



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD EN APERTURA
DE PORTONES DE GARAJE AUTOMÁTICOS MEDIANTE DATOS
BIOMÉTRICOS E IOT**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Electrónica y Automatización

AUTOR: Stalin Miguel Chuquitarco Herrera

TUTOR: Andrés Sebastián Calero Calero

Quito – Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Stalin Miguel Chuquitarco Herrera con documento de identificación 1724602485; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 17 de marzo del año 2023

Atentamente,



Stalin Miguel Chuquitarco Herrera

1724602485

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Stalin Miguel Chuquitarco Herrera con documento de identificación 1724602485, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Desarrollo de un sistema de seguridad en apertura de portones de garaje automáticos mediante datos biométricos e iot ”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica y Automatización, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que realizo la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 17 de marzo del año 2023

Atentamente,



Stalin Miguel Chuquitarco Herrera

1724602485

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Sebastián Calero Calero con documento de identificación 1719252346, docente de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD EN APERTURA DE PORTONES DE GARAJE AUTOMÁTICOS MEDIANTE DATOS BIOMÉTRICOS E IOT, realizado por Stalin Miguel Chuquitarco Herrera con documento de identificación 1724602485 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 17 de marzo del año 2023

Atentamente,



Ing. Andrés Sebastián Calero Calero, MSc

1719252346

DEDICATORIAS

Este proyecto está dedicado a toda mi familia, pero en especial a mis padres, Cesar y Soledad, quienes han sido los soportes fundamentales para alcanzar mis metas en la vida. Gracias a su dedicación y tenacidad, han logrado que mi camino sea de éxito. También está dedicado a mis hermanos, Dayana e Issac quien han sido mi apoyo incondicional y motivación para lograr mis objetivos. Finalmente, me dedico a mí, para recordar que, aunque el camino puede ser difícil y lleno de desafíos, al final siempre habrá recompensas por el esfuerzo aplicado.

Stalin Chuquitarco

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por guiar mi camino en todo momento. A mis padres Cesar y Soledad ya que gracias a su esfuerzo y sacrificio he logrado formarme como un profesional y un ser humano de bien para esta sociedad, a mi hermana Dayana y a mi sobrino Thiago por ser el ejemplo de superación y sacrificio en las adversidades, a mis hermanos Issac y Dillan por ser la motivación para mejorar cada día y así plasmar un buen ejemplo en ellos. Agradecer de forma muy especial a mis abuelitos Rosa Guato, María Sánchez y Abelardo Chuquitarco (+) quienes fueron los causantes de formar una mentalidad de superación en toda nuestra familia.

Quiero agradecerle a mi tío Miguel Herrera (+) por ser quien cuida de mi desde el cielo en todo momento y fue motivo de inspiración para lograr esta meta.

Agradecido con todas aquellas personas que fueron parte del camino, a quienes aportaron tiempo y palabras de motivación en el transcurso de mi carrera profesional y que por razones especiales hoy no pueden estar presentes.

Finalmente, un agradecimiento a los Ingenieros: William Oñate y Andrés Calero, por el soporte brindado en el desarrollo de la tesis y consejos para que el resultado de este trabajo sea satisfactorio.

Stalin Chuquitarco

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO	i
DE TITULACIÓN	i
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
ANTECEDENTES	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 Puerta de Garaje Automática.....	5
2.2 Tipos de Puerta de Garaje.....	5
2.2.1 Puerta de Garaje Batiente	5
2.3 Sistemas Embebidos	7
2.3.1 Modulo NODEMCU S32	7
2.3.2 Arduino IDE.....	8
2.3.3 Cliente MQTT EMQX.....	8
2.3.4 Chat Boot (CallMeBot)	9
2.4 Lector de Huella Digital	9
2.4.1 Sensor de Huella R305	10

2.5 Relevadores	11
2.6 Motores de Automatización.....	11
2.6.1 Motor de Cadena LIFTMASTER.....	11
2.6.2 Motor de Brazo	12
2.6.3 Motor de Cremallera.....	13
CAPÍTULO III	14
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	14
3.1 Análisis del diseño del proyecto	14
3.1.1 Descripción del desarrollo del prototipo	14
3.2 Comparativa de NodeMCU	14
3.3 Diseño de los circuitos electrónicos	15
3.3.1 Huella dactilar, ESP8266 Y diodos led (Publicador)	15
3.3.2 Diseño de Circuito Publicador.....	16
3.3.3 Modulo relé, led informativo y NodeMcu ESP32 (Subscriber).....	16
3.3.4 Diseño de Circuito Subscriber	17
3.3.5 Diseño de carcasas contenedora de circuitos.....	17
3.4 Motor de cadena LiftMaster para accionamiento remoto.....	19
3.4.1 Implementación de circuito subscriber a motor LiftMaster	19
3.5 Implementación de circuito Publicador a Vehículo	20
3.6 Alimentación ideal de circuitos embebidos.....	20
3.7 Implementación de Bróker MQTT “EMQX”	21
3.8 Implementación de chat Bot mediante CallMeBot en WhatsApp.....	22
3.9 Implementación de la aplicación MQTT Dash.....	23
3.10 Diseño de sistema de Comunicación	26
CAPÍTULO IV	27
ANÁLISIS Y RESULTADOS	27
4.1 Resultado de nuestro control biométrico	27
4.1.1 Funcionamiento de control biométrico en Vehículo	27

4.2 Resultado de receptor embebido con relé.....	29
4.2.1 Funcionamiento de receptor embebido en motor LiftMaster	29
4.3 Prueba de funcionamiento de Chat bot “CallMeBot” en tiempo real.....	31
4.4 Prueba de funcionalidad de aplicación MQTT DASH.....	32
4.5 Pruebas de reconocimiento de huella en motor (abrir y cerrar)	33
4.6 Pruebas de distancia para comunicación en una red fija WIFI.....	34
4.7 Pruebas de registro de activación del motor en Data Logger.....	35
4.8 Precios de inversión del Sistema	36
4.9 Rentabilidad del Sistema	37
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS.....	1
Anexo 1. Diagrama del circuito implementado en el software Proteus Profesional	1
Anexo 2. Diagrama de impresión PCB del mando biométrico	2

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Puerta Automática de Garaje	5
Figura 2.2: Puerta corrediza	6
Figura 2.3: Puerta Basculante	7
Figura 2.4: Modulo ESP32.....	8
Figura 2.5: Protocolo MQTT.....	9
Figura 2.6: Sensor de Huellas.....	10
Figura 2.7: Sensor dactilar R305.....	10
Figura 2.8: Relevador.....	11
Figura 2.9: Motor de Cadena LiftMaster	12
Figura 2.10: Motor de brazo marca GENIUS	12
Figura 2.11: Motor de cremallera Genius	13
Figura 3.1: Simulación circuito Publicador	15
Figura 3.2: Circuito publicador.....	16
Figura 3.3: Conexión simulada circuito Subscriptor	16
Figura 3.4: Circuito subscriptor	17
Figura 3.5: Carcasa de circuito publicador.....	18
Figura 3.6: Carcasa de circuito subscriptor	18
Figura 3.7: Implementación de circuito a motor.....	19
Figura 3.8: Implementación de circuito a vehiculo	20
Figura 3.9: Alimentación de circuitos mediante USB micro B	21
Figura 3.10: Datos del Broker MQTT EMQX	21
Figura 3.11: Programación de Servidor EMQX MQTT	22
Figura 3.12: Guardamos el número de contacto en nuestro teléfono	22
Figura 3.13: Configuración del chat.....	23

Figura 3.14: líneas de programación para recibir el chat bot	23
Figura 3.15: Aplicación MQTT Dash en Play Store	24
Figura 3.16: Sincronizar con nuestro bróker MQTT “EMQX	24
Figura 3.17: Configuración de 3 paneles mediante 3 datos	25
Figura 3.18: Creación de panel.....	25
Figura 3.19: Panel de visualización de Tokens	26
Figura 3.20: Diagrama de control y comunicación.....	26
Figura 4.1: Montaje final de circuito y carcasa.....	27
Figura 4.2: Sistema embebido alimentado por 5V	28
Figura 4.3: Funcionamiento ideal de control biométrico	28
Figura 4.4: Ensamble de Circuito receptor con relé.....	29
Figura 4.5: Circuito receptor alimentado por 5v	30
Figura 4.6: funcionamiento ideal de receptor embebido relé	30
Figura 4.7: Prueba de CallMeBot en WhatsApp.....	31
Figura 4.8: Prueba de aplicación MQTT DASH.....	32
Figura 4.9: Consulta de ultima activación de motor.....	32
Figura 4.10: Datos Excel de nuestra base de datos.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Comparativa Sistemas Embebidos.....	15
Tabla 3.2: Características del motor LiftMaster.	19
Tabla 4.1:Tabla de reconocimiento de control biometrico	33
Tabla 4.2: Tabla de distancias optimas de comunicación	34
Tabla 4.3: Tabla de registro en Base de datos	35
Tabla 4.4: Presupuesto del proyecto	37

RESUMEN

El Internet de las cosas (IoT) es un tema de gran importancia en el ámbito de los sistemas domóticos, ya que trata de abordar los problemas de seguridad que surgen en la automatización de portones de garaje en todo establecimiento residencial.

Estos sistemas domóticos se encuentran vulnerables a las distintas formas de robo en hogares, empresas y negocios. Hoy en día podemos encontrarnos con sistemas básicos de automatización de portones, los cuales son activados mediante un control remoto por radio frecuencia, es así como la delincuencia ha encontrado modos para sustraer dicho mando remoto, el cual puede ser manipulado y utilizado de forma indebida sin ningún tipo de restricción.

Es así como se llevó a cabo la investigación y desarrollo de un sistema de apertura de portones de garaje automáticos mediante datos biométricos e iot, que consiste en autorizar el ingreso a un sitio de garaje residencial automatizado, mediante datos biométricos por huella dactilar, el cual estará únicamente instalado dentro de los autos de las personas autorizadas al ingreso y además estos usuarios podrán ser informados en tiempo real sobre el estado de su puerta de garaje, brindando así de una gran solución a los robos de controles remotos y al alto costo que representa invertir en sistemas de seguridad extras.

Palabras claves: automatización, seguridad, portones, datos biométricos, iot, mandos a distancia.

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is a topic of great importance in the field of home automation systems, as it tries to address the security problems that arise in garage door automation in every residential establishment. These home automation systems are vulnerable to various forms of theft in homes, businesses, and businesses. Today we can find basic garage door automation systems, which are activated by a remote control by radio frequency, and so the crime has found ways to steal that remote control, which can be manipulated and used improperly without any restriction. Thus, research and development was carried out on an automated garage door opening system using biometric data and IoT, which consists of authorizing entry to an automated residential garage site using biometric data by fingerprint, which will only be installed inside the cars of the people authorized to enter, and in addition these users can be informed in real time about the status of their garage door, thus providing a great solution to the theft of remote controls and the high cost of investing in extra security systems.

Keywords: automation, security, gates, biometric data, IoT, remote controls.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen varios tipos de automatización de portones de garaje, los cuales permiten a los usuarios la facilidad de ingresar con sus vehículos a sus sitios residenciales mediante un control remoto que se activa por un pulso, este tipo de sistema está inmerso en todas las marcas de motores de automatización, pero ninguno de estos ha solucionado el problema del robo de dichos controles, que luego son utilizados por los delincuentes para sustraer bienes del hogar e incluso los mismos vehículos. Lamentablemente los usuarios de este modelo de automatismos han optado por contratar otro tipo de sistemas de seguridad extras, e incluso rempazan sus motores de automatización por sistemas básicos de seguridad como lo son guardianía 24h o simplemente los usuarios realizan todas las maniobras de forma manual.

Ya expuestos los problemas, se propone la implementación de un mando remoto con huella dactilar que estará programado con un sistema embebido el cual será capaz de comunicarse mediante wifi para accionar distintos modelos de motores de garaje, dando la seguridad del ingreso de personas autorizadas por sus datos biométricos, brindando de esta manera la versatilidad de acoplar nuestro sistema a diversos modelos y marcas de automatismos de portones de garaje.

En el primer capítulo, se presentan los antecedentes y la problemática en el área de estudio, junto con la justificación, los objetivos generales y específicos para el proyecto. En el segundo capítulo, se explica el marco teórico, definiendo cada concepto técnico relacionado con el proceso del proyecto. En el tercer capítulo, se describe el diseño y la implementación del prototipo utilizado. Finalmente, en el cuarto capítulo, se lleva a cabo el análisis del comportamiento del prototipo a través de pruebas, se presentan los resultados y se hacen las conclusiones correspondientes.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del Problema

Por medio del análisis realizado por la Universidad Central del Ecuador (Museum, 2019) en un solo año se reporta aproximadamente 14544 robos en las viviendas del distrito metropolitano de Quito, de los cuales el autor menciona que una de las causas se presenta en las puertas automáticas residenciales ya que fácilmente se puede hurtar los mandos remotos de los autos del usuario, teniendo acceso fácil a su vivienda. Del mismo modo un gran riesgo representa el no poder estar informado de la activación de su puerta residencial en cualquier momento del día, lo que facilita el ingreso de intrusos. (*Pontificia universidad católica del Perú*, 2011)

No todos los fabricantes de motores para puertas automáticas han tratado de dotar los sistemas con distintas formas de seguridad, por lo cual la mayoría de estos sistemas carecen de seguridad por robo de control remoto. Para nombrar un claro ejemplo de un sistema muy seguro en motores de puertas de garaje nombraremos a MyQ de LiftMaster (LiftMaster, 2022) el cual es una app que puede ser utilizada con gran facilidad por los usuarios dotando de un sistema de aviso de apertura de puertas y control para activar y desactivar el sistema automático, sin embargo, el problema es que este sistema solo está disponible para versiones actuales dejando de lado a los modelos antiguos, teniendo que remplazar su motor de puerta de garaje, pero esto genera gastos innecesarios que no todos los usuarios están dispuestos a cubrir.

Es así que de lo antes mencionado existen estudios, que pretenden solventar los inconvenientes, como es el caso de (Eduardo, 2021) el cual desarrolló un control remoto con cifrado para puerta de garaje automática, este sistema está basado en el algoritmo snow 2.0 el cual asegura la apertura de la puerta solo siendo activada por el control cifrado por lo tanto cualquier control remoto grabada o duplicada por una persona no autorizada será reconocida por el sistema y será denegada.

Otro estudio como (Prarthana, 2018) nombra la implementación de reconocimiento de datos biométricos por medio de una raspberry pi3 y un sistema de base de datos montado al ingreso de su puerta de acceso. Este sistema podrá ser utilizado cuando el operador se encuentre de manera física, en el caso de que el operador no esté presente se lleva a cabo el proceso de autenticación por medio de VPN, donde el usuario podrá ingresar sus credenciales de forma remota.

1.2 Justificación

Según (Lumpkins, 2015) hoy en día los usuarios están familiarizados con la tecnología y el internet de las cosas, todo esto para realizar cualquier tarea de manera remota o controlar sus dispositivos electrónicos, esto brinda una mejor experiencia y una opción para mejorar la seguridad de nuestras viviendas.

Las ciudades inteligentes buscan el mejoramiento de la calidad de vida y el uso eficiente de la infraestructura y servicios de la urbe mediante el uso de las TIC. A nivel general una infraestructura TIC en la ciudad incluye tanto hardware y software. (Nicolas García-Martínez, Mauro Cambarieri & Britos, 2014)

La seguridad de los sistemas según (Vicente Salgado Andrade & Ruiz Buchelli, 2015) a lo largo de estos casi 60 años posee de mucha atención, teniendo como avances los modelos de control de acceso, y en estos últimos años implementándose sistemas como el Big Data. Desde la década de los 2000, se implementan herramientas como la minería de datos conservando la privacidad y solucionando en gran parte problemas de ciberseguridad, a través de la localización y detención de intrusos y el estudio de malware. Y con la presencia del internet se pueden obtener cantidades gigantescas de datos, por esta razón se analiza cómo mitigar los riesgos y amenazas para ofrecer soluciones a problemas de seguridad presentes día con día.

De lo antes mencionado la empresa Cmetalicas propone una mejora de seguridad en puertas de garaje automáticas de lo cual, este proyecto de titulación pretende desarrollar un sistema de seguridad mediante datos biométricos, el mismo podrá ser utilizado por los usuarios de

forma estática en sus vehículos y además este contará con un sistema IoT que será el encargado de informar la apertura de su puerta de garaje. Este sistema se podrá adaptar a cualquier motor existente y no se deberá realizar la inversión en adquirir un motor nuevo.

El uso de este sistema reducirá el hurto y pérdidas de controles de garaje, del mismo modo mantendrá informado al propietario sobre la activación de la apertura de su puerta y así se logrará reducir los índices de inseguridad en viviendas con puertas de garaje automáticas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Desarrollar un sistema de seguridad mediante datos biométricos e Iot para puertas de garaje automáticas instaladas por la empresa Cmetalicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar arquitecturas Iot implementadas y algoritmos de datos biométricos, para la mejora de seguridad en puertas de garaje automáticas. Mediante repositorio de universidades y bases de datos de artículos indexados.
- Diseñar la estructura de un mando estático que permita la implementación de circuitos electrónicos mediante software CAD.
- Implementar en un Data Logger de nube, el registro de activación mediante una arquitectura Iot.
- Verificar el funcionamiento del control estático biométrico y revisión de registro desde la nube, para su validación mediante pruebas experimentales de activación de puerta de garaje automática.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Puerta de Garaje Automática

Las puertas automáticas de garaje, como otros tipos de puertas automáticas, cuentan con una serie de mecanismos que permiten abrirlas y cerrarlas sin necesidad de manipularlas manualmente así lo demuestra la figura 2.1, siendo su elemento principal el motor encargado de moverlas. Esto quiere decir que funcionan mediante electricidad, pudiendo suministrarles corriente (Temperatura, 2014).

Figura 2.1: Puerta Automática de Garaje



Tipos de puertas, (Eninter, 2020)

2.2 Tipos de Puerta de Garaje

2.2.1 Puerta de Garaje Batiente

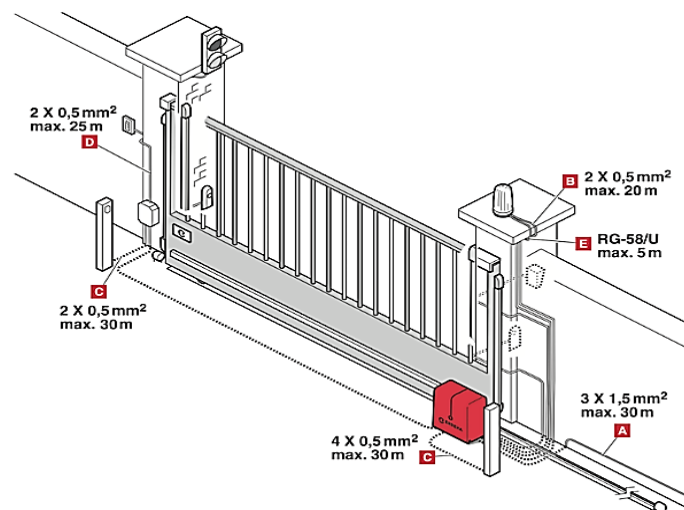
Lo primero que se necesita saber sobre estas puertas, es que casi la totalidad de sus formas y modelos, suelen tener una abertura de 90° con respecto a su posición inicial. Esto no puede parecer la gran cosa, pero dependiendo de su diseño e instalación, pueden ser abiertas para ambos lados. Es decir, hacia adentro o hacia afuera.

Las puertas batientes pueden ser manuales o automatizadas si es lo que deseas. Claro que, en la segunda opción, necesitará de un sistema de pistones y/o un pequeño motor con su respectiva adaptación mecánica, que active la apertura y cierre de la misma. Por lo general las puertas batientes suelen venir constituidas de dos partes o dos puertas que, al cerrarse, hacen una sola puerta completa. (Eninter, 2020)

2.2.2 Puerta de Garaje Corredizo

Las puertas correderas automáticas de garaje requieren más superficie en la fachada para su instalación, por lo que se colocan comúnmente en áreas amplias como vallas o grandes pasos como lo muestra la figura 2.2, ya que es necesario contar con suficiente espacio para que la puerta pueda abrirse por completo. Para automatizar una puerta corredera, se requiere un motor adecuado para su peso, una cremallera fija a la puerta y sensores fotoeléctricos de cierre y para indicar el final del recorrido. (Eninter, 2020)

Figura 2.2: Puerta corrediza



Manual de instalación (Eninter, 2020)

2.2.3 Puerta de Garaje Basculante

Las puertas basculantes de garaje son muy populares en edificios residenciales y garajes de oficinas, y pueden ser de una hoja o dos que se levantan hacia el techo cuando se abren. Una parte de la puerta se proyecta hacia afuera durante el recorrido hasta que queda alineada con el techo. Para mover estas puertas, se utilizan motores basculantes como el que nos muestra la figura 2.3 que varían en fuerza dependiendo del peso de la puerta. Estos motores se instalan en la parte superior del techo o en el lateral cerca de la puerta. (Eninter, 2020)

Figura 2.3: Puerta Basculante



Tipos de puertas (Eninter, 2020)

2.3 Sistemas Embebidos

Un sistema embebido, "empotrado" o "integrado" es un tipo de sistema diseñado para cumplir con tareas específicas. Los componentes de este sistema están incorporados en una placa base y su procesamiento central se realiza mediante un microcontrolador, que es un microprocesador con características adicionales, tales como entradas y salidas y una memoria limitada en el mismo chip. Estos sistemas pueden ser programados en el lenguaje de ensamblaje del microcontrolador o en lenguajes como C o C++ con compiladores específicos. (David & Pérez, s/f)

2.3.1 Modulo NODEMCU S32

El ESP32 es un módulo que combina Wi-Fi y Bluetooth en un solo dispositivo integrado y certificado. No solo brinda conectividad inalámbrica, sino que también cuenta con un procesador que incluye interfaces para conectar con diferentes dispositivos periféricos. En la figura 2.4 se visualiza su procesador, este cuenta con dos núcleos de procesamiento que pueden funcionar a frecuencias independientes entre 80 y 240 MHz. Las interfaces del procesador permiten conectar con una amplia variedad de dispositivos externos. (ECORFAN_Revista_de_Ingeniería_Elétrica_VI_N2, s/f)

Figura 2.4: Modulo ESP32



Chip de sistema embebido (*ECORFAN_Revista_de_Ingeniería_Elétrica_VI_N2*, s/f)

2.3.2 Arduino IDE

El ambiente de programación de la placa Arduino se conoce como Integrated Development Environment (IDE), que permite escribir las sentencias para controlar los elementos físicos de la placa. Este software ofrece un conjunto de herramientas para editar, compilar y depurar el código a través de una interfaz gráfica, así como también permite interactuar con el microcontrolador almacenando los programas en su memoria interna para activar todo el hardware. La aplicación IDE es un software de código abierto, ya que su código fuente está disponible en GitHub y ofrece instrucciones de compilación. (Pérez-Tavera, 2023)

2.3.3 Cliente MQTT EMQX

MQTT como un protocolo de mensajería eficiente, diseñado específicamente para su uso en aplicaciones de IoT en redes inestables y de bajo ancho de banda. Este protocolo es fácil de implementar y ofrece servicios de mensajería confiables para ello nos entregan datos específicos como lo vemos en la figura 2.5. Además, MQTT es ampliamente utilizado en diversos campos, como el IoT, Internet móvil, hardware inteligente, Internet de vehículos, ciudades inteligentes, telemedicina, energía, petróleo y más.

MQTT fue creado por dos expertos en la materia, Andy Stanford-Clark de IBM y Arlen Nipper, y se esperaba que cumpliera con ciertos requisitos, como ser fácil de implementar, compatible con QoS, eficiente en el uso del ancho de banda, capaz de manejar datos irrelevantes y tener un reconocimiento continuo de la sesión. (EMQX, 2022)

Figura 2.5: Protocolo MQTT



Datos para conectarse a una nube MQTT (EMQX , 2022)

2.3.4 Chat Boot (CallMeBot)

Un chatbot es un programa que imita una conversación con un humano a través de una interfaz que se crea con palabras clave y se basa en patrones de interacción repetitivos entre los usuarios y las marcas en sitios web, aplicaciones de mensajería como WhatsApp o Telegram y aplicaciones móviles.

Existe una gran cantidad de tipos de chatbots, desde aquellos simples que solo brindan respuestas a preguntas comunes hasta los más avanzados que aprenden a medida que los usuarios interactúan con ellos. Los chatbots pueden ser creados a través de reglas específicas (como un árbol de decisiones) o con inteligencia artificial.(ANLISI-1, s/f)

2.4 Lector de Huella Digital

Existe una amplia variedad de sensores de huellas dactilares que funcionan mediante la lectura, almacenamiento e identificación de las huellas de los dedos como nos muestra la figura 2.6. Cada huella es única y no se parece a la de otras personas. Estos dispositivos electrónicos utilizan esta característica para permitir la identificación segura y confiable de los usuarios.(Enrique Gutiérrez Ricardo, 2007)

Figura 2.6: Sensor de Huellas



Sensor dactilar Microsoft (Enrique Gutiérrez Ricardo, 2007)

2.4.1 Sensor de Huella R305

El dispositivo utiliza un procesador digital de señal (DSP) para realizar el procesamiento de imágenes y cuenta con la capacidad de comparación con una base de datos. La información adicional se puede encontrar en el Anexo B. Lo que lo hace especial es su capacidad de almacenar 162 huellas dactilares en su memoria Flash interna, a pesar de ser compacto en tamaño como se puede observar en la figura 2.7.

El sistema captura y detecta patrones en las huellas digitales. Para capturar el usuario tiene que introducir el patrón determinado dos veces, el sistema procesara las 2 imágenes y generara una plantilla en base a esa información. Para la detección el sistema captura una imagen de la huella digital y la compara con la base de datos de plantillas en el sistema. El sistema una vez hecho la detección responderá con un resulta positivo o negativo según sea el caso. (M-ESPEL-ENT-0219, s/f)

Figura 2.7: Sensor dactilar R305



Tipos de sensores de huella (M-ESPEL-ENT-0219, s/f)

2.5 Relevadores

Un relé es un dispositivo electromagnético que controla el flujo de corriente eléctrica, activándose bajo su propia energía existe una gran variedad de ellos como lo muestra la figura 2.8. Permite abrir o cerrar un circuito eléctrico, lo que ayuda a proteger los dispositivos electrónicos conectados y evita posibles daños. Es una forma de protección utilizada. (SDI, 2022)

Figura 2.8: Relevador



Tipos de relevadores (SDI, 2022)

2.6 Motores de Automatización

2.6.1 Motor de Cadena LIFTMASTER

Como nos muestra la figura 2.9 el abre-puerta de garaje con accionamiento por cadena y WI-FI de CA de ½ HP. El WI-FI ® hace posible el control desde el teléfono celular con la aplicación MyQ, contiene un accionamiento por cadena de fuerza industrial, este incluye un botón de control básico de puerta. Funciona con Amazon Key lo que permite una entrega segura y conveniente en el garaje. myQ Diagnostics en la aplicación de myQ proporciona información en tiempo real para la puerta de su garaje a través del informe de salud. Reciba alertas y códigos de error en la aplicación si surge un problema. (LiftMaster, 2022)

Figura 2.9: Motor de Cadena LiftMaster



Motores de Garaje (LiftMaster, 2022)

2.6.2 Motor de Brazo

Estos motores funcionan mediante un brazo articulado que alcanza el pilar de la puerta y la abre. Este brazo es adecuado para puertas de hasta 4000 mm de longitud por hoja como el de la figura 2.10. Es una solución versátil que brinda automatización para la mayoría de los tipos de puertas batientes, incluyendo aquellas que no tienen motor previamente instalado. (CLR, 2022)

Figura 2.10: Motor de brazo marca GENIUS



Motor de garaje (General Index, s/f)

2.6.3 Motor de Cremallera

El motor de cremallera se utiliza para mover la mayoría de las puertas corredizas, especialmente aquellas que son muy pesadas. Al tener que mover toda la superficie de la puerta, se requiere una cremallera que esté conectada al dentado de un piñón del motor así como lo muestra la figura 2.11. Esta solución es ideal para puertas pesadas. (CLR, 2022)

Figura 2.11: Motor de cremallera Genius



Tipos de motores (*General Index, s/f*)

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Análisis del diseño del proyecto

En el contexto técnico del proyecto, es necesario establecer los requisitos necesarios para desarrollar un sistema de seguridad basado en datos biométricos e IoT. Por lo tanto, se describe a continuación el diseño propuesto, el cual utilizará sistemas embebidos para autorizar el acceso mediante huellas dactilares y activar la apertura del motor de garaje. Asimismo, este sistema nos brindará información en tiempo real sobre el estado de la puerta. Finalmente, se llevarán a cabo pruebas en el campo para comprobar su correcto funcionamiento.

3.1.1 Descripción del desarrollo del prototipo

El proyecto se basa en la instalación de dos circuitos electrónicos que utilizan una comunicación bidireccional. Esta comunicación se lleva a cabo mediante el uso del protocolo MQTT, el cual se encarga de realizar el proceso de Publicador/Subscriber. De esta manera, es posible enviar y recibir datos utilizando palabras clave llamadas "Token". La comunicación bidireccional también permite al usuario estar informado en tiempo real sobre la actividad de su motor de garaje a través de un chatbot en WhatsApp, así como consultar quién fue la última persona en activar el motor utilizando la aplicación MQTT Dash. Además, se ofrecerá la opción de suscribirse un Data Logger, el cual entrega un registro de la hora y el cliente que activó el motor.

3.2 Comparativa de NodeMCU

En la siguiente tabla 3.1 realizaremos un breve análisis comparativo entre nuestros dos sistemas embebidos ESP8266 y ESP32.

Tabla 3.1: Comparativa Sistemas Embebidos

Características	ESP32	ESP8266
Canales	16	8
Wifi	si	si
Bluetooth	si	no
Pines	38	30
Ram	520kb	80kb
Precio	\$15	\$10

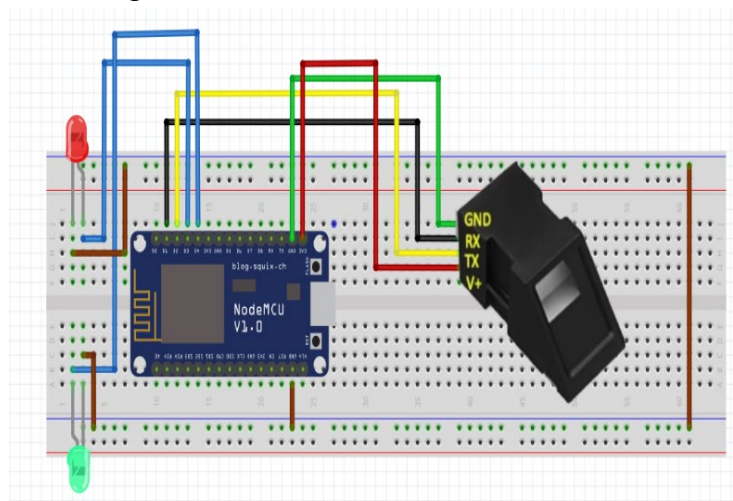
Tabla de sistemas embebidos, Autor: Stalin Chuquitarco

3.3 Diseño de los circuitos electrónicos

3.3.1 Huella dactilar, ESP8266 Y diodos led (Publicador)

La conexión de estos componentes debe realizarse en los pines indicados en la siguiente figura 3.1, de esta manera el sensor de huella dactilar quedara conectado a los pines D1, D2 estará alimentado a 3.3V, por otro lado, tendremos 1 diodo led de color verde y 1 de color rojo, ellos estarán conectados a los pines D4 y D3 respectivamente, estos leds nos informaran si la huella fue reconocida o no.

Figura 3.1: Simulación circuito Publicador



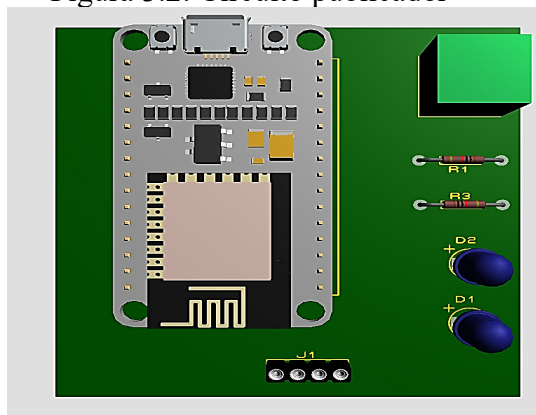
Prototipo de diseño del circuito publicador en el software Fritzing, Stalin Chuquitarco

3.3.2 Diseño de Circuito Publicador

El circuito integrado que cumple la función de Publicador tiene un diseño que une un sensor de huellas dactilares con un ESP8266 como lo muestra la figura 3.2. También presenta la instalación de dos diodos LED con sus respectivas resistencias, junto con un terminal que suministra una alimentación de 3.3V DC al circuito. Este modelo será desarrollado en el software Proteus Profesional.

Los diagramas de conexión y PCB están detallados al final de nuestro proyecto en el Anexo 1 y Anexo 2. Esto para mostrar toda su arquitectura de forma detallada.

Figura 3.2: Circuito publicador

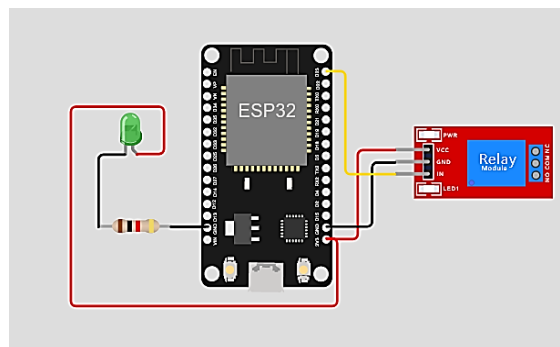


Prototipo de diseño del circuito publicador en el software Proteus, Stalin Chuquitarco

3.3.3 Modulo relé, led informativo y NodeMcu ESP32 (Subscriber)

La conexión de estos tres componentes debe realizarse en los pines indicados en la siguiente figura 3.3, de esta manera el relé estará alimentado por 5V, su señal de pulso estará conectado al pin P23 del NodeMcu ESP32 y el led verde estará alimentado por 3.3V del NodeMcu ESP32 esto para ser un indicador de que el sistema esta alimentado de forma correcta.

Figura 3.3: Conexión simulada circuito Subscriber

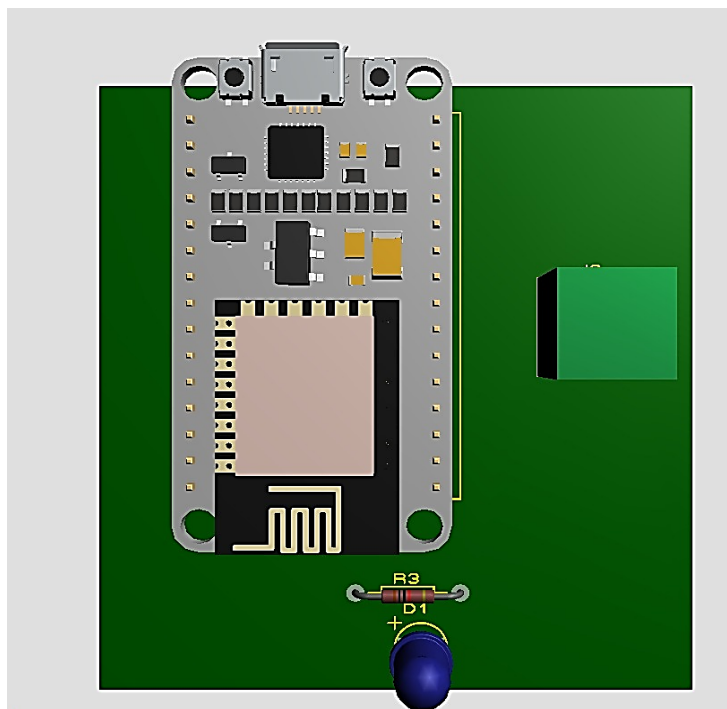


Simulación de circuito Subscriber, Stalin Chuquitarco

3.3.4 Diseño de Circuito Subscriptor

El circuito embebido secundario, será el responsable de trabajar como subscriptor en la comunicación, incluye un esquema de conexión con un ESP32 conectado a un relé activo en bajo, el cual activará mediante un pulso a nuestro motor, también se coloca un diodo led con su respectiva resistencia que mostrará que nuestro circuito está funcionando sin problemas. Este prototipo será creado en el programa Proteus Profesional como lo muestra la figura 3.4.

Figura 3.4: Circuito subscriptor

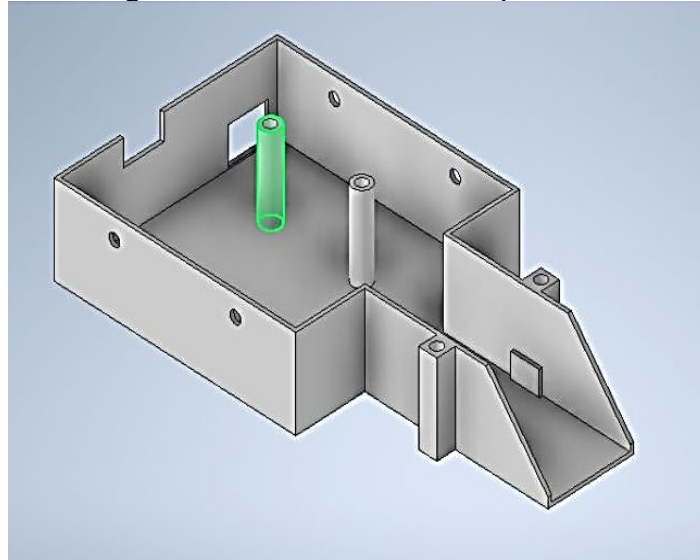


Prototipo de diseño del circuito subscriptor en el software Proteus, Stalin Chuquitarco

3.3.5 Diseño de carcasas contenedora de circuitos

De igual forma nuestro primer circuito embebido encargado de trabajar como publicador tendrá su respectiva caja la cual esta modelada en el programa Inventor e impresa en 3D con material PLA de color negro como lo observamos en la figura 3.5, este tendrá un modelo practico y sencillo para que el usuario pueda instalar su gadget en un sitio seguro y cómodo para colocar su dedo.

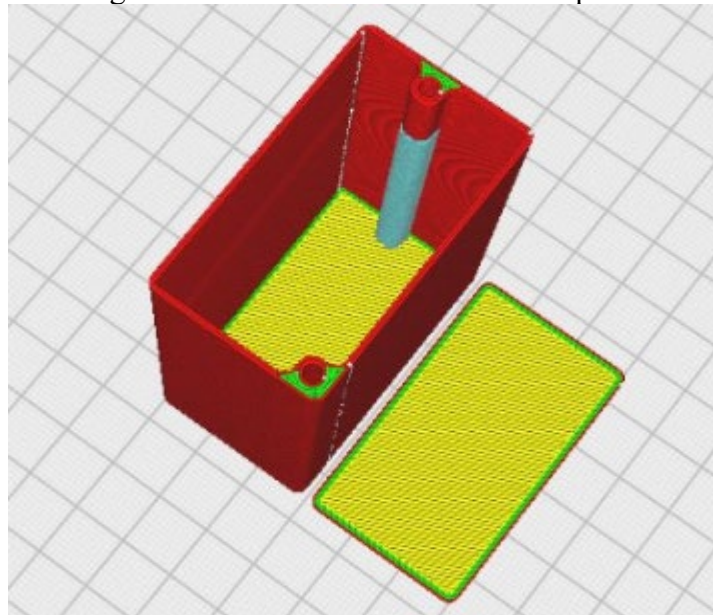
Figura 3.5: Carcasa de circuito publicador



Prototipo de diseño 3D del circuito publicador en el software Inventor, Stalin Chuquitarco

Nuestro segundo Gadget tendrá su respectiva carcasa, esta será más simple y solo tendrá una forma de cubo para que nuestro circuito quede hermético al polvo y pueda ser colocado con facilidad cerca del motor lo denotamos en la figura 3.6.

Figura 3.6: Carcasa de circuito subscriptor



Prototipo de diseño 3D del circuito subscriptor en el software Inventor, Stalin Chuquitarco

3.4 Motor de cadena LiftMaster para accionamiento remoto

Utilizaremos un motor de la marca LiftMaster de ½ HP el cual tiene un kit de acoplamiento de riel y cadena, este se encarga de realizar la apertura y el cierre de la puerta mediante fines de carrera que pueden ser modificados dependiendo de las necesidades del usuario y recomendaciones del instalador, a continuación, mostramos sus características en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Características del motor LiftMaster

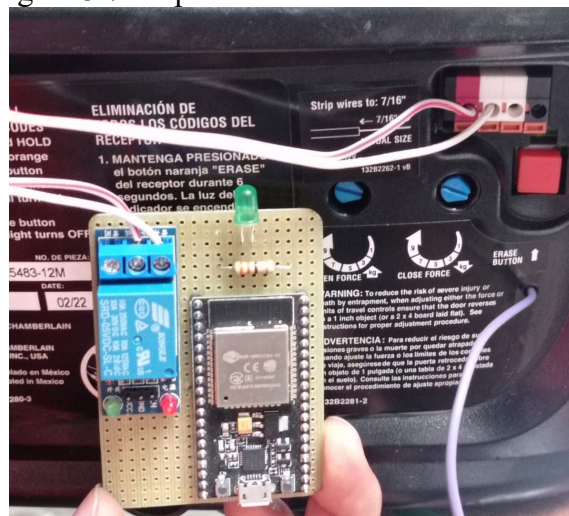
Marca	LiftMaster
Accionamiento	Cadena
Potencia	½ HP
Alimentación	110V
Garantía	4 años

Tabla de las características del motor LiftMaster, Fuente: (LiftMaster, 2022)

3.4.1 Implementación de circuito subscriptor a motor LiftMaster

Como nos muestra la figura 3.7 nuestro circuito Subscriptor contiene un ESP32 conectado a un relé activo en bajo el mismo que será accionado y a su salida cerrara el circuito para que accione el motor LiftMaster, cabe recordar que todo motor de garaje tiene un accionamiento estático, por lo tanto, nuestro circuito será instalado mediante un par de cables en la bornera indicada para accionamiento manual por pulso.

Figura 3.7: Implementación de circuito a motor



Circuito Receptor Relé, Stalin Chuquitarco

3.5 Implementación de circuito Publicador a Vehículo

El circuito encargado de realizar la operación de reconocimiento de huellas autorizadas tendrá dos formas distintas de alimentación, ya que en nuestro circuito incorporamos una bornera que puede ser alimentada con 3.3V DC y será la encargada de alimentar todo el circuito, pero por otro lado tenemos una forma más practica de alimentación y es mediante el propio puerto USB micro B que tiene nuestro ESP8266 el cual se alimenta con 5V DC y 2A de esta forma entregaremos el voltaje y corriente necesaria a todo nuestro gadget como lo observamos en la figura 3.8.

Figura 3.8: Implementación de circuito a Vehículo

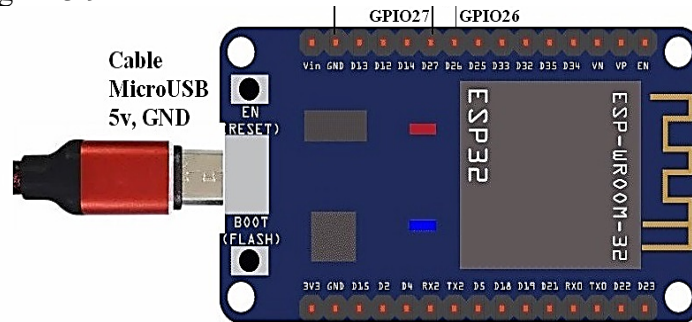


Control Biométrico, Autor: Stalin Chuquitarco

3.6 Alimentación ideal de circuitos embebidos

Al hablar de la alimentación de nuestros circuitos debemos tomar en cuenta que el consumo de los sistemas embebidos ESP junto a sus demás accesorios electrónicos no es muy alto pero el voltaje ideal es de 5V más 2A que fácilmente podrán ser alimentados mediante el puerto serial USB micro B que tienen nuestros ESP, de esta manera podemos utilizar el adaptador de voltaje utilizado para cargar nuestros dispositivos electrónicos como lo muestra la figura 3.9

Figura 3.9: Alimentación de circuitos mediante USB micro B



Alimentación sistemas embebidos ESP, Autor: Stalin Chuquitarco

3.7 Implementación de Bróker MQTT “EMQX”

El intermediario MQTT mencionado es responsable de facilitar el intercambio de datos entre el publicador y el suscriptor. En nuestro caso, el ESP8266 actuará como el publicador, mientras que el ESP32 será nuestro suscriptor. Ambos sistemas integrados se comunicarán o intercambiarán información mediante "tokens". Estos tokens se envían a través de la nube conocida como "broker", que tiene una comunicación bidireccional, lo que significa que se pueden enviar y recibir datos simultáneamente.

Este Broker Gratuito nos brinda sus datos para poder acceder a ella como lo muestra la figura 3.10, estos datos serán ingresados en la programación del Arduino IDE, para esto también es necesario conectarnos a una red Local mediante credenciales de wifi “nombre de red” y “contraseña”. De este modo lograremos ingresar al bróker de EMQX.

Figura 3.10: Datos del Broker MQTT EMQX

MQTT Broker Info:	
Broker:	broker.emqx.io
TCP Port:	1883
WebSocket Port:	8083
SSL/TLS Port:	8883
WebSocket Secure Port:	8084
Certificate Authority:	broker.emqx.io-ca.crt ↓

Broker EMQX, (EMQX , 2022)

Como nos muestra la figura 3.11 los datos que nos proporciona la página de EMQX para un bróker gratuito, estos datos serán ingresados en las líneas principales de la programación en nuestros dos sistemas embebidos ESP8266 y ESP32 en su programación de Arduino para su posterior conexión, del mismo modo introducimos nuestra red local.

Figura 3.11: Programación de Servidor EMQX MQTT

```
15 const char* ssid = "NETLIFE-CMETALICAS"; //NOMBRE WIFI
16 const char* password = "1709898090cmetalicas"; //CLAVE WIFI
17 const char* mqtt_server = "broker.emqx.io";
18
```

Programación en Arduino, Stalin Chuquitarco

3.8 Implementación de chat Bot mediante CallMeBot en WhatsApp

Gracias a la aplicación CallMeBot y unas líneas de programación, podemos obtener un código único para nuestro dispositivo celular, el cual por la aplicación WhatsApp nos enviará un mensaje como el mostrado en la figura 3.12 el cual nos servirá para realizar la comunicación en tiempo real sobre el estado de nuestra puerta de garaje. Para ello mostraremos la implementación en el dispositivo Android.

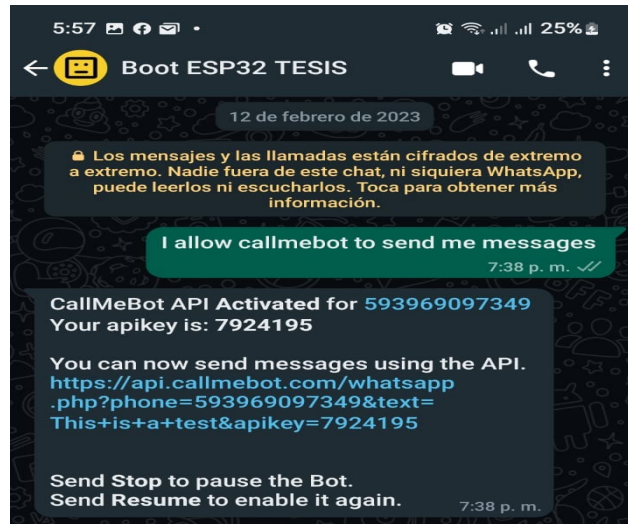
Guardamos el contacto de nuestro chat con el numero “+34644319565” y colocamos el nombre que nuestro proyecto en este caso “Boot ESP32 TESIS”.

Figura 3.12: Guardamos el número de contacto en nuestro teléfono



Como observamos en la figura 3.13 enviamos como mensaje de texto “I allow callmebot to send me messages” rápidamente el chat Bot nos responderá con un código de activación que será colocado en la programación del Arduino IDE.

Figura 3.13: Configuración del chat



Configuración CallMeBot en WhatsApp, Stalin Chuquitarco

Como en la figura 3.14 colocamos las respectivas credenciales en la programación de Arduino IDE, de este modo estará configurado nuestro número de celular hacia el chat del CallMeBot para poder recibir los mensajes de que usuario activo el motor en tiempo real.

Figura 3.14: líneas de programación para recibir el chat bot

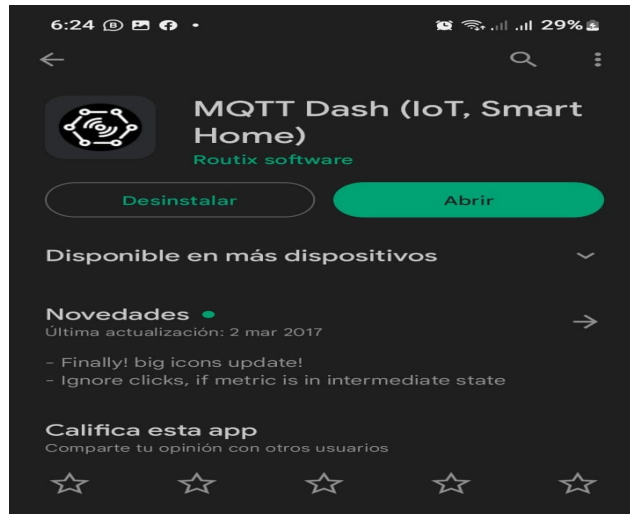
```
10 // CAMBIAR APIJEY Y NUMERO TEL
11 String phoneNumber = "+593969097349";
12 String apiKey = "7924195";
```

Programación en Arduino, Stalin Chuquitarco

3.9 Implementación de la aplicación MQTT Dash

Gracias a esta app de Android y que está disponible en la Play Store, podemos realizar la consulta de 2 variables distintas, las cuales son: el nombre del último usuario en activar el motor “Consulta” y también el estado del ingreso ya sea este valido o invalido “Ingreso” como en la figura 3.15. Esta información está configurada gracias al token de información que utilizamos en el Bróker MQTT.

Figura 3.15: Aplicación MQTT Dash en Play Store



Aplicación MQTT Dash, Stalin Chuquitarco

Creación de nuestro panel de consulta y revisión de Tokens, en este caso tendremos 3 ventanas de visualización, con la característica especial que en nuestra ventana de “Tag” debemos colocar la letra “C” para realizar la consulta del ingreso del último usuario en activar el motor.

Configuramos nuestro MQTT Dash mediante la conexión al bróker MQTT en nuestro caso será “bróker.emqx.io” como lo podemos ver en la siguiente figura3.16.

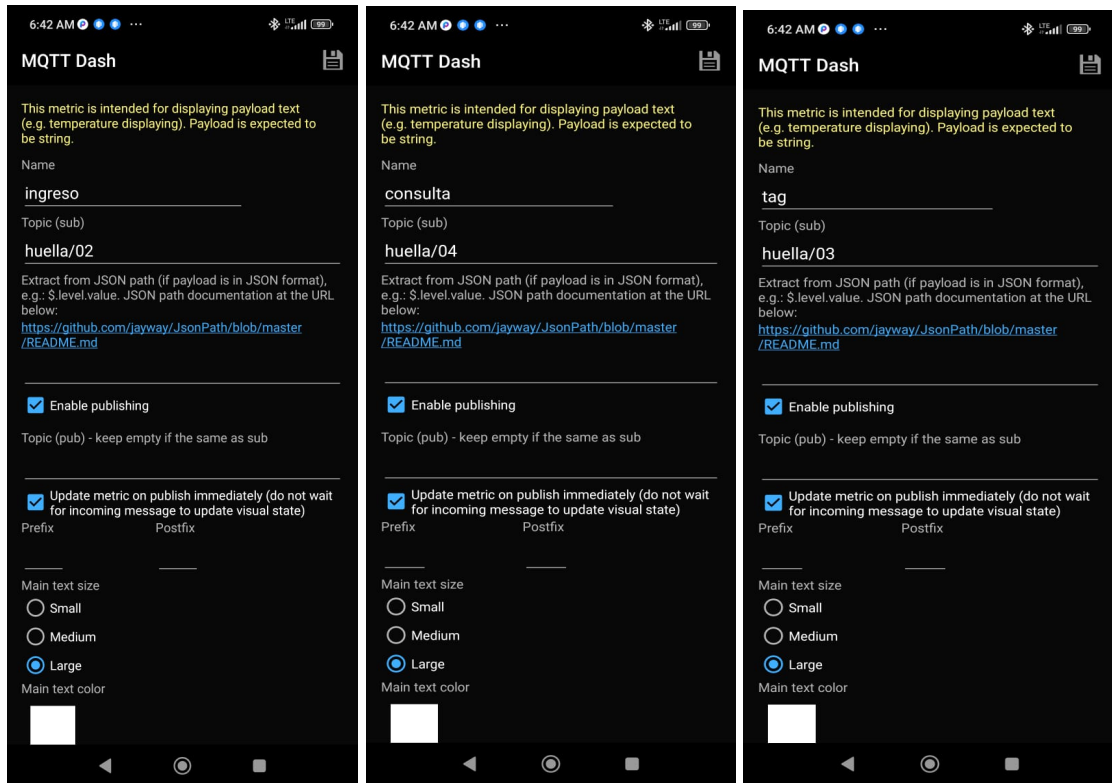
Figura 3.16: Sincronizar con nuestro bróker MQTT “EMQX”



Aplicación MQTT Dash, Stalin Chuquitarco

Configuramos los tokens en nuestras tres ventanas de visualización, cada una de ellas tendrá su token y su propósito para que el usuario pueda obtener la información en tiempo real o consulta. Los pasos los mostramos en la siguiente figura 3.17.

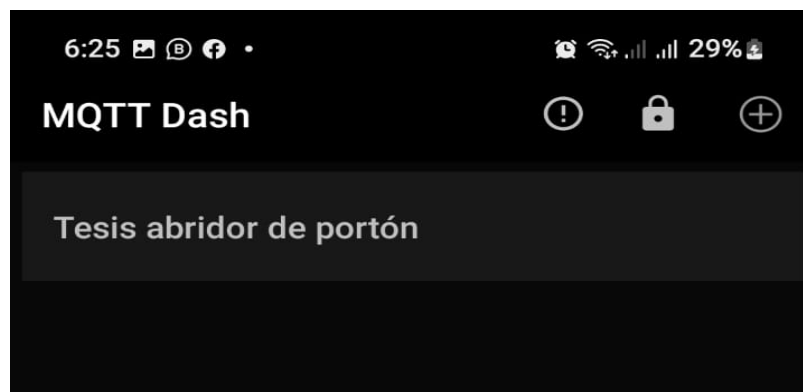
Figura 3.17: Configuración de 3 paneles mediante 3 datos



Aplicación MQTT Dash, Stalin Chuquitarco

Creamos nuestro panel llamado “Tesis abridor de portón”, dentro de ella se mostrarán 3 ventanas de consulta en tiempo real como en la figura 3.18.

Figura 3.18: Creación de panel



Aplicación MQTT Dash, Stalin Chuquitarco

Figura 3.19: Panel de visualización de Tokens



Aplicación MQTT Dash, Stalin Chuquitarco

3.10 Diseño de sistema de Comunicación

Figura 3.20: Diagrama de control y comunicación

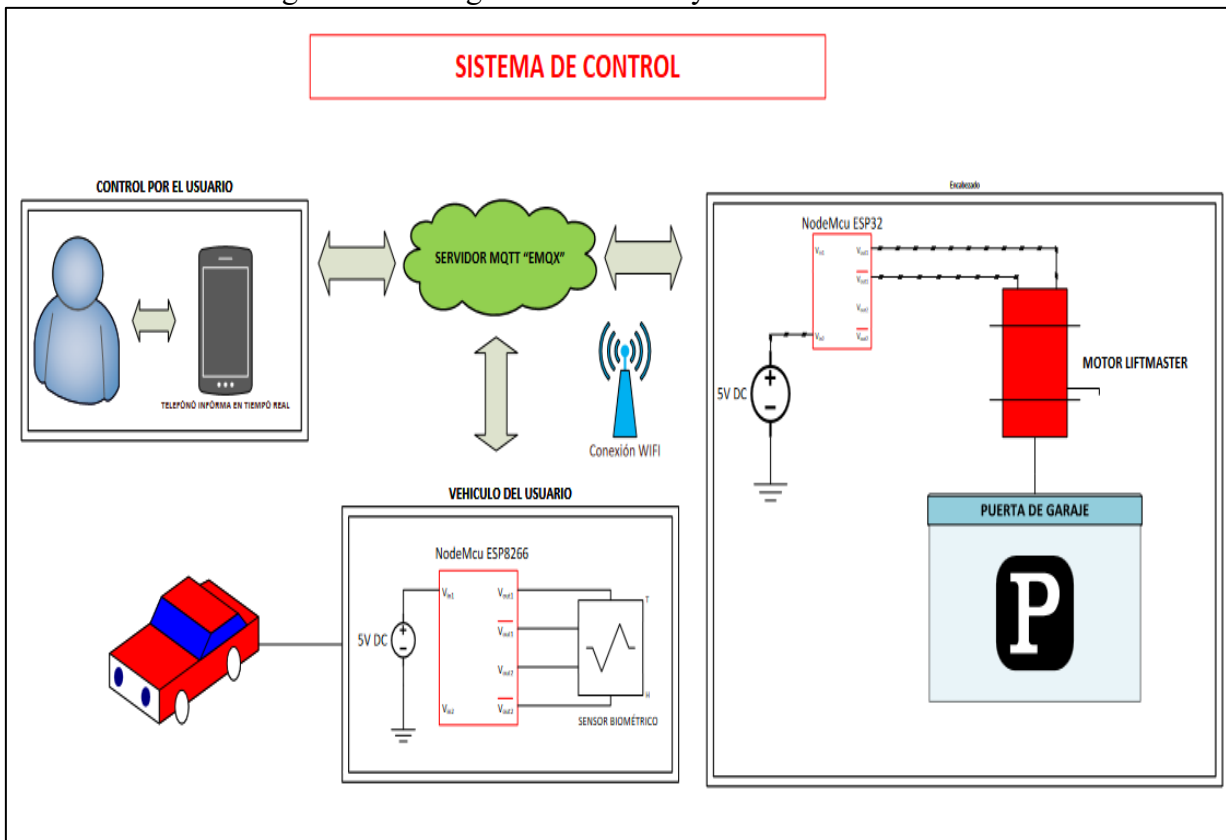


Diagrama de control realizado en Visio 2019, Stalin Chuquitarco

CAPÍTULO IV

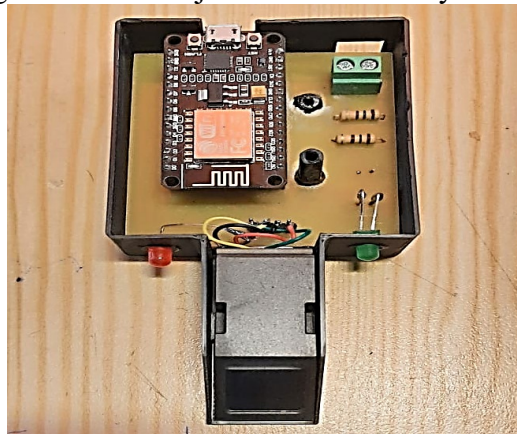
ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el capítulo IV se muestran los resultados obtenidos del funcionamiento de nuestros equipos embebidos, los mismos serán sometidos a varias pruebas de funcionamiento para monitorear su factibilidad y respuesta en el campo real de un sistema automático de garaje. Del mismo modo se monitorea las respuestas de nuestro Data Logger el cual nos debe brindar la información correcta y en tiempo real.

4.1 Resultado de nuestro control biométrico

Gracias al previo diseño en Proteus, logramos realizar la impresión de nuestro circuito en una placa electrónica, luego de esto soldamos los elementos en la misma, para finalmente montar toda nuestra placa en su respectiva carcasa así lo demuestra la figura 4.1. Cabe mencionar que el diagrama esquemático y el diagrama PCB creado en Proteus para nuestro control biométrico se encuentra colocado al final en el Anexo 1 y Anexo 2.

Figura 4.1: Montaje final de circuito y carcasa



Control embebido con sensor de huella. Autor: Stalin Chuquitarco

4.1.1 Funcionamiento de control biométrico en Vehículo

Como muestra la figura 4.2 al conectar nuestro circuito mediante su respectivo cable USB micro B este se alimenta por 5V y 2A por lo tanto el adaptador colocado en el vehículo para la carga de celulares es suficiente para lograr un óptimo funcionamiento en nuestro sistema embebido, como podemos ver en la figura 4.2, nuestra luz verde en el sensor de huella nos demuestra que el mismo está funcionando y listo para recibir las huellas dactilares.

Figura 4.2: Sistema embebido alimentado por 5V.



Gadget embebido con sensor de huella. Autor: Stalin Chuquitarco

Figura 4.3: Funcionamiento ideal de control biométrico



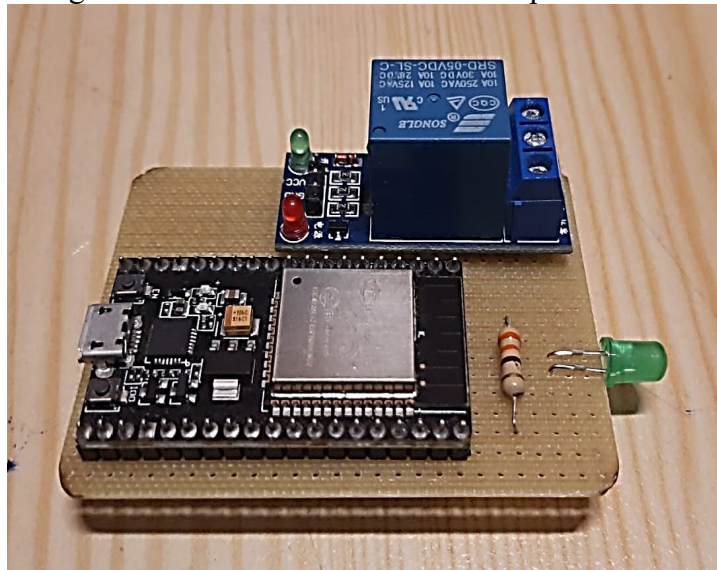
Pruebas de funcionamiento en sensor de huellas. Autores: Stalin Chuquitarco

Nuestro sistema puede ser instalado de forma fija en el auto del usuario para que solamente lo utilice desde el vehículo, pero nuestro sistema también puede ser utilizado de forma portátil y solo ser conectado cuando el usuario lo desee, de esta forma damos versatilidad al usuario.

4.2 Resultado de receptor embebido con relé.

El sistema presenta un diseño básico de conexión como lo vemos en la figura 4.4 en este caso realizaremos el ensamble de los componentes en una placa de fibra de vidrio, la cual nos brinda un costo más económico, cabe recalcar que se utilizó este tipo de placa por la simplicidad de la conexión de componentes. Este receptor activara el relé que a su vez cerrara el circuito del pulso estático del motor LiftMaster.

Figura 4.4: Ensamble de Circuito receptor con relé



Pruebas de funcionamiento en sensor de huellas. Autores: Stalin Chuquitarco

4.2.1 Funcionamiento de receptor embebido en motor LiftMaster

Como en la figura 4.5 nuestra primera conexión la debemos realizar para conectar nuestro receptor con su salida de relé hacia la bornera de control estático del motor LiftMaster, para ello utilizaremos un cable de dos vías sólido.

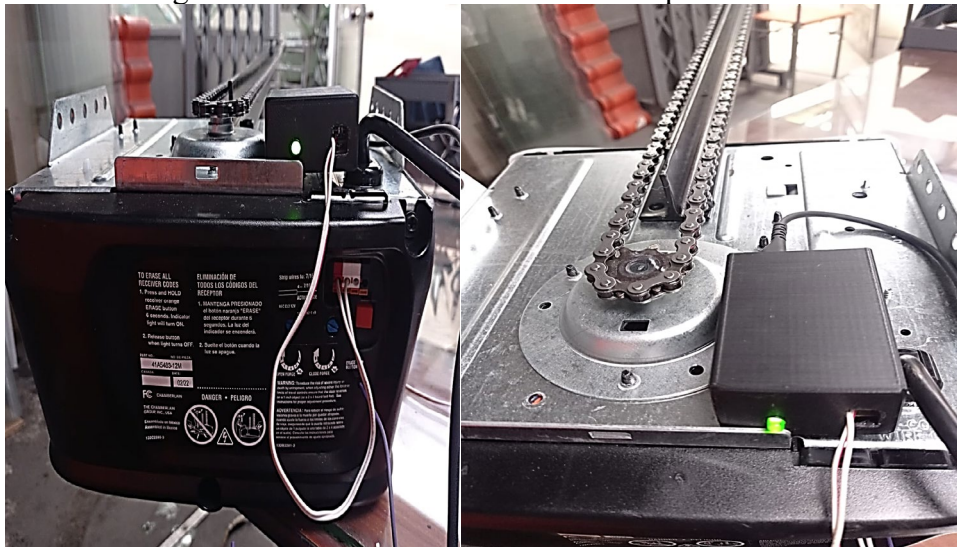
Una vez realizada esta conexión se procede con la alimentación de nuestro receptor embebido, para ello utilizamos un cable USB micro B y alimentamos nuestro ESP32 junto al circuito, de igual forma en este caso podemos utilizar un adaptador de celular que entregue 5V y 2A. para confirmar que el receptor está funcionando se ha colocado un led verde que deberá encenderse cuando el equipo este alimentado de forma correcta.

Figura 4.5: Circuito receptor alimentado por 5v



Alimentación de receptor, Autor: Stalin Chuquitarco

Figura 4.6: funcionamiento ideal de receptor embebido relé



Motor y receptor conectados, Autor: Stalin Chuquitarco

Nuestro receptor relé debe ser colocado en un lugar visible para el usuario, esto con el motivo de poder visualizar si este encendido, por otro lado, la posición de nuestro receptor no influye en el funcionamiento del receptor.

4.3 Prueba de funcionamiento de Chat bot “CallMeBot” en tiempo real.

Como se puede observar en la figura 4.7, el chat Bot nos envía un mensaje en WhatsApp en tiempo real sobre quien activo nuestra puerta de garaje, esta comunicación con el chat Bot solo debe ser manejada por el usuario responsable del portón de garaje, de este modo se podrá obtener la información necesaria sobre la persona autorizada que activo nuestro motor.

El primer paso es colocar nuestro dedo autorizado en el sensor, este nos mostrara el led verde para informar que la huella ingresada es correcta.

El segundo paso será la activación del relé en el motor LiftMaster, de este modo la puerta ya estará en movimiento. Al mismo tiempo llegara un mensaje de WhatsApp con el aviso de la persona que lo activo. Cabe recalcar que el mensaje solo se envía cuando el relé se activó de otro modo no.

Figura 4.7: Prueba de CallMeBot en WhatsApp



Aplicación CallMeBot, Autor: Stalin Chuquitarco

4.4 Prueba de funcionalidad de aplicación MQTT DASH

La aplicación tiene una función específica que es dotar de información extra al usuario para poder visualizar si su ingreso es valido y por otro lado realizar la consulta sobre la ultima persona en activar el motor.

En el primer paso colocaremos nuestra huella autorizada, para poder activar el motor, mientras que al mismo tiempo la aplicación nos informa si el ingreso es válido o invalido, en este caso vamos a colocar un dedo invalido para que la aplicación nos responda de forma negativa como lo observamos en la figura 4.8.

Figura 4.8: Prueba de aplicación MQTT DASH



Aplicación MQTT DASH, Autor: Stalin Chuquitarco

La aplicación nos ayuda de igual manera a informarnos quien fue la ultima persona en activar nuestro motor, por lo tanto, colocamos la letra “c” en el recuadro de “tag” y este nos informara en la ventana “consulta” el nombre del ultimo ingreso, de igual forma nos enviara un mensaje de consulta al chat Bot de WhatsApp como en la figura 4.9.

Figura 4.9: Consulta de ultima activación de motor



Aplicación MQTT DASH, Autor: Stalin Chuquitarco

4.5 Pruebas de reconocimiento de huella en motor (abrir y cerrar)

En la siguiente tabla 4.1 realizaremos 20 pruebas del reconocimiento de huella autorizada para la activación, esto con el objetivo de verificar la eficiencia de nuestro control biométrico y la posterior comunicación con el Receptor relé conectado al motor LiftMaster.

Tabla 4.1: Tabla de reconocimiento de control biométrico

Numero de Pruebas	Reconocimiento de huella	Estado de Receptor	Accionamiento de portón
1	si	Desactivado	no
2	si	Activado	si
3	no	Desactivado	no
4	si	Desactivado	no
5	si	Activado	si
6	si	Activado	si
7	no	Desactivado	no
8	si	Desactivado	no
9	si	Activado	si
10	si	Activado	si
11	si	Activado	si
12	si	Activado	si
13	si	Activado	si
14	si	Activado	si
15	si	Activado	si
16	si	Activado	si
17	si	Activado	si
18	si	Activado	si
19	si	Activado	si
20	si	Activado	si

Tabla de pruebas, Autor: Stalin Chuquitarco

En la tabla 4.1 se puede apreciar que hay 5 pruebas que resultaron negativas. Esto se debe a que, en algunos casos, el sensor de huella no logra reconocer el dedo que está almacenado en el sistema, mientras que, en otras ocasiones, aunque reconoce la huella, no envía la información necesaria al bróker para activar el motor debido a ingresos falsos permitidos por el sensor. A pesar de estos problemas de reconocimiento, se puede concluir que el sensor de huella es seguro ya que no envía datos falsos para la activación del motor.

4.6 Pruebas de distancia para comunicación en una red fija WIFI.

Realizaremos 20 pruebas para delimitar la distancia de comunicación efectiva de los sistemas embebidos hacia la red doméstica fija. Nos basaremos en un rango de distancia de 30m a 10m para realizar la activación del portón de garaje, tomando en cuenta la posición del usuario en el vehículo y la puerta de garaje.

Tabla 4.2: Tabla de distancias optimas de comunicación

Numero de Pruebas	Distancia en metros	Activación de Motor		
		1er intento	2do intento	3er intento
1	30m		X	
2	25m		X	
3	20m	X		
4	15m	X		
5	10m	X		
6	30m			X
7	25m		X	
8	20m		X	
9	15m	X		
10	10m	X		
11	30m		X	
12	25m		X	
13	20m	X		
14	15m	X		

15	10m	X		
16	30m			X
17	25m		X	
18	20m		X	
19	15m	X		
20	10	X		

Tabla de pruebas, Autor: Stalin Chuquitarco

Después de realizar las 20 pruebas de la distancia óptima de comunicación, se puede observar en la tabla 4.2 que hay una frecuencia positiva de activación del motor a una distancia específica. Los metros ideales para activar el motor del garaje son de 10 a 20 metros, lo que permite que los usuarios puedan activarlo con éxito desde una distancia considerable. Estos resultados son positivos porque los usuarios necesitan tener una visión clara del portón de garaje para evitar la entrada de intrusos, y los 20 metros resultan ser una distancia óptima para activar el motor del garaje sin problemas y de forma segura.

4.7 Pruebas de registro de activación del motor en Data Logger.

Como muestra la tabla 4.3 se realizan 10 pruebas del funcionamiento ideal de registro de activación en una base de datos, que podrá ser monitoreada por el instalador del sistema en caso de emergencia, o por solicitud del usuario.

Tabla 4.3: Tabla de registro en Base de datos

Numero de Pruebas	Reconocimiento de huella	Estado de Receptor	Accionamiento de portón	Registro en base de datos
1	no	Desactivado	no	Denegado
2	si	Activado	si	Autorizado
3	no	Desactivado	no	Denegado
4	si	Activado	si	Autorizado
5	si	Desactivado	no	Denegado
6	si	Desactivado	no	Denegado
7	si	Activado	si	Autorizado

8	si	Activado	si	Autorizado
9	si	Activado	si	Autorizado
10	si	Activado	si	Autorizado

Tabla de pruebas, Autor: Stalin Chuquitarco

Después de llevar a cabo las 10 pruebas del Data Logger, se puede afirmar que el sistema es altamente eficiente, ya que no se ha registrado ninguna anomalía al recopilar los datos de activación. Además, se ha comprobado que la hora y fecha del registro son precisas. Estos resultados permiten proporcionar un sistema de seguridad confiable al usuario.

Como podemos ver en la figura 4.10 , tenemos 6 ingresos exitosos, en este caso se toma como ingreso exitoso cuando el motor se activó, gracias a la tabla 4.3 podemos ver que de los 10 intentos solamente se guardan los 6 intentos AUTORIZADOS, dando así la seguridad de que solo se guardaran los datos reales en nuestra base de datos.

Figura 4.10: Datos Excel de nuestra base de datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	HISTORIAL								
2	FECHA	HORA	INGRESO				TOTALES		
3	20/2/2023	15:04:35	Stalin						
4	20/2/2023	15:09:12	Visitante 1			T. Entrantes	10		
5	20/2/2023	15:15:04	Stalin						
6	20/2/2023	15:18:43	Stalin						

Tabla de datos creado en Exel, Autor: Stalin Chuquitarco

4.8 Precios de inversión del Sistema

Es posible obtener todos los componentes necesarios para el proyecto a través de proveedores locales, y en caso de requerir grandes cantidades, se puede obtener un precio más económico. En nuestro caso, hemos llevado a cabo la implementación de todos los componentes por nuestra cuenta, por lo que tendremos que calcular el valor aproximado de la mano de obra y declarar el tiempo invertido. En la tabla 4.4 se mostrarán los costos de cada uno de los elementos del proyecto.

Tabla 4.4: Presupuesto del proyecto

Presupuesto						
Financiamiento	Recursos	Descripción	Valor	cantidad	total	
Rubros	Servicios técnicos	Impresión de la estructura de mando estático en impresora 3D	\$20	2	\$40	
	Tiempo	Horas de trabajo	\$4	12h	\$48	
	Equipos y materiales		Sistema embebido ESP32 WIFI	\$15	2	\$30
			Sensor de Huella Digital R307	\$30	1	\$30
			Cable para conexión #20	\$2	1	\$2
			Placa de circuito	\$5	2	\$10
			Adaptador 5V	\$5	2	\$10
			Relé activo en bajo 5V	\$5	1	\$5
			Leds y resistencias	\$1	1	\$1
Total, de Proyecto					\$176	

Tabla de costos, Autor: Stalin Chuquitarco

4.9 Rentabilidad del Sistema

Tomando en cuenta la tabla nombrada en el inciso anterior podemos ver que el costo de nuestro proyecto no es elevado, tomando en cuenta el valor de instalación de un motor hacia una puerta de garaje que es de \$350 y el tipo de seguridad que ofrecemos. Hay que tomar en cuenta que en nuestro medio no existe un tipo de seguridad igual al nuestro por lo cual el costo final del proyecto incluso no tendría competencia.

CONCLUSIONES

- El uso del protocolo MQTT en un sistema de seguridad puede resultar altamente beneficioso debido a su capacidad de transmitir datos de manera eficiente y segura. MQTT es un protocolo liviano que utiliza poca energía y ancho de banda, lo que lo hace ideal para dispositivos como sensores y actuadores. Además, MQTT permite la comunicación bidireccional, lo que significa que los dispositivos pueden enviar y recibir información de forma eficiente. En general, el uso de MQTT en sistemas de seguridad permite una rápida respuesta a eventos críticos, lo que mejora la eficacia del sistema de seguridad en puertas de garaje automáticas.
- Una de las principales ventajas de nuestro proyecto es el diseño CAD de nuestro control estático. Este diseño es altamente beneficioso, ya que ofrece una autenticación mediante datos biométricos y está diseñado para ser fácilmente instalado en todo tipo de vehículos. Gracias a estas características, nuestro sistema de control estático proporciona un alto nivel de seguridad y confort para el usuario.
- La inclusión de un Data Logger en nuestro sistema de seguridad es una medida importante que puede tener un impacto significativo en la calidad y eficiencia del sistema. Gracias al uso de un Data Logger, podemos recolectar información detallada y precisa sobre la activación de nuestra puerta de garaje, lo que resulta beneficioso para mejorar la seguridad tanto a corto como a largo plazo. En general, la implementación de un Data Logger en nuestro sistema de seguridad es una práctica altamente recomendada que puede mejorar significativamente la eficiencia, seguridad y confiabilidad del sistema.
- Luego de realizar las pruebas correspondientes en nuestro sistema de seguridad para portones de garaje, podemos confirmar la eficiencia y eficacia en la prevención de posibles robos que un sistema automatizado de este tipo puede proporcionar. Las pruebas realizadas en el Data Logger nos brindan la confianza necesaria para prevenir violaciones de seguridad en nuestros sistemas, ya que esta base de datos nos informará en tiempo real acerca de la activación del sistema.

- Después de completar nuestro proyecto, podemos observar las ventajas de nuestro prototipo de seguridad en comparación con otros proyectos similares. Nuestro sistema de control biométrico es escalable en cualquier tipo de motor y automatismo de garaje, incluso podemos integrarlo en motores con tecnología obsoleta y aun así mantener los mismos estándares de seguridad para el usuario. De esta manera, no solo nos dirigimos al mercado actual, sino también a sistemas de automatización instalados hace más de 20 años.

RECOMENDACIONES

- Seleccionar el sistema adecuado de autenticación de datos biométricos es crucial para proporcionar seguridad al sistema en su conjunto. En nuestro proyecto, utilizamos un sensor biométrico básico que puede tener problemas de autenticación debido a la falta de reconocimiento de huellas dactilares. Sin embargo, hay otros tipos de sensores más avanzados disponibles que podrían mejorar aún más la eficacia y velocidad de la autenticación en tiempo real.
- Se puede mejorar el diseño CAD del control biométrico para hacerlo más compacto y adecuado para su uso dentro del vehículo del usuario. Esto podría lograrse mediante el uso de sistemas embebidos más pequeños, que ofrezcan las mismas funcionalidades. Además, la facilidad de programación en diferentes lenguajes permite lograr el mismo objetivo con un diseño más atractivo y cómodo para el usuario.
- Se sugiere realizar una evaluación previa del sistema de garaje automático antes de integrarlo a nuestro sistema de seguridad, lo cual implica investigar y realizar encuestas para conocer los requisitos básicos necesarios, como una conexión a internet estable y un funcionamiento adecuado del mecanismo del portón de garaje. Es importante tener en cuenta estos factores determinantes antes de intervenir en el automatismo.

REFERENCIAS

ANLISI~1. (s/f).

David, A., & Pérez, A. (s/f). Sistemas Embebidos y Sistemas Operativos Embebidos.

ECORFAN_Revista_de_Ingeniería_Eléctrica_VI_N2. (s/f).

Eduardo, O. (2021). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Tesis, 1–114.
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

Enrique Gutiérrez Ricardo, J. (2007). Estudio de factibilidad para el control de acceso biométrico, en una empresa empleando lectores de huella digital.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/>

General Index. (s/f).

Lumpkins, W. (2015). Home Automation: Insteon (X10 Meets Powerline) [Product Reviews]. IEEE Consumer Electronics Magazine, 4(4), 140–144.
<https://doi.org/10.1109/mce.2015.2463451>

M-ESPEL-ENT-0219. (s/f).

Museum, M. F. (2019). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. 45(45), 95–98.

Nicolas García-Martínez, Mauro Cambarieri, H. L. V., & Britos, P. v. (2014). Investigación en Progreso: Estudio y Evaluación de Tecnologías de la Información y la Comunicación para el Desarrollo de Ciudades Inteligentes. Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software, 1(4), 147. <https://doi.org/10.18294/relais.2013.147-151>

Pérez-Tavera, I. H. (2023). Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4 Arduino IDE Arduino IDE. Publicación semestral, 11(21), 30–32.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/issue/archive>

Pontificia universidad católica del Perú. (2011).

Prarthana, R. J. (2018). An Automated Garage Door and Security Management System. 2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), Iceca, 1468–1472.

Temperatura, S. D. E. (2014). Escuela politécnica nacional.

Vicente Salgado Andrade, G., & Ruiz Buchelli, W. (2015). Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil DIRECTOR. Revista EIA, ISSN 1794-1237, Volumen 17, 1–323.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10070>

CLR. (20 de marzo de 2022). Automatizacion de portones . Obtenido de <https://clr.es/blog/es/como-elegir-motor-para-porton-electrico/>

EMQX . (20 de diciembre de 2022). Broker MQTT. Obtenido de <https://www.emqx.com/en/blog/what-is-the-mqtt-protocol>

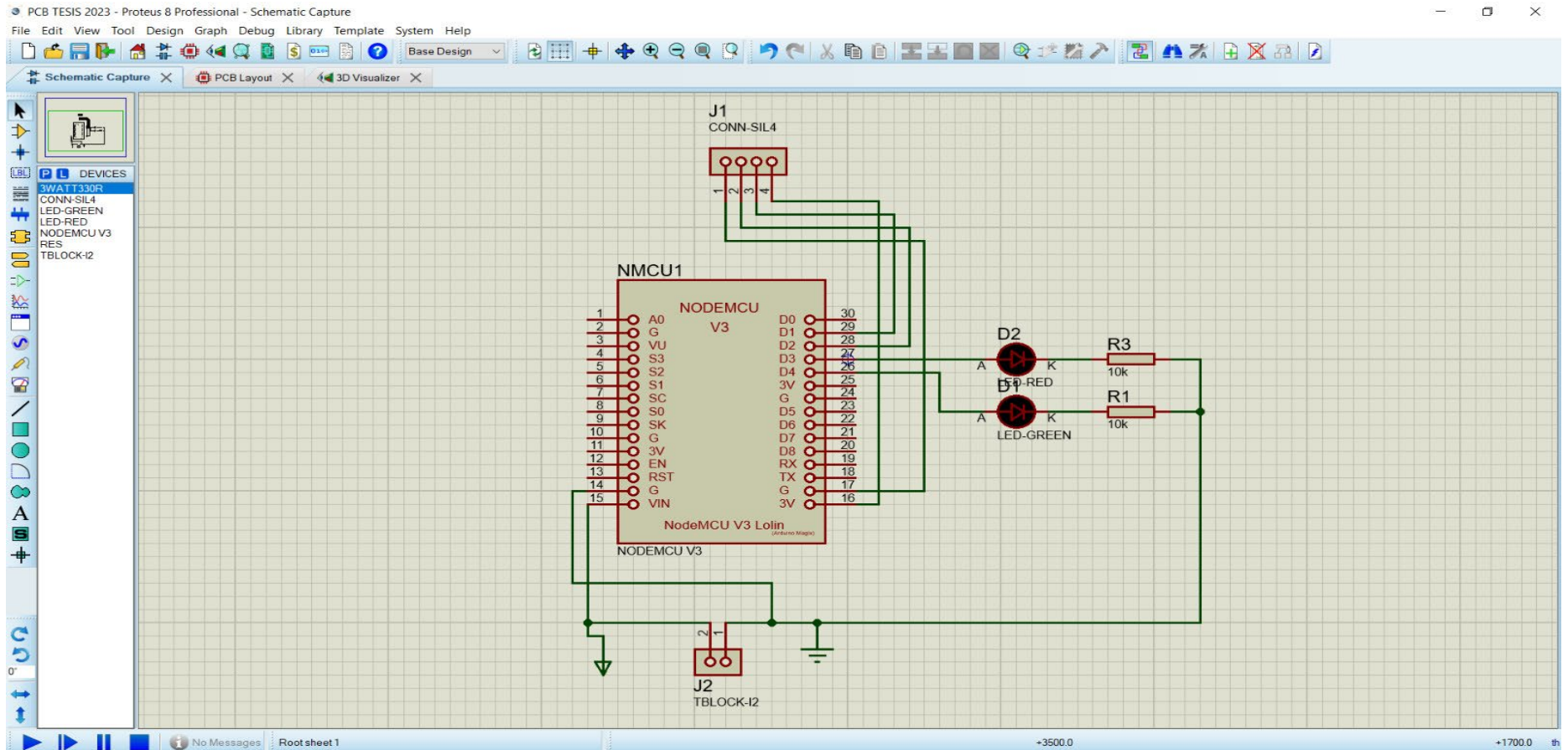
Eninter. (20 de julio de 2020). Tipos de puertas de garaje. Obtenido de <https://www.eninter.com/blog/tipos-puertas-garaje/>

LiftMaster. (12 de junio de 2022). Puertas de garaje automaticas. Obtenido de <https://www.liftmaster.com/>

SDI. (25 de julio de 2022). Relevadores . Obtenido de <https://sdindustrial.com.mx/blog/relevadores/>

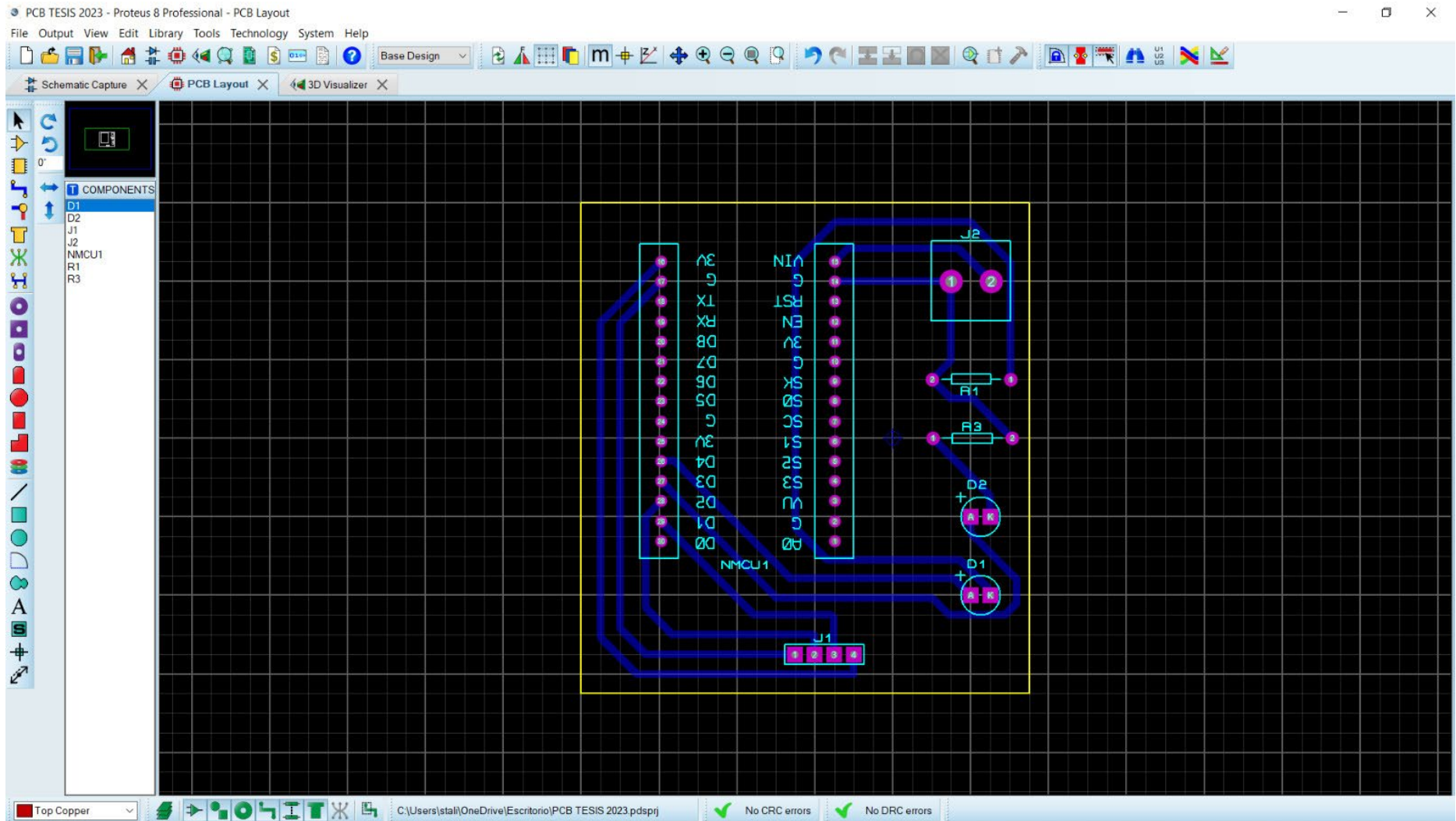
ANEXOS

Anexo 1. Diagrama del circuito implementado en el software Proteus Professional



Elaborado por: Stalin Chuquitarco

Anexo 2. Diagrama de impresión PCB del mando biométrico



Elaborado por: Stalin Chuquitarco