



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Desarrollo de un sistema inteligente de monitoreo para la recolección de residuos mediante sensores de proximidad y comunicación en tiempo real en EPAGAL de la ciudad de Latacunga.

**PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

AUTORES:

**Alajo Chimbo Leonado Jesus
Lasluisa Alajo Alvaro Jesus**

TUTOR:

Ing. M.S.c Víctor Hugo Medina Matute

Latacunga, Agosto 2024

AVAL DEL TUTOR

AVAL DEL TUTOR

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE SENSORES DE PROXIMIDAD Y COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL EN EPAGAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.”, de los estudiantes Alajo Chimbo Leonardo Jesus y Lasluisa Alajo Alvaro Jesus, de la carrera de Sistemas de Información, considero que dicha Propuesta tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2024



Ing. Mg. Víctor Hugo Medida Matute

C.C: 0501373955

AVAL DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL

AVAL DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICAS**; por cuanto, los postulantes: **ALAJO CHIMBO LEONARDO JESUS Y LASLUISA ALAJO ALVARO JESUS** con el título de Proyecto de titulación: **DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE SENSORES DE PROXIMIDAD Y COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL EN EPAGAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.


Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2024

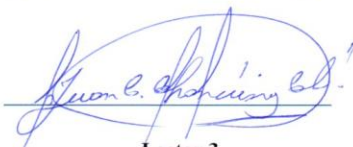
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Mg. SEGUNDO CORRALES
CC: 0502409281



Lector 2
Mg. MANUEL VILLA
CC: 1803386950



Lector 3
Ph.D. JUAN CARLOS CHANCUSIG
CC: 0502275779

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres: Leonardo Alajo y Magdalena Chimbo quienes han sido mi mayor apoyo a lo largo de este arduo camino.

Su amor, paciencia y confianza inquebrantable en mi me han dado fuerzas para superar cada obstáculo.

A ustedes les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado. Gracias por creer en mí y por enseñarme que con esfuerzo y dedicación se puede alcanzar los sueños más grandes

Leonardo Alajo

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a mis familiares, cuyo apoyo incondicional y aliento constante han sido la base sobre la cual he construido este trabajo. Su cariño, comprensión y paciencia han sido fundamentales en cada etapa de este proceso.

También quiero extender mi gratitud a todas las personas que he tenido el privilegio de conocer a lo largo de mi vida. Sus consejos, enseñanzas y apoyo han sido una fuente invaluable de inspiración y guía. Cada uno de ellos ha contribuido de manera significativa a mi crecimiento personal y académico.

A todos ustedes, gracias por estar presentes y por su influencia positiva en mi vida. Sin su ayuda, este logro no habría sido posible.

Alvaro Lashuisa

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres y a mi familia, cuya presencia constante y apoyo incondicional ha sido mi mayor fortaleza. Su fe en mis capacidades y su amor inagotable me han acompañado en cada paso de este camino, este logro es una extensión de su dedicación y sacrificio, y lo comparto con todos ustedes con inmensa gratitud

Leonardo Alajo

DEDICATORIA

A todas las personas más necesitadas, cuya fortaleza y esperanza nos enseñan a nunca rendirnos, dedico este trabajo con el corazón lleno de admiración. Que cada día de lucha sea una semilla de cambio, y que el esfuerzo colectivo nos guíe hacia un mañana más justo y solidario.

A los animales, seres nobles que comparten con nosotros este mundo, dedico mi gratitud por su compañía y lealtad incondicional. Que nunca falten quienes los cuiden y respeten como merecen.

Y al pueblo, que día a día enfrenta adversidades con coraje y unidad, les dedico este humilde reconocimiento. Su lucha no es en vano; en sus manos y en su espíritu está la verdadera fuerza para construir un futuro mejor.

Alvaro Lasluisa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO:” DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE SENSORES DE PROXIMIDAD Y COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL EN EPAGAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”

Autores:

Alajo Chimbo Leonardo Jesus

Lasluisa Alajo Alvaro Jesus

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia de la gestión de residuos sólidos mediante la implementación de tecnologías avanzadas. El sistema propuesto integra sensores de proximidad y tecnología de comunicación en tiempo real, como LoRaWAN y IoT, para monitorear el estado de los contenedores de residuos. Esta solución permite una optimización precisa de las rutas de recolección, basándose en datos en tiempo real sobre el nivel de llenado de los contenedores. Se desarrolla en tres fases clave: recopilación de información sobre comunicaciones en tiempo real, creación de un sistema de gestión y visualización de datos, y desarrollo de una plataforma de comunicación avanzada. La primera fase involucra el estudio detallado de tecnologías y métodos de transmisión de datos, proporcionando una base sólida para la implementación del sistema. La segunda fase se centra en la creación de una herramienta que permita la planificación eficiente de las rutas de recolección, reduciendo costos y mejorando la operativa. La tercera fase consiste en el desarrollo de una plataforma de comunicación que asegura la transmisión continua de datos y facilita una respuesta rápida a los problemas emergentes. Se destaca la efectividad del sistema en la optimización de rutas y la reducción de costos operativos. La implementación de la plataforma de comunicación en tiempo real ha demostrado ser crucial para el monitoreo eficiente y la gestión de residuos. Se recomienda realizar capacitaciones continuas al personal, establecer un equipo de soporte técnico y expandir gradualmente el uso de tecnologías avanzadas para maximizar los beneficios del sistema. Este enfoque integral promete una gestión de residuos más eficiente, sostenible y adaptada a las necesidades de EPAGAL.

Palabras clave: LoraWan, Sistema inteligente, IoT, sensores, metodología.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT MONITORING SYSTEM FOR WASTE COLLECTION THROUGH PROXIMITY SENSORS AND REAL TIME COMMUNICATION IN EPAGAL IN LATACUNGA CITY "

Authors:

Alajo Chimbo Leonardo Jesus

Lasluisa Alajo Alvaro Jesus

ABSTRACT

The project main objective is to improve the efficiency of solid waste management by implementing advanced technologies. The proposed system integrates proximity sensors and real-time communication technology, such as LoRaWAN and IoT, to status monitor of waste containers. This solution enables accurate optimization of collection routes, based on real-time data on container fill level. It is developed in three key phases: collection of real-time communications information, creation of a data management and visualization system, and development of an advanced communication platform. The first phase involves detailed study of technologies and data transmission methods, providing a solid basis for system implementation. The second phase focuses on the creation of a tool that enables efficient planning of collection routes, reducing costs and improving operations. The third phase consists of communication platform development that ensures continuous data transmission and facilitates a rapid response to emerging problems. The system effectiveness in optimizing routes and reducing operating costs is highlighted. The implementation of the real-time communication platform has proven to be crucial for efficient monitoring and waste management. It is recommended to conduct continuous staff training, establish a technical support team and gradually expand the use of advanced technologies to maximize system benefits. This integrated approach promises more efficient, sustainable and tailored waste management for EPAGAL.

Keywords: LoraWan, intelligent system, IoT, sensors, methodology.

AVAL DE TRADUCCIÓN



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés de la propuesta tecnológica cuyo título versa: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE SENSORES DE PROXIMIDAD Y COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL EN EPAGAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”** presentado por: **Alajo Chimbo Leonardo Jesús y Lasluisa Alajo Alvaro Jesus**, egresados de la Carrera de: **Sistemas de Información**, perteneciente a la **Facultad de CIYA**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2024

Atentamente,

Mg. Edison Marcelo Pacheco Pruna
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502617350



ÍNDICE GENERAL

| | |
|--------------------------------------|------|
| AVAL DEL TUTOR | ii |
| AVAL DE MIEMBROS DEL TRIBUNAL | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| DEDICATORIA | v |
| RESUMEN | vi |
| ABSTRACT | vii |
| AVAL DE TRADUCCIÓN | viii |
| ÍNDICE GENERAL | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xiii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xv |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2.1. Situación Problemática | 2 |
| 2.2. Formulación del problema | 3 |
| 2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN | 4 |
| 2.3.1. Objeto de Investigación | 4 |
| 2.3.2. Campo de Acción | 4 |
| 2.4. Beneficiarios | 4 |
| 2.4.1. Directo | 5 |
| 2.4.2. Indirecto | 5 |
| 2.5. Justificación | 5 |
| 2.6. Objetivos | 6 |
| 2.6.1. Objetivo general | 6 |
| 2.6.2. Objetivos específicos | 6 |
| 2.7. Sistema de tareas | 6 |
| 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 8 |

| | |
|---|----|
| 3.1. Desechos sólidos..... | 8 |
| 3.1.1. Gestión de residuos sólidos | 9 |
| 3.2 EPAGAL..... | 10 |
| 3.2.1. Recolección | 11 |
| 3.3. Sistema inteligente..... | 11 |
| 3.4. Framework..... | 12 |
| 3.4.1. Tipos de Frameworks..... | 12 |
| 3.4.2. Ventajas y Desventajas de un framework | 13 |
| 3.5. CodeIgniter | 14 |
| 3.5.1. Ventajas y desventajas de CodeIgniter | 14 |
| 3.6. Patrón arquitectónico..... | 15 |
| 3.6.1. Arquitectura de CodeIgniter (MVC)..... | 15 |
| 3.6.2. Flujo de Trabajo MVC en CodeIgniter..... | 16 |
| 3.7. Lenguaje de programación..... | 17 |
| 3.7.1. PHP..... | 17 |
| 3.7.2. C++..... | 18 |
| 3.8. Bases de datos..... | 19 |
| 3.8.1. Tipos de BD..... | 19 |
| 3.9. XAMPP..... | 20 |
| 3.9.1. Componentes Principales de XAMPP..... | 20 |
| 3.9.2. Ventajas y desventajas de XAMPP | 21 |
| 3.10. MySQL..... | 21 |
| 3.11. Metodología ágil | 22 |
| 3.11.1. Características Principales de la Metodología Ágil..... | 23 |
| 3.12. Marcos de Trabajo Ágiles Comunes | 24 |
| 3.12.1. Scrum..... | 24 |
| 3.12.2. Kanban..... | 25 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.12.3. | Extreme Programming (XP)..... | 26 |
| 3.13. | Comparación de metodologías..... | 27 |
| 3.14. | Tecnologías asociadas..... | 28 |
| 3.14.1. | Internet de las cosas (IoT)..... | 28 |
| 3.14.2. | Etapas de arquitectura IoT..... | 29 |
| 3.14.3. | LoRa..... | 30 |
| 3.14.4. | LoRaWan (Long Range Wide Area Network)..... | 31 |
| 3.14.5. | Sensores de proximidad..... | 31 |
| 3.14.6. | Módulos y microcontroladores..... | 32 |
| 3.14.7. | ESP32..... | 32 |
| 3.14.8. | Codificador..... | 32 |
| 4. | MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS..... | 33 |
| 4.1. | Tipo de Investigación..... | 33 |
| 4.1.1. | Investigación aplicada..... | 33 |
| 4.1.2. | Investigación descriptiva..... | 33 |
| 4.1.3. | Investigación exploratoria..... | 33 |
| 4.1.3. | Investigación experimental..... | 34 |
| 4.2. | Técnicas de investigación..... | 34 |
| 4.2.1. | Entrevista..... | 34 |
| 4.3. | Descripción del proyecto..... | 34 |
| 4.3. | Procedimientos..... | 34 |
| 4.3.1. | Recolección de información y revisión bibliográfica..... | 34 |
| 4.3.2. | Diseño del sistema electrónico..... | 35 |
| 4.3.3. | Desarrollo del sistema inteligente para la gestión de datos..... | 35 |
| 4.3.4. | Implementación y pruebas piloto..... | 35 |
| 4.3.5. | Evaluación y análisis de resultados..... | 36 |
| 4.4. | Delimitación del proyecto..... | 36 |

| | |
|--|----|
| 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS | 36 |
| 5.1. Resultado de la entrevista al gerente de EPAGAL al Ing. Edison Parra..... | 36 |
| 5.2. Análisis de la entrevista | 40 |
| 5.2.1. Experiencias actuales en la gestión de residuos | 41 |
| 5.2.2. Percepción del Sistema Inteligente propuesto | 41 |
| 5.2.3. Identificación de necesidades específicas..... | 41 |
| 5.3. Herramientas de programación..... | 42 |
| 5.4. Seguimiento de la metodología de desarrollo..... | 42 |
| 5.4.1. Definición de roles del equipo | 42 |
| 5.4.2 Planificación | 43 |
| 5.4.3. Priorización de las historias de usuario | 43 |
| 5.4.4. Historias de usuario | 43 |
| 5.4.5. Iteraciones de las historias de usuario | 44 |
| 5.4.6. Prototipo | 50 |
| 5.4.7. Pruebas..... | 53 |
| 5.4.8. Valoración del software | 55 |
| 5.4.9.1. Puntuación de tareas | 55 |
| 5.4.9.2. Puntuación de iteraciones | 56 |
| 5.4.9.3. Gastos directos del software | 57 |
| 5.4.9.4. Gastos indirectos del proyecto de investigación..... | 57 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 58 |
| 6.1. Conclusiones..... | 58 |
| 6.2. Recomendaciones | 59 |
| 7. REFERENCIAS | 59 |
| 8. ANEXOS | 65 |
| 8.1. Codificación..... | 65 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO..... | 1 |
| Tabla 2. Beneficiarios directos | 5 |
| Tabla 3. Beneficiarios indirectos | 5 |
| Tabla 4. Tareas por objetivos | 6 |
| Tabla 5. Generación de residuos sólidos en el cantón Latacunga..... | 10 |
| Tabla 6. Características de un Framework..... | 12 |
| Tabla 7. Tipos de Frameworks..... | 12 |
| Tabla 8. Ventajas y Desventajas de Framework | 13 |
| Tabla 9. Ventajas y desventajas de CodeIgniter..... | 14 |
| Tabla 10. Ventajas y Desventajas de XAMPP | 21 |
| Tabla 11. Componentes de SCRUM..... | 24 |
| Tabla 12 Características Principales de XP | 26 |
| Tabla 13 Ventajas y desventajas de XP..... | 27 |
| Tabla 14 Cuadro Comparativo entre Scrum, Kanban y Extreme Programming (XP)..... | 27 |
| Tabla 15. Características principales de LoRa..... | 30 |
| Tabla 16. Herramientas de programación..... | 42 |
| Tabla 17. Roles del equipo “Metodología XP” | 42 |
| Tabla 18 Historias de usuario | 43 |
| Tabla 19 Iteraciones historias de usuario..... | 44 |
| Tabla 20 Historia de usuario 1 | 44 |
| Tabla 21 Historia de usuario 2..... | 45 |
| Tabla 22 Historia de usuario 3 | 45 |
| Tabla 23 Historia de usuario 4..... | 46 |
| Tabla 24 Historia de usuario 5 | 46 |
| Tabla 25 Historia de usuario 6..... | 47 |
| Tabla 26 Historia de usuario 7..... | 47 |
| Tabla 27 Historia de usuario 8..... | 48 |
| Tabla 28 Historia de usuario 9..... | 48 |
| Tabla 29 Tarjetas de usuarios..... | 49 |
| Tabla 30 Tarjetas de datos..... | 49 |
| Tabla 31 Pruebas de validación de campos vacíos | 53 |
| Tabla 32 Pruebas de mapa de la ruta occidental..... | 53 |

| | |
|--|----|
| Tabla 33 Pruebas de mapa de la ruta oriental | 53 |
| Tabla 34 Pruebas de mapa de la ruta nocturna | 54 |
| Tabla 35 Pruebas de mapa general..... | 54 |
| Tabla 36 Puntuación de tareas | 55 |
| Tabla 37 Puntuación de iteraciones | 56 |
| Tabla 38 Presupuesto desarrollo de software. | 56 |
| Tabla 39 Gastos directos del software | 57 |
| Tabla 40 Gastos indirectos del proyecto..... | 57 |
| Tabla 41 Costo total del Proyecto..... | 58 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama Causa-Efecto | 4 |
| Figura 2. Ecotacho de almacenamiento temporal de desechos sólidos | 8 |
| Figura 3 Contenedores para almacenamiento temporal de residuos sólidos | 9 |
| Figura 4 Logo EPAGAL | 10 |
| Figura 5 Logo Framework CodeIgniter | 14 |
| Figura 6 Arquitectura de CodeIgniter | 17 |
| Figura 7 Clasificación de lenguajes de programación | 17 |
| Figura 8 Logo de XAMPP | 20 |
| Figura 9 Logo MySQL | 22 |
| Figura 10 Ciclo de metodología ágil | 23 |
| Figura 11 Tablero Kanban | 25 |
| Figura 12. IoT y sus usos | 29 |
| Figura 13. Conexión Ecotachos inteligentes | 31 |
| Figura 14 Inicio de sesión | 50 |
| Figura 15 Mapa de ecotachos occidentales | 50 |
| Figura 16 Mapa de ecotachos orientales | 51 |
| Figura 17 Mapa de ecotachos nocturno | 51 |
| Figura 18 Mapa general | 52 |
| Figura 19 Datos registrados (CRUD) | 52 |
| Figura 20 Usuarios registrados en la base de datos | 53 |
| Figura 21 Contralador de Ecotachos | 65 |
| Figura 22 Controlador de Login | 66 |
| Figura 23 Controlador Nocturna | 67 |
| Figura 24 Controlador Occidental | 67 |
| Figura 25 Controlador Oriental | 68 |
| Figura 26 Controlador Rutas | 68 |
| Figura 27 Modelo Ecotacho | 69 |
| Figura 28 Modelo Inicio | 70 |
| Figura 29 Modelo Nocturna | 70 |
| Figura 30 Modelo Occidental | 71 |
| Figura 31 Modelo Oriental | 71 |
| Figura 32 Modelo Ruta | 72 |

| | |
|---|----|
| Figura 33 Vista de editar ecotachos | 73 |
| Figura 34 Vista index..... | 74 |
| Figura 35 Vista mapa | 74 |
| Figura 36 Vista nuevo..... | 75 |
| Figura 37 Vista LoraWan..... | 76 |
| Figura 38 Vista Nocturna..... | 77 |
| Figura 39 Vista occidental | 78 |
| Figura 40 Vista oriental | 79 |
| Figura 41 Vista editar rutas..... | 80 |
| Figura 42 Vista de rutas index | 81 |
| Figura 43 Vista de rutas nuevo | 82 |
| Figura 44 Vista header | 83 |
| Figura 45 Vista inicio..... | 84 |
| Figura 46 Vista login | 85 |

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto

Desarrollo de un sistema inteligente de monitoreo para la recolección de residuos mediante sensores de proximidad y comunicación en tiempo real en EPAGAL de la ciudad de Latacunga.

Modalidad de Titulación:

Propuesta Tecnológica

Proyecto de Investigación

Carrera:

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: No aplica

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

- Alajo Chimbo Leonado Jesus
- Lasluisa Alajo Alvaro Jesus
- Ing. M.S.c. Víctor Hugo Medina Matute

Área de Conocimiento:

Tabla 1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO

| | | |
|---|--|--|
| 06 información y Comunicación (TIC) | 061. Información y Comunicación (TIC) | 0611. El uso del Ordenador 0612. Base de datos, diseño y administración de redes 0613. Software y desarrollo y análisis de aplicativos |
|---|--|--|

Línea de investigación:

Tecnologías de la información y comunicación (TICS)

Sub líneas de investigación:

- Ciencia informática para la modelación de sistemas de información a través del desarrollo de software.
- Diseño, implementación y configuración de redes y seguridad computacional, aplicando normas y estándares internacionales.

2. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto propone el desarrollo de un sistema inteligente de monitoreo para la recolección de residuos sólidos mediante el uso de sensores de proximidad y comunicación en tiempo real basada en tecnologías IoT y LoRaWAN. La gestión eficiente de residuos dentro de las ciudades es un inconveniente que azota en la actualidad, el crecimiento poblacional y la urbanización acelerada genera residuos constantemente, por lo que se requiere métodos eficaces e innovadores para la gestión y recolección de los mismos. El objetivo principal es optimizar las rutas de recolección de residuos, la Empresa Pública de Aseo de Latacunga EPAGAL, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los costos asociados.

El sistema inteligente de monitoreo estará compuesto por varios componentes tecnológicos avanzados, incluyendo sensores instalados en ecotachos (contenedores), módulos de comunicación basados en LoRaWAN y microcontroladores LoRa32 para la gestión de datos. Los sensores de proximidad medirán continuamente el nivel de llenado de los contenedores, enviando esta información en tiempo real a través de la red LoRaWAN a una plataforma centralizada. Esta plataforma permitirá la visualización y análisis de los datos, facilitando la toma de decisiones informadas sobre las rutas de recolección. Además, se implementarán algoritmos de optimización de rutas para maximizar la eficiencia de los vehículos de recolección, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones de carbono.

El alcance del proyecto se delimita a la implementación y prueba del sistema en la ciudad de Latacunga, bajo la gestión de EPAGAL. Se abarcará la instalación de sensores en una muestra representativa de contenedores de basura, la configuración de la red LoRaWAN para asegurar la cobertura adecuada, y el desarrollo de una plataforma de gestión de datos que integre todas las funcionalidades necesarias. La evaluación del sistema se basará en la comparación de la eficiencia operativa, así como los costos antes y después de su implementación. Este proyecto no solo busca mejorar la gestión de residuos sólidos en Latacunga, sino también servir como un modelo replicable para otras ciudades que enfrenten desafíos similares.

2.1. Situación Problemática

La Empresa pública de Aseo y Gestión Ambiental del cantón Latacunga se creó un 20 de julio de 2010 con la finalidad de brindar un servicio de limpieza mediante la recolección de desechos sólidos, la gestión de residuos sólidos se realiza de manera tradicional, utilizando ecotachos e islas subterráneas distribuidos por distintas partes de la ciudad y un sistema de recolección diario. Estos ecotachos e islas subterráneas son contenedores donde los ciudadanos depositan

sus residuos domésticos y mercados de la ciudad, los cuales son recogidos por camiones de basura que siguen rutas establecidas. Aunque este método ha sido funcional, presenta limitaciones en términos de eficiencia y sostenibilidad. La falta de monitoreo en tiempo real de los niveles de llenado de los ecotachos puede resultar en desbordamientos o en recolecciones innecesarias de contenedores que no están llenos, lo que incrementa los costos operativos y el impacto ambiental debido a recorridos de recolección no optimizados.

Cuando los ecotachos se llenan y no son vaciados a tiempo, se generan condiciones que atraen a perros y roedores, quienes esparcen la basura en busca de alimento. Esto no solo afecta la higiene y el aspecto de las calles, sino que también representa un riesgo para la salud pública al aumentar la posibilidad de enfermedades transmitidas por animales y plagas. Además, la acumulación de basura fuera de los contenedores facilita el acceso de personas que pueden dejar escombros y otros desechos dañando los ecotachos y complicando aún más la recolección eficiente.

2.2. Formulación del problema

¿La implementación de un sistema inteligente puede optimizar las ineficiencias operativas y altos costos en la recolección de residuos sólidos en Latacunga, mejorando las rutas y ajustando las frecuencias de servicio según la información que arroje el sistema informático según los niveles de llenado de los contenedores?

Problemas en la gestión de residuos en Latacunga:

Riesgos para la salud pública, condiciones antihigiénicas, aumento de costos y dificultades en el servicio de recolección.

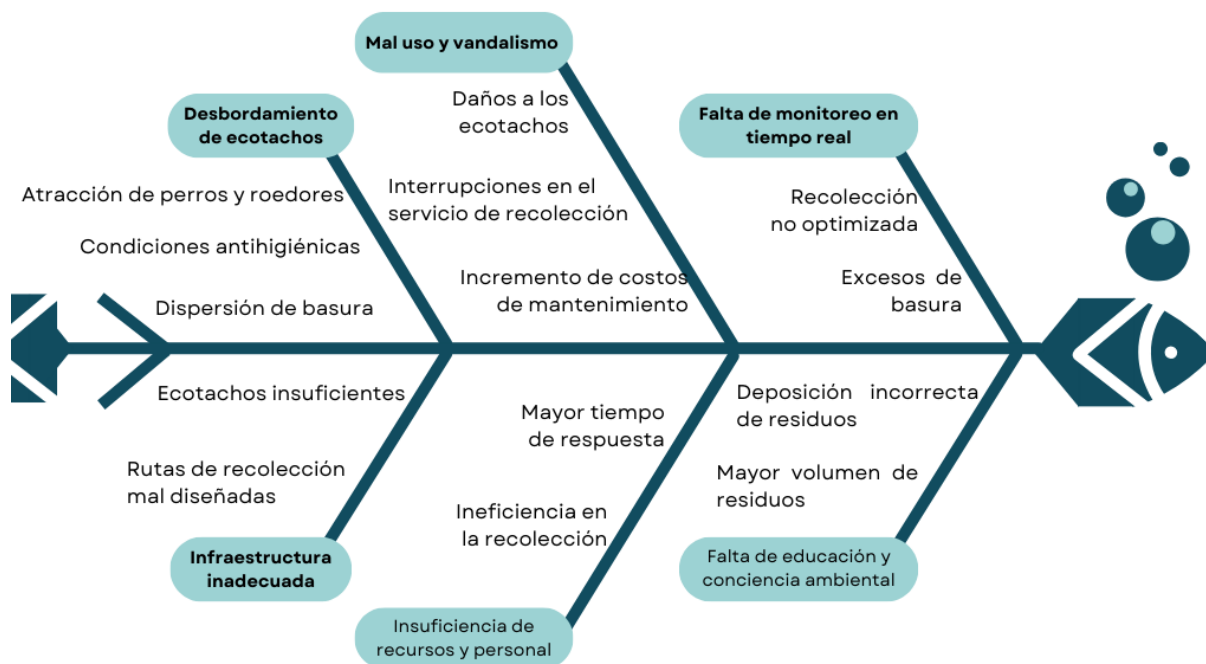


Figura 1. Diagrama Causa-Efecto

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1. Objeto de Investigación

- Sistema inteligente con comunicación en tiempo real con IoT y LoraWan

2.3.2. Campo de Acción

- 1203.18 Sistemas de Información, Diseño Componentes
- 3304.17 Sistemas en Tiempo Real

2.4. Beneficiarios

Se refiere a las personas, grupos o entidades que reciben un beneficio, ventaja o ganancia de un determinado programa, proyecto, actividad o situación.

2.4.1. Directo

Tabla 2. Beneficiarios directos

| Descripción | Número de personas |
|--|---------------------------|
| La empresa pública de aseo y Gestión ambiental del cantón Latacunga (EPAGAL) | 140 |
| TOTAL | 140 |

2.4.2. Indirecto

Tabla 3. Beneficiarios indirectos

| Descripción | Número de personas |
|---|---------------------------|
| La población en general del cantón Latacunga siendo 111,261 mujeres frente a 106,010 hombres. dando un total de 217.761 habitantes desde su censo actualizado del 2022. | 117.761 |
| TOTAL | 117.761 |

2.5. Justificación

La implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real para la gestión de residuos en Latacunga es una necesidad urgente para abordar las ineficiencias actuales y mejorar la calidad de vida de los residentes. La falta de datos precisos y actualizados sobre el llenado de los ecotachos impide una recolección optimizada, resultando en desbordamientos frecuentes que generan condiciones insalubres y aumentan los riesgos para la salud pública. Un sistema basado en IoT y LoRaWAN permitirá obtener información en tiempo real, facilitando la planificación de rutas de recolección más eficientes y reduciendo los desbordamientos de los contenedores.

Con la implementación de esta tecnología reducirá significativamente los costos operativos asociados con la gestión de residuos. La falta de monitoreo adecuado y la ineficiencia en las rutas de recolección aumentan los gastos municipales, ya que se realizan recorridos innecesarios, un sistema de monitoreo en tiempo real permitirá una asignación más eficiente de los recursos, optimizando el uso de camiones y personal de recolección, y minimizando los costos de operación y mantenimiento, permitiendo generar nuevas rutas de recolección e implementación estratégica de ecotachos en lugares de mayor afluencia de gente.

Se ha utilizado la metodología de desarrollo ágil XP (Extreme Programming), que permite un enfoque iterativo y flexible, adaptándose a los cambios y necesidades del proyecto de manera eficiente. A través de ciclos de desarrollo cortos y continuos, la metodología XP facilita la implementación y mejora del sistema, garantizando que las soluciones tecnológicas se ajusten de manera óptima a las realidades operativas de Latacunga.

La adopción de esta tecnología posicionará a Latacunga como una ciudad inteligente, innovadora y comprometida con la sostenibilidad. El uso de IoT y LoRaWAN para la gestión de residuos no solo resolverá problemas inmediatos, sino que también sentará las bases para futuras mejoras en otros servicios urbanos. Este enfoque proactivo y tecnológico garantizará una ciudad más eficiente, sostenible y con una mejor calidad de vida para todos sus habitantes.

2.6. Objetivos

2.6.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema inteligente de monitoreo en los contenedores de recolección de residuos sólidos mediante sensores de proximidad e IoT para optimizar y mejorar la eficiencia operativa del servicio de recolección en EPAGAL.

2.6.2. Objetivos específicos

- Recopilar información sobre comunicaciones en tiempo real mediante fuentes bibliográficas primarias y secundarias.
- Crear un sistema de gestión y visualización de datos para la toma de decisiones en las rutas de recolección de desechos.
- Desarrollar una plataforma de comunicación en tiempo real utilizando tecnologías IoT y LoRaWAN mediante la implementación de módulos y sensores.

2.7. Sistema de tareas

A continuación, en la siguiente tabla se detalla las actividades según los objetivos presentados:

Tabla 4. Tareas por objetivos

| Objetivos específicos | Actividades (tareas) | Resultados esperados | Técnicas, Medios e Instrumentos |
|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|

| | | | |
|---|---|--|--|
| <p>Recopilar información sobre comunicaciones en tiempo real mediante fuentes bibliográficas primarias y secundarias.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Revisar y analizar la literatura. • Documentar y organizar de la información. | <ul style="list-style-type: none"> • Resúmenes y análisis detallados de cada fuente. • Documento estructurado con los hallazgos clave y tendencias emergentes | <ul style="list-style-type: none"> • Análisis cualitativo de contenido. • Síntesis y organización. • Bases de datos académicas. • Procesadores de texto, hojas de cálculo. • Datasheet. |
| <p>Crear un sistema de gestión y visualización de datos para la toma de decisiones en las rutas de recolección de desechos.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar requerimientos. • Diseñar el Sistema. • Desarrollar e implementar la Plataforma. • Realizar pruebas y validación del Sistema. • Desplegar y dar mantenimiento. | <ul style="list-style-type: none"> • Requisitos funcionales y no funcionales. • Diagramas de arquitectura, modelos E-R. • Sistema inteligente. • Resultado y pruebas. • Sistema desplegado. | <ul style="list-style-type: none"> • Elicitación de requisitos. • Desarrollo ágil. • Software de ingeniería de desarrollo web. • Framework CodeIgniter |
| <p>Desarrollar una plataforma de comunicación en tiempo real utilizando tecnologías IoT y LoRaWAN mediante la implementación de módulos y sensores.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Investigación y selección de sensores y módulos. • Diseño e implementación de la red de sensores. • Desarrollo de la infraestructura de comunicación LoRaWAN, gestión y monitoreo. | <ul style="list-style-type: none"> • Sensores y módulos configurados. • Red de Gateways configurada y operativa. • Sistema funcionando con datos en tiempo real. | <ul style="list-style-type: none"> • Datasheet. • Investigación de mercado. • Configuración de LoRaWAN • ChirpStack, The Things Network. |

-
- Integración,
pruebas,
despliegue y
mantenimiento.
-

*Detalle de actividades planteada por objetivos específicos

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La gestión de residuos sólidos es un desafío importante para las ciudades modernas, y Latacunga no es la excepción. Con el crecimiento poblacional y el incremento territorial de Latacunga, la recolección y manejo de residuos se han vuelto más complejos y costosos. Para enfrentar estos desafíos, la incorporación de tecnologías avanzadas como sensores y sistemas de comunicación en tiempo real basados en IoT y LoRaWAN ofrece una solución innovadora. Este sistema inteligente de monitoreo pretende optimizar las rutas de recolección de residuos, mejorando la eficiencia y reduciendo costos operativos. Por lo cual se da a conocer conceptos que nos ayuden a comprender la investigación.



Figura 2. Ecotacho de almacenamiento temporal de desechos *sólidos*

3.1. Desechos sólidos

Los desechos sólidos se refieren a cualquier material descartado que ha cumplido su propósito o ya no es útil [1]. Esto incluye una variedad de residuos como papel, plástico, vidrio, metal, y

residuos orgánicos, generados por actividades domésticas, comerciales, industriales y agrícolas. La gestión inadecuada de estos desechos puede resultar en condiciones insalubres, contaminación del medio ambiente y brotes de enfermedades transmitidas por vectores, como roedores e insectos. La correcta gestión de los residuos sólidos implica su recolección, tratamiento y disposición de manera segura y eficiente para minimizar su impacto negativo en la salud pública y el medio ambiente [2].



Figura 3 Contenedores para almacenamiento temporal de residuos sólidos

El manejo de desechos sólidos presenta complejos desafíos técnicos, administrativos, económicos y sociales. La generación de residuos está directamente relacionada con el nivel de ingresos y el desarrollo económico de una región.

3.1.1. Gestión de residuos sólidos

La gestión de residuos sólidos implica la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos generados por la actividad humana [3]. Los métodos tradicionales de recolección a menudo son ineficientes debido a la falta de información en tiempo real sobre el estado de los contenedores de residuos, lo que resulta en rutas subóptimas y frecuencias de recolección inadecuadas.

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga (2020), afirma que en la ciudad de Latacunga aproximadamente la producción por habitante es de 0,69 kg diarios en zonas urbanas y 0,50 kg en la parte rural generando 108 toneladas diarias aproximadamente de residuos, en áreas productoras (mercados, industrias, sanitarios, entre otros.) alrededor de 107 toneladas diarias [4].

Tabla 5. Generación de residuos sólidos en el cantón Latacunga [4].

| Área | Toneladas diarias (ton/día) |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Parroquias Urbanas | 38,77 |
| Periferia de áreas urbanas | 21,96 |
| Aláquez (P. Rural) | 3,67 |
| Belisario Quevedo (P. Rural) | 4,19 |
| Guaytacama (P. Rural) | 5,61 |
| José Guango Bajo (P. Rural) | 2,03 |
| Mulaló (P. Rural) | 5,52 |
| Once de Noviembre (P. Rural) | 1,35 |
| Poaló (P. Rural) | 3,96 |
| San Juan Pastocalle (P. Rural) | 7,45 |
| Tanicuchí (P. Rural) | 8,26 |
| Toacaso (P. Rural) | 5,23 |
| Total | 107 |

* Descripción de basura por parroquia.

3.2 EPAGAL

“La Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del cantón Latacunga, nacida el 20 de julio de 2010 con la finalidad de convertirse en un modelo líder a nivel nacional y regional” [5]. La empresa en la actualidad cuenta con servicio los servicios de: recolectar, limpiar, disponer, retirar, diferenciar y capacitar, mismos que dan como resultado un manejo óptimo de los desechos sólidos, domiciliarios, comunes no peligrosos y hospitalarios, enfocados en normas ambientales y regulaciones referentes al aseo del cantón.



Figura 4 Logo EPAGAL

A su vez, se encarga de separar los desechos de manera ecológica y especializada. Además, ofrece capacitaciones para que las personas aprendan a manejar correctamente los residuos sólidos [5].

3.2.1. Recolección

El servicio de recolección de residuos alcanza una cobertura del 90%, mientras que en la zona rural es del 70%. La recolección de residuos sanitarios, de mercados, de barridos y de industrias cuenta con una cobertura del 100%. En el área urbana, los residuos no aprovechables son recolectados mediante vehículos de carga lateral con una capacidad de 30 yardas cúbicas y un sistema hidráulico para levantar los contenedores. Por otro lado, los materiales reciclables de las islas ecológicas en zonas soterradas se recogen con camiones de carga posterior de 20 yardas cúbicas, que también tienen un sistema hidráulico para levantar los contenedores y operan todos los días de la semana [4].

En el área rural, los residuos no aprovechables se recogen con vehículos de carga posterior de 20 yardas cúbicas, equipados con sistemas hidráulicos para el levantamiento de contenedores. Los residuos de los mercados se recogen en camiones con una capacidad de 20 yardas cúbicas, y para los residuos sanitarios se utiliza un furgón de 3,5 toneladas que cumple con todas las normativas técnicas requeridas [4].

3.3. Sistema inteligente

Un sistema inteligente se caracteriza por su capacidad de procesar información y tomar decisiones autónomas o semiautónomas, basándose en datos recopilados en tiempo real través de dispositivos interconectados con un sistema central [6]. En el contexto de la gestión de residuos, un sistema inteligente puede mejorar la eficiencia y eficacia de la recolección de basura mediante el monitoreo continuo y la optimización de rutas, con la toma de decisiones adecuadas por parte de los directivos de la empresa.

La inteligencia de estos sistemas proviene de la integración de: sensores, actuadores, ambiente específico, unidad de procesamiento, interfaz de usuario (UI) y agentes externos [7]. Los sistemas inteligentes representan una evolución significativa en la forma en que interactuamos con la tecnología y gestionamos procesos complejos, la integración de sensores, comunicación en tiempo real y algoritmos de inteligencia artificial es clave para el éxito de estos sistemas.

3.4. Framework

Un marco de trabajo es una estructura predefinida que proporciona un entorno estandarizado para el desarrollo de software, son utilizados para simplificar los procesos de desarrollo al ofrecer bibliotecas y herramientas para desarrollar aplicaciones de forma eficiente [8]. La finalidad de un framework es proporcionar una estructura común con el objetivo de minimizar tiempo reutilizando código.

Para Quisaguano et al. (2024) afirma que los marcos de trabajo en desarrollo web optimizan tiempo y costos para el desarrollo ágil ya que manejan tareas simples y repetitivas como enrutamiento URLs, manejo de formularios, interacción de BD, identificación de usuarios, entre otros [9].

Tabla 6. Características de un Framework [8] [9].

| Características | Detalle |
|----------------------------|---|
| Reutilización de Código: | Componentes reutilizables y módulos predefinidos reduciendo tiempo y esfuerzo. |
| Estructura y Organización: | Ofrece estandarización, fácil mantenimiento y escalabilidad del proyecto. |
| Mejores Prácticas: | Uso de mejores prácticas y patrones de diseño, código de alta calidad y entendible. |
| Herramientas y Utilidades: | Tienen herramientas para tareas como pruebas, depuración, gestión dependencias y compilación. |
| Comunidad y Soporte: | La comunidad contribuye con bibliotecas adicionales, documentación y soporte. |

*Justificación de porque utilizar framework en desarrollo de sistemas web.

3.4.1. Tipos de Frameworks

Existe varios tipos de framework para distinto usos, en la siguiente tabla se detalla algunos ejemplos:

Tabla 7. Tipos de Frameworks [10] [8].

| Tipo | Nombre | Detalle |
|----------------|----------------------|--|
| Desarrollo Web | Django (Python) | De alto nivel que fomenta desarrollo rápido y diseño limpio pragmático |
| | Ruby on Rails (Ruby) | Enfatiza la convención sobre la configuración y la velocidad en el desarrollo. |
| | Spring (Java) | Infraestructura integral para desarrollar aplicaciones empresariales |
| | Laravel (PHP) | Sintaxis expresiva y elegante para tareas comunes. |

| | | |
|---|---------------|--|
| Aplicaciones Móviles | React Native | Usa JavaScript y React. |
| | Flutter | Utiliza el lenguaje Dart para construir aplicaciones nativas compiladas para móviles, web y escritorio. |
| | Xamarin | Permite crear aplicaciones nativas para iOS y Android usando C# y .NET. |
| Desarrollo de Juegos | Unity | Motor de juego multiplataforma que utiliza C# para el desarrollo de juegos 2D y 3D. |
| | Unreal Engine | Ofrece herramientas avanzadas para el desarrollo de juegos y aplicaciones de realidad virtual y aumentada. |
| Machine Learning | TensorFlow | Una biblioteca de código abierto para el aprendizaje automático desarrollada por Google. |
| | PyTorch | utilizado para el desarrollo de aplicaciones de deep learning, soportado por Facebook. |
| Desarrollo de Aplicaciones de Escritorio | Electron | Permite construir aplicaciones de escritorio multiplataforma usando HTML, CSS y JavaScript. |
| | Qt | Desarrolla aplicaciones de escritorio y móviles con C++ y QML. |

* Descripción de framework en distintos entornos

3.4.2. Ventajas y Desventajas de un framework

Al utilizar un marco de trabajo tiene limitaciones que lo hacen en ciertas ocasiones un contratiempo al desarrollado por lo cual se detalla en la siguiente tabla sus pro y contras de utilizar un framework.

Tabla 8. Ventajas y Desventajas de Framework [8] [11].

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de Tiempo: Proporcionan componentes y herramientas preconstruidos, lo que acelera el desarrollo. • Calidad y Mantenimiento: Fomentan el uso de las mejores prácticas y proporcionan una estructura organizada, facilita el mantenimiento del código. • Escalabilidad: Permite escalar fácilmente a mejoras o funcionalidades por usuarios. | <ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga: Por utilización innecesaria en proyectos pequeño o simples. • Rigidez: imponen una estructura o modelo de trabajo que no se adecua al proyecto. |

-
- Seguridad: medidas de seguridad integradas para proteger de amenazas.
 - Curva de aprendizaje: la inversión de tiempo para utilizar el framework de manera óptima.
-

3.5. CodeIgniter

Es un framework de desarrollo web de código abierto para aplicaciones PHP, su velocidad, ligereza, rendimiento y rápida de implementación lo hacen especial [12]. Desarrollado inicialmente por EllisLab, y actualmente mantenido por el proyecto CodeIgniter Foundation, este framework sigue el patrón de diseño MVC (Modelo-Vista-Controlador), lo que permite una separación clara entre la lógica de negocio, la presentación y los datos [13].

Este framework es ampliamente utilizado para crear aplicaciones web dinámicas y robustas con una configuración mínima.



Figura 5 Logo Framework CodeIgniter [13].

CodeIgniter es un framework excelente para proyectos que requieren rapidez y simplicidad, en la actualidad cuenta con la versión 3.1.11 que es la versión de mejorada de la primera versión y su versión futura v4.4.0. diseñada para el uso con PHP 7.2. [13].

3.5.1. Ventajas y desventajas de CodeIgniter

Tabla 9. Ventajas y desventajas de CodeIgniter [13].

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ligero y Rápido: Es extremadamente ligero, lo que lo hace rápido en términos de rendimiento y velocidad de ejecución, beneficiando tiempos de respuesta rápidos. | <ul style="list-style-type: none"> • Funcionalidades Limitadas: no incluye tantas funcionalidades integradas, lo que puede requerir el uso de paquetes externos adicionales para ciertas tareas. |

-
- **Fácil de Aprender y Usar:** Su curva de aprendizaje es baja, su documentación es extensa y clara, facilitando su uso.
 - **Configuración Mínima:** Funciona con una configuración mínima, no es necesario usar la línea de comandos para las configuraciones básicas.
 - **Gran Comunidad y Soporte:** Existe una comunidad activa y mucho material de apoyo disponible en línea.
 - **Flexibilidad:** No obliga a seguir una estructura estricta.
 - **Soporte para PHP Antiguo:** Soporta versiones más antiguas de PHP, limitando el uso de nuevas características de PHP.
 - **Menor Modularidad:** No es tan modular, en aplicaciones grandes pueda que sean más difíciles de mantener y escalar.
 - **Ecosistema de Librerías:** el ecosistema no es tan extenso o moderno, lo que puede limitar las opciones de desarrollo.
-

3.6. Patrón arquitectónico

Un patrón arquitectónico es una solución general reutilizable para un problema recurrente dentro de un contexto dado en la arquitectura de software [14]. Los patrones arquitectónicos proporcionan plantillas probadas y prácticas recomendadas que ayudan a los arquitectos de software a diseñar sistemas robustos y escalables [13].

Estos patrones definen la estructura general y las interacciones entre los componentes del sistema.

3.6.1. Arquitectura de CodeIgniter (MVC)

La arquitectura de CodeIgniter se basa en el patrón de diseño MVC (Modelo-Vista-Controlador), que ayuda a separar la gestión de datos y lógica de negocio, la presentación o interfaz de usuario y la gestión de datos en las aplicaciones web [13].

A continuación, se describe cada componente del MVC en el contexto de CodeIgniter:

Modelo (Model): El componente del modelo representa la capa de datos de la aplicación. Aquí es donde se maneja toda la lógica relacionada con la base de datos, incluyendo la obtención, inserción, actualización y eliminación de datos [15].

Funciones Principales:

- ✓ Interactuar con la base de datos.
- ✓ Definir las reglas de negocio y validación.
- ✓ Gestionar datos y su estado.
- **Vista (View):** Es responsable de la presentación de datos al usuario final. Es la capa de interfaz de usuario donde se genera la salida de HTML, que puede incluir CSS,

JavaScript y otros recursos necesarios para la presentación.

Funciones Principales:

- ✓ Mostrar datos al usuario.
- ✓ Generar interfaces de usuario.
- ✓ Renderizar plantillas y elementos visuales.
- **Controlador (Controller):** Actúa como un intermediario entre el modelo y la vista. Recibe las solicitudes del usuario (a través de la URL), procesa la lógica necesaria, interactúa con el modelo para obtener datos y finalmente pasa estos datos a la vista para su presentación.

Funciones Principales:

- ✓ Manejar la lógica de la aplicación.
- ✓ Recibir y procesar solicitudes del usuario.
- ✓ Coordinar la interacción entre el modelo y la vista.

3.6.2. Flujo de Trabajo MVC en CodeIgniter

- **Solicitud del Usuario:** El usuario realiza una solicitud a la aplicación a través de una URL.
- **Router:** CodeIgniter utiliza un router para determinar qué controlador debe manejar la solicitud.
- **Controlador:** El controlador adecuado recibe la solicitud, procesa cualquier lógica de negocio necesaria y solicita datos del modelo.
- **Modelo:** El modelo interactúa con la base de datos y devuelve los datos solicitados al controlador.
- **Vista:** El controlador pasa los datos a la vista, que genera el HTML y presenta la información al usuario final.

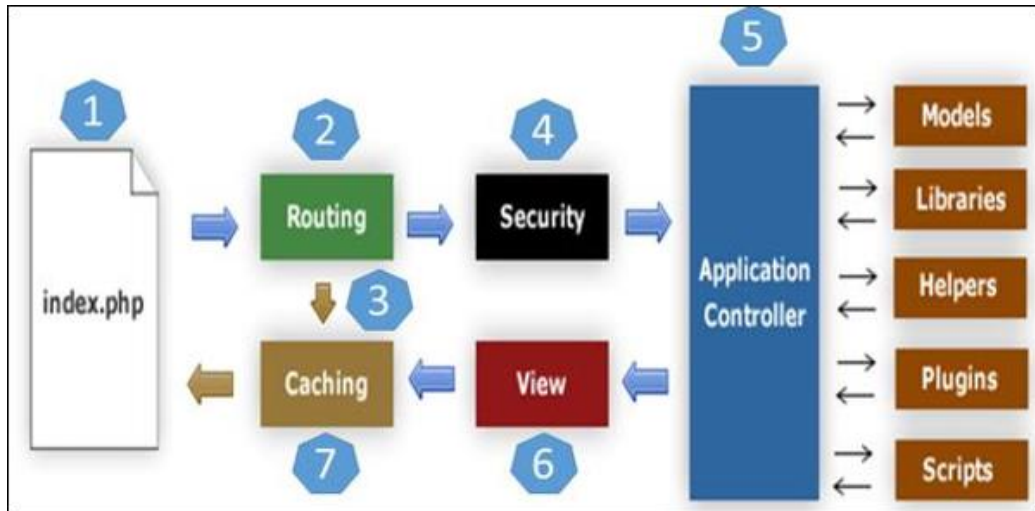


Figura 6 Arquitectura de CodeIgniter [13].

3.7. Lenguaje de programación

Un lenguaje de programación es un sistema formal compuesto por un conjunto de instrucciones que producen diversas salidas. Los lenguajes de programación se utilizan para implementar algoritmos y controlar el comportamiento de una máquina, particularmente una computadora [16].

Los lenguajes de programación se pueden clasificar en varios tipos, incluidos los lenguajes de alto nivel, como Python, Java y C++, que son más fáciles de entender y escribir para los humanos, y los lenguajes de bajo nivel, como el ensamblador y el código máquina, que son más cercanos al lenguaje nativo de las computadoras.

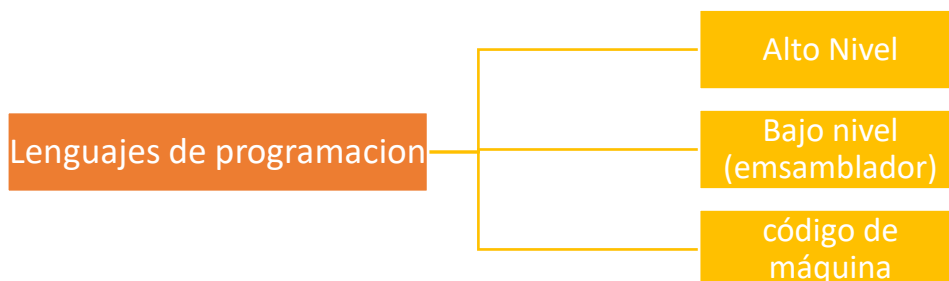


Figura 7 Clasificación de lenguajes de programación

3.7.1. PHP

Hypertext Preprocessor es un lenguaje de programación del lado del servidor ampliamente utilizado para el desarrollo web. Fue creado por Rasmus Lerdorf en 1994 y ha evolucionado

considerablemente desde entonces, PHP se integra fácilmente con HTML y es utilizado para generar contenido dinámico en páginas web, manejar sesiones, y conectarse con bases de datos [17].

Características principales de PHP:

- **Simplicidad y Facilidad de Uso:** Es fácil de aprender y utilizar, con una sintaxis intuitiva que se asemeja a C y Perl.
- **Interacción con Bases de Datos:** Tiene soporte incorporado para numerosos sistemas de gestión de bases de datos, como MySQL, PostgreSQL y SQLite.
- **Compatibilidad con Servidores:** Puede ejecutarse en casi cualquier servidor web, incluyendo Apache, Nginx e IIS.
- **Extensibilidad:** Se puede extender mediante una amplia gama de bibliotecas y frameworks, como Laravel y Symfony, que facilitan el desarrollo de aplicaciones complejas [17].

3.7.2. C++

Es un lenguaje de programación de propósito general que fue desarrollado por Bjarne Stroustrup en 1985 como una extensión del lenguaje C [18]. Es conocido por su eficiencia y capacidad de manejo de bajo nivel, así como por su soporte para programación orientada a objetos.

Características principales de C++:

- **Eficiencia y Rendimiento:** Permite una gestión eficiente de recursos y es ideal para aplicaciones que requieren un alto rendimiento.
- **Programación Orientada a Objetos (POO):** Soporta conceptos como clases, herencia, polimorfismo y encapsulamiento.
- **Flexibilidad y Control:** Permite un control detallado sobre el hardware y el sistema operativo, lo que es crucial para el desarrollo de software de sistemas y aplicaciones embebidas.
- **Compatibilidad con C:** Facilita la migración y reutilización de código C existente [19].

3.8. Bases de datos

Es una colección organizada de datos que se pueden acceder, gestionar y actualizar fácilmente. Los datos en una base de datos se estructuran en tablas, registros y campos, lo que facilita su recuperación y manipulación [20].

Las bases de datos son fundamentales en muchas aplicaciones modernas, desde sistemas empresariales hasta aplicaciones web y móviles.

3.8.1. Tipos de BD

- **Bases de Datos Relacionales:** Utilizan un modelo basado en tablas donde los datos se organizan en filas y columnas. Las relaciones entre las tablas se establecen mediante claves primarias y foráneas. A continuación, las BD más utilizados: MySQL, PostgreSQL, Oracle Database, Microsoft SQL Server.

Usos Comunes: Aplicaciones empresariales, sistemas de gestión de contenido, aplicaciones web.

- **Bases de Datos NoSQL:** No utilizan un esquema tabular como las bases de datos relacionales. Pueden ser documentales, de clave-valor, de columnas anchas o de grafos. Ejemplo de BD no relacionales: MongoDB (documental), Redis (clave-valor), Cassandra (columnas anchas), Neo4j (grafos).

Usos Comunes: Aplicaciones con grandes volúmenes de datos no estructurados, big data, análisis en tiempo real, redes sociales.

- **Bases de Datos Orientadas a Objetos:** Los datos se almacenan en forma de objetos, similar a cómo se representan en la programación orientada a objetos. Como por ejemplo: ObjectDB, db4o.

Usos Comunes: Aplicaciones que requieren una integración estrecha entre el código y la base de datos, sistemas CAD/CAM, telecomunicaciones.

- **Bases de Datos Distribuidas:** Los datos se distribuyen en múltiples ubicaciones físicas, pero se gestionan como una sola base de datos lógica. Por ejemplo Google Spanner, Amazon Aurora.

Usos Comunes: Aplicaciones que requieren alta disponibilidad y redundancia, sistemas de transacciones globales.

- **Bases de Datos en la Nube:** Las bases de datos que se alojan y gestionan en plataformas de computación en la nube. Por ejemplo Amazon RDS, Google Cloud SQL, Microsoft Azure SQL Database.

Usos Comunes: Aplicaciones web y móviles, startups que buscan escalar rápidamente sin invertir en infraestructura física.

- **Bases de Datos de Series Temporales:** Optimizadas para almacenar y consultar datos que varían con el tiempo. Como son InfluxDB, TimescaleDB.

Usos Comunes: Monitoreo de rendimiento de aplicaciones, datos de sensores IoT, análisis financiero [21] [11] [20].

3.9. XAMPP

Es una distribución de software libre y de código abierto que permite una instalación fácil de un servidor web Apache, una base de datos MySQL/MariaDB, y los intérpretes para lenguajes de scripts PHP y Perl, proporciona un entorno de desarrollo fácil de usar y configurar en sistemas operativos Windows, macOS y Linux [22].



Figura 8 Logo de XAMPP [22].

En la actualidad tiene varias versiones las más actuales para el sistema operativo Windows son v8.0.30 / PHP 8.0.30, v8.1.25 / PHP 8.1.25 y 8.2.12 / PHP 8.2.12.

3.9.1. Componentes Principales de XAMPP

- **Apache:** Es el servidor web más utilizado a nivel mundial. Apache sirve páginas web a los navegadores de los usuarios.

- **MySQL/MariaDB:** XAMPP incluye MySQL o MariaDB, que son sistemas de gestión de bases de datos relacionales utilizados para almacenar y gestionar datos de la aplicación.
- **PHP:** Es un lenguaje de programación del lado del servidor ampliamente utilizado para el desarrollo de aplicaciones web dinámicas.
- **Perl:** Es un lenguaje de programación de propósito general, utilizado en desarrollo web y administración de sistemas [22] [11].

3.9.2. Ventajas y desventajas de XAMPP

Tabla 10. Ventajas y Desventajas de XAMPP [22].

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Viene con una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permite a los usuarios iniciar y detener los servidores fácilmente. • Proporciona componentes necesarios para desarrollar, probar y desplegar aplicaciones web en un solo paquete. • Puede ser instalado en diversas plataformas. • Permite a los desarrolladores modificarlo según sus necesidades específicas. | <ul style="list-style-type: none"> • Está diseñado para su uso en entornos de desarrollo. Su configuración por defecto no es segura para entornos de producción. • Las configuraciones de seguridad predeterminadas son mínimas, lo que requiere ajustes adicionales para asegurar un entorno de producción. |

3.10. MySQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional (RDBMS) de código abierto, desarrollado originalmente por MySQL AB y actualmente mantenido por Oracle Corporation. MySQL es una de las bases de datos más populares del mundo debido a su rendimiento, confiabilidad y facilidad de uso, siendo ampliamente utilizado en aplicaciones web y de negocios [23].



Figura 9 Logo MySQL [23].

Características principales

- Ofrece un alto rendimiento, capaz de manejar grandes volúmenes de datos y un gran número de transacciones por segundo.
- Es un software de código abierto, lo que significa que es gratuito y puede ser modificado y distribuido por cualquiera. Existe una versión comercial con características adicionales y soporte empresarial ofrecida por Oracle.
- Es compatible con una amplia gama de sistemas operativos, incluidos Windows, Linux y macOS.
- Proporciona una sólida seguridad de datos con autenticación basada en host, cifrado de datos y soporte para SSL.
- Es escalable y puede manejar desde pequeñas aplicaciones hasta grandes bases de datos con millones de registros [23].

3.11. Metodología ágil

La metodología ágil es un enfoque de gestión y desarrollo de proyectos que enfatiza la flexibilidad, la colaboración, la comunicación constante y la capacidad de adaptarse rápidamente a los cambios [24]. Nació en la industria del software como una respuesta a los métodos tradicionales de desarrollo, que a menudo eran rígidos y lentos.



Figura 10 Ciclo de metodología ágil [1].

3.11.1. Características Principales de la Metodología Ágil

Según Guamán V. & Miranda J. (2020) afirman que las características principales de la metodología ágil son:

- **Iteraciones y Sprints:** Los proyectos se dividen en pequeños ciclos de trabajo, que generalmente duran de una a cuatro semanas. Cada iteración culmina con un producto funcional o una parte del producto, lo que permite recibir feedback continuo y realizar ajustes necesarios.
- **Colaboración y Comunicación:** La metodología ágil fomenta una comunicación constante y la colaboración entre todos los miembros del equipo, incluyendo desarrolladores, testers, y stakeholders. Reuniones diarias, conocidas como "scrums" en el marco de Scrum, aseguran que todos estén alineados y puedan resolver problemas rápidamente.
- **Enfoque en el Cliente:** Se pone un fuerte énfasis en la satisfacción del cliente mediante la entrega continua de software funcional y la incorporación de feedback del cliente en cada iteración.

- **Adaptabilidad:** La metodología ágil permite cambios en los requisitos y prioridades del proyecto en cualquier momento, asegurando que el producto final se ajuste lo mejor posible a las necesidades del cliente.
- **Desarrollo Incremental:** Los productos se desarrollan de manera incremental, permitiendo al equipo entregar versiones del producto en desarrollo que se van mejorando y expandiendo con cada iteración [25].

3.12. Marcos de Trabajo Ágiles Comunes

3.12.1. Scrum

Es un marco de trabajo ágil para gestionar proyectos complejos, particularmente en el desarrollo de software. Se centra en entregar productos funcionales en iteraciones cortas y bien definidas, llamadas sprints, que típicamente duran de dos a cuatro semanas [26]. Scrum promueve la colaboración, la responsabilidad y el progreso continuo hacia un objetivo bien definido.

Componentes principales

Tabla 11. Componentes de SCRUM [24] [26].

| Componente | Descripción | Detalles |
|-------------------|---|---|
| Roles | <ul style="list-style-type: none"> • Product Owner • Scrum Master • Equipo de Desarrollo | <ul style="list-style-type: none"> • Responsable de maximizar el valor del producto y gestionar el backlog del producto. Actúa como el punto de contacto entre el equipo de desarrollo y los stakeholders. • Remueve impedimentos que bloquean el progreso del equipo. • Un equipo autogestionado y multifuncional que trabaja juntos para entregar incrementos del producto en cada sprint. |
| Eventos | <ul style="list-style-type: none"> • Sprint • Sprint Planning • Daily Scrum • Sprint Review • Sprint Retrospective | <ul style="list-style-type: none"> • Ciclo de trabajo que dura de dos a cuatro semanas, entregando un incremento del producto. • Reunión antes de iniciar un sprint. • Reunión diaria de 15 minutos para sincronizar actividades. • Reunión al final de cada sprint, se presenta el trabajo. • Reunión final para realizar la mejora continua. |
| Artefactos | <ul style="list-style-type: none"> • Product Backlog • Sprint Backlog • Increment | <ul style="list-style-type: none"> • Lista priorizada de características, mejoras y correcciones. • Lista de tareas comprometidas en un sprint. • Es la suma de producto backlog. |

3.12.2. Kanban

Es un método ágil para gestionar el trabajo, especialmente útil en el desarrollo de software y en la mejora continua de procesos. Originado en el sistema de producción de Toyota, Kanban busca mejorar la eficiencia, visibilidad y flujo de trabajo mediante la visualización y la gestión del trabajo en progreso (WIP) [27]. Se centra en la visualización del flujo de trabajo mediante un tablero, permitiendo gestionar y mejorar continuamente el proceso de trabajo.

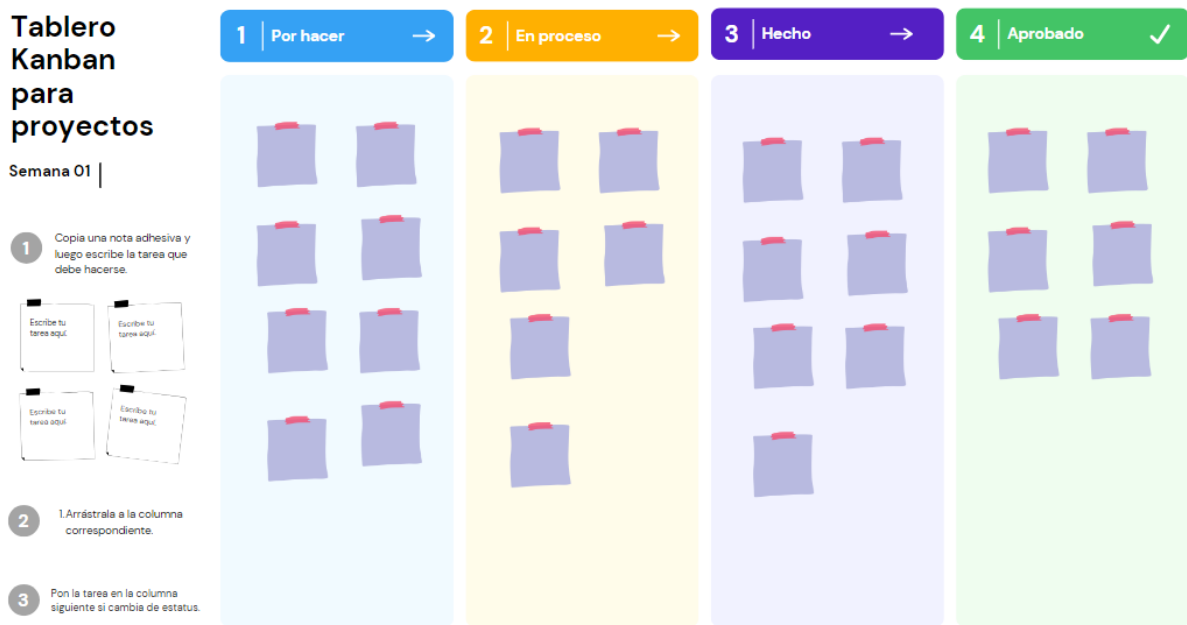


Figura 11 Tablero Kanban

Características principales de Kanban

- **Visualización del trabajo:** El trabajo se representa en un tablero Kanban, dividido en columnas que reflejan diferentes etapas del proceso. Las tareas individuales se visualizan como tarjetas que se mueven de una columna a otra según avanzan.
- **Límite de trabajo en progreso (WIP):** Establece límites en la cantidad de trabajo que puede estar en progreso en cada columna, ayudando a identificar cuellos de botella y mejoran el flujo de trabajo al evitar sobrecargas.
- **Gestión del flujo:** El enfoque está en gestionar el flujo de trabajo y mejorar continuamente la eficiencia y la calidad. Se presta atención a los tiempos de ciclo (el tiempo que tarda una tarea en completarse desde que se inicia) y a la identificación de bloqueos o retrasos.
- **Entrega continua:** A diferencia de los métodos que funcionan en iteraciones, Kanban

promueve la entrega continua y la mejora constante del proceso sin la necesidad de periodos de tiempo predefinidos.

- **Roles flexibles:** Kanban no prescribe roles específicos como otros marcos ágiles. Los equipos pueden adoptar roles según sus necesidades, pero no están obligados a seguir una estructura rígida [28].

3.12.3. Extreme Programming (XP)

Extreme Programming (XP) es una metodología de desarrollo de software ágil que se centra en mejorar la calidad del software y la capacidad de respuesta a los cambios en los requisitos del cliente. Fue desarrollada por Kent Beck en la década de 1990 y es conocida por sus prácticas de desarrollo intensivo y colaborativo [29]. Enfocado en la calidad del software y la capacidad de respuesta a los cambios, utilizando prácticas como el desarrollo dirigido por pruebas (TDD) y la programación en pares.

Características principales de XP

Tabla 12 Características Principales de XP [30].

| Características | Detalles |
|------------------------------------|---|
| Desarrollo iterativo e incremental | <ul style="list-style-type: none"> • Se divide el desarrollo en iteraciones cortas (generalmente de una a tres semanas) y entrega incrementos funcionales del producto al final de cada iteración. |
| Prácticas de programación | <ul style="list-style-type: none"> • Dos desarrolladores trabajan juntos en una sola estación de trabajo, revisando constantemente el código del otro para mejorar la calidad y compartir conocimientos. • Las pruebas se escriben antes de que se escriba el código funcional. Esto asegura que el código cumpla con los requisitos y facilita la detección temprana de errores. • El código se mejora y se simplifica continuamente sin cambiar su funcionalidad, manteniendo el sistema limpio y manejable. • El código se integra y se prueba varias veces al día para detectar problemas lo antes posible. |
| Comunicación y colaboración | <ul style="list-style-type: none"> • Feedback Rápido: El feedback constante de los clientes y de los miembros del equipo constante. • XP fomenta la escritura de código simple y claro, evitando complejidades innecesarias. |
| Planificación | <ul style="list-style-type: none"> • Los desarrolladores y los clientes colaboran para definir y priorizar las funcionalidades del próximo ciclo de desarrollo. |

- Utiliza metáforas para ayudar a los desarrolladores y a los clientes a entender cómo funcionará el sistema.

Ventajas y desventajas de XP

Tabla 13 Ventajas y desventajas de XP [11] [29].

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Las prácticas como la programación en pares, el TDD y la refactorización continua resultan en un código de alta calidad y menos errores. • XP es altamente adaptable y puede responder rápidamente a los cambios en los requisitos del cliente, asegurando que el producto final se ajuste mejor a sus necesidades. • El feedback constante y la integración continua permiten una mejora constante del producto y del proceso de desarrollo. • La colaboración constante con los clientes asegura que el equipo de desarrollo esté alineado con las expectativas y necesidades del cliente. | <ul style="list-style-type: none"> • Las prácticas de XP requieren una estricta adherencia y disciplina por parte del equipo. • La implementación de XP puede tener una curva de aprendizaje pronunciada, especialmente para los equipos que no están acostumbrados a prácticas como la programación en pares y el TDD. • XP requiere la participación continua del cliente, lo cual puede no ser posible en todos los entornos. |

3.13. Comparación de metodologías

En la siguiente tabla comparativa se proporciona una visión general de las diferencias y similitudes entre Scrum, Kanban y Extreme Programming (XP), facilitando la comprensión de sus características y la selección del enfoque más adecuado para el proyecto.

Tabla 14 Cuadro Comparativo entre Scrum, Kanban y Extreme Programming (XP) [27] [30] [11].

| Aspecto | Scrum | Kanban | Extreme Programming (XP) |
|--------------------------------|--|---|---|
| Enfoque principal | Iterativo e incremental con sprints definidos. | Gestión del flujo continuo de trabajo. | Calidad del código y adaptabilidad a cambios. |
| Duración de iteraciones | Sprints de 2-4 semanas. | Sin iteraciones predefinidas, entrega continua. | Iteraciones cortas de 1-3 semanas. |

| | | | |
|---|--|---|--|
| Roles | Product Owner, Scrum Master, Equipo de desarrollo. | No especifica roles; adaptable según el equipo. | Programador, Cliente, Coach, Tracker. |
| Eventos principales | Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review, Sprint Retrospective. | Tablero Kanban con columnas y límites de WIP. | Tarjetas de Historia, Pruebas Unitarias, Código Refactorizado. |
| Visibilidad del trabajo | Alta, mediante tableros y reuniones regulares. | Alta, mediante el tablero Kanban. | Alta, mediante revisiones constantes y pruebas. |
| Límites de trabajo en progreso (WIP) | Se controla mediante sprints. | Límites explícitos en cada columna del tablero. | Implícitos mediante prácticas de calidad y pruebas. |
| Adaptabilidad | Moderada; requiere adaptación al final de cada sprint. | Alta; se adapta continuamente según el flujo de trabajo. | Alta; cambios constantes según feedback. |
| Mejora continua | Realizada en la Sprint Retrospective. | Continuamente, mediante revisión del flujo de trabajo. | Constantemente, mediante prácticas de programación y feedback. |
| Interacción con el cliente | Alta; el Product Owner representa los intereses del cliente. | Variable; depende de cómo se configure el sistema Kanban. | Muy alta; el cliente está constantemente involucrado. |
| Escalabilidad | Moderada; puede requerir adaptación para equipos grandes. | Alta; fácilmente escalable ajustando el tablero y límites de WIP. | Baja a moderada; puede ser difícil para equipos muy grandes. |

3.14. Tecnologías asociadas

3.14.1. Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés Internet of Things) se refiere a la interconexión de dispositivos a través de la red para recopilar y compartir datos. Los dispositivos IoT pueden ser desde sensores simples hasta sistemas complejos y están diseñados para recopilar información del entorno y comunicarse con otros dispositivos o sistemas [31].



Figura 12. IoT y sus usos

3.14.2. Etapas de arquitectura IoT

Las etapas de la arquitectura IoT suelen implicar varios componentes clave que trabajan juntos para permitir la funcionalidad del sistema IoT. A continuación, se detalla las etapas principales de la arquitectura IoT.

- **Dispositivos y Sensores:**
 - ✓ Sensores: Recogen datos del entorno, como temperatura, humedad, nivel de basura, etc.
 - ✓ Actuadores: Realizan acciones basadas en datos, como abrir una válvula o encender una luz.
 - ✓ Dispositivos IoT: Integran sensores y actuadores para realizar tareas específicas.
- **Red de Comunicación:**
 - ✓ Conectividad: Los dispositivos se conectan a través de diferentes tecnologías de comunicación (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRaWAN, etc.).
 - ✓ Protocolos de Comunicación: Protocolos como MQTT, CoAP o HTTP son utilizados para transmitir datos entre dispositivos y servidores.
- **Gateway o Pasarela:**
 - ✓ Procesamiento de Datos: Recoge datos de los dispositivos y los envía al servidor o a la nube.
 - ✓ Protocolo de Conversión: Puede convertir protocolos de comunicación o

adaptar los datos para su transmisión.

- **Plataforma en la Nube o Servidor Central:**
 - ✓ Almacenamiento: Los datos se almacenan en la nube o en servidores locales para su procesamiento.
 - ✓ Procesamiento de Datos: Análisis y procesamiento de datos recibidos de los dispositivos.
 - ✓ Base de Datos: Almacena información histórica y en tiempo real para análisis y toma de decisiones.
- **Aplicaciones e Interfaces de Usuario:**
 - ✓ Aplicaciones: Ofrecen interfaces para interactuar con los datos, como aplicaciones móviles o paneles de control web.
 - ✓ Visualización: Herramientas que permiten a los usuarios visualizar y analizar los datos recopilados.
- **Seguridad:**
 - ✓ Autenticación y Autorización: Asegura que solo usuarios y dispositivos autorizados puedan acceder y modificar los datos.
 - ✓ Encriptación: Protege los datos durante la transmisión y el almacenamiento para evitar accesos no autorizados.
- **Gestión y Mantenimiento:**
 - ✓ Actualización de Firmware: Mantiene los dispositivos actualizados con las últimas versiones del software.
 - ✓ Monitorización y Soporte: Supervisa el estado del sistema y proporciona soporte en caso de fallos o problemas.

3.14.3. LoRa

LoRa (Long Range) es una tecnología de comunicación de largo alcance y bajo consumo que se utiliza en redes de IoT para conectar dispositivos de manera eficiente a distancias relativamente largas [32]. Es particularmente útil en aplicaciones donde el consumo de energía debe ser minimizado y la cobertura debe ser amplia.

Características principales de LoRa

Tabla 15. Características principales de LoRa [33].

| Características | Detalles |
|-----------------|----------|
|-----------------|----------|

| | |
|----------------------------------|--|
| Largo alcance | LoRa puede cubrir distancias de hasta 15-20 kilómetros en áreas rurales y 2-5 kilómetros en entornos urbanos, dependiendo de las condiciones del entorno y la infraestructura. |
| Banda de frecuencia | LoRa opera en bandas de frecuencia no licenciadas, como 868 MHz en Europa, 915 MHz en América del Norte y 433 MHz en algunas regiones de Asia. |
| Bajo consumo de energía | Los dispositivos LoRa están diseñados para operar con baterías durante largos períodos (a veces varios años) debido a su bajo consumo de energía. |
| Modulación de espectro expandido | Utiliza modulación LoRa (Chirp Spread Spectrum) para proporcionar una alta inmunidad al ruido y una mejor cobertura en comparación con otras tecnologías. |

3.14.4. LoRaWan (Long Range Wide Area Network)

Es un protocolo de comunicación de red diseñado para dispositivos IoT (Internet of Things) que requieren una conexión de largo alcance y bajo consumo de energía [33]. Es parte del estándar LoRa (Long Range), que utiliza modulación de espectro ensanchado para alcanzar grandes distancias de comunicación con un bajo consumo de energía.



Figura 13. Conexión Ecotachos inteligentes

3.14.5. Sensores de proximidad

Los sensores de proximidad juegan un papel crucial en la automatización de la gestión de residuos. Existen varios tipos de sensores, incluyendo ultrasónicos e infrarrojos, que permiten

detectar el nivel de llenado de los contenedores. Los sensores ultrasónicos funcionan emitiendo ondas sonoras que se reflejan en los objetos, mientras que los infrarrojos utilizan la reflexión de la luz para medir distancias [34]. La correcta selección y calibración de estos sensores es esencial para garantizar la precisión y fiabilidad de los datos recogidos.

3.14.6. Módulos y microcontroladores

- **Módulos:** Los módulos en el contexto de IoT y sistemas embebidos son componentes o conjuntos de componentes que proporcionan funcionalidades específicas y pueden integrarse fácilmente en sistemas más grandes. Algunos ejemplos comunes de módulos incluyen módulos de comunicación (WiFi, Bluetooth, LoRaWAN), módulos de sensores (temperatura, humedad, movimiento) y módulos de control (relés, actuadores) [35].
- **Microcontroladores:** Un microcontrolador es un pequeño circuito integrado que contiene un procesador, memoria y periféricos de entrada/salidas programables. Son el corazón de muchos sistemas embebidos y dispositivos IoT, proporcionando el poder de procesamiento necesario para controlar dispositivos y procesar datos [36].

3.14.7. ESP32

El ESP32 es un microcontrolador versátil y potente, ampliamente utilizado en aplicaciones IoT debido a su capacidad de conectividad Wi-Fi y Bluetooth, además de sus múltiples pines de entrada/salida. En un sistema de gestión de residuos, el ESP32 puede actuar como el cerebro del módulo de sensores, gestionando la adquisición de datos y la comunicación con la red LoRaWAN [37]. Su capacidad de procesamiento permite implementar algoritmos de control y gestión local antes de transmitir los datos a la nube.

3.14.8. Codificador

Un codificador en el contexto de sistemas IoT es un componente que convierte datos de un formato a otro para su transmisión o almacenamiento [33]. En el sistema de gestión de residuos, los datos recogidos por los sensores de proximidad deben ser codificados antes de ser transmitidos a través de LoRaWAN. Esto puede incluir la conversión de señales analógicas a digitales, compresión de datos, y la codificación para la transmisión eficiente y segura [11].

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. Tipo de Investigación

Este proyecto se enmarca en una investigación aplicada, ya que busca resolver un problema específico y práctico en la gestión de residuos en Latacunga mediante la implementación de tecnologías avanzadas. La investigación aplicada se caracteriza por su enfoque en la utilización de conocimientos y técnicas para desarrollar soluciones concretas que puedan ser implementadas en un contexto real. Además, el proyecto incorpora elementos de investigación tecnológica y de ingeniería, dado que se centra en la integración y desarrollo de sistemas tecnológicos para mejorar la eficiencia operativa.

4.1.1. Investigación aplicada

La investigación aplicada se centra en la utilización de conocimientos y técnicas para resolver problemas específicos y prácticos. En este proyecto, la investigación aplicada se utilizó para desarrollar e implementar un sistema inteligente que mejore la gestión de residuos en EPAGAL. El objetivo es crear una solución tecnológica que pueda ser utilizada directamente en un contexto real, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos.

4.1.2. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva se utilizó para caracterizar y entender el estado actual de la gestión de residuos en Latacunga. Este tipo de investigación implicó la recopilación de datos sobre los métodos tradicionales de recolección, la frecuencia de servicio, y los desafíos operativos enfrentados por EPAGAL. Esta información proporcionó una base sólida para identificar las áreas que necesitan mejoras y para diseñar un sistema que aborde estos problemas de manera efectiva.

4.1.3. Investigación exploratoria

La investigación exploratoria fue crucial en las primeras etapas del proyecto para investigar las tecnologías disponibles y su aplicabilidad en la gestión de residuos. Este tipo de investigación incluyó la revisión de literatura, estudios de caso de otras ciudades que han implementado tecnologías IoT en la gestión de residuos, y la evaluación de diferentes tipos de sensores, módulos de comunicación y plataformas de gestión de datos. La investigación exploratoria ayudó a identificar las mejores prácticas y las tecnologías más adecuadas para el contexto específico de Latacunga.

4.1.3. Investigación experimental

La investigación experimental se utilizó durante la fase de pruebas piloto del sistema. Esta fase implicó la implementación del sistema en una muestra representativa de contenedores de basura y la realización de experimentos controlados para evaluar su desempeño. Se midieron variables como la precisión de los sensores, la fiabilidad de la comunicación LoRaWAN, y la eficacia de los algoritmos de optimización de rutas. Los resultados de estos experimentos permitieron realizar ajustes y mejoras al sistema antes de su implementación a gran escala.

4.2. Técnicas de investigación

El objetivo principal de la técnica de investigación como es la entrevista es recopilar información cualitativa sobre las experiencias, percepciones y sugerencias de EPAGAL respecto a la implementación del sistema inteligente de monitoreo para la recolección de residuos.

4.2.1. Entrevista

La entrevista permitirá obtener una comprensión profunda y directa de los desafíos que actualmente tiene la empresa EPAGAL, donde se evaluará necesidades y se recogerá recomendaciones acerca de la propuesta de implementar un sistema inteligente para la gestión de residuos. Los datos recopilados durante las entrevistas se transcribirán y se analizarán utilizando técnicas de análisis cualitativo, como la codificación temática. Este análisis permitirá identificar patrones, tendencias y temas recurrentes que proporcionarán una comprensión profunda de la aceptación y eficacia del sistema inteligente.

4.3. Descripción del proyecto

El proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo e implementación de un sistema inteligente de monitoreo para la recolección de residuos, utilizando sensores de proximidad y tecnologías de comunicación en tiempo real como LoRaWAN. Este sistema se diseñará para optimizar las rutas de recolección de residuos, mejorando la eficiencia y reduciendo los costos operativos en EPAGAL, la Empresa Pública de Aseo de Latacunga.

4.3. Procedimientos

4.3.1. Recolección de información y revisión bibliográfica

El primer paso en el desarrollo del proyecto es la recopilación de información relevante sobre las tecnologías disponibles y su aplicación en la gestión de residuos. Esto incluye una revisión

exhaustiva de fuentes bibliográficas primarias y secundarias, tales como artículos científicos, tesis, reportes técnicos y documentación de fabricantes de sensores y equipos IoT (datasheet). Este proceso permitirá identificar las mejores prácticas y tecnologías más adecuadas para el contexto de Latacunga.

4.3.2. Diseño del sistema electrónico

El diseño del sistema se divide en varios componentes clave:

- **Sensores de proximidad:** Se seleccionarán y calibrarán sensores de proximidad (ultrasonicos o infrarrojos) para medir el nivel de llenado de los contenedores de basura. La calibración de los sensores es crucial para asegurar la precisión y fiabilidad de los datos recolectados.
- **Módulos de comunicación:** Los módulos de comunicación basados en LoRaWAN serán integrados con los sensores para transmitir los datos de nivel de llenado en tiempo real. LoRaWAN se selecciona por su capacidad de transmisión a larga distancia con bajo consumo energético, lo cual es ideal para aplicaciones de IoT en áreas urbanas y rurales.
- **Microcontroladores ESP32:** Se utilizarán microcontroladores ESP32 para gestionar la adquisición de datos de los sensores y su transmisión a través de la red LoRaWAN. El ESP32 es elegido por su versatilidad y capacidades de conectividad.

4.3.3. Desarrollo del sistema inteligente para la gestión de datos

El sistema será desarrollado para la gestión y visualización de los datos recolectados, el sistema incluirá:

- **Base de datos:** Para el almacenamiento eficiente y seguro de los datos en tiempo real.
- **Dashboard interactivo:** Herramientas de visualización para que los operadores puedan monitorizar el estado de los contenedores y tomar decisiones informadas sobre las rutas de recolección.

4.3.4. Implementación y pruebas piloto

La implementación del sistema se realizará en una muestra representativa de contenedores de basura en Latacunga. Los pasos son los siguientes:

- **Instalación de sensores y módulos:** Colocación de los sensores de proximidad y módulos de comunicación en los contenedores seleccionados.

- **Configuración de la Red LoRaWAN:** Establecimiento de Gateways y configuración de la red para asegurar la cobertura adecuada.
- **Integración con la plataforma de gestión:** Conexión de los módulos con la plataforma centralizada para la transmisión y visualización de datos.
- **Pruebas y validación:** Realización de pruebas para verificar la funcionalidad del sistema y la precisión de los datos recolectados. Ajustes y calibraciones según sea necesario.

4.3.5. Evaluación y análisis de resultados

La evaluación del sistema se llevará a cabo mediante la comparación de la eficiencia operativa y los costos antes y después de la implementación del sistema inteligente. Los indicadores clave de desempeño (KPIs) incluirán:

- Reducción en el tiempo de recolección: Medición del tiempo promedio necesario para completar las rutas de recolección.
- Llenado de ecotachos por ruta: Evaluación del llenado de ecotachos para optimización de rutas.
- Mejora en la eficiencia operativa: Análisis del aumento en la eficiencia operativa basado en la frecuencia de recolección y la utilización de los recursos.

4.4. Delimitación del proyecto

El proyecto se delimita a la implementación y prueba del sistema en la ciudad de Latacunga, bajo la gestión de EPAGAL. Se abordará una muestra representativa de contenedores de basura cerca de la **empresa** para evaluar la efectividad del sistema, con el potencial de expandir la implementación en el futuro basado en los resultados obtenidos. La fase de pruebas permitirá identificar posibles mejoras y ajustes necesarios antes de una implementación a gran escala.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Resultado de la entrevista al gerente de EPAGAL al Ing. Edison Parra

A continuación, se detalla la entrevista proporcionada por el gerente de la empresa:

Entrevistador (Alvaro Lasluisa):

Buenos días, señor Ing. Edison Parra. Gracias por tomarse el tiempo para participar en esta entrevista, somos estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Sistemas

de Información. El propósito de esta entrevista es recopilar información sobre sus experiencias y percepciones respecto a la implementación del sistema inteligente de monitoreo para la recolección de residuos en EPAGAL, mismo que nos servirá para realizar nuestro tema de titulación. Su participación es voluntaria y confidencial. ¿Está de acuerdo con que grabemos esta conversación para facilitar su análisis posterior?

Edison Parra:

Buenos días. Sí, estoy de acuerdo. Gracias por invitarme a participar.

Entrevistador:

Gracias. Empecemos con algunas preguntas generales sobre la gestión actual de residuos en EPAGAL.

Categoría 1: Experiencias actuales en la gestión de residuos

Entrevistador (Alvaro Lasluisa):

¿Cómo describiría el proceso actual de recolección de residuos en EPAGAL?

Edison Parra:

Actualmente, el proceso de recolección de residuos se realiza de manera programada, siguiendo rutas fijas que se establecen en base a la experiencia y la observación. Sin embargo, a menudo enfrentamos problemas de eficiencia, ya que algunos contenedores se llenan más rápido que otros y a veces recogemos contenedores que no están completamente llenos.

Entrevistador :

1. ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta EPAGAL en la gestión de residuos?

Edison Parra:

Uno de los mayores desafíos es la optimización de las rutas de recolección. Debido a la falta de datos en tiempo real sobre el llenado de los contenedores, a veces nuestros camiones de recolección realizan viajes innecesarios o no alcanzan a vaciar todos los contenedores que lo necesitan. Además, el consumo de combustible y el mantenimiento de los vehículos son preocupaciones constantes.

Entrevistador:

2. ¿Qué cambios ha notado en la eficiencia operativa en los últimos años?

Edison Parra: Hemos intentado implementar mejoras basadas en la experiencia del personal y la observación directa, pero sin datos precisos es difícil hacer cambios significativos. Aunque hemos logrado algunos avances en la recolección y gestión, aún hay mucho margen para mejorar.

Categoría 2: Percepción del sistema inteligente

Entrevistador:

3. ¿Qué conocimiento tiene sobre los sistemas inteligentes de monitoreo?

Edison Parra:

Sé que son nuevas tecnologías que proporcionan datos reales y son en tiempo real como existe en varias ciudades de primer orden. Estos sistemas tienen el potencial de proporcionar información valiosa para optimizar rutas de recolección y mejorar la eficiencia general de nuestras operaciones y con eso mejorar la calidad de vida de los laticungueños.

Entrevistador (Alvaro Lasluisa):

4. ¿Cómo cree que este sistema puede impactar su trabajo diario y el de su equipo?

Edison Parra:

Creo que el sistema puede tener un impacto muy positivo. Al disponer de datos en tiempo real, podremos planificar mejor nuestras rutas de recolección, reduciendo los viajes innecesarios y asegurando que los contenedores se vacíen cuando sea necesario. Esto no solo mejorará la eficiencia operativa, sino que también podría reducir los costos de combustible y mantenimiento de los vehículos.

Entrevistador:

5. ¿Cuáles son sus expectativas respecto a la mejora en la recolección de residuos con el tema propuesto?

Edison Parra:

Espero que el sistema nos permita hacer un uso más eficiente de nuestros recursos y mejorar la calidad del servicio que ofrecemos a la comunidad. Además, anticipamos una reducción en los costos operativos y una mayor satisfacción tanto del personal de recolección como de los residentes de Latacunga.

Categoría 3: Implementación y uso del sistema

Entrevistador:

6. ¿Le gustaría recibir capacitación sobre el uso de nuevas tecnologías? Si es así, ¿cómo le gustaría?

Edison Parra:

Sí, nos gustaría tener capacitaciones sobre el manejo de estas nuevas tecnologías. Las capacitaciones deben ser claras y detalladas, para que el personal se siente más preparado para utilizar el sistema en su trabajo diario.

Entrevistador:

7. ¿Tiene algún problema si se realiza un adecuación a los ecotachos para implementar un circuito electrónico de transmisión de datos?

Edison Parra:

No existiría problema, la implementación de nuevas tecnologías es necesario para una mejora continua y principalmente teniendo en cuenta que la red LoRaWAN es algo novedoso y de gran utilidad.

Entrevistador:

8. ¿Qué tan fácil o difícil le resulta interpretar los datos proporcionados por un sistema?

Edison Parra: La plataforma de gestión de datos debe ser bastante intuitiva y fácil de usar, para que la interpretación de algunos datos no se complique y de esta manera la toma de decisiones sea la correcta.

Categoría 4: Sugerencias y recomendaciones

Entrevistador:

9. ¿Qué aspectos del sistema inteligente considera principales?

Edison Parra:

Puede ser la integración de funciones como un ingreso a la plataforma, tener mapas de rutas y que sea entendible, ahora si es posible la plataforma de gestión puede contener herramientas avanzadas de análisis y predicción.

Entrevistador:

10. ¿Tiene alguna sugerencia sobre cómo se podría optimizar aún más el proceso de recolección de residuos?

Edison Parra:

Una sugerencia sería implementar un sistema de retroalimentación en tiempo real para los conductores de los camiones de recolección, permitiéndoles ajustar sus rutas sobre la marcha según los datos más recientes. También podría ser útil contar con una mayor cantidad de puntos de recolección de datos para tener una imagen más completa de la situación en la ciudad.

Entrevistador:

11. ¿Qué tipo de apoyo adicional necesitaría para utilizar el sistema de manera más efectiva?

Edison Parra:

Sería útil contar con apoyo técnico continuo y más capacitación específica para el personal sobre el análisis de datos y la toma de decisiones basada en la información proporcionada por el sistema. Además, la actualización regular de la plataforma con nuevas funcionalidades también sería beneficiosa.

Cierre de la entrevista

Entrevistador:

Muchas gracias, señor Parra, por su tiempo y por compartir sus valiosas opiniones.

12. ¿Hay algo más que le gustaría agregar o alguna pregunta que tenga?

Edison Parra:

No, creo que hemos cubierto los puntos más importantes. Agradezco la oportunidad de participar y espero que esta información sea útil para el proyecto.

Entrevistador:

Gracias nuevamente por su tiempo y participación. Sus aportes serán fundamentales para el éxito de este proyecto.

5.2. Análisis de la entrevista

La entrevista con el Ing. Edison Parra, Gerente General de EPAGAL, proporcionó información valiosa sobre la situación actual y los desafíos que enfrenta la empresa pública en la gestión de residuos. El análisis se centra en las principales áreas de discusión: experiencias actuales en la

gestión de residuos, percepción del sistema inteligente propuesto, necesidades específicas de EPAGAL, consideraciones para la implementación, y sugerencias y recomendaciones.

5.2.1. Experiencias actuales en la gestión de residuos

- **Proceso actual:** EPAGAL sigue rutas predefinidas para la recolección de residuos, basadas en la experiencia y observación. La falta de datos en tiempo real dificulta la optimización de estas rutas.
- **Desafíos principales:** La ineficiencia en las rutas de recolección, con contenedores que a veces se recogen sin estar llenos o que se desbordan por falta de recogida oportuna. Además, los costos operativos, especialmente en combustible y mantenimiento de vehículos, son altos.
- **Medidas tomadas:** Se han realizado intentos de mejora basados en la experiencia del personal y ajustes periódicos en las rutas, pero estos cambios han sido limitados en efectividad debido a la falta de datos precisos.
- **Análisis:** La información recopilada destaca una clara necesidad de mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos mediante la optimización de las rutas de recolección y el uso de datos en tiempo real. Esto justifica la implementación de un sistema inteligente de monitoreo que puede proporcionar los datos necesarios para tomar decisiones informadas.

5.2.2. Percepción del Sistema Inteligente propuesto

- **Interés inicial:** El Ing. Edison Parra mostró interés en la idea de tener datos en tiempo real sobre el llenado de los contenedores.
- **Impacto anticipado:** Se espera que el sistema mejore significativamente la eficiencia operativa, reduzca los costos y mejore la calidad del servicio.
- **Análisis:** La reacción positiva del Ing. Edison Parra hacia la propuesta indica una receptividad a la implementación de tecnologías avanzadas para mejorar la gestión de residuos. La anticipación de beneficios tangibles, como la reducción de costos y la mejora de la eficiencia, refuerza la viabilidad de la propuesta.

5.2.3. Identificación de necesidades específicas

- **Áreas prioritarias:** Optimización de rutas, reducción de costos operativos, mantenimiento preventivo y mejora de la satisfacción del usuario.

- **Aspectos técnicos:** Notificaciones en tiempo real, interfaz de usuario intuitiva y capacidades de análisis y reportes detallados.
- **Análisis:** Las necesidades identificadas alinean perfectamente con las capacidades del sistema inteligente propuesto. La prioridad en la optimización de rutas y la reducción de costos destaca la importancia de un sistema que pueda proporcionar datos precisos y en tiempo real. La solicitud de notificaciones y una interfaz intuitiva indica la necesidad de una solución que sea fácil de usar y que pueda integrarse sin problemas en las operaciones diarias.

La entrevista con el Ing. Edison Parra confirmó la relevancia y la necesidad de un sistema inteligente de monitoreo para la recolección de residuos en EPAGAL. Sus comentarios y sugerencias proporcionan una base sólida para ajustar y refinar la propuesta para que se adapte a las necesidades específicas de EPAGAL y proporcionar un mejor servicio a la comunidad de Latacunga.

5.3. Herramientas de programación

Tabla 16. Herramientas de programación

| Nombre | Versión | Licencia |
|-------------|---------|----------|
| PHP | 8.0.30 | Gratuita |
| Java | 22.0.1 | Gratuita |
| Codeigniter | 3.1.11 | Gratuita |
| MySQL | 10.4.32 | Gratuita |
| Atom | 1.63.1 | Gratuita |
| HTML | V5 | Gratuita |
| IDE Arduino | 2.3.2 | Gratuita |

5.4. Seguimiento de la metodología de desarrollo

5.4.1. Definición de roles del equipo

Tabla 17. Roles del equipo “Metodología XP”

| Rol | Asignado |
|-------------------------------|------------------------------|
| Programador | Alajo Chimbo Leonardo Jesús, |
| Cliente | Epagal |
| Encargado de pruebas (Tester) | Alajo Chimbo Leonardo Jesus |

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Encargado del seguimiento (Tracker) | Lasluisa Alajo Alvaro Jesús |
| Entrenador (Coach) | Lasluisa Alajo Alvaro Jesús |
| Consultor | Ing. Víctor Hugo Medina Matute |
| Gestor (Big Boss) | Lasluisa Alajo Alvaro Jesús |

5.4.2 Planificación

En la siguiente etapa de la planificación, según los principios de la metodología XP, se ha recopilado los requisitos mediante entrevistas realizadas a los usuarios finales. Estas entrevistas permitieron definir detalladamente cada uno de los procesos involucrados.

5.4.3. Priorización de las historias de usuario

5.4.4. Historias de usuario

Tabla 18 Historias de usuario

| Orden | Tarea | Prioridad | Complejidad |
|--------------|--|-----------|-------------|
| 1 | El sistema permitirá ingresar al usuario al sistema | Alta | 30sp |
| 2 | El sistema permitirá al usuario visualizar las localidades donde están ubicados los ecotachos de acuerdo a sus respectivas rutas | Alta | 30sp |
| 3 | El sistema dispondrá de mapas con información de las tres rutas (Oriental, Occidental, Nocturna) | Alta | 20sp |
| 4 | El sistema dispondrá de un mapa general de ubicaciones | Alta | 30sp |
| 5 | El sistema permitirá al administrador ingresar al sistema | Alta | 30sp |
| 6 | El sistema permitirá al administrador visualizar el listado de ecotachos | Alta | 30sp |
| 7 | El sistema permitirá ver los datos de los ecotachos llenos con la información del Lora | Alta | 30sp |
| 8 | El sistema mediante sus botones podrá editar o eliminar la información del listado de los ecotachos | Media | 30sp |
| 9 | El sistema dispondrá de iconos de las diferentes rutas | Media | 20sp |
| Total | | | 250 |

5.4.5. Iteraciones de las historias de usuario

Tabla 19 Iteraciones historias de usuario

| Modulo | Orden | Tarea |
|--------------------|--------------|--|
| Iteración 1 | 1 | El sistema permitirá ingresar al usuario al sistema |
| | 2 | El sistema permitirá al usuario visualizar las localidades donde están ubicados los ecotachos de acuerdo a sus respectivas rutas |
| | 3 | El sistema dispondrá de mapas con información de las tres rutas (Oriental, Occidental, Nocturna) |
| Iteración 2 | 4 | El sistema dispondrá de un mapa general de ubicaciones |
| | 5 | El sistema permitirá al administrador ingresar al sistema |
| | 6 | El sistema permitirá al administrador visualizar el listado de ecotachos |
| Iteración 3 | 7 | El sistema permitirá ver los datos de los ecotachos llenos con la información del Lora |
| | 8 | El sistema mediante sus botones podrá editar o eliminar la información del listado de los ecotachos |
| | 9 | El sistema dispondrá de iconos de las diferentes rutas |

Historia de usuario 1.

Tabla 20 Historia de usuario 1

| Historia de usuario | |
|----------------------------|--|
| Numero | |
| 1 | |

| | |
|----------------------|--|
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |
| Prioridad | Alta |
| Descripción | El sistema permitirá ingresar al usuario al sistema |
| Observaciones | El sistema será creado de manera predefinida a un usuario con un Correo y Contraseña |

Historia de usuario 2.

Tabla 21 Historia de usuario 2

Historia de usuario

| | |
|----------------------|--|
| Numero | 2 |
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |
| Prioridad | Alta |
| Descripción | El sistema permitirá al usuario visualizar las localidades donde están ubicados los ecotachos de acuerdo a sus respectivas rutas |
| Observaciones | El usuario podrá visualizar todos los datos en donde van a estar ubicados los ecotachos de sus distintas rutas |

Historia de usuario 3.

Tabla 22 Historia de usuario 3

Historia de usuario

| | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Numero | 3 |
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |
| Prioridad | Alta |

| | |
|----------------------|--|
| Descripción | El sistema dispondrá de mapas con información de las tres rutas (Oriental, Occidental, Nocturna) |
| Observaciones | El usuario tendrá tres pestañas donde podrá revisar las rutas individualmente |

Historia de usuario 4.

Tabla 23 Historia de usuario 4

| Historia de usuario | |
|----------------------------|---|
| Numero | 4 |
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |
| Prioridad | Alta |
| Descripción | El sistema dispondrá de un mapa general de ubicaciones |
| Observaciones | El usuario podrá visualizar en un mapa general la localidad de cada uno de los ecotachos con sus respectivos iconos |

Historia de usuario 5.

Tabla 24 Historia de usuario 5

| Historia de usuario | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Numero | 5 |
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |
| Prioridad | Alta |

| | |
|----------------------|--|
| Descripción | El sistema permitirá al administrador ingresar al sistema |
| Observaciones | El sistema será creado de manera predefinida a un administrador con un Correo y Contraseña |

Historia de usuario 6.

Tabla 25 Historia de usuario 6

Historia de usuario

| | |
|----------------------|---|
| Numero | 6 |
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |
| Prioridad | Alta |
| Descripción | El sistema permitirá al administrador visualizar el listado de ecotachos |
| Observaciones | Permite visualizar todo el listado que estarán agregados de los ecotachos con toda su información detallada |

Historia de usuario 7.

Tabla 26 Historia de usuario 7

Historia de usuario

| | |
|--------------------|-----------------------------------|
| Numero | 7 |
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |
| Prioridad | Alta |

| | |
|----------------------|---|
| Descripción | El sistema permitirá ver los datos de los ecotachos llenos con la información del Lora |
| Observaciones | En la página se podrá visualizar los datos obtenidos de los ecotachos mediante el LoraWan |

Historia de usuario 8.

Tabla 27 Historia de usuario 8

| Historia de usuario | |
|----------------------------|---|
| Numero | 8 |
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |
| Prioridad | Media |
| Descripción | El sistema mediante sus botones podrá editar o eliminar la información del listado de los ecotachos |
| Observaciones | El administrador podrá editar y eliminar los datos de los ecotachos |

Historia de usuario 9.

Tabla 28 Historia de usuario 9

| Historia de usuario | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Numero | 9 |
| Responsable | Alajo Leonardo Lasluisa Alvaro |

| | |
|----------------------|--|
| Prioridad | Media |
| Descripción | El sistema dispondrá de iconos de las diferentes rutas |
| Observaciones | La información será detalla de acuerdo a los iconos con sus diferentes rutas |

Tarjeta CRC

Tarjeta de Usuarios

Tabla 29 Tarjetas de usuarios

| Usuario | |
|-------------------|---------------|
| Funcionalidades | Colaboradores |
| Agregar | |
| Actualizar | ADMINISTRADOR |
| Mostrar | |
| Eliminar | |

Tarjeta de datos

Tabla 30 Tarjetas de datos

| Datos | |
|-----------------|---------------|
| Funcionalidades | Colaboradores |
| Agregar | |
| Mostrar | ADMINISTRADOR |
| Eliminar | |

5.4.6. Prototipo

Inicio de sesión: Descripción

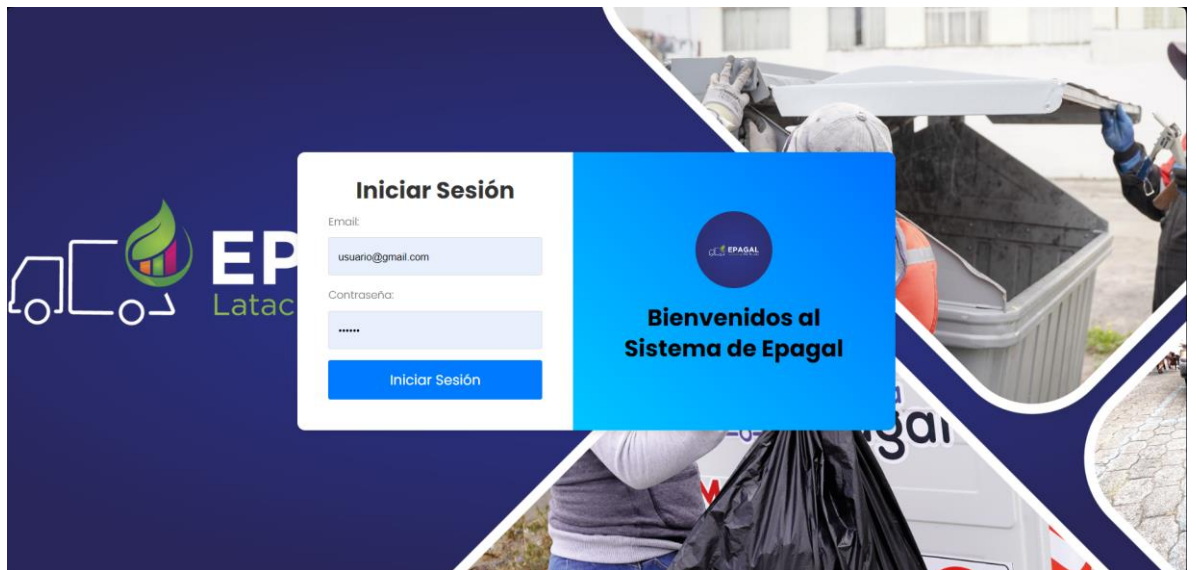


Figura 14 Inicio de sesión

Mapa de ecotachos occidentales

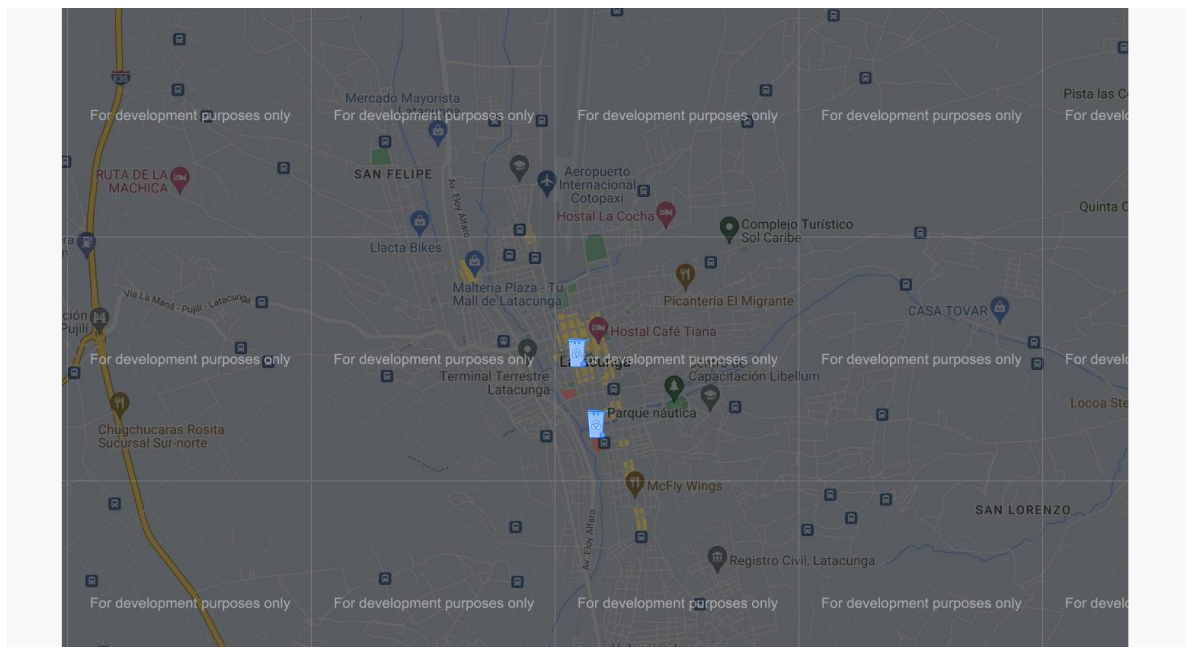


Figura 15 Mapa de ecotachos occidentales

Mapa de ecotachos orientales

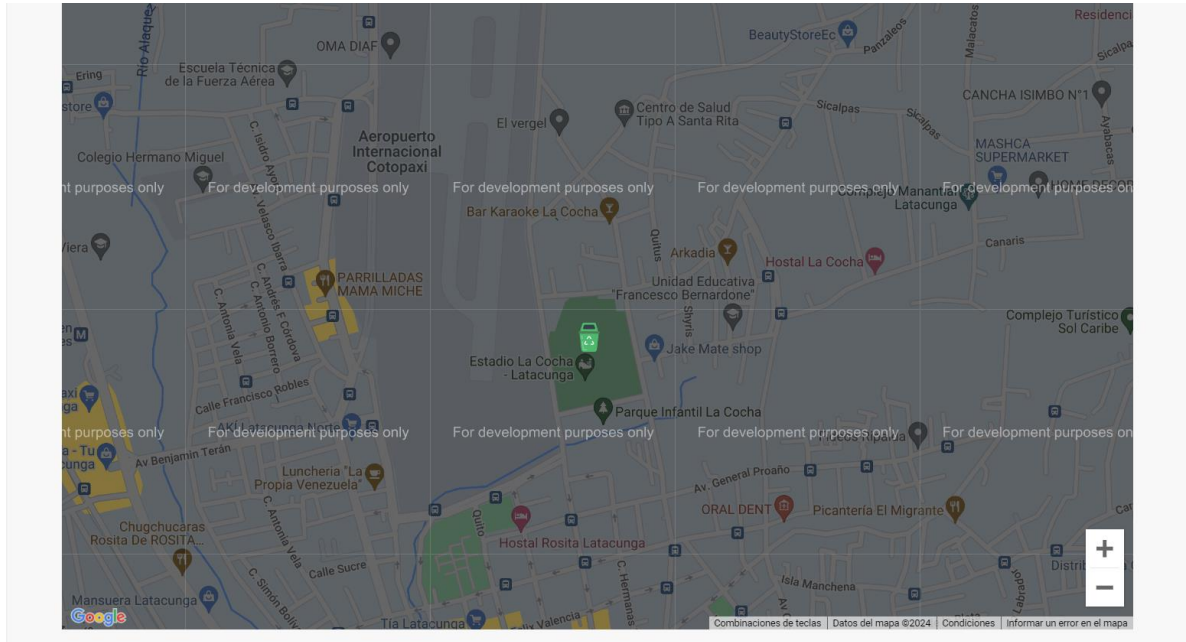


Figura 16 Mapa de ecotachos orientales

Mapa de ecotachos nocturno

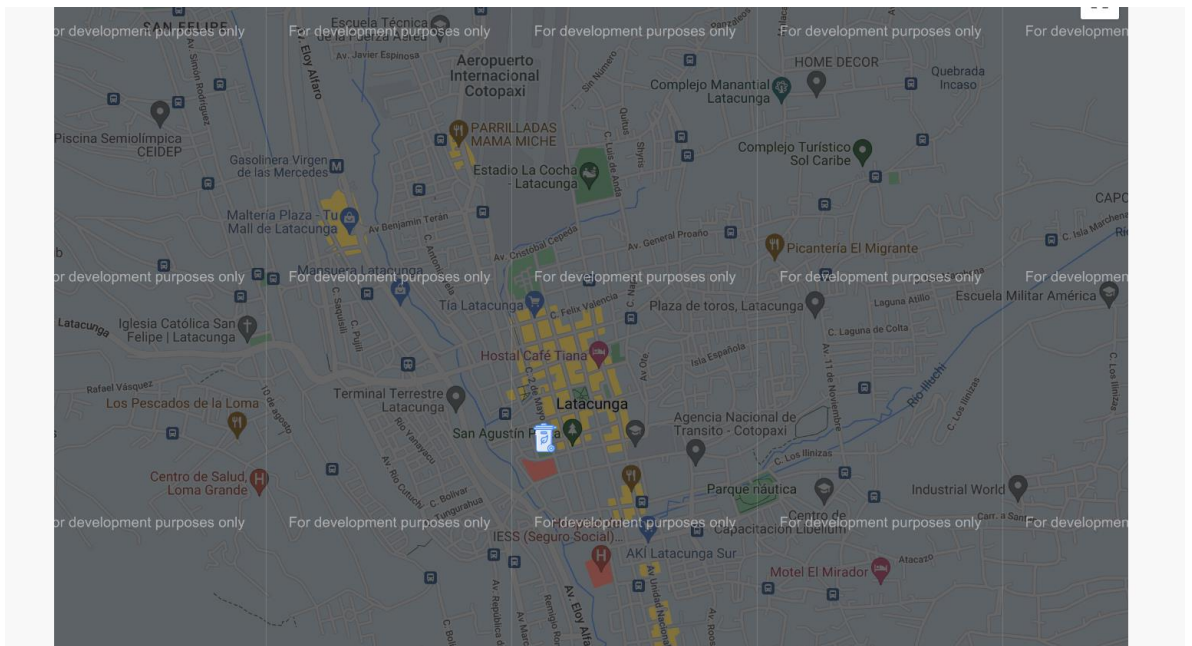


Figura 17 Mapa de ecotachos nocturno

Mapa general

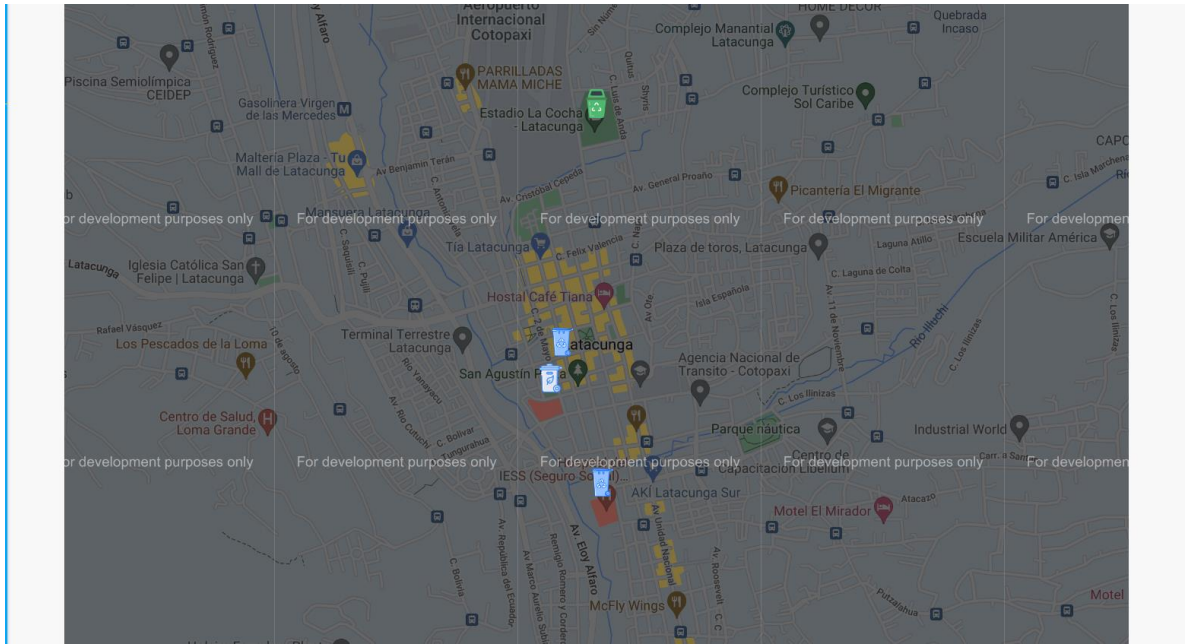


Figura 18 Mapa general

Datos registrados (CRUD)

Ecotachos

Agregar Ecotacho

| Código | Dirección | Observaciones | Latitud | Longitud | Ruta ID | Acciones |
|--------|--------------|---------------|---------------------|--------------------|---------|---|
| 0001 | hfjkshdkj | fdshfjkshk | -0.9237586383777363 | -78.61460742454449 | 1 | Editar Eliminar |
| 0002 | hfdsjhfkds | fhkdjks | -0.9345048367557611 | -78.61613762479394 | 2 | Editar Eliminar |
| 0003 | jatfkfds | hfajkskfs | -0.9361702666137118 | -78.61666467889069 | 3 | Editar Eliminar |
| 00006 | kjdhkjsdskfj | hfdhfsdjkth | -0.9408769119309113 | -78.6143606613469 | 2 | Editar Eliminar |

Figura 19 Datos registrados (CRUD)

Usuarios registrados en la base de datos

Opciones extra

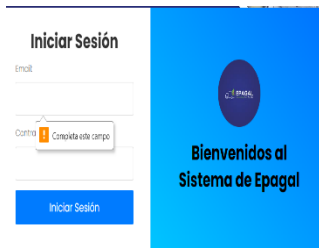
| id_usu | nombre_usu | email_usu | apellido_usu | password_usu | perfil_usu | creacion_usu |
|--------|---------------|-------------------|---------------|--------------|---------------|---------------------|
| 3 | Administrador | admin@gmail.com | administrador | 1234 | ADMINISTRADOR | 2023-06-28 12:08:00 |
| 1 | usuario | usuario@gmail.com | usuario | 123456 | USUARIO1 | 2023-06-24 23:33:36 |

Figura 20 Usuarios registrados en la base de datos

5.4.7. Pruebas

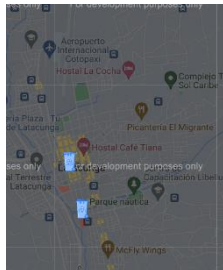
Pruebas de validación de campos vacíos

Tabla 31 Pruebas de validación de campos vacíos

| N | Variable | Se espera | Se obtuvo | Imagen |
|---|-------------------------------------|--|---|---|
| 1 | Validación si existe un campo vacío | El sistema debe mostrar un mensaje indicando que hay campos vacíos | El sistema muestra el mensaje de correo y la contraseña es incorrecta |  |

Pruebas de mapa de la ruta occidental

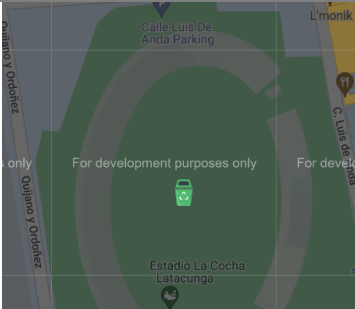
Tabla 32 Pruebas de mapa de la ruta occidental

| N | Variable | Se espera | Se obtuvo | Imagen |
|---|--|--|---|---|
| 1 | Observación de los datos registrados en la ruta occidental | El sistema debe mostrar todos los datos de la ruta | El sistema muestra el mapa con los datos de la ruta |  |

Pruebas de mapa de la ruta oriental


Tabla 33 Pruebas de mapa de la ruta oriental

| N | Variable | Se espera | Se obtuvo | Imagen |
|---|----------|-----------|-----------|--------|
|---|----------|-----------|-----------|--------|

| | | | | |
|----------|--|--|----------------------------|--|
| 1 | Observación de los datos registrados en la ruta oriental | El sistema debe mostrar un mapa con todos los datos de la ruta | El sistema muestra el mapa |  |
|----------|--|--|----------------------------|--|

Pruebas de mapa de la ruta nocturna

Tabla 34 Pruebas de mapa de la ruta nocturna

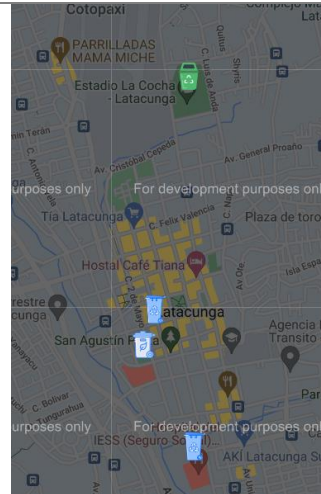
| N | Variable | Se espera | Se obtuvo | Imagen |
|----------|--|--|----------------------------|---|
| 1 | Observación de los datos registrados en la ruta nocturna | El sistema debe mostrar un mapa con todos los datos de la ruta | El sistema muestra el mapa |  |

Pruebas de mapa general

Tabla 35 Pruebas de mapa general

| N | Variable | Se espera | Se obtuvo | Imagen |
|----------|-----------------|------------------|------------------|---------------|
|----------|-----------------|------------------|------------------|---------------|

| | | | |
|---|---|--|---------------------------------------|
| 1 | Observación de los datos registrados en el mapa general | El sistema debe mostrar todos los datos de todas las rutas | El sistema muestra un mapa de la zona |
|---|---|--|---------------------------------------|



5.4.8. Valoración del software

En la etapa inicial, se ha realizado una evaluación del software mediante la técnica de estimación utilizando puntos de historia. Este método implica asignar una puntuación de cada tarea a desarrollar, lo cual se lleva a cabo con la colaboración del equipo de desarrollo. La tabla a continuación muestra la puntuación asignada a cada tarea basada en esta estimación

5.4.9.1. Puntuación de tareas

Tabla 36 Puntuación de tareas

| Orden | Tarea | Puntuación |
|-------|--|------------|
| 1 | El sistema permitirá ingresar al usuario al sistema | 10 |
| 2 | El sistema permitirá al usuario visualizar las localidades donde están ubicados los ecotachos de acuerdo a sus respectivas rutas | 9 |
| 3 | El sistema dispondrá de mapas con información de las tres rutas (Oriental, Occidental, Nocturna) | 10 |
| 4 | El sistema dispondrá de un mapa general de ubicaciones | 8 |
| 5 | El sistema permitirá al administrador ingresar al sistema | 10 |

| | | |
|------------------|---|---|
| 6 | El sistema permitirá al administrador visualizar el listado de ecotachos | 9 |
| 7 | El sistema permitirá ver los datos de los ecotachos llenos con la información del Lora | 9 |
| 8 | El sistema mediante sus botones podrá editar o eliminar la información del listado de los ecotachos | 9 |
| 9 | El sistema dispondrá de iconos de las diferentes rutas | 7 |
| TOTAL: 81 | | |

Después de asignar las puntuaciones, se llevó a cabo la organización de las tareas evaluadas, distribuyéndolas entre los ciclos de trabajo definidos en la planificación. El total de puntos asignados sumo 81. A continuación, se muestra la distribución de la puntuación de iteraciones.

5.4.9.2. Puntuación de iteraciones

Tabla 37 Puntuación de iteraciones

| Puntuación de iteraciones | | |
|----------------------------------|-----------------|-------------------|
| Iteración | Duración | Puntuación |
| 1 | 4 semanas | 29 |
| 2 | 4 semanas | 27 |
| 3 | 4 semanas | 25 |

En base a las iteraciones podemos concluir con un estimado cálculo del software, por lo cual se realizan los siguientes cálculos.

Tabla 38 Presupuesto desarrollo de software.

| Presupuesto de desarrollo de software | |
|--|---|
| Puntos totales | 81 |
| Puntos diarios | 3 |
| Días requeridos | 65 (Puntos totales / Puntos diarios) |
| Salario mensual de un desarrollador (año 2024) | 1.500\$ (Se considera el salario de un desarrollador en 2024) |

| | |
|---|---|
| Salario diario de un desarrollador (año 2024) | \$65 (Considerando que se trabaja 5 días a la semana) |
| Costos estimados del proyecto | \$30. 000 (salario diario * días requeridos) |

5.4.9.3. Gastos directos del software

Para tener los gastos directos se realiza un inventario de las herramientas y materiales utilizados netamente en el proyecto, mismos que se ajustan al desarrollo optimo del proyecto.

Tabla 39 Gastos directos del software

| Gastos directos del Proyecto | | | |
|------------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| Descripción | Cantidad | Valor unitario | Total |
| Laptop | 2 | \$650 | \$1 300 |
| Internet | 5 meses | \$20 | \$100 |
| Desarrollo de la aplicación | 1 | \$30 000 | \$30 000 |
| | Subtotal | | \$31 400 |
| Gastos Del Prototipo | | | |
| Lora TTGO v2 | 3 | \$98 | \$294 |
| Placa | 3 | \$20 | \$60 |
| Sensor HC-SR04 | 4 | \$5,60 | \$22,40 |
| Cables dupont | 1 | \$3,50 | \$3,50 |
| Cable tipo usb tipo b | 3 | \$2 | \$6 |
| | Subtotal | | \$385,90 |
| | Total | | \$31 785,90 |

5.4.9.4. Gastos indirectos del proyecto de investigación

Este tipo de gastos se refiere a la necesidad de movilización, comunicación, alimentación y trámites durante la ejecución del proyecto.

Tabla 40 Gastos indirectos del proyecto

| Gastos indirectos del proyecto | | | |
|--------------------------------|----------|----------------|-------|
| Descripción | Cantidad | Valor unitario | Total |
| Transporte | 5 meses | \$4 | \$20 |
| Alimentación | 5 meses | \$15 | \$75 |

| | | | |
|----------------------|---------|--------|-------|
| Comunicación | 5 meses | \$20 | \$100 |
| Impresiones y copias | 100 | \$0.03 | \$3 |
| Total | | | \$198 |

Para finalizar se realiza la suma de todos gastos realizados para el proyecto como se detalla en la tabla 41.

Tabla 41 Costo total del Proyecto

| Costo total del Proyecto | |
|---------------------------------|--------------------|
| Gastos directos | \$31 785,90 |
| Gastos indirectos | \$198 |
| Factores inesperados (5%) | \$1 589,30 |
| Total | \$33 573,20 |

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La recopilación de información sobre comunicaciones en tiempo real a través de fuentes bibliográficas primarias y secundarias ha permitido una comprensión profunda de las tecnologías disponibles y sus aplicaciones prácticas en la gestión de residuos. Este conocimiento es fundamental para el desarrollo de soluciones tecnológicas eficientes y adaptadas a las necesidades específicas de EPAGAL, garantizando una base teórica sólida y actualizada para la implementación del sistema.
- La creación de un sistema de gestión y visualización de datos ha demostrado ser útil para la optimización de rutas de recolección de desechos. Al centralizar y analizar los datos en tiempo real, el sistema permite una planificación precisa y dinámica de las rutas, reduciendo los viajes innecesarios y mejorando la eficiencia operativa. Esta herramienta no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también contribuye a la sostenibilidad y reducción de costos operativos.
- El desarrollo de una plataforma de comunicación en tiempo real utilizando tecnologías IoT y LoRaWAN ha facilitado la implementación de módulos y sensores en los contenedores de residuos. Esta tecnología avanzada ha permitido la transmisión de datos en tiempo real, mejorando la capacidad de monitoreo y respuesta de EPAGAL. La

plataforma ha demostrado su efectividad en la gestión de residuos, permitiendo una recolección más eficiente y oportuna.

6.2. Recomendaciones

- Continuar con la investigación y actualización constante de la información sobre tecnologías de comunicación en tiempo real, manteniéndose al día con los avances tecnológicos y las mejores prácticas lo que permitirá a EPAGAL adaptar y mejorar continuamente su sistema de gestión de residuos sólidos, asegurando que siempre se utilicen las herramientas más eficientes y efectivas disponibles.
- Realizar capacitaciones periódicas al personal de EPAGAL en el uso de la presente plataforma, implementando un proceso de revisión y ajuste continuo basado en los datos recopilados ayudando a identificar las áreas de mejora y optimizando aún más las rutas de recolección.
- Expandir gradualmente el uso de tecnologías IoT y LoRaWAN a más áreas de la ciudad y otros aspectos de la gestión de residuos sólidos, evaluando y ajustando continuamente la plataforma en base a los comentarios del personal y los resultados operativos asegurará su eficacia y adaptabilidad.
- Fomentar la colaboración con otras ciudades y organizaciones para compartir experiencias y mejoras tecnológicas puede aportar beneficios adicionales a EPAGAL.

7. REFERENCIAS

- [1] B. D. Pozo Cruz y M. A. Rengifo Garcia, «Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y la utilización de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador,» La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023., 6 abril 2023. [En línea]. Available: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9217>. [Último acceso: 25 mayo 2024].
- [2] G. M. Vaca Rueda, «Análisis de la gestión integral de residuos sólidos en el cantón Latacunga, principales actores, 2014-2018,» Repositorio Flacso Ecuador, junio 2020. [En línea]. Available: <http://hdl.handle.net/10469/16571>. [Último acceso: 25 mayo 2024].

- [3] M. B. Vera Santos, «Gestión de residuos sólidos urbanos y su incidencia ambiental en los cantones Valencia, Mocache y Caluma.,» Repositorio UTEQ, 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6281>. [Último acceso: 25 mayo 2024].
- [4] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) 2020-2024,» Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga, 2020. [En línea]. Available: https://www.latacunga.gob.ec/images/pdf/PDyOT/PDyOT_Latacunga2020-2040.pdf. [Último acceso: 25 mayo 2024].
- [5] EPAGAL, «Empresa Pública de Aseo y Gestión Ambiental del cantón Latacunga,» EPAGAL, 2023. [En línea]. Available: <https://epagal.gob.ec/>. [Último acceso: 25 mayo 2024].
- [6] Algotive, «Sistemas Inteligentes: Qué son, cómo funcionan y por qué son tan importantes,» Algotive, 10 junio 2022. [En línea]. Available: <https://www.algotive.ai/es-mx/blog/sistemas-inteligentes-que-son-c%C3%B3mo-funcionan-y-por-que-son-tan-importantes>. [Último acceso: 26 mayo 2024].
- [7] O. Mutlu, «Intelligent Architectures for Intelligent Computing Systems,» *2021 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE)*, pp. 318-323, 2021.
- [8] GeeksforGeeks, «What is a Framework?,» 10 mayo 2024. [En línea]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-a-framework/>. [Último acceso: 01 junio 2024].
- [9] L. A. A. J. O.-U. M. & E. P. G. G. Quisaguano Collaguazo L. R., «Optimización del desarrollo Front-end aplicando frameworks de diseño web: Bootstrap, Foundation y Bulma,» *Revista UTCiencia: I-ISSN: 1390-6909. E-ISSN: 2602-8263*, vol. 11, nº 1, pp. 17-31, 2024.
- [10] C. Frisoli, «Los 12 mejores frameworks para desarrollo web en 2024,» 10 noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://blog.hubspot.es/website/framework-desarrollo-web>. [Último acceso: 09 junio 2024].
- [11] L. D. Barragán Yugsi y H. P. Toapanta Vargas, «Sistema IOT para el monitoreo del estado eruptivo del volcán Cotopaxi,» Repositorio Universida Técnica de Cotopaxi, agosto

2023. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11371>. [Último acceso: 15 junio 2024].
- [12] N. A. R. R. Muqorobin Muqorobin, «Comparison of PHP Programming Language with Codeigniter Framework in Project CRUD,» *International Journal of Computer and Information System (IJCIS)*, vol. 3, n° 3, pp. 94-98, septiembre 2022.
- [13] CodeIgniter Foundation, «CodeIgniter User Guide,» 03 marzo 2022. [En línea]. Available: <https://codeigniter.com/userguide3/index.html#codeigniter-user-guide>. [Último acceso: 16 junio 2024].
- [14] G. Azabache Martínez, «Patrones de diseño, estilos de arquitectura y patrones de arquitectura finalmente explicados,» *BraveDeveloper*, 31 octubre 2021. [En línea]. Available: <https://bravedeveloper.com/2021/10/31/patrones-de-diseno-estilos-de-arquitectura-y-patrones-de-arquitectura-finalmente-explicados/>. [Último acceso: 01 julio 2024].
- [15] TutorialsPoint, «CodeIgniter - Application Architecture,» 2022. [En línea]. Available: https://www.tutorialspoint.com/codeigniter/codeigniter_application_architecture.htm. [Último acceso: 27 junio 2024].
- [16] C. F. Aldás Flores y B. N. Gavilánez Velásquez, «Aplicación móvil de lenguaje de señas aplicando lenguajes de programación que integren apps para la comunicación con personas sordomudas en la ciudad de Ambato,» *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*, septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36385>. [Último acceso: 10 julio 2024].
- [17] PHP, «Manual de PHP,» 18 julio 2024. [En línea]. Available: <https://www.php.net/manual/es/>. [Último acceso: 11 julio 2024].
- [18] B. Stroustrup, «A Tour of C++,» Standard C++ Foundation, 2021. [En línea]. Available: <https://isocpp.org/tour>. [Último acceso: 03 julio 2024].
- [19] AVENU Learning, «¿Qué es el lenguaje de programación C++?,» AVENU Learning, 29 julio 2022. [En línea]. Available: <https://www.avenuglobal.com/noticias/estudiar->

desarrollo-de-software-que-es-el-lenguaje-de-programacion-c. [Último acceso: 14 julio 2024].

- [20] IBM, «Database fundamentals,» IBM Corporation , 15 febrero 2024. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/docs/en/db2/11.5?topic=database-fundamentals>. [Último acceso: 12 julio 2024].
- [21] V. Rodríguez Aguilar, S. L. Canchola Magdalena y M. S. Hernández López, «Uso de Bases de Datos en repositorios por estudiantes de la Facultad de Informática de la Universidad Autónoma de Querétaro,» *Journal of Learning Styles ISSN: 1988-8996 / ISSN: 2332-8533*, vol. 15, n° 1, pp. 170-179, 2022.
- [22] Apache Friends, «XAMPP Apache + MariaDB + PHP + Perl,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.apachefriends.org/index.html>. [Último acceso: 10 julio 2024].
- [23] MySQL, «MySQL Enterprise,» Oracle, 2024. [En línea]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/>. [Último acceso: 13 julio 2024].
- [24] N. S. Cervera Castro, «Aplicación de metodologías ágiles para la gestión de proyectos de construcción.,» Repositorio Digital UCSG , 22 septiembre 2021. [En línea]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/17440>. [Último acceso: 24 julio 2024].
- [25] V. E. Guamán Palate y J. P. Miranda Tocte, «Desarrollo de un sistema informático para la gestión de información de la Liga Deportiva parroquial Licán utilizando la metodología scrumban,» Repositorio Digital UNACH, 29 octubre 2020. [En línea]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7066>. [Último acceso: 24 julio 2024].
- [26] M. V. Estrada Velasco, J. A. Núñez Villacis, P. R. Saltos Chávez y W. C. Cunuhay Cuchipe, «Revisión Sistemática de la Metodología Scrum para el Desarrollo de Software,» *Dominio de las Ciencias, ISSN-e 2477-8818*, vol. 7, n° 4, pp. 434-447, 2021.
- [27] E. D. Yépez Llerena y K. F. Armijos Guillen, «Aplicación de la metodología kanban en el desarrollo del software para generación, validación y actualización de reactivos, integrado al sistema informático de control académico UNACH,» Repositorio Universidad Nacional de Chimborazo, 27 febrero 2020. [En línea]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6457>. [Último acceso: 15 julio 2024].

- [28] S. X. Zhuño Quizhpe, «Desarrollo de un software educativo aplicando la metodología Kanban, para el aprendizaje de vocabulario básico de inglés,» Repositorio Universidad Nacional de Chimborazo, 26 abril 2023. [En línea]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10702>. [Último acceso: 10 julio 2024].
- [29] E. R. Manobanda Tuapanta y M. E. Millingalli Calo, «Análisis de metodologías Scrum y XP en la implementación de un sistema multiplataforma de gestión en el Banco de Germoplasma de la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná mediante tecnologías Open Source.,» Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi, febrero 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6865>. [Último acceso: 18 julio 2024].
- [30] D. I. Paucar Quile, «Sistema informático para emprendimientos en la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato y comunidad,» Repositorio Universidad Técnica de Ambato, abril 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29661>. [Último acceso: 18 julio 2024].
- [31] Á. O. Aguiza Macas y E. P. Gómez Pumacuro, « Desarrollo de un sistema de advertencia de heladas basado en iot, para la reducción de pérdidas de cultivos.,» Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi, 2022. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9926>. [Último acceso: 07 julio 2024].
- [32] A. A. Alberca Chasque, «Estudio de la tecnología Lora, LPWAN (Low Power Wide Area Network) para cubrir la zona urbana de la ciudad de Quito.,» Repositorio Digital - EPN, mayo 2022. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22752>. [Último acceso: 20 julio 2024].
- [33] The Things Industries, «Welcome to The Things Fundamentals on LoRaWAN!», 2022. [En línea]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/>. [Último acceso: 18 julio 2024].
- [34] GEYA , «Diferentes tipos de sensores de proximidad y sus aplicaciones,» 6 marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.geya.net/es/different-types-of-proximity-sensors/>. [Último acceso: 20 julio 2024].

- [35] MOKO SMART, «Cómo determinar qué tipos de módulos IoT necesita,» 01 junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.mokosmart.com/es/types-of-iot-modules/>. [Último acceso: 20 julio 2024].
- [36] T. R. Lambert, «An Introduction to microcontrollers and embenned systems,» 06 julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.eng.auburn.edu/~dbeale/MECH4240-50/Introduction%20to%20Microcontrollers%20and%20Embedded%20Systems.pdf>. [Último acceso: 22 julio 2024].
- [37] Espressif Systems, «ESP32,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>. [Último acceso: 19 julio 2024].
- [38] Arimetrics, «Qué es Framework,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/framework>. [Último acceso: 16 mayo 2024].

8. ANEXOS

8.1. Codificación

Controlador de Ecotachos: este código nos permitirá ingresar los datos como el código que propiamente tiene cada uno de los Ecotachos como también la ruta asignada, la calle, observaciones, y permitirá recoger la latitud y la longitud por medio del mapa de Google Maps

```
82 public function guardarEcotacho()
83 {
84     $this->verificar_rol(array('ADMINISTRADOR', 'USUARIO1')); // Permite que USUARIO1 también acceda
85
86     $codigo = $this->input->post('codigo');
87     $ruta_id = $this->input->post('ruta_id');
88     $direccion = $this->input->post('direccion');
89     $observaciones = $this->input->post('observaciones');
90     $latitud = $this->input->post('latitud');
91     $longitud = $this->input->post('longitud');
92
93     // Asignar el icono según la ruta
94     $iconos = [
95         1 => 'ecotacho1.png', // Oriental
96         2 => 'ecotacho2.png', // Occidental
97         3 => 'ecotacho3.png' // Nocturno
98     ];
99
100     if (isset($iconos[$ruta_id])) {
101         $icono = $iconos[$ruta_id];
102     } else {
103         $icono = 'default_icon.png';
104     }
105
106     // Depuración
107     error_log("Ruta ID: " . $ruta_id);
108     error_log("Icono: " . $icono);
109
110     $data = array(
111         'codigo' => $codigo,
112         'ruta_id' => $ruta_id,
113         'direccion' => $direccion,
114         'observaciones' => $observaciones,
115         'latitud' => $latitud,
116         'longitud' => $longitud,
117         'icono' => $icono,
118         'fill_percentage' => 0 // Inicializa el porcentaje de llenado
119     );
120
121     if ($this->Ecotacho->insertar($data)) {
122         $this->session->set_flashdata('mensaje', 'El ecotacho fue guardado correctamente');
123     } else {
124         $this->session->set_flashdata('mensaje', 'Ocurrió un error al guardar el ecotacho');
```

Figura 21 Contralador de Ecotachos

Controlador de Login: servirá para poder hacer la respectiva verificación de los roles que tiene el usuario es decir que aquí podremos controlar el inicio de sesión de acuerdo si ingresamos como Administrador o como Usuario

```
class login extends CI_Controller {
    public function __construct() {
        parent::__construct();
        $this->load->model('Usuario_model');
        $this->load->library('form_validation');
        $this->load->library('session');
    }

    public function index() {
        $this->load->view('login');
    }

    public function procesar_login() {
        $this->form_validation->set_rules('username', 'Email', 'required|valid_email');
        $this->form_validation->set_rules('password', 'Contraseña', 'required');

        if ($this->form_validation->run() == FALSE) {
            $this->load->view('login');
        } else {
            $username = $this->input->post('username');
            $password = $this->input->post('password');

            $usuario = $this->Usuario_model->obtener_usuario_por_credenciales($username, $password);

            if ($usuario) {
                // Depuración: Verifica el contenido del usuario obtenido
                var_dump($usuario);

                // Inician sesión
                $this->session->set_userdata('usuario_id', $usuario['id_usu']);
                $this->session->set_userdata('perfil_usu', strtoupper($usuario['perfil_usu'])); // Asegúrate de que el rol esté en mayúsculas

                // Depuración: Verifica los datos de sesión
                var_dump($this->session->userdata());

                $this->session->set_flashdata('bienvenida', 'Bienvenido al sistema ' . $usuario['nombre_usu'] . ' . Rol: ' . $usuario['perfil_usu']);

                redirect('inicio');
            } else {
                $data['error'] = 'Usuario o contraseña incorrectos';
                $this->load->view('login', $data);
            }
        }
    }
}
```

Figura 22 Controlador de Login

Controlador Nocturna: este controlador se encarga de recolectar por medio del ID y mostrar en el mapa solo esos datos de acuerdo a su Latitud y longitud

```

1 <?php
2 defined('BASEPATH') OR exit('No direct script access allowed');
3
4 class Nocturna extends CI_Controller {
5
6     public function __construct() {
7         parent::__construct();
8         $this->load->database(); // Carga La base de datos
9     }
10
11     public function nocturna() {
12         // Obtén Los datos de ecotachos nocturnos directamente de la base de datos
13         $query = $this->db->select('latitud, longitud, direccion')
14             ->from('ecotachos')
15             ->where('ruta_id', 3) // ID de la ruta nocturna
16             ->get();
17
18         $data['nocturnos'] = $query->result();
19
20         $this->load->view("header");
21         $this->load->view('nocturna/nocturna', $data);
22         $this->load->view('footer');
23     }
24 }

```

Figura 23 Controlador Nocturna

Controlador Occidental: se encarga de recolectar los datos que estén con el ID: 2 que esto hace referencia a la ruta occidental y cargara los datos en un mapa

```

1 <?php
2 defined('BASEPATH') OR exit('No direct script access allowed');
3
4 class Occidental extends CI_Controller {
5
6     public function __construct() {
7         parent::__construct();
8         $this->load->database(); // Carga La base de datos
9     }
10
11     public function occidental() {
12         // Obtén Los datos de ecotachos relacionados con la ruta Occidental
13         $query = $this->db->select('latitud, longitud, direccion')
14             ->from('ecotachos')
15             ->where('ruta_id', 2) // ID de la ruta Occidental
16             ->get();
17
18         $data['occidentales'] = $query->result();
19
20         $this->load->view("header");
21         $this->load->view('occidental/occidental', $data);
22         $this->load->view('footer');
23     }
24 }
25 >

```

Figura 24 Controlador Occidental

Controlador Oriental: es el encargado de recolectar datos mediante el ID con la numeración de 1 esto hace referencia a la ruta en la cual los datos serán guardados para luego mostrarlo en un mapa

```
1 <?php
2 defined('BASEPATH') OR exit('No direct script access allowed');
3
4 class Oriental extends CI_Controller {
5
6     public function __construct() {
7         parent::__construct();
8         $this->load->database(); // Carga La base de datos
9     }
10
11     public function oriental() {
12         // Obtén Los datos de ecotachos relacionados con La ruta Oriental
13         $query = $this->db->select('latitud, longitud, direccion')
14             ->from('ecotachos')
15             ->where('ruta_id', 1) // ID de La ruta Oriental (ajusta si es necesario)
16             ->get();
17
18         $data['orientales'] = $query->result();
19
20         $this->load->view("header");
21         $this->load->view("oriental/oriental", $data);
22         $this->load->view("footer");
23     }
24 }
25 ?>
```

Figura 25 Controlador Oriental

Controlador Rutas: este controlador es el encargado de guardar los datos de las rutas como también de poder actualizarlos y eliminarlos además de tener las restricciones que tendrá el usuario de acuerdo a los roles que se asignaron

```
48
49     public function actualizarRuta($id)
50     {
51         $this->verificar_rol(array('ADMINISTRADOR'));
52
53         $datos = array(
54             'nombre' => $this->input->post('nombre')
55         );
56
57         if ($this->Ruta->actualizar($id, $datos)) {
58             $this->session->set_flashdata('mensaje', 'La ruta fue actualizada correctamente');
59         } else {
60             $this->session->set_flashdata('mensaje', 'Ocurrió un error al actualizar la ruta');
61         }
62
63         redirect('rutas/index');
64     }
65
66     public function eliminar($id)
67     {
68         $this->verificar_rol(array('ADMINISTRADOR'));
69
70         $this->Ruta->eliminar($id);
71         $this->session->set_flashdata('mensaje', 'La ruta fue eliminada correctamente');
72         redirect('rutas/index');
73     }
74
75     public function guardarRuta()
76     {
77         $this->verificar_rol(array('ADMINISTRADOR', 'USUARIO1'));
78
79         $datos = array(
80             'nombre' => $this->input->post('nombre')
81         );
82
83         if ($this->Ruta->insertar($datos)) {
84             $this->session->set_flashdata('mensaje', 'La ruta fue guardada correctamente');
85         } else {
86             $this->session->set_flashdata('mensaje', 'Ocurrió un error al guardar la ruta');
87         }
88
89         redirect('rutas/index');
90     }
91 }
```

Figura 26 Controlador Rutas

Modelo Ecotacho: es el encargado de mostrar el contenido que tendrá como por ejemplo: los campos de llenar para los nuevos datos, la vista de actualizar y además la opción de eliminar

```
1 <?php
2
3 class Ecotacho extends CI_Model
4 {
5     public function __construct()
6     {
7         $this->load->database();
8     }
9
10    public function obtenerTodos()
11    {
12        $query = $this->db->get('ecotachos');
13        return $query->result();
14    }
15
16    public function obtenerPorId($id)
17    {
18        $query = $this->db->get_where('ecotachos', array('id' => $id));
19        return $query->row();
20    }
21
22    public function insertar($data)
23    {
24        $this->db->insert('ecotachos', $data);
25        if ($this->db->affected_rows() > 0) {
26            return true;
27        } else {
28            return false;
29        }
30    }
31
32    public function actualizar($id, $data)
33    {
34        $this->db->where('id', $id);
35        return $this->db->update('ecotachos', $data);
36    }
37
38    public function eliminar($id)
39    {
40        return $this->db->delete('ecotachos', array('id' => $id));
41    }
42
43    // Nueva función para obtener ecotachos por estado
```

Figura 27 Modelo Ecotacho

Modelo Inicio: nos ayudará a cargar la vista para que se pueda ver todo el contenido que habrá en la pagina de inicio

```

1  <?php
2
3  class Inicio extends CI_Controller
4  {
5      function __construct()
6      {
7          parent::__construct();
8          // Cargar el modelo si es necesario en el futuro
9      }
10
11     public function index()
12     {
13         // Aquí puedes cargar Los datos necesarios si Los hubiera
14         $data = array(
15             // Ejemplo de datos si necesitas pasarlos a la vista
16             // 'variable' => 'valor'
17         );
18
19         $this->load->view("header");
20         $this->load->view('inicio', $data);
21         $this->load->view('footer');
22     }
23 }
24

```

Figura 28 Modelo Inicio

Modelo Nocturna: Renderizara la vista la cual es la que nos mostrara el mapa con su contenido

```

1  <?php
2
3  class Inicio extends CI_Controller
4  {
5      function __construct()
6      {
7          parent::__construct();
8          // Cargar el modelo si es necesario en el futuro
9      }
10
11     public function index()
12     {
13         // Aquí puedes cargar Los datos necesarios si Los hubiera
14         $data = array(
15             // Ejemplo de datos si necesitas pasarlos a la vista
16             // 'variable' => 'valor'
17         );
18
19         $this->load->view("header");
20         $this->load->view('inicio', $data);
21         $this->load->view('footer');
22     }
23 }
24

```

Figura 29 Modelo Nocturna

Modelo Occidental: Cargara todos los datos los cuales estarán en la ruta nocturna adjuntando el mapa respectivo

```

1  <?php
2  class Occidental {
3
4      function __construct() {
5          $this->load->database(); // Asegúrate de que el archivo esté en la carpeta 'models'
6      }
7
8      function obtenerTodosOccidental() {
9          // Obtiene todos los ecotachos relacionados con la ruta "Occidental"
10         $query = $this->db->select('ecotachos.*')
11             ->from('ecotachos')
12             ->join('rutas', 'ecotachos.ruta_id = rutas.id')
13             ->where('rutas.nombre', 'Occidental') // Ajusta el nombre si es necesario
14             ->get();
15
16         if ($query->num_rows() > 0) {
17             return $query->result();
18         }
19         return false;
20     }
21 }
22 ?>

```

Figura 30 Modelo Occidental

Modelo Oriental: nos mostrara el contenido de acuerdo a los datos que tengamos almacenados y serán graficados en un mapa

```

1  <?php
2  class Oriental {
3
4      function __construct() {
5          $this->load->database(); // Asegúrate de que el archivo esté en la carpeta 'models'
6      }
7
8      function obtenerTodosOriental() {
9          // Obtiene todos los ecotachos relacionados con la ruta "Oriental"
10         $query = $this->db->select('ecotachos.*')
11             ->from('ecotachos')
12             ->join('rutas', 'ecotachos.ruta_id = rutas.id')
13             ->where('rutas.nombre', 'Oriental') // Ajusta el nombre si es necesario
14             ->get();
15
16         if ($query->num_rows() > 0) {
17             return $query->result();
18         }
19         return false;
20     }
21 }
22 ?>

```

Figura 31 Modelo Oriental

Modelo Ruta: nos ayudara a cargar el contenido de la vista de rutas

```

1  <?php
2  class Ruta extends CI_Model
3  {
4      function __construct()
5      {
6          parent::__construct();
7      }
8
9      public function obtenerTodos()
10     {
11         $query = $this->db->get('rutas');
12         return $query->result();
13     }
14
15     public function obtenerPorId($id)
16     {
17         $this->db->where('id', $id);
18         $query = $this->db->get('rutas');
19         return $query->row();
20     }
21
22     public function insertar($data)
23     {
24         return $this->db->insert('rutas', $data);
25     }
26
27     public function actualizar($id, $data)
28     {
29         $this->db->where('id', $id);
30         return $this->db->update('rutas', $data);
31     }
32
33     public function eliminar($id)
34     {
35         $this->db->where('id', $id);
36         return $this->db->delete('rutas');
37     }
38 }
39 ?>

```

Figura 32 Modelo Ruta

Vista de editar ecotachos: tendremos aquí la codificación la cual nos ayudara poder editar los ecotachos de acuerdo a los campos que tenemos agregados

```

89 <label for="direccion">Dirección</label>
90 <input value=""?php echo $ecotachoEditar->direccion ?>" placeholder="Dirección del ecotacho" type="text" class="form-control" required name="direcc
91 </div>
92
93 <div class="col-12 mt-4">
94 <label for="observaciones">Observaciones</label>
95 <select required name="observaciones" id="observaciones" class="form-control">
96 <option value="">--Seleccione una Observación--</option>
97 <option value="En buen estado" <?php echo $ecotachoEditar->observaciones == 'En buen estado' ? 'selected' : '' ; ?>>En buen estado</option>
98 <option value="Requiere revisión" <?php echo $ecotachoEditar->observaciones == 'Requiere revisión' ? 'selected' : '' ; ?>>Requiere revisión</opt
99 <option value="En mal estado" <?php echo $ecotachoEditar->observaciones == 'En mal estado' ? 'selected' : '' ; ?>>En mal estado</option>
100 </select>
101 </div>
102
103 <div class="col-6 mt-4">
104 <label for="latitud" class="form-label">Latitud</label>
105 <input value=""?php echo $ecotachoEditar->latitud ?>" placeholder="Latitud" type="text" class="form-control" required name="latitud" id="latitud" r
106 </div>
107
108 <div class="col-6 mt-4">
109 <label for="longitud" class="form-label">Longitud</label>
110 <input value=""?php echo $ecotachoEditar->longitud ?>" placeholder="Longitud" type="text" class="form-control" required name="longitud" id="longitu
111 </div>
112
113 <div id="mapa"></div>
114
115 <div class="col-md-6">
116 <button class="btn btn-primary" type="submit">Actualizar</button>
117 &nbsp;
118 <a href=""?php echo site_url('ecotachos/index') ?>" class="btn">Cancelar</a>
119 </div>
120 </form>
121 </div>
122 </div>
123 <div class="col-md-4">
124 <div class="info-iconos">
125 <h4>Íconos de Ecotachos</h4>
126 <p><img src=""?php echo base_url('assets/images/ecotacho1.png') ?>" alt="Ecotacho Oriental"> Ruta Oriental</p>
127 <p><img src=""?php echo base_url('assets/images/ecotacho2.png') ?>" alt="Ecotacho Occidental"> Ruta Occidental</p>
128 <p><img src=""?php echo base_url('assets/images/ecotacho3.png') ?>" alt="Ecotacho Nocturno"> Ruta Nocturna</p>
129 </div>
130 </div>
131 </div>

```

Figura 33 Vista de editar ecotachos

Vista index: se encargará de mostrarnos los datos los cuales serán ingresados en una tabla con los botones de editar y eliminar

```

21     </thead>
22     <tr>
23         <th class="px-4 py-3">Ruta ID</th>
24         <th class="px-4 py-3">Código</th>
25         <th class="px-4 py-3">Dirección</th>
26         <th class="px-4 py-3">Observaciones</th>
27         <th class="px-4 py-3">Latitud</th>
28         <th class="px-4 py-3">Longitud</th>
29         <th class="px-4 py-3">Estado</th> <!-- Nueva columna para el estado -->
30         <th class="px-4 py-3">Acciones</th>
31     </tr>
32 </thead>
33 <tbody>
34     <?php foreach ($ecotachos as $ecotacho): ?>
35         <tr class="text-gray-700 dark:text-gray-400">
36             <td><?php echo $ecotacho->ruta_id ?></td>
37             <td><?php echo $ecotacho->codigo ?></td>
38             <td><?php echo $ecotacho->direccion ?></td>
39             <td><?php echo $ecotacho->observaciones ?></td>
40             <td><?php echo $ecotacho->latitud ?></td>
41             <td><?php echo $ecotacho->longitud ?></td>
42             <td>
43                 <!-- Círculo de Estado -->
44                 <div style="display: flex; align-items: center;">
45                     <?php
46                         $fillPercentage = isset($ecotacho->fill_percentage) ? $ecotacho->fill_percentage : 0; // Asigna 0 si no está definido
47                         $color = getFillColor($fillPercentage);
48                     >?>
49                     <div id="circle-<?php echo $ecotacho->id; ?>" style="width: 20px; height: 20px; border-radius: 50%; background-color: <?php echo $color;">
50                 </div>
51             </td>
52
53             <td class="px-4 py-3 text-sm">
54                 <?php if ($this->session->userdata('perfil_usu') != 'USUARIO1'): ?>
55                     <a href="<?php echo site_url('ecotachos/editar/') . $ecotacho->id; ?>" class="btn btn-warning btn-sm">
56                         <i class="fa fa-pencil"></i> Editar
57                     </a>
58                     <a href="<?php echo site_url('ecotachos/simulacion_lorawan/') . $ecotacho->id; ?>" class="btn btn-primary btn-sm">
59                         <i class="fa fa-play"></i> Control
60                     </a>
61                     <a href="<?php echo site_url('ecotachos/eliminar/') . $ecotacho->id; ?>" class="btn btn-danger btn-sm" onclick="return confirm('¿Estás s
62                         <i class="fa fa-trash"></i> Eliminar
63                     </a>

```

Figura 34 Vista index

Vista mapa: aquí podremos ver en una vista general todos los ecotachos los cuales fueron ingresados

```

39
40 <script>
41     function getIconoPorRuta(ruta_id) {
42         const iconos = {
43             1: '<?php echo base_url('assets/images/ecotacho1.png') ?>',
44             2: '<?php echo base_url('assets/images/ecotacho2.png') ?>',
45             3: '<?php echo base_url('assets/images/ecotacho3.png') ?>'
46         };
47         return iconos[ruta_id] || 'http://maps.google.com/mapfiles/ms/icons/red_dot.png';
48     }
49
50     function initMap() {
51         var coordenadaCentral = new google.maps.LatLng(-0.9339577388522958, -78.61459669570844);
52         var miMapa = new google.maps.Map(document.getElementById('reporteMapa'), {
53             center: coordenadaCentral,
54             zoom: 17,
55             mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
56         });
57
58         console.log("Mapa inicializado.");
59
60         <?php if (isset($ecotachos) && count($ecotachos) > 0): ?>
61             <?php foreach ($ecotachos as $ecotacho): ?>
62                 console.log("Ecotacho ID: <?php echo $ecotacho->id; ?>, Lat: <?php echo $ecotacho->latitud; ?>, Lng: <?php echo $ecotacho->longitud; ?>");
63
64                 var coordenadaTemporal = new google.maps.LatLng(<?php echo $ecotacho->latitud; ?>, <?php echo $ecotacho->longitud; ?>);
65                 var iconoEcotacho = getIconoPorRuta(<?php echo $ecotacho->ruta_id; ?>);
66
67                 var marcador = new google.maps.Marker({
68                     position: coordenadaTemporal,
69                     map: miMapa,
70                     title: '<?php echo $ecotacho->codigo; ?>',
71                     icon: {
72                         url: iconoEcotacho,
73                         scaledSize: new google.maps.Size(30, 30), // Tamaño del icono escalado
74                         anchor: new google.maps.Point(15, 15) // Punto de anclaje
75                     }
76                 });
77
78                 // Función para titilar el icono del marcador
79                 function titilarMarcador(marcador, iconoOriginal) {
80                     var titilado = false;

```

Figura 35 Vista mapa

Vista nuevo: aquí podremos ingresar los nuevos datos con todos los parámetros requeridos de la información de los ecotachos y además de luego poderlos ver en el index

```
55 <select required name="ruta_id" id="ruta_id" class="form-control">
56 <option value="">--Seleccione la Ruta--</option>
57 <?php foreach ($rutas as $ruta): ?>
58 <option value="{?php echo $ruta->id; }">
59 <?php echo $ruta->nombre; ?>
60 </option>
61 <?php endforeach; ?>
62 </select>
63 </div>
64
65 <div class="col-12 mt-4">
66 <label for="direccion">Dirección</label>
67 <input placeholder="Dirección del Ecotacho" type="text" class="form-control" required name="direccion" id="direccion">
68 </div>
69
70 <div class="col-12 mt-4">
71 <label for="observaciones">Observaciones</label>
72 <select required name="observaciones" id="observaciones" class="form-control">
73 <option value="">--Seleccione una Observación--</option>
74 <option value="En buen estado">En buen estado</option>
75 <option value="Requiere revisión">Requiere revisión</option>
76 <option value="En mal estado">En mal estado</option>
77 </select>
78 </div>
79
80 <div class="col-6 mt-4">
81 <label for="latitud" class="form-label">Latitud</label>
82 <input placeholder="-1.2255222000000" type="text" name="latitud" id="latitud" required class="form-control" readonly>
83 </div>
84
85 <div class="col-6 mt-4">
86 <label for="longitud" class="form-label">Longitud</label>
87 <input placeholder="-1.2255222000000" type="text" name="longitud" id="longitud" required class="form-control" readonly>
88 </div>
89
90 <div id="mapa"></div>
91
92 <div class="col-md-6">
93 <button class="btn btn-success" type="submit">Guardar Ecotacho</button>
94 &nbsp;
95 <a href="{?php echo site_url('ecotachos/index') }" class="btn">Cancelar</a>
96 </div>
97 </form>
```

Figura 36 Vista nuevo

Vista LoraWan: aquí podremos ver los datos los cuales tendremos de cada uno de los ecotachos mediante un Dashboard

```

186     });
187
188     function startSimulation() {
189         const ecotachoStatus = document.getElementById('ecotacho-status');
190         const dataDisplay = document.getElementById('data-display');
191
192         ecotachoStatus.textContent = 'Estado: En funcionamiento';
193         startTime = new Date();
194         dataChartUpdated = false;
195
196         simulationInterval = setInterval(() => {
197             const elapsedTime = (new Date() - startTime) / 60000; // tiempo transcurrido en minutos
198             const simulatedData = Math.min(100, (elapsedTime * 100)).toFixed(2) + '%';
199             dataDisplay.textContent = `Datos: ${simulatedData}`;
200
201             // Actualizar gráfico
202             const now = new Date();
203             dataChart.data.labels.push(now.toTimeString().split(' ')[0]);
204             dataChart.data.datasets[0].data.push(parseFloat(simulatedData));
205             dataChart.update();
206
207             if (parseFloat(simulatedData) >= 100) {
208                 stopSimulation();
209             }
210         }, 1000); // Actualizar cada segundo
211     }
212
213     function stopSimulation() {
214         clearInterval(simulationInterval);
215         document.getElementById('ecotacho-status').textContent = 'Estado: Completo';
216         document.getElementById('data-display').textContent = 'Datos: 100%';
217
218         // Limitar el gráfico para que se detenga en 100%
219         if (!dataChartUpdated) {
220             dataChartUpdated = true;
221             dataChart.data.datasets[0].data.push(100);
222             dataChart.update();
223         }
224
225         // Mostrar notificación
226         showNotification();
227
228         // Enviar correo electrónico
229         // ...

```

Figura 37 Vista LoraWan

Vista Nocturna: aquí podremos cargar el mapa de acuerdo a los datos que hemos asignado como por los id en este caso se cargara el mapa con los datos guardados de las rutas nocturnas

```

22 </style>
23 <script src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyAxuIEYr6QvIHH0hRbPF6oHcpc2dWpdG8&libraries=places&callback=initMap" async defer></script>
24 </head>
25 <body>
26 <div class="midde_cont">
27 <div class="container-fluid">
28 <div class="row column_title">
29 <div class="col-md-12">
30 <div class="page_title">
31 <h2>Mapa de Ecotachos Nocturnos</h2>
32 </div>
33 </div>
34 </div>
35
36 <div id="mapaNocturna"></div>
37 </div>
38 </div>
39
40 <script>
41 function initMap() {
42     var coordenadaCentral = new google.maps.LatLng(-0.9339577388522958, -78.61459669570844);
43     var mapaNocturna = new google.maps.Map(document.getElementById('mapaNocturna'), {
44         center: coordenadaCentral,
45         zoom: 17,
46         mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
47     });
48
49     <?php if (isset($nocturnos) && count($nocturnos) > 0): ?>
50     <?php foreach ($nocturnos as $temporal): ?>
51         var coordenadaTemporal = new google.maps.LatLng(<?php echo $temporal->latitud; ?>, <?php echo $temporal->longitud; ?>);
52         var icono = {
53             url: "<?php echo base_url('assets/images/ecotacho3.png'); ?>",
54             scaledSize: new google.maps.Size(30, 30) // Ajusta el tamaño del icono aquí
55         };
56         var marcador = new google.maps.Marker({
57             position: coordenadaTemporal,
58             map: mapaNocturna,
59             title: "Ecotacho: <?php echo $temporal->direccion; ?>",
60             icon: icono
61         });
62     <?php endforeach; ?>
63 <?php endif; ?>
64 }

```

Figura 38 Vista Nocturna

Vista occidental: aquí cargaremos los datos de las rutas occidentales con un mapa y un indicador que se cargara de acuerdo a la ruta con su respectivo icono

```
<div class="container-fluid">
  <div class="row column_title">
    <div class="col-md-12">
      <div class="page_title">
        <h2>Mapa de Ecotachos Occidentales</h2>
      </div>
    </div>
  </div>
  <div id="mapaOccidental"></div>
</div>

<script>
function initMap() {
  var coordenadaCentral = new google.maps.LatLng(-0.9339577388522958, -78.61459669570844); // Coordenada central para Occidental
  var mapaOccidental = new google.maps.Map(document.getElementById("mapaOccidental"), {
    center: coordenadaCentral,
    zoom: 14,
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
  });

  <?php if (isset($ocidentales) && count($ocidentales) > 0): ?>
  <?php foreach ($ocidentales as $temporal): ?>
  var coordenadaTemporal = new google.maps.LatLng(<?php echo $temporal->latitud; ?>, <?php echo $temporal->longitud; ?>);
  var icono = {
    url: "<?php echo base_url('assets/images/ecotacho2.png'); ?>",
    scaledSize: new google.maps.Size(30, 30) // Ajusta el tamaño del Icono aquí
  };
  var marcador = new google.maps.Marker({
    position: coordenadaTemporal,
    map: mapaOccidental,
    title: "Ecotacho: <?php echo $temporal->direccion; ?>",
    icon: icono
  });
  <?php endforeach; ?>
  <?php endif; ?>
}

window.onload = function() {
  initMap();
};
</script>
```

Figura 39 Vista occidental

Vista oriental: aquí cargaremos los datos de la ruta oriental la cual tendrá un icono y un mapa para diferenciar las rutas

```

30         <div class="page_title">
31             <h2>Mapa de Ecotachos Orientales</h2>
32         </div>
33     </div>
34 </div>
35
36     <div id="mapaOriental"></div>
37 </div>
38 </div>
39
40 <script>
41     function initMap() {
42         var coordenadaCentral = new google.maps.LatLng(-0.9339577388522958, -78.61459669570844); // Coordenada de ejemplo para el centro
43         var mapaOriental = new google.maps.Map(document.getElementById('mapaOriental'), {
44             center: coordenadaCentral,
45             zoom: 18,
46             mapTypeId: google.maps.MapTypeId.ROADMAP
47         });
48
49         <?php if (isset($orientales) && count($orientales) > 0): ?>
50             <?php foreach ($orientales as $temporal): ?>
51                 var coordenadaTemporal = new google.maps.LatLng(<?php echo $temporal->latitud; ?>, <?php echo $temporal->longitud; ?>);
52                 var icono = {
53                     url: "<?php echo base_url('assets/images/ecotacho1.png'); ?>",
54                     scaledSize: new google.maps.Size(30, 30) // Ajusta el tamaño del icono aquí
55                 };
56                 var marcador = new google.maps.Marker({
57                     position: coordenadaTemporal,
58                     map: mapaOriental,
59                     title: "Ecotacho: <?php echo $temporal->direccion; ?>",
60                     icon: icono
61                 });
62             <?php endforeach; ?>
63         <?php endif; ?>
64     }
65
66     window.onload = function() {
67         initMap();
68     };
69 </script>
70 </body>
71 </html>

```

Figura 40 Vista oriental

Vista editar rutas: aquí pondremos editar los datos guardados de las rutas las cuales tenemos almacenados

```

1 <div class="midde_cont">
2   <div class="container-fluid">
3     <div class="row column_title">
4       <div class="col-md-12">
5         <div class="page_title">
6           <h2><i class="fas fa-route"></i> Editar Ruta</h2>
7         </div>
8       </div>
9     </div>
10
11     <div class="mx-auto" style="width:60%;">
12       <?php if ($this->session->flashdata('mensaje')): ?>
13         <div class="alert alert-danger">
14           <?php echo $this->session->flashdata('mensaje'); ?>
15         </div>
16       <?php endif; ?>
17       <form class="row" id="form-editar-ruta" action="<?php echo site_url('rutas/actualizarRuta/' . $rutaEditar->id) ?>" method="POST">
18         <div class="col-12 mt-4">
19           <label for="nombre">Nombre de la Ruta</label>
20           <input value="<?php echo $rutaEditar->nombre; ?>" type="text" class="form-control" required name="nombre" id="nombre">
21         </div>
22
23         <div class="col-md-6 mt-4">
24           <button class="btn btn-success" type="submit">Actualizar Ruta</button>
25           &nbsp;
26           <a href="<?php echo site_url('rutas/index') ?>" class="btn btn-secondary">Cancelar</a>
27         </div>
28       </form>
29     </div>
30   </div>
31 </div>
32
33 <!-- Add this line to include FontAwesome -->
34 <link rel="stylesheet" href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/6.0.0-beta3/css/all.min.css">
35

```

Figura 41 Vista editar rutas

Vista de rutas index: aquí tendremos la tabla con los datos guardados además de tener los distintos botones de editar y eliminar como también tendremos establecidos los roles de los usuarios

```

5     <div class="page_title text-center">
6         <h2><i class="fas fa-route"></i> Rutas</h2>
7     </div>
8     <div class="mb-4 text-center">
9         <a href="<?php echo site_url('rutas/nuevo'); ?>" class="btn btn-custom">
10            Agregar Ruta <i class="bi bi-plus-circle"></i>
11        </a>
12    </div>
13    <div class="table-responsive">
14        <?php if ($rutas): ?>
15            <table class="table table-striped text-center" id="tabla">
16                <thead>
17                    <tr>
18                        <th class="px-4 py-3">ID</th>
19                        <th class="px-4 py-3">Nombre</th>
20                        <th class="px-4 py-3">Acciones</th>
21                    </tr>
22                </thead>
23                <tbody>
24                    <?php foreach ($rutas as $ruta): ?>
25                        <tr class="text-gray-700 dark:text-gray-400">
26                            <td><?php echo $ruta->id ?></td>
27                            <td><?php echo $ruta->nombre ?></td>
28                            <td class="px-4 py-3 text-sm">
29                                <?php if ($this->session->userdata('perfil_usu') != 'USUARIO1'): ?>
30                                    <a href="<?php echo site_url('rutas/editar/') . $ruta->id; ?>" class="btn btn-warning btn-sm">
31                                        <i class="fa fa-pencil"></i> Editar
32                                    </a>
33                                <?php endif; ?>
34                                <?php if ($this->session->userdata('perfil_usu') == 'ADMINISTRADOR'): ?>
35                                    <a href="javascript:void(0)" class="btn btn-danger btn-sm"
36                                        onclick="confirmarEliminar('<?php echo site_url('rutas/eliminar/') . $ruta->id; ?>', 'Ruta');">
37                                        <i class="fa fa-trash"></i> Eliminar
38                                    </a>
39                                <?php endif; ?>
40                            </td>
41                        </tr>
42                    <?php endforeach; ?>
43                </tbody>
44            </table>
45        <?php else: ?>
46            <p>No hay rutas registradas.</p>
47        <?php endif; ?>

```

Figura 42 Vista de rutas index

Vista de rutas nuevo: aquí podremos agregar las rutas con un nombre y tendremos el botón de agregar para que esto sea ingresado en nuestra base de datos

```

1 <div class="midde_cont">
2   <div class="container-fluid">
3     <div class="row column_title">
4       <div class="col-md-12">
5         <div class="page_title">
6           <h2><i class="fas fa-route"></i> Agregar Ruta</h2>
7         </div>
8       </div>
9     </div>
10
11     <div class="mx-auto" style="width:60%;">
12       <?php if ($this->session->flashdata('mensaje')): ?>
13         <div class="alert alert-danger">
14           <?php echo $this->session->flashdata('mensaje'); ?>
15         </div>
16       <?php endif; ?>
17       <form class="row" id="form-agregar-ruta" action="<?php echo site_url('rutas/guardarRuta') ?>" method="POST">
18         <div class="col-12 mt-4">
19           <label for="nombre">Nombre de la Ruta</label>
20           <input placeholder="Nombre de la ruta" type="text" class="form-control" required name="nombre" id="nombre">
21         </div>
22
23         <div class="col-md-6 mt-4">
24           <button class="btn btn-success" type="submit">Guardar Ruta</button>
25           &nbsp;
26           <a href="<?php echo site_url('rutas/index') ?>" class="btn btn-secondary">Cancelar</a>
27         </div>
28       </form>
29     </div>
30 </div>
31 </div>
32
33 <!-- Add this line to include FontAwesome -->
34 <link rel="stylesheet" href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-awesome/6.0.0-beta3/css/all.min.css">
35

```

Figura 43 Vista de rutas nuevo

Vista header: aquí será la vista para tener el menú y poder navegar en las distintas pestañas que serán agregadas

```

301         <ul class="collapse list-unstyled" id="element">
302             <li>
303                 <a href="<?php echo site_url('rutas/index') ?>">
304                     <i class="fa fa-list dark_icon"></i> <span>Total Rutas</span>
305                 </a>
306             </li>
307             <li>
308                 <a href="<?php echo site_url('rutas/nuevo') ?>">
309                     <i class="fa fa-plus-circle dark_icon"></i> <span>Agregar</span>
310                 </a>
311             </li>
312         </ul>
313     </li>
314
315     <li>
316         <a href="#element2" data-toggle="collapse" aria-expanded="false" class="dropdown-toggle">
317             <i class="fa fa-recycle dark_blue_color"></i> <span>Ecotachos</span>
318         </a>
319         <ul class="collapse list-unstyled" id="element2">
320             <li>
321                 <a href="<?php echo site_url('ecotachos/index') ?>">
322                     <i class="fa fa-list dark_blue_color"></i> <span>Total Ecotachos</span>
323                 </a>
324             </li>
325
326             <li>
327                 <a href="<?php echo site_url('occidental/occidental') ?>">
328                     <i class="fa fa-globe blue_color"></i> <span>Mapa Occidental</span>
329                 </a>
330             </li>
331             <li>
332                 <a href="<?php echo site_url('oriental/oriental') ?>">
333                     <i class="fa fa-map-signs blue_color"></i> <span>Mapa Oriental</span>
334                 </a>
335             </li>
336             <li>
337                 <a href="<?php echo site_url('nocturna/nocturna') ?>">
338                     <i class="fa fa-moon-o green_color"></i> <span>Mapa Nocturna</span>
339                 </a>
340             </li>
341         </ul>
342     </li>
343

```

Figura 44 Vista header

Vista inicio: tendremos la pagina de inicio la cual se ha cargado la información necesaria de las entidades que contiene la empresa Epagal

```

301         <ul class="collapse list-unstyled" id="element">
302             <li>
303                 <a href="<?php echo site_url('rutas/index') ?>">
304                     <i class="fa fa-list dark_icon"></i> <span>Total Rutas</span>
305                 </a>
306             </li>
307             <li>
308                 <a href="<?php echo site_url('rutas/nuevo') ?>">
309                     <i class="fa fa-plus-circle dark_icon"></i> <span>Agregar</span>
310                 </a>
311             </li>
312         </ul>
313     </li>
314
315     <li>
316         <a href="#element2" data-toggle="collapse" aria-expanded="false" class="dropdown-toggle">
317             <i class="fa fa-recycle dark_blue_color"></i> <span>Ecotachos</span>
318         </a>
319         <ul class="collapse list-unstyled" id="element2">
320             <li>
321                 <a href="<?php echo site_url('ecotachos/index') ?>">
322                     <i class="fa fa-list dark_blue_color"></i> <span>Total Ecotachos</span>
323                 </a>
324             </li>
325
326             <li>
327                 <a href="<?php echo site_url('occidental/occidental') ?>">
328                     <i class="fa fa-globe blue_color"></i> <span>Mapa Occidental</span>
329                 </a>
330             </li>
331             <li>
332                 <a href="<?php echo site_url('oriental/oriental') ?>">
333                     <i class="fa fa-map-signs blue_color"></i> <span>Mapa Oriental</span>
334                 </a>
335             </li>
336             <li>
337                 <a href="<?php echo site_url('nocturna/nocturna') ?>">
338                     <i class="fa fa-moon-o green_color"></i> <span>Mapa Nocturna</span>
339                 </a>
340             </li>
341         </ul>
342     </li>
343

```

Figura 45 Vista inicio

Vista login: tendremos aquí los campos que el usuario podrá llenar para que el inicio de sesión sea satisfactorio y pueda dirigirse a pestaña donde estar el contenido

```

152     <div class="login-container">
153         <div class="login-form">
154             <h2>Iniciar Sesión</h2>
155
156             <?php echo form_open('login/procesar_login'); ?>
157             <?php if (isset($error)): ?>
158                 <div class="error-message"><?php echo $error; ?></div>
159             <?php endif; ?>
160
161             <div>
162                 <label for="username">Email:</label>
163                 <input type="text" id="username" name="username" required>
164             </div>
165
166             <div>
167                 <label for="password">Contraseña:</label>
168                 <input type="password" id="password" name="password" required>
169             </div>
170
171             <div>
172                 <button type="submit">Iniciar Sesión</button>
173             </div>
174
175             <?php echo form_close(); ?>
176         </div>
177
178         <div class="welcome-section">
179             <a>
180                 
182             </a>
183             <hr>
184             <h2>Bienvenidos al</h2>
185             <h2>Sistema de Epagal</h2>
186         </div>
187     </div>
188
189     <!-- Scripts JS y otros elementos de tu plantilla -->
190     <script src="<?php echo base_url('assets/js/jquery.min.js'); ?>"></script>
191     <script src="<?php echo base_url('assets/js/bootstrap.min.js'); ?>"></script>
192 </body>

```

Figura 46 Vista login

Anexo A. Informe anti plagio del proyecto de titulación

CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el tema: “**DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS MEDIANTE SENSORES DE PROXIMIDAD Y COMUNICACIÓN EN TIEMPO REAL EN EPAGAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.**”, de Alajo Chimbo Leonardo Jesús y Lasluisa Alajo Alvaro Jesús, de la carrera de **Ingeniería en Sistemas de Información**, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Compilatio, con un porcentaje de coincidencias del 0 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

21/8/24, 4:25 p.m.
cap_4.docx

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
REVISION PLAGIO

NOMBRE DEL ALUMNO
LEONARDO JESUS ALAJO CHIMBO

NOMBRE DEL ARCHIVO
cap_4.docx

SE HA CREADO EL INFORME
21 ago 2024

| Resumen | | |
|------------------------------------|---|-----|
| Fragmentos marcados | 0 | 0 % |
| Fragmentos citados o entrecorridos | 0 | 0 % |

21/8/24, 4:27 p.m.
cap_6.docx

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
REVISION PLAGIO

NOMBRE DEL ALUMNO
LEONARDO JESUS ALAJO CHIMBO

NOMBRE DEL ARCHIVO
cap_6.docx

SE HA CREADO EL INFORME
21 ago 2024

| Resumen | | |
|------------------------------------|---|-----|
| Fragmentos marcados | 0 | 0 % |
| Fragmentos citados o entrecorridos | 0 | 0 % |

21/8/24, 4:28 p.m. cap_5.docx

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO
REVISION PLAGIO

NOMBRE DEL ALUMNO
LEONARDO JESUS ALAJO CHIMBO

NOMBRE DEL ARCHIVO
cap_5.docx

SE HA CREADO EL INFORME
21 ago 2024

Resumen

| | | |
|-------------------------------------|---|-----|
| Fragmentos marcados | 0 | 0 % |
| Fragmentos citados o entrecuillados | 0 | 0 % |

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, 22 de agosto de 2024



Ing. MSc. Victor Hugo Medida Matute
C.C.: 0501373955
TUTOR