

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE SOFTWARE

TEMA:

“Desarrollo de un aplicativo móvil para la administración de datos biométricos (huellas dactilares) en sistemas de encendido vehicular.”

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero de Software
presentado ante la ilustre Universidad Técnica del Norte

Autor:

Palma Quiroz Stalyn David

Director:

Ing. Carpio Agapito Pineda Manosalvas, MSc

Ibarra – Ecuador

2025



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL
NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0402003602		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Palma Quiroz Stalyn David		
DIRECCIÓN:	Jaime Roldós y Ulpiano Pérez Quiñones		
EMAIL:	sdpalmaq@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2973303	TELÉFONO MÓVIL:	0983131503

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Desarrollo de un aplicativo móvil para la administración de datos biométricos (huellas dactilares) en sistemas de encendido vehicular.
AUTOR (ES):	Stalyn David Palma Quiroz
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	17/06/2025
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Software
DIRECTOR:	Ing. Carpio Pineda Manosalvas, MSc
ASESOR:	Ing. Pedro David Granda Gudiño, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de junio del 2025

EL AUTOR



(Firma).....

Nombre: Stalyn David Palma Quiroz

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Por medio del presente yo Ing. Carpio Pineda, MSc., certifico que el Sr. Stalyn David Palma Quiroz portador de la cedula de ciudadanía número 0402003602, ha trabajado en el desarrollo del proyecto de grado **“Desarrollo de un aplicativo móvil para la administración de datos biométricos (huellas dactilares) en sistemas de encendido vehicular.”**, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Software realizado con interés profesional y responsabilidad que certifico con honor de verdad.

Es todo en cuanto puedo certificar a la verdad

Atentamente

Ing. Carpio Pineda Manosalvas
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



CERTIFICACIÓN DE PROYECTO DE GRADO

Una vez comprobado y tras cumplir con todos los requisitos para la emisión del presente documento, CERTIFICO que el Sr. **STALYN DAVID PALMA QUIROZ**, portador de la Cédula de Identidad N.º 0402003602, en calidad de Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Software de la **Universidad Técnica del Norte**, realizó el Proyecto de Grado **“Desarrollo de un aplicativo móvil para la administración de datos biométricos (huellas dactilares) en sistemas de encendido vehicular”**, en coordinación con el MSc. Darío Fernando Yépez Ponce, en calidad de CEO de Yépez Ponce Mechatronics Engineering Solution,

Es todo cuanto puedo CERTIFICAR; y, a la vez se reconoce al Sr. Stalyn David Palma Quiroz, Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Software de la Universidad Técnica del Norte; por su valioso aporte al proceso de desarrollo del sistema anteriormente mencionado, pudiendo el interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente en el marco legal vigente.

Quito, 16 de junio de 2025



MSc. Fernando Yépez

C.I.: 1004182000

Cel.: 0999900252

CEO YPMES

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Aura Quiroz y Javier Palma, mi mayor ejemplo de amor y sacrificio. Gracias por ser mi refugio, por no soltar mi mano ni en los momentos más difíciles, por cada palabra de aliento y por confiar en mi incluso cuando yo mismo dudé. Su amor incondicional ha sido mi motor y mi mayor bendición. Los amo con todo mi corazón.

A mi hermana, mi amiga, mi confidente, mi compañera inquebrantable en este camino. Gracias por estar siempre ahí, por escucharme, por alentarme y por compartir cada risa y cada tropiezo. Tu apoyo ha sido un pilar fundamental en mi vida, y este logro también es tuyo.

Stalyn David Palma Quiroz

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para desarrollar mis conocimientos en el campo del software.

A mi director de tesis, Ing. Carpio Pineda, por su guía, paciencia y apoyo incondicional en cada etapa de este trabajo. Su orientación fue fundamental para la culminación de este proyecto.

A la empresa ISELCON, por permitir el desarrollo de esta investigación y facilitar el acceso a la tecnología necesaria para su implementación.

A mis padres y familiares, por su amor, comprensión y apoyo incondicional durante todo este proceso. Sin ellos, este logro no habría sido posible.

A mi mejor amiga, Johanna, quien a estado a mi lado como un pilar fundamental en mi vida. Gracias por cada palabra de aliento, por escucharme en mis momentos de dudas, por celebrar mis logros como si fueran tuyos y por recordarme que soy capaz de todo. Tu amistad ha sido un regalo invaluable en este camino.

A mis amigos y compañeros de carrera, con quienes compartí innumerables momentos de aprendizaje, retos y crecimiento personal.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su conocimiento, tiempo y esfuerzo a la culminación de este proyecto.

Stalyn David Palma Quiroz

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO	6
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN.....	16
Tema	16
Problema	16
Antecedentes	16
Situación Actual.....	18
Planteamiento del problema	19
Objetivos.....	20
Objetivo General	20
Objetivos específicos.....	20
Alcance	20
MÓDULO ADMINISTRACIÓN WEB.....	21
MÓDULO USUARIO MÓVIL	21
Metodología	23
Justificación	24
Justificación Tecnológica.....	25
Justificación Social	25
Justificación Seguridad.....	25
Riesgos.....	25
CAPÍTULO 1	28

Marco Teórico	28
1.1. Revisión de literatura	28
1.1.1. Preguntas de investigación.....	29
1.1.2. Búsqueda de documentos.....	29
1.2. Fundamentos de los Sistemas Biométricos.....	30
1.2.1. Principios Básicos de la Biometría.....	31
1.3. Características Biométricas.....	31
1.3.1. Características Fisiológicas	32
1.3.2. Características Conductuales	32
1.4. Datos biométricos y su relevancia	32
1.4.1. Salud	33
1.4.2. Seguridad.....	33
1.5. Tecnologías de Reconocimiento de Huellas Dactilares	33
1.6. Aplicaciones de la Biometría en la Seguridad Vehicular.....	35
1.6.1. Acceso y arranque del Vehículo	35
1.6.2. Cerraduras biométricas	36
1.7. Estado Actual de la Biometría en la Industria Automotriz	36
1.7.1. Ventajas y Desafíos de la Biometría en Vehículos	38
1.8. Plataformas y Herramientas para el desarrollo de Aplicaciones Móviles	42
1.8.1. Aplicación Móvil.....	43
1.8.2. Tipos de aplicaciones móviles	44
1.8.3. React Native como plataforma de desarrollo de Aplicaciones Móviles.	45
1.9. Scrum.....	46
1.9.1. Componentes Clave de Scrum	47
1.10. Evaluación de la Interoperatividad.....	50
CAPÍTULO 2	51
Desarrollo	51
2.1. Fase inicial Scrum.....	51

2.1.1. Definición de roles	51
2.1.2. Definición del Product Backlog	52
2.2. Fase de planificación y estimación	55
2.2.1. Definición de Historias de Usuarios.	55
2.2.2. Planificación del proyecto.	61
2.3. Desarrollo del proyecto	63
2.3.1. Esquema de la aplicación	63
2.3.2. Planificación del sprint 1	65
2.3.3 Ejecución del sprint 1.....	67
2.3.5. Planificación del Sprint 2.....	74
2.3.6. Ejecución del Sprint 2	75
2.3.7. Planificación del Sprint 3.....	80
2.3.8. Ejecución del Sprint 3	80
2.3.9. Planificación del Sprint 4.....	84
2.3.10. Ejecución del Sprint 4	85
2.3.11. Planificación del Sprint 5.....	90
2.3.12. Ejecución del Sprint 5	90
CAPÍTULO 3	92
3.1. Introducción	92
3.2. Importancia de la Interoperabilidad en la Aplicación Móvil.	93
3.3. Metodología de Evaluación	94
3.4. Evaluación de la Conectividad con sistema Externos.....	95
3.4.1. Definición de la Métrica	95
1.4.2. Resultados Obtenidos	95
3.5. Evaluación de la Capacidad de Intercambio de Datos	96
3.5.1. Definición de la Métrica	96
3.5.2. Pruebas Experimental	96
3.6. Análisis Global y Calidad Interna del Sistema	97

3.7. Resultados y reflexiones finales	97
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas -----	19
Figura 2. Arquitectura del software-----	23
Figura 3. Metodología del desarrollo -----	24
Figura 4. Matriz de riesgo y probabilidad -----	27
Figura 5. Metodología Scrum -----	46
Figura 6. Arquitectura del sistema-----	65
Figura 7. Visión general del Sistema -----	67
Figura 8: Configuración del entorno de desarrollo -----	68
Figura 9: Estructura de la base de datos -----	69
Figura 10: Repositorio en GitHub-----	70
Figura 11: Código del endpoint de autenticación en Node.js -----	71
Figura 12: Pantalla de inicio de sesión en la web -----	72
Figura 13: Mensajes de error en caso de credenciales incorrectas -----	72
Figura 14: Pantalla de inicio de sesión en la app móvil -----	72
Figura 15: Resultado de pruebas en Postman -----	73
Figura 16: Pantalla de registro de usuarios-----	75
Figura 17: Código del endpoint de creación de usuario en Node.js-----	76
Figura 18: Pantalla de edición de usuarios -----	77
Figura 19: Pantalla de eliminación de usuarios-----	77
Figura 20: Pantalla de edición de vehiculos -----	78
Figura 21: Código del endpoint de edición de vehiculos -----	79
Figura 22: Pantalla de consulta de vehículos -----	79
Figura 23: Vista de la pantalla de gestión de huellas dactilares.-----	81
Figura 24: Vista de la pantalla de registro de huellas dactilares. -----	82
Figura 25: Vista eliminación de huella -----	83

Figura 26: Comunicación entre la aplicación móvil, el backend y la ESP32 a través de MQTT. -----	84
Figura 27: Interfaz del botón de arranque forzoso en la aplicación móvil -----	86
Figura 28: Interfaz de la pantalla de restauración del sistema-----	88
Figura 29: Interfaz de la pantalla de configuración WiFi.-----	88
Figura 30: Esquema del flujo de notificaciones en tiempo real con WebSockets.-----	91
Figura 31: Pantalla de notificaciones en la aplicación móvil.-----	92
Figura 32: Matriz de la calidad de software-----	93
Figura 33: Interoperabilidad-----	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas de Investigación	29
Tabla 2. Aplicaciones de biometría en la industria automotriz	37
Tabla 3. Ventajas de la Biometría en Vehículos.....	38
Tabla 4. Desventajas de la Biometría en Vehículos	41
Tabla 5. Roles en Scrum.....	47
Tabla 6. Eventos en Scrum	48
Tabla 7. Artefactos en Scrum.....	49
Tabla 8. Roles y funciones.....	52
Tabla 9. Product Backlog	53
Tabla 10. Historia de Usuario 1	56
Tabla 11. Historia de Usuario 2.....	56
Tabla 12. Historia de Usuario 3.....	57
Tabla 13. Historia de Usuario 4.....	57
Tabla 14. Historia de Usuario 5.....	58
Tabla 15. Historia de Usuario 6.....	58
Tabla 16. Historia de Usuario 7	59
Tabla 17. Historia de Usuario 8.....	59
Tabla 18. Historia de Usuario 9.....	60
Tabla 19. Historia de Usuario 10.....	61
Tabla 200. Planificación por Sprint del Proyecto.....	61
Tabla 21. Planificación del Sprint 1	66
Tabla 22: Sprint 2.....	74

RESUMEN

El presente trabajo de titulación desarrolla un aplicativo móvil para la administración de datos biométricos, específicamente el reconocimiento de huellas dactilares, en sistemas de encendido vehicular. El proyecto surge como una solución ante el incremento de robos de automóviles, implementando una capa adicional de seguridad basada en biometría.

Para la construcción de la aplicación móvil se utilizó React Native, mientras que el backend fue desarrollado en Node.js con una base de datos PostgreSQL. La comunicación con el sistema de encendido vehicular basado en ESP32 se estableció mediante el protocolo MQTT.

El desarrollo se llevó a cabo bajo la metodología Scrum, organizando las tareas en sprints y asegurando entregas incrementales. Además, la evaluación de la aplicación se realizó mediante la norma ISO/IEC 25023, enfocándose en la subcaracterística de interoperabilidad, garantizando la compatibilidad y comunicación eficiente entre los diferentes sistemas.

Los resultados obtenidos reflejan que el sistema propuesto es eficiente, seguro y funcional, mejorando la administración de usuarios y la seguridad en el arranque del vehículo. Como trabajo futuro, se recomienda la integración con otros sistemas de seguridad y la optimización del procesamiento biométrico.

Palabras clave: Biometría, huellas dactilares, encendido vehicular, React Native, ESP32, MQTT, ISO/IEC 25023.

ABSTRACT

This thesis presents the development of a mobile application for the management of biometric data, specifically fingerprint recognition, in vehicle ignition systems. The project arises as a solution to the increasing number of car thefts by implementing an additional security layer based on biometrics.

The mobile application was developed using React Native, while the backend was built with Node.js and a PostgreSQL database. Communication with the vehicle ignition system, based on ESP32, was established through the MQTT protocol.

The development process followed the Scrum methodology, organizing tasks into sprints to ensure incremental deliveries. Additionally, the application was evaluated using the ISO/IEC 25023 standard, focusing on the interoperability sub-characteristic, ensuring compatibility and efficient communication between the different systems.

The results show that the proposed system is efficient, secure, and functional, improving user management and vehicle ignition security. Future work includes integration with other security systems and optimization of biometric processing.

Keywords: Biometrics, fingerprint recognition, vehicle ignition, React Native, ESP32, MQTT, ISO/IEC 25023.

INTRODUCCIÓN

Tema

Desarrollo de un aplicativo móvil para la administración de datos biométricos (huellas dactilares) en sistemas de encendido vehicular.

Problema

Antecedentes

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022), el parque automotor presenta un aumento anual de 5.6% y debido al aumento de la inseguridad en el país se plantea la necesidad de contar con un mecanismo extra para aumentar la seguridad del vehículo. Ya que según el diario el Universo (2023) hubo un incremento del 41% en el robo de vehículos, en los primeros 4 meses del 2023, comparado al mismo lapso del año anterior. En el mercado, se encuentran disponibles diversas alternativas que permiten reforzar la seguridad de los automóviles, tales como trabas para volante y/o palanca de cambios, localizadores GPS, llaves inteligentes, botones de encendido, entre otros Escobar (2021).

Morales (2022), menciona que la tecnología biométrica proporciona mayor seguridad en los sistemas que la incorporan. Este tipo de sistemas brinda una identificación segura a través del reconocimiento de características físicas únicas de las personas. En Waheed & Krishna (2020), se menciona que las principales características fisiológicas que se emplean en los sistemas biométricos son las huellas dactilares, el reconocimiento facial, el iris y el ADN.

Para (Kuntal, 2023), el empleo de sistemas biométricos en diversos ámbitos, como la sanidad, el control de asistencia, el control de acceso, el

procesamiento de pagos, entre otros; ha experimentado un aumento debido a su capacidad de ofrecer un elevado nivel de seguridad y confidencialidad. En la investigación de SriAnusha (2019), implementaron un arrancador de vehículos por huellas dactilares para resolver el problema de la pérdida de llaves; a pesar de que este sistema ofrece un alto nivel de seguridad a los vehículos su usabilidad representa un factor limitante en este tipo de sistemas. El sistema biométrico implementado utiliza botones para almacenar y eliminar huellas dactilares; razón por la cual, puede ser complicado de configurar y utilizar por el usuario limitando su alcance y utilidad.

El sistema desarrollado por la empresa ISELCON, utiliza las huellas dactilares para encender/apagar automóviles; el sistema emplea una placa ESP32 que se comunica inalámbricamente con una aplicación básica desarrollada en App Inventor para la gestión de los usuarios que pueden encender/apagar el vehículo. Este sistema al no contar una aplicación especializada y multiplataforma ha visto limitada su incorporación en el mercado debido a que la aplicación actual, es limitada solo a los registros de las huellas dactilares, en donde la información del vehículo es ignorada, tampoco cuenta con un método en donde el usuario pueda ingresar a la aplicación mediante credenciales, lo que la hace vulnerable, y debido a que los datos que maneja son sensibles, significa un gran riesgo. De igual manera no cuenta con un administrador web, en donde se lleve un control general, por ejemplo, en cuántos vehículos el sistema está instalado, a quién pertenece y sus características.

Situación Actual

En la actualidad, en el campo de la seguridad vehicular se caracteriza por una rápida evolución tecnológica acompañada de un aumento constante en la demanda de soluciones más seguras y eficientes para evitar el robo de vehículos. Pero a medida que se emplean nuevas capas de seguridad, lo delincuentes también buscan nuevas formas de eludir los sistemas de seguridad tradicionales, lo que significa un desafío constante mantener los vehículos seguros.

Para contrarrestar estos desafíos, la industria automotriz ha comenzado a incorporar tecnologías avanzadas como los sistemas de reconocimiento biométrico. Estos sistemas emplean características únicas del individuo, como las huellas dactilares, para autorizar el acceso y el arranque del vehículo, ofreciendo una capa adicional de seguridad que es considerablemente más difícil de falsificar que las llaves tradicionales o los sistemas de contraseña.

De la igual forma, el creciente desarrollo de aplicaciones móviles para gestión de vehículos ha introducido nuevas posibilidades para la integración de controles biométricos. Estas aplicaciones permiten no solo el bloqueo y desbloqueo remoto sino también la gestión de múltiples usuarios y la personalización de perfiles de acceso, lo que añade una capa de comodidad y funcionalidad que era inimaginable.

Sin embargo, a pesar de estos avances, existen problemas significativos relacionados con la usabilidad y la interoperabilidad de las aplicaciones actuales. Muchas soluciones existentes no están diseñadas para ser intuitivas y accesibles para el usuario promedio, lo que limita su adopción. Además, la falta de un estándar unificado para la interoperabilidad entre diferentes dispositivos y

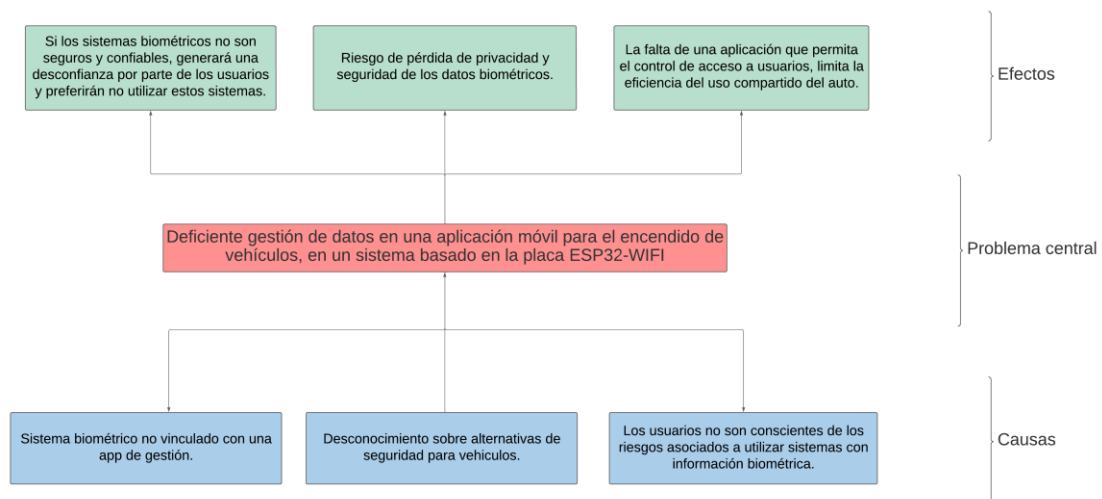
plataformas crea barreras adicionales para la integración eficiente de nuevas tecnologías en sistemas vehiculares existentes.

Planteamiento del problema

La falta de una aplicación móvil especializada que gestione eficientemente los datos biométricos para sistemas de encendido vehicular ha limitado la adopción de medidas de seguridad más avanzadas y personalizadas. Este vacío tecnológico ha contribuido a mantener altas las tasas de robo de vehículos, afectando negativamente tanto a la seguridad pública como a la economía de los propietarios.

Se busca desarrollar e implementar una aplicación móvil que utilice la tecnología de reconocimiento de huellas dactilares junto con una placa ESP32 para mejorar la seguridad en los sistemas de encendido de vehículos.

Figura 1. Árbol de problemas



Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil para la administración de los datos biométricos en el encendido de un vehículo mediante la huella dactilar en un sistema basado en una placa ESP32.

Objetivos específicos

- Elaborar un marco teórico que apoye el desarrollo de la aplicación móvil para la administración de datos biométricos.
- Aplicar el marco de trabajo SCRUM en el desarrollo de la aplicación móvil.
- Evaluar la aplicación móvil desarrollada aplicando la norma ISO/IEC 25023 mediante la subcaracterística de interoperatividad.

Alcance

La presente propuesta de tesis tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma altamente funcional y segura, diseñada para administrar eficientemente la información del sistema biométrico de encendido/apagado vehicular desarrollado por la prestigiosa empresa ISELCON. La aplicación móvil, basada en el framework React Native, ofrecerá una experiencia de usuario intuitiva y accesible tanto para dispositivos iOS como Android.

Además de la administración biométrica, la aplicación móvil ofrecerá una serie de funcionalidades esenciales. Entre ellas, destacan la posibilidad de

realizar el arranque forzado de los automóviles, para situaciones de emergencia, en donde el usuario no pueda usar el sistema de encendido.

El desarrollo de la aplicación móvil será guiado por una metodología ágil, centrándose en entregas incrementales y la constante retroalimentación del cliente, garantizando así una construcción efectiva y la inclusión de todas las funcionalidades requeridas.

Para el desarrollo de la aplicación, se utilizará el framework React Native, que es de código abierto creado por la red social Facebook. React es usado para el desarrollo de aplicaciones móviles nativas para iOS y Android (Eisenman, 2015).

Para ello el sistema contará con los siguientes módulos y funcionalidades:

MÓDULO ADMINISTRACIÓN WEB

- Control y Acceso al sistema que únicamente tendrá por el momento el usuario Administrador.

Administrador

- Gestión de usuarios: Crear, editar, eliminar y listar.
- Al momento de registrar un nuevo usuario, brindar las credenciales (Usuario y contraseña) para que pueda acceder a la aplicación.
- Dar clave de recuperación: En caso de bloqueo del sistema, enviar clave de recuperación.

MÓDULO USUARIO MÓVIL

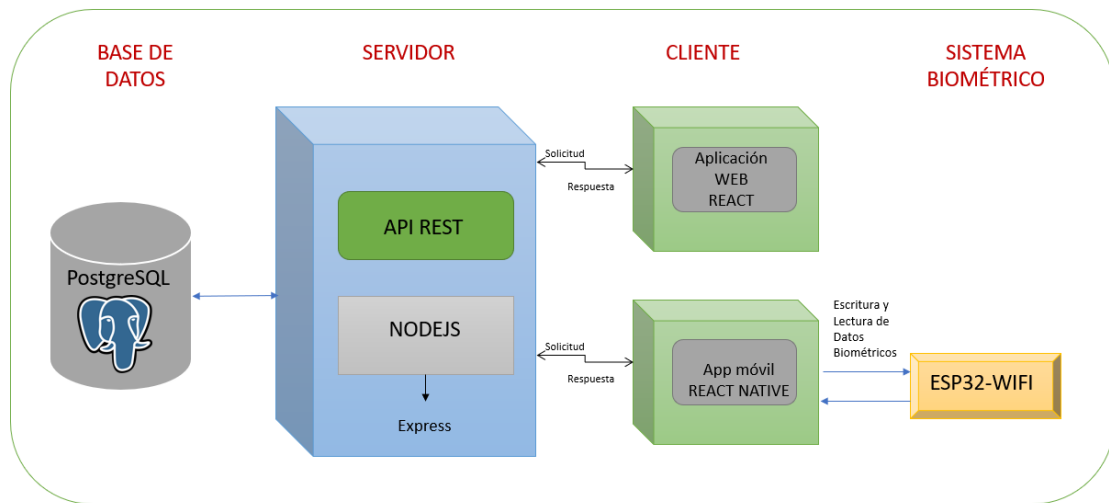
- Autenticación: Se implementará un login de acceso validado por credenciales (Usuario y contraseña), asignadas por el administrador.

- Recuperación de contraseña: Se agregará un campo en donde se solicite una nueva contraseña, en caso de que la aplicación o el sistema se bloquee.
- Registro de huella dactilar: Se implementará un formulario para que ingresen información personal (Nombre, Apellido, Correo, Teléfono, Huella dactilar).
- Registro del vehículo: Se ingresará los datos generales del vehículo (Placa, Marca, Año).
- Listado de usuarios: Se visualizará información de todos los usuarios registrados en el vehículo.
- Arranque forzado: Cuando exista un inconveniente con la verificación de la huella dactilar, se forzará el arranque del vehículo.

Al tratarse de dos aplicaciones que interactúan con los mismos datos se empleará la arquitectura cliente-servidor, en donde tanto el aplicativo móvil y web son las aplicaciones cliente, que se comunicaran con el servicio web API REST. En cuanto al aplicativo móvil se conectará con el sistema de encendido mediante el protocolo de WIFI.

En la figura 2, se presenta el diagrama de arquitectura del software propuesto.

Figura 2. Arquitectura del software



Metodología

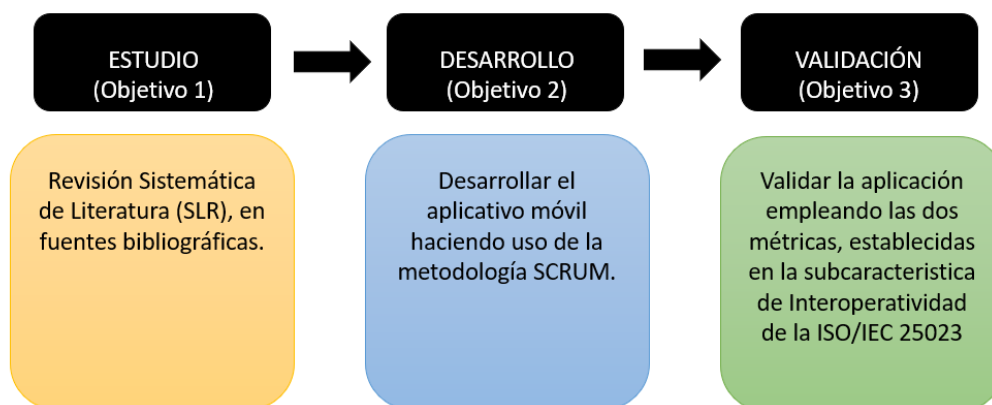
Para alcanzar el primer objetivo, se llevará a cabo una Revisión Sistemática de Literatura (SLR). Esta revisión implicará la recopilación y análisis de diversos estudios, tesis y/o artículos científicos disponibles en bases de datos bibliográficas como IEEExplore, Scopus, Taylor and Francis, entre otras. La SLR proporcionará una visión detallada del estado actual de las aplicaciones móviles en la temática en estudio, incluyendo sus características, componentes, riesgos, ventajas y desventajas relevantes para la administración de datos biométricos.

Una vez realizada la SLR, para el desarrollo de la aplicación móvil se aplicará la metodología SCRUM que de acuerdo con Estrada-Velasco (2021), la metodología posibilita la creación de un entorno de desarrollo controlado con una gran variedad de actividades vigiladas, controladas y validadas. Molina-Ríos (2021), afirma que la metodología SCRUM es ideal para el desarrollo de aplicaciones móviles, debido a que reduce el uso de recursos y maximiza la productividad durante el ciclo de vida del software.

Finalmente, se empleará la norma ISO/IEC 25023 para la evaluación de la calidad del producto de software. Esta norma establece métricas que evalúan la calidad, la interoperatividad, la conectividad con sistemas externos, la capacidad de intercambiar datos, entre otros.

En la figura 3, se da a conocer la metodología que se llevará a cabo en el desarrollo de la App.

Figura 3. *Metodología del desarrollo*



Justificación

El presente proyecto de titulación tiene un enfoque hacia el ODS N°9: “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación”. Se busca promover la investigación y el desarrollo de infraestructura y tecnologías sostenibles, para lo cual se cita la meta 9c de este objetivo de desarrollo sostenible: “Aumentar significativamente el acceso a la tecnología de la información y las comunicaciones y esforzarse por proporcionar acceso universal y asequible a Internet en los países menos adelantados de aquí a 2020” (Unidas, 2018). Para la Comisión Económica para América Latina

y el Caribe (CEPAL), este tipo de proyectos aumenta el acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

Al desarrollar una aplicación móvil se facilita el acceso a las TIC y mediante el uso de esta, se contribuye a que más personas tengan acceso a las nuevas tecnologías, fomentando así la inclusión digital y reduciendo las brechas tecnológicas.

Justificación Tecnológica

El proyecto pretende agilizar la administración de datos biométricos para el encendido/apagado y arranque a distancia de automóviles mediante la integración del sistema biométrico con una App evaluada por la norma ISO/IEC 25023.

Justificación Social

Actualmente el país experimenta una ola de inseguridad, la aplicación móvil de este proyecto contribuye a aumentar la seguridad en los vehículos reduciendo el riesgo de robos.

Justificación Seguridad

El proyecto pretende ofrecer un sistema que aumente la seguridad de un vehículo, para que, en caso de robo, al criminal no le sea fácil encenderlo si no cuenta con la información requerida.

Riesgos

R1: Falta de seguridad de los datos biométricos, lo cual podría significar accesos no autorizados a los vehículos.

M1: Implementar medidas de seguridad, como cifrado de datos y la autenticación de usuarios.

R2: Aplicación móvil expuesta a vulnerabilidades técnicas y brechas de seguridad, lo cual puede ser aprovechado por persona malintencionadas.

M2: Realizar pruebas de seguridad para identificar y corregir posibles vulnerabilidades.

R3: Falla de la aplicación por mal uso o falla del software, podría afectar a los usuarios al momento de encender sus vehículos o gestionar los datos biométricos de manera adecuada.

M3: Realizar buenas prácticas de desarrollo para reducir el riesgo.

R4: Los datos recopilados pueden ser utilizados indebidamente o se compartan sin el consentimiento de los usuarios.

M4: Seguir la leyes y regulaciones de protección de datos aplicables y establecer políticas claras de privacidad y consentimiento.

R5: La integración de la aplicación móvil con el sistema.

M5: Realizar pruebas exhaustivas para verificar la correcta integración de la App con el sistema.

La figura 4, representa una matriz en donde se estima el impacto de un riesgo y la probabilidad que el mismo suceda. Los números indican la probabilidad o la frecuencia con la que puede ocurrir un evento de riesgo; mientras que, los colores se utilizan para clasificar los niveles de riesgo de forma visual.

Figura 4. Matriz de riesgo y probabilidad

PROBABILIDAD	3	ALTO	15	30	60 R5: La integración de la aplicación móvil con el sistema.
	2	MEDIA	10	20 R2: Aplicación móvil expuesta a vulnerabilidades.	40 R1: Falta de seguridad de los datos biométricos.
	1	BAJA	5	10 R3: Falla de la aplicación móvil, por mal uso o falla de software.	20 R4: Los datos recopilados son usados indebidamente.
			BAJO	MEDIO	ALTO
			5	10	20
			IMPACTO		

CAPÍTULO 1

Marco Teórico

1.1. Revisión de literatura

El desarrollo del marco teórico de este estudio se fundamenta en la Revisión Sistemática de Literatura (SLR, Systematic Literature Review), metodología reconocida en investigación científica para sistematizar la identificación, evaluación crítica y síntesis de evidencia académica actualizada. A diferencia de las revisiones tradicionales, este protocolo sigue fases estructuradas que incluyen:

1. Definición de las preguntas de investigación: Establecer los interrogantes centrales que guiarán la búsqueda de información.
2. Búsqueda de documentos: Identificar fuentes confiables y pertinentes, como artículos científicos, libros y conferencias, en bases de datos especializadas.
3. Selección de artículos: Filtrar los documentos encontrados según criterios de calidad, relevancia y actualidad.
4. Extracción de datos: Analizar y sintetizar la información más significativa para el estudio.

Unidad de Análisis

El enfoque central de esta investigación es diseñar una plataforma móvil multiplataforma que permita la administración de datos biométricos, específicamente el uso de la huella dactilar para el encendido de un vehículo. Este sistema se basa en una placa ESP32, un microcontrolador ampliamente utilizado en proyectos de IoT (Internet de las Cosas) debido a su eficiencia y versatilidad. Combinar tecnologías biométricas (reconocimiento dactilar,

escaneo de iris) con sistemas embebidos de bajo costo, caso del microcontrolador ESP32, constituye un salto tecnológico hacia sistemas de autenticación robustos y ergonómicos.

1.1.1. Preguntas de investigación

Como se puede apreciar en la Tabla 1, se formularon cuatro preguntas de investigación que facilitaron la investigación del tema de estudio.

Tabla 1. *Preguntas de Investigación*

Número	Preguntas de investigación	Motivación
PI1	¿Cuáles son las tecnologías biométricas más efectivas utilizadas actualmente en sistemas de encendido?	Identificar y comparar las diferentes tecnologías biométricas.
PI2	¿Qué desafíos y limitaciones han enfrentado las implementaciones existentes de sistemas biométricos en vehículos?	Explorar los problemas prácticos y técnicos.
PI3	¿Cuáles son las herramientas y plataformas para el desarrollo de aplicaciones móviles?	Determinar las herramientas y plataformas para el desarrollo móvil
PI4	¿Cuáles son los tipos de placas utilizados para sistemas biométricos?	Determinar la placa adecuada para el desarrollo de la aplicación.

1.1.2. Búsqueda de documentos

La fase inicial de recolección documental implicó la elección estratégica de fuentes académicas especializadas, priorizando plataformas indexadas (IEEE Xplore para ingeniería, Web of Science para análisis de impacto) y

motores de búsqueda multidisciplinarios (Google Scholar con filtros *since 2020*). Adicionalmente, para contextualizar la realidad local, se incluyeron repositorios institucionales de universidades categoría A en Ecuador (ej: UCE, ESPOL, USFQ), aplicando operadores booleanos (*AND*, *OR*) y criterios de acceso abierto (*Creative Commons*).

1.2. Fundamentos de los Sistemas Biométricos

Los sistemas biométricos son herramientas que pueden registrar y guardar los rasgos físicos o de comportamiento únicos de una persona en forma digital, con el fin de identificar o verificar su identidad. Básicamente estos sistemas combinan elementos físicos como un lector de huellas dactilares y una computadora conectada a él, juntos con software, para recopilar información biométrica precisa como huellas dactilares, patrones de iris o rasgos faciales (Ramírez, 2023).

Según (Rukhiran et al., 2023) menciona:

La biometría física:

Se enfoca en medidas corporales específicas, tales como el rostro, las huellas dactilares, la palma de la mano, la retina, el iris y la geometría de la mano.

La biométrica del comportamiento:

Examina aspectos relacionados con acciones humanas, como la voz, la firma, la forma de caminar, la dinámica al teclear y otras actividades relacionadas, como la autenticación biométrica de comportamiento en dispositivos móviles.

Biometría Química:

Estudia identificadores químicos personales, como el olor personal.

1.2.1. Principios Básicos de la Biometría

Biometría

La biometría es la rama de la ciencia, se dedica a los métodos automatizados de identificación de personas basándose en características fisiológicas o de comportamiento, incluyendo el rostro, huellas dactilares, iris, retina, firma y voz, entre otros (Ruiz et al., 2022).

La biometría ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, desde su uso inicial en grandes instituciones como el ejército o el servicio secreto, hasta su actual accesibilidad para profesionales e individuos en general. Su uso se ha extendido a empresas de todos los tamaños, que buscan reforzar su seguridad y optimizar sus recursos humanos mediante la instalación de dispositivos biométricos.

1.3. Características Biométricas

Biométricas Fisiológicas vs Conductuales.

La biometría se clasifica en tres categorías principales según las características que evalúa: biológicas, morfológicas y conductuales. Las características fisiológicas abarcan las cualidades físicas distintivas de una persona, como las huellas, el reconocimiento facial y de voz. En contraste, las características conductuales se centran en los patrones de comportamiento particulares de una persona, tales como la dinámica del tecleo, el patrón de marcha, la firma manuscrita, o incluso la manera específica en que utiliza su dispositivo. Ambas categorías son esenciales para verificar la identidad única de

un individuo, pero difieren en el tipo de características que emplean para la autenticación.

1.3.1. Características Fisiológicas

Las características fisiológicas comprenden aquellos rasgos físicos distintivos de una persona, como las huellas dactilares, y el reconocimiento facial y de voz. Estos atributos deben ser universales, únicos, registrables y medibles. Por ejemplo, el reconocimiento facial se fundamenta en la estructura facial única de cada individuo, mientras que las huellas dactilares se basan en los patrones exclusivos presentes en la piel de los dedos. Estas características son esenciales para la autenticación y la identificación de personas.

1.3.2. Características Conductuales

En cambio, las características conductuales derivan de los patrones de comportamiento singulares de un individuo. Esto puede incluir aspectos como la dinámica de tecleo, el patrón de caminar, la firma manuscrita, o incluso el modo específico en que una persona maneja su dispositivo. La autenticación mediante características conductuales se efectúa comparando los datos biométricos recolectados en tiempo real con aquellos previamente almacenados en una base de datos. Estas características son intrínsecamente difíciles de falsificar, ya que reflejan la manera única en que una persona ejecuta ciertas actividades.

1.4. Datos biométricos y su relevancia

Los datos biométricos son un conjunto de información que se genera a partir de las características únicas y medible del cuerpo humano o de su comportamiento. Estos datos son cuantificables y se recogen por medio de tecnologías especializadas para su posterior análisis y uso (Luna, 2023). Los datos biométricos actualmente son una herramienta eficaz para la identificación

y la autenticación, esto debido la singularidad que estos proveen, debido a que cada persona tiene características biométricas básicamente diferentes a las de cualquier otro individuo.

La relevancia que tienen los datos biométricos hace que esta sea empleada en distintos contextos:

1.4.1. Salud

En la investigación de Ross (2022) señalan que los datos biométricos pueden contener información de la salud del individuo que puede ser útil para el diagnóstico médico, como en los detalles anatómicos en imágenes biométricas, como las del rostro, pueden ayudar a detectar trastornos subyacentes, como el síndrome de Down, y contribuir al diagnóstico de diversas enfermedades.

1.4.2. Seguridad

Se utilizan para entrar a edificios, verificar la identidad en dispositivos electrónicos o también para brindar una capa de seguridad extra a los métodos tradicionales como propone en la investigación de Dwivedi (2020) en donde se planea integrar los rasgos biométricos con la criptografía, para crear sistemas de seguridad más robustos, empleando las huellas dactilares para generar claves criptográficas.

1.5. Tecnologías de Reconocimiento de Huellas Dactilares

El reconocimiento de huellas dactilares es un método para verificar la identidad de una persona a través del cotejo de las huellas de sus dedos con muestras anteriormente registradas. Las huellas dactilares son impresiones de los dedos humanos, compuestas por una serie de surcos y crestas. El sistema captura estas huellas identificando puntos característicos, que son lugares donde las crestas comienzan o terminan. Luego, se trazan líneas entre estos

puntos, formando una plantilla de característica distintiva. Como lo menciona Manlio (2023) es un método biométrico que analiza las marcas únicas en los dedos de una persona, siendo una característica permanente que evita la suplantación de identidad.

Funcionamiento

El reconocimiento de huellas dactilares es un proceso utilizado para verificar la identidad de una persona comparando sus huellas dactilares con muestras registradas previamente. Los sistemas de reconocimiento de huellas dactilares operan al examinar un dedo presionando contra una superficie lisa. Durante este proceso, se escanean las crestas y valles de los dedos, y se identifican puntos distintos conocidos como minucias. Estas son utilizadas por el sistema para la comparación y, finalmente para identificar a un individuo (Devi et al., 2022).

Con el paso del tiempo, los procedimientos para capturar, almacenar y analizar huellas dactilares han evolucionado, como lo menciona Guízar-Sahagún (2021) el proceso de registro implica capturar una imagen digital de la huella, extraer características distintivas y almacenarlas en una base de datos digital. El dispositivo biométrico más común es un sensor óptico en el que simplemente se coloca la yema del dedo encima de un plano de vidrio táctil. Una luz LED índice sobre la huella, creando así una imagen digital del patrón de crestas y surcos.

1.6. Aplicaciones de la Biometría en la Seguridad Vehicular.

En los últimos tiempos, se ha observado un notable aumento tanto la cantidad como la relevancia de los datos biométricos. Estos datos provienen de diversas fuentes, como las huellas dactilares, la geometría de la mano, el ritmo cardiaco, los patrones de voz, las expresiones faciales, la actividad cerebral y el movimiento corporal (De Keyser et al., 2021).

La biometría ha revolucionado la seguridad en la industria automotriz al ofrecer soluciones innovadoras para proteger los vehículos contra robos, secuestros y accesos no autorizados. Por medio de ella, solo los conductores autorizados pueden acceder y poner en marcha el auto en cuestión.

Unas de estas soluciones son los sistemas biométricos, los cuales han permitido a los conductores autorizados emplear sus características físicas como llaves únicas e intransferibles para desbloquear las puertas y encender el motor.

1.6.1. Acceso y arranque del Vehículo

Los sistemas biométricos se emplean para controlar el acceso y el arranque de los vehículos, los conductores autorizados pueden usar su huella digital, reconocimiento facial o incluso voz para autenticarse y encender el motor. Lo cual reduce el riesgo de robos, garantizando que solo las personas autorizadas puedan operar el vehículo. El acceso biométrico para vehículos es una tecnología emergente que permite desbloquear y acceder a funciones personalizadas en un automóvil mediante el reconocimiento de rasgos únicos del conductor, aunque actualmente es más común en marcas de lujo (Morales, 2023).

1.6.2. Cerraduras biométricas

Las cerraduras biométricas en los vehículos permiten desbloquear puertas y encender el motor solo después de la autenticación biométrica, lo que permite el uso de lectores de huellas dactilares, cámaras de reconocimiento facial o lectores de iris. Se emplean para controlar y restringir el acceso, estos sistemas mejoran la seguridad al evitar el uso de llaves físicas o códigos numéricos.

La biometría está transformando la seguridad vehicular al proporcionar métodos de autenticación más seguros y eficientes.

1.7. Estado Actual de la Biometría en la Industria Automotriz

La industria automotriz se ha visto revolucionada con la llegada de la biometría, transformando la manera en que las compañías y usuarios interactúan con sus vehículos. Esta tecnología brinda varios beneficios significativos en términos de seguridad, comodidad y personalización de la experiencia de conducción.

Crecimiento del Mercado

El mercado biométrico en la industria automotriz está experimentando un crecimiento significativo, con una pauta concertada anual prevista del 18.2% durante el tiempo de predicción (Biométrica en el mercado automotriz Insights, 2024). Este aumento se debe a la adopción generalizada de tecnologías biométricas en dispositivos electrónicos, lo que ha abierto el camino para su integración en vehículos.

Áreas de aplicación

La tecnología biométrica, aunque inicialmente adoptada en vehículos de gama alta, está experimentando una expansión hacia el mercado de automóviles personales. Este crecimiento se debe principalmente a las mejoras

en seguridad y las ventajas en términos de accesibilidad que ofrece. En el ámbito automotriz, la biometría se aplica en diversas funcionalidades, como el control de acceso para el encendido del vehículo mediante escáneres biométricos. Además, esta tecnología permite personalizar la experiencia del usuario, otorgando a conductores y pasajeros acceso a configuraciones personalizadas, como listas de reproducción, contactos y aplicaciones favoritas.

Tabla 2. *Aplicaciones de biometría en la industria automotriz*

Organización	Descripción	Datos biométricos utilizado
Subaru	Implantación del sistema de control DriverFocus para determinar si los conductores están somnolientos o distraídos.	- Facial. - Movimiento ocular.
	El escaneo de huellas dactilares integrado permite a los conductores entrar en su modelo Santa Fe 2019 y encender el contacto sin llave.	- Huellas dactilares.
Ford	Sistema para controlar el nivel de estrés del conductor, apoyado por un conjunto de sensores biométricos integrados al volante y al cinturón de seguridad.	- Facial

1.7.1. Ventajas y Desafíos de la Biometría en Vehículos

La biometría de la industria automotriz ofrece una serie de ventajas y desafíos:

Tabla 3. *Ventajas de la Biometría en Vehículos*

Ventajas	Descripción
Alta Seguridad y fiabilidad	- Las huellas dactilares y el reconocimiento facial presentan rasgos distintivos en cada individuo.
	- Esto hace que sea extremadamente difícil para alguien suplantar la identidad de otra persona.
	- La biometría reduce significativamente el riesgo de fraudes y robos de identidad.
Rapidez y comodidad	- En lugar de recordar y escribir contraseñas o códigos, los usuarios solo necesitan presentar su característica biométrica.
	- Un ejemplo de autenticación biométrica es la colocación del dedo sobre un lector de huellas dactilares o la utilización de una

	cámara para el reconocimiento facial. - Esto ahorra tiempo y es más conveniente en situaciones que requieren autenticación constante. - Las características biométricas no pueden ser transferidas, prestadas o robadas. - A diferencia de las contraseñas o las tarjetas de identificación, las huellas dactilares o el reconocimiento facial no pueden ser replicados o utilizados por otra persona. - Este mecanismo ofrece un nivel de seguridad superior en contraste con los métodos de autenticación convencionales. - La biometría elimina la necesidad de recordar y administrar múltiples contraseñas.
Intransferibilidad	
Limitación de contraseñas	

Versatilidad de aplicaciones	- Las características biométricas son inherentemente únicas y difíciles de duplicar. - Esto reduce la carga para los usuarios y facilita la gestión de la autenticación. - La tecnología biométrica se implementa en diversos casos de uso dentro de la industria automotriz. - Además de su aplicación en el desbloqueo de dispositivos electrónicos, la biometría se emplea en sistemas de control de acceso a edificaciones, votación segura y gestión de identidades, entre otros ámbitos.
Mejora de la experiencia	- La autenticación biométrica proporciona una experiencia más fluida y sin fricciones para los conductores y pasajeros. - Elimina la necesidad de recordar y escribir contraseñas,

lo que contribuye a una mayor
satisfacción del usuario.

Tabla 4. *Desventajas de la Biometría en Vehículos*

Desventajas	Descripción
Posibles falsos positivos y negativos	- Los sistemas biométricos pueden presentar errores de identificación, como falsos positivos o falsos negativos, lo que puede impactar su nivel de confiabilidad.
Privacidad y protección de datos	- El uso de la biometría conlleva la recopilación y almacenamiento de datos personales, lo que genera preocupaciones sobre la reserva y el amparo de los datos. - Garantizar los datos biométricos es primordial que estén protegidos y no se utilicen de manera indebida.
Costos de implementación	- La instalación y el mantenimiento de sistemas

	biométricos pueden ser costosos.
Resistencia al cambio	- Algunas personas pueden sentirse incómodas o desconfiadas ante la idea de utilizar la biometría.
Exclusión de ciertos grupos de personas	- Algunas personas pueden tener dificultades para utilizar sistemas biométricos debido a discapacidades físicas o limitaciones.
Posible hackeo o suplantación	- Aunque poco común, existe la posibilidad de que los sistemas biométricos sean vulnerables al hackeo o la suplantación.

1.8. Plataformas y Herramientas para el desarrollo de Aplicaciones Móviles

En la actualidad, muchas empresas eligen desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles como una estrategia para mantenerse competitivas en el mercado. Este objetivo se alcanza mediante la implementación de tecnologías innovadoras que optimizan los procesos y minimizan el consumo de recursos. El desarrollo de aplicaciones móviles facilita el acceso a la información, por lo que resulta fundamental analizar las necesidades específicas del negocio y elegir la arquitectura tecnológica y las herramientas adecuadas para su desarrollo. Cada aplicación móvil se diseña con características y funciones particulares de

acuerdo con su propósito. Todas ellas están destinadas a satisfacer las diversas necesidades de los usuarios en diferentes áreas (Quishpe-López & Vinueza-Vinueza, 2021).

1.8.1. Aplicación Móvil

Se trata de un software desarrollado para su instalación en teléfonos celulares inteligentes y tablets. Al ejecutarse, permite el ingreso a diversas funcionalidades del dispositivo, como la cámara fotográfica, wifi y el Bluetooth, entre otras. Las aplicaciones son programas de software creados con propósito específico, destinados a ofrecer soluciones o realizar funciones concretas en diversas áreas del conocimiento.

Las aplicaciones móviles han generado un impacto significativo en varios campos de la vida cotidiana, como transporte, la salud y la venta de productos. Según un estudio reciente de Acosta Espinoza et al. (2022), el empleo de celulares móviles para acceder a aplicaciones web y móviles ha crecido de manera constante, facilitando el acceso a información y servicios esenciales. Este crecimiento es particularmente notable en el ámbito de la salud, donde las aplicaciones móviles permiten a los pacientes y proveedores de salud comunicarse de manera más eficiente y acceder a información sobre medicina preventiva y tratamientos.

En el ámbito educativo, las aplicaciones móviles también han demostrado ser herramientas valiosas para el aprendizaje y la autogestión del conocimiento. Garay Núñez (Garay Núñez, 2019) destaca que la omnipresencia de dispositivos móviles en los espacios educativos está innovando la praxis del currículo, permitiendo a los estudiantes, como los de enfermería, utilizar estas aplicaciones como estrategias de aprendizaje tanto en el aula como en entornos

clínicos y comunitarios. Este enfoque no solo mejora la accesibilidad a recursos educativos, sino que también fomenta la autonomía y responsabilidad en el proceso de aprendizaje.

1.8.2. Tipos de aplicaciones móviles

Nativas

Uno de los tipos más comunes son las aplicaciones nativas, las cuales se desarrollan específicamente para un sistema operativo móvil (como iOS o Android) utilizando lenguajes y herramientas propias de cada plataforma (Alqahtani et al., 2020). Estas aplicaciones se caracterizan por ofrecer un beneficio y un uso de usuario optimizada, pero requieren un mayor esfuerzo de desarrollo y mantenimiento para cada sistema operativo.

Híbridas

Las aplicaciones híbridas combinan elementos de las aplicaciones nativas y web, al utilizar un marco de trabajo (framework) que permite encapsular una aplicación web dentro de un contenedor nativo (Bahrami & Singhal, 2021). Esto les otorga la capacidad de acceder a funciones nativas del dispositivo mientras mantienen la transferibilidad y habilidad de desarrollo de las aplicaciones web.

Web

Las aplicaciones web móviles se basan en tecnologías web estándar como HTML, CSS y JavaScript, y se ejecutan en el navegador del dispositivo móvil (Bahrami & Singhal, 2021). Este tipo de aplicaciones tienen la ventaja de ser multiplataforma y más sencillas de desarrollar y actualizar, pero suelen tener limitaciones en cuanto a acceso a funcionalidades nativas del dispositivo.

1.8.3. React Native como plataforma de desarrollo de Aplicaciones Móviles.

Una de las tecnologías más populares y eficientes para el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma es React Native. Se trata de una biblioteca de código abierto diseñada por Facebook que permite a los desarrolladores crear aplicaciones nativas para iOS y Android utilizando JavaScript y React (Aly et al., 2020). La principal ventaja de esta solución es que los desarrolladores no tienen que crear y mantener dos aplicaciones separadas en sistemas operativos móviles distintos.

Estas ventajas se basan en el concepto de aprender una vez, escribe en cualquier lugar, lo que significa que un desarrollador solo necesita escribir el código una vez y puede reutilizarlo para la versión de iOS y Android (Aly et al., 2020). La abstracción se usa sobre los componentes nativos, de modo que el código de React Native se compila en una aplicación nativa. Según Maheshwari et al. (2021), este enfoque reduce el esfuerzo desarrollado y en comparación con un enfoque nativo. Además, React Native se integra fácilmente en el ecosistema React, por lo que los desarrolladores pueden utilizar bibliotecas y herramientas React (Maheshwari et al., 2021). Esto último acelera el desarrollo y facilita la adopción de la práctica comunidad. Por lo tanto, el código reutilizable y más rapidez en el desarrollo son las fortalezas de React Native. Viendo Bajpai y Prakash (2019), React Native es una buena solución cuando el proyecto tiene restricciones de tiempo y recursos. Asimismo, React Native es muy eficiente en cuanto a rendimiento.

Por un lado, la arquitectura basada en eventos ayuda a las soluciones React Native a ser altamente eficaces. Por otro lado, el desarrollo directo en la

interfaz nativa permite a React Native ser tan efectivo como las aplicaciones nativas tradicionales (Bajpai & Prakash, 2019).

Finalmente, la amplia adopción y el robusto apoyo de la comunidad de React Native respaldan esta elección para este proyecto. Aly et al.(2020) afirma que la generación de una comunidad activa y en constante crecimiento alrededor de una tecnología garantiza que siempre haya suficientes recursos, tutoriales, bibliotecas y herramientas para diseñar y mantener una aplicación a largo plazo.

1.9. Scrum

Scrum es una técnicas ágil largamente manejada en el progreso de software que se orienta en la entrega incremental y la colaboración continua entre equipos multidisciplinarios. Esta metodología se basa en principios de transparencia, inspección y adaptación, permitiendo a los equipos responder rápidamente a los cambios y mejorar continuamente sus procesos y productos (Estrada-Velasco et al., 2021).

Figura 5. Metodología Scrum



Nota: (Korkut, 2023)

Según una revisión sistemática realizada por Estrada-Velasco et al. (Técnicas Aplicadas et al., 2021), Scrum ha demostrado ser eficaz en la gestión de proyectos de software debido a su enfoque en la autoorganización y la entrega incremental. Los autores destacan que la implementación de Scrum permite una mejor gestión del tiempo y los recursos, así como una mayor satisfacción del cliente debido a la entrega continua de valor.

Scrum se sustenta en el empirismo, que postula que la comprensión procede de la práctica y la toma de decisiones basadas en prestar atención. Además, incorpora el corriente Lean, enfocándose en la reducción de desperdicios y la optimización de procesos. Este enfoque iterativo e incremental permite mejorar la previsibilidad y controlar riesgos en el desarrollo de proyectos (Schwaber et al., 2020).

1.9.1. Componentes Clave de Scrum

Roles

Scrum define tres roles fundamentales que aseguran la efectividad del marco del trabajo.

Tabla 5. *Roles en Scrum*

Rol	Descripción	Responsabilidades
Product Owner	Encargado de extender el importe del producto y administrar el Product Backlog.	Gestionar el Product Backlog y priorizar los labores clave.
Scrum Master	Facilitador que asegura la correcta aplicación de	Facilitar reuniones y garantizar la mejora continua del equipo.

	Scrum y ayuda a eliminar impedimentos.	
Equipo de Desarrollo	Grupo multifuncional y autoorganizado que entrega aumentos eficaces del producto al final de cada sprint.	Implementar los elementos seleccionados del Sprint Backlog para cumplir el objetivo del sprint.

Eventos en Scrum

Los eventos de Scrum estructuran el trabajo y promueven la inspección y adaptación.

Tabla 6. *Eventos en Scrum*

Eventos	Descripción	Objetivos
Sprint	Etapa de tiempo asegurado en el que se desarrolla un incremento eficaz del producto.	Entregar valor incremental y funcional.
Planificación del Sprint	Reunión para concretar el resultado del sprint y elegir los elementos del Product Backlog.	Establecer un plan de trabajo claro para el sprint.
Scrum Diario	Reunión diaria breve para sincronizar actividades y ajustar el plan.	Garantizar la transparencia y la

		alineación diaria del equipo.
Revisión del Sprint	Revisión del incremento desarrollado y retroalimentación de las partes interesadas.	Presentar resultados y recibir retroalimentación.
Retrospectiva del Sprint	Reflexión sobre el proceso seguido y planificación de mejoras para futuros sprints.	Identificar mejoras y promover la mejora continua.

Artefactos en Scrum

Los artefactos en Scrum son herramientas que ofrecen transparencia al progreso del trabajo.

Tabla 7. Artefactos en Scrum

Artefacto	Descripción	Función
Product Backlog	Lista priorizada de todo lo necesario para el producto, administrada por el Product Owner.	Proveer transparencia sobre el trabajo pendiente y priorización.
Sprint Backlog	Conjunto de elementos del Product Backlog seleccionados para el sprint junto con un plan para entregarlos.	Establecer un plan detallado y gestionable para el sprint.

Incremento	Suma de los elementos del Product Backlog	Entregar valor tangible y funcional al final de cada sprint.
	completados que cumplen con la Definición de Hecho.	

1.10. Evaluacion de la Interopetividad

La interoperabilidad es una subcaracterística clave de la calidad del software que se refiere a la capacidad de un sistema para interactuar con otros sistemas y compartir información de manera efectiva. La norma ISO/IEC 25023 proporciona un conjunto de métricas para evaluar esta y otras características de calidad del software.

Según Llamuca-Quinaloa et al. (2021), la norma ISO/IEC 25023 define métricas específicas para evaluar la interoperabilidad, tales como la capacidad de un sistema para intercambiar información con otros sistemas y la capacidad de utilizar la información intercambiada. Estas métricas permiten a los desarrolladores y evaluadores medir de manera objetiva la capacidad de interoperabilidad de un sistema, asegurando que pueda integrarse y funcionar correctamente en un entorno heterogéneo.

En un estudio comparativo, Llamuca-Quinaloa et al. (2021) utilizaron la norma ISO/IEC 25023 para evaluar la eficiencia de desempeño de aplicaciones web tradicionales y progresivas. Aunque el enfoque principal del estudio fue la eficiencia de desempeño, los autores también destacaron la importancia de la interoperabilidad como un factor crítico para el éxito de las aplicaciones en diferentes entornos de navegador.

Otro estudio realizado por Lara Perleche (2022) aplicó la norma ISO/IEC 25023 para evaluar la usabilidad en entornos virtuales de aprendizaje. Aunque el foco del estudio fue la usabilidad, la interoperabilidad también se consideró crucial para asegurar que los sistemas de aprendizaje pudieran integrarse con otras plataformas educativas y herramientas de software. Los resultados mostraron que la aplicación de las métricas de ISO/IEC 25023 permitió identificar áreas de mejora en la interoperabilidad, lo que a su vez mejoró la experiencia del usuario y la eficiencia del sistema.

CAPÍTULO 2

Desarrollo

La creación de una aplicación móvil para la gestión de datos biométricos, específicamente las huellas dactilares, en un sistema de encendido vehicular el desarrollo se estructurará en dos aplicaciones. La primera consistirá en una plataforma web desarrollada empleando la librería React.js, la cual tendrá la función de administrar la información de los usuarios y de los sistemas de encendido. La segunda parte del desarrollo consistirá en una aplicación móvil para dispositivos Android e iOS, que se desarrollara con el framework React Native. Para el proceso de desarrollo se utilizará la metodología de Trabajo Scrum.

2.1. Fase inicial Scrum

2.1.1. Definición de roles

Al iniciar la implementación del sistema, se distribuyen funciones y tareas específicas entre todos los participantes del proyecto. A continuación, en la

tabla, se presenta una descripción detallada de como se ha organizado el equipo de trabajo.

Tabla 8. Roles y funciones

Rol	Nombre	Función
Product Owner	MSc. Carpio Pineda	Toma de decisiones clave sobre la construcción del producto.
Scrum Master	Sr. Stalyn Palma	Garantiza que el equipo comprenda y aplique las prácticas de la metodología, elimina obstáculos y resguarda al equipo de interferencias externas.
Equipo de Desarrollo	Sr. Stalyn Palma	Desarrollar el sistema, en base a los requerimientos.

2.1.2. Definición del Product Backlog

En esta sección, se especifican y detallan todas las características y requisitos que planean incorporar en la aplicación móvil en desarrollo.

La siguiente tabla 9 muestra el Product Backlog, también conocido como pila del producto. Esta tabla contiene una lista de los requisitos definidos para el proyecto. Para cada historia de usuario incluida, se proporciona su nivel de prioridad, una estimación y una breve descripción de su contenido. Esta estructura organizada permite una visión clara y detallada de los elementos que componen el backlog del producto.

Tabla 9. *Product Backlog*

ID	Historia de usuarios	Prioridad	Estimación (Horas)	Descripción
H 1	Configuración inicial del proyecto.	Alta	24	Configurar entornos de desarrollo (backend, frontend web y móvil), integrando base de datos PostgreSQL, express.js y React Native
H 2	Autenticación de usuarios (web y móvil)	Alta	40	Implementar funcionalidad de login, logout, y recuperación de contraseñas con seguridad usando JWT y endpoints /auth/login y /auth/logout.
H 3	Gestión de usuarios (web)	Alta	48	Crear un panel para administrar usuarios desde el frontend web, integrando los endpoints /users para CRUD de usuarios.
H 4	Gestión de vehículos (web y móvil)	Alta	50	Crear funcionalidad para registrar, listar, editar y eliminar

				vehículos desde el panel web y la aplicación móvil.
H 5	Gestión de huellas dactilares (Movil)	Alta	60	Desarrollar funcionalidad para registrar y eliminar huellas dactilares asociadas a un vehículo mediante /huellas-dactilares.
H 6	Arranque forzoso de vehículo (Movil)	Alta	40	Implementar la funcionalidad para realizar un arranque forzoso a través del endpoint /forzar-arranque.
H 7	Restauración de sistema (Móvil)	Alta	32	Implementar la funcionalidad para restaurar las configuraciones de la placa ESP32 mediante el endpoint /sistema/{id_esp32} /restaurar.
H 8	Configuración de conexión	Alta	32	Permitir a los usuarios configurar la conexión WiFi de la placa ESP32 desde la aplicación móvil utilizando

	n WiFi (Móvil)			/wifi/configure/{id_esp32}.
H 9	Notificaciones en tiempo real	Mediana	40	Configurar WebSocket para recibir notificaciones de la placa ESP32 y mostrarlas en tiempo real en las aplicaciones web y móvil.
H 10	Interfaz de usuario atractiva y funcional (Web y Móvil)	Mediana	80	Diseñar y mejorar las pantallas principales, incluyendo navegación entre pantallas, formularios y tablas en React.js y React Native.

2.2. Fase de planificación y estimación

2.2.1. Definición de Historias de Usuarios.

En esta sección, tiene el fin de descubrir y comprender lo que los usuarios requieren del sistema, mediante el uso de historias de usuarios, las cuales sirven como herramienta para capturar y expresar las funcionalidades que el sistema debe cumplir.

A continuación, en la tabla, se detallan las historias de usuarios definidas en el Product Backlog, con las siguientes consideraciones: número, usuario,

nombre, iteración, prioridad, estimación, programador responsable, descripción y criterios de aceptación.

Tabla 10. *Historia de Usuario 1*

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: HU-001	Usuario: Desarrollador
Nombre Historia: Configuración del entorno de desarrollo.	
Iteración: Sprint 1	
Prioridad: Alta	Estimación (horas): 24
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción: Como desarrollador, quiero tener los entornos de desarrollo configurados para comenzar a trabajar en el proyecto.	
Criterios de Aceptación: • Entorno de desarrollo para la aplicación web configurado. • Entorno de desarrollo para la aplicación móvil configurado. • Repositorio de código establecido.	

Tabla 11. *Historia de Usuario 2*

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: HU-002	Usuario: Usuario final
Nombre Historia: Autenticación de usuarios (Web y Móvil).	
Iteración: Sprint 1	
Prioridad: Alta	Estimación (horas): 40
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción: Como usuario, quiero iniciar sesión de manera segura para acceder a las funcionalidades del sistema.	
Criterios de Aceptación:	

-
- Funcionalidad de inicio de sesión implementada en web y móvil.
 - Validación de credenciales con mensajes claros de error.
 - Seguridad mediante JWT y contraseñas cifradas.
-

Tabla 12. *Historia de Usuario 3*

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: HU-003	Usuario: Administrador
Nombre Historia: Gestión de usuarios (Web).	
Iteración: Sprint 2	
Prioridad: Alta	Estimación (horas): 48
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción: Como administrador, quiero gestionar los usuarios del sistema para mantener el control de acceso.	
Criterios de Aceptación: • Listado de usuarios con paginación. • Formulario para registrar y editar usuarios. • Eliminación lógica de usuarios.	

Tabla 13. *Historia de Usuario 4*

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: HU-004	Usuario: Administrador
Nombre Historia: Gestión de vehículos (Web y Móvil).	
Iteración: Sprint 2	
Prioridad: Alta	Estimación (horas): 50
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción:	

Como administrador, quiero gestionar los vehículos registrados en el sistema para asociarlos con usuarios y funcionalidades.

Criterios de Aceptación:

- Formulario para registrar y editar vehículos.
 - Listado de vehículos con opciones de búsqueda y filtros.
 - Asociación de vehículos con usuarios.
-

Tabla 14. *Historia de Usuario 5*

HISTORIA DE USUARIO			
Numero: HU-005	Usuario:	Usuario	de la aplicación móvil
Nombre Historia: Gestión de huellas dactilares (Móvil).			
Iteración: Sprint 3			
Prioridad: Alta	Estimación (horas): 60		
Programador responsable: Stalyn Palma			
Descripción: Como usuario, quiero registrar y eliminar huellas dactilares asociadas a mi vehículo para aumentar la seguridad.			
Criterios de Aceptación: • Registro de huellas dactilares con validación de datos. • Eliminación de huellas dactilares desde la aplicación móvil. • Integración con la placa ESP32 mediante MQTT.			

Tabla 15. *Historia de Usuario 6*

HISTORIA DE USUARIO			
Numero: HU-006	Usuario:	Usuario	de la aplicación móvil.
Nombre Historia: Arranque forzoso del vehículo (Móvil).			
Iteración: Sprint 4			

Prioridad: Alta	Estimación (horas): 40
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción:	
Como usuario, quiero realizar un arranque forzoso de mi vehículo en caso de emergencia.	
Criterios de Aceptación:	
• Botón de arranque forzoso implementado en la aplicación móvil. • Validación de estado del vehículo antes de ejecutar el arranque. • Mensajes de confirmación y notificaciones en tiempo real.	

Tabla 16. *Historia de Usuario 7*

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: HU-007	Usuario: Usuario de aplicación móvil.
Nombre Historia: Restauración de sistema (Móvil).	
Iteración: Sprint 4	
Prioridad: Alta	Estimación (horas): 30
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción:	
Como usuario, quiero restaurar el sistema de mi vehículo a los valores predeterminados en caso de fallos.	
Criterios de Aceptación:	
• Confirmación antes de ejecutar la restauración. • Mensajes de éxito o error al finalizar la restauración. • Integración con la placa ESP32 mediante MQTT.	

Tabla 17. *Historia de Usuario 8*

HISTORIA DE USUARIO

Numero: HU-008	Usuario: Usuario de aplicación móvil.
Nombre Historia: Configuración de conexión WiFi (Móvil).	
Iteración: Sprint 4	
Prioridad: Alta	Estimación (horas): 48
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción: Como usuario, quiero configurar la conexión WiFi.	
Criterios de Aceptación: • Formulario para ingresar SSID y contraseña. • Confirmación del estado de conexión.	

Tabla 18. *Historia de Usuario 9*

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: HU-009	Usuario: Usuario final.
Nombre Historia: Notificaciones en tiempo real.	
Iteración: Sprint 5	
Prioridad: Media	Estimación (horas): 40
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción: Como usuario, quiero recibir notificaciones en tiempo real para estar informado sobre el estado de mi vehículo.	
Criterios de Aceptación: • Configuración de WebSocket para recibir notificaciones del backend. • Notificaciones visibles en la aplicación móvil. • Mensajes claros y relevantes, como estados de encendido o errores de conexión.	

Tabla 19. Historia de Usuario 10

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: HU-010	Usuario: Usuario final.
Nombre Historia: Interfaz de usuario atractiva y funcional (Web y Móvil).	
Iteración: Sprint 5.	
Prioridad: Alta	Estimación (horas): 80
Programador responsable: Stalyn Palma	
Descripción:	
Como usuario, quiero que las aplicaciones web y móvil tengan una interfaz intuitiva para facilitar su uso y navegación.	
Criterios de Aceptación:	
• Diseño coherente y atractivo en ambas aplicaciones. • Navegación fluida entre pantallas. • Respuestas rápidas y retroalimentación visual en las interacciones. • Adaptabilidad a diferentes tamaños de pantalla.	

2.2.2. Planificación del proyecto.

En la siguiente tabla, se presenta una visión de la planificación de los sprints, en donde se distribuyen las historias de usuarios en los diferentes sprints del proyecto. Para cada sprint, se detalla el tiempo estimado en horas, fecha de comienzo y finalización de cada uno de estos sprints.

Tabla 200. Planificación por Sprint del Proyecto

ID	Historia de Usuario	Estimación (horas)	Sprint	Fecha
HU-010	Configuración del	24		

00 1	entorno de desarrollo.			
HU - 00 2	Autenticación de usuarios (Web y Móvil).	40		Sprint 1
HU - 00 3	Gestión de usuarios (Web).	40		
HU - 00 4	Gestión de vehículos (Web y Móvil).	30		Sprint 2
HU - 00 5	Gestión de huellas dactilares (Móvil).	40		Sprint 3
HU - 00 6	Arranque forzoso del vehículo (Móvil).	60		
HU - 00 7	Restauración de sistema (Móvil).	56		Sprint 4
HU - 00 8	Configuración de conexión WiFi (Móvil).	64		
HU - 00 9	Notificaciones en tiempo real.	40		
HU - 01 0	Interfaz de usuario atractiva y funcional	80		Sprint 5

2.3. Desarrollo del proyecto

Una vez finalizada la etapa de planificación, se procedió a la ejecución del proyecto utilizando la metodología SCRUM. Este enfoque comenzó con una organización minuciosa de cada Sprint, donde se definió con conjunto de tareas específicas asociadas a cada historia de usuarios. Tras completar esta fase de preparación, se inició la implementación progresiva de los sprints.

Cabe destacar que, antes de dar inicio a cada sprint, se realizó una revisión exhaustiva del avance del proyecto y de las funcionalidades implementadas en el sprint previo. Este proceso permitió asegurar la alineación con los objetivos establecidos y la mejora continua del trabajo realizado.

2.3.1. Esquema de la aplicación

Es esencial identificar las necesidades a través de la recopilación de información y la definición de requisitos al desarrollar una aplicación, ya que esto tiene como fin alcanzar y cumplir los objetivos propuestos.

El presente proyecto de titulación consiste en una plataforma web que, en su estado actual, permite el acceso exclusivo a usuarios con el rol de administrador. Este administrador tiene la capacidad de gestionar dos entidades principales: los usuarios y los vehículos. A través de una interfaz intuitiva, el administrador puede agregar, modificar, eliminar y visualizar la información relacionada con los usuarios registrados en el sistema, así como gestionar los vehículos asociados a estos usuarios.

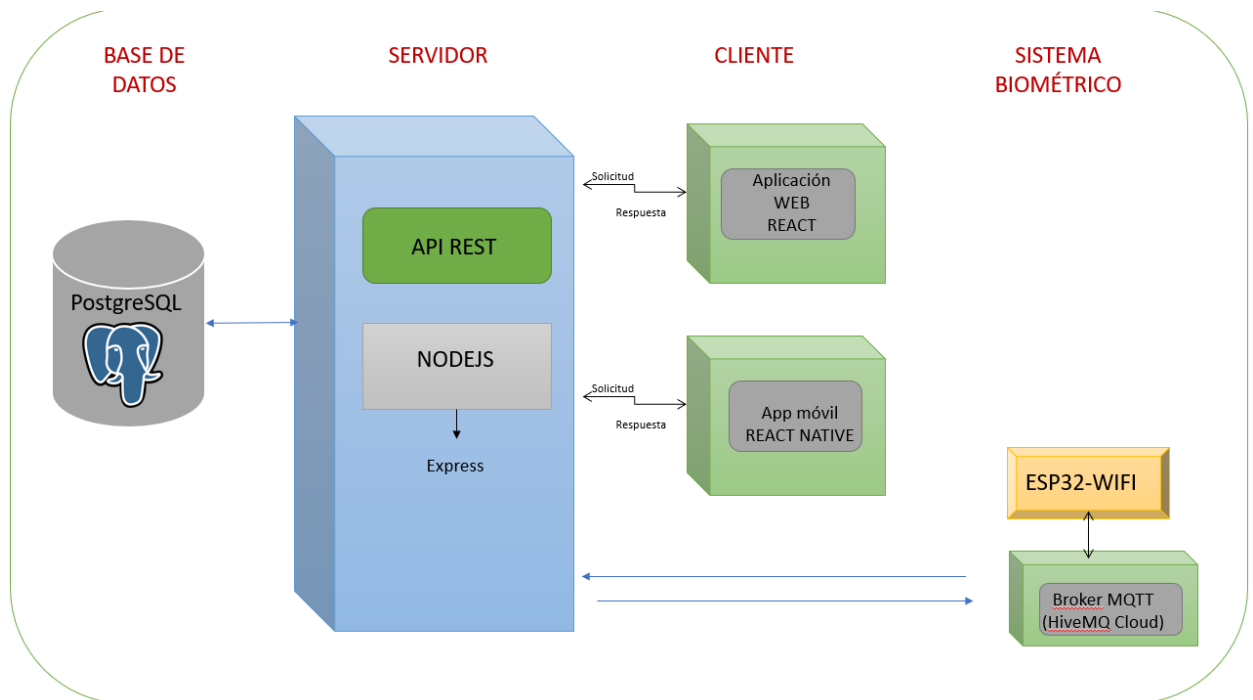
Los datos generados por la plataforma se almacenan en una base de datos PostgreSQL, la cual se integra con una API REST desarrollada en Node.js

y Express. Esta API permite la comunicación entre el backend y una aplicación móvil compatible con dispositivos iOS y Android. A través de la aplicación móvil, los usuarios pueden acceder a su información personal y a los datos de sus vehículos de manera interactiva y amigable. Además, la aplicación ofrece funcionalidades específicas, como la gestión de huellas dactilares registradas en el sistema de encendido y la activación remota del encendido forzado del vehículo.

En cuanto a la infraestructura técnica, el sistema utiliza el protocolo MQTT para establecer la comunicación entre la placa ESP32 y el backend. El broker HiveMQ Cloud actúa como intermediario en esta conexión, garantizando un intercambio de datos eficiente y seguro. Por otro lado, tanto la aplicación móvil como el panel de administración web se conectan al backend para acceder a los datos y funcionalidades necesarias, creando así un ecosistema integrado y escalable.

La figura 6 muestra tanto el Backend como el Frontend del proyecto y como esto interactúan.

Figura 6. Arquitectura del sistema



A continuación, se presenta en detalle el proceso de implementación para el diseño de la aplicación.

2.3.2. Planificación del sprint 1

La tabla 21 describe el Sprint 1, centrado en la configuración inicial del entorno de desarrollo y la implementación del sistema de autenticación para la aplicación de gestión de encendido vehicular. Esta etapa es crítica, ya que establece los fundamentos técnicos del proyecto y habilita el acceso seguro al sistema tanto para administradores como para usuarios finales. Siguiendo la metodología ágil SCRUM, las actividades se han organizado en tareas concretas que se ejecutarán en un plazo de dos semanas. A continuación, se especifican las tareas y su duración estimada, con el propósito de lograr un entorno de desarrollo operativo y un módulo de autenticación completamente funcional al concluir el sprint.

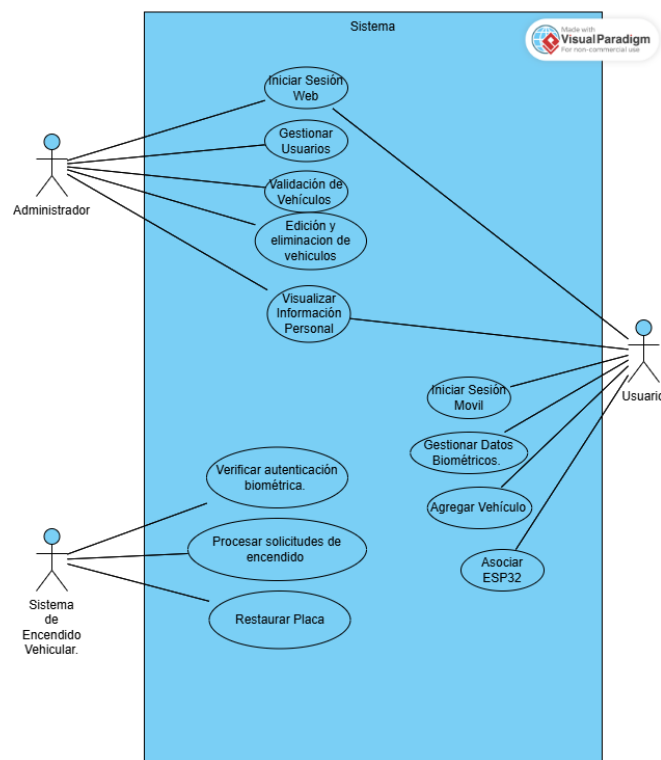
Tabla 21. Planificación del Sprint 1

ID	Historia de Usuario	Tarea	Horas
HU-001	Configuración del entorno de desarrollo.	Configurar el entorno de desarrollo para backend, frontend web y aplicación móvil.	8
		Configurar la base de datos PostgreSQL y migraciones.	6
		Crear el repositorio en GitHub y establecer buenas prácticas de desarrollo colaborativo.	6
		Total	20
		Implementar los endpoints /auth/login y /auth/logout.	10
HU-002	Autenticación de usuarios (Web y Móvil)	Diseñar y desarrollar la pantalla de inicio de sesión en React.js.	6
		Diseñar y desarrollar la pantalla de inicio de sesión en React Native.	6
		Realizar pruebas funcionales del flujo de inicio de sesión.	4
		Total	26

2.3.3 Ejecución del sprint 1

Durante la implementación del Sprint 1, se completaron las tareas planificadas, enfocadas en la configuración del entorno de desarrollo y la implementación del sistema de autenticación para la aplicación de gestión de encendido vehicular. A continuación, se presenta un resumen detallado de las actividades realizadas durante esta fase. En la figura 7 se ilustran las funcionalidades disponibles al acceder a la aplicación, como también del sistema de encendido, las cuales fueron desarrolladas como parte de este sprint.

Figura 7. Visión general del Sistema



2.3.4. Implementación del Sprint 1

El sprint 1 tiene como objetivo establecer la infraestructura base del sistema, configurando los entornos de desarrollo, asegurando una correcta

integración de los componentes y desarrollando el sistema de autenticación para los usuarios. Este sprint incluyo las siguientes tareas:

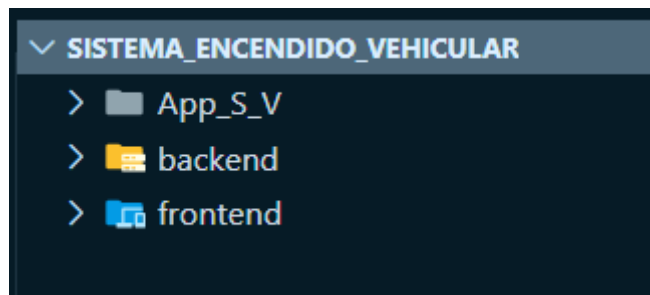
Configuración del Entorno de Desarrollo

Para garantizar una implementación eficiente del sistema, se realizó la configuración del entorno de desarrollo en tres componentes principales:

- Backend: Implementado en Node.js y Express, con PostgreSQL como base de datos.
- Frontend: Desarrollado en React.js con vite, con herramientas modernas de diseño como tailwind css.
- Aplicación Móvil: Desarrollada en React Native con Expo, permitiendo compatibilidad con Android y iOS.

En la Figura 8, se muestra la inicialización del proyecto con la estructura de carpetas organizada para cada módulo del sistema.

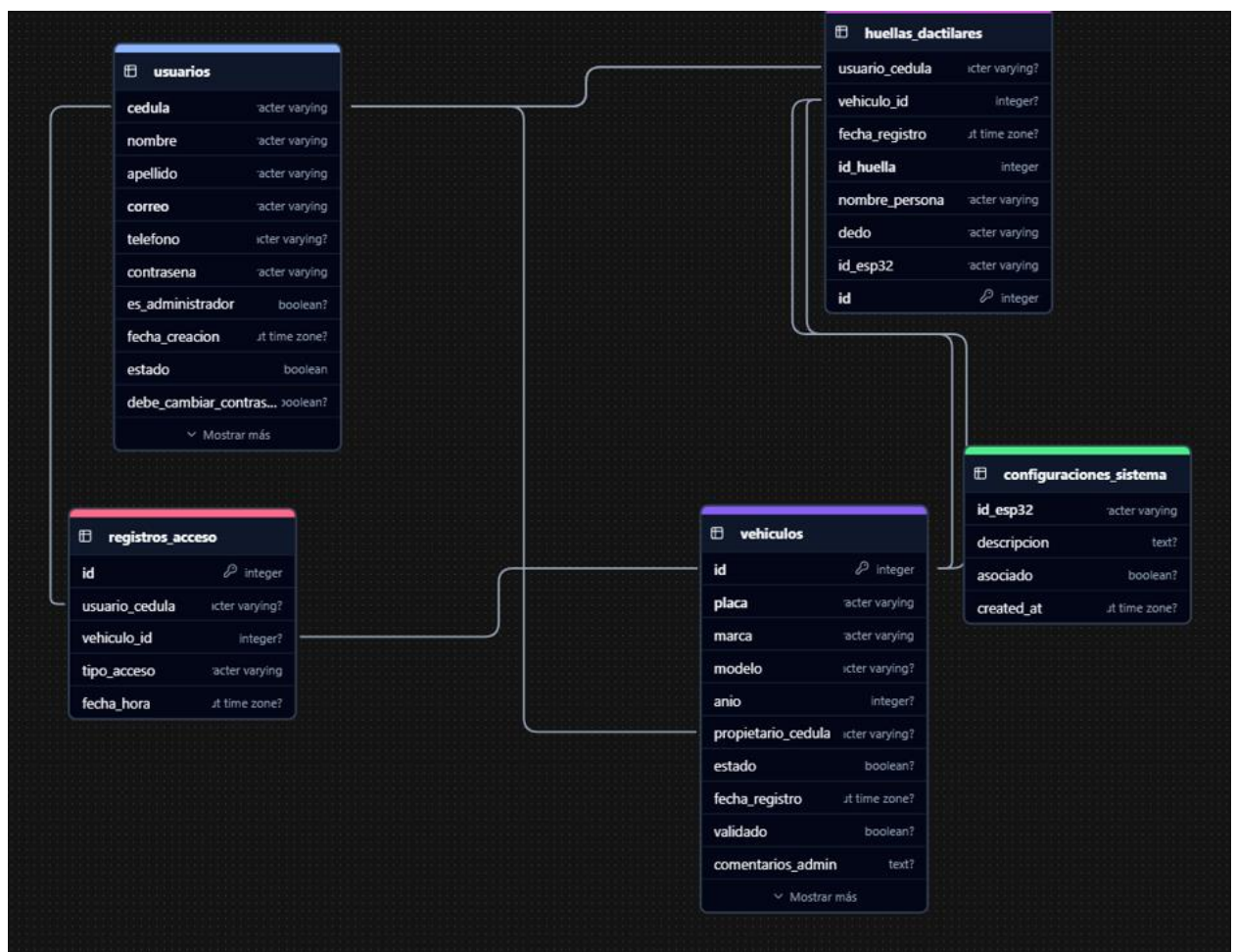
Figura 8: Configuración del entorno de desarrollo



Configuración de la Base de Datos

Se utilizo PostgreSQL como gestor de base de datos. En la figura 9 se muestra el esquema de la base de datos.

Figura 9: Estructura de la base de datos

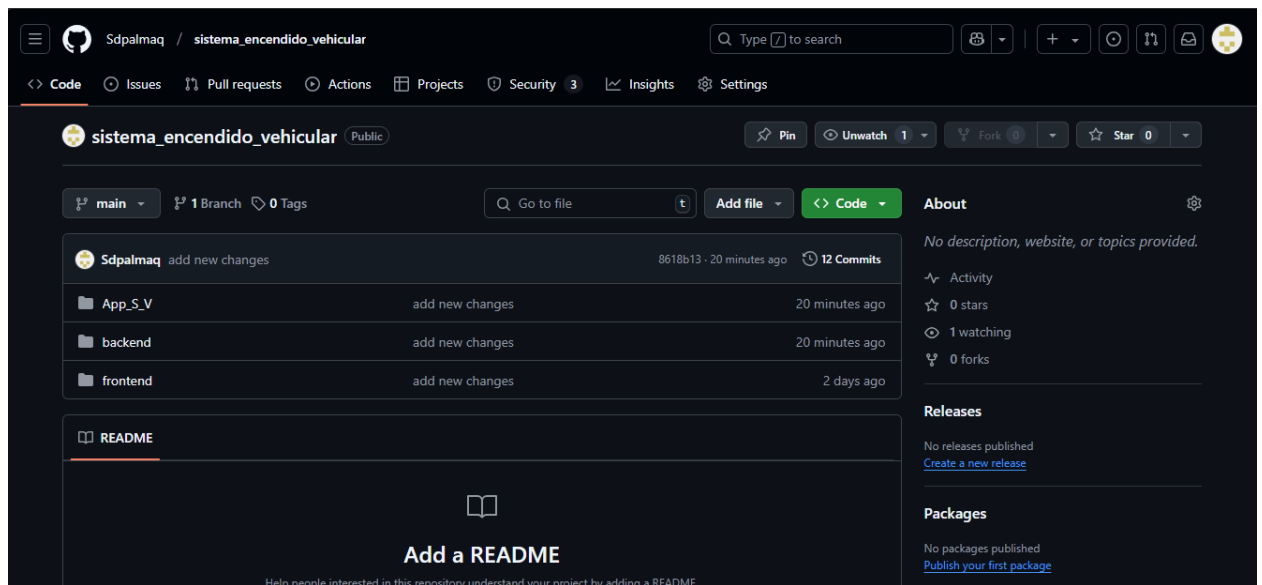


Creación del Repositorio en GitHub

Para mantener un flujo de trabajo ágil y organizado, se creó un repositorio en GitHub, estableciendo estándares de desarrollo colaborativo.

En la figura 10 se muestra el repositorio de GitHub del sistema.

Figura 10: Repositorio en GitHub



Implementación del Sistema de Autenticación

Uno de los pilares fundamentales del sistema es la autenticación segura de los usuarios. Se implementó un mecanismo de inicio de sesión con JWT (JSON Web Token) para garantizar sesiones seguras tanto en la web como en la aplicación móvil.

Backend: Implementación de Endpoints

Se desarrollaron los endpoints necesarios para la autenticación:

- POST /auth/login, verificar credenciales y genera un token.
- POST /auth/logout Invalida la sesión del usuario.

En la figura se muestra el código de autenticación en Nodejs.

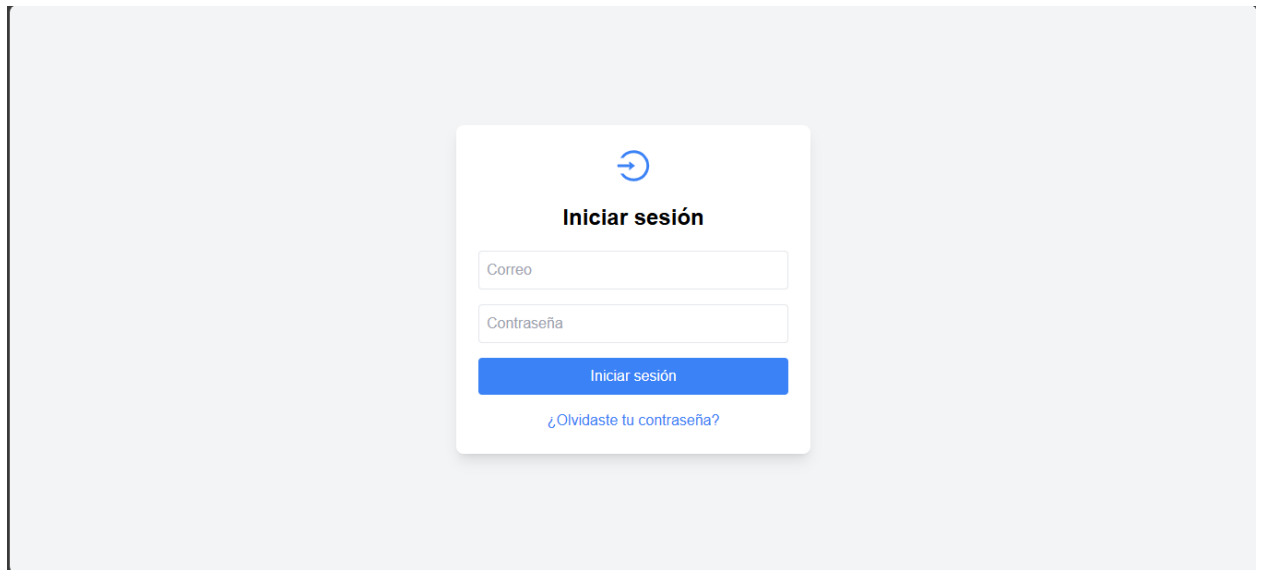
Figura 11: Código del endpoint de autenticación en Node.js

```
1  export const login = async (req, res) => {
2    const { correo, contrasena } = req.body;
3    try {
4      const user = await User.findByEmail(correo);
5      if (!user) {
6        return res.status(401).json({ message: "Usuario o contraseña incorrectos" });
7      }
8
9      const validPassword = await User.verifyPassword(user.contrasena, contrasena);
10     if (!validPassword) {
11       return res.status(401).json({ message: "Usuario o contraseña incorrectos" });
12     }
13
14     if (user.debe_cambiar_contrasena) {
15       return res.status(200).json({ user, debeCambiarContrasena: true });
16     }
17
18     const token = jwt.sign(
19       {
20         id: user.cedula,
21         es_administrador: user.es_administrador
22       },
23       process.env.JWT_SECRET,
24       { expiresIn: '1d' }
25     );
26
27     res.cookie('jwt', token, {
28       httpOnly: true,
29       secure: process.env.NODE_ENV === 'production',
30       sameSite: 'strict',
31       maxAge: 24 * 60 * 60 * 1000
32     });
33
34     delete user.contrasena;
35     res.json({ user });
36   } catch (error) {
37     console.error('Login error:', error);
38     res.status(500).json({ message: "Error en el servidor" });
39   }
40 };
```

Frontend Web: Diseño de Pantalla de Inicio de Sesión

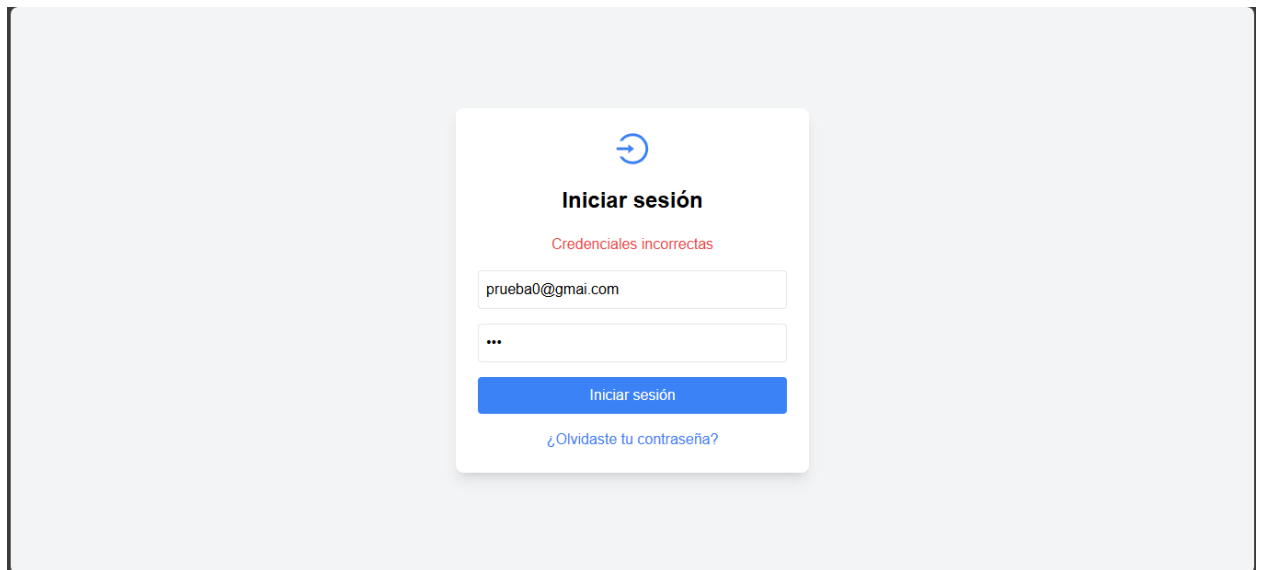
En el Frontend Web, se diseñó la pantalla de inicio de sesión utilizando React.js en vite, y con tailwind css, con validaciones para credenciales incorrectas. En la figura 12 se muestra la pantalla de inicio de sesión.

Figura 12: Pantalla de inicio de sesión en la web



En la figura 13 se muestra mensajes de error personalizados en caso de credenciales incorrectas.

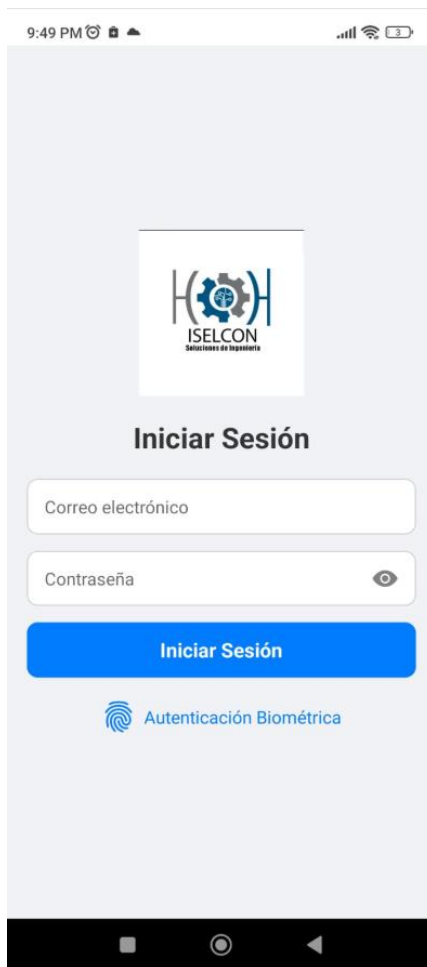
Figura 13: Mensajes de error en caso de credenciales incorrectas



Aplicación Móvil: Desarrollo de la Pantalla de Autenticación

Se implementó la pantalla de inicio de sesión en React Native, asegurando compatibilidad con Android y iOS como se muestra en la figura 14.

Figura 14: Pantalla de inicio de sesión en la app móvil



La funcionalidad en la app incluye:

- Autenticación con el backend usando JWT.
- Manejo de errores y validaciones en el formulario.

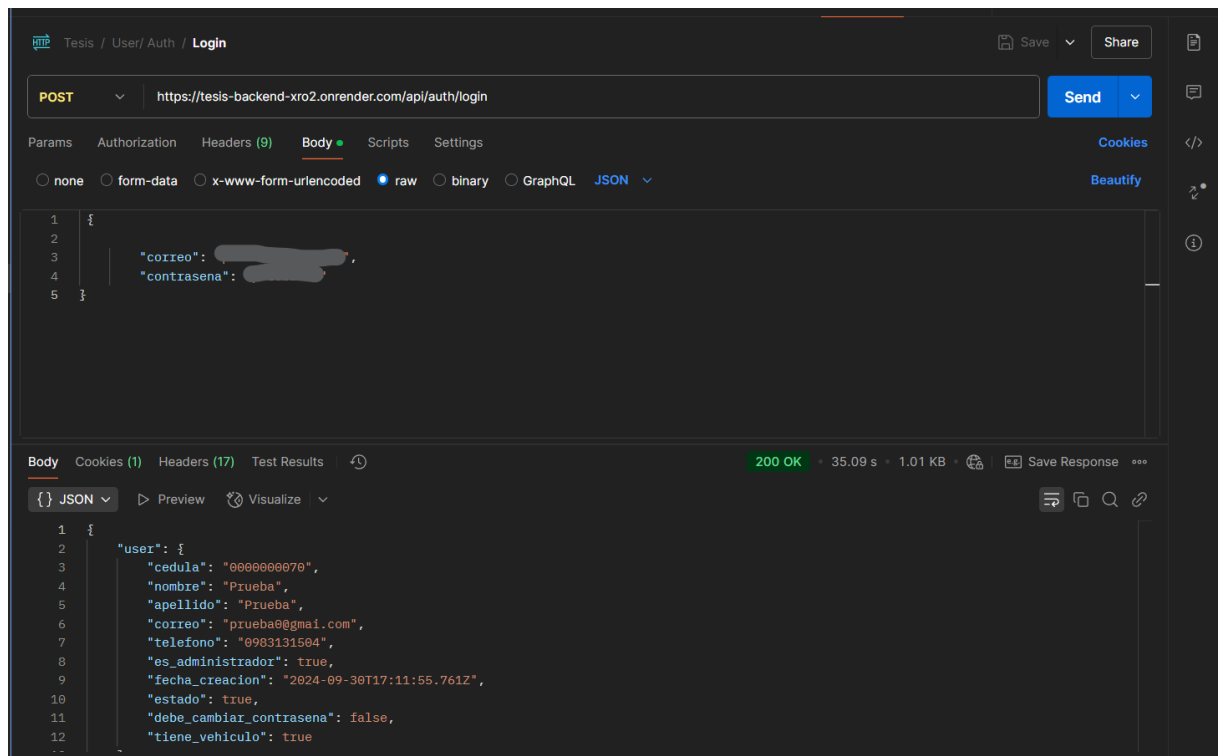
Pruebas Funcionales del Sistema de Autenticación

Para validar el correcto funcionamiento del sistema de autenticación, se realizaron pruebas funcionales en ambos clientes (web y móvil).

Se probaron lo siguientes casos:

- Inicio de sesión exitoso con credenciales válidas.
- Intento de inicio de sesión con credenciales incorrectas.
- Cierre de sesión y eliminación del token.

Figura 15: Resultado de pruebas en Postman



2.3.5. Planificación del Sprint 2

El sprint 2 se enfocará en la implementación de funcionalidades clave para la gestión de usuarios y la gestión de vehículos en la aplicación de encendido vehicular. Este sprint tiene como objetivo permitir a los administradores crear, editar y eliminar usuarios, así como registrar y consultar vehículos de manera eficiente. En la tabla 12 se describen las historias de usuarios y las tareas planificadas.

Tabla 22: Sprint 2

ID	Historia de Usuario	Tarea	Horas
	Gestión de Usuarios	Crear funcionalidad para crear usuario.	8
		Crear funcionalidad para editar usuarios.	8

Gestión de Vehículos	Implementar eliminación de usuarios.	8
	Diseñar validación de datos del lado del cliente	8
	Total	32
	Diseñar interfaz para registro de vehículos	6
	Implementar funcionalidad para registrar vehículos.	12
	Implementar funcionalidad para consultar vehículos.	6
	Total	24

2.3.6. Ejecución del Sprint 2

El Sprint 2 se enfocó en la gestión de usuarios y vehículos dentro del sistema. Se desarrollaron funcionalidades clave para administrar los usuarios registrados y los vehículos asociados, permitiendo su creación, edición, consulta y eliminación.

Desarrollo de la Gestión de Usuarios

Creación de Usuarios

Se implementó la funcionalidad para registrar nuevos usuarios en el sistema mediante la aplicación web. Se desarrollo un formulario en React.js que permite ingresar los datos esenciales del usuario y validarlos antes de su envío al backend.

En la figura 16 se muestra la pantalla de registro de usuarios en la web

Figura 16: Pantalla de registro de usuarios

Registrar Usuario

Cédula

Nombre

Apellido

Correo

Telefono

Cédula	Nombre	Apellido	Correo	Telefono	Acciones
0402003590					
123467889					
123456784					
123456786					
123456787					

Los datos ingresados se envían a un endpoint específico en el backend, en la figura 17 presenta el código del endpoint en el backend.

Figura 17: Código del endpoint de creación de usuario en Node.js

```
1 router.post("/", [validateRequest, verifyToken, isAdmin,], createUser);
```

Edición de Usuarios

Se diseñó una interfaz para modificar la información de los usuarios existentes. Desde la plataforma web, los administradores pueden actualizar los datos de cualquier usuario como se muestra en la figura 18.

Figura 18: Pantalla de edición de usuarios

The screenshot shows a modal window titled "Editar Usuario" overlaid on a dashboard. The modal contains input fields for the following user information:

- Cédula: 0402003592
- Nombre: Stalyn 2
- Apellido: Palma 2
- Correo: sdpalmaq@utn.edu.ec
- Teléfono: 0983131503

At the bottom of the modal are two buttons: "Cancelar" and "Actualizar".

In the background, a table titled "Gestión" is visible, showing a list of users with columns for "Cédula", "Nombre", "Correo", "Teléfono", and "Acciones". The "Acciones" column contains "Editar" and "Eliminar" buttons for each user.

Eliminación de Usuarios

Para eliminar un usuario, se habilitó la opción de eliminación en el panel de administración. La acción de eliminación no borra completamente los datos del usuario, sino que cambia su estado a “inactivo” en la base de datos. En la figura 19 se muestra la interfaz con la opción de eliminar usuarios.

Figura 19: Pantalla de eliminación de usuarios

The screenshot shows the user management interface with a confirmation dialog box overlaid. The dialog box asks: "¿Estás seguro de que deseas eliminar este usuario? Esta acción no se puede deshacer." with "Aceptar" and "Cancelar" buttons.

Below the dialog, a table titled "Gestión" displays a list of users. The table has columns for "Cédula", "Nombre", "Correo", "Teléfono", and "Acciones".

Cédula	Nombre	Correo	Teléfono	Acciones
0402003592	Stalyn 2 Palma 2	sdpalmaq@utn.edu.ec	0983131503	Editar Eliminar
123467889	Ulises Valencia	perodavid41@gmail.com	0987654321	Editar Eliminar
1234567841	Carpio Pineda	cpineda@gmail.com	0983131503	Editar Eliminar
1234567864	Lisbeth Palma 2	lisbeth42@gmail.com	0983131503	Editar Eliminar
1234567878	Lisbeth Palma	lisbethp@gmail.com	0983131503	Editar Eliminar

At the bottom of the table are navigation buttons: "Anterior", "Página 1 de 4", and "Siguiente".

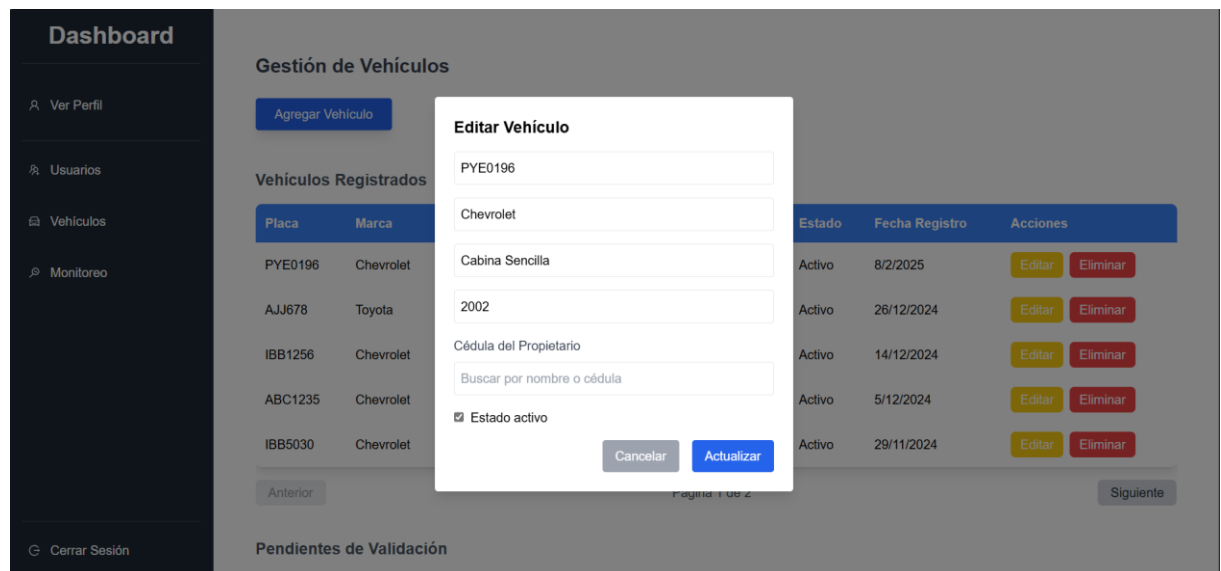
Desarrollo de la Gestión de Vehículos

Diseño de la Interfaz para Edición de Vehículos

Se implementó un formulario dinámico en la plataforma web que permite al administrador actualizar y modificar los datos de los vehículos como se muestra en la figura 20. Esta interfaz permite al usuario ingresar datos esenciales del vehículo como:

- Placa
- Marca
- Modelo
- Año
- Cédula del propietario
- Estado (Activo/Inactivo)

Figura 20: Pantalla de edición de vehículos



El objetivo de esta interfaz es facilitar la administración de los vehículos que estarán vinculados con el sistema de encendido vehicular basado en la ESP32.

Implementación de la Funcionalidad para Edición Vehículos

Se implementó un formulario que envía los datos del vehículo al backend, con el endpoint como se muestra en la figura 21, donde son almacenados en la base de datos.

Figura 21: Código del endpoint de edición de vehículos

```
1 router.post(  
2   "/",  
3   [ createVehiculoValidator, verifyToken, isAdmin, validateRequest ],  
4   createVehiculo  
5 );
```

Implementación de la Funcionalidad para Consultar Vehículos

Además del registro, se implementó la consulta de vehículos desde el panel de administración. Esto permite a los usuarios visualizar una lista de todos los vehículos registrados como se muestra en la figura 22.

Figura 22: Pantalla de consulta de vehículos

Dashboard		Gestión de Vehículos							
Ver Perfil		Agregar Vehículo							
Usuarios		Vehículos Registrados							
Vehículos		Placa	Marca	Modelo	Año	Cédula Propietario	Estado	Fecha Registro	Acciones
Monitoreo		ABC123	Chevrolet	Sz20	2009	0402003592	Activo	5/2/2025	Editar Eliminar
		AJJ678	Toyota	Can	2012	0000000070	Activo	26/12/2024	Editar Eliminar
		IBB1256	Chevrolet	Izusu	2012	0402003602	Activo	14/12/2024	Editar Eliminar
		ABC1235	Chevrolet	Suzuki 3	2009	1234567890	Activo	5/12/2024	Editar Eliminar
		IBB5030	Chevrolet	SZ20	2009	0000000070	Activo	29/11/2024	Editar Eliminar
Cerrar Sesión		Anterior							
		Página 1 de 2							
		Siguiendo							

2.3.7. Planificación del Sprint 3

El sprint 3 se enfocará en implementar la funcionalidad de registro y eliminación de huellas dactilares en la aplicación móvil, asegurando la comunicación con la ESP32 mediante MQTT.

Tabla 23: *Sprint 3*

ID	Historia de Usuario	Tarea	Horas
HU-005	Gestión de huellas dactilares (Móvil)	Diseñar interfaz para el registro de huellas.	10
		Implementar funcionalidad para registrar huellas.	15
		Implementar funcionalidad para eliminar huellas.	10
		Integrar con ESP32 mediante MQTT	5
		Total	40

2.3.8. Ejecución del Sprint 3

El Sprint 3 se enfocó en la gestión de huellas dactilares desde la aplicación móvil, permitiendo a los usuarios registrar y eliminar huellas asociadas a su vehículo. Además, se estableció la integración con ESP32 mediante el protocolo MQTT, asegurando la comunicación bidireccional entre la aplicación móvil y el sistema de encendido vehicular.

Implementación de la funcionalidad

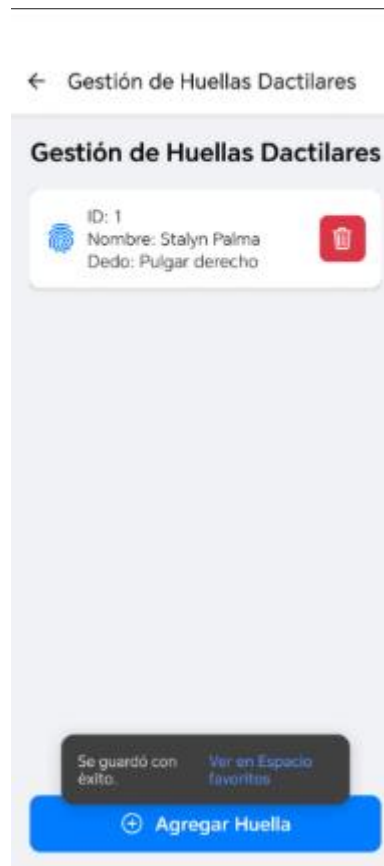
Diseño de interfaz para el registro de huellas

Se diseñó una interfaz amigable que permite a los usuarios administrar las huellas dactilares registradas en su vehículo. La interfaz incluye:

- Un listado de huellas registradas.
- Un botón para añadir nuevas huellas.
- Opciones para eliminar huellas registradas previamente.

Como se muestra en figura 23

Figura 23: Vista de la pantalla de gestión de huellas dactilares.



Fuente: Propia

Implementación del registro de huellas

La funcionalidad de registro permite a los usuarios agregar una nueva huella dactilar al sistema. Para esto, se desarrolló la comunicación con la ESP32 utilizando MQTT.

El proceso incluye;

1. Enviar un comando de registro de huella desde la aplicación móvil al backend.
2. El backend retransmite la solicitud a la ESP32 mediante el bróker MQTT.
3. La ESP32 captura la huella y la almacena en su memoria interna.
4. La respuesta del dispositivo se envía de vuelta al backend, notificando a la aplicación si la operación fue exitosa.

En la figura 24 se muestra el formulario de registro de huellas dactilares en la aplicación móvil.

Figura 24: Vista de la pantalla de registro de huellas dactilares.



The screenshot shows a mobile application interface for registering a fingerprint. At the top, there is a status bar with the time 11:29 and various icons. Below the status bar, there is a blue fingerprint icon and the text "Registrar Huella". Underneath, there are three input fields: the first contains the number "1", the second contains the name "Stalyn Palma", and the third contains the text "Pulgar derecho". At the bottom of the form, there are two buttons: a green button with a checkmark icon and the text "Guardar", and a red button with a close icon and the text "Cancelar".

Fuente: Propia

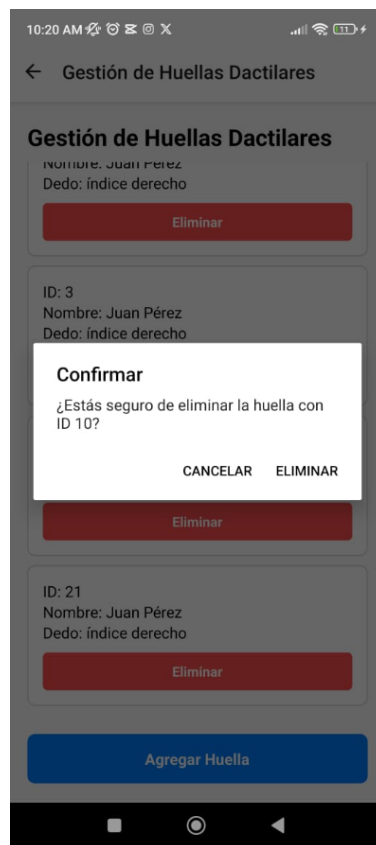
Implementación de la eliminación de huellas.

Se desarrolló una funcionalidad que permite a los usuarios eliminar huellas previamente registradas en el sistema como se ve en la figura 25.

El proceso es similar al de registro:

1. La aplicación envía un comando de eliminar huella al backend.
2. El backend envía la solicitud a la ESP32 por MQTT.
3. La ESP32 borra la huella de su base de datos y confirma la acción.
4. La aplicación recibe la notificación de éxito y actualiza la lista de huellas.

Figura 25: Vista eliminación de huella



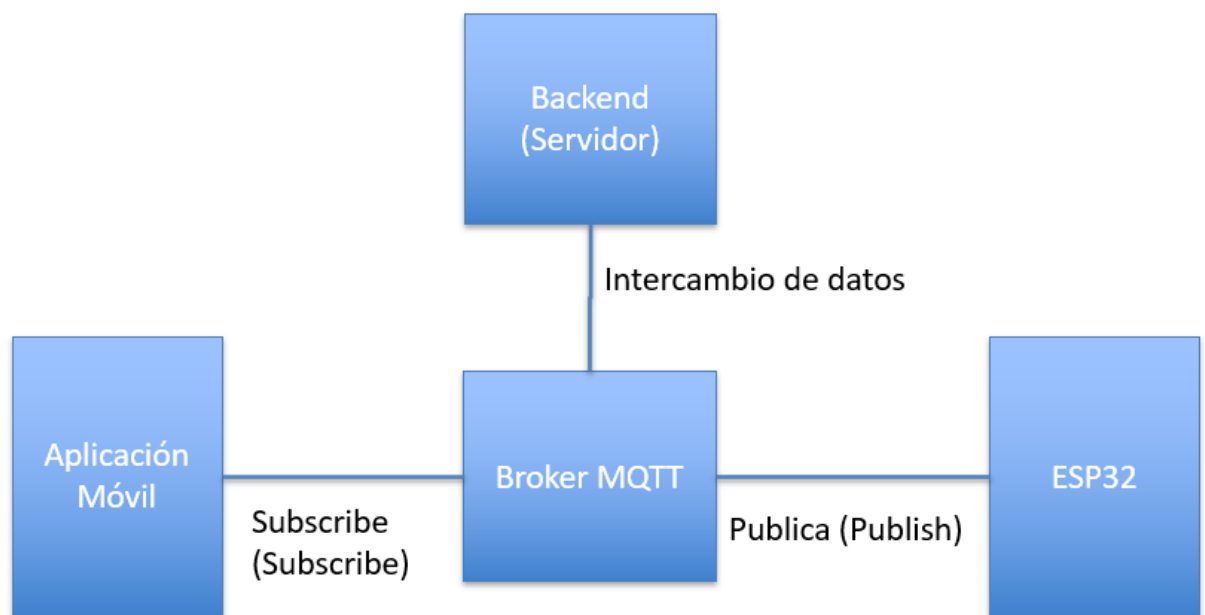
Integración con ESP32 mediante MQTT

Para asegurar la comunicación con la ESP32, se establecieron los siguientes tópicos en el broker MQTT:

- Tópico de registro: sistema/{id_esp32}/huella/registrar
- Tópico de eliminación: sistema/{id_esp32}/huella/eliminar
- Tópico de respuesta: sistema/{id_esp32}/huella/respuesta}

La figura 26 muestra la comunicación entre la aplicación móvil, el backend y la ESP32 a través de MQTT.

Figura 26: Comunicación entre la aplicación móvil, el backend y la ESP32 a través de MQTT.



2.3.9. Planificación del Sprint 4

El sprint 4 se enfocará en implementar las funcionalidades avanzadas de la aplicación móvil relacionadas con la gestión de encendido forzoso del vehículo, la restauración del sistema y la configuración WiFi, asegurando la comunicación con la ESP32 mediante MQTT.

Tabla 27: Sprint 4

ID	Historia de Usuario	Tarea	Horas
----	---------------------	-------	-------

		Implementar botón de arranque forzoso.	15
HU-006	Arranque forzoso del vehículo (Móvil)	Validar estado del vehículo antes del arranque.	15
		Integración con ESP32 mediante MQTT.	10
		Total	40
		Diseñar interfaz para restaurar la ESP32.	12
HU-007	Restauración de sistema (Móvil)	Implementar funcionalidad de restauración.	14
		Integración con ESP32 mediante MQTT.	10
		Total	36
		Diseñar pantalla de configuración WiFi.	12
HU-008	Configuración de conexión WiFi (Móvil)	Implementar funcionalidad de conexión WiFi.	14
		Integrar una pla	10
		Total	36

Fuente: Propia

2.3.10. Ejecución del Sprint 4

El sprint 4 se centró en la implementación de tres funcionalidades clave:

- Arranque forzoso del vehículo: Permitir al usuario arrancar el vehículo de manera remota en situaciones de emergencia.
- Restauración del sistema: Opción para restaurar la ESP32 a su configuración de fábrica.
- Configuración de conexión WiFi: Permitir a los usuarios configurar la conexión WiFi de la ESP32 a través de la aplicación móvil.

Cada una de estas funcionalidades se integró con la ESP32 mediante **MQTT**, asegurando una comunicación efectiva entre la aplicación móvil, el backend y el sistema de encendido vehicular.

Implementación de la funcionalidad

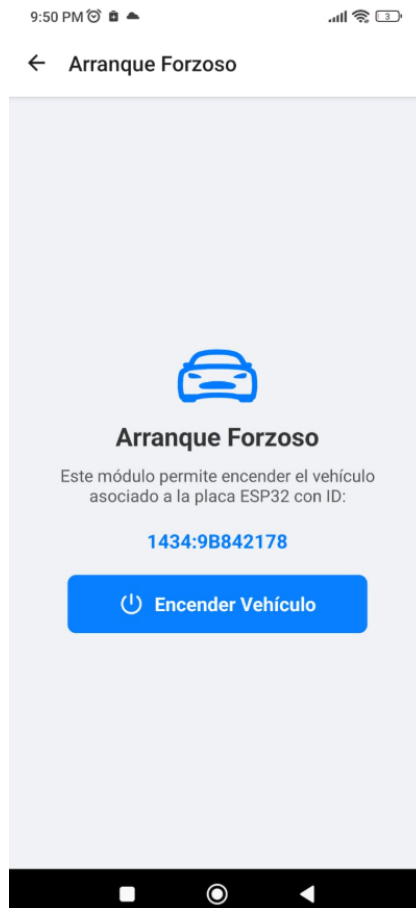
Implementación de arranque forzoso del vehículo

Se desarrolló una pantalla en la aplicación móvil como se ve en la figura 27 que permite al usuario realizar un arranque forzoso del vehículo en caso de emergencia.

Proceso de arranque:

1. El usuario presiona el botón de arranque forzoso en la aplicación.
2. La aplicación envía un comando al backend, que retransmite la solicitud a la ESP32 mediante MQTT.
3. La ESP32 verifica el estado del vehículo antes de proceder.
4. Si se cumplen los criterios de seguridad, la ESP32 activa el sistema de encendido.
5. La aplicación recibe una notificación en tiempo real confirmando el estado del vehículo.

Figura 27: Interfaz del botón de arranque forzoso en la aplicación móvil



Fuente: Propia

Implementación de la restauración del sistema

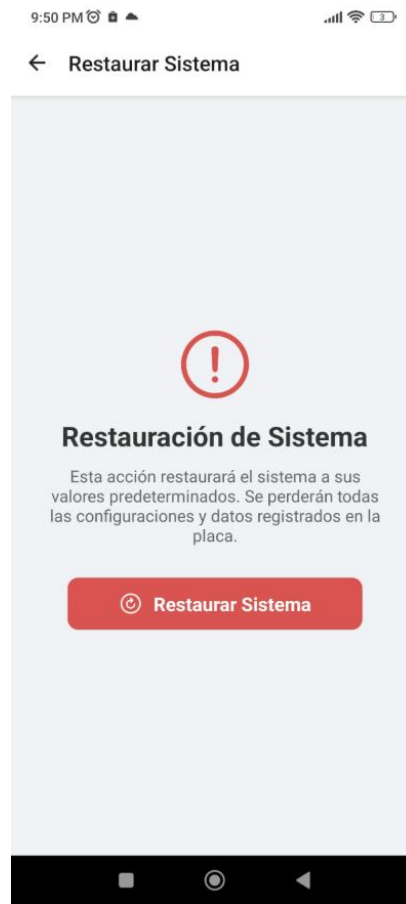
La funcionalidad de restauración del sistema permite a los usuarios restablecer la ESP32 a su configuración de fábrica, eliminando todas las configuraciones personalizadas.

Proceso de restauración:

1. El usuario accede a la pantalla de restauración y confirma la acción.
2. La aplicación envía una solicitud al backend, que la retransmite a la ESP32 mediante MQTT.
3. La ESP32 ejecuta el proceso de restauración y reinicio del sistema.
4. Una vez finalizado el proceso, la aplicación recibe una confirmación de éxito.

En la figura 28 se muestra la interfaz de restauración del sistema.

Figura 28: *Interfaz de la pantalla de restauración del sistema*

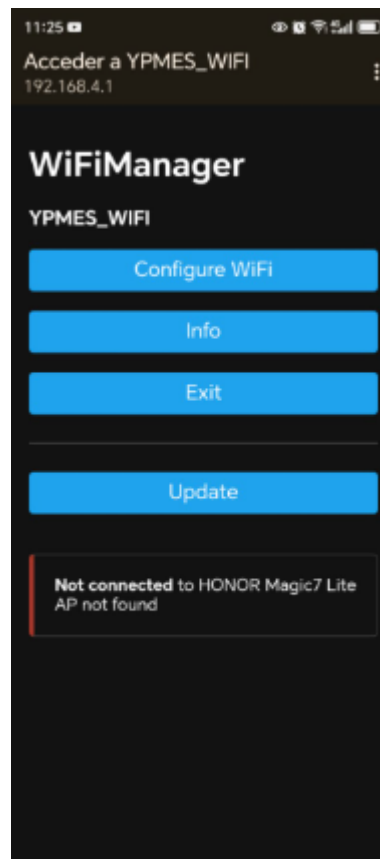


Fuente: Propia

Implementación de la configuración de conexión WiFi

Para facilitar la conexión de la ESP32 a una red wifi, se utilizó la librería WiFiManager, la cual permite a los usuarios configurar la red de manera sencilla. Esta implementación permite que la ESP32 actúe como un punto de acceso (Access Point, AP) en el cual el usuario puede conectarse desde la aplicación móvil y seleccionar la red wifi de su preferencia.

Figura 29: *Interfaz de la pantalla de configuración WiFi.*



Fuente: Propia

Integración con ESP32 mediante MQTT

Para asegurar la comunicación con la ESP32, se establecieron los siguientes tópicos en el bróker MQTT:

- Arranque forzoso del vehículo sistema/{id_esp32}/arranque_forzoso
- Restauración del sistema sistema/{id_esp32}/restaurar_sistema
- Configuración de conexión WiFi sistema/{id_esp32}/wifi/configurar
- Respuestas de la ESP32 sistema/{id_esp32}/respuesta

2.3.11. Planificación del Sprint 5

El sprint 5 se enfocará en implementar el sistema de notificaciones en tiempo real y mejorar la interfaz de usuario para optimizar la experiencia del usuario en la aplicación móvil y web.

Tabla 27: *Sprint 4*

ID	Historia de Usuario	Tarea	Horas
HU-009	Notificaciones en tiempo real	Configurar WebSocket en backend.	12
		Implementar notificaciones en la app móvil.	16
		Total	28
		Mejorar diseño de pantalla de inicio.	10
HU-010	Restauración de sistema (Móvil)	Mejorar navegación y experiencia de usuario.	14
		Implementar feedback visual en interacciones.	16
		Total	40

2.3.12. Ejecución del Sprint 5

Este sprint se centró en dos aspectos fundamentales:

1. Implementación de notificaciones en tiempo real mediante WebSockets, permitiendo a los usuarios recibir alertas instantáneas sobre eventos en el sistema.

2. Mejoras en la interfaz de usuario, optimizando la navegación y la presentación de información en la aplicación móvil y web.

Cada una de estas funcionalidades tiene un impacto directo en la experiencia del usuario, mejorando la interacción y el tiempo de respuesta del sistema.

Implementación de la funcionalidad

Configuración del sistema de notificaciones en tiempo real

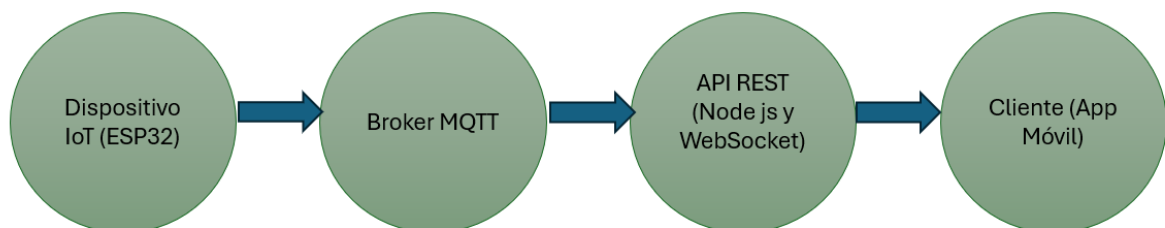
Se implementó un sistema de notificaciones en tiempo real utilizando WebSockets en el backend, permitiendo a la aplicación recibir mensajes instantáneos sobre eventos críticos, como:

- Intentos de encendido del vehículo.
- Fallos de conexión con la ESP32.
- Confirmaciones de registro de huellas dactilares.

Proceso de notificación en tiempo real:

1. El backend envía eventos en tiempo real mediante WebSockets a los clientes conectados.
2. La aplicación móvil y la web reciben la notificación instantáneamente.
3. Se muestra un mensaje emergente o una alerta visual al usuario.

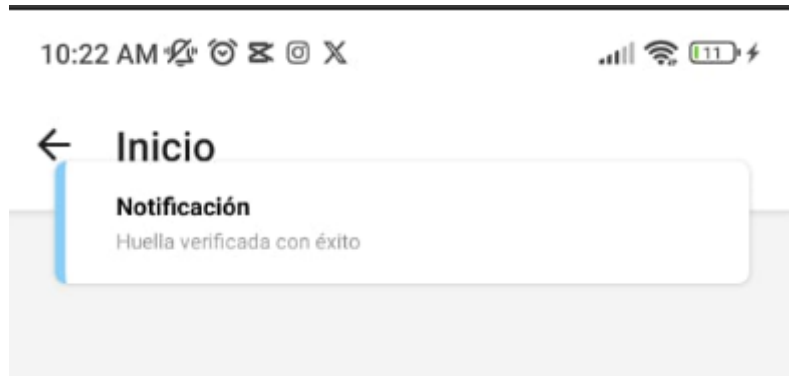
Figura 30: Esquema del flujo de notificaciones en tiempo real con WebSockets.



Implementación de notificaciones en la app móvil

Se diseñó un sistema de notificaciones en la aplicación móvil como se muestra en la figura 31.

Figura 31: Pantalla de notificaciones en la aplicación móvil.



CAPÍTULO 3

3.1. Introducción

La evaluación de la calidad del software es un proceso crítico en el desarrollo de sistemas distribuidos, especialmente aquellos que requieren interoperabilidad entre múltiples componentes (Ruas & Grosky, 2020). En este capítulo, se presenta la evaluación de la aplicación móvil desarrollada para la administración de datos biométricos en sistemas de encendido vehicular, aplicando la norma ISO/IEC 25023 (ISO/IEC 25023:2016, 2016) y enfocándose en la subcaracterística de interoperabilidad.

La interoperabilidad es una propiedad clave en sistemas distribuidos y conectados, ya que permite la integración fluida entre distintos componentes asegurando que los datos se transmitan y procesen correctamente. Para estructurar el proceso de evaluación, se definió la siguiente Matriz de Calidad del Software:

Figura 32: *Matriz de la calidad de software*

MATRIZ DE CALIDAD DE SOFTWARE		
1, DATOS INFORMATIVOS:		
Fecha:	28/1/2025	
Institución:	Universidad Técnica del Norte	
Nombre del Software:	Aplicación móvil para administración de datos biométricos en sistemas de encendido vehicular	
OBJETIVOS GENERALES DEL SOFTWARE		
Evaluar la calidad del software en términos de interoperabilidad bajo la norma ISO/IEC 25023.		
Garantizar que la aplicación móvil pueda interactuar correctamente con otros sistemas (ESP32 y Backend).		
Verificar la correcta implementación de los protocolos de comunicación MQTT y API REST en la aplicación.		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL SOFTWARE		
Analizar la capacidad de la aplicación móvil para conectarse y comunicarse con dispositivos ESP32.		
Medir la exactitud del intercambio de datos entre la aplicación móvil y el backend.		
Identificar posibles errores de interoperabilidad y generar recomendaciones de mejora.		
Validar la experiencia del usuario en el proceso de conexión con dispositivos externos.		
PARTICIPANTES		
Cargo	Nombre	Unidad
Director de tesis	Ing. Carpio Pineda	Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA)
Desarrollador Principal	Stalyn Palma	Ingeniería en Software
Usuario Final	ISELCON	Empresa de soluciones de ingeniería

Nota: Adaptado de (Jácome et al., 2017)

En este contexto, se han definido dos métricas principales para evaluar la aplicación móvil:

1. Conectividad con sistemas externos
2. Capacidad de intercambio de datos

A través de la aplicación de estas métricas, se busca determinar la eficiencia de la aplicación en la comunicación con otros sistemas, incluyendo el backend, los protocolos MQTT y WebSocket, así como el sistema de encendido vehicular basado en la ESP32.

3.2. Importancia de la Interoperabilidad en la Aplicación Móvil.

La interoperabilidad es un factor clave en aplicaciones que deben interactuar con múltiples sistemas y dispositivos. En el caso de la aplicación móvil desarrollada, su correcta funcionalidad depende de la integración con un

backend basado en Node.js, el protocolo de mensajería MQTT y la plataforma ESP32 encargada del control del encendido vehicular.

La interoperabilidad adecuada garantiza que:

- Los datos biométricos sean transmitidos y almacenados correctamente.
- Se eviten problemas de compatibilidad entre sistemas.
- El usuario final tenga una experiencia fluida al interactuar con la aplicación.
- La comunicación entre los diferentes componentes del sistema sea confiable y eficiente.

Por lo tanto, evaluar la interoperabilidad no solo es un requisito técnico, sino que también es crucial para la usabilidad y la seguridad del sistema.

3.3. Metodología de Evaluación

Para realizar la evaluación de la interoperabilidad de la aplicación móvil, se ha seguido un enfoque basado en la norma ISO/IEC 25023, que establece métricas cuantificables para evaluar la calidad de software. La evaluación se llevó a cabo en los siguientes pasos:

1. Identificación de interfaces y conexiones utilizadas por la aplicación.
2. Definición de las métricas a evaluar según la norma ISO/IEC 25023.
3. Recolección de datos empíricos, realizando pruebas de conectividad y envío de datos.
4. Análisis y cálculo de resultados según las fórmulas establecidas.
5. Interpretación de los resultados y generación de conclusiones.

3.4. Evaluación de la Conectividad con sistema Externos

3.4.1. Definición de la Métrica

La conectividad con sistemas externos mide la capacidad de la aplicación móvil para establecer y mantener conexiones con otros sistemas a través de distintos protocolos. La fórmula es:

$$X = \frac{A}{B}$$

Donde:

- **A:** Número de interfaces correctamente implementadas.
- **B:** Número total de interfaces.

1.4.2. Resultados Obtenidos

Para la aplicación móvil, se identificaron tres interfaces claves:

#	Interfaz Externa	Sistema	Estado
1	API REST (Petición HTTP)	Backend Node.js	Implementado
2	WebSocket (Eventos en tiempo real)	Backend Node.js	Implementado
3	MQTT (Canal de comunicación con ESP32)	HiveMQ Cloud	No implementado (No en la app móvil, solo en el backend)

El cálculo de la métrica fue:

$$X = \frac{2}{3} = 0.67$$

Esto indica que, si bien la aplicación móvil cuenta con conectividad efectiva con el backend a través de API REST y WebSocket, no tiene

integración directa con MQTT, ya que esta funcionalidad está gestionada por el backend.

3.5. Evaluación de la Capacidad de Intercambio de Datos

3.5.1. Definición de la Métrica

Esta métrica evalúa la exactitud del intercambio de datos entre la aplicación móvil y los sistemas externos. Se utiliza la siguiente formula:

$$X = \frac{A}{B}$$

Donde:

- **A:** Número de datos intercambiados sin errores.
- **B:** Número total de datos intercambiados.

3.5.2. Pruebas Experimental

Se realizaron pruebas en las que la aplicación móvil envió 100 datos al backend, los cuales fueron reenviados a la ESP32 mediante MQTT para su uso en el sistema de encendido vehicular. Se midieron los siguientes valores:

Métrica	Valor
Datos enviados desde la aplicación	100
Datos recibidos correctamente por el sistema de encendido vehicular	98
Cálculo de X	$\frac{98}{100} = 0.98$

Esto indica una alta precisión en la transmisión de datos, con solo un 2% de errores, asegurando que la aplicación móvil interactúa de manera efectiva con el sistema de encendido vehicular basado en la ESP32.

3.6. Análisis Global y Calidad Interna del Sistema

Se calcularon los valores finales según la norma:

Figura 33: Interoperabilidad

EVALUACIÓN DE CALIDAD INTERNA/EXTERNA																	
Características	Subcaracterística	Métricas	Propósito-métrica	Fase ciclo de vida de calidad del producto	Formula / Variable	Peor caso	Valor Deseado	Aplica	Variables			Valor Obtenido	Valor Métrica / 10	Final Subcaracterística	Total Característica	Final Característica	Calidad Interna del Sistema
									A	B	T	X					
Compatibilidad	Interoperabilidad	Conectividad con sistemas externos	¿Qué tan correctamente se ha implementado los protocolos de	Interna/Externa	$X = A/B$ A= Número de interfaces implementadas con otros sistemas B = Número total de interfaces externas Dónde: $B > 0$	0	1	Sí	2	3	0,667	6,6666667	0,66667	3,33333	8,2333333	8,23333333	8,23333333
		Capacidad de intercambiar datos	¿Qué tan exactos es el intercambio de datos entre el sistema otros sistemas de enlace?	Interna/Externa	$X = A/B$ A= Número de datos que se han intercambiado sin problemas con otro sistema B = Número total de datos	0	1	Sí	98	100	0,98	9,8	0,98	4,9			

Nota: Adaptado de (Jácome et al., 2017)

La calidad Interna del Sistema se calculó como:

$$Total\ Característica = 3.33 + 4.9 = 8.233$$

$$Calidad\ Interna\ del\ Sistema = 8.233$$

3.7. Resultados y reflexiones finales

Tras aplicar la norma ISO/IEC 25023, se determinó que la aplicación móvil desarrollada presenta un nivel de interoperabilidad satisfactorio, alcanzando una calificación de calidad interna de 8.23 sobre 10.

Hallazgos destacados:

- La aplicación móvil establece una conexión estable con el backend mediante API REST y WebSocket.
- La tasa de transmisión de datos fue altamente confiable, con un 98% de éxito.
- Actualmente, la app no se conecta directamente al sistema MQTT, lo que podría limitar la comunicación en ciertos contextos.

Recomendaciones de mejora:

- Considerar la incorporación de una suscripción MQTT directa en la app móvil, para fortalecer la conectividad con la placa ESP32.
- Optimizar la gestión de errores en el canal MQTT, con el objetivo de minimizar los fallos en la transmisión.
- Realizar pruebas bajo escenarios de alta demanda para validar la estabilidad del sistema en condiciones extremas.

Este análisis permite concluir que la solución propuesta cumple con estándares elevados de interoperabilidad, asegurando un flujo de datos eficiente y seguro dentro del sistema de encendido vehicular basado en ESP32, aunque se identifican oportunidades claras de mejora en su integración directa con el protocolo MQTT.

CONCLUSIONES

La elaboración del marco teórico permitió establecer una base conceptual sólida sobre la administración de datos biométricos en sistemas de encendido vehicular, identificando las tecnologías más adecuadas para el desarrollo del aplicativo. A través de una revisión sistemática de literatura, se analizaron enfoques previos en biometría, seguridad vehicular y desarrollo de aplicaciones móviles, lo que permitió seleccionar React Native para la aplicación móvil y Node.js para el backend, optimizando la interoperabilidad del sistema.

La implementación de la metodología Scrum facilitó la gestión del proyecto, asegurando un desarrollo iterativo y adaptable a imprevistos. La organización en sprints permitió un seguimiento continuo del avance y la optimización del tiempo de desarrollo, reduciendo costos y errores mediante revisiones constantes. La retroalimentación obtenida en cada fase mejoró la

interfaz y funcionalidad de la aplicación, garantizando una experiencia de usuario intuitiva y segura.

Finalmente, la evaluación de la interoperabilidad bajo la norma ISO/IEC 25023 demostró que el aplicativo cumple con los estándares de conectividad y eficiencia en la comunicación con el backend y la ESP32. Se alcanzó una precisión del 98% en la transmisión de datos, validando la confiabilidad del sistema, aunque se identificó la necesidad de integrar una conexión directa con MQTT en la aplicación móvil para optimizar la latencia y mejorar la autonomía del sistema.

RECOMENDACIONES

Se recomienda optimizar la integración de la aplicación móvil con MQTT, permitiendo una comunicación directa con la ESP32 en lugar de depender exclusivamente del backend. Esto mejorará la latencia en la autenticación biométrica y garantizará una respuesta más rápida en el encendido del vehículo, evitando posibles demoras en la conexión.

Mantener la metodología Scrum es altamente recomendable para futuras fases de desarrollo del proyecto. La flexibilidad y adaptabilidad que proporciona esta metodología asegurará una gestión eficiente de los avances y facilitará la incorporación de mejoras iterativas basadas en la retroalimentación de los usuarios.

Es importante realizar pruebas de rendimiento y estrés con múltiples usuarios simultáneos para evaluar la estabilidad del sistema en escenarios de alta demanda.

Mejorar la accesibilidad y experiencia de usuario optimizando la interfaz de la aplicación móvil en React Native, asegurando compatibilidad con dispositivos de diferentes resoluciones y sistemas operativos. Se deben realizar pruebas en una amplia gama de dispositivos Android e iOS para garantizar un diseño adaptable y funcional en todas las plataformas.

Se sugiere considerar la integración de Bluetooth Low Energy (BLE) como una alternativa de comunicación con la ESP32, permitiendo la operación del sistema en entornos sin conectividad WiFi. Esto ampliará las opciones de uso y garantizará que el sistema pueda funcionar en zonas con baja o nula cobertura de red.

Se aconseja implementar un panel de monitoreo en tiempo real en la aplicación web, donde los administradores puedan visualizar eventos de autenticación, intentos de encendido y notificaciones de seguridad. Esto permitirá una gestión más efectiva del sistema y una respuesta rápida ante posibles intentos de acceso no autorizado.

Se recomienda mantener un seguimiento de futuras actualizaciones en las bibliotecas utilizadas, como React Native, MQTT y PostgreSQL, asegurando que el sistema esté siempre actualizado con las mejores prácticas en seguridad y rendimiento. Esto también garantizará compatibilidad con nuevas versiones de sistemas operativos y dispositivos móviles.

Finalmente, se sugiere documentar detalladamente el proceso de desarrollo e integración del sistema, incluyendo guías para futuras mejoras o expansiones. Esto facilitará la escalabilidad del proyecto y permitirá que futuras iteraciones del sistema puedan ser implementadas de manera eficiente y estructurada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alqahtani, F. H., Alqahtani, F. H., & Alqahtani, J. H. (2020). Mobile application impact on the user's life. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(5), 86–94. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110513>
- Aly, M., Magdy, M., & Moawad, R. (2020). React Native: Achieving native mobile development using JavaScript and React. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), 48–53. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110407>
- Bahrami, A., & Singhal, M. (2021). The role of mobile applications in business: Analyzing the development and impact of mobile apps. *International Journal of Electronic Commerce Studies*, 12(1), 1–22. <https://doi.org/10.7903/ijecs.1927>
- Bajpai, A., & Prakash, A. (2019). Exploring React Native for mobile application development. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 10(2), 354–365.
- Biométrica en el mercado automotriz Insights. (2024). Obtenido de Biométrica en el mercado automotriz Insights.
- De Keyser, A., Bart, Y., Gu, X., Liu, S. Q., Robinson, S. G., & Kannan, P. K. (2021). Opportunities and challenges of using biometrics for business: Developing a research agenda. *Journal of Business Research*, 136, 52–62. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.07.028>
- Devi, R. M., Keerthika, P., Suresh, P., Sarangi, P. P., Sangeetha, M., Sagana, C., & Devendran, K. (2022). Retina biometrics for personal authentication. *Machine Learning for Biometrics: Concepts, Algorithms and Applications*, 87–104. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85209-8.00005-5>
- Dwivedi, R., Dey, S., Sharma, M. A., & Goel, A. (2020). A fingerprint based crypto-biometric system for secure communication. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(4), 1495–1509. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01437-5>
- Eisenman, B. (2015). *Learning React Native Building Mobile Applications with JavaScript*.
- Escobar, C. (2021). ¿Cuál es el mejor sistema de seguridad antirrobo para autos? Obtenido de ComparOnline: <https://www.comparaonline.cl/blog/autos/seguro-automotriz/cuales-son-los-mejores-sistemas-para-evitar-el-robo-de-tu-auto/>
- Garay Núñez, J. R. (2019). Aplicaciones de dispositivos móviles como estrategia de aprendizaje en estudiantes universitarios de enfermería. Una mirada desde la fenomenología crítica. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 10(20). <https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.594>
- Guízar-Sahagún, G., Grijalva-Otero, I., & Madrazo-Navarro, I. (2021). Huellas dactilares: origen, usos y desafíos que genera la incapacidad para su registro. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 59(6), 568–573. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457769655019>

ISO/IEC 25023:2016. (2016). Systems and software engineering. *ISO/IEC 25023:2016*.

INEC. (2022). Anuario de Estadísticas de Transporte, 2021. Quito.

Jácome, M. A., Nohemí, I. T., & Sierra, V. (2017). *MODELO DE CALIDAD DE SOFTWARE APLICADO AL MÓDULO DE TALENTO HUMANO DEL SISTEMA INFORMÁTICO INTEGRADO UNIVERSITARIO – UTN*.

Kuntal, J. (2023). The Future of Biometrics Technology: An Overview by Industry. Obtenido de Incode: <https://incode.com/blog/future-of-biometrics/>

Llamuca-Quinaloa, J., Vera-Vincent, Y., & Tapia-Cerda, V. (2021). Análisis comparativo para medir la eficiencia de desempeño entre una aplicación web tradicional y una aplicación web progresiva. *TecnoLógicas*, 24(51), e1892. <https://doi.org/10.22430/22565337.1892>

Luna, R. (19 de Diciembre de 2023). Signaturit. Obtenido de Signaturit: <https://www.signaturit.com/es/blog/que-son-datos-biometricos/>

Maheshwari, A., Roohe, N., & Bhatnagar, V. (2021). Development of a mobile application using React Native framework. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 10(1), 1108–1112.

MANLIO, M. C. (2023). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BIOMÉTRICO CON HUELLAS DACTILARES PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA DEL PERSONAL DOCENTE Y ADMINISTRATIVO EN LA UNIDAD EDUCATIVA FISCAL PUERTO CAYO [Tesis Ingeniería en Tecnología de la Información]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4779>

Morales, C. A. (2022). Los automóviles ya tienen incorporados sistemas biométricos. Obtenido de Biometría Aplicada: <https://biometriaaplicada.com/automoviles-con-sistemas-biometricos/>

Morales, C. A. (26 de Enero de 2023). Biometría aplicada en el acceso a tu vehículo. Obtenido de Biometría Aplicada: <https://biometriaaplicada.com/biometria-aplicada-en-el-acceso-a-tu-vehiculo/>

Perleche, B. L., Patricia, L., Bravo Ruiz, M., & Arturo, J. (2022). *FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TESIS EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD EN ENTORNOS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA DE SISTEMAS Autor (es)*. <https://orcid.org/0000-0002-1997-3908>

Quishpe-López, C., & Vinuesa-Vinuesa, S. (2021). Diseño de una aplicación móvil educativa a través de App Inventor para reforzar el proceso de aprendizaje en operaciones con números enteros. *Cátedra*, 4(2), 39–54. <https://doi.org/10.29166/catedra.v4i2.2950>

Ramírez, H. (11 de Agosto de 2023). Grupo Atico34. Recuperado el 25 de Marzo de 2024, de Grupo Atico34: https://protecciondatos-lopd.com/empresas/sistemas-biometricos/#Que_son_los_sistemas_biometricos

- Ross, A., Banerjee, S., & Chowdhury, A. (2022). Deducing health cues from biometric data. *Computer Vision and Image Understanding*, 221, 103438. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cviu.2022.103438>
- Ruas, T., & Grosky, W. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach 9 th Edition*.
- Schwaber, K., Sutherland, J., & Definitiva, L. G. (2020). *La Guía Scrum*.
- Sociedad, U. Y., Lenin Acosta Espinoza, J., Roberto Lenin León Yacelga, A., & Germánico Sanafria Michilena, W. (2022). *Volumen 14| Número 2 | Marzo-Abril*.
- SriAnusha, K., SaddamHussain, S., & Kumar, K. P. (2019). Biometric car security and monitoring system using IOT. *2019 International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking (ViTECoN)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ViTECoN.2019.8899370>
- Técnicas Aplicadas, C., Vinicio Estrada-Velasco, M. I., Alexandra Núñez-Villacis, J. I., & Clemente Cunuhay-Cuchiye, W. I. (2021). *Revisión Sistemática de la Metodología Scrum para el Desarrollo de Software Revisión Sistemática de la Metodología Scrum para el Desarrollo de Software Systematic review of the SCRUM methodology for software development Revisão Sistemática da Metodologia Scrum para Desenvolvimento de Software*. 7, 434–447. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i4.2429>
- Unidas, N. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una Oportunidad para América Latina y El Caribe*. Santiago.
- Universo. (12 de Mayo de 2023). ¡Alerta!, el robo de carros va en aumento. Obtenido de El Universo: <https://www.eluniverso.com/opinion/editoriales/alerta-el-robo-de-carros-va-en-aumento-nota/#:~:text=Un%20promedio%20de%20catorce%20veh%C3%ADculos,mismo%20lapso%20del%20a%C3%B1o%20anterior.>