
RAM:	Memoria de acceso aleatorio
ROM:	Memoria de solo lectura
EPROM:	Memoria de solo lectura programable
CSMA-CA:	Acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones
TP1:	Par trenzado
PLC:	Controlador Lógico Programable
PIC:	Controlador Programable de interrupciones
LBPH:	Los Histogramas de Patrones Binarios Locales
LDA:	Análisis Discriminante Lineal

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo titulación fue la construcción de un módulo electrónico de reconocimiento facial para un sistema domótico basado en el protocolo de comunicación X10 para el control de acceso, para ello se hizo uso de clasificadores en cascada. En la detección del rostro se utilizó el algoritmo LBPH (Histogramas de Patrones Binarios Locales). Para la comunicación del módulo transceptor CM15A y el módulo transceptor de enchufe AM466, con la tarjeta controladora Raspberry pi 4, se realizó la instalación de librerías especiales como libusb-1.0.0, mochad y X10, que permitieron que los bits de información fueran transmitidos a través del tendido eléctrico. Las variables consideradas fueron la distancia y el cambio de iluminación en diferentes momentos del día, bajo estos parámetros se pudo determinar que el algoritmo logró detectar, realizar el reconocimiento y permitir el acceso, obteniendo como resultado una eficiencia del 95%. Se concluye que el uso del protocolo X10 representa una gran ventaja en relación a otros protocolos de comunicación gracias a que no requiere de cableado adicional para enviar y recibir bits de datos. Al usar el protocolo X10, se recomienda contar con un sistema de respaldo de energía externa, para evitar dejar el sistema de control de acceso desprotegido en caso de fallos por corte de energía eléctrica.

Palabras clave: <DOMÓTICA>, <VIVIENDA INTELIGENTE>, <PROTOCOLO X10>, <RECONOCIMIENTO FACIAL>, <CONTROL DE ACCESO>.



Firmado electrónicamente por:
ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA



0249-DBRA-UPT-2022

ABSTRACT

The objective of this degree work was the construction of an electronic module of facial recognition for a home automation system based on the X10 communication protocol for access control, cascade classifiers were used for this purpose. In the detection of face, the LBPH algorithm (Local Binary Pattern Histograms) was used. For the communication of CM15A transceiver module and AM466, plug-in transceiver module, with the Raspberry pi 4, controller card, the installation of special libraries such as libusb1.0.0, mocha and X10, was carried out, which allowed the bits of information to be transmitted through the power line. The variables considered were distance and change of lighting at different times of the day, under these parameters it was possible to determine that the algorithm achieved to detect, perform recognition, and allow access, resulting in efficiency of 95%. It is concluded that use of the X10 protocol represents a great advantage compared to other communication protocols thanks to the fact that it does not require additional wiring to send and receive data bits. When using the X10 protocol, it is recommended to have an external power backup system, to prevent unforeseen failures in the access control system due to power outage.

Keywords: <DOMOTICS>, <SMART HOME>, <X10 PROTOCOL>, <FACIAL RECOGNITION>, <ACCESS CONTROL>.



INTRODUCCIÓN

Las edificaciones en el Ecuador comúnmente son construidas de forma tradicional, poseen una infraestructura con instalaciones no monitoreadas, ni controladas, en comparación con el avance existente en la actualidad, con el paso de los años se ha evidenciado una gran diferencia en el campo tecnológico y residencial. Teniendo en cuenta esta consideración aparece la edificación domótica, la cual desde hace un tiempo atrás en el Ecuador comenzó a surgir paulatinamente, de donde las edificaciones tanto públicas como privadas empezaron a presentar ciertas características inteligentes aunque en menor grado. Lo que llamo la atención de las características que presenta la domótica fue el confort, seguridad y comunicaciones que ofrece.

Actualmente, empresas utilizan una serie de sistemas de seguridad, de las cuales se tienen: barras de ingreso, cerramientos, presencia de guardias, alarmas, etc. Buscando a través de estos medios, proteger sus bienes.

El avance de la domótica ha proporcionado que los usuarios interesados en optimizar recursos, así como también obtener seguridad, comiencen hacer uso de ella, consiguiendo de esta manera una mejor calidad de vida e integración de diversas áreas dentro del hogar.

Como se muestran en los trabajos estudiados, se han desarrollado sistemas utilizando técnicas matemáticas, integración de librerías y uso de módulos existentes para el control de acceso que quizá sea una de las áreas más importantes a controlar dentro de la domótica, la presente investigación pretende desarrollar la Construcción de un Módulo Electrónico de reconocimiento facial para un sistema domótico basado en Protocolo de comunicación X10, utilizando el tendido eléctrico para la transmisión de los datos, evitando la instalación de cableado adicional.

OBJETIVOS

Objetivos Generales:

- Construir un Módulo Electrónico de reconocimiento facial para un sistema domótico basado en protocolo de comunicación X10.

Objetivos Específicos:

- Investigar las técnicas y protocolos actuales disponibles para el reconocimiento facial
- Analizar los requerimientos del Módulo Electrónico a implementar y la forma de integración en un sistema domótico basado en Protocolo X10.
- Determinar el diseño y los elementos eléctricos- electrónicos que permitan cumplir con los requerimientos.
- Establecer los requerimientos de hardware y de software necesarios para cumplir con la construcción del Módulo Electrónico.
- Evaluar si el Módulo Electrónico cumple con los requerimientos planteados.

Justificación Aplicativa

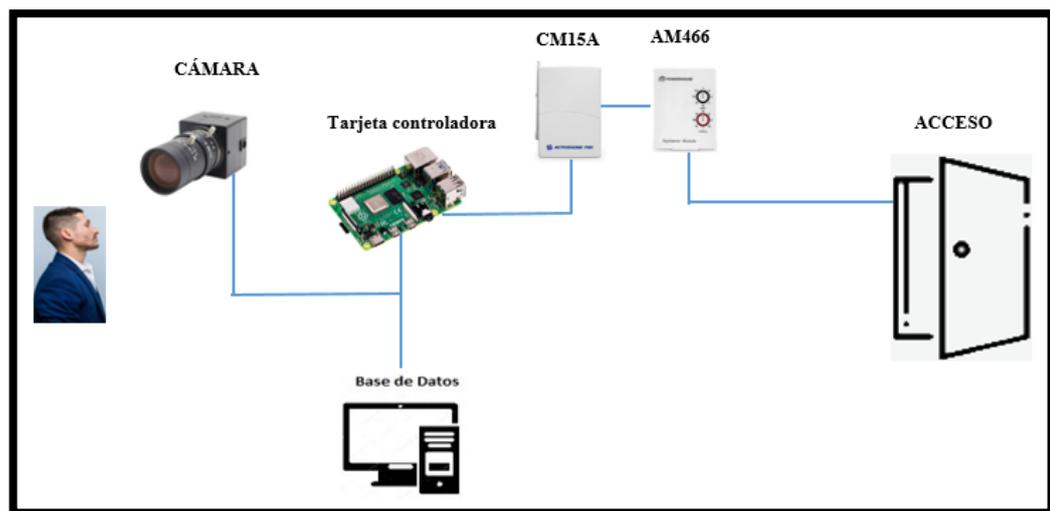


Figura1: Justificación aplicativa.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

La presente propuesta está orientada a la Construcción de un Módulo Electrónico de reconocimiento facial para un sistema domótico basado en protocolo de comunicación X10. Para

la comunicación utilizaremos una tarjeta de desarrollo, que ofrece diferentes opciones, tanto para la transferencia de información, como para el reconocimiento facial.

El procedimiento será el siguiente:

La tarjeta de desarrollo será la encargada del control del Módulo Electrónico a implementar, también es responsable de enviar la orden al módulo transmisor de X10.

La cámara en conjunto con el algoritmo de reconocimiento facial, al detectar un usuario tomará captura del rostro si la lectura es positiva.

El rostro capturado es comparado con la base de datos de los usuarios que tengan autorizado el acceso.

Si hay coincidencias la tarjeta de desarrollo envía la señal hacia el transmisor que generará el código X10.

El código enviado por el transmisor es comparado con el del receptor, si coinciden se acciona la chapa electromagnética permitiendo el acceso.

La ventaja del protocolo domótico como se ha mencionado antes es la utilización del tendido eléctrico, evitando una nueva instalación y cables adicionales.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El mercado global de la automatización en el hogar se valoró en \$39,607 millones en 2016 y se proyecta que en el 2023 alcance los \$81,645 millones, creciendo a una tasa anual del 11.2% del 2017 al 2023. La automatización del hogar es la utilización de terminales inteligentes. Se espera que el aumento de la conciencia sobre el uso eficiente de la energía y los avances tecnológicos promueva el crecimiento de los hogares domóticos. El aumento de las preocupaciones en temas de seguridad impulsó la adopción de estos sistemas.(Preksha, 2017).

Con el avance de la tecnología lo temas de seguridad también fueron modificándose, entre los cuales podemos mencionar proyectos en los que se han evidenciado.

Tal es el caso de la Universidad Católica de Colombia con la propuesta de un Sistema de reconocimiento facial para control de acceso a viviendas, este sistema tuvo como objetivo el control de acceso a una casa mediante visión artificial controlado mediante la raspberry pi 3 B+.(Castaño y Alonso, 2019, p.17).

En la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil donde se realizó el “Diseño e implementación de una casa domótica para perros domésticos usando tecnología raspberry pi y arduino con control a través de interfaz web”, el proyecto consistió en un sistema de casa domótica con acceso para el ingreso de canes, todo esto controlado por la tarjeta de Raspberry Pi 3 junto a una tarjeta Arduino Mega.(Bastidas y Rodríguez, 2018, p.24).

Otro caso es el realizado en nuestra institución con el tema Estudio y diseño de un sistema domótico aplicado en el edificio de laboratorios para la facultad de mecánica, el cual tenía como objetivo lograr ahorro energético y seguridad para regular los dispositivos de la edificación, el protocolo de comunicación empleado fue el x-10 debido a que no requiere de construcciones adicionales ya que utiliza la línea eléctrica del edificio. (Baldeón y Congacha, 2014, p.47).

Como se pudo evidenciar en la investigación realizada, el campo de la domótica en conjunto con el control de acceso ha tenido grandes avances por este motivo se ha decidido plantear como trabajo de titulación la construcción de un módulo electrónico de reconocimiento facial para un sistema domótico basado en protocolo de comunicación X10, para poder controlar el acceso a áreas determinadas. Este sistema se diferencia de los sistemas y dispositivos previamente analizados por lograr que se realice el control de acceso utilizando el protocolo de comunicación X10 sin la necesidad de la utilización de una cámara compatible con el protocolo, como es lo

sugerido en previas investigaciones revisadas para el funcionamiento adecuado del prototipo, dando así la ventaja a la propuesta planteado logrando, integración, versatilidad a bajo coste.

1.2 Introducción a la domótica

Desde la antigüedad la mayoría de los procesos eran realizados de forma tradicional, sin necesidad de un control o automatización. Alrededor de los años 90 desde los procesos artesanales hasta los procesos de producción originaron el inicio de distintos grados de automatización; la humanidad con el transcurrir de los años ha tratado de mejorar su calidad de vida, para poder protegerse de elementos como el clima, el medio ambiente, peligros y otros factores externos, las edificaciones fueron cambiando, evolucionando e incorporando más servicios: sistemas de cocina, sistemas eléctricos, agua potable y demás servicios que permitían una vida mejor. La búsqueda de bienestar ha ido produciendo cambios importantes, que afectaron a los lugares donde se trabaja, se vive o se pasa tiempos de ocio, estos cambios lograron un impacto positivo en: seguridad, comodidad, confort y ahorro energético que permiten un uso más eficiente de los dispositivos. Con el avance de la tecnología actualmente se habla de “viviendas inteligentes” o también conocida como domótica.(Huidobro, 2010, p.3-4).

1.3 Definición de Domótica

1.4 Domótica

La Domótica se define como la integración de diversas áreas e unificación de algunas tecnologías informáticas y comunicativas al hogar, proporcionado algún nivel de automatización; que puede ser desde un simple temporizador hasta sistemas capaces de interactuar con cualquier elemento eléctrico de la casa. (Colina, L.Navarrete, 2004, p.11).

Etimológicamente pertenece al término francés <<domotique>>, se incorporó en 1998, procede del latín domus (casa, domicilio, vivienda) y del griego αὐτόματος (automática), que agrupa varias técnicas como la electrónica, informática y automatismos industriales. (Quiroz, 2005, p.4).

1.5 Evolución Histórica de la domótica

El origen de la domótica se remonta a los años setenta, cuando en Estados Unidos aparecen los primeros dispositivos de automatización de edificios. En 1984 Estados Unidos nuevamente impulsó el desarrollo de la domótica con su proyecto Smart House dirigido por la NAHB (National Association of Home Builders), (Chamorro Williams, n.d.) El proyecto pretendía reunir en un cable unificado a los distintos sistemas que pueden existir en una vivienda. En 1985 en Europa se inició con los primeros esfuerzos de normalización a cargo del programa EUREKA, denominado Integrated Home Systems, el proyecto tenía como objetivo implantar una red doméstica con normas de utilización comunes. La implementación de electrónica de bajo coste promovió la expansión de sistemas usando domótica, logrando despertar el interés internacional. (Quiroz,2005,p.13) (Junestrand, 2004, p.7).

1.6 Redes Domesticas

Existe confusión entre los términos: sistema domótico y red domótica, la diferencia entre ambas es que el sistema domótico consta de todos los elementos para que el conjunto sea llamado inteligente, mientras que la red domótica o red doméstica permite la comunicación de los dispositivos que se encuentren dentro del hogar con el exterior. (Domínguez y Sáez, 2006).

1.7 Campos de aplicación

La Domótica ha evolucionado considerablemente; entre los principales objetivos de la domótica se encuentran: ofrecer una mejor calidad de vida, comodidad, confort, seguridad, ahorro energético y comunicaciones que a continuación se detallan:

1.8 Comodidad y confort

El progreso de la domótica ha permitido su inserción a las diferentes necesidades del hogar, las maneras de cubrir esas necesidades varía de un hogar a otro, por ejemplo: la calefacción, la iluminación, el control de persianas, control de temperatura, detección de fugas, contadores electrónicos que informan del consumo eléctrico, dependerá directamente del usuario final y del ambiente que se desee controlar.(H.Maldonado, E.Chacha, 2017, p.1).

1.8.1 Seguridad

La seguridad del hogar y oficinas, esta necesidad es cubierta con: gestión de control de acceso, alarmas, sensores (de movimiento y presencia), simulación de presencia, instalación de cámaras y micrófonos brindando con ello más tranquilidad al usuario.

1.8.2 Ahorro Energético

La eficiencia energética ha sido de interés colectivo, con las instalaciones domóticas es posible controlar de mejor manera el consumo energético, logrando racionalizar el consumo y evitar despilfarros innecesarios, pero ¿cómo se puede lograr un ahorro energético con la domótica?, la respuesta es con la automatización de los dispositivos del hogar. (Maldonado, E. Chacha, 2017, p.2).

1.8.3 Comunicaciones

Gracias a la integración de los sistemas y a las conexiones que establece la red domótica con algunos otros dispositivos como la red telefónica, entre otros, la vivienda puede integrarse a otro tipo de servicios a distancia como la televisión satelital, las compras, internet o servicios avanzados de telefonía. (Huidobro, 2010, p.17).

1.9 Tipos de Topología

El término topología se refiere a la forma en que está diseñada la red, bien físicamente (algunas características en su hardware) o bien lógicamente (características internas de su software).

Hoy en día existen diversas topologías de red básicas: estrella, anillo, bus. (Constantino, 2011, p.39).

1.9.1 Topología en Estrella

La topología en estrella consiste en una interconexión que se caracteriza por poseer un dispositivo de control llamado centro de conexiones o concentrador al cual convergen, cada dispositivo necesita solamente un enlace y un puerto de entrada/salida. (Maldonado, E. Chacha, 2017, p.4).

1.9.2 Topología en anillo

En una topología en anillo generalmente la comunicación se realiza de manera unidireccional. El inconveniente principal de esta topología es que si un nodo se estropea el círculo del anillo ya no se encuentra cerrado y se pierden la mayoría de funcionalidades que ofrece. (Moro, 2011,p.12) (Juncosa, 2019).

1.9.3 Topología en bus

Una topología en bus es multipunto, cuenta con un cable de poca longitud que lo conecta a una línea troncal o backbone. El bus a más de la comunicación también se encarga generalmente de la alimentación de la electrónica. Al estar todos los dispositivos conectados en una sola línea de transmisión, estos deben de tener una dirección para su localización; además, los mensajes poseerán un direccionamiento en el cual se indique tanto su origen como destino. (Moro, 2011, p.12).

1.10 Tipos de arquitectura

La arquitectura en un sistema domótico, especifica el modo en que otros elementos de control se van a colocar. Existen tipos de arquitecturas básicas entre las cuales tenemos: la arquitectura centralizada, la arquitectura descentralizada y la arquitectura distribuida.

1.10.1 Arquitectura Centralizada

De similitud a la red estrella, en otras palabras aquella en la que los elementos a controlar (sensores, luces) han de cablearse hasta el sistema central de control, esta arquitectura es la más sencilla y económica. (Navarrete, 2005).

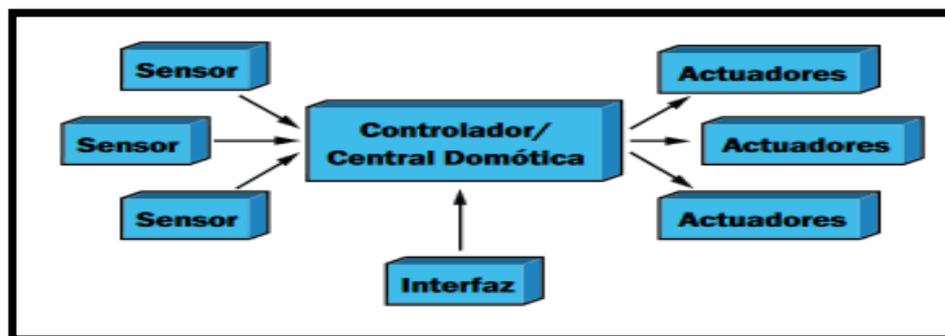


Figura 1-1: Arquitectura Centralizada.

Fuente: Redolfi , 2013.

1.10.2 Arquitectura Descentralizada

Capaz de soportar variadas aplicaciones, crece en conjunto con la edificación que se desea domotizar. Los elementos que la componen intervienen por sí solos, si necesita intercambiar información con otros elementos lo realizan por medio de un bus central.

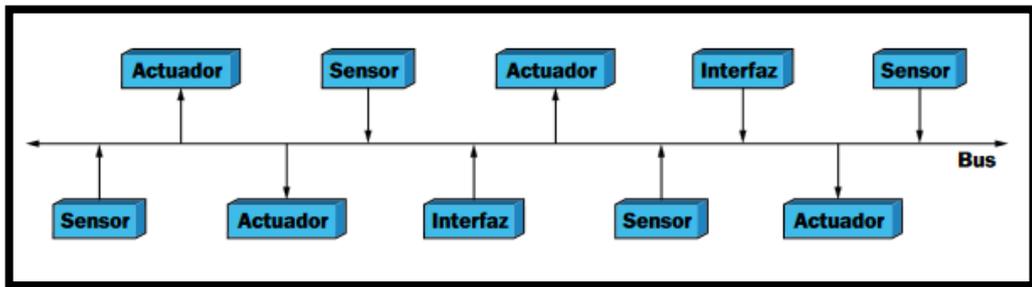


Figura 2-1: Arquitectura Descentralizada.

Fuente: Redolfi, 2013.

1.10.3 Arquitectura Distribuida

Combinación de la Arquitectura Centraliza y Descentralizada, el sistema de control se sitúa próximo al elemento a controlar así como también las interfaces de los usuarios. El factor más influyente en este tipo de arquitectura es el medio de transmisión, velocidad de comunicación y el protocolo a emplear. (Redolfi, 2013) (Quintero, 2005).

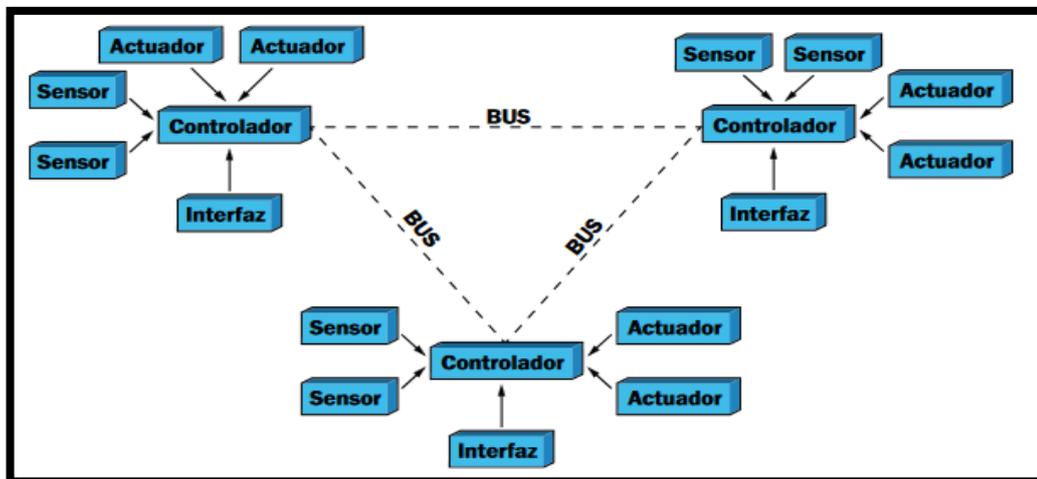


Figura 3-1: Arquitectura Distribuida.

Fuente: Redolfi, 2013.

1.11 Medios de Transmisión

En un sistema domótico los elementos intercambian información entre sí mediante un soporte físico, es por ello que es necesario conocer los medios de transmisión más adecuados para las comunicaciones del sistema, a continuación se detallan los más importantes.

1.11.1 Corrientes portadoras

Los sistemas de corrientes portadoras son aquellas que utilizan como medio de transmisión la red eléctrica de baja tensión, está compuesto por un emisor y un receptor, que envía y recibe datagramas por medio de la red eléctrica, los elementos que intervienen en la comunicación poseen un código propio lo que les permite saber para quien va dirigido el mensaje. (Constantino, 2011, p.32).

1.11.1.1 Características de los sistemas de corrientes portadoras

Entre las principales características tenemos:

- Sencilla configuración y fácil instalación.
- Brinda flexibilidad para poder reprogramar y cambiar los elementos.
- Modular y ampliable.
- Trabaja con sistemas monofásicos como con sistemas trifásicos.

El protocolo X-10 al igual que otros utiliza el sistema de corrientes portadoras utilizando el cableado de la vivienda en la transmisión de los datos domótico.

1.11.2 Cable Coaxial

Se utiliza en la transmisión digital, consta de un hilo conductor central protegido mediante un aislante eléctrico que aísla al conductor central de posibles interferencias, lo que lo hace ideal para transmisión de televisión, telefonía larga distancia entre otras. (Sanguña, 2010, p.9).

1.11.3 Fibra Óptica

Medio de transmisión que utiliza la refracción de luz por fibras fabricadas en cristal o sílice, presenta alta tasa de transferencia de datos, sin embargo tiene un costo elevado al momento de implementarlo. (Maldonado, Chacha, 2017, p.7).

1.11.4 Transmisión inalámbrica

La transmisión inalámbrica utiliza los RF para la comunicación de los elementos del sistema; usado en aplicaciones donde el cableado representa un limitante en costos y distancia.(Maldonado, Chacha, 2017, p.7).

1.12 Protocolos de comunicación

Un sistema domótico se caracteriza por el protocolo que utiliza, conocidos también como el lenguaje por el que se comunican, envían y receptan los mensajes, eso quiere decir que su comunicación debe tener un formato de lenguaje. En el mercado actual podemos encontrar diversos protocolos los cuales pueden ser de dos tipos: estándar abierto (de uso libre), estándar bajo licencia (abierto para todos bajo licencia) y propietario (uso exclusivo del propietario).(Maldonado, Chacha, 2017, p.8).

1.12.1 Por su estandarización

Protocolos estándar: Aquellos que son utilizados por diversas empresas para fabricar productos compatibles entre sí.(Navarrete, 2005).

Protocolos propietarios: Desarrollados por una empresa encargada de fabricar productos que sean capaces de comunicarse entre sí. (Moreno, Aller, 2001, p.23).

1.12.2 Por su comunicación

1.12.2.1 X-10

X-10 fue el primer protocolo usado en aplicaciones domóticas y actualmente sigue siendo el más difundido, basada en corrientes portadora, fue desarrollado entre 1976 y 1978 por los ingenieros de Pico Electronics Ltd, en Glenrothes, Scotland. X-10 surgió de una familia de chips

denominada los proyectos X (o series X). Esta empresa comenzó a desarrollar este proyecto con la idea de obtener un circuito insertado en un sistema controlado remotamente. (Cuevas, 2019).

La transmisión X-10 está sincronizada con los pasos por cero de la corriente. Un uno binario está representado como un pulso de 120KHz durante un milisegundo, y un cero binario como la ausencia de ese pulso. La transmisión completa de un código X-10 necesita 11 ciclos de corriente. Los dos primeros ciclos son para el código de inicio de mensaje, 1110. Los cuatro siguientes son el código de casa, y los cinco siguientes son el código de unidad o de función. El bloque completo es transmitido dos veces, separadas cada una por tres ciclos de corriente. En la figura 4-1 se observa cómo se realiza la transmisión del protocolo X-10.

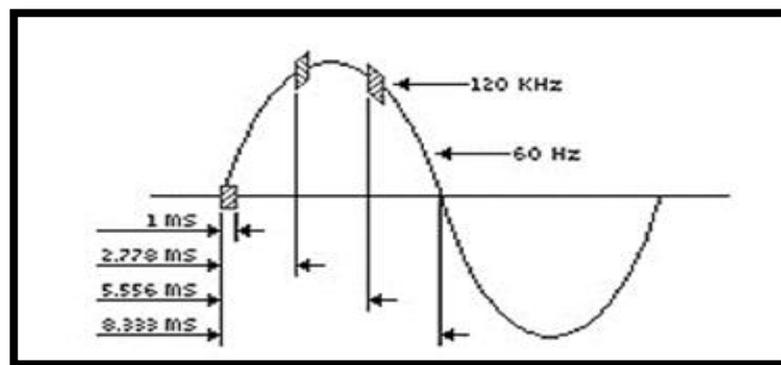


Figura 4-1: Esquema de transmisión de protocolo X10.

Fuente: Redolfi, 2013.

Para generar el datagrama en X-10 se necesita de un código de casa y un código de función, observado en la figura 5-1.

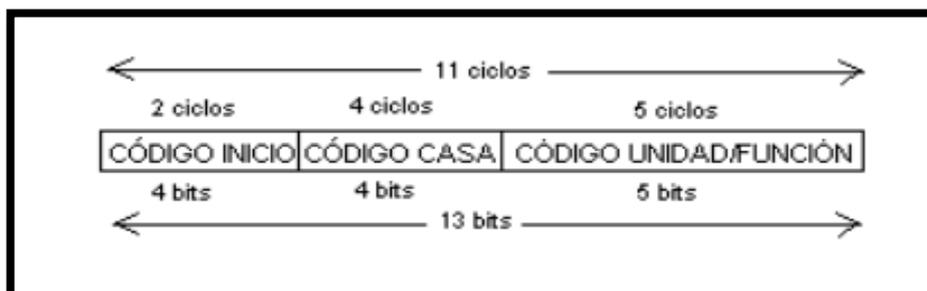


Figura 5-1: Datagrama X10.

Fuente: M. Moro, 2011.

La dirección de casa se encuentra establecida con las letras del alfabeto que simbólicamente se representa por una letra (A-P), las letras de la H1 a H4 son los posibles códigos de casa tal como se indica en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Dirección de casa y código de casa

Dirección de casa	Código de casa			
	H1	H2	H3	H4
A	0	1	1	0
B	1	1	1	0
C	0	0	1	0
D	1	0	1	0
E	0	0	0	1
F	1	0	0	1
G	0	1	0	1
H	1	1	0	1
I	0	1	1	0
J	1	1	1	0
K	0	0	1	0
L	1	0	1	0
M	0	0	0	1
N	1	0	0	1
O	0	1	0	1
P	1	1	0	1

Fuente: Gijón, 2015.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

El protocolo X10 permite emitir diferentes direcciones de unidad y códigos de control de acuerdo a la funcionalidad que se requiera asignar a los diferentes dispositivos del hogar, en la Tabla 1-2 se aprecia una serie de combinaciones posibles.

Tabla 2-1: Dirección de unidad y códigos de control

Dirección de unidad	Código de control				Sufijo
	D1	D2	D4	D8	D16
A	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	0
I	0	1	1	0	0
J	1	1	1	0	0
K	0	0	1	0	0
L	1	0	1	0	0
M	0	0	0	1	0
N	1	0	0	1	0
O	0	1	0	1	0
P	1	1	0	1	0

Fuente: Gijón, 2015.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

El código de casa, unidad o función (grupos de cuatro o cinco bits) se transmiten en modo normal y complementario. Si el primero ciclo transmite un 1, el siguiente semi-ciclo transmitirá un cero. En la tabla 3-1 se aprecia los diferentes códigos de comandos y códigos de control utilizados en el protocolo de comunicación X-10.

Tabla 3-1: Códigos de comandos y códigos de control

Códigos de comandos	Código de control				Sufijo
	D1	D2	D4	D8	D16
Apagar todas las unidades	0	0	0	0	1
Encender todas las luces	0	0	0	0	1
Encender	0	0	1	0	1
Apagar	0	1	1	0	1
Atenuar intensidad	0	1	0	1	1
Aumentar intensidad	0	1	0	1	1
Apagar todas las luces	0	1	1	1	1
Código extendido (3)	0	1	1	1	1
Petición de saludo (1)	0	0	0	0	1
Aceptación de saludo	1	0	0	0	1
Atenuación preestablecida	1	0	1	0	1
Datos extendidos (Analogico) (2)	1	1	0	0	1
Estado = ON	1	1	0	1	1
Estado = OFF	1	1	1	1	1
Petición de estado	1	1	1	1	1

Fuente: Parrado, 2014.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

El protocolo X-10 requiere de dos dispositivos para la comunicación: un receptor y un controlador, el receptor es el encargado de especificar el código de unidad y el código de casa, mientras que el controlador o transmisor emite las órdenes.

1.12.2.2 EHS

European Home System por sus siglas en inglés es un estándar abierto creado en 1992 para disponer de un sistema que permitiese la implantación masiva de sistemas domóticos económicos, basado en la topología de niveles OSI (Open Standard Interconnection). (Torrejón, 2014, p.6)

1.12.2.3 EIB

EIB son las siglas de Bus de Instalación Europeo, un sistema de gestión técnica de edificios, de topología totalmente descentralizada (no existe ningún elemento central de control), desarrollado sobre la base de un estándar europeo.

Basado en bus de datos que define una relación extremo a extremo entre los dispositivos, este sistema a diferencia de X-10, utiliza su propio cableado, con lo cual se recomienda instalar las conducciones adecuadas en el hogar para el sistema. (Morales, 2006, p.321-326).

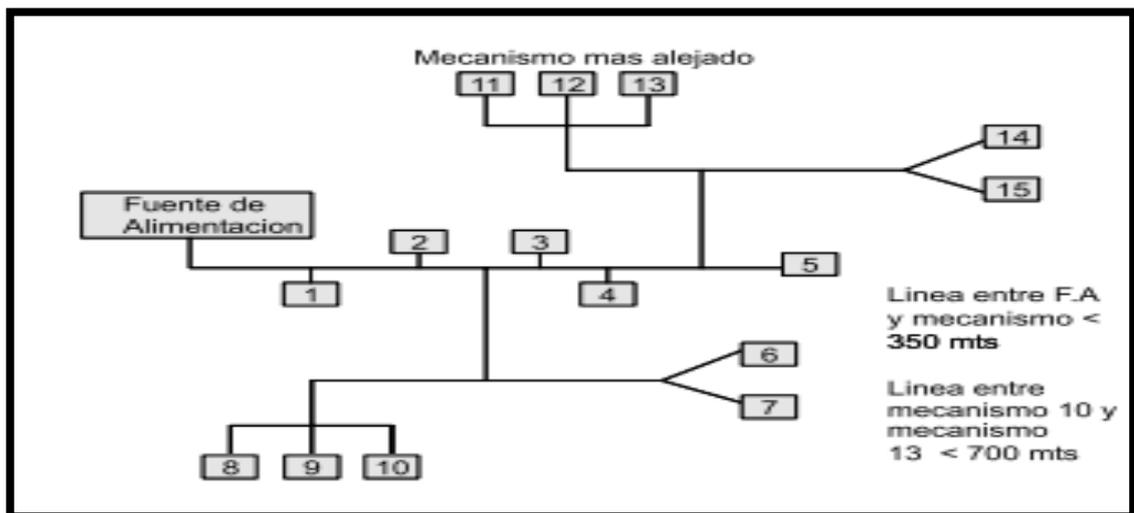


Figura 6-1: Arquitectura del sistema EIB.

Fuente: Navarrete, 2005.

1.12.2.4 Batibus

Protocolo domótico totalmente abierto, requiere instalación de cableado, pudiéndose hacer en cualquier topología: bus, anillo, estrella o su combinación, en lo que se refiere a nivel de acceso Batibus implementa la técnica de acceso al medio CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Aviodance), la filosofía es que todos los dispositivos Batibus escuchen lo que ha enviado cualquier otro dispositivo. (Torrejón, 2014, p.6).

1.12.2.5 KNX

Es un sistema de gestión técnica resultante de la unión de la convergencia de: Batibus y EHS desde 1999, diseñado con normas estándar para todos los fabricantes, es uno de los protocolos más versátiles en cuanto a transmisión se refiere ya que puede transmitir utilizando medios físicos como: par trenzado (TP1 y TP0), PLC, red de datos, tecnología RF. Al ser un compendio de varios protocolos su propósito es abarcar la mayoría de servicios en un solo sistema permitiendo que sea compatible con la mayoría de dispositivos. (Guacho, Muñoz, p. 50-51) (Villa, 2015, p.14).

1.12.2.6 Lonworks

Estándar de control domótico desarrollado por la compañía americana Echelon Corp en 1991, pero no fue hasta el año de 1994 que irrumpió en el mundo doméstico, debido a su costo no han tenido implantación masiva en los hogares; este protocolo que se basa en paquetes, se caracteriza porque todos los nodos conectados se comportan de igual manera, no existe el concepto cliente-servidor. El reenvío automático de trama es una solución de Lonworks. (Navarrete, 2005,p.81) (Quintero, 2005, p.47).

1.12.2.7 Jini

Tecnología desarrollado por Sun Microsystems, proporciona un mecanismo sencillo para que diversos dispositivos puedan conectarse en red, Jini aprovecha la tecnología JAVA y consiste en una pequeña cantidad de este código en forma de librerías de clases. (Navarrete, 2005, p.92)

1.12.2.8 TCP/IP

TCP/IP es utilizado en infinidad de computadoras y aplicaciones lo que lo volvió un protocolo ideal para la interconectividad total de máquinas en cualquier lugar del mundo. Luego de haber visto los diferentes protocolos que existen, se entrara en los sistemas microprocesadores de control. (Quintero, 2005, p.50)

1.13 Tarjetas controladoras

Para poder procesar los datos a transmitir es necesaria la utilización de una tarjeta controladora que será la encargada de centralizar cada uno de los dispositivos. Para seleccionar la más adecuada se analizó en la tabla 4-1 las siguientes familias con sus características. (J. Torrejón, 2014, pág.8)

Tabla 4-1: Tipos de tarjetas controladoras

Características	Pic	Arduino	Raspberry Pi
Voltaje Entrada	5V	7/12 V	5V
Corriente E/S	20mA	40mA	2.5A
Tipo de Lectura	Analógica/Digital	Analógica/Digital	Digital
Bluetooth	N	S	S
Reloj	100KHz/4MHz	16MHz	1.2GHz

Fuente: raspberry.org. 2022.

Realizado por: Bone, Karen. 2022

Como se puede observar en la tabla 4-1 la tarjeta controladora que podría cumplir con los requerimientos para nuestro módulo podría ser raspberry, que será motivo de análisis en el próximo capítulo.

1.14 Visión Artificial

1.14.1 Definición

La visión artificial o también conocida como visión por computador es una de las áreas de la tecnología que pretende emular capacidades propias y únicas de algunos seres vivos, para ver, analizar e interpretar información de imágenes tomadas de un mundo tridimensional. Esta tecnología se basa en distintas ramas y ciencias permitiendo el desarrollo de estudios y prototipos. (Santillán, 2008, p.28).

1.14.2 Etapas de un sistema de visión artificial

Adquisición de la imagen: con la ayuda de una cámara o a través de dispositivos electrónicos se obtiene la adquisición de la imagen del mundo físico.

Pre-procesamiento: En esta etapa se eliminan partes de la imagen que no se toman en cuenta y que son innecesarias para el análisis.

Segmentación: proceso que divide una imagen en objetos que sean de nuestro interés de estudio.

Reconocimiento: proceso que identifica los objetos de estudios estos pueden ser: una llave, tornillo, rostros, monedas, etc.

1.15 Reconocimiento facial

El reconocimiento facial se basa en el tratamiento de imágenes, registradas mediante la adquisición de la imagen y sus características únicas, donde se realiza la comparación con una base de datos, para ello es necesario la selección de una cámara que unida a un código específico permitirá el procesamiento de la imagen digital obtenida en la captura.

1.15.1 Detección de rostros

En un sistema de reconocimiento facial es importante la verificación de que en la imagen capturada este presente el rostro de la persona, en la actualidad existen varios algoritmos capaces de realizar esta tarea, a continuación se detallan:

1.15.1.1 Algoritmo de Viola-Jones

Es un algoritmo de detección de rostros con un coste computacional bajo que permite sea empleado en tiempo real, el algoritmo se basa en la comparación entre las intensidades de regiones rectangulares de las imágenes denominadas Características Haar-Like que calcula empleando una imagen integral. Utilizar la imagen integral permite conseguir realizar el procesamiento de una más rápida porque ya no se trabajará con valores de intensidad sino con sub imágenes a través de operaciones básicas. Haar-Like se usa como característica de entrada para el clasificador en cascada, empleando el algoritmo de aprendizaje basado en AdaBoost lo que consigue un alto rendimiento en la detección. (Gonzalez, Velásquez, 2019, p.58).

1.15.1.2 Eigenfaces

Técnica que permite determinar mediante ortogonalidad dimensional, que vectores ofrecen más información a un conjunto de datos N. La información N obtenida mediante Eigenfaces contiene datos redundantes ocasionando que el sistema de clasificación tenga un alto costo computacional, para minimizar esto se aplica análisis de componentes principales (PCA), tomando la menor cantidad de vectores entregados por las imágenes de la base de datos pero con la información necesaria para la reconstrucción de los rostros de las imágenes ingresadas. (Esparza, 2015, p.146).

1.15.1.3 FisherFaces

Técnica de reconocimiento que toma en cuenta la luz y las expresiones faciales, FisherFaces es el método más representativo de LDA, que busca aprovechar la información disponible sobre la clasificación de las imágenes de entrenamiento. Sin embargo en el método FisherFaces persiste al menos dos áreas de debilidad: la primera es que no puede hacer que los vectores de discriminación logrados satisfagan completamente la descorrelación estadística; la segunda es que no todos los vectores de discriminación son útiles en la clasificación de patrones. (Zhang, Jain, 2006, p.682).

1.15.1.4 LBPH

Método de patrones binarios locales, consiste en una forma sencilla pero potente de extraer y etiquetar los píxeles de una imagen. Con LBPH se puede representar fácilmente imágenes faciales con solo un vector sencillo y está diseñado para ser un análisis de textura para la imagen en escala de grises, para poder detectar rostros en una foto RGB, primero se convierte la imagen en una

imagen en escala de grises. Para cada píxel es un vector que contiene tres valores, que representa el grado de rojo, azul y verde. Estos son los pasos que realiza LBPH para su respectivo reconocimiento de imágenes. (Esparza, 2015, p.148).

El operador de LBPH etiqueta el píxel central mediante el umbral de los 8 vecinos.

Este píxel central se compara con cada uno de sus vecinos de forma ordenada. Asignándose un 1 cada vez que el píxel central sea menos que el píxel comparado y 0 en caso contrario.

El número binario resultante que se obtiene se convierte en un número decimal el mismo que es contado en histograma.

1.16 Almacenamiento de datos

La selección de la base de datos es de suma importancia ya que nos debe permitir acceder a ella, desde nuestra tarjeta controladora, a continuación se muestran las principales características de lenguajes de programación que podrían ser empleados.

1.16.1 Python

Lenguaje de programación de propósito general, independiente de plataforma y orientado a objetos, preparado para realizar aplicaciones Windows a servidores de red o páginas web. No necesita de ejecutar el código fuente para poder ejecutarlo, proporcionando ventajas como: rapidez de desarrollo. (Álvarez, 2003).

El lenguaje ha logrado tener un gran alcance en los últimos años, gracias a varias razones como:

- Contiene gran cantidad de librerías, tipos de datos y funciones, que favorecen la realización de varias tareas sin tener la necesidad de programarlas desde cero.
- Sencillez y velocidad al crear los programas.
- Cantidad de plataformas en las que se puede desarrollar, como Unix, Windows, OS/2, Mac, y otros.
- Es gratuito, incluso para propósitos empresariales.

1.16.2 SQL

Lenguaje de consulta estructurado, es el sistema de base de datos profesional de Microsoft el cual contiene una gran variedad de características y herramientas que se pueden utilizar para desarrollar y administrar base de datos. Es conocido también como lenguaje declarativo: solo hay que indicar qué se quiere hacer. (Pérez, 2011, p.1).

Una de las desventajas del SQL es no ser compatibles con todas las aplicaciones; esto se debe a una falta de portabilidad entre las implementaciones de un desarrollador SQL a otro.

1.16.3 PHP

PHP cuyo acrónimo significa (Hipertext Preprocessor), es un lenguaje interpretado con una sintaxis similar a la de C++ o JAVA. Este tipo de lenguaje puede ser utilizado para realizar cualquier tipo de programa, sin embargo es en el desarrollo de páginas web donde se a evidenciado mayormente su uso. (Cobo, 2005, p.2)

Entre sus características principales presenta:

- Es un lenguaje libre.
- Se encuentra disponible para sistemas como GNU/Linux, Windows, etc.
- Los PHP los pueden usar todo tipo de máquinas con todo tipo de sistemas operativos.

CAPITULO II

2 PROPUESTA Y DISEÑO DE PROTOTIPO

En el siguiente capítulo se muestra el hardware y software utilizado para el trabajo de titulación planteado para el módulo electrónico, especificando cada una de las etapas que lo conforman y la selección de los elementos a partir de sus características y especificaciones técnicas.

La metodología que se utilizó fue la experimental para el cumplimiento de objetivos planteados, la recolección de información se la realizó empleando el modo bibliográfico, dividiendo el tema de trabajo de titulación en sub temas principales como son: domótica, seguridad y confort, protocolos de comunicación, haciendo uso de fuentes como libros, publicaciones de revistas académicas, tesis de pregrado, etc.

2.1 Selección del hardware del módulo

2.1.1 Raspberry Pi

Una vez analizada la tabla 4-1 se optó por el uso de Raspberry, vamos a realizar una comparación entre tres tarjetas de la misma familia: Raspberry Pi 3 Model A+, Raspberry Pi 3 Model B+ y Raspberry Pi 4 Model B. A continuación, se presentan sus características principales.

Tabla 1-2: Comparación entre características de los modelos Raspberry Pi

Características	Raspberry Pi 3 Model A +	Raspberry Pi 3 Model B+	Raspberry Pi 4 Model B
Voltaje Entrada	5V	5 V	5 V
Corriente de E/S	2.5 A	2.5 A	3A
Procesador	ARM Cortex-A53	ARM Cortex-A53	ARM Cortex-A72
Velocidad	1.4 GHZ	1.4 GHZ	1.5 GHZ
Memoria RAM	512 MB SDRAM	1 GB SDRAM	2GB,4GB,8GB
Bluetooth	Bluetooth 4.2	Bluetooth 4.2	Bluetooth 5.0

Fuente: raspberry.org. 2022.

Realizado por: Bone, Karen.2022.

Analizando las características de las raspberry presentadas en la Tabla 1-2 se llegó a la conclusión que la mejor tarjeta controladora para el control del módulo es, la Raspberry Pi 4 Model B, debido a que el modelo escogido es más rápido y potente que sus predecesoras, ofrece de dos a tres veces el rendimiento del procesador de la Pi3 y con una memoria suficiente para el procesamiento de las imágenes.

2.1.2 Módulo Transceptor CM15A

Para la selección del módulo de activación se escogieron el CM11 y el CM15A. Ambos requieren que las órdenes de control les lleguen por la red eléctrica, debido a ello los elementos de X10 deben ser conectados a un enchufe convencional; también son conocidos como transceptores.

El módulo transceptor CM11 presenta algunas desventajas frente al CM15A, entre ellas están:

- No cuenta con un receptor y transmisor de RF.
- Memoria interna presenta menos capacidad de almacenamiento.
- Presenta discontinuidad e incompatibilidad con sistemas operativos nuevos diferentes a XP.

Una vez presentadas las desventajas del CM11 se seleccionó el módulo transceptor CM15A mostrado en la figura, debido a sus ventajas (cuenta con un receptor y transmisor de RF, tiene una memoria interna más grande de almacenamiento) en comparación a su predecesor.



Figura 1-2: Módulo Transceptor CM15A.

Realizado: Bone, Karen. 2022.

2.1.3 Módulo AM466

Para la selección del módulo AM466 presentado en la figura, se optó por este módulo enchufable por no presentar diferencias significativas con otros módulos enchufables más que la marca por la cual es distribuido. El módulo AM466 es el encargado de recibir la señal emitida por el módulo transceptor CM15, puede usarse para controlar iluminación fluorescente, acondicionadores de aire, jacuzzis, computadoras, radios, bombas, motores pequeños, etc.



Figura 2-2: Módulo AM466.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.1.4 Cerradura Electromagnética ZKLM-2802

Se optó por una cerradura electromagnética de 600 libras debido a su fuerza de retención, con el fin de obtener mayor seguridad. Al recibir la señal del Módulo AM466 permite el acceso. El voltaje de operación del dispositivo es de 12V.



Figura 3-2: Cerradura electromagnética.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.2 Diagramas del módulo electrónico

2.2.1 *Diagrama General*

En la figura 4-2 se presenta el diagrama general del funcionamiento del módulo electrónico a implementar, la fase de reconocimiento es controlada desde la Raspberry Pi 4. La raspberry envía la orden al módulo de interfaz CM15A que sirve como transceptor, el cual envía las señales X10 hacía el modulo receptor, el CM15A transmite y recibe comandos X10, se conecta a un puerto USB de la Raspberry y a una toma de corriente estándar, permitiendo la comunicación entre ambos.

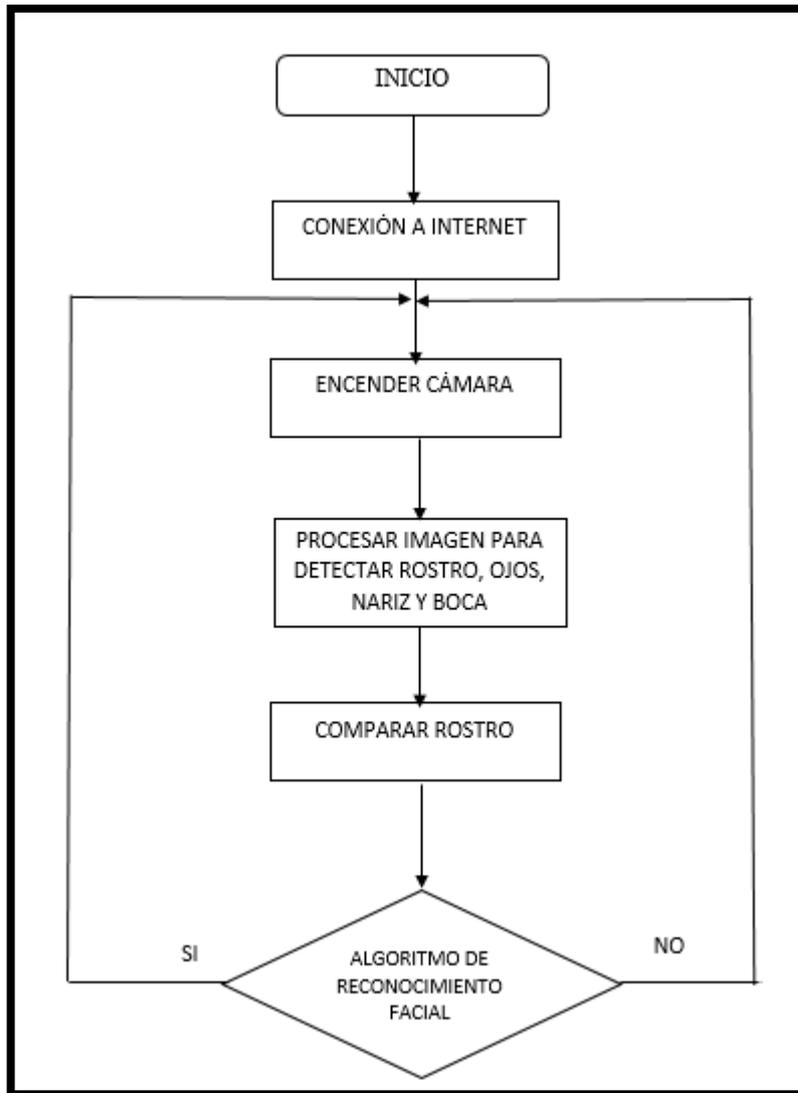


Figura 4-2: Diagrama General de Funcionamiento.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.2.2 Diagrama para captura de la imagen

Realizada la captura de la imagen se modificó el tamaño de las imágenes obtenidas mediante la utilización del comando `resize`, de las diferentes operaciones que se pueden emplear cuando se trabaja con imágenes se utilizó conversión a escala de grises, lo que permitió conocer si existió un rostro en la imagen y obtener los puntos críticos de la zona de la cara. En la figura 5-2 se puede observar el diagrama de este proceso.

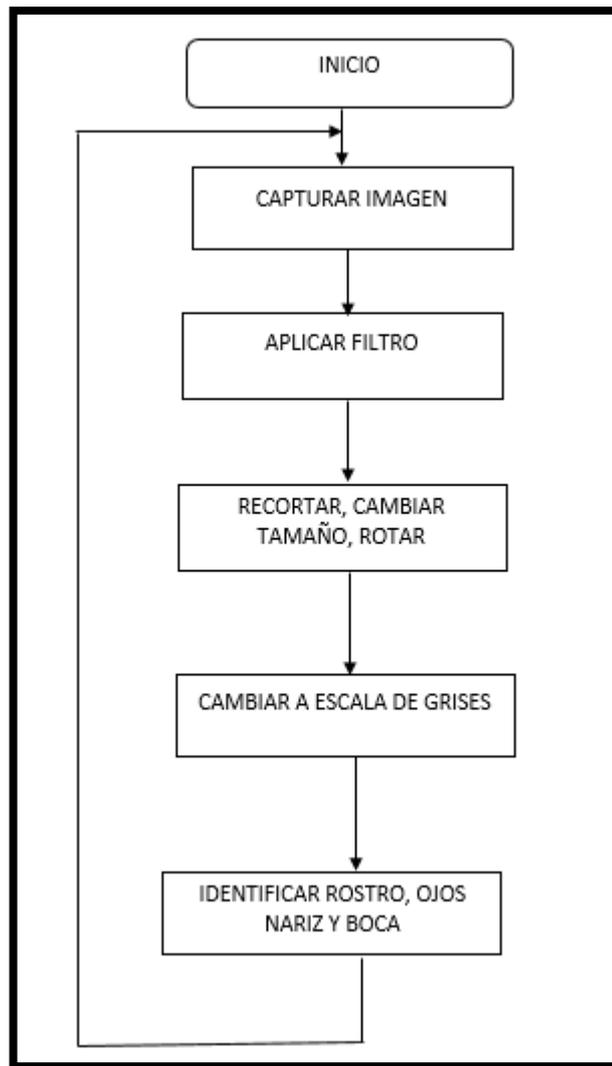


Figura 5-2: Proceso captura de imagen.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.2.3 Diagrama procesamiento de la imagen

Al detectar un rostro, mediante programación se aplica una secuencia de órdenes para que realice el guardado y recorte solo del área que corresponde al rostro. En la figura 6-2 se observa el diagrama del proceso realizado.

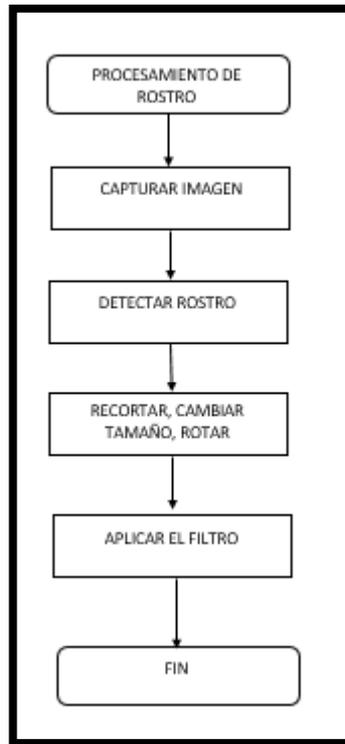


Figura 6-2: Diagrama procesamiento de rostro.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.2.4 Diagrama fase de reconocimiento

Esta fase se activa cuando se ha confirmado que existió un rostro en las imágenes previamente capturadas, el proceso consistió en comparar el rostro detectado con los ya existentes de las personas que tenían autorizado el acceso, si el rostro coincide con los ya almacenados se permite el acceso. En la figura 7-2 se observa el proceso realizado.

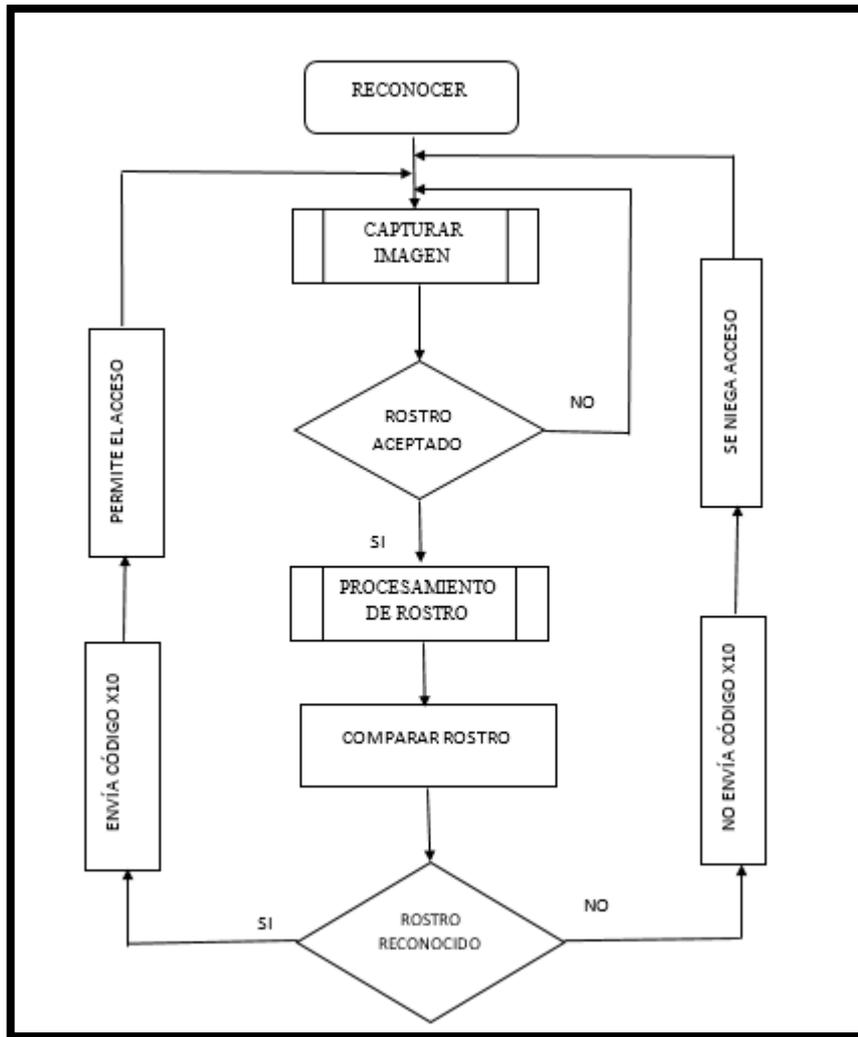


Figura 7-2: Diagrama Fase de reconocimiento.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.2.5 Diagrama X10

Una vez realizado el procesamiento y que reconoció un rostro X10 es el encargado el código de transmisión mediante la red eléctrica en la figura 8-2 se puede observar el diagrama del proceso que realiza.

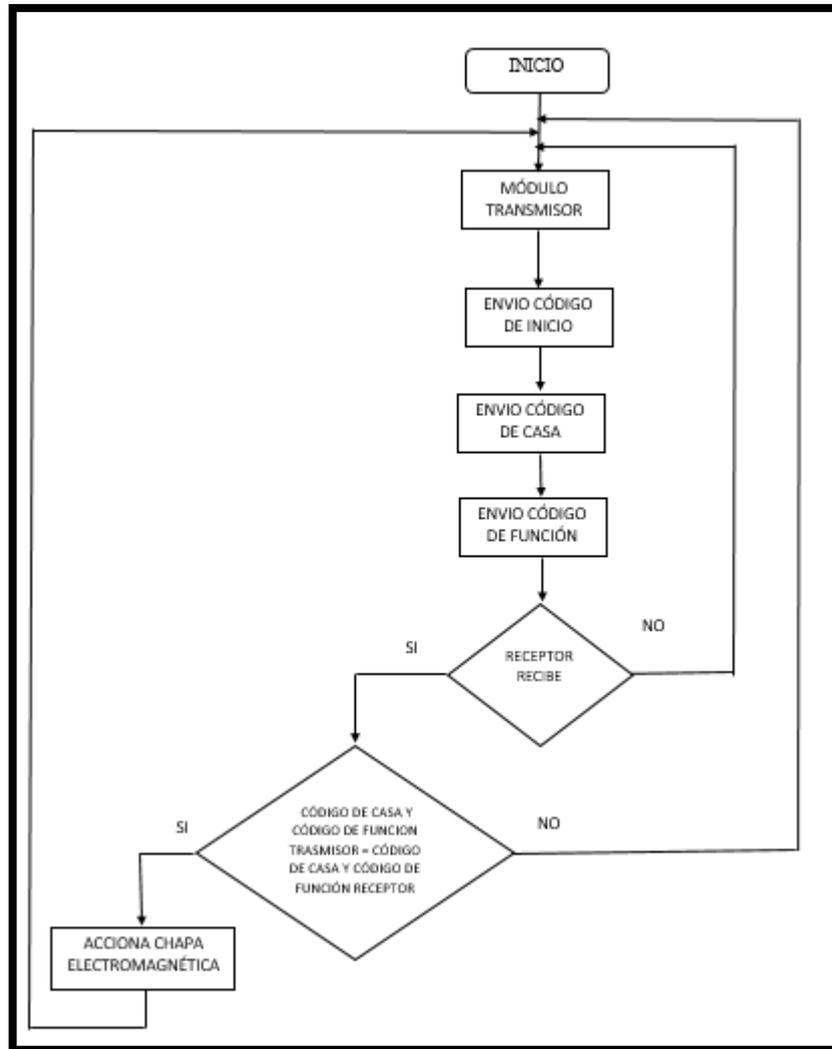


Figura 8-2: Diagrama de X10.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.3 Software del módulo

En esta sección se muestra el software utilizado para el procesamiento de imágenes, envío y recepción de la trama utilizada por X10.

Los requerimientos del software del módulo:

Ser de licencia gratuita.

Ser compatible con las librerías a utilizar.

Enviar la trama X10 al emisor y ser entendido por el receptor.

Acceder a la información de los usuarios permitidos para el control de acceso.

2.3.1 *Análisis comparativo de algoritmos existentes para reconocimiento facial*

En la Tabla 2-2 se presentan las ventajas y desventajas de los algoritmos existentes para reconocimiento facial estudiados previamente en el capítulo anterior, la investigación se centró en cuatro de los principales algoritmos utilizados para conseguir el reconocimiento facial.

Tabla 2-2: Ventajas y Desventajas en los algoritmos de reconocimiento facial

ALGORITMOS PARA RECONOCIMIENTO FACIAL			
Algoritmos	Ventajas	Desventajas	Requerimientos
REDES NEURONALES	El tiempo necesario para el reconocimiento es corto. El nivel de eficiencia en reconocimiento es elevado.	El costo en procesamiento al realizar el entrenamiento es excesivamente alto.	Es necesario realizar un entrenamiento.
EIGENFACE	Fácil implementación debido a la simplicidad de su algoritmo. Diseñado para la detección de rostros. Requiere un bajo costo en procesamiento.	No recomendado para análisis en tiempo real. Sensible a las variaciones de iluminación. Requiere que las imágenes sean las mismas que las utilizadas en el entrenamiento.	Es necesario realizar un entrenamiento. A mayor número de imágenes para el entrenamiento mejor será el porcentaje de reconocimiento.
FISHERFACE	Las variaciones de iluminación no afectan tan drásticamente en el momento del reconocimiento	Sensible a las variaciones de iluminación. Requiere que las imágenes sean las mismas que las utilizadas en el entrenamiento.	Es necesario realizar un entrenamiento. A mayor número de imágenes para el entrenamiento mejor será

			el porcentaje de reconocimiento.
LBPH	Es muy eficiente, por lo que requiere un bajo nivel de procesamiento computacional. Presenta robustez respecto al cambio de expresiones faciales.	Sensible a cambios de iluminación. Requiere aplicación de filtros para mejorar las características de la imagen antes del entrenamiento	Es necesario realizar un entrenamiento. A mayor número de imágenes para el entrenamiento mejor será el porcentaje de reconocimiento.

Fuente: Castaño David y Alonso Juan, 2019.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Realizada la comparación entre ventajas y desventajas de los algoritmos estudiados se escogió el algoritmo LBPH, debido a su bajo coste computacional y la robustez presentada respecto al cambio de expresiones faciales que no influye en gran medida al momento de realizar el reconocimiento, lo que no ocurre con el algoritmo EigenFaces y FisherFaces que varía considerablemente.

2.3.2 Python

Una vez realizada la revisión de los lenguajes de programación en el capítulo anterior se seleccionó Python y SQL, en la tabla 3-2 se presentan las ventajas y desventajas que presenta cada lenguaje programación con respecto al otro.

Tabla 3-2: Ventajas y Desventajas de los lenguajes de programación

Lenguajes de Programación	Ventajas	Desventajas
Python	Lenguaje de propósito general con múltiples usos (manejo de big data, programación de aplicaciones, etc.). Lenguaje fácil de aprender, ideal para los que son nuevos en programación. Licencia gratis. Tiene diferentes bibliotecas disponibles para realizar diferentes operaciones.	Para análisis estadísticos, la gama de paquetes de R tiene una ligera ventaja sobre Python.

SQL	Lenguaje de consulta utilizado para actualización y manipulación de bases de datos relacionales.	La licencia varía, algunas implementaciones son gratuitas y otras son propietarias. No hay bibliotecas. Las operaciones se realizan utilizando funciones incorporadas de SQL. Las capacidades analíticas de SQL son bastantes limitadas.
-----	--	--

Fuente: Lutz Mark, 2001; Oliphant T.E., 2007.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Analizando las ventajas que cada lenguaje de programación presenta se optó por el lenguaje de programación Python por ser comparativamente más fácil de aprender, las bibliotecas disponibles con las que cuenta, como también las funciones integradas que ayudan en el proceso de escribir un programa.

2.4 Proceso de funcionamiento

2.4.1 Instalación de librerías

El lenguaje de programación empleado para el módulo electrónico fue Python, para ello se efectuó la instalación de cada una de las librerías necesarias; las librerías necesarias fueron: librería para el módulo CM15A, cámara, tkinter, manejo de imágenes, parámetros de caracteres llamadas OpenCV, entre otras.

```

from tkinter import ttk
from tkinter import *
import sqlite3
import cv2
from PIL import Image
from PIL import ImageTk

```

Figura 9-2: Librerías necesarias en Python.

Realizado por: Bone Karen, 2022.

Para la programación se crearon funciones donde se encontraban cada una de las acciones a realizar, lo que permitió un mejor manejo de cada sentencia. En la figura 10-2 se puede observar el procedimiento.

```

db_name = 'BasedeDatos'
#Funcion de inicio de la ventana
def init(self,window):...

def run_query(self,query, parameters = {}):...
#Funcion obtener usuarios
def get_usuarios(self):...
#Funcion validacion de los campos creados
def validacion(self):...
#Funcion añadir usuarios
def add_usuario(self):...
#Funcion eliminar usuarios
def delete_usuario(self):...
#Funcion modificar usuayios
def modificar_usuario(self):...

```

Figura 10-2: Esquema programación usada.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

En el desarrollo de la GUI, creada para una mejor interacción con el usuario, la cual cuenta con una ventana principal, donde se ingresaron los campos asignados, esta ventana fue la encargada de la lectura de la cámara utilizada para el reconocimiento del usuario que desee ingresar. En la figura 11-2 se observa.

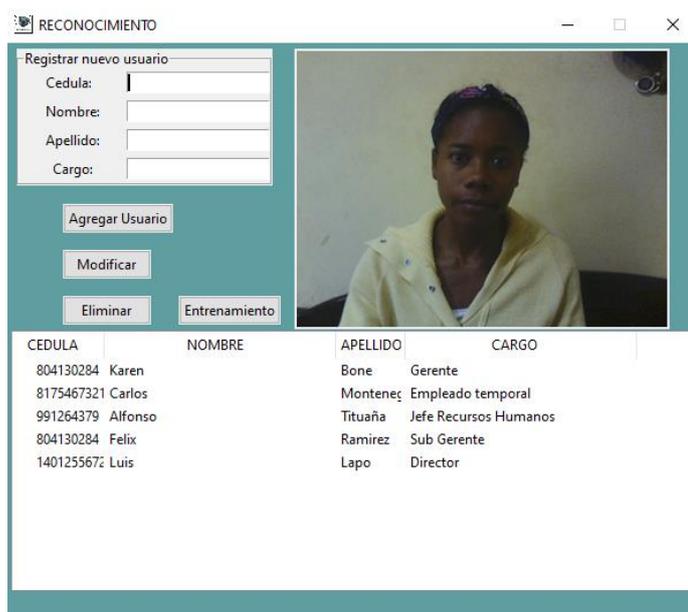


Figura 11-2: Ventana de reconocimiento.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Al seleccionar el botón agregar usuarios con los campos rellenos, se despliega otra ventana encargada de realizar las capturas de imagen que se van a almacenar para el respectivo

entrenamiento. En la figura 12-2 podemos observar la ventana encargada de las capturas de imagen.

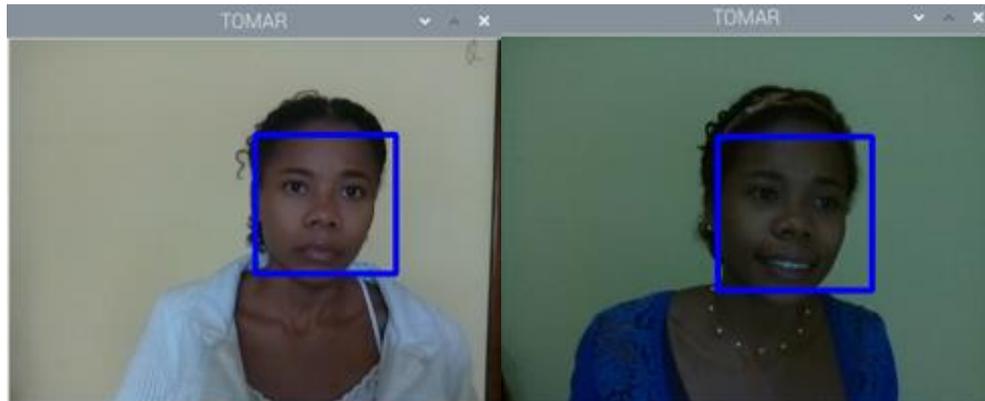


Figura 12-2: Ventana captura de imágenes.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.4.2 *SQLITE*

La base de datos fue creada con la tabla: USUARIOS. Para la creación de la tabla se utilizó el Lenguaje de Consulta Estructurado (SQL) basado en lenguaje C conocido como SQLITE.

La tabla creada almacena los datos, cédula, nombre, apellido y cargo de los diferentes usuarios a los cuales se les autorice el acceso. En cada uno de los campos se definió el tipo de variable para evitar el ingreso de datos incoherentes. La figura 13-2 presenta el código utilizado en Python para la creación de la base de datos.

```
conexion=sqlite3.connect("BaseDeDatos")
cursor=conexion.cursor()
cursor.execute("Create table USUARIOS (CEDULA INTEGER, NOMBRE VARCHAR(20), APELLIDO VARCHAR(20), CARGO VARCHAR(20))")
conexion.close()
```

Figura 13-2: Código usado para crear la base de datos.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

En la figura 14-2 se puede observar la estructura de la misma realizada con la ayuda del software DB Browser.

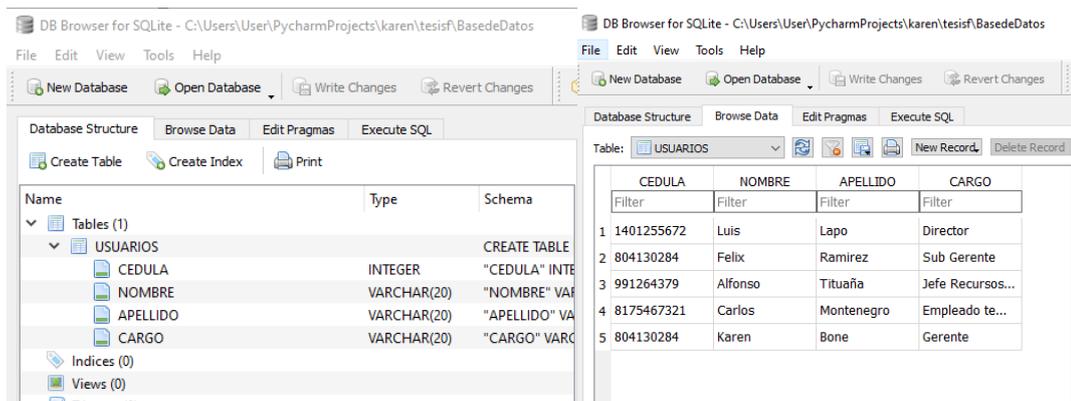


Figura 14-2: Estructura de la base de datos.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.4.3 Instalación librerías raspberry

Para la utilización de la raspberry se grabó la imagen del sistema operativo a utilizar, así como también los paquetes de librerías necesarias mediante los APT tools proporcionadas por Raspberry Pi OS (Raspbian), fue necesario la instalación de librerías como lisub y otras que permitió la comunicación del módulo CM15A con la Raspberry Pi 4. En la figura 15-2 se observa parte de las librerías instaladas.

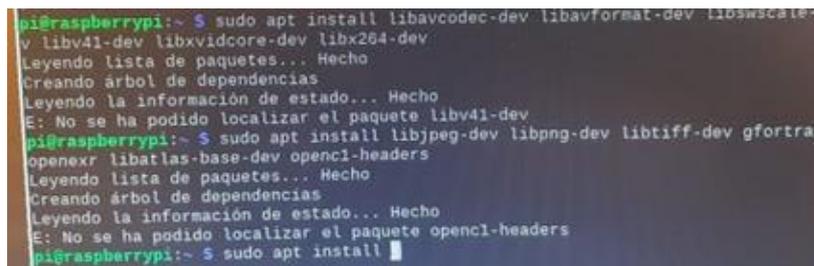


Figura 15-2: Instalación de librerías en Raspberry Pi.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Instaladas las librerías requeridas desde la terminal de Raspberry se procedió a comprobar mediante el comando LSUB la comunicación con el CM15A por la terminal de Raspberry Pi, este paso es importante para evidenciar la comunicación transceptor-raspberry.

2.4.4 Proceso de entrenamiento

Una vez agregado un usuario se crea una carpeta con el nombre de la persona ingresada, cada una de las carpetas contienen las imágenes capturadas, al agregar o eliminar un usuario se deberá realizar el entrenamiento. El número de imágenes capturadas es de 800 imágenes para una mejor detección.



Figura 16-2: Capturas de rostro.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Una vez obtenidas las capturas del rostro, pulsamos sobre el botón entrenamiento para la obtención de los rasgos únicos obtenidos del archivo generado con extensión yml al finalizar el entrenamiento, el labels.pickle es otro de los archivos generados el cual contiene una etiqueta específica por usuario. Un mensaje de aviso aparece en pantalla cuando se ha finalizado el entrenamiento.

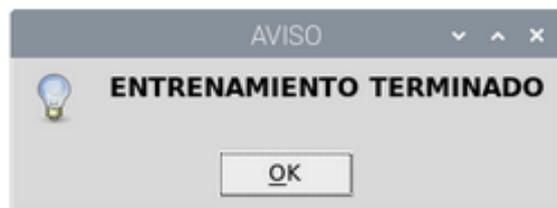


Figura 17-2: Aviso entrenamiento terminado.

Realizado por: Bone Karen, 2022.

2.4.5 Ventana de reconocimiento

Al ejecutar el programa se despliega la ventana de reconocimiento del sistema, el usuario que se encuentre delante de la cámara será reconocido siempre y cuando se encuentre en el listado de las personas que tengan autorizado el ingreso. Los datos que se guardan son: la cédula, apellido, nombre y cargo de cada usuario que tenga permitido el acceso.



Figura 18-2: Ejemplo reconocimiento.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

2.4.6 Trama X10

Cada trama de X10 se compone de código de inicio, código de casa, código de función y el sufijo. La transmisión completa de una orden de X10 está constituida por once ciclos. Cada bloque de datos se envía dos veces, con tres ciclos de líneas eléctricas. El código de inicio siempre será el mismo indistintamente de la orden enviada hacia receptores de X-10.

Para él envío del bloque de datos correspondientes a la trama con código de casa A y unidad 1 quedó constituida de la siguiente manera:

Tabla 4-2: Transmisión del Código

1110	01101001	01101001	01
START	HOUSE A	UNIT 1	SUFFIX

Fuente: M. Cuevas, 2019.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

De donde START (código de inicio), HOUSE A (código de casa), UNIT 1 (código de unidad) y SUFFIX (sufijo), el último bit puede tratarse como un sufijo que denota “0” si es código de unidad y “1” si es un código de función. Primero se envía la dirección dos veces, se espera tres ciclos de líneas eléctricas, luego se envía el comando dos veces tal como vemos a continuación.

Tabla 5-2: Transmisión de la Función

1110	01101001	01011001	10
START	HOUSE A	ON	SUFFIX

Fuente: M. Cuevas, 2019.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Una vez enviada la dirección dos veces, se envía el código de función ON dos veces y se espera tres ciclos de líneas eléctricas para poder enviar el siguiente bloque de datos, para el caso en estudio se utilizó el código de casa A, unidad 1 y código de función ON y OFF respectivamente.

2.4.7 Acondicionamiento de la Señal

El acondicionamiento de la señal en X10 está dividida en las siguientes etapas:

2.4.7.1 Detector de cruce por cero

Para recibir señales X10, es necesario detectar cuando la señal de 120KHz se encuentra en un punto muerto de 0V. Esto se logra mediante el circuito mostrado en la figura 19-2.

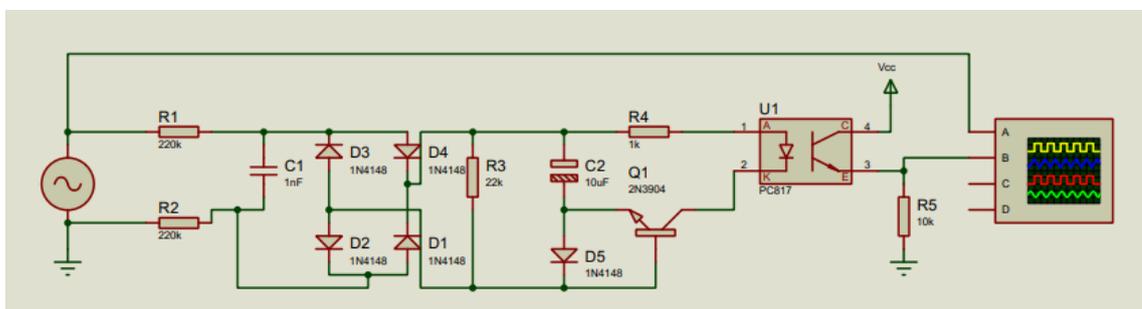


Figura 19-2: Detector de cruce por cero.

Realizado por: Karen Bone, 2022.

2.4.7.2 *Detector de portadora de 120KHz*

X10 usa modulación de 120KHz para transmitir información a través de líneas eléctricas de 60Hz. La portadora de 120KHz es posible generarla con un oscilador externo que utiliza interiormente el módulo CM15A, la señal conecta a la base de un transistor que logra amplificar la corriente de este mismo, el filtro pasa altos acoplado solo deja pasar señales superiores a 100KHz.

CAPITULO III

3 VALIDACIÓN PROTOTIPO

3.1 Pruebas de detección y reconocimiento bajo cambios de iluminación

La iluminación es uno de los factores que afecta en un proceso de reconocimiento, un método conocido para evitar que este factor tenga una mayor incidencia es la aplicación de filtros.

La aplicación de filtros a las imágenes se realizó antes de la captura de los rostros para un adecuado entrenamiento y antes del proceso de reconocimiento. Realizada la aplicación de los filtros se realizó las pruebas en diferentes momentos del día.

Tabla 1-3: Pruebas de reconocimiento bajo cambios de iluminación

Hora del día	N° de pruebas	Detección	Reconocimiento	Error/detección	Error/reconocimiento
8:00 AM	30	28	27	2	3
15:00 PM	30	29	28	1	2
18:00 PM	30	29	26	1	4
20:00 PM	30	29	28	1	2

Realizado por: Bone, Karen.2022.

Analizando la Tabla 1-3 podemos observar que a las 18:00 PM el reconocimiento tuvo más fallas, las consideraciones que se tuvieron en un ambiente expuesto a cambios de iluminación fueron las siguientes: a las 8:00H am (media iluminación), 15:00H pm (alta iluminación), 18:00H pm (baja iluminación), 20:00H (iluminación artificial)

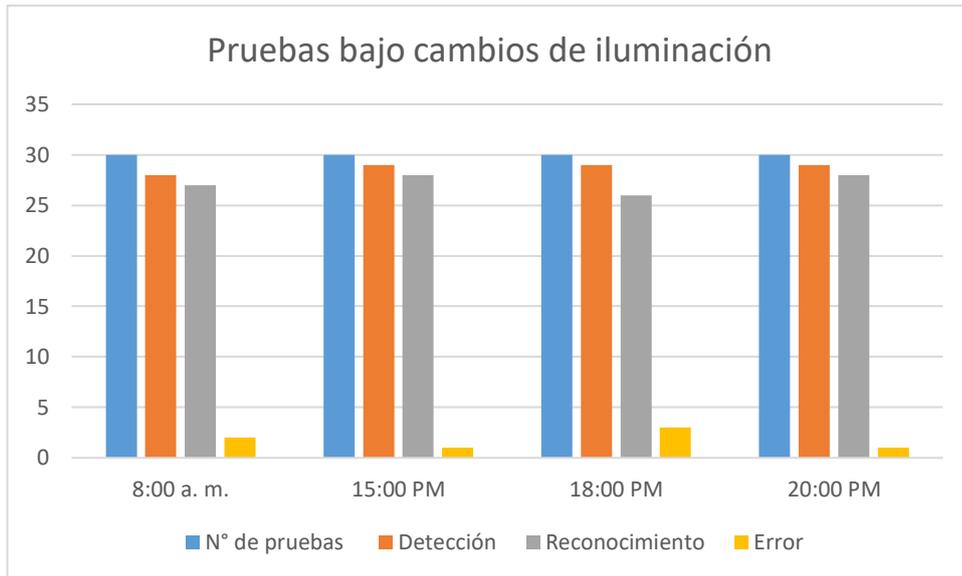


Gráfico 1-3: Gráfico Pruebas bajo cambios de iluminación.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

De las 30 pruebas realizadas analizando el gráfico 1-3 se observa que la hora del día donde se presentó menor margen de error fue a las 15:00 pm siendo óptimo el reconocimiento con luz natural.

3.2 Pruebas eficiencia reconocimiento

Tabla 2-3: Pruebas eficiencia reconocimiento

TIPOS/USUARIOS	USUARIO 1	USUARIO 2	USUARIO 3
Nº. PRUEBA			
1	C	C	C
2	C	—	C
3	C	C	C
4	C	C	C
5	C	C	C
6	C	C	C
7	I	C	C
8	C	C	—
9	C	C	C
10	C	C	C
11	C	C	C
12	I	C	C
13	C	C	C
14	C	C	C
15	C	C	C
16	C	C	C
17	C	C	C
18	C	C	C
19	C	C	C
20	C	C	I
21	C	C	C
22	C	I	C
23	—	C	C
24	C	C	C

25	C	C	C
26	C	C	C
27	C	C	C
28	C	C	C
29	C	C	C
30	C	C	C

Realizado por: Bone Karen, 2022.

De la tabla 2-3 se tiene las siguientes consideraciones: se tomó como C (Correcto) I (Incorrecto), - (No identifica). Para la selección del número de usuarios se basó en la tesis Sistema de reconocimiento facial para control de acceso a viviendas (Castaño David, Alonso Juan, 2019,p.139). A continuación se muestra en diagramas de pastel los porcentajes de cada usuario con las consideraciones antes mencionadas.

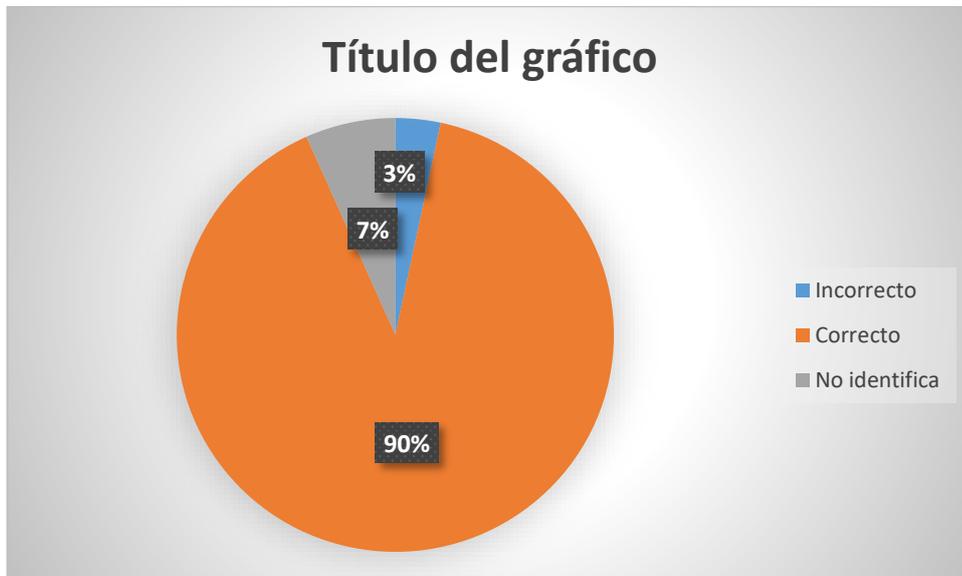


Gráfico 2-3: Gráfico Reconocimiento Usuario 1.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

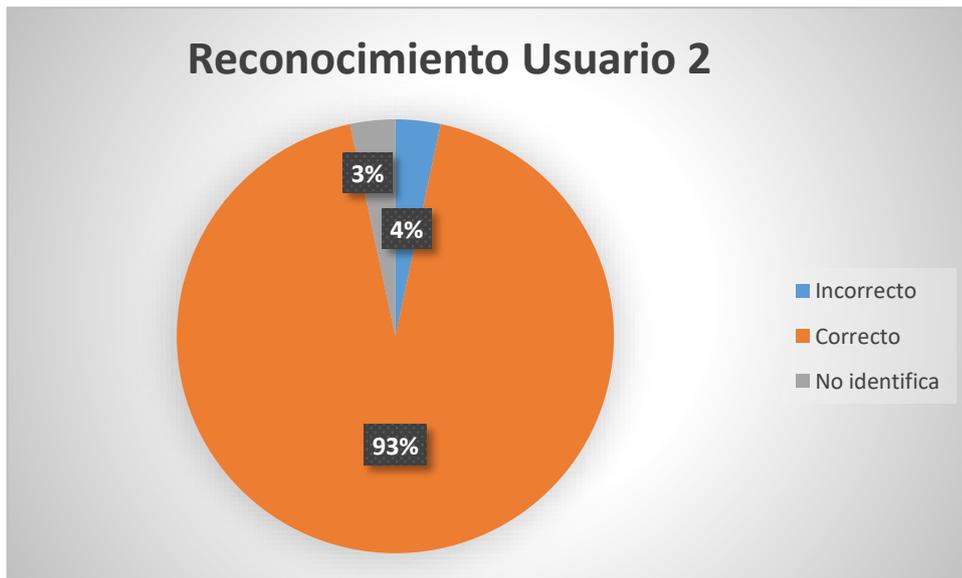


Gráfico 3-3: Gráfico Reconocimiento Usuario 2.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.



Gráfico 4-3: Gráfico Reconocimiento Usuario 3.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Analizando los gráficos obtenidos por cada usuario se determinó un porcentaje de reconocimiento entre un 90% y 93%, también podemos observar que entre los tres usuarios hay un porcentaje de no identifica comprendido entre un 3% y 7% esto se dio a un gran cambio de iluminación al momento de realizar las pruebas.

3.3 Prueba reconocimiento variando distancia

A ciertas distancias podría presentarse fallar, debido a ello se realizaron pruebas variando la distancia para determinar cuál sería la distancia más idónea y obtener un mejor reconocimiento. En la tabla 3-3 podemos observar los resultados obtenidos.

Tabla 3-3: Pruebas de reconocimiento variando distancia

Distancia	N° de Pruebas	Aciertos	Porcentaje de error
0-25 cm	30	25	16.66%
26-50 cm	30	29	3.33%
51-75 cm	30	28	6.66%
76-100 cm	30	24	20%

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

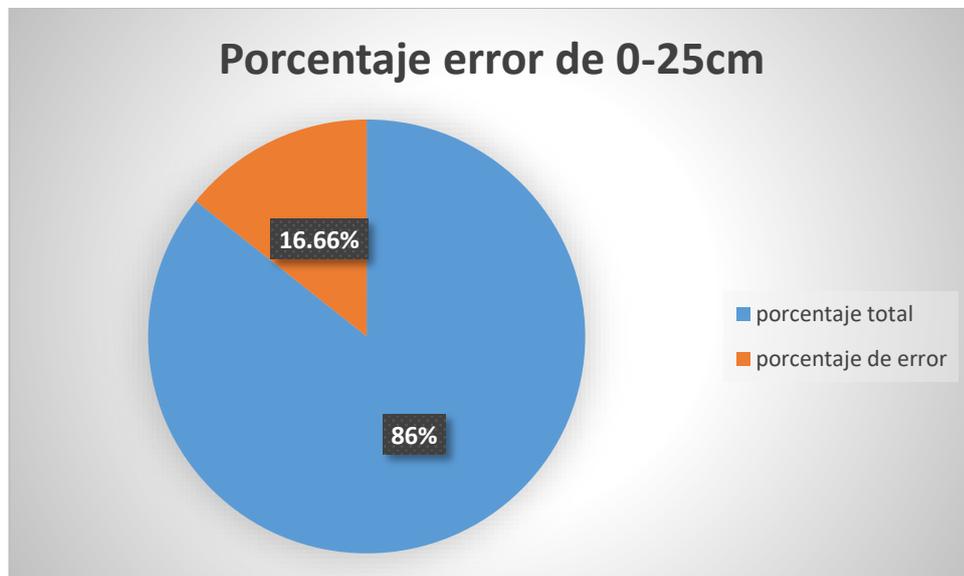


Gráfico 5-3: Porcentaje error de 0-25cm.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

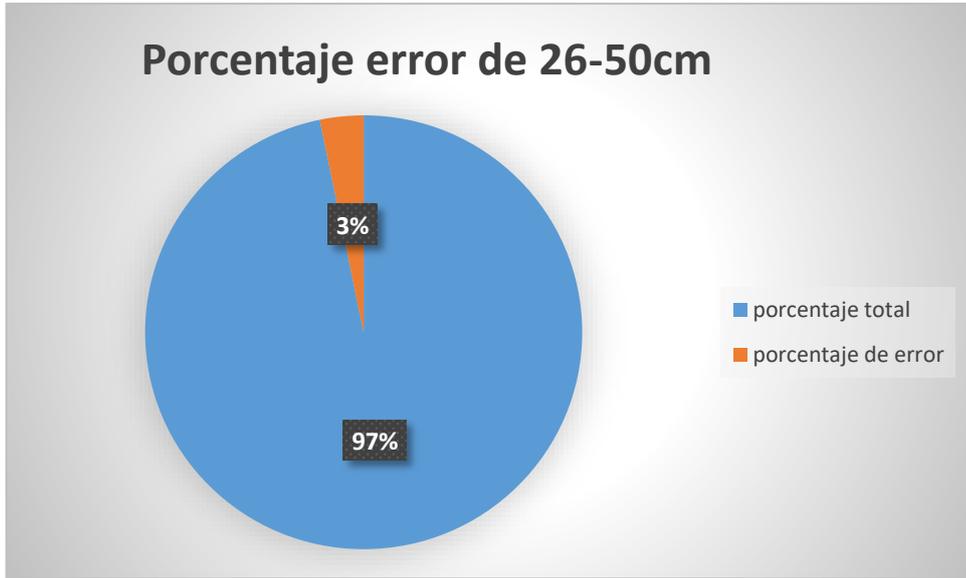


Gráfico 6-3: Porcentaje error de 26-50cm.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

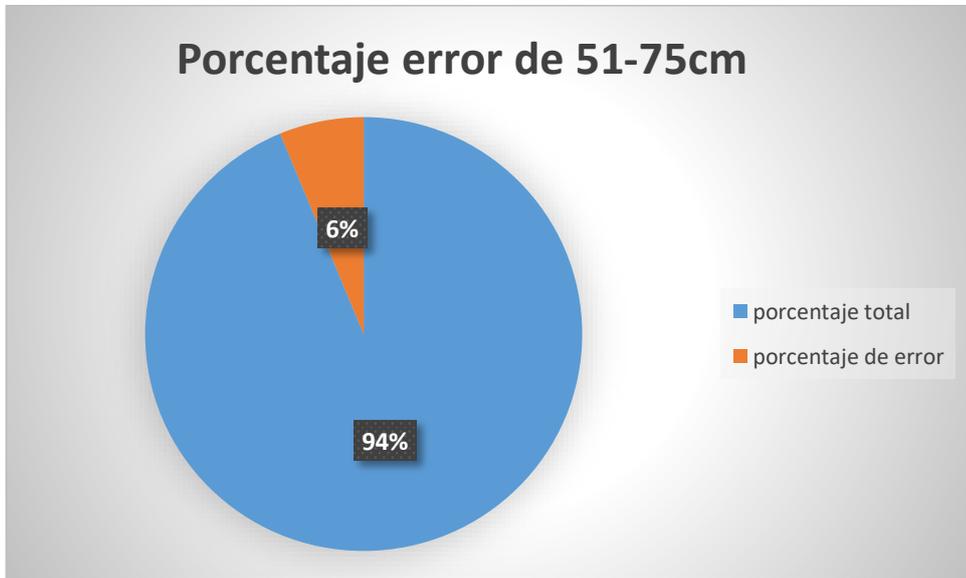


Gráfico 7-3: Porcentaje error de 51-75cm.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

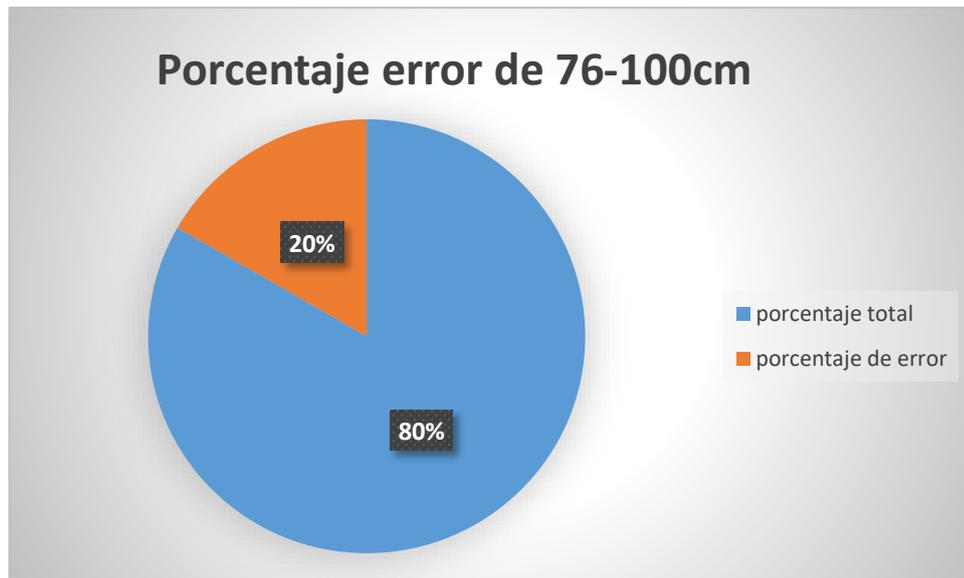


Grafico 8-3: Porcentaje error de 76-100cm.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Al analizar los gráficos los porcentajes obtenidos fueron los siguientes: a una distancia de 0-25cm el porcentaje de error fue del 16,66%, de 26-50cm el error fue del 3%, de 51-75cm el error fue del 6%, de 76-100cm el error de fue del 20%, lo que determinó la altura adecuada para la instalación del módulo.

3.4 Pruebas de X10

Tabla 4-3: Pruebas envío- recepción de datos X10

N° de pruebas	N° de veces	Dato Enviado	Dato recibido	Error
1	10	10	10	—
2	10	10	9	1
3	10	10	9	1
4	10	10	10	—
5	10	10	10	—
6	10	10	10	—
7	10	10	10	—
8	10	10	9	1
9	10	10	10	—
10	10	10	10	—

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

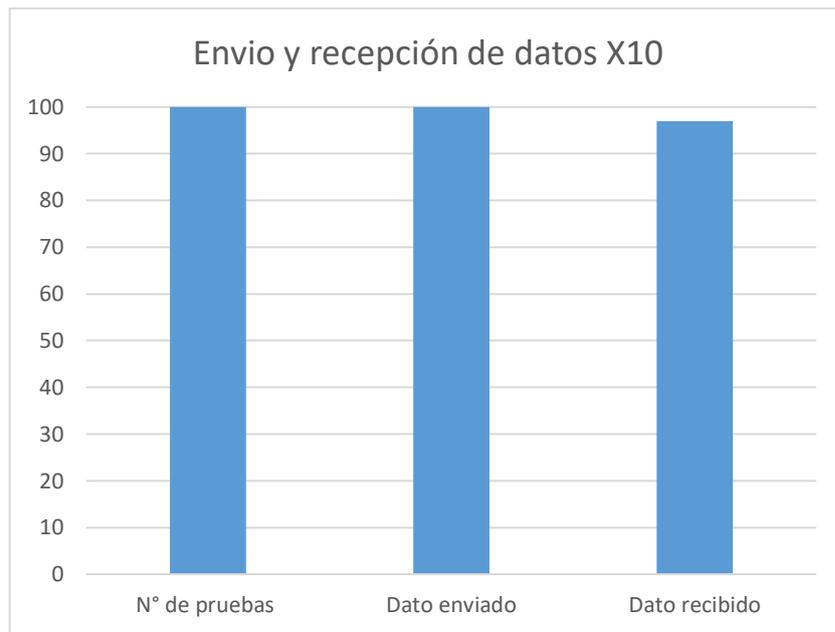


Gráfico 9-3: Envío y recepción de datos X10.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

De la tabla 4-3 y se tiene las siguientes consideraciones: el símbolo — (se considera que no hubo error) analizando el gráfico 9-3 podemos observar que de las pruebas realizadas, se presentan 3 errores al recibir el dato. En la investigación realizada una de las desventajas de X10 es no poder evidenciar cuando se perdió el dato, esto se evidenció al no accionarse la chapa electromagnética.

3.5 Prueba funcionamiento general

Tabla 5-3: Pruebas funcionamiento general del módulo

N° de prueba	Detección	Reconocimiento	Envío dato X10	Recepción	Apertura
1	X	X	X	X	X
2	X	—	—	—	—
3	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X
13	X	X	X	X	X
14	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X
16	X	X	X	X	X

17	X	X	X	X	X
18	X	X	X	X	X
19	X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X
21	X	X	X	X	X
22	X	X	X	X	X
23	X	X	X	X	X
24	X	X	X	X	X
25	X	X	X	X	X
26	X	X	X	—	—
27	X	X	X	X	X
28	X	X	X	X	X
29	X	X	X	X	X
30	X	X	X	X	X
31	X	X	X	X	X
32	X	X	X	X	X
33	X	X	X	X	X
34	X	X	X	X	X
35	X	X	X	X	X
36	X	X	X	X	X
37	X	X	X	X	X
38	X	X	X	X	X
39	X	X	X	X	X
40	X	X	X	X	X

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

De la tabla 5-3 se tienen las siguientes consideraciones: X (realizó satisfactoriamente la acción),
 — (no realizó la acción).



Gráfico 10-3: Funcionamiento General del Módulo.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

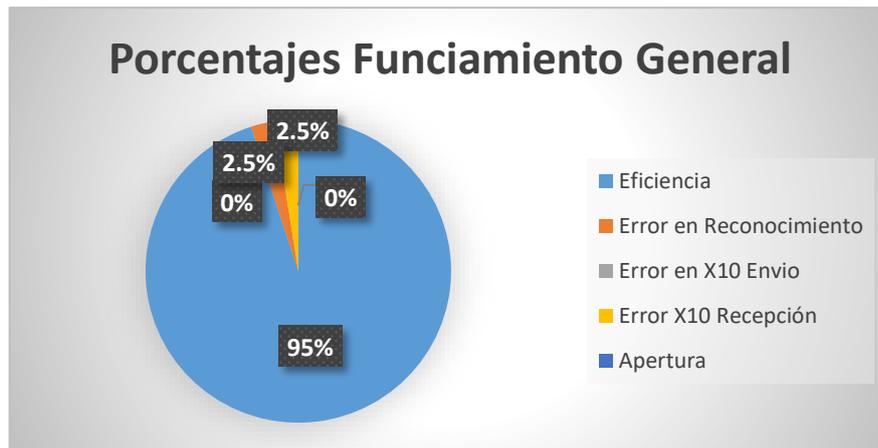


Gráfico 11-3: Porcentajes del Funcionamiento General.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Analizando los gráficos 10-3 y 11-3 podemos observar que con un número de 40 pruebas, la eficiencia del módulo fue de un 95%.

CAPITULO IV

4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1.1 Análisis de costos

En la Tabla 1-4 se presenta los costos que tuvieron los componentes del prototipo que lo conforman.

Tabla 1-4: Costos

MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Raspberry Pi 4 Model B, carcasa,cargador,disipador	1	115	115
Módulo cámara 5MPX OV5647, cable FFC/FPC Tipo Flex 15 pines 1.0 PITCH 50c	1	22	22
Module transeptor X10-CM15A	1	148	148
Módulo de enchufe X10-AM466	1	20	20
Cerradura electromagnética ZKTeco LM-280 280Kg	1	90	90
Caja contenderá de elementos	1	20	20
TOTAL			417

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

4.1.2 Análisis comparativo de los protocolos de comunicación existentes en domótica

En la Tabla 2-4, se presentan las ventajas y desventajas de los protocolos de comunicación existentes en domótica. La investigación se centró en los protocolos más utilizados.

Tabla 2-4: Ventajas y Desventajas de los protocolos de comunicación.

Protocolos de comunicación	Ventajas	Desventajas
X10	<p>No requiere de cableado adicional, hace uso de la red eléctrica del hogar.</p> <p>Fácil instalación, no requiere de conocimientos especiales.</p> <p>Inter operación y compatibilidad de productos anteriores con los más actuales de la misma gama.</p> <p>Ahorro energético y protección.</p>	<p>Tiene un máximo de 256 dispositivos permitidos, lo que no permite realizarlo trabajar en instalaciones grandes.</p> <p>Para casas mayor a los 100m² no se recomienda</p>
EHS	<p>Protocolo totalmente abierto.</p> <p>Compatibilidad entre dispositivos del mismo fabricante.</p> <p>Posee configuración automática de los dispositivos y ampliación sencilla de las instalaciones</p>	<p>Velocidad de transmisión muy baja.</p>
EIB	<p>Puede comunicarse con otros elementos sin importar el fabricante.</p> <p>No requiere de una centralización de los dispositivos, ni a nivel físico, ni a nivel lógico</p>	<p>Para su instalación requiere de cableado adicional.</p> <p>No existe garantía que pueda comunicarse con nuevos productos que salgan al mercado.</p> <p>Protocolo que tiene un elevado precio</p>
Batibus	<p>Facilidad de instalación.</p> <p>Bajo coste.</p>	<p>Para su instalación requiere de cableado adicional.</p> <p>No existe comunicación con dispositivos que no son compatibles con Batibus.</p>
KNX	<p>Protocolo abierto, permite integrar soluciones de diferentes fabricantes.</p> <p>Apto para pequeñas instalaciones, casas y/o edificios</p>	<p>La instalación debe realizarse en la etapa de construcción de la casa.</p> <p>Protocolo de baja seguridad.</p>
Lonworks	<p>Protocolo abierto para cualquier fabricante.</p> <p>Es aplicable a instalaciones grandes.</p>	<p>Presenta dificultades con conexiones Wireless.</p> <p>No está muy estandarizado.</p>
Jini	<p>En conexión y desconexión con otros dispositivos es altamente funcional.</p>	<p>Utiliza la plataforma SUN, pero no es ampliamente usada</p>
TCP/IP	<p>Trabaja con amplios hardware.</p> <p>Se ajusta a grandes y medianas red</p>	<p>Dificultad para diferenciar interfaces.</p> <p>Lentitud al trabajar con redes de poco tráfico, bajo rendimiento con servidores y ficheros de impresión.</p>

Fuente: M. Moro, 2011.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Después de realizar la comparación de ventajas y desventajas de los protocolos de domótica se optó por el protocolo de X10 al presentar la ventaja de no requerir cableado adicional debido a que la transmisión se realiza a través de la línea eléctrica permitiendo de esta manera realizar su instalación en una edificación ya construida, lo que le brinda la delantera sobre otros protocolos que para su instalación requieren de instalación y cableado cuando la construcción del hogar, oficina, empresa aún no está finalizada.

4.1.3 Análisis de costos del módulo con dispositivos existentes en el mercado

En la tabla 3-4 se observa las características de los diferentes dispositivos existentes en el mercado que permiten el control de acceso mediante reconocimiento facial.

Tabla 3-4: Ventajas y desventajas de los productos existentes en el mercado

PRODUCTOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTO
FACIAL COOL-A	Control de acceso. Se puede exportar datos mediante dispositivo USB. Control de asistencia	Las comunicaciones no son compatibles con todos los sistemas operativos. No cuenta con un sistema de alarma.	545
FACE PASS	Control de acceso Control de asistencia. Sensor infrarrojo para autoencendido	No cuenta con un sistema de alarma.	450
RECONOCIMIENTO FACIAL FINGER TMP	Control de acceso. Comunicación Ethernet (TCP/IP).	Las comunicaciones no son compatibles con todos los sistemas operativos. No cuenta con un sistema de alarma.	1151

Fuente: M. Moro, 2011.

Realizado por: Bone, Karen. 2022.

Al comparar el precio del módulo del presente trabajo de titulación con los dispositivos existentes, se llegó a la conclusión que el valor de la inversión es menor a la de los dispositivos comerciales, con la ventaja de no utilizar cableado adicional, en el caso de requerir una ampliación y control de otros dispositivos dentro del hogar, oficina, etc. El módulo implementado por un valor adicional de veinte dólares mediante un módulo de enchufe puede controlar un dispositivo en específico, por lo que utilizar el protocolo X10 brinda optimización de recursos y abarata costos en relación a los analizados en la tabla 3-4.

CONCLUSIONES

El uso de algoritmos ya establecidos facilita el reconocimiento, para el presente trabajo se utilizó el algoritmo LBPH debido a las ventajas que presenta, de los protocolos previamente estudiados se empleó el protocolo el protocolo X10 debido a la facilidad que presenta de la no utilización de cableado extra.

Un sistema domótico se conoce como el conjunto de tecnologías aplicadas, lo que permitió la comunicación e integración de una Raspberry Pi con módulos X10 por medio de programación, evidenciándose que la seguridad al emplear domótica es muestra de cómo se pueden combinar diferentes áreas y lenguajes de programación.

El uso de Raspberry Pi 4 con su propia cámara brindó una mayor versatilidad por estar conectada de manera serial, consiguiendo la optimización de recursos, a diferencia de una cámara web convencional.

Un previo estudio e investigación nos llevó a determinar que para el desarrollo de la detección y autenticación en el control de acceso, Python era el software más recomendable por ser un software libre, por su flexibilidad, bajo coste, y compatibilidad con Raspberry Pi 4, tarjeta controladora seleccionada para el control del módulo.

Al analizar los datos obtenidos de las pruebas se puede deducir que el módulo electrónico cumple con los requerimientos, en la sección 3.5 pruebas de funcionamiento general se pudo evidenciar una eficiencia del 95%, el porcentaje restante se debió a cambios bruscos de iluminación que se presentaron al momento de realizar las pruebas.

RECOMENDACIONES

Necesario crear la base de datos de los usuarios a comparar, como también que al momento de crear la carpeta donde se van a ir almacenando las capturas de los rostros se encuentre en la misma carpeta que el proyecto creado en Python para la autenticación.

Tener cuidado con los voltajes que ingresa a la placa controladora Raspberry Pi 4, porque al no contar con protección desde los pines una conexión de un voltaje mayor a los GPIO podría causar el daño permanente de la placa.

X10 se comunica mediante el tendido eléctrico de donde se haya realizado la instalación, se recomienda contar con un sistema de respaldo de energía externa, para evitar dejar al sistema de control de acceso desprotegido en casos de corte de la energía eléctrica o fallos.

Verificar la correcta instalación de las librerías en Python y Raspberry Pi 4 necesarias para el correcto funcionamiento del reconocimiento facial, y evitar así posibles errores al momento de realizar las pruebas. Tal es el caso del CM15A que necesito de instalación de librerías propias para poder comunicarse con la tarjeta controladora.

GLOSARIO

Protocolo: Secuencia detallada de un proceso de actuación científica, técnica, medica, etc. (J. Hidrobo, 2010)

X10: Protocolo de comunicaciones para el control remoto de dispositivos eléctricos. Utiliza la línea eléctrica (220 o 110V) para transmitir señales. (A. Flores, 2005)

Algoritmo: Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas. (S. Perez, 2020)

Escala de grises: La escala de grises o valor, en artes gráficas y bellas artes, es el sistema ordenado y gradual que cubre un rango limitado de valores de luminosidad entre el blanco, el gris y el negro. (ups, 2018)

Reconocimiento: Acción de reconocer o reconocerse. (Oxford Languages)

Eficiencia: Capacidad para cumplir o realizar adecuadamente una función. (Oxford Languages)

Transceptor: Módulo de transmisor/receptor. (x10.com)

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, M. *Qué es Python* [blog]. [Consulta: 10 Octubre 2020]. Disponible en: <https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>

BALDEÓN, Diego & CONGACHA, Marco. Estudio y diseño de un sistema domótico aplicado en el edificio de laboratorios para la facultad de mecánica [En línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2014. p.47. [Consulta: 2021-02-25]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3739/1/25T00244.pdf?fbclid=IwAR2wpIGBx5usv0kU9sOf96-u9JGbTLdXc7LS2H-EYEXHaWbTcs6dPY_ldmI

BASTIDAS, Leonel Andrés & RODRÍGUEZ, Kerly Andrea. Diseño e implementación de una casa domótica para perros domésticos usando tecnología raspberry pi y arduino con control a través de interfaz web (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Politécnica Salesiana. Guayaquil-Ecuador, 2018. p.24. [Consulta: 2021-03-05]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15477/1/UPSGT002100.pdf?fbclid=IwAR1xTAEG9JG5XDKcPnbnwiLFE1yNN1g8N3eEWTNIj4JYDRdApI6zRXmXTw>

CASTAÑO, David & ALONSO, Juan. Sistema de reconocimiento facial para control de acceso a viviendas (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Católica de Colombia. Barranquilla-Colombia, 2019. p.17. [Consulta: 2021-03-05]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24032/1/Final%20Trabajo%20de%20grado.pdf>

CHAMORRO, Williams. Diseño e implementación del control de acceso y seguridad del laboratorio de instrumentación utilizando el protocolo x-10 [En línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador, 2008. p. 4. [Consulta: 2021-04-11]. Disponible en: www.epn.edu.ec. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4207/1/CD-1379.pdf>

COBO, Ángel. *PHP y MySQL Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web* [en línea] Madrid-España: Díaz de Santos: 2005. [Consulta: 17 de Agosto de 2021]. Disponible en:

<https://books.google.es/books?id=zMK3GOMOpQ4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

COLINA, M. "Hacia una definición de la domótica". *Revistas CSIC* [en línea], 2004, (España) 494(56), pp. 11-17 [Consulta: 26 Mayo 2021]. ISSN 1988-3234. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/444>

CONSTANTINO, Ingrid. *Domótica e inmótica : viviendas y edificios inteligentes* [En línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Veracruzana. Madrid- España, 2010. p. 39. [Consulta: 2021-06-24]. Disponible en: https://www.academia.edu/7301074/1_5_2_DESVENTAJAS_DE_UN_SISTEMA_DOMOTICO_26?

CUEVAS, J; MERINO, P; & MARTÍNEZ, J. "El protocolo x10: una solución antigua a problemas actuales" *Simposio de Informática y Telecomunicaciones SIT'02* [en línea], 2019 (Logroño-España) 23(6), pp. 87-96. [Consulta: 28 Octubre 2021]. ISSN 8469994174. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4791016>

DOMÍNGUEZ, Martín & SÁEZ, F. *Domótica: un enfoque socio técnico*. Madrid- España, Fundación Rogelio Segovia para el Desarrollo de las Telecomunicaciones. 2006. [Consulta 24 Noviembre 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=7hCxAAAACAAJ&dq=Dom%C3%B3tica:+un+enfoque+sociot%C3%A9cnico&hl=es&sa=X&redir_esc=y

ESPARZA, C; ARAZONA, C; SANABRIA, E; & VELAZCO, A. "Facial recognition based on eigenfaces, lbph and fisherfaces in the beagleboard-xm x". *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada* [en línea], 2017, Colombia 17(2), p. 146. [Consulta: 19 Febrero 2021]. ISSN 1692-7257. Disponible en: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_40/recursos/05_v25_30/revista_26/01052016/21.pdf

GARCÍA SANTILLÁN, Iván Danilo. *Visión Artificial y Procesamiento Digital de Imágenes usando Matlab*. 2008 [Consulta: 10 Julio 2021]. Disponible en:

<https://pdfslide.net/documents/vision-artificial-y-procesamiento-digital-de-imagenes-usando-matlab-561ee4a542ecc.html>

GONZALEZ, H & VELÁSQUEZ, S. "Reconocimiento facial utilizando viola-jones y patrones binarios". Universidad, Ciencia y Tecnología [en línea], 2019, 111(23), pp. 57–63. [Consulta: 19 Febrero 2021]. Disponible en: <http://www.uct.unexpo.edu.ve/index.php/uct>

GUACHO, D & MUÑOZ, L. Estudio de aplicabilidad de sistemas domóticos orientados a urbanizaciones de la ciudad de Riobamba [En línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2014. pp. 50-51. [Consulta: 2021-02-10]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3621>

HUIDOBRO, J.M. *Manual de Domótica* [en línea]. Sevilla-España: Creaciones Copyright SL, 2010. [Consulta: 9 Noviembre 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Manual_de_Dom%C3%B3tica.html?id=V6IzqqDcfF8C&redir_esc=y

JUNCOSA, M. *Redes informáticas: tipos, topologías y más* [blog]. [Consulta: 19 Noviembre 2020] Disponible en: <https://aprendederedes.com/redes/introduccion/tipos-redes-informaticas/>

JUNESTRAND, S. *Domótica y hogar digital* [en línea]. Madrid-España: Editorial Paraninfo, 2004. [Consulta: 16 Febrero 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Dom%C3%B3tica_y_hogar_digital.html?id=8ERFqWcdHAEC&redir_esc=y

LUTZ, Mark. *Programming Python* [en línea] Segunda. ed. Emily Quill, USA. 2001. [Consulta: 27 Agosto 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=en&lr=&id=c8pV-TzyfBUC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Python&ots=n55H5RYRQY&sig=v_izWENeIb5Bvwhcj2DsFGlmS-U&redir_esc=y#v=onepage&q=Python&f=false

MALDONADO, H & CHACHA, E. Implementación de dos módulos técnicos para prácticas de domótica e inmótica mediante protocolos de comunicación x10 y hdl buspro [En línea] (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2017. pp. 1-8. [Consulta: 2021-02-02]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7588>

MOLINA, L. *Instalaciones domóticas [en línea]*. Madrid- España: McGraw- Hill Interamericana. 2010. [Consulta: 6 Mayo 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Instalaciones_dom%C3%B3ticas.html?id=TgydzQEA CAAJ&redir_esc=y

MORENO, O. Domótica (instalación y simulación). POLITÉCNICA DE CATALUÑA, Barcelona (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Politécnica de Cataluña. Barcelona- España. 2001. p. 23 [Consulta: 2021-02-04] Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjLzNL6teH1AhUXTTA BHcp9BrkQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.upct.es%2Fbitstream%2F10317%2F750%2F1%2Fpfc2869.pdf&usq=AOvVaw346Q0bxWWlqsTIV7sxUX3b>

MORO, M. *Instalaciones domóticas [en línea]*. Madrid- España: Paraninfo. 2011. [Consulta: 16 Febrero 2021]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=mdFtH4ZOzbAC&printsec=frontcover&dq=Instalaciones+domoticas&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwinoM2SyO_uAhUMxVvKKhcYwCGYQuwUw AXoECAUQBw#v=onepage&q=Instalaciones%20domoticas&f=false

NAVARRETE, L. Análisis de los sistemas de comunicación utilizados para la implementación de las aplicaciones de la domótica (Trabajo Titulación) (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito- Ecuador. 2005. pp. 81-92. [Consulta: 2021-02-16]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5042>

OLIPHANT, T. "Python for Scientific Computing". Computing in Science and Engineering [en línea], 2007, (United States of America) 12(9), p. 34. [Consulta: 4 Septiembre 2020]. ISSN 101-109X. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/MCSE.2007.58>.

PÉREZ, María, *Microsoft SQL Server 2008 R2. Motor de base de datos y administración*. Madrid-España, Paraninfo. 2008. [Consulta: 5 Enero 2021]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ExK0AQRjPk4C&oi=fnd&pg=PR13&dq=SQL+&ots=va_YsRVMIE&sig=dBHlyxoyN-_hrdCh5rMUbbFR3xE#v=onepage&q=SQL&f=false

QUINTERO, L. "Viviendas inteligentes". Ingeniería e Investigación [en línea], 2005, (Madrid-España) 19(25), pp. 47–53. [Consulta: 9 Noviembre 2020]. ISSN 0120-5609, 2248-8723. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325207>

QUIROZ, J. "Análisis de los sistemas de comunicación utilizados para la implementación de las aplicaciones de la domótica". Engineering & Domotica [en línea], 2005, (Madrid-España) 7(9), pp. 4-13. [Consulta: 3 Mayo 2021]. ISSN 150-0050 Disponible en: <https://www.redalyc.org/home.oa>

REDOLFI, L. *Domótica* [en línea]. Buenos Aires- Argentina: Fox Andina, 2013 [Consulta: 16 Febrero 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/39928107-Domotica-ebook-autor-luciano-redolfi-tipos-de-edificios-inteligentes-versiones-de-la-domotica-en-distintos-continentes.html>

SANGUÑA GUEVARA, Fernando Paul. 2010. Estudio técnico de la red de comunicaciones para brindar los servicios de voz, internet y video por demanda de una urbanización (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2010. p. 9 [Consulta: 2021-07-01]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1764>

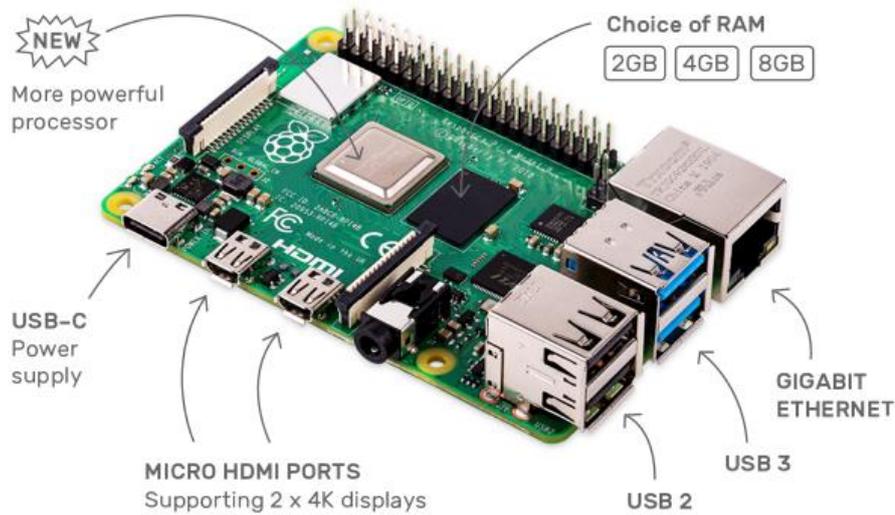
TORREJÓN, J. Desarrollo de un controlador domótico basado en el sistema Beaglebone Black (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad de Sevilla. Sevilla-España. 2018. p. 6. [Consulta: 2021-02-17]. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/12427/fichero/PFC-2427-LOPEZ.pdf>

VILLA, Andrés. *Análisis de software de configuración de los protocolos domóticos: knx, lonworks y bticino* [en línea]. Paraninfo, 2016. [Consulta: 5 Agosto 2021]. Disponible en: <http://201.159.222.99/bitstream/datos/4539/1/11026.pdf>

ZHANG, D & JAIN, K 2006. *Advances in Biometrics: International Conference, ICB 2006, Hong Kong, China*. [En línea]. Springer, 2005. [Consulta: 19 Febrero 2021]. Disponible: https://books.google.com.ec/books?id=qVOznDUChFIC&pg=PA682&dq=Fisherface&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiK2r_lqfbuAhUiwVvKkKHfxKDycQuwUwAXoECAMQCQ#v=onepage&q=Fisherface&f=false

ANEXOS

Anexo A: Especificaciones y características de la Raspberry Pi 4



Fuente: raspberri.org

Especificaciones

- Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @1.5GHz
- 2GB, 4GB or 8GB LPDDR4-3200 SDRAM (depending on model)
- 2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE
- Gigabit Ethernet
- 2 USB 3.0 ports; 2 USB 2.0 ports
- Raspberry Pi standard 40 pin GPIO header (fully backwards compatible with previous boards)
- 2 x micro – HDMI ports (up to 4k60 supported)
- 2 - lane MIPI DSI display port
- 2- lane MIPI CSI camera port
- 4 – pole stereo audio and composite video port
- 5V DC via USB-C connector (minimum 3A*)
- 5V DC via GPIO header (mínimum 3A*)

Anexo B: Listado de módulos X10

Adding Modules

Module Types

In ActiveHome Pro, X10 modules are classified into four different categories:

Lamps: dimmable modules and those designed only for incandescent lighting control.

Appliances: modules with only On/Off control that are designed to be used with higher wattage loads, small motors, and more.

Sensors: battery-powered wireless motion sensors. You can't control sensors with ActiveHome Pro, but you can see when they have been triggered.

Other: Modules with special features or uses, and with functions different from lamps and appliances.

Lamp Modules

Model	Name
Lev-6381	Leviton Wall Switch Module
Lev-6383	Leviton 3-way Wall Switch Module
LM14A	2-Way Lamp Module
LM15A	Socket Rocket
LM465	Lamp Module
SL575	Screw-in Lamp Module
WS12A	Decorator-style Wall Switch Module
WS14A	Decorator-style Companion Switch
WS467	Wall Switch Module

Fuente: X10.com

Anexo C: Módulo AM466



Adding Modules

Appliance Modules

Model	Name
AM14A	2-Way Appliance Module (2-pin)
AM15A	2-Way Appliance Module (3-pin)
AM486	Appliance Module (2-pin)
AM466	Appliance Module (3-pin)
HD243	220V Heavy Duty Appliance Module (15 amp)
HD245	220V Heavy Duty Appliance Module (20 amp)
Lev-6291	Leviton Fluorescent Wall Switch Module
SR227	Split Receptacle Module
RR501	2-Way Transceiver Module
TM751	Mini-Transceiver Module

Motion Sensors

Model	Name
MS12A	HawkEye Motion Sensor
MS13A	HawkEye 2 Motion Sensor
MS14A	EagleEye Motion Sensor
MS16A	ActiveEye Motion Sensor

Other Modules

Model	Name
PR511	Floodlight Motion Sensor
SC546A	Remote Chime Module
UM506	Universal Module

Fuente: X10.com

Especificaciones AM466

- Plug AC de 3 pines (Con pin de tierra)
- Capacidad hasta 15ª, cargas resistivas hasta 500w, motores hasta 1/3 HP, televisores hasta 400W
- Puede controlar lámparas fluorescentes como las CFL's (Ahorradoras)
- Conexión directa a un enchufe convencional sin necesidad de intervenir la red, 120 V, 60 Hz

Anexo D: Módulo CM15A



Fuente: X10.com

Características

- Controla su hogar mediante un computador y el software Active Home Pro.
- Puede recibir todos los 16 códigos de unidad (1 a 16) para todos los 16 códigos “House codes” (A la P).

- Envía y recibe comandos X10 por RF o por la línea de potencia AC, a diferencia del CM19A.
- Utiliza 4 baterías AAA de respaldo para preservar la programación y el reloj/calendario de fallo del suministro eléctrico.
- Conexión directa a un enchufe convencional sin necesidad de intervenir la red, 120 V, 60 Hz.