



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTA DE INGENIERIA  
CARRERA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
“EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS DE SEÑALES  
INALÁMBRICAS EN UN PROTOTIPO CREADO PARA COBRO  
INTELIGENTE EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE  
RIOBAMBA.”**

**Trabajo de Titulación para optar al título de:  
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones**

**Autores:**

Franklin Geovanny Saes Tene  
Mario Rubén Yuquilema Curicama

**Tutor:**

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro

**Riobamba, Ecuador. 2023**

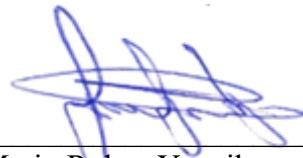
## DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, Franklin Geovanny Saes Tene, con cédula de ciudadanía 060468564-4, y Mario Rubén Yuquilema Curicama con cédula de ciudadanía 172412354-0, autores del trabajo de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS DE SEÑALES INALÁMBRICAS EN UN PROTOTIPO CREADO PARA COBRO INTELIGENTE EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**, certificamos que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 06 de noviembre de 2023.

  
\_\_\_\_\_  
Franklin Geovanny Saes Tene  
C.I.:060468564-4

  
\_\_\_\_\_  
Mario Ruben Yuquilema Curicama  
C.I: 172412354-0,

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS DE SEÑALES INALÁMBRICAS EN UN PROTOTIPO CREADO PARA COBRO INTELIGENTE EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, presentado por Franklin Geovanny Saes Tene, con cédula de ciudadanía 060468564-4, y Mario Rubén Yuquilema Curicama con cédula de ciudadanía 172412354-0, emitimos el **DICTAMEN FAVORABLE**, conducente a la **APROBACIÓN** de éste con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de sus autores; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 06 de noviembre de 2023.

PhD. **Ciro Radicelli**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Mgs. **Klever Hernán Torres Rodríguez**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Mgs. **José Luis Jinez Tapia**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

PhD. **Daniel Antonio Santillán Haro**  
**TUTOR**

## **CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS DE SEÑALES INALÁMBRICAS EN UN PROTOTIPO CREADO PARA COBRO INTELIGENTE EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, presentado por Franklin Geovanny Saes Tene, con cédula de ciudadanía 060468564-4, y Mario Rubén Yuquilema Curicama con cédula de ciudadanía 172412354-0, bajo la tutoría de PhD. Daniel Antonio Santillán Haro; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 06 de noviembre de 2023.

PhD. **Ciro Radicelli.**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Mgs. **Klever Hernán Torres Rodríguez**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Mgs. **José Luis Jinez Tapia**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

**CERTIFICADO ANTIPALGIO**

*en movimiento*



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

UNACH-RGF-01-04-02.20

VERSIÓN 02: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **SAES TENE FRANKLIN GEOVANNY** con CC: **060468564-4**, estudiante de la Carrera **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS DE SEÑALES INALÁMBRICAS EN UN PROTOTIPO CREADO PARA COBRO INTELIGENTE EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**", cumple con el 10%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de octubre de 2023



Firmado electrónicamente por:  
DANIEL ANTONIO  
SANTILLAN HARO

PhD. Daniel Antonio Santillán Haro  
**TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**



# CERTIFICACIÓN

Que, **YUQUILEMA CURICAMA MARIO RUBEN** con CC: **1712412354-0**, estudiante de la Carrera **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, NO VIGENTE**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**EVALUACIÓN DE INTERFERENCIAS DE SEÑALES INALÁMBRICAS EN UN PROTOTIPO CREADO PARA COBRO INTELIGENTE EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**", cumple con el 10%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de octubre de 2023



PhD. Daniel Antonio Santillán Haro  
**TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo de titulación le dedico a mi Dios mi mejor creador, como muestra mi total gratitud y amor hacia él. A mis padres, Jorge Saes y María Tene que me inculcaron a ser una buena persona perseverante en todo, siempre manteniendo mis principios, mis valores, mi empeño y ayudaron lograr mi educación secundaria. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la fé en Dios para no morir en el intento.*

*A mi esposa Magdalena Rumipamba, por tus oraciones, tu fé en Dios, tu ayuda, tu fuerza y tu comprensión lo que me ayudó a alcanzar una meta más en mi vida.*

*A mis hijos Emerson, Caleb, Yamileth, cada una de sus existencias, sin lugar a duda son lo mejor que me han pasado, y llegaron en el momento adecuado a ser mis motores para seguir luchando por ellos.*

*A mi hermano Alonso, quien ha sido un apoyo incondicional a mi lado y motivándome día a día desde un principio hasta el momento de lograr mis metas.*

**-Franklin Geovanny Saes Tene**

*Como primer punto agradezco a Dios por su amparo y protección durante toda la preparación académica universitaria. A mis padres, Venancio Yuquilema y María Curicama por todo el sacrificio y apoyo incondicional quienes juntos inculcaron en mí, los valores de la honestidad, superación, perseverancia y esfuerzo para cumplir con mis objetivos y llegar a culminar mi carrera universitaria.*

*A mis hermanos Oscar y Marco quienes han sido un pilar fundamental manteniéndose a mi lado y motivándome día a día, quienes se encontraron desde un principio acompañándome a cumplir mis metas.*

*A mi hermana Clara y su familia por ser un ejemplo, para seguir luchando, enseñándome a no rendirme, aunque existan momentos difíciles inculcando de esta manera la fuerza para superarme cada día más.*

*A la familia Cachuput y Guaman quienes me acogieron en su hogar ofreciéndome su amistad y cariño, ofreciéndome consejos y apoyándome, ofreciéndome de esta manera motivación para poder continuar en este proceso.*

*El presente trabajo de investigación fue realizado pensando en cada uno de ustedes, los quiero y estaré eternamente agradecido por lo cual les estoy devolviendo lo que me han brindado en un principio que es la confianza concluyendo de esta manera un gran capítulo de mi vida.*

**-Mario Rubén Yuquilema Curicama**

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a mi Dios Todopoderoso por haberme dado vida, salud, fuerza y la sabiduría para lograr este objetivo, por guiarme en la senda correcta en toda mi vida y el proceso académico en la Universidad.*

*A mis padres porque siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos.*

*A mi esposa que con su esfuerzo y amor me ha impulsado perseguir mis metas y nunca temer frente a las adversidades, además de soporte material y económico para lograr concentrarme en los estudios y llegar a cumplir un meta más en mi vida.*

*Le agradezco profundamente a mi tutor PhD. Daniel Santillán por guiarnos con dedicación, paciencia, y correcciones precisas ya que sin ello no hubiese logrado llegar a esta instancia tan anhelada.*

*A todos mis docentes de la Universidad que fueron parte de mi camino académico, por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy llegar a este punto de mi vida. Sin ustedes los conceptos serían solo palabras sin comprensión.*

*A todos mis compañeros ya que muchos de ellos más que compañeros han se han convertido en gran familia, cómplices y hermanos. Gracias por aquellos momentos vividas, tareas grupales realizadas y las historias vividas.*

*A la Universidad Nacional de Chimborazo que me ha permitido obtener mi tan ansiado título. Agradezco a cada funcionario realizar su labor y por su gestión, sin ello no estarían las bases ni las condiciones para generar conocimientos.*

*Por último, agradecer a todo quienes de una u otra, manera formaron parte de este proceso, Gracias por todos sus consejos Dios les bendiga, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi vida profesional.*

**-Franklin Geovanny Saes Tene**



*Agradecido a Dios por darme siempre fuerzas para continuar en lo adverso, por guiarme en el camino de lo prudente con ello dándome sabiduría para mejorar día a día mi quehacer profesional y por permitirme tener una buena experiencia dentro de la universidad.*

*Gracias la Universidad Nacional de Chimborazo y a la carrera de ingeniería en electrónica y telecomunicaciones por permitirme convertir en ser un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación. Al mismo tiempo quiero agradecer sinceramente a mi tutor de tesis Dr. Daniel Antonio Santillán Haro su esfuerzo y dedicación, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su paciencia y motivación para poder llevar a cabo el presente documento de investigación.*

*A la cooperativa de transporte Puruhá por abrimos las puertas y permitirnos realizar las pruebas correspondientes para llevar a cabo el proceso de investigación de esta manera al Ing. Milton López. Finalmente agradezco a quienes han sido un pilar fundamenta en este proceso, no ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ha mi familia*

***-Mario Ruben Yuquilema Curicama***

## ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DE TRIBUNAL;	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPALGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	

1.	INTRODUCCIÓN .....	18
1.1	Antecedentes .....	18
1.2	Planteamiento del Problema .....	20
1.3	Formulación del problema .....	20
1.4	Justificación .....	21
1.5	Objetivos.....	22
1.5.1	Objetivo General.....	22
1.5.2	Objetivos Específicos .....	22
2.	MARCO TEÓRICO .....	23
2.1	Estado de Arte .....	23
2.2	Sistema de Transporte Urbano .....	25
2.3	Trasporte público urbano Autobús.....	25
2.3.1	Tarifa.....	25
2.3.2	Formas de corbo de tarifa .....	25
2.4	Sistema de cobro inteligente.....	26
2.4.1	Objetivos del sistema de cobro inteligente.....	26
2.4.2	Tecnología inalámbrica en sistemas de cobro inteligente .....	26
2.5	Tecnología NFC.....	27
2.5.1	Estándares y especificaciones para NFC .....	27
2.5.2	Seguridad en NFC.....	28
2.5.3	Tipos de tarjetas NFC.....	29
2.5.4	Aplicaciones de la tecnología NFC .....	29

2.6	Tarjetas de desarrollo.....	30
2.6.1	ESP32 DEVKIT V1 .....	30
2.6.2	Lector RFID/NFC 13.56MHz PN532.....	30
2.6.3	Pantalla Nextion NX3224TXXX .....	31
2.6.4	DFPlayer .....	32
2.6.5	Modulo Amplificador Pam8403.....	32
2.6.6	MÓDULO TP4056 cargador baterías litio con protección.....	33
2.7	Redes Inalámbricas.....	33
2.7.1	Tipos de Redes Inalámbricas .....	34
2.7.2	Bluetooth.....	35
2.7.3	Red WiFi.....	35
2.7.4	Red Móvil.....	35
2.7.5	Base de Datos Firebase.....	36
3.	METODOLOGIA.....	37
3.1	Tipo de Investigación.....	37
3.1.1	Investigación descriptiva: .....	37
3.1.2	Investigación explicativa: .....	37
3.1.3	Investigación experimental: .....	37
3.2	Diseño de Investigación.....	37
3.3	Técnicas de recolección de Datos.....	38
3.3.1	Planteamiento de Proceso de la investigación.....	38
3.3.2	Reconocimiento y mapeo de la ruta a evaluarse.....	39
3.3.3	Diseño y reestructuración del prototipo de cobro inteligente .....	40
3.3.4	Diseño de página web .....	42
3.3.5	Escenarios de pruebas de interferencia y recolección de datos .....	46
3.4	Población de estudio y tamaño de muestra.....	50
3.4.1	Población.....	50
3.4.2	Muestra .....	50
3.5	Operacionalización de las variables .....	50
3.6	Método de análisis .....	51
3.6.1	Técnicas de investigación .....	51
3.6.2	Desarrollo y funcionamiento del prototipo .....	51
3.6.3	Instrumentos de recolección de Datos. ....	51
3.7	Procesamiento de datos.....	53
3.7.1	Esquemático de procesamiento datos .....	53
3.7.2	Monitoreo de datos.....	54

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
4.1	Resultados de ruta.....	55
4.2	Resultados de diseño de prototipo .....	55
4.2.1	Diseño del prototipo.....	55
4.2.2	Diseño electrónico del prototipo .....	56
4.2.3	Resultado final del prototipo.....	57
4.3	Resultados de diseño de página web.....	58
4.4	Funcionamiento de la arquitectura.....	59
4.5	Resultados estadísticos.....	60
4.5.1	Recolección de datos.....	60
4.5.2	Prueba de normalidad.....	62
4.5.3	Análisis del rendimiento .....	64
4.5.4	Análisis de pérdida de paquetes .....	67
4.5.5	Análisis de correlación .....	70
5.	CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	72
5.1	Conclusiones .....	72
5.2	Recomendaciones .....	73
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	74
7.	ANEXOS.....	79
	ANEXO 1. Diseño de Electrónico Prototipo .....	79
	ANEXO 2: Ruteo de pistas .....	79
	ANEXO 3: Visualización 3D del pcb .....	80
	ANEXO 4: Armado del prototipo físico real.....	80
	ANEXO 5: Toma de datos en el recorrido de Bus.....	81
	ANEXO 6; Recolección de datos en el bus urbano.....	81
	ANEXO 7; Programación del prototipo de cobro inteligente .....	82
	ANEXO 8; Programa referente a la página web.....	82
	ANEXO 9; Tabla de datos recolectados.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Escenario de prueba .....	48
<b>Tabla 2:</b> Operacionalización de las variables .....	50
<b>Tabla 3:</b> Componentes electrónicos de los prototipos Maestro y Esclavo .....	57
<b>Tabla 4:</b> Tabla de resumen de la cantidad de pruebas realizadas .....	60
<b>Tabla 5:</b> Categoría de pérdida de paquetes.....	61
<b>Tabla 6:</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el rendimiento.....	62
<b>Tabla 7:</b> Diagramas de dispersión para el rendimiento .....	63
<b>Tabla 8:</b> Diagramas de dispersión para la pérdida de paquetes .....	64
<b>Tabla 9:</b> Prueba de Kruskal-Wallis del rendimiento con respecto a las diferentes tecnologías inalámbricas.....	65
<b>Tabla 10:</b> Clasificación de subconjuntos del Rendimientos para diferentes tecnologías inalámbricas.....	66
<b>Tabla 11:</b> Prueba de Kruskal-Wallis del rendimiento con respecto a las diferentes tecnologías inalámbricas.....	68
<b>Tabla 12:</b> Clasificación de subconjuntos de pérdida de paquetes para diferentes tecnologías inalámbricas.....	69
<b>Tabla 13:</b> Análisis de correlación rendimiento vs Pérdida de paquetes.....	71
<b>Tabla 14:</b> Resultados de la calidad del servicio (QoS) de redes inalámbricas .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	: Tecnología NFC.....	27
<b>Figura 2.2</b>	: ESP32 DEVKIT V1 .....	30
<b>Figura 2.3</b>	: Lector RFID/NFC PN532.....	31
<b>Figura 2.4</b>	: Pantalla Nextion NX3224T028 2.8 inch.....	31
<b>Figura 2.5</b>	: Conexión de DFPlayer .....	32
<b>Figura 2.6</b>	: Modulo Amplificador PAM8403 .....	33
<b>Figura 2.7</b>	: Modulo TP4056 cargador baterías litio con protección .....	33
<b>Figura 2.8</b>	Clasificación de redes inalámbricas .....	34
<b>Figura 2.9</b>	: IoT con Firebase .....	36
<b>Figura 3.1</b>	: Diagrama de bloque del proceso .....	39
<b>Figura 3.2</b>	: Arquitectura del Sistema .....	40
<b>Figura 3.3</b>	: Diagrama de Bloque módulo de captura de datos .....	40
<b>Figura 3.4</b>	: Módulo de transmisión de datos.....	41
<b>Figura 3.5</b>	Diagrama de Modulo de administración.....	41
<b>Figura 3.6</b>	: Página de inicio.....	42
<b>Figura 3.7</b>	: Pantalla del menú Slider.....	43
<b>Figura 3.8</b>	: Componentes de localización.....	43
<b>Figura 3.9</b>	: Ventana de Registro .....	44
<b>Figura 3.10</b>	: Ventana de búsqueda.....	44
<b>Figura 3.11</b>	: Ventana de componente Eliminar.....	45
<b>Figura 3.12</b>	: Ventana de componente Recargas .....	45
<b>Figura 3.13</b>	: Ventana de tramos de operación.....	46
<b>Figura 3.14</b>	: Ventana de visualización de rutas.....	46
<b>Figura 3.15</b>	: Escenario de Pruebas .....	49
<b>Figura 3.16</b>	: Logo Wireshark.....	52
<b>Figura 3.17</b>	: Resultados de WIRESHARK.....	52
<b>Figura 3.18</b>	: Toma de Datos en diferentes escenarios .....	53
<b>Figura 3.19</b>	: Esquema de proceso de evaluación de la interferencia de señales ...	53
<b>Figura 3.20</b>	: Monitoreo de Datos .....	54
<b>Figura 4.1</b>	Resultado de mapeo de la ruta .....	55
<b>Figura 4.2</b>	: Modelados 3D de la carcasa del prototipo .....	56
<b>Figura 4.3</b>	: Diseño y modelado 3D de PCB del prototipo .....	56
<b>Figura 4.4</b>	Resultado final del Prototipo .....	58
<b>Figura 4.5</b>	Interfaz principal de la Pagina web .....	58
<b>Figura 4.6</b>	: Arquitectura de cobro inteligente .....	59

<b>Figura 4.7</b>	: Representación Gráfica de Interferencias en Wireshark .....	59
<b>Figura 4.8</b>	Diagrama de cajas: Total de rendimiento con respecto a las tres tecnologías.	66
<b>Figura 4.9</b>	Diagrama lineal: Mediana de rendimiento con respecto a las tres tecnologías	67
<b>Figura 4.10</b>	: Diagrama de cajas: Total de perdida de paquetes con respecto a las tres tecnologías	68
<b>Figura 4.11</b>	: Diagrama lineal: Mediana de rendimiento con respecto a las tres tecnologías	70
<b>Figura 4.12</b>	: Grafica de rendimiento .....	71

## RESUMEN

Riobamba es una ciudad en desarrollo, por ende, necesita muchos recursos para brindar un buen vivir a la ciudadanía, la movilidad segura y eficaz de las personas es una de ellas. La implementación de un dispositivo de cobro automático ayuda no solamente a los operarios del transporte público como los buses urbanos sino a toda la ciudadanía garantizando un servicio ágil, rápida y segura, ya que los usuarios solo portarían una tarjeta NFC sustituyendo el dinero efectivo para el pago de pasajes. Para el correcto funcionamiento del mencionado dispositivo involucran muchos factores como autonomía de la energía, las interferencias de señales inalámbricas, clima y componentes de su fabricación. Exclusivamente este estudio se trata de evaluar las señales inalámbricas que interfieren en la operación del prototipo para determinar su viabilidad de implementación. Para ello se considera etapas importantes como, reconocimiento de la ruta de un determinado unidad, diseño y elaboración del prototipo de cobro automático, la página web para su administración y netamente pruebas de interferencias de las principales señales como wifi, Wimax, LTE y otros. Como resultado de este estudio conlleva a determinar que dentro de la operación simultanea entre las interferencias de diferentes tecnologías inalámbricas y bajo mismo entorno del prototipo de cobro inteligente funcionan en la banda de 2.4GHz produciendo con ello colisiones de paquetes a causa de la presencia de interferencias antes mencionado siendo la tecnología inalámbrica del Wimax que mayormente interfiere en la operación causando lentitud en la velocidad de transferencia. Mientras las interferencias estén más cerca al prototipo mayor afectación tiene. Por ello se recomienda realizar cambios de componentes en la construcción de prototipo acompañado de un respaldo de energía óptimo, y dispositivo autónomo en cuanto a la recepción de señal que funcione sin depender de señal wifi sino sea su propio modulo que recepte la señal como por ejemplo con la integración un chip de alguna compañía telefónica.

**Palabras Claves:** Cobro automático, NFC, RFID, señal inalámbrica, wifi, wmax, lte, interferencias.



# ABSTRACT

## Abstract

Riobamba is a developing city; therefore, it needs many resources to provide a good life to citizens, and the safe and efficient mobility of people is one of them. Implementing an automatic payment device helps public transport operators like urban buses and citizens by guaranteeing an agile, fast, and safe service since users would only carry an NFC card, replacing cash for fares. Many factors are involved in the proper functioning of an NFC card, such as power autonomy, interference from wireless signals, weather, and manufacturing components. This study is about evaluating the wireless signals that interfere with the operation of the prototype to determine its implementation feasibility. Essential stages are considered to reach this goal, such as recognition of the route of a certain transport unit, design and development of the automatic charging prototype, the website for its administration, and clear interference tests of the main signals such as Wi-Fi, Wimax, LTE, and others. It was determined that within the simultaneous operation between the interferences of different wireless technologies and under the same environment of the smart charging prototype, they work in the 2.4GHz band, producing packet collisions due to the presence of interference, being the Wimax wireless technology the one that mostly interferes in the operation, causing slowness in the transfer speed. The closer the interference is to the prototype, the greater the affectation. It is recommended to make changes to components in the prototype construction accompanied by an optimal power backup and an autonomous device in terms of signal reception that works without depending on a Wi-Fi signal but its module that receives the signal, for example, with the integration of a chip from a telephone company.

**Keywords:** Automatic charging, NFC, RFID, wireless signal, Wi-Fi, wimax, LTE, interference.



Reviewed by:  
Lic. Jenny Freire Rivera  
**ENGLISH PROFESSOR**  
C.C. 0604235036

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El uso de las tecnologías posmodernas de la información y la comunicación vinculadas a aplicaciones permite realizar tareas cotidianas transformando dramáticamente la dinámica social y la influencia individual de las personas [1], desde la realización de transferencias por banca móvil, hasta actividades de automatización mediante aplicaciones más allá de eso se están encaminando hacia el denominado ciudades inteligentes [2].

Por otra parte, el uso de los teléfonos inteligentes en la población se ha convertido parte fundamental de la sociedad, facilitando la disminución de tiempo en desarrollar las actividades que se desempeñan cotidianamente[3]. Incluir tecnologías modernas de la información en el sistema de transporte público permite ser un sistema de cobro de pasaje innovador a través del uso de tarjetas inteligentes[4], siendo tecnología ideal que mejora factores importantes como la rentabilidad y la eficiencia en la recaudación de dinero. No obstante, los beneficios de un cobro inteligente influyen notoriamente en la disminución de transacción, aborados y clasificación de tarifas, esto implica la disminución de los costos de operación como mencionan[5]. A nivel mundial, países de Asia y Europa, han implementado diversas tecnologías para este fin[4], con el objetivo de utilizar dispositivos móviles para la realización del pago. En España implementaron las tarjetas T-Mobilitat, estas permiten a los usuarios del transporte público movilizarse, esta tecnología incorpora sistemas avanzados (contactless, NFC), cuya tecnología inalámbrica permite la personalización de servicios, el ensanchamiento del ecosistema de movilidad, mejorando al sistema de transporte público e impulsándose frente a la movilidad en vehículo privado [2].

En países de Latinoamérica, como en Santiago de Chile funciona un sistema de pago automatizado e inteligente ¡Tarjeta bip!, que permite al usuario ingresar al transporte público, generando un reporte de cada viaje. El valor de este método recae en el potencial y desarrollo de diversas aplicaciones para la mejora de los sistemas de transporte público[5]. De la misma manera la ciudad de Curitiba (Brasil), dispone de un sistema de cobro automático el cual tiene gran nivel de aceptación por parte de los usuarios.

En la ciudad de Riobamba, el cobro de pasajes en el transporte urbano se realiza mediante billetes y monedas. Este sistema ha sido considerado como de primera generación y tiene múltiples complicaciones, una de ellas es el tiempo que tarda el conductor de la unidad para el cobro del servicio; siendo deficiente, afectando directamente a la calidad del servicio del transporte público[6]. Cada estudio surge por la necesidad de comprender y resolver situaciones particulares que en su momento se tornan difíciles y requieren ser atendidas satisfactoriamente, como es el caso de inconveniente que surge a la hora de cobrar los pasajes en los transportes urbanos (Buses), se ha potenciado el interés por este tema para contribuir a la modernización del sistema de tarifas inteligentes para el transporte público.

Este trabajo de investigación tiene como propósito la evaluación de interferencias de señales inalámbricas mediante el prototipo de cobro inteligente, en una unidad de transporte público de la ciudad de Riobamba, si bien resuelve uno de los problemas de los usuarios del transporte público, además, será de base y útil para futuras investigaciones que se espera refute, para duplicar la puntuación.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

El desarrollo de las tecnologías inalámbricas en sus diversas versiones avanza a pasos agigantados brindando así características importantes y aceptables a todos los usuarios en diferentes ámbitos que aprovechan su adaptabilidad, flexibilidad y menor costo en su configuración de dicha tecnología. Cabe mencionar que dichas tecnologías inalámbricas se encuentran inmersas en la mayoría de los Smartphones, electrodomésticos, computadoras, licencias de conducir, tarjetas de identificación, etc. Hoy en día el mundo de comercio dispone la manera de pagar una compra o un servicio mediante dos opciones: la física (dinero en efectivo y cheques) y la electrónica (transferencias a través de dispositivos electrónicos o digitales, las tarjetas de crédito, tarjetas de débito y otras de similar especie)[7].

En la ciudad de Riobamba el sistema de transporte urbano, realiza el cobro de las tarifas a través de monedas y billetes, siendo un sistema de primera generación presenta dificultades, entre los mismo se ve la interferencia en los intervalos de salida y frecuencia de ruta que son establecidos por las empresas de transporte urbano, mucha de las veces esto genera incomodidad en los usuarios y a veces genera tráfico de otros vehículos privados en horas pico; dicha interferencia se da por el tiempo que se tarda en realizar el cobro de pasajes, el tiempo transacción por pasajero es de diez a quince segundos, esto implica que se vean afectados los recursos monetarios, costos de operación, tiempos de ruta, en mucho de los casos, los mismos conductores de las unidades son los encargados de cobrar y brindar respectivo cambio, incrementando el tiempo de parada, esta acción perjudica a todos los usuarios que en mucho de los casos toman otra alternativa de movilización debido a la demora del transporte en recorrer su ruta establecida, este es un problema que afecta directamente a la calidad de servicio de la ciudad de transporte urbano de la ciudad de Riobamba.

## **1.3 Formulación del problema**

¿En qué medida interfiere las señales inalámbricas cercanas en el proceso transacción de un prototipo de cobro inteligente en el transporte público de buses urbanos de la ciudad de Riobamba?

## 1.4 Justificación

La expansión territorial de la ciudad de Riobamba exige entre muchas otras cosas una movilidad rápida y segura.

El presente trabajo de investigación consta de una evaluación para determinar la interferencia de señales inalámbricas en este caso entre las tecnologías wifi, red móvil, bluetooth y otros en un sistema de cobro inteligente en el transporte público de buses urbanos de la ciudad de Riobamba, sobreviene de la necesidad de los usuarios por mejorar el sistema de cobro de la tarifa, disminuyendo el tiempo de transacción de pagos de pasajes, ya que en la actualidad se realiza con un tipo de primera generación (billetes y monedas), el mismo genera ciertos inconvenientes como un claro ejemplo los vueltos ya que mucho de los transportes no cuentan en su momento con monedas para cambio de billetes por lo que es incómodo para el usuario, además de la seguridad de los conductores al portar dinero recaudado del día que son propensos a atracos y asaltos.

Como posible solución se sugiere implementar un sistema de cobro inteligente utilizando la tecnología inalámbrica NFC existente en la localidad, se moderniza el transporte público ofreciendo una opción de transporte cómoda, eficiente, eficaz, segura y sobre todo tiempo en las transacciones rápida para la ciudadanía y beneficiando también a la empresa de transporte publico respetar el tiempo de paradas, disminuyendo el tráfico de la ciudad sin interferir con los intervalos de operación de las frecuencias de rutas establecidas, así también los costos de operación para dichas empresas. La implementación de prototipo del sistema de cobro inteligente para el estudio y evaluación de interferencia de señales inalámbricas se lo realiza en una unidad de buses de la empresa de transporte urbano “PURUHÁ”, dicho prototipo funciona con Smart Cards y se convertirá como base para futuros estudios con el propósito de modernizar la movilidad de la ciudad. Siendo los beneficiarios directos los usuarios y conductores de las unidades de la empresa mientras que los beneficiarios indirectos son los habitantes de la ciudad de Riobamba.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Evaluar las interferencias de señales inalámbricas en el proceso de ejecución de prototipo de sistema de cobro inteligente de transporte público en la ciudad de Riobamba.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Mapear el recorrido de una ruta de la cooperativa de transporte urbano PURUHÁ de la ciudad de Riobamba.
- Diseñar un prototipo de cobro inteligente basado en tecnología inalámbrica que se adapte al sistema de transporte público en la ciudad de Riobamba.
- Diseñar una página web para registro de tarjetas y sistema de recargas de las tarifas de prototipo de cobro inteligente.
- Evaluar las interferencias de señal inalámbrica con las diferentes tecnologías en el prototipo durante el recorrido de la ruta elegida, para posteriormente determinar la señal inalámbrica de mayor afectación en la ejecución de cobro.

## CAPÍTULO II.

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Estado de Arte

La crisis económica de nuestro país es evidente, encontrándose en una inestabilidad rotunda, que influye en la vida social y económico, con tasas muy altas de desempleo, incremento en su índice de pobreza y una baja producción[8], con todo ese antecedente preocupante ver día a día el incremento de delincuencia.

La situación mundial de hoy en día, sin menor a duda está las necesidades enfocadas al desarrollo tecnológico y la automatización de procesos que incluidas la Inteligencia Artificial coadyuban al crecimiento de ciudades inteligentes con el objetivo de buscar la calidad de vida y salvaguardar la seguridad para sus habitantes[9]. Por lo mencionado anteriormente es importante que el sistema de cobro de pasajes en transportes públicos de la ciudad sea automatizado[10]. Un sistema de cobro electrónico bien diseñados representa seguridad y confiabilidad a los usuarios a la vez brinda comodidad y flexibilidad de pago, de a poco estos sistemas representan mayor seguridad e innovan la forma de pago tradicional a los nuevos sistemas de pago electrónico [11].

En un estudio realizado por [12] en el año 2016, menciona que las TICs dentro de los sistemas de transporte público, el uso de las tarjetas inteligentes (smart cards) para la realización de pagos, es la alternativa ideal en cuanto a la recopilación, almacenamiento y análisis de datos. Además, menciona que desde la creación de dichas tarjetas se han sido implementadas para este fin diferentes ciudades en el mundo, como San Francisco, Portland, Nueva York, Chicago, Ámsterdam (Países Bajos), Changchun (China), Gatineau-Quebec (Canadá), Santiago (Chile) y Pereira (Colombia), etc.

En el Ecuador desde el año 2009 la ciudad de Cuenca cuenta con este sistema automatizado, siendo actualizado llegó a ser exclusivo a partir del año 2018. En el año 2015 también se implementó en servicio del Metro en la ciudad de Guayaquil [13]. En cuanto a la Capital Quito se refiere se ideaba implementar en el año 2020, pero aún no cuentan con este sistema hasta la actualidad. Todo ello demuestra que es una tendencia hacia este sistema que ofrece facilidad de pago, seguridad y agilización del uso del transporte urbano, así también como obtención de datos que sirvan para controlar y cambiar rutas, horarios y unidades para dotar del servicio de acuerdo la demanda de pasajeros.

El proyecto de investigación realizada recientemente por [14] se trata de un dispositivo IoT, en su estudio se propone un prototipo basado en módulo ARDUINO UNO que se encarga de recibir y procesar datos recibidos de una tarjeta RFID, transmite datos a través de una conexión inalámbrica con el módulo SIM800L. Se realiza las pruebas respectivas concluyendo su adecuado funcionamiento del prototipo generando un margen de error del 2% esto debido al alcance de la tarjeta RFID con el lector además del margen de cobertura de la red móvil con el módulo SIM800L.

Para el buen funcionamiento de estos dispositivos es necesario un estudio de interferencias de señales inalámbricas el cual determine su calidad de funcionamiento en diferentes ambientes al que se ve expuesto durante el recorrido del transporte urbano.

Nos encontramos inmersos en un mundo que depende de las tecnologías inalámbricas para desarrollo de todas de las actividades cotidianas. El trabajo realizado por [15] conlleva a resultados interferencia causados por fuentes como: hornos microondas, dispositivos Bluetooth y teléfonos inalámbricos sobre las redes basadas en el estándar IEEE 802.11. Además, demostró que el dispositivo móvil usado para este trabajo afectó de manera crítica el comportamiento de la red inalámbrica, el horno microondas produjo una interferencia moderada en la red; y por último los dispositivos Bluetooth afectaron levemente el desempeño de ésta. También se observó que la degradación en los servicios inalámbricos aumenta a medida que se incrementa el número de clientes[16].

Este trabajo trata de estudiar los casos de interferencia de señales inalámbrica de diferentes tecnologías en un prototipo de cobro automático instalado en una unidad de transporte urbana de la ciudad de Riobamba cuyo fin es determinar la viabilidad de aplicación de estos dispositivos.



## **2.2 Sistema de Transporte Urbano**

El transporte urbano es el medio de transporte colectivo que permite el desplazamiento de personas y mercancías dentro de la misma ciudad operando en rutas fijas y horarios establecidos[17]. Dichos transportes pueden ser camiones, taxis, metros, autobuses o de otros sistemas especializados. Tiene una función económica, social y ambiental, ya que facilita la actividad terciaria, la accesibilidad de la población y la reducción de la contaminación por uso de transportes privados.

## **2.3 Transporte público urbano Autobús**

Tomando la definición de [17] se dice que los autobuses son medios de transporte público urbano que operan en las vías de la ciudad compartiendo su derecho de la vía con otros vehículos. En la ciudad de Riobamba por la misma vialidad circulan todos los vehículos generando un tránsito mixto.

### **2.3.1 Tarifa**

La tarifa definida por [18] es la relación económica administrativa entre los usuarios del transporte público urbano, prestado por un operador particular al estado agremiado en una cooperativa o compañía autorizado, regulado y controlado por el ente de control del estado, que representa la fuente principal de ingreso económico para la empresa prestador, operador y ejecutor de este servicio de transporte.

### **2.3.2 Formas de cobro de tarifa**

Es la manera como se realiza el cobro de tarifas a los usuarios que suben en este caso al autobús. Según [17] afirma que se dan cuatro formas de pago más usuales (individualmente o en combinación), éstas son:

- En efectivo
- Prepagadas
- Cobro automático
- Autoservicio o tarifa de honor

Dentro de los aspectos que deben considerarse al establecer un sistema de cobro [17]cita lo siguiente:

- Conveniencia de usuario
- Demoras mínimas en los vehículos
- Facilidad para supervisar el pago
- Seguridad en el manejo del dinero
- Atracción de usuario
- Costo de operación

## **2.4 Sistema de cobro inteligente**

El sistema de cobro inteligente es un conjunto de dispositivos interconectados entre sí, que facilitan el cobro de pagos en línea o presencial de una empresa. Su sistema constituye de herramientas, programas y métodos de transferencia de dinero entre entidades para pagar o comprar diversos productos o servicios[19]. La tecnología inalámbrica es la más favorable para este método comportando como un nuevo canal de pago por su alta eficiencia, rapidez, seguridad y sin costo adicional en los procesos de transacción, siendo una herramienta de fácil utilización para los usuarios.

### **2.4.1 Objetivos del sistema de cobro inteligente**

Como objetivos del sistema de cobro inteligente de pasajes en el transporte público según[20] resalta los siguientes propósitos:

- Permitir un holgado y rápido acceso de los pasajeros a la unidad de transporte evitando aumentar el tiempo y los valores de operación.
- Mejor control de la venta de pasajes y la administración de la empresa de transporte, por medio del manejo de la información guardada en el sistema.
- Proporcionar mayor seguridad en la transacción de cobro de pasajes.
- Facilitar la incorporación de cobros entre las operadoras de tránsito o los diversos medios.

### **2.4.2 Tecnología inalámbrica en sistemas de cobro inteligente**

Una de las tecnologías inalámbricas es contactless que poco a poco va introduciendo en nuestra vida cotidiana. Esta tecnología contactless utiliza chips para establecer comunicaciones inalámbricas de corto alcance y alta frecuencia como los de tipo NFC (Near Field Communication) o comunicación de campo cercano. La mencionada tecnología nos permite realizar pagos con tan solo acercar nuestro dispositivo a un terminal tipo TPV[21].

## 2.5 Tecnología NFC

La tecnología NFC, según [22] se trata de una tecnología inalámbrica de alta frecuencia que opera en la banda no licenciada de los 13.56 MHz, ésta deriva de las etiquetas RFID. En la Figura 2.1, se observa las diferentes aplicaciones en el que se utiliza este tipo de tecnología, desde lo más sencillo hasta lo más complejo.



**Figura 2.1:** Tecnología NFC

Fuente: [22]

Esta tecnología está basada en el principio de inducción electromagnética y su radio de acción es muy bajo, esto implica que para su funcionamiento dos circuitos inductivos conocidos como el transmisor y receptor se debe de acercarse de 10cm a un máximo 20cm para lograr compartir energía el cual permita la transferencia de datos[23].

### 2.5.1 Estándares y especificaciones para NFC

En la actualidad existen diversos estándares y especificaciones para la tecnología NFC, como lo resume [24] , estos son definidos por la European Computer Manufacturers Association (ECMA) y la International Standardization Organization (ISO):

- ECMA-340 (ISO/IEC18092) define la interfaz y modo de operación (NFCIP-1).
- El estándar ECMA-352 (ISO/IEC 21481) define una segunda versión de la interfaz y modo de operación en NFC (NFCIP-2).

- ECMA-356 y ECMA-362 (ISO/IEC 22536 e ISO/IEC DIS 23917 respectivamente) definen la interfaz RF y el protocolo de comunicaciones.

La tecnología NFC define dos modos de operación:

- **Modo activo:** Ambos dispositivos generen alternadamente su propio campo de RF. Mientras se espera datos de cada dispositivo desactiva su campo RF y para ello estos dispositivos necesitan tener su propia alimentación de energía.

- **Modo pasivo:** En este caso solamente el dispositivo Initiator genera el campo RF y el Target responde mediante la modulación de ese campo por lo tanto no necesita alimentación de energía propio y actúa como un transponder. Este modo pasivo es muy importante para dispositivos que funcionan con suministro de energía[23]. En la actualidad presenta tasas de transmisión de datos de 106, 212 y 424 Kbps, esperando magnitudes superiores en el futuro.

### 2.5.2 Seguridad en NFC

La seguridad es muy importante para salvaguardar los datos de los usuarios, NFC dispone de seguridad bastante seria, eso dificulta un poco a los delincuentes llevar a cabo un robo, pero ninguna manera puede garantizar que NFC sea vulnerada. A continuación, una breve lista frente a ello:

- **Lecturas secretas (eavesdropping):** Los hackers utilizan dispositivos con tecnología inalámbrica para interceptar señales e interpretar datos de la víctima. Una solución viable para este tipo de atentado es NFC se enciende solo cuando el usuario lo dispone y los datos se hallan encriptados mediante un 'token' que es desencriptado e interpretado por el lector de NFC [25].

- **Corrupción de datos:** Es el reemplazo de datos originales por datos similares que sean válidas. Esto ocurre si el dispositivo que recibe la señal NFC no está actualizado o si el usuario ha descargado una aplicación maliciosa[23].

- **Modificación de datos:** Es la consiste en conservar los datos válidos, pero incorrectos. Esto se puede evitar empleando ciertas maneras de codificación de información o navegando por una zona RF confiable[23].

- **Inserción de datos:** Consiste en intercambiar datos a través de mensajes si el dispositivo original aun no comienza con su respuesta. Se lo evita demorando el inicio de transmisión a respuesta, usando canal seguro y verificar de donde proviene los datos recibidos[23].

- **Ataque “Hombre en el medio” (Man-in-the-middle):** Este ataque no sucede a menudo ya que en la tecnología NFC disponen precondiciones complejas para intrusos, pero en caso de querer evitar se realiza una comunicación activo-pasivo y evaluar el campo RF para buscar sospechosos[23].

### 2.5.3 Tipos de tarjetas NFC

Existen cuatro tipos de tarjetas creados por NFC Forum que todo terminal NFC debe manejar[26]:

- **Tipo 1:** basado en ISO 14443 A. Propuesto por Innovision Research & Technology (Topaz™)10. Logra almacenar hasta 1 Kb y su velocidad de transferencia de 106 Kbps. Son tarjetas sumamente económicas[26].
- **Tipo 2:** se basa en ISO 14443 A. Y es proporcionado por NXP Semiconductors11 (MIFARE Ultralight)12. Puede almacenar de 0,5 Kb y su velocidad es de tipo 1. Tarjetas muy económicas[26].
- **Tipo 3:** se basa en FeliCa13 (derivada de ISO 18092). Propuesto por Sony, con almacenamiento hasta 2 Kb y una velocidad de 212 Kbps. Costo significativo, pero indicado para usos más complejos[26].
- **Tipo 4:** Basado en ISO 14443 A/B. Diferentes son los productores que suministran este tipo de tarjetas. Almacenamiento de hasta 64 Kb y velocidad en el intervalo de 106 Kbps a 424 Kbps[26].

### 2.5.4 Aplicaciones de la tecnología NFC

Algunas de las aplicaciones prácticas de la tecnología NFC son[27]:

**Identificación:** Permite identificar a un usuario concreto. Por ejemplo, se aplica en las tarjetas/llave de los vehículos, en abonos de transporte o para conciertos, tarjetas de acceso restringido o DNI electrónico[27].

**Recogida/intercambio de datos:** Posibilita la descarga de información de un determinado producto o servicio de forma similar a la información que podemos obtener a través de un código Q[27].

**Pago:** Nos permite pagar el ticket con suma facilidad en medios de transporte como el autobús, el tren, avión con tan sólo aproximar el teléfono con conectividad NFC a la plataforma física de pago[27].

## 2.6 Tarjetas de desarrollo

Una tarjeta de desarrollo es una placa electrónica que compone de un microcontrolador y elementos como puertos, conectores y reguladores que les permita a los usuarios acceder fácil y rápidamente a los periféricos para realizar prototipos tecnológicos[28]. Estas tarjetas son herramientas que facilitan el desarrollo de aplicaciones y pruebas, ya que cuentan con una unidad principal de procesamiento de información, así como la integración, dentro del mismo dispositivo.[28]. En la actualidad existen empresas que fabrican estas placas de desarrollo entre ellas Arduino, Raspberry pi, Galileo, Monkey, Libeliun-Waspote, etc.

### 2.6.1 ESP32 DEVKIT V1

Es una tarjeta de desarrollo contiene un microcontrolador económico y bajo consumo de energía, herramienta muy potente para realizar prototipos de proyectos IoT (Internet de las cosas [29]). Dispone conectividad WiFi de modo dual basada en el conocido ESP32 (WROOM32) y tecnología Bluetooth para controlar sensores, módulos y actuadores. En la Figura 2.2, se detalla la descripción de sus pines donde se observa la disposición de la placa del ESP32-DevKitC se exponen los siguientes: ADC1\_CH0, ADC1\_CH3, ADC1\_CH4, ADC1\_CH5, ADC1\_CH6 y ADC1\_CH7.

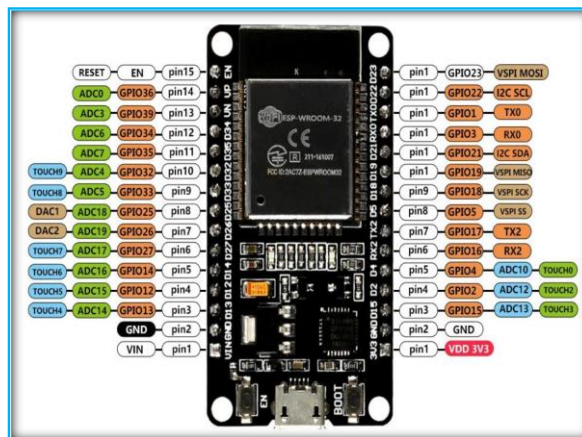


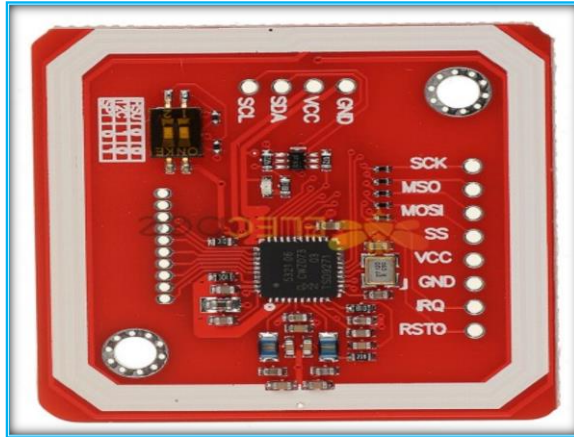
Figura 2.2: ESP32 DEVKIT V1

Fuente:[30]

### 2.6.2 Lector RFID/NFC 13.56MHz PN532

Es un módulo que funciona con etiquetas y dispositivos NFC de 13,56 MHz. En la Figura 2.3 se observa este módulo como es diseñado de manera compacta que incorporando

antenas en la misma placa. Permite tres tipos de interfaz de comunicación: SPI, I2C y UART[31].



*Figura 2.3: Lector RFID/NFC PN532*

Fuente: [32]

### 2.6.3 Pantalla Nextion NX3224TXXX

La pantalla Nextion se utiliza para interactuar hombre-máquina (HMI), logrando poder controlar y visualizar un proceso. Estas pantallas se utilizan principalmente en el campo de IoT. La serie Nextion HMI se puede adaptar fácilmente a los diseños existentes simplemente equipándola con un chip UART y poder crear y diseñar su propia interfaz a través de “software Nextion Editor” que se puede descargar desde la página oficial[33]. en la Figura 2.4, se observa una pantalla Nextion NX3224T028 de 2,8" es una pantalla táctil con una resolución de 320 x 240. Dispone de 4M de memoria flash, 2K de RAM y 65.000 colores.

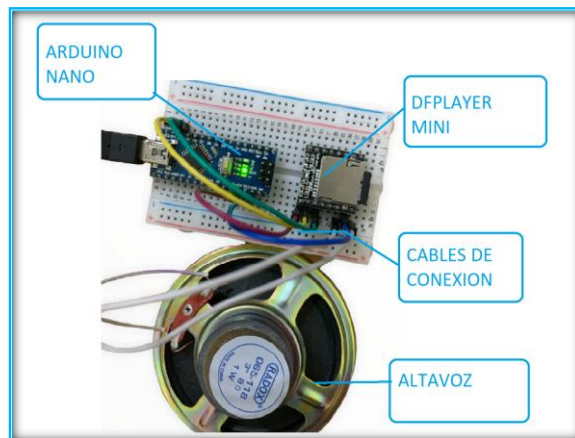


*Figura 2.4: Pantalla Nextion NX3224T028 2.8 inch*

Fuente: Autores

#### 2.6.4 DFPlayer

DFPlayer Mini es una pequeña tarjeta económica que reproduce audio en formatos MP3 mediante una memoria Micro SD de máximo 32 GB (FAT16 y FAT32) de capacidad, WMA y WAV[34]. Como se observa en la Figura 2.5, puede funcionar conectado a través de un procesador como un Arduino o de una forma independiente ya que incorpora un amplificador interno.



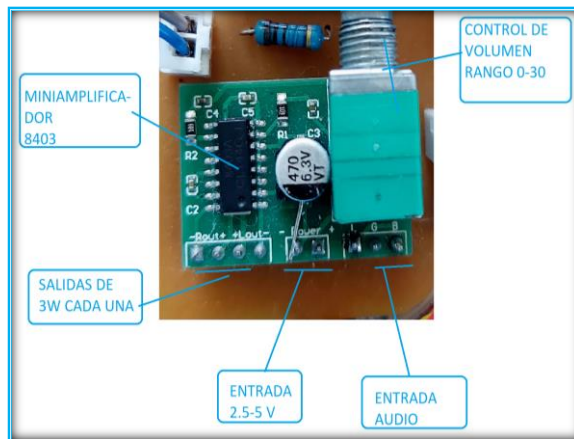
*Figura 2.5: Conexión de DFPlayer*

**Fuente:** Autores

#### 2.6.5 Modulo Amplificador Pam8403

Es un amplificador de audio digital Clase D, ofrece dos canales de salida 3W cada una, incorpora un miniaplicador PAM8403, que dispone THDN bajo y SNR alto, con lo que logra reproducir sonido de alta calidad. Se utiliza para proyectos con audio en aplicaciones de microcontrolador PIC, ATMEL, Arduino, Raspberry, etc. Para su funcionamiento se necesita fuente de alimentación de 2.5-5V, dos parlantes de 3W, una impedancia de 4 $\Omega$  y un conector de audio[35]. En la Figura 2.6 se puede observar las partes de este.



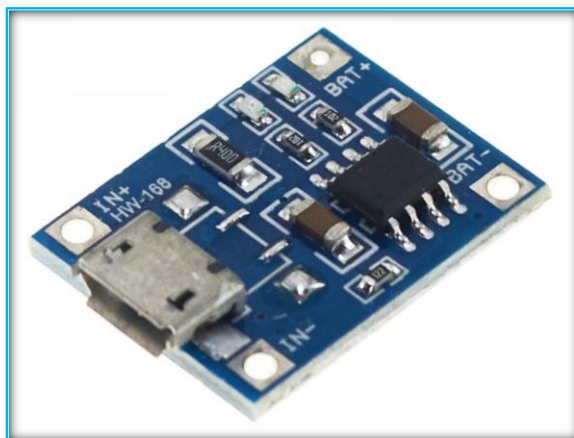


**Figura 2.6:** *Modulo Amplificador PAM8403*

**Fuente:** Autores

### 2.6.6 MÓDULO TP4056 cargador baterías litio con protección

El módulo cargador USB de iones de litio 18650 1A le permite cargar cómodamente baterías LiPo/LiOn de una sola celda[36]. En la Figura 2.7 se observa esta pequeña placa adecuado para baterías con un voltaje de carga nominal de 3,7 V y completamente cargadas con 4,2 V. Ideal para baterías LiPo 18650 o baterías LiOn para smartphones ya que cuenta con un CI regulador de voltaje. La corriente de carga es 1A, este valor se puede cambiar cambiando la resistencia R3.



**Figura 2.7:** *Modulo TP4056 cargador baterías litio con protección*

**Fuente:** [36]

## 2.7 Redes Inalámbricas

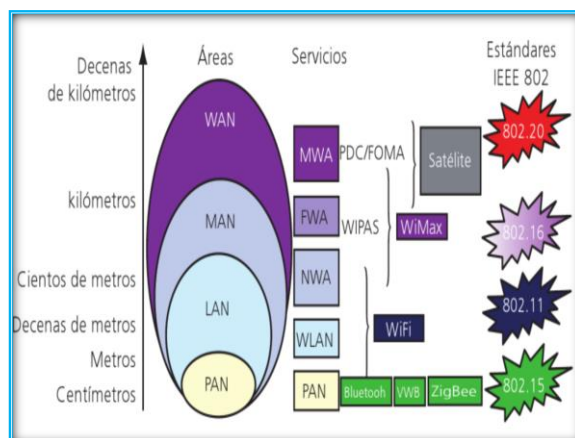
Las redes inalámbricas son comunicaciones no guiados por medio de antenas que generan ondas electromagnéticas, cuya comunicación se logra ya que una de las antenas se

comporta como transmisor y otra como receptor o en algunos casos la misma antena ofrece doble función. Este tipo de comunicaciones no solo se utilizan en la comunicación de datos sino tiene muchas aplicaciones como por ejemplo en la generación de señales, teléfonos móviles, cámaras web, automatización, domótica y los campos de: riego por goteo, voz IP, CCTV, etc.[37].

### 2.7.1 Tipos de Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas se ordenan de acuerdo con su amplitud y trayectoria, en la Figura 2.8 se puede observar y entre las que tenemos son:

- **Wireless Personal-Area Networks (WPAN).** Es una red personal inalámbrica con un alcance de hasta 10 metros, que permite a los clientes conectar sus servicios personales al sistema.
- **Wireless Local-Area Networks (WLAN).** Es una red de área local inalámbrica y puede tener hasta 100 metros de largo, se usan en forma de wifi o bluetooth, se usan para crear redes más baratas.
- **Wireless Metropolitan-Area Networks (WMAN).** Es una red inalámbrica metropolitana con una cobertura de hasta 50 kilómetros. Estas redes se establecen para áreas metropolitanas, zonas rurales o campus universitarios.
- **Wireless Wide-Area Networks (WWAN).** Es una red de área local inalámbrica para todas las redes inalámbricas anteriores que utilizan los operadores de telefonía móvil para proporcionar servicios y conexiones a los clientes.



**Figura 2.8** Clasificación de redes inalámbricas

**Fuente:** [37]

### **2.7.2 Bluetooth**

Bluetooth es un protocolo de comunicación WPAN creado por Bluetooth y una especificación industrial para redes de área personal inalámbricas (WPAN). Que se utiliza para la transmisión inalámbrica de datos (fotos, música, contactos, etc) y voz entre diferentes dispositivos que se hallan a corta distancia con un radio máximo de 10 metros de alcance mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz[38].

### **2.7.3 Red WiFi**

Es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite que dispositivos electrónicos como ordenadores, tablets, smartphones o teléfonos móviles, etc. se conecten a Internet utilizando radiofrecuencias para la transmisión de datos. Trabaja en su estándar IEEE 802.11 el cual Define un protocolo que permite la comunicación con dispositivos inalámbricos modernos habilitados para Wi-Fi, incluidos enrutadores y puntos de acceso inalámbrico[39].

### **2.7.4 Red Móvil**

Una red móvil es una red de telecomunicaciones diseñada para dispositivos móviles, como teléfonos móviles, smartphones, tabletas y computadoras portátiles. Estas redes permiten la comunicación inalámbrica entre dispositivos móviles y estaciones base a través de ondas de radio[40].

Las generaciones de red móvil son una serie de tecnologías de comunicación inalámbrica que se han desarrollado a lo largo del tiempo[40].

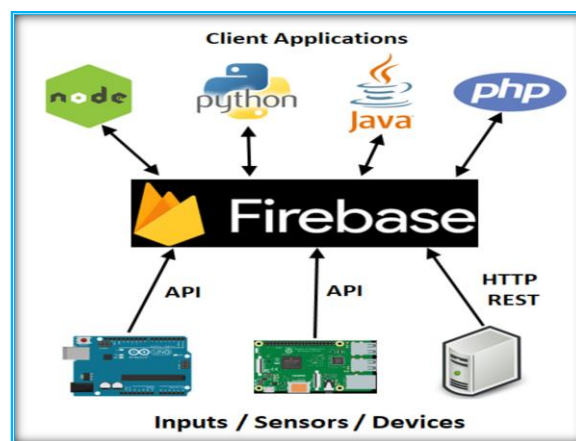
- La primera generación - 1G. Tiene su origen a finales de la década de 1980, basado principalmente en la telefonía analógica, y su uso se centra en el entorno empresarial.
- Segunda generación - 2G. A partir de la década de 1990, cambiaron a teléfonos digitales. La calidad de la comunicación ha mejorado significativamente gracias a una transferencia de datos más rápida, la capacidad de enviar faxes y los famosos mensajes de texto[40].
- La tercera generación 3G. La llegada de la banda ancha, la popularización de Internet móvil y la aparición de estándares como UMTS brindan una mayor capacidad de transmisión de datos.
- La cuarta generación - 4G. Fue desarrollado principalmente para el mercado móvil, caracterizado por la aparición de teléfonos inteligentes que requieren tasas de datos

más altas y velocidades de conexión más rápidas que las generaciones anteriores. Cumple la característica de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones). Opción de roaming internacional. Tasa máxima de transferencia de datos. Al menos 100 Mbps móvil y 1 Gbps inactivo. Soluciones móviles de alta calidad. Aplicaciones, dispositivos y servicios fáciles de usar. Compatibilidad con el protocolo IPv6 UTC[40].

- Quinta generación - 5G. 5G es la tecnología que se está desarrollando para conectar todo con todo, teléfonos con automóviles, hogares con computadoras y más. Pronto llegará una nueva generación que brindará a los usuarios infinitas posibilidades[40].

### 2.7.5 Base de Datos Firebase

Firebase es una plataforma desarrollada por Google el cual permite desarrollo de aplicaciones los juegos que los usuarios necesitan además ofrecen una amplia gama de herramientas y servicios para desarrolladores de aplicaciones móviles y web[41], como se observa en la Figura 2.9 la implementación de Firebase es realmente amplia se puede utilizar con node, Python, java, php y otras plataformas además de poder utilizar con dispositivos o hardware y sensores más utilizados como Arduino, raspberry , etc.



*Figura 2.9: IoT con Firebase*

Fuente: [41]

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGIA.

Según [42] define la metodología de la investigación como el conjunto de procedimientos y técnicas que se utilizan para llevar a cabo una investigación. Este método define la forma en que los investigadores recopilan, organizan y analizan los datos que reciben.

#### 3.1 Tipo de Investigación

A continuación, se explican cada uno de los tipos de investigación que intervienen en este proyecto.

##### 3.1.1 Investigación descriptiva:

Este tipo de investigación se encarga de la puntualización y descripción de las características del estudio. La investigación descriptiva permite establecer la estructura o el comportamiento del fenómeno[42] .

##### 3.1.2 Investigación explicativa:

La investigación explicativa intenta precisar las causas por las que ocurre el fenómeno [42]. En este sentido, como respuesta a la problemática, se diseñará el prototipo del sistema de cobro inteligente, en el cual se determinarán los elementos de hardware y software de manera que se logre la optimización en este sistema.

##### 3.1.3 Investigación experimental:

De acuerdo con [42]la investigación experimental pretende establecer un control del fenómeno de estudio, mediante diversas pruebas en los diferentes lugares del recorrido de la ruta elegida.

De acuerdo con lo descrito los tipos de investigación, en este trabajo se aplican los métodos descriptivos, explicativa y experimental, para el diseño de prototipo, pruebas de interferencia de señales inalámbricas en el prototipo, y evaluación de la viabilidad del prototipo de acuerdo con las interferencias de señales inalámbricas.

#### 3.2 Diseño de Investigación

La investigación implementada pretende generar resultados aplicado directamente a la problemática de la sociedad o el sector productivo, como mejoramiento de la eficiencia en

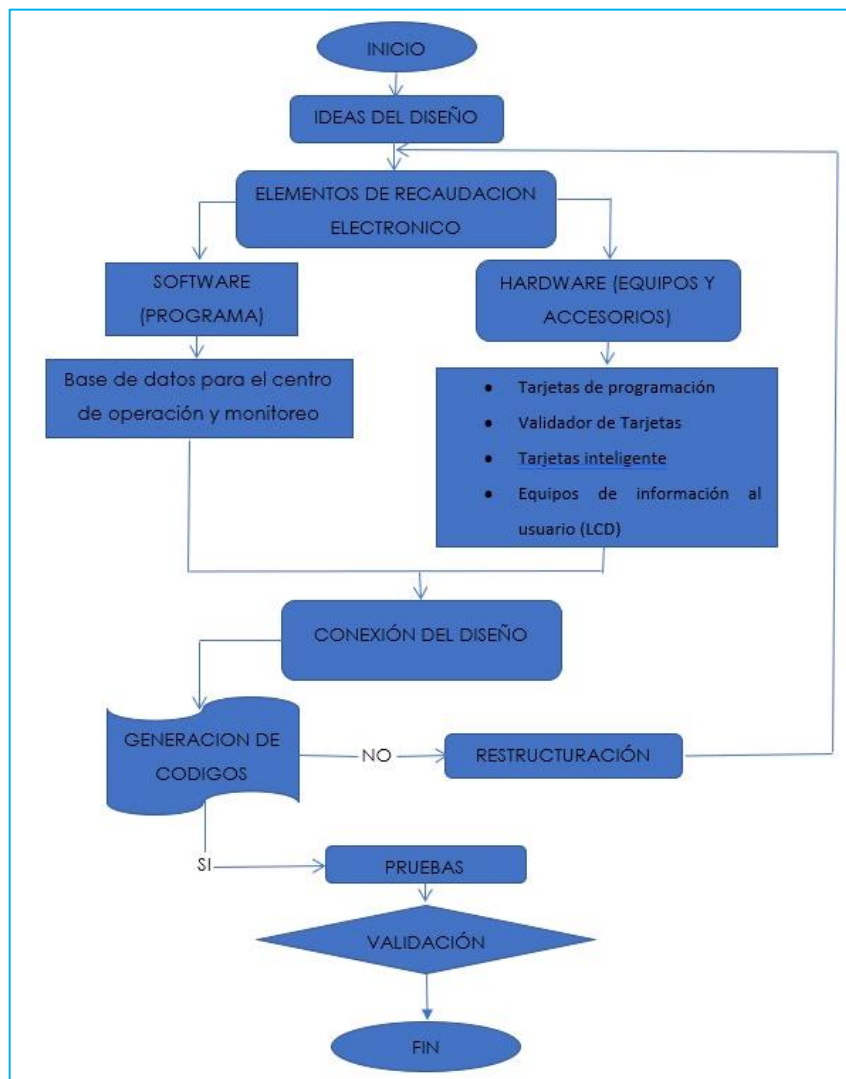
los métodos de cobro de pasajes en el transporte público de la ciudad de Riobamba, para ello se propone evaluar las interferencias de señales inalámbricas en el prototipo. También se conoce como práctica o empírica, siendo cuya función principal coadyuvar la aplicación de los conocimientos nutridos en el proceso del estudio de la carrera y canalizarlos en la aplicación práctica de la investigación, ya que este conjunto lleva a la obtención de resultados esperados concretos y precisos.

### **3.3 Técnicas de recolección de Datos**

Como técnica de recolección de datos se utilizará el experimento ya que a partir de ello se pretende realizar cualquier mejoramiento en las antenas, hardware y software en los elementos seleccionadas previamente, de esta manera también mejorar la eficiencia en cuanto al tipo de tecnología que se vaya a implementar, se pretende replicar algunas de las ya existentes, adaptando a la nuestra necesidad para este proyecto. Con todo ello hacer posible la evaluación de señales.

#### **3.3.1 Planteamiento de Proceso de la investigación.**

El desarrollo del presente trabajo de investigación se basa a partir del diagrama de la Figura 3.1 donde se describe todo el proceso que se debe de cumplir para el diseño de prototipo.



**Figura 3.1** : Diagrama de bloque del proceso

**Fuente:** Autores

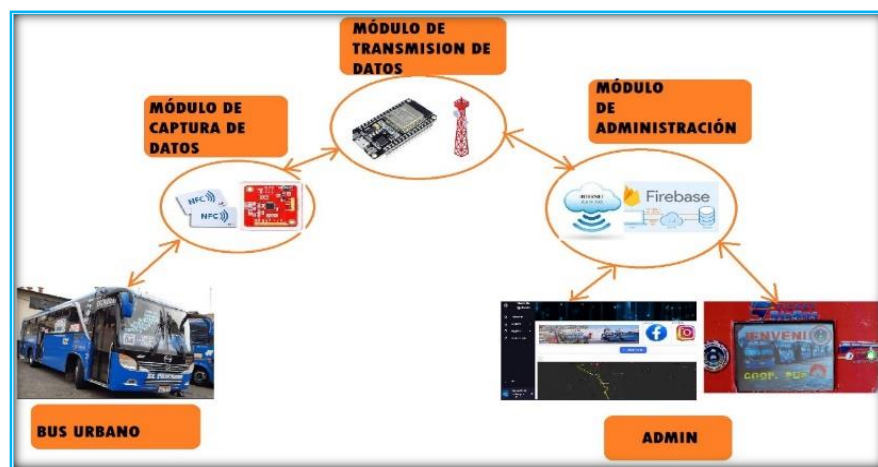
### 3.3.2 Reconocimiento y mapeo de la ruta a evaluarse

Para la recolección de información de la ruta se dialoga con el representante de la empresa de transporte “PURUHÁ”, posterior a ello se utiliza la aplicación Android NetMonitor, con el cual se realiza el mapeo de la ruta en este caso de las unidades número 14, y revisar la ruta que el transporte público por donde recorre, esto nos ayudará a conocer las necesidades que requiere el prototipo además de sugerencias que aportarán a que el proyecto se adapte al ambiente en donde va a operar posteriormente.

Netmonitor es una aplicación disponible para Android que nos va a permitir conocer diferentes detalles de nuestra conexión móvil, así como intensidad, tipo de conexión, datos de la antena a la que estamos conectados, antenas cercanas, etc

### 3.3.3 Diseño y reestructuración del prototipo de cobro inteligente

Se procede la investigación, diseño y la reestructuración del prototipo utilizando módulos y tipo de tecnología seleccionada para cumplir con los objetivos planteados. En la Figura 3.2 se presenta la arquitectura general del sistema, el cual está compuesto por tres módulos principales, el módulo de adquisición de datos, el módulo de transmisión y el módulo de monitoreo. Los dos primeros módulos están interconectados físicamente mediante cables mientras que el módulo de monitoreo está interconectado con el módulo de captura de datos mediante la red celular.



*Figura 3.2 : Arquitectura del Sistema*

Fuente: Autores

#### Módulo de captura de datos

El diagrama de bloques del prototipo se presenta en la Figura 3.3, este representa la disposición de los componentes de la estructura del módulo de lectura de datos.



*Figura 3.3 : Diagrama de Bloque módulo de captura de datos*

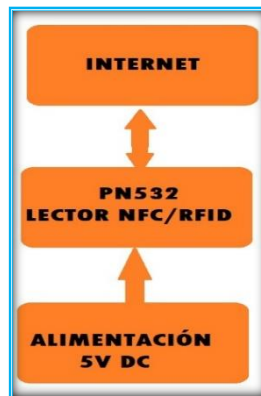
Fuente: Autores

El bloque para toma de datos se compone de: tarjetas NFC ya registradas los EPC, la antena y lectora RFID/NFC PN532, el cual se encarga de la lectura de las etiquetas mediante pulsos radioeléctricos y pasa los datos a la tarjeta ESP32.

#### Módulo de transmisión de datos

En la Figura 3.4, se resume el módulo de transmisión de datos, cuyos bloques están compuestos como sigue:





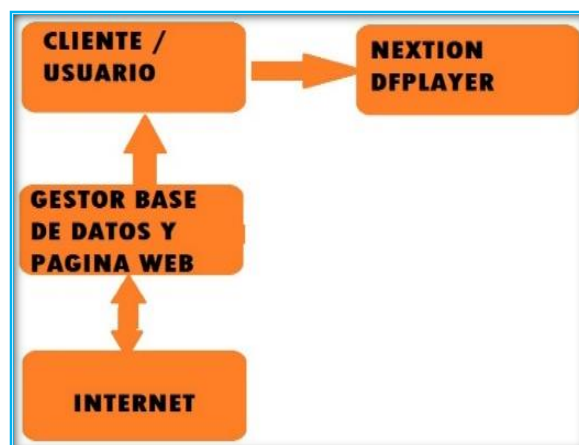
**Figura 3.4** : Módulo de transmisión de datos

**Fuente:** Autores

Cuando se lee la tarjeta NFC, el ESP32 interactúa con el internet para enviar la información a la nube en tiempo real donde se encuentra la base de datos FireBase, corrobora la información y devuelve el resultado de verificación para que el ESP32 procese la transacción. Para su funcionamiento el ESP32 se necesita conectar al internet y a su vez debe alimentarse con 5V DC, para ello este bloque dispone de alimentación tiene un módulo respaldo de energía de una batería de litio el mismo que dispone de un módulo de recarga de batería.

### **Módulo de administración y monitorización**

En la Figura 3-5, se describe este módulo, donde los datos son administrados a través de la página web y guardado en base de datos y en a través de la página web.



**Figura 3.5** Diagrama de Modulo de administración

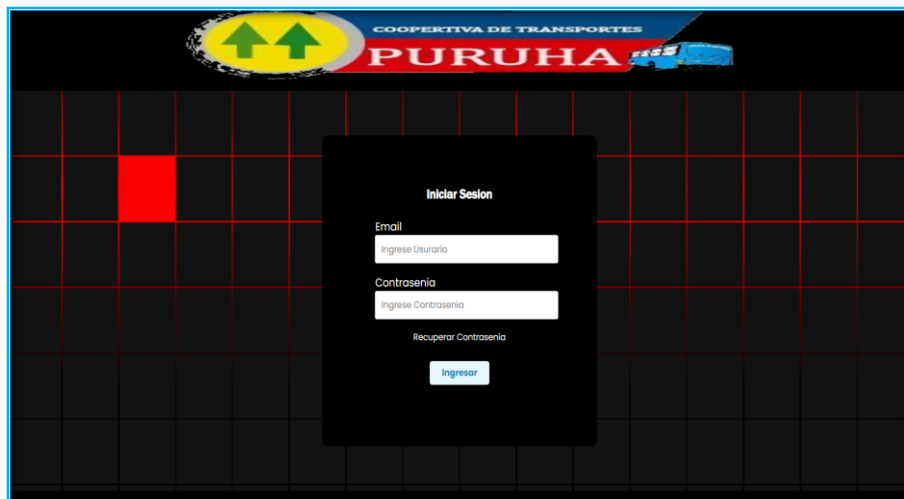
**Fuente:** Autores

Desde internet se reciben los datos enviados por el módulo de transmisión, el protocolo TCP/IP es utilizado para la comunicación bidireccional entre el módulo de transmisión y el módulo de administración. Una persona administra a través de la página web recarga de saldo en las tarjetas y obtener otra información de todas las operaciones, mientras tanto el cliente puede observar la ubicación del transporte en tiempo real. También el proceso se puede visualizar a través de una pantalla Nextion de 2.8 pulgadas y un audio guía.

### 3.3.4 Diseño de página web

- **Página de Inicio de sesión**

En la Figura 3.6 se visualiza la Página de inicio de sesión para usuarios ya autenticados en el sistema, la forma de ingreso al sistema es a través del Email y una contraseña, si el usuario o la contraseña no coinciden con las credenciales de la base de datos se desplegará un mensaje informando al usuario que credencial es incorrecto de la misma forma si el usuario no está activo se le informa al usuario

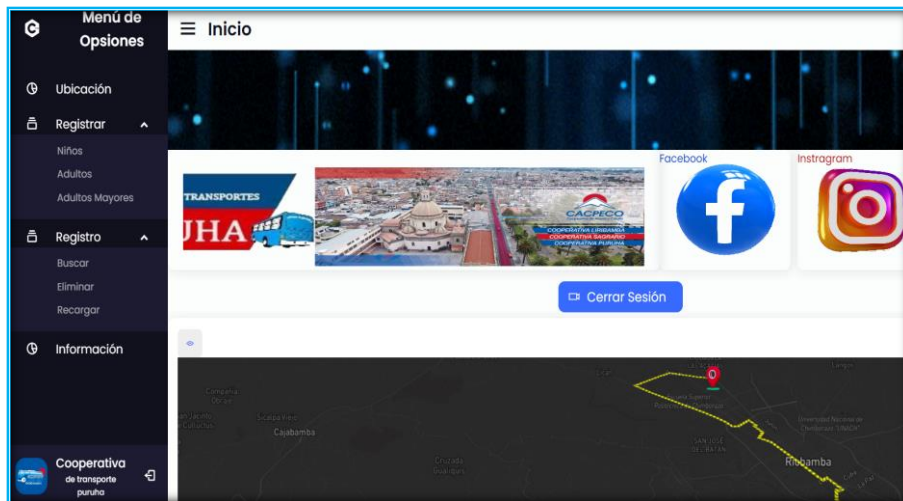


**Figura 3.6** : *Página de inicio*

**Fuente:** Autores

- **Diseño del Menú Slider**

Se evidencia con la Figura 3.7, el menú donde se despliega todos los componentes del sistema, diseñado de forma responsiva adaptándose a las necesidades que se requiere para poder registrar, recargar, Eliminar, etc. de suma importancia a la misma se concede el acceso únicamente las farmacias las cuales serán puntos de recargas para el usuario.

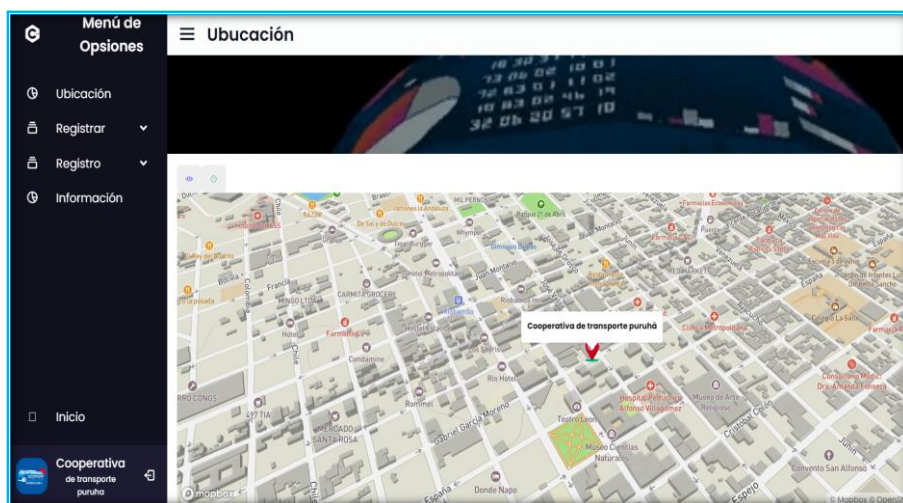


**Figura 3.7** : Pantalla del menú Slider

Fuente: Autores

- **Diseño de componentes de localización**

Uno de los componentes de suma importancia es la ubicación de la cooperativa, en la Figura 3.8 se detalla el diseño encargado de la manipulación de la página web debido a que si existe algún tipo de inconveniente puedan acercarse a realizar un acuerdo mutuo.

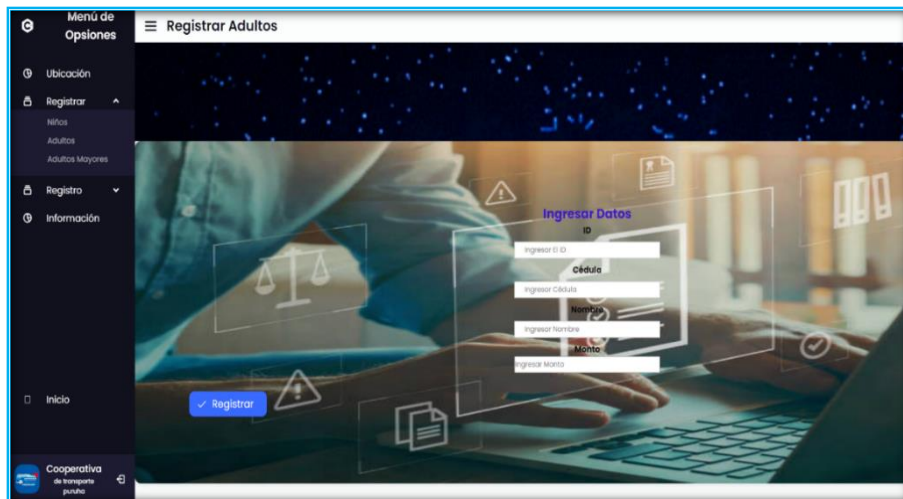


**Figura 3.8** : Componentes de localización

Fuente: Autores

- **Diseño del componente registrar**

El diseño del registro se realiza con el objetivo importante de agregar nuevos usuarios a la base de datos como se observa en la Figura 3.9, para este proceso se obtiene ingresando el ID, Cedula, Nombre y el Monto en dólares con el que el usuario cuenta para su utilización de pago en el medio de transporte.

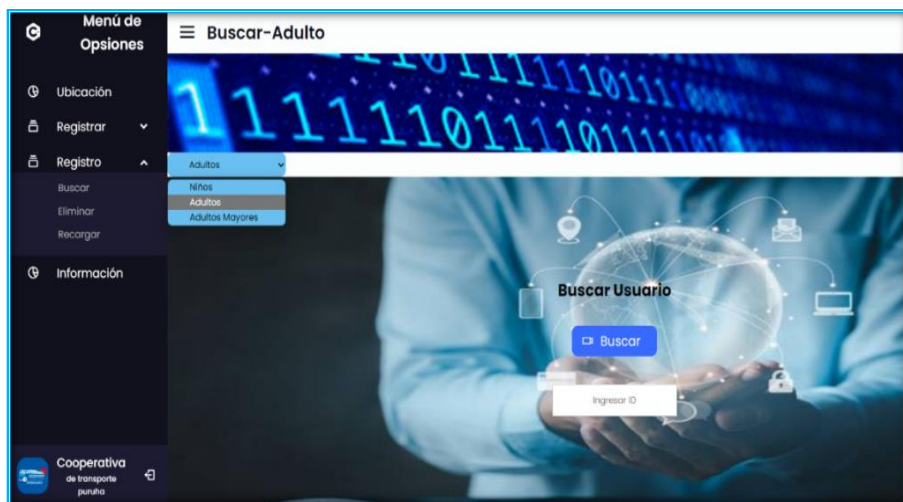


*Figura 3.9 : Ventana de Registro*

**Fuente:** Autores

- **Diseño del componente Búsqueda**

Como se aprecia en la Figura 3.10, El componente se crea para buscar de manera concisa al usuario mediante el ID y verificar los datos registrados en la BD, además este menú ofrece la consulta de saldo del usuario.

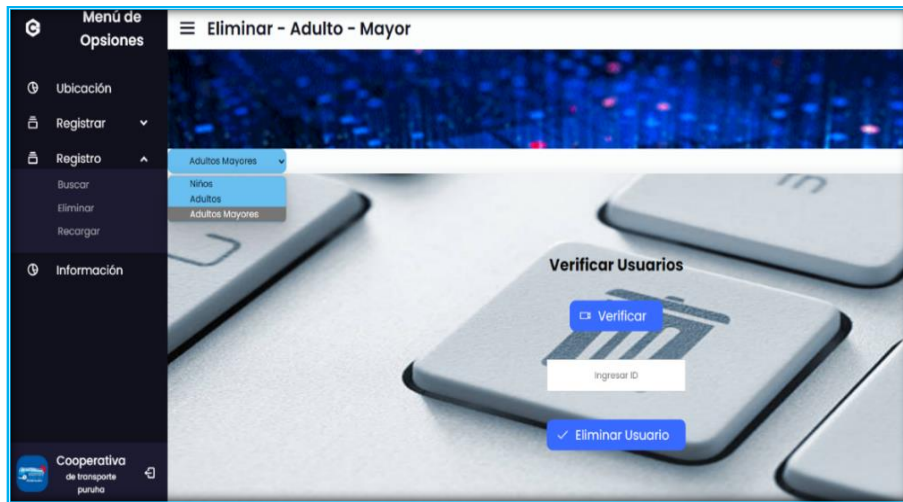


*Figura 3.10 : Ventana de búsqueda*

**Fuente:** Autor

- **Diseño del componente Eliminar**

En la Figura 3.11, se indica el componente eliminar al usuario, este proceso se lleva a cabo en caso de haber perdido su tarjeta, el mismo se considera muy importante ya que posterior a ello permite la devolución de la cantidad de dinero que disponía la tarjeta, permitiendo ésta emitir otra para su uso continuo.



**Figura 3.11** : Ventana de componente Eliminar

**Fuente:** Autores

- **Diseño del componente Recargas**

La Figura 3.12, evidencia una interfaz amigable, sumamente fácil de usar verificando los datos como el ID el cual permite verificar la validez de la tarjeta, procesa a visualizar el saldo y extender el valor que el usuario dispone.



**Figura 3.12** : Ventana de componente Recargas

**Fuente:** Autores

- **Diseño de componente Información**

En esta componente contiene toda la información de la cooperativa, se aprecia en la Figura 3.13 como por ejemplo el número de buses que operan y cuáles son los tramos que recorren dichos elementos.



**Figura 3.13** : Ventana de tramos de operación

**Fuente:** Autores

Otras de las características que contiene esta componente se respalda en la Figura 3.14, es que se visualiza la ruta o líneas que son preestablecidos cada uno de ello, además de informar los horarios que recorren las cuales están detallados con las paradas de dichos elementos de los transportes.



**Figura 3.14** : Ventana de visualización de rutas

**Fuente:** Autores

### 3.3.5 Escenarios de pruebas de interferencia y recolección de datos

La tecnología inalámbrica es una tecnología que permite la comunicación entre dos dispositivos sin cables ni medios físicos. Entre las tecnologías inalámbricas encontramos la radiofrecuencia ya que todos los dispositivos inalámbricos funcionan en la banda de las

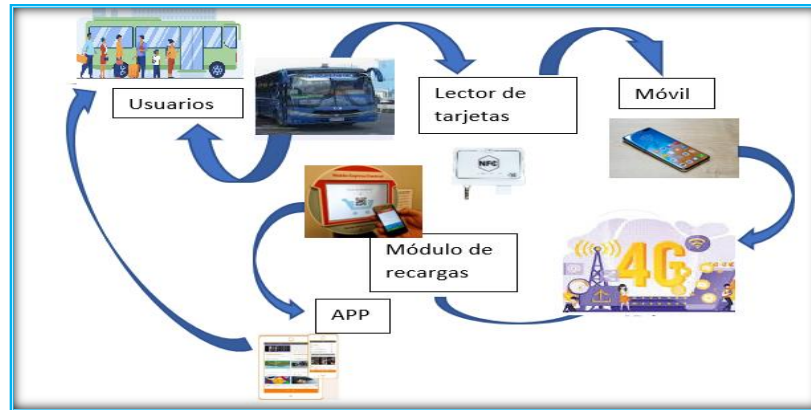
ondas de radio del espectro electromagnético. Algunas bandas del espectro electromagnético están fuertemente reguladas y se utilizan en aplicaciones como las redes de control del tráfico aéreo. Otras bandas no tienen licencia, como la banda industrial, científica y médica por lo cual en el presente proyecto se realizó escenario donde interfieran bandas de 2.4 GHz, cabe mencionar que la comunicación inalámbrica ocurre en la banda de las ondas de radio (es decir, de 3 Hz a 300 GHz) del espectro electromagnético. De esta manera se procedió a probar el prototipo con las interferencias de las siguientes redes inalámbricas las cuales se encuentran en la tabla 1.

Tabla 1 Escenario de prueba

<p>WLAN (WIFI)</p>				<p>Red Inalámbrica de Área Local</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa la banda de los 2.4 GHz</li> <li>• Su estándar 802.11b</li> <li>• Alcance de 45m</li> </ul>
<p>WMAN (WIMAX)</p>				<p>Red de Área Metropolitana</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencias de 2,3 a 3,5GHz.</li> <li>• Su estándar IEEE 802.16</li> <li>• Alcance de 30km</li> <li>• velocidades de 124Mbps</li> </ul>
<p>WWAN (LTE)</p>				<p>Red Inalámbrica de Área Amplia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su estándar IEEE 802.16</li> <li>• velocidades de 70 Mbps</li> <li>• Alcance de 30 millas</li> </ul>
<p>OTROS</p>				<ul style="list-style-type: none"> <li>• WLAN (Red de Área Local)</li> <li>• WMAN (Red de Área Metropolitana)</li> <li>• WWAN (Red de Área Amplia)</li> <li>• WPAN (Red de Área Amplia)</li> </ul>



En esta etapa se basa en escenario de pruebas que se observa en la Figura 3.15, pretende incorporar el lector de tarjetas en un vehículo en donde la calidad de procesamiento de cobro sea eficiente ya que estará aislado de toda interferencia esto con el objetivo de tomar como datos perfectos y posterior a ello será ubicado en un sector aleatorio de la ciudad donde existan interferencias de señales inalámbricas.



**Figura 3.15** : Escenario de Pruebas

**Fuente:** Autores

En la etapa de pruebas se pretende incorporar el prototipo sector aleatorio de la ciudad donde exista interferencias de señales inalámbricas como Bluetooth, Wimax para determinar el tipo de interferencia que más afecta al rendimiento del sistema de cobro para finalmente establecer tablas comparativas y mediante el manejo de los datos obtenidos. Para determinar el rendimiento se tomará en cuenta variables como velocidad, Jittle.

Como herramienta para este proceso se vale de Wireshark, conociendo que es el analizador de protocolo de red más amigable y ampliamente utilizado del mundo. Con ello se logra observar el estado de la red a un nivel microscópico.

Además, Wireshark ofrece características innovadoras y muy útiles como:

- Inspección profunda de cientos de protocolos, y se agregan más todo el tiempo
- Captura en vivo y análisis fuera de línea
- Navegador de paquetes estándar de tres paneles
- Los datos de red capturados se pueden ver en modo TTY a través de la GUI.
- Los filtros de visualización más potentes de la industria
- Se pueden aplicar reglas de color a la lista de empaque para un análisis rápido e intuitivo.

- **ETAPA V – Presentación de Resultados:**

A partir de los resultados de las pruebas de las interferencias de señales inalámbricas en el prototipo, se presenta el proyecto de investigación como diagnóstico que determine la viabilidad de implementación del sistema de cobro inteligente en el transporte urbano de la ciudad de Riobamba.

### 3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

#### 3.4.1 Población

La población de este trabajo dependerá de la cantidad de las pruebas que se realicen tomando en cuenta como variables independientes las interferencias entre canales de las redes inalámbricas que existan dentro de un vehículo determinando el rendimiento y la pérdida de paquetes, con ello se determinará el tiempo de transacción de datos en el prototipo.

#### 3.4.2 Muestra

La muestra de este proyecto se toma de la población anteriormente definida, usando métodos aleatorios.

### 3.5 Operacionalización de las variables

En la Tabla 2 se describe la operación de las variables.

*Tabla 2: Operacionalización de las variables*

	Variable	Concepto	Indicadores	Instrumento
<b>Independiente</b>	Tecnologías inalámbricas	La tecnología inalámbrica se define como la red que permite la intercomunicación entre dispositivos mediante un medio inalámbrico (Aire), intercambiando algún tipo de información para generar un servicio como lo es un proceso de pago.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de transacción</li> </ul>	Computadora Wireshark
<b>Dependiente</b>	Sistema de cobro inteligente	El sistema de cobro inteligente es el conjunto de dispositivos que trabajando colectivamente permiten llevar a cabo un proceso de pago.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjeta RFID</li> </ul>	Tarjeta RFID

## **3.6 Método de análisis**

### **3.6.1 Técnicas de investigación**

Se utilizan como técnicas de investigación la experimentación y la revisión documental. En primer lugar, un experimento es un conjunto de diseños de investigación que utiliza manipulación y pruebas controladas para comprender los procesos causales. En el presente proyectos de investigación, esta técnica se utiliza para analizar la relación entre variables de interferencia en la comunicación inalámbrica durante el uso del prototipo de cobro inteligente.

Por otra parte, la revisión bibliográfica tiene la finalidad principalmente, como una modalidad de trabajo académico para elaborar artículos científicos y trabajos de investigación. El objetivo principal de esta técnica es recopilar información existente sobre un tema. Aplicando la técnica mencionada se logró identificar los casos de éxito de sistemas similares al propuesto en cuyos países donde ya disponen implementado los sistemas de este tipo en los servicios de transporte público o privado.

### **3.6.2 Desarrollo y funcionamiento del prototipo**

Para el desarrollo y el funcionamiento del prototipo se divide en tres partes: el primero se pasó es la obtención de la ruta y el análisis de las redes de telefonía móvil ya que el prototipo se conecta a la misma para lo cual se utiliza la aplicación Android NetMonitor con ello se realiza el mapeo de la ruta, seguido de ello se obtiene la mejor opción para anclar el prototipo a la red por el cual tendrá acceso a la base de datos de la plataforma de desarrollo firebase, a continuación, se analiza pruebas de funcionamiento lo que permite verificar la calidad de servicio que el prototipo brinda.

### **3.6.3 Instrumentos de recolección de Datos.**

- **Wireshark**

Wireshark es un analizador que captura paquetes de red y muestra los datos de ese paquete de la manera más detallada posible, Una vez que estos paquetes se desglosan puede usarlos en tiempo real o análisis fuera de línea.



Figura 3.16 : Logo Wireshark

Fuente: Wikipedia

Wireshark es el rastreador de paquetes más utilizado del mundo. Como se observa en la Figura 3.17, Wireshark hace tres cosas:

1. **Captura de paquetes:** La característica de wireshark es que escucha una conexión de red en tiempo real para luego capturar el flujos de tráfico, potencialmente decenas de miles de paquetes a la vez.
2. **Filtrado:** Wireshark puede dividir todos estos datos aleatorios en tiempo real utilizando filtros es por ello que con un filtro, solo obtienes la información que necesitas ver.
3. **Visualización:** Wireshark como cualquier buen rastreador de paquetes, le permite sumergirse en el medio de un paquete de red. También le permite ver transmisiones de red.

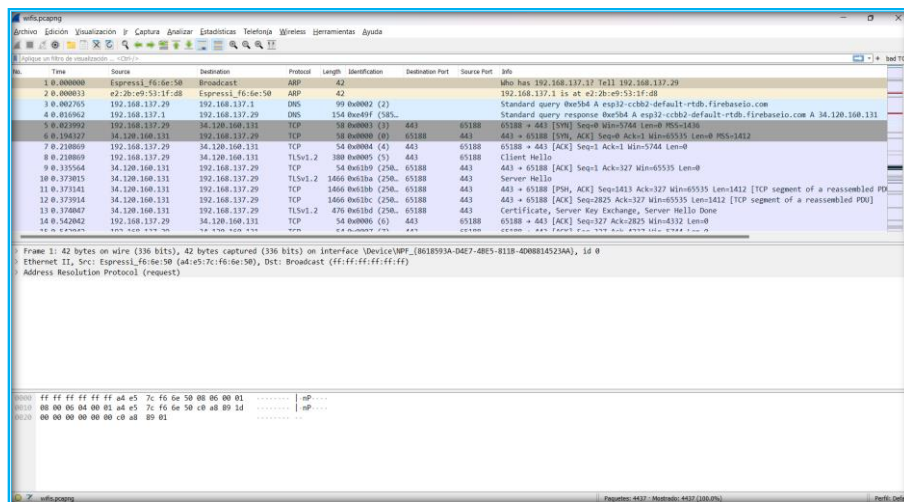


Figura 3.17 : Resultados de WIRESHARK

Fuente: Autores

### 3.7 Procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos se utiliza la estadística descriptiva la cual es de suma importancia debido a que se requiere del análisis y comportamiento del dispositivo con diferentes interferencias inalámbricas.



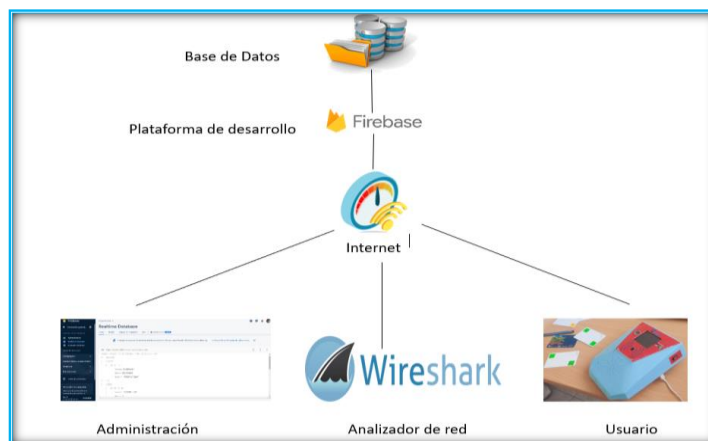
**Figura 3.18** : Toma de Datos en diferentes escenarios

**Fuente:** Autores

Para la elaboración de tabla de datos, gráficos y para obtener las medidas de tendencia central y medidas de dispersión también se utilizó la estadística inferencial para comprobar la hipótesis planteada.

#### 3.7.1 Esquemático de procesamiento datos

Para la recolección de datos se procede a utilizar el software libre wireshark el mismo que permite verificar el comportamiento de la red, generando de esta manera datos que en lo posterior se procesa y analiza.



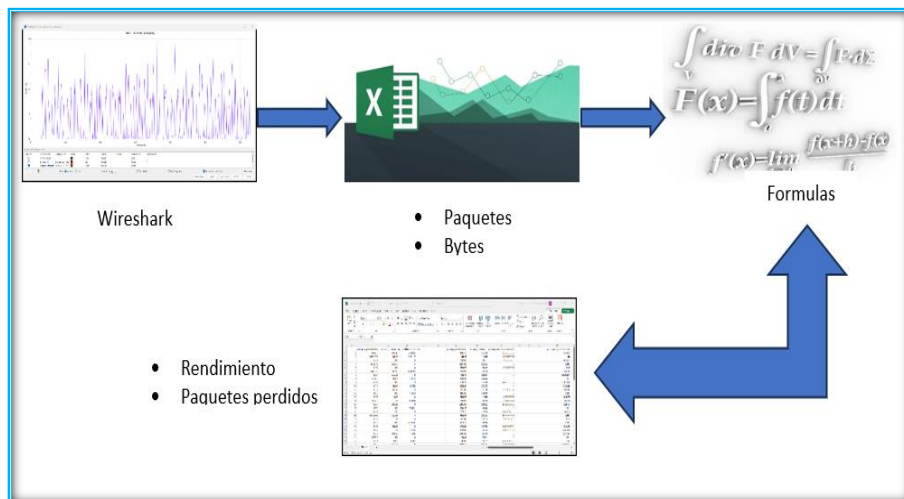
**Figura 3.19** : Esquema de proceso de evaluación de la interferencia de señales

**Fuente:** Autores

Como se indica en la Figura 3.19, es el esquemático el cual indica el proceso por el cual se pudo examinar la red, Luego de haber ensamblado y cargado el programa en el prototipo, se procedió a probar en distinto escenario donde se generó simulación de distintas interferencias funcionando de la siguiente manera. En primer punto Se tubo cuatro tarjetas las cuales contenían distintas casos como el de media tarifa, tarifa completa, tarjeta sin registrar y saldo insuficiente dichos datos se encontraban establecidas en la base de datos generado por la plataforma de desarrollo firebase, luego de haber conectado a la red el prototipo se procedió a anclar a la misma red wireshark la cual permitió receptor el comportamiento del prototipo al momento de probar dichas tarjetas.

### 3.7.2 Monitoreo de datos

Posteriormente de obtener los datos establecidos en distintos escenarios con interferencias de wifi, Wimax, otros y sin interferencias cabe mencionar que dichas tecnologías deben de tener un estándar de servicio o conocido como Calidad de Servicio (QoS). Como se evidencia en la Figura 3.20, se procede obtener distintos datos las cuales wireshark posibilita el acceso, dichos elementos son los paquetes y los Bytes cuyos valores genera una tabla en Excel facilitando continuar de esta manera con el análisis y el comportamiento de estos. Mediante fórmulas establecidas para los datos generados, a continuación se obtiene la pérdida de paquetes y el rendimiento generando nueva tabla en Excel.

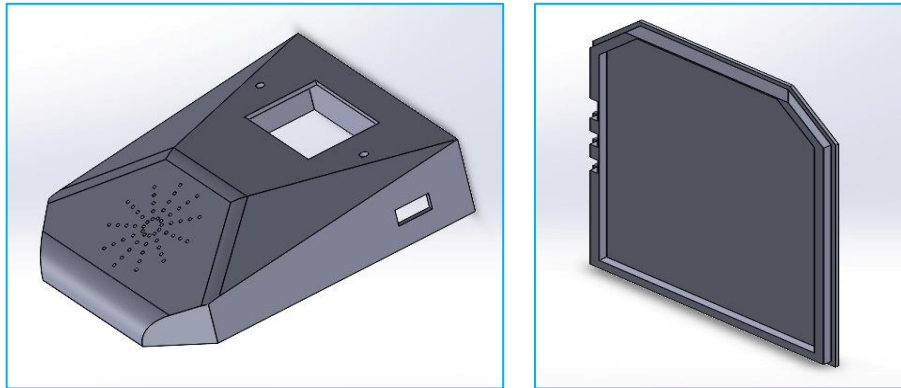


**Figura 3.20** : Monitoreo de Datos

**Fuente:** Autores

Como parte final se implementa el programa estadísticos SPSS el cual permite analizar los datos de investigación, monitoreando el comportamiento del prototipo en distintos escenarios con diferentes tipos de tecnologías inalámbricas.



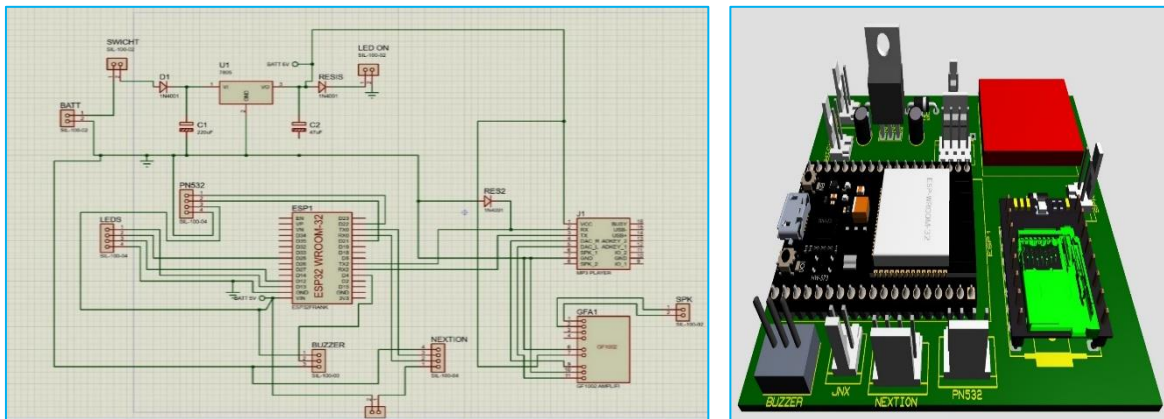


**Figura 4.2** : Modelados 3D de la carcasa del prototipo

Fuente: Autores

#### 4.2.2 Diseño electrónico del prototipo

Para realizar el análisis de interferencias previamente se arma el prototipo de cobro inteligente de tarifas, por ello es necesario el diseño, construcción e implementación de un circuito electrónico. En la Figura 4.3, se detalla el esquema electrónico requerido para el prototipo. Cabe mencionar que el esquema se lo puede visualizar en 3D.



**Figura 4.3** : Diseño y modelado 3D de PCB del prototipo

Fuente: Autores



El diagrama electrónico consta de los siguientes componentes que se detallan en la Tabla 3.

*Tabla 3: Componentes electrónicos de los prototipos Maestro y Esclavo*

CANT.	COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
1	Batería	Energiza el prototipo
1	Esp32	Control General del prototipo
1	Lector RFID/NFC	Se encarga del reconocimiento de la Tarjeta
1	Pantalla Nextion	Visualiza el proceso realizado.
1	DFPlayer	Proporciona audio al prototipo
1	Amplificador Pam8403	Amplifica el volumen establecido.
1	Modulo TP4056	Cargador de baterías litio
1	Parlante	Dispositivo electroacústico
2	Leds	Genera brillo sobre el prototipo

#### **4.2.3 Resultado final del prototipo**

En la Figura 4.4 se evidencia el resultado del prototipo de cobro automático para buses urbanos, el mencionado prototipo fue colocado en la unidad antes mencionada, totalmente autónoma en su operación ya que cuenta con una batería incorporada, el mismo que se puede recargar durante su funcionamiento si se requiera.

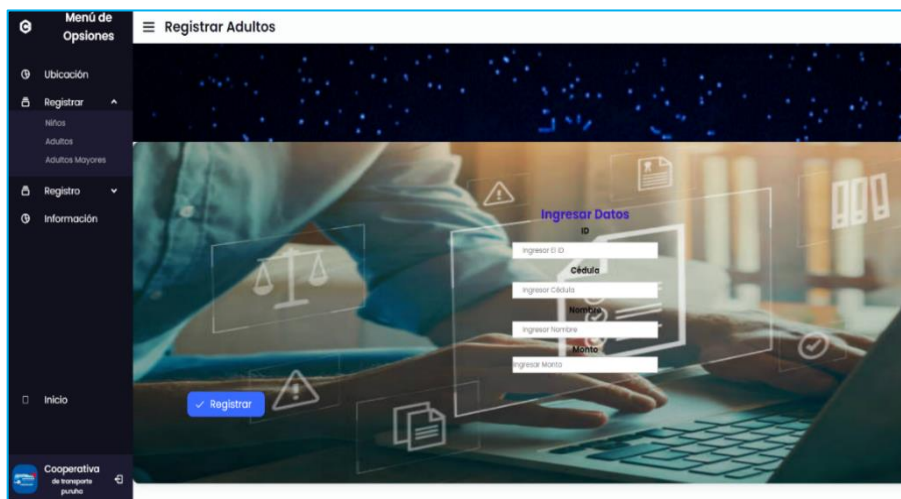


**Figura 4.4** Resultado final del Prototipo

Fuente: Autores

### 4.3 Resultados de diseño de página web

El resultado del diseño de la página web se evidencia en la Figura 4.5, una página web con interfaz muy amigable, fácil de usar y sobre todo seguro que solo se accede con la clave y la contraseña correcta.



**Figura 4.5** Interfaz principal de la Página web

Fuente: Autores

#### 4.4 Funcionamiento de la arquitectura

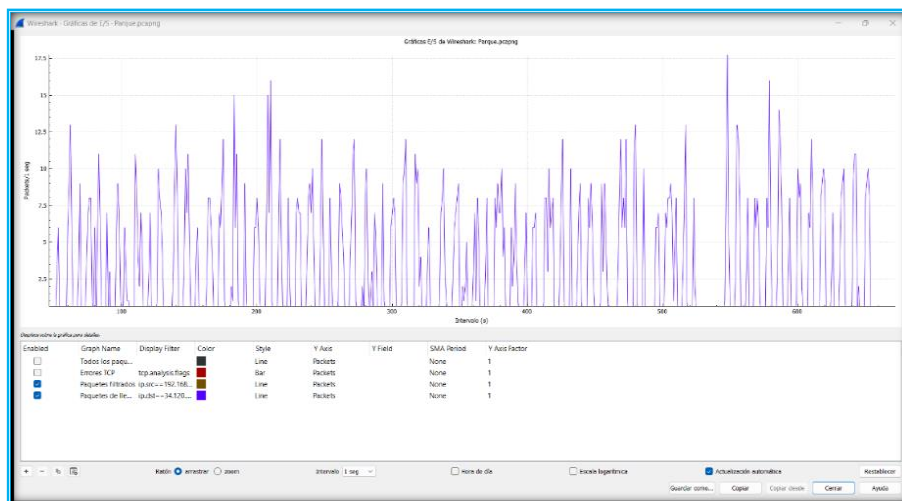
La propuesta de Figura 4.6 de la arquitectura para el cobro inteligente de transporte funciona de una manera correcta permitiendo lograr el estudio de las interferencias inalámbricas sobre dicho prototipo el cual se conecta a una red móvil para su operación.



**Figura 4.6** : *Arquitectura de cobro inteligente*

**Fuente:** Autores

Como resultados de este presente proyecto de investigación son los datos recolectados y analizados en diferentes escenarios anteriormente descritos.



**Figura 4.7** : *Representación Gráfica de Interferencias en Wireshark*

**Fuente:** Autores

Se ilustra en la Figura 4.7 , el programa wireshark realiza una interferencia en la red en la cual esta enlazada el prototipo donde cada vez que se utiliza la tarjeta procede a generar los

paquetes, Bytes y otros elementos las cuales permiten obtener diversas informaciones acerca del comportamiento del prototipo frente a diversas interferencias, para el presente proyectos en cada escenario se procedió a obtener cierta cantidad de prueba como se indica en la tabla 4.

*Tabla 4: Tabla de resumen de la cantidad de pruebas realizadas*

Escenarios	Numero de pruebas
Interferencias Wlan	50 pruebas
Interferencias Wimax	50 pruebas
Sin interferencias	50 pruebas
Otras interferencias	50 pruebas

Posteriormente procede realizar operaciones matemáticas con los datos obtenido con el programa estos datos son los paquetes y Bytes con ello permitiendo obtener la perdida de paquetes y el rendimiento del prototipo, en cada uno de los escenarios planteados, permitiendo de esta manera realizar una evaluación de interferencias de señales inalámbricas mediante resultados estadísticos.

#### **4.5 Resultados estadísticos**

Para evaluar la interferencia que existen sobre el dispositivo de cobro automático de pasajes, se recolecta datos aplicado a las tecnologías inalámbricas mediante Wireshark ya que el software es utilizado para analizar y evaluar algunos parámetros clave en el tráfico de red en tiempo real, Debido a las diferentes tecnologías inalámbricas que existe dentro de una ciudad se enfatizó en las primordiales que comúnmente afectan en la trayectoria de un bus los cuales son: WLAN(wifi), WMAN(wimax), WWAN(lte) y OTROS, El método de recolección de datos utilizado en este estudio es Calidad de Servicio (QoS), esta ofrece la capacidad de definir los atributos del servicio de red proporcionados, tanto cualitativa como cuantitativamente. Hay tres parámetros críticos utilizados para determinar la calidad de las redes la cual es el rendimiento, el retraso y la pérdida de paquetes.

##### **4.5.1 Recolección de datos**

Se procede a la recolección de datos mediante distintas pruebas de laboratorio con el uso del network sniffer como wireshark, se aplica las ecuaciones para obtener datos del rendimiento, Demora y la pérdida de paquetes con los cuales se analizar el rendimiento del prototipo con distintas interferencias inalámbricas.

**Rendimiento:** Es el número total de llegadas de paquetes exitosas observadas en el destino durante un cierto intervalo de tiempo la cual se calculó utilizando la *ecuación (1)*, Cabe recalcar que la ITU-T recomienda que el parámetro del jitter no debe de superar los 100ms.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Average Bytes/sec}}{(\text{Stop\_Time} - \text{Start\_Time})(\text{sec})} \quad (1)$$

**Paquete perdido:** La pérdida de paquetes es un parámetro que describe una condición que muestra el número total de paquetes perdidos, que puede ocurrir debido a la colisión y la congestión en la red. La Tabla 5, muestra el valor del índice y la categoría de pérdida de paquetes que recomienda la ITU-T.

*Tabla 5: Categoría de perdida de paquetes*

<b>Categoría</b>	<b>Perdida de paquetes (%)</b>
Excelente	0
Aceptable	3
Regular	15
Deficiente	25

Por lo tanto, para obtener la pérdida de paquetes se realiza una prueba en la dirección del sitio web utilizando el software wireshark y para calcular la pérdida de paquetes en la dirección del sitio web se utiliza la *ecuación (2)*

$$\text{Packet loss} = \frac{Y}{A} \times 100\% \quad (2)$$

$Y = \text{Envío de paquetes de datos} - \text{Reciben paquetes de datos}$

$A = \text{Envío de paquetes de datos}$

#### 4.5.2 Prueba de normalidad

La prueba de normalidad es una herramienta estadística que se utiliza para comprobar si los datos de una muestra siguen una distribución normal.

- **Planteamiento de hipótesis:**

$H_o$ : Los datos siguen una distribución normal.

$H_a$ : Los datos no siguen una distribución normal.

Estadístico de prueba:

*Shapiro – Wilk si  $n \leq 50$*

*Kolmogorov – Smirnova si  $n > 50$*

Zona de rechazo:

*Si  $p - valor < 0.05$ , se rechaza  $H_o$*

*Si  $p - valo \geq 0.05$ , se acepta  $H_o$*

Se procede a realizar el análisis de interferencias para ello se utiliza el programa estadístico SPSS el cual permite realizar la prueba de normalidad. Cabe mencionar que se establece el uso del método Shapiro-Wilks. Dado que el tamaño de la muestra es  $\leq 50$  conjuntos de datos en cada caso, dando un total de 200 datos en general dando con ello los siguientes valores de la *Tabla 6*.

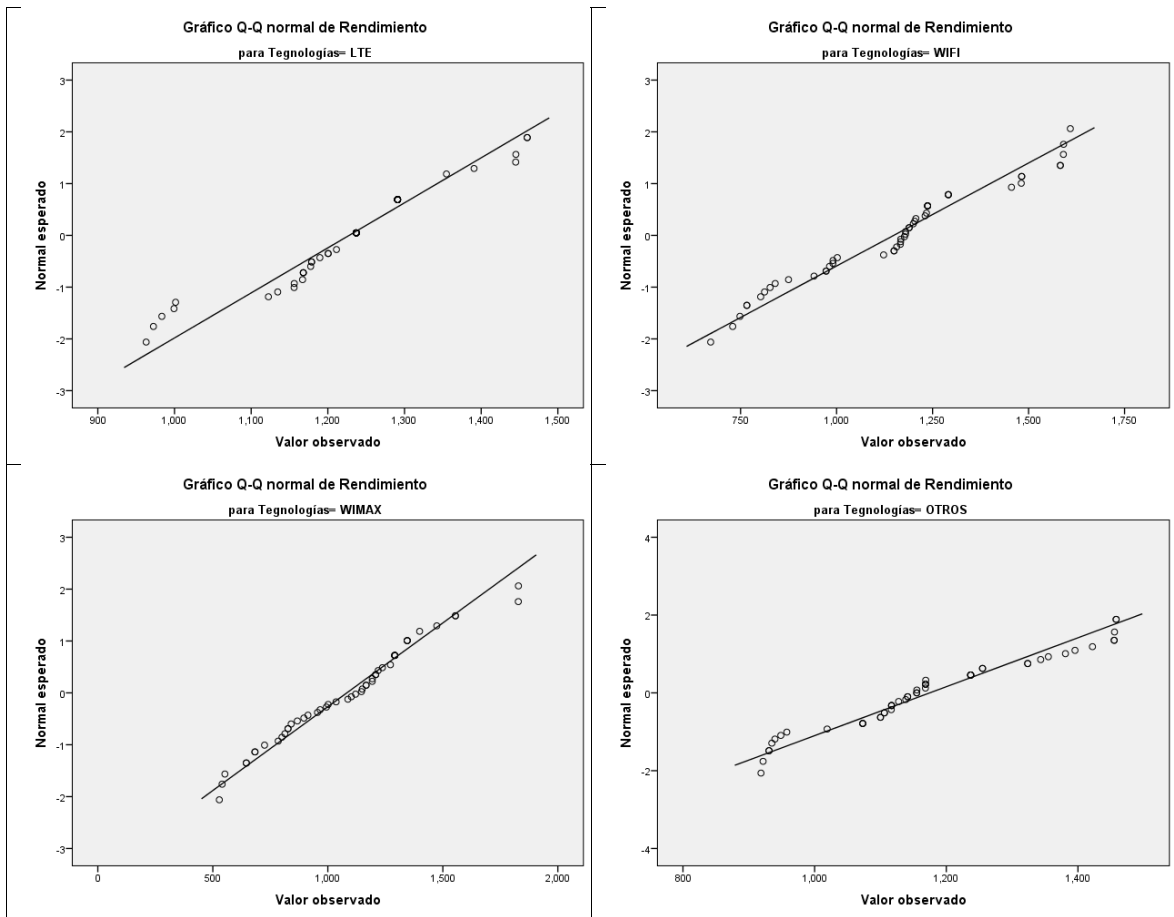
*Tabla 6: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para el rendimiento*

Pruebas de normalidad							
	Tecnologías	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rendimiento	LTE	.171	50	.001	.925	50	.004
	WIFI	.141	50	.014	.949	50	.032
	WIMAX	.081	50	.200*	.973	50	.294
	OTROS	.155	50	.004	.939	50	.013
Perdida de Paquetes	LTE	.288	50	.000	.798	50	.000
	WIFI	.209	50	.000	.875	50	.000
	WIMAX	.194	50	.000	.892	50	.000
	OTROS	.253	50	.000	.833	50	.000

**Discusión:** Como se puede observar en la *Tabla 6*, existe dos parámetros que se evalúa las cuales son el rendimiento y la perdida de paquetes. Estos datos son simulados en diferentes escenarios haciendo un análisis de interferencias con diferentes tecnologías inalámbricas como el LTE, WIFI, WIMAX y OTROS. Se puede observar que en dicha tabla el P-valor(sig) en la mayoría de los grupos tienden a tener un valor menor a 0.05 por lo cual se rechazará la hipótesis nula y con ello aceptando de esta manera la Hipótesis alterna. Determinando con ello que durante el proceso de análisis estadístico se realizara una estadística no paramétrica como resultado de la prueba de normalidad obtenido ya que los datos de la puntuación total no tienen una distribución normal.

- **Diagrama de dispersión**

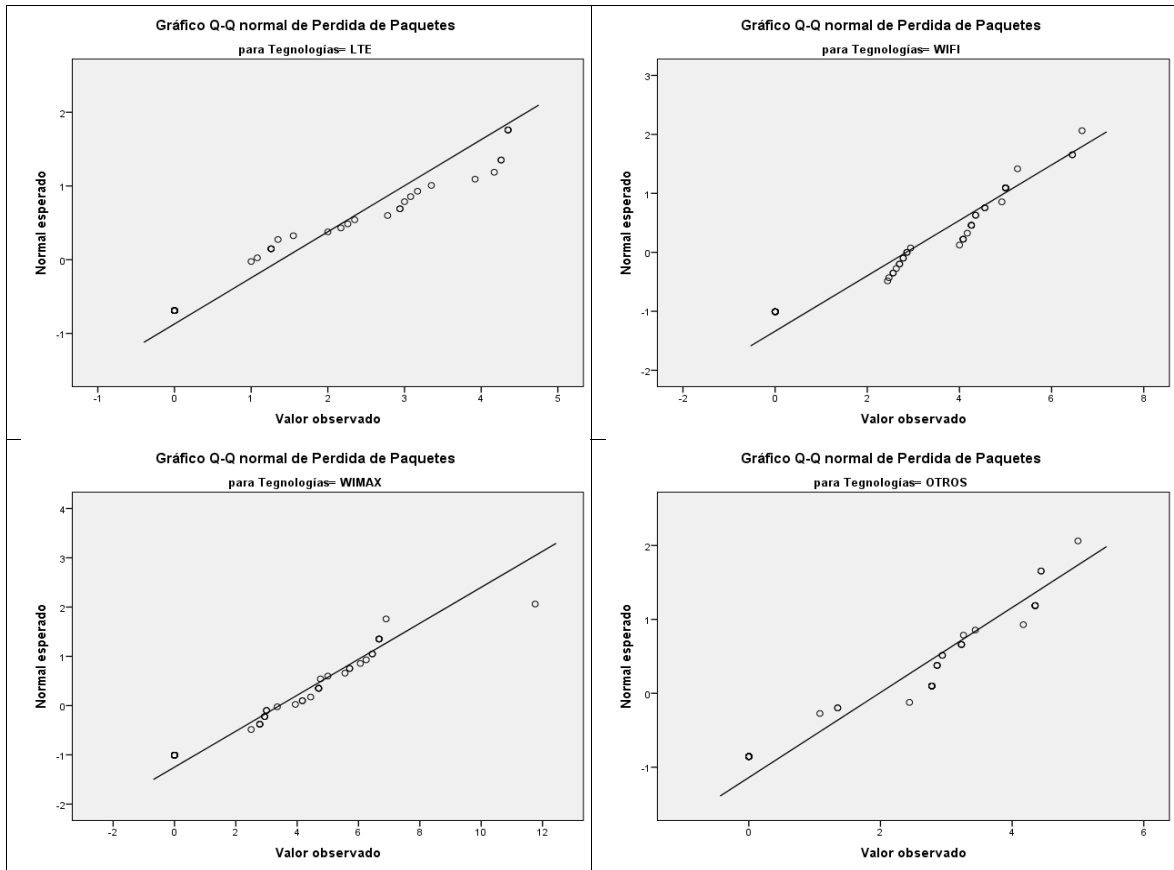
*Tabla 7: Diagramas de dispersión para el rendimiento*



La *Tabla 7*, contiene gráficos que proporciona una representación visual de la distribución de datos de las tecnologías de LTE, WIFI, WIMAX y OTROS, se puede observar que los puntos no siguen ampliamente la línea de tendencia lo que proporciona evidentemente que la distribución no es normal como se había mencionado anteriormente

de normalidad confirmando con ello que en cuanto al rendimiento realizar las pruebas no paramétricas es lo adecuado.

*Tabla 8: Diagramas de dispersión para la pérdida de paquetes*



En la Tabla 8, se observa la representación gráfica de la dispersión para la pérdida de paquetes por lo cual se puede establecer que los puntos no siguen ampliamente la línea de tendencia al igual que en la tabla de dispersión del rendimiento lo que proporciona evidentemente que la distribución no es normal.

### 4.5.3 Análisis del rendimiento

Debido a que no es posible recurrir a pruebas paramétricas ya que las variables de estudio no cumplen los criterios de pertenencia a una distribución normal. Dentro de las pruebas no paramétricas existe la prueba de Kruskal-Wallis (esto es, cuando se quiere comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales) análoga a la prueba paramétrica ANOVA, utilizada cuando se quiere comparar tres o más muestras independientes y se requiere determinar si existen diferencias significativas entre ellas la prueba a utilizar.

- **Planteamiento de hipótesis:**



**H<sub>0</sub>:** Las medianas de las cuatro tecnologías son iguales.

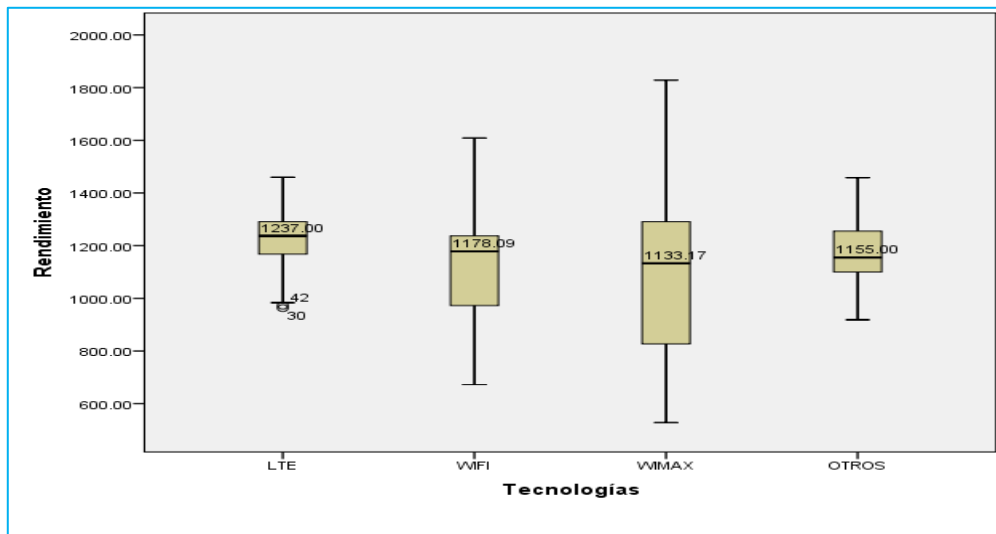
**H<sub>a</sub>:** las medianas son diferentes en al menos dos tecnologías.

**Tabla 9:** Prueba de Kruskal-Wallis del rendimiento con respecto a las diferentes tecnologías inalámbricas.

<b>Rangos</b>			
	Tecnologías	N	Rango promedio
Rendimiento	LTE	50	122.79
	WIFI	50	96.76
	WIMAX	50	84.54
	OTROS	50	97.91
	Total	200	

<b>Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup></b>	
	Rendimiento
Chi-cuadrado	15.831
gl	2
Sig. asintótica	.000

**Discusión:** En la tabla titulada “Rangos” se visualiza 200 datos, 50 en cada grupo. Por lo cual se determina que el prototipo tiene un mejor rendimiento frente a la interferencia inalámbrica de la tecnología LTE (122.70) en comparación a las demás WIFI (96.76), WIMAX (84,54) y OTROS (97.91). Mientras que en la tabla titulada “Estadísticos de prueba” se observa en la fila Sig. asintótica que es p-valor = 0.000, es decir, el p-valor es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que con un nivel de significancia de 5%, se demuestra que al menos dos de las medianas de las cuatro tecnologías inalámbricas son diferentes.



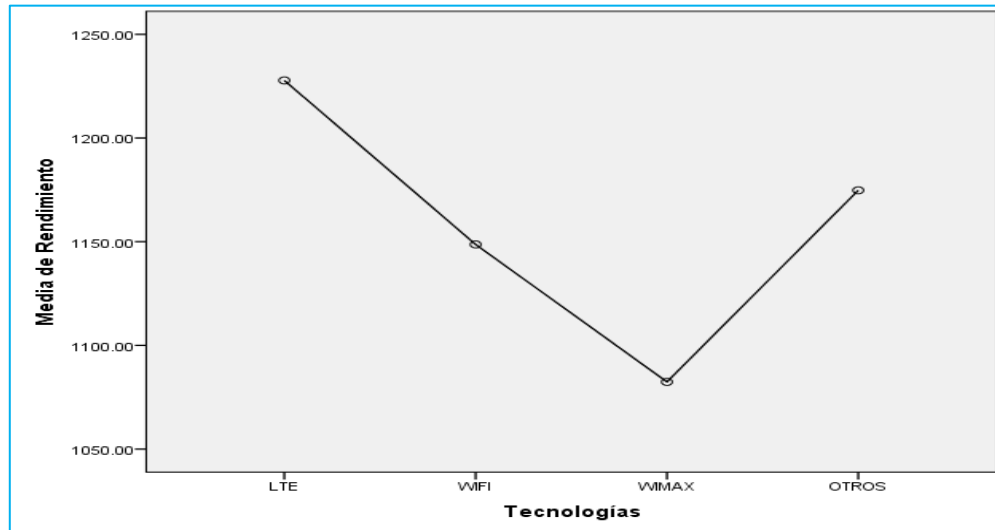
**Figura 4.8** Diagrama de cajas: Total de rendimiento con respecto a las tres tecnologías.

En la Figura 4.8, se observa el diagrama de cajas las cuales permiten interpretar los datos obtenidos por el rendimiento mediante el prototipo de cobro inteligente con interferencia de diferentes tecnologías inalámbricas, Según la Figura 4.8, en términos de la dispersión se observa que la tecnología LTE tienen una mediana superior que las demás tecnologías que es el wimax, WiFi y Otros. También se tiene que los intervalos de la tecnología wimax se superponen ante las demás se puede observar que su mínimo, máximo y los cuartiles tienen varios valores. Cabe mencionar que hay un grupo que tienen valores atípicos.

**Tabla 10:** Clasificación de subconjuntos del Rendimientos para diferentes tecnologías inalámbricas

Rendimiento				
Tecnologías	N	Subconjunto para alfa = 0.5		
		1	2	3
WIMAX	50	1082.3884		
WIFI	50		1148.6612	
OTROS	50		1174.7848	1174.7848
LTE	50			1227.7688
Sig.		1.000	.936	.632

En la Tabla 10, se agrupan en columnas aquellos grupos que tienen el valor de la media similar, por lo cual se observa que la prueba de Tukey ha agrupado las tecnologías Wifi y Otros en una misma columna y la tecnología Otros y Lte en otra columna.



**Figura 4.9** Diagrama lineal: Mediana de rendimiento con respecto a las tres tecnologías

En la Figura 4.9, El valor del rendimiento más alto obtenido es cuando el prototipo se encuentra frente a la interferencia de la tecnología LTE la cual es de 1227.7688 bytes/s y el valor del rendimiento más bajo es frente a la interferencia de la tecnología Wimax con 1082.3884 bytes/s. debido a que el rendimiento es la velocidad de transferencia de datos medidos cabe mencionar que cuanto mayor sea el valor del rendimiento es mejor.

#### 4.5.4 Análisis de pérdida de paquetes

Al igual que el rendimiento la pérdida de paquetes procede a realizar las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis (esto es, cuando se quiere comparar poblaciones cuyas distribuciones no son normales) análoga a la prueba paramétrica ANOVA, utilizada cuando se quiere comparar tres o más muestras independientes y se requiere determinar si existen diferencias significativas entre ellas.

- **Planteamiento de hipótesis:**

*H<sub>0</sub>: Las medianas de las tres tecnologías son iguales son iguales.*

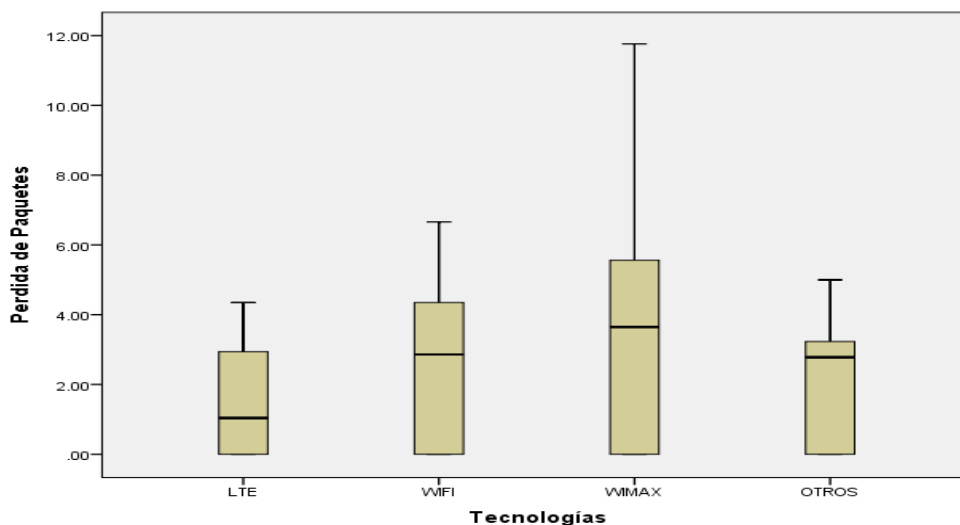
*H<sub>1</sub>: Las medianas son diferentes en al menos dos*

**Tabla 11:** Prueba de Kruskal-Wallis del rendimiento con respecto a las diferentes tecnologías inalámbricas

Rangos			
	Tecnologías	N	Rango promedio
Pérdida de Paquetes	LTE	50	75.70
	WIFI	50	111.32
	WIMAX	50	123.77
	OTROS	50	91.21
	Total	200	

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
	Pérdida de Paquetes
Chi-cuadrado	21.350
gl	3
Sig. asintótica	.000

**Discusión:** Como resultado obtenido de la prueba de Kruskal-Wallis , el p-valor = 0,000, es decir, el p-valor es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Demostrando con ello que al menos dos de las medianas de las cuatro tecnologías inalámbricas son diferentes, El prototipo tiene una mayor pérdida de paquetes frente a la interferencia de la tecnología WIMAX (123.77) en comparación a las demás que son WIFI (111.32), LTE(75.70) y OTROS(91.21) que tienen una pérdida de paquetes menor a la mencionada.



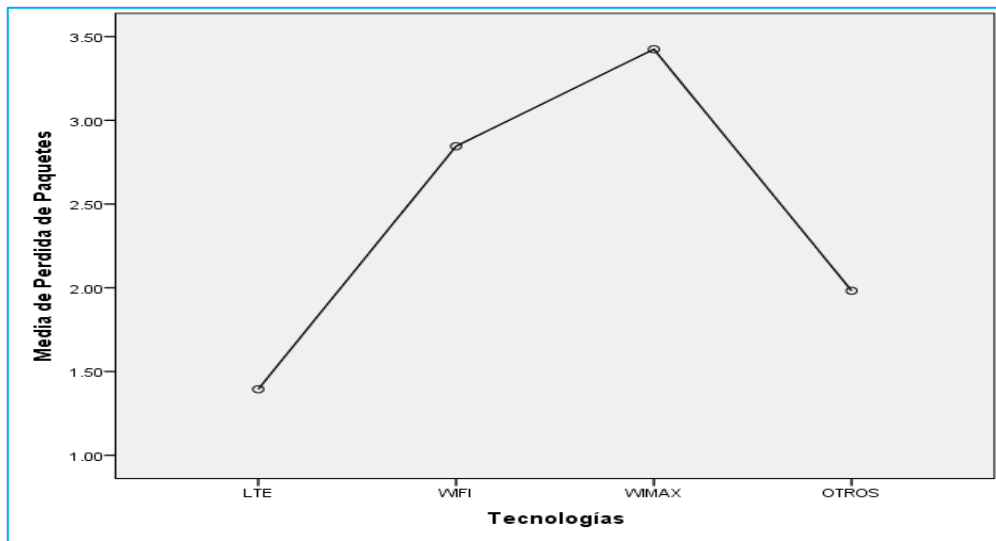
**Figura 4.10:** Diagrama de cajas: Total de pérdida de paquetes con respecto a las tres tecnologías

En la Figura 4.10 se observa el diagrama de cajas las cuales permiten interpretar los datos obtenidos por la pérdida de paquetes, Según la Figura 4.10, en términos de la pérdida de paquetes se observar que frente a la interferencia de tecnología LTE es la que menor pérdida de paquetes tiene con respecto a las Interferencias de las demás tecnologías como es el WIFI, WIMAX y OTROS, También se puede ver que los intervalos de la tecnología WIMAX se superponen ante las demás. Cabe mencionar no existe ningún grupo que tenga valores atípicos.

*Tabla 12: Clasificación de subconjuntos de pérdida de paquetes para diferentes tecnologías inalámbricas*

Pérdida de Paquetes			
Tecnologías	N	Subconjunto para alfa = 0.5	
		1	2
LTE	50	1.3944	
OTROS	50	1.9822	
WIFI	50		2.8454
WIMAX	50		3.4244
Sig.		.500	.514

En la Tabla 12, se agrupan en columnas aquellos grupos que tienen el valor de la media similar por lo cual se observa que la prueba de Tukey ha agrupado las tecnologías LTE y OTROS en una misma columna y las tecnologías WIFI y WIMAX en otra columna. De esta forma se puede inferir qué subgrupos son homogéneos y cuáles difieren significativamente.



**Figura 4.11:** *Diagrama lineal: Mediana de rendimiento con respecto a las tres tecnologías*

En caso de pérdida de paquetes se puede observar en la Figura 4.11, que el segmento de la tecnología es la que menor pérdida de paquetes contiene a diferencia con la tecnología del wifi y el wimax que contienen una pérdida considerable debido a la Tabla 6. Ya que se sobreponen a más de 1% de pérdidas que es lo óptimo.

#### 4.5.5 Análisis de correlación

La correlación expresa el grado de asociación entre dos variables por lo cual en el presente documento se estableció la correlación que existe entre el rendimiento y la pérdida de paquetes, los métodos de correlación que existe son de Pearson y Spearman debido a la prueba de normalidad establecida en la Tabla 6 se estableció que los datos obtenidos no son paramétricos y debido a ello se procedió a realizar el análisis de correlación con el método de Spearman.

- **Planteamiento de hipótesis:**

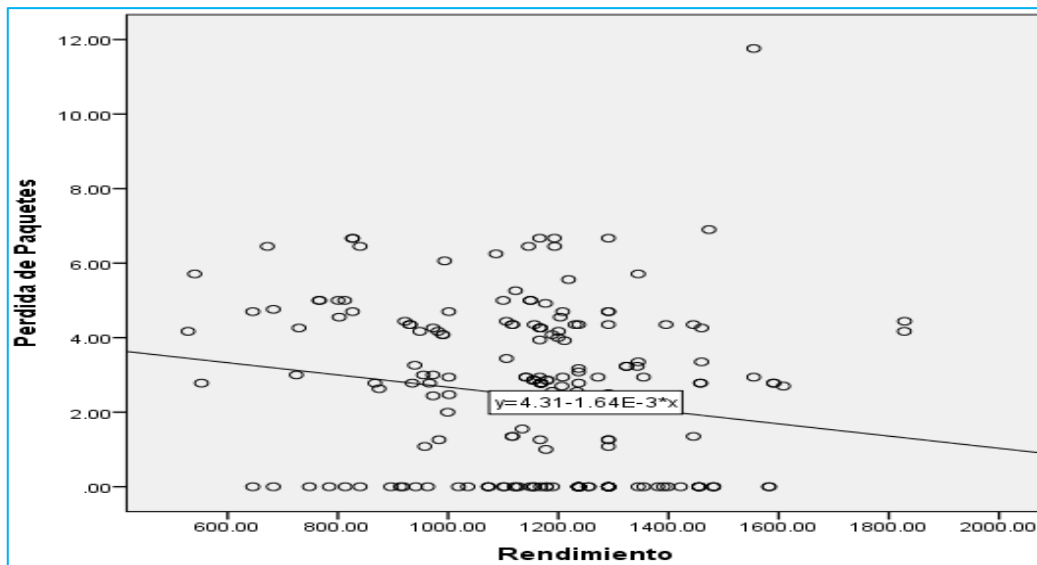
$H_0$ : No hay correlación entre el rendimiento y la pérdida de paquetes ( $cor = 0$ ).

$H_a$ : Existe correlación entre el rendimiento y la pérdida de paquetes ( $cor \neq 0$ ).

**Tabla 13:** Análisis de correlación rendimiento vs Pérdida de paquetes

Correlaciones			Rendimiento	Pérdida de Paquetes
Rho de Spearman	Rendimiento	Coefficiente de correlación	1.000	-.234**
		Sig. (bilateral)	.	.001
		N	200	200
	Pérdida de Paquetes	Coefficiente de correlación	-.234**	1.000
		Sig. (bilateral)	.001	.
		N	200	200

En la Tabla 12, nos indica si existe o no relación entre dos variables a comparar con el valor que ofrece el nivel de significancia, la cual es de 0.001 con ello rechazando la hipótesis nula y aceptando la hipótesis alterna la cual permite establecer la existencia de correlación entre el rendimiento y la pérdida de paquetes.



**Figura 4.12:** Gráfica de rendimiento

De igual manera al analizar la tabla 13, que nos entrega spss vemos que se establece un valor de correlación mínimo (-0.234) la cual indica el grado de relación, siendo que está mucho más cerca de 0 que a -1. Por otro lado, se establece que es una correlación negativa, es decir inversa, por lo que indica que a medida que la pérdida de paquetes aumenta el rendimiento disminuye. Como se puede visualizar en la gráfica. La recta de regresión que representa la gráfica confirma que se trata de una correlación negativa.

## CAPÍTULO V.

### 5. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

La operación simultánea y bajo el mismo entorno del prototipo de cobro inteligente de pasaje a 2,4 GHz produce la colisión de paquetes al realizar las pruebas correspondientes con la presencia de interferencias de diferentes tecnologías inalámbricas, lo que se ve reflejado en una depresión de los niveles de fiabilidad de la red.

Como consecuencias de los experimentos realizados se concluye que la distancia de operación a la cual se encuentra el prototipo de cobro inteligente influye de gran manera en el nivel encontrado. Es decir que la coexistencia de las dos tecnologías se ve afectada en mayor grado cuando menor es la distancia que las separan.

A partir del estudio realizado se establece que existe una mayor interferencia frente a la tecnología inalámbrica de Wimax a diferencia de otros tipos de tecnologías que opera bajo el mismo rango de frecuencia, lo que provoca una mayor media como indica en la Figura 4.10 al momento de realizar el estudio estadístico correspondiente.

Con un alto grado de certeza, el prototipo se ha visto envuelto en situaciones en la cual siente que el servicio de comunicación experimenta dificultades, es decir, se observa lentitud en velocidad de transferencia.

Como parte del presente trabajo de desarrollo se procedió a utilizar la herramienta de medición wireshark, la cual fue utilizada para evaluar el prototipo frente a diversas interferencias de banda de 2,4 GHz logrando de esta manera evidenciar el rendimiento y la pérdida de paquetes.



## 5.2 Recomendaciones

Es recomendable tener en cuenta el valor del hosting y de la plataforma de desarrollo firebase en caso de despliegue de la página web y también de la base de datos, debido a que en el presente tema de investigación se procedió a utilizar las versiones básicas, limitando con ello su rendimiento para que no tenga límites y pueda crecer con el tiempo.

Se recomienda innovar el módulo de programación debido a que el ESP32 no contiene un número de pin considerable para ser escalable y de esta manera poder añadir más funciones al prototipo de cobro inteligente además los elementos de escritura y lectura de tarjetas NFC se basarán en nuevas tecnologías que aparecerán en los próximos años.

Se recomienda para posteriores estudios modificar el sistema de energía del prototipo de cobro inteligente debido a que el sistema actual contiene una durabilidad poco eficiente en caso de requerir utilizar durante una gran parte del día.

Para futuras investigaciones se debe tomar en cuenta que los datos obtenidos son en escenarios experimentales y estos deben estar lo más aislados posible de todo tipo de interferencias inalámbrica, excepto del objeto de investigación, que pueden afectar los resultados obtenidos.

Es recomendable fomentar más investigaciones sobre la banda de 2,4 GHz, ya que, debido a su naturaleza de uso gratuito y libre, existen varias tecnologías inalámbricas que utilizan esta frecuencia para sus operaciones y si existe más investigaciones es factible mejorar los niveles de confiabilidad.

Se recomienda modificar el prototipo de manera que para su operación no dependa de red wifi, sino de manera independiente.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] U. Y. Sociedad, A. Luque González, and N. H. García, “Volumen 11| Número 5 | Octubre-Diciembre,” 2019.
- [2] J. Díaz Lazo and A. Pérez Gutiérrez DrSc René Florido Bacallao, “IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TIC) PARA DISMINUIR LA BRECHA DIGITAL EN LA SOCIEDAD ACTUAL IMPACT OF INFORMATION TECHNOLOGY AND COMMUNICATIONS (ICT) TO REDUCE THE DIGITAL DIVIDE IN TODAY’S SOCIETY”.
- [3] Henríquez, “Nuevos procesos de interactividad e interacción social: uso de smartphones en estudiantes y docentes universitarios,” Patricio Henríquez Ritchie. Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/12039/18284>
- [4] J. A. S. M. M. L. Jiménez Narváez, “Utilización de tarjetas inteligentes para estimar matrices origen-destino. Aplicación al sistema Megabús, Pereira,” *REVISTAS UNIMILITAR*, pp. 73–93, Apr. 2016, Accessed: Oct. 10, 2023. [Online]. Available: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1661/1531>
- [5] C. De Ingeniería *et al.*, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA”.
- [6] J. B. Aguilar, “Estudio predictivo de costos e ingresos de las operadoras de transporte público urbano de la ciudad de Riobamba mediante la aplicación del sistema de caja común ,” Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima , 2017.
- [7] F. Valencia, “Sistema de dinero electrónico, un medio de pago al alcance de todos | Enhanced Reader,” *Proyecto de dinero electrónico del Ecuador*, pp. 255–259, 2015.
- [8] J. Geovanna, V. Ortiz, A. X. Vera Barzola, M. Leonor, and P. Poveda, “CRISIS ECONÓMICA DEL ECUADOR: UNA MIRADA AL SECTOR MICROEMPRESARIAL POST COVID-19,” *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, vol. 4, no. 4, pp. 1–14, Nov. 2020, doi: 10.47230/unesum-ciencias.v4.n3.2020.317.
- [9] T. T. K. Omar, “Sistema Basado En Técnicas De Gamificación Para El Cobro Automático Del Pasaje De Transportes Urbanos,” Oct. 2021, Accessed: Oct. 5, 2023. [Online]. Available: <http://localhost/xmlui/handle/123456789/2727>

- [10] B. A. Amaguaña Amaguaña, “Sistema informático basado en tarjetas inteligentes para automatizar el cobro de pasajes, de la Cooperativa de Transporte Urbano ‘Unión Ambateña’ en la ciudad de Ambato,.” 2021, Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/33720>
- [11] “COMERCIO ELECTRÓNICO Y MÉTODOS DE PAGO - José Manuel Ferro Veiga - Google Libros.” Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Q9bMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Veiga,+Comercio+electr%C3%B3nico+y+metodos+de+pago.+Jose+Manuel+Ferro+Veiga,+2020&ots=Pq42Oq8BDe&sig=pnMxQkI\\_ThFbdF5s3af69JMejjQ#v=onepage&q=Veiga%2C%20Comercio%20electr%C3%B3nico%20y%20metodos%20de%20pago.%20Jose%20Manuel%20Ferro%20Veiga%2C%202020&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Q9bMDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Veiga,+Comercio+electr%C3%B3nico+y+metodos+de+pago.+Jose+Manuel+Ferro+Veiga,+2020&ots=Pq42Oq8BDe&sig=pnMxQkI_ThFbdF5s3af69JMejjQ#v=onepage&q=Veiga%2C%20Comercio%20electr%C3%B3nico%20y%20metodos%20de%20pago.%20Jose%20Manuel%20Ferro%20Veiga%2C%202020&f=false)
- [12] M. L. J. Narváez and J. A. S. Mejía, “Utilización de tarjetas inteligentes para estimar matrices origen-destino. Aplicación al sistema Megabús, Pereira,” *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 26, no. 2, pp. 73–93, Aug. 2016, doi: 10.18359/RCIN.1661.
- [13] “El pago de pasaje electrónico avanza en Cuenca - El Comercio.” Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/pago-pasaje-electronico-bus-cuenca.html>
- [14] C. De Telecomunicaciones, R. De Pasaje, E. N. Los, B. De, and T. Público, “Desarrollo de un dispositivo IoT en Cloud para recaudación de pasaje en los buses de transporte público,” 2022, Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23269>
- [15] J. M. Morán, “Efectos de interferencia sobre redes basadas en el estándar IEEE 802.11 en el espectro de 2.4 GHz,” *enth LACCEI Latin American and Caribbean Conference*, Jul. 2012.
- [16] P. C. Calvo, A. Escobar, and C. Pinedo, “Interferencia electromagnética en equipos médicos debida a equipos de comunicación inalámbrica Electromagnetic interference on medical equipments due to wireless communication devices,” *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º*, vol. 46, pp. 90–100, 2008.
- [17] Angel Molinero and Luis Ignacio Sánchez Arellano, “Transporte Público - Planeación - Diseño - Operación y Administración.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/doc/90092502/Transporte-publico-planeacion->

diseño-operación-y-administración-Escrito-por-Angel-Molinero-Luis-Ignacio-Sanchez-Arellano

- [18] J. L. Llamuca Llamuca, “Estudio tarifario del transporte urbano en buses de la ciudad de Riobamba según el nivel de servicio que prestan las operadoras a los usuarios,” 2017, Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec:80/handle/22000/13128>
- [19] C. De Ingeniería, E. N. Networking, and Y. Telecomunicaciones, “Diseño de un sistema de cobro electrónico y conteo automático de pasajeros para el control de aforo en la línea de Transporte Urbano Juan Pablo Segundo de la Ciudad de Guayaquil,” 2021, Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60701>
- [20] G. Pérez, *Sistemas de cobro electrónico de pasajes en el transporte público*. CEPAL, 2002. Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11362/6401>
- [21] “Tecnología contactless: ¿Qué es y cómo dinamiza los pagos? | SAP Concur CO.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.concur.co/blog/article/tecnologia-sin-contacto>
- [22] “¿Qué es la tecnología NFC y para qué sirve?” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.safetyglobal.com/tecnologia-nfc-para-que-sirve/>
- [23] M. F. Carignano, “NFC (Near Field Communication)”.
- [24] “(PDF) La tecnología NFC y sus aplicaciones en un entorno universitario.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/277044872\\_La\\_tecnologia\\_NFC\\_y\\_sus\\_aplicaciones\\_en\\_un\\_entorno\\_universitario](https://www.researchgate.net/publication/277044872_La_tecnologia_NFC_y_sus_aplicaciones_en_un_entorno_universitario)
- [25] “NFC en el móvil: qué es, para qué sirve y siete usos para sacarle todo el partido.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.xatakamovil.com/tutoriales/nfc-movil-que-sirve-siete-usos-para-sacarle-todo-partido>
- [26] Javier I. Portillo García, Ana Belén Bermejo Nieto, and Ana M. Bernardos Barbolí, “Tecnología de Identificación por RF (RFID): Aplicaciones en el Ámbito de la Salud.”
- [27] “3 aplicaciones prácticas de la tecnología NFC.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.uv.es/uvweb/master-ingenieria-telecomunicacion/es/blog/3->

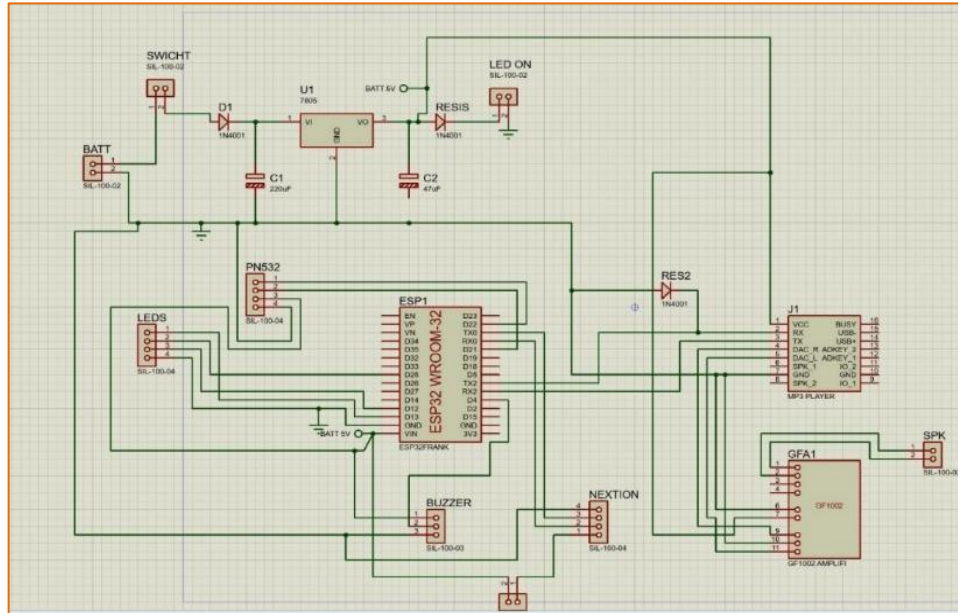
- aplicaciones-practicas-tecnologia-nfc-1285954593702/GasetaRecerca.html?id=1285974459891
- [28] C. David, P. Castro, and S. R. Osorio, “Letras ConCiencia TecnoLógica,” *Letras ConCiencia TecnoLógica*, no. 11, pp. 43–52, Aug. 2011, doi: 10.55411/26652544.104.
- [29] “ESP32, el ‘hermano mayor’ del ESP8266 con WiFi y Bluetooth.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.luisllamas.es/esp32/>
- [30] “1.4 IDE Arduino con ESP32 – GIRNI.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <http://blog.espol.edu.ec/girni/ide-arduino-con-esp32/>
- [31] “Módulo RFID/NFC PN532 – 13.56Mhz - Lector/Grabador - Electronilab.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://electronilab.co/tienda/modulo-rfid-nfc-pn532-13-56mhz-lector-grabador/>
- [32] “PN532 NFC Precise RFID IC Card Reader Module 13.56MHz 3.3V.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.elecbee.com/en-23807-PN532-NFC-Precise-RFID-IC-Card-Reader-Module-13-56MHz-3-3V?network=g&campaign=18719854073&adgroup=140153146062&creative=630917925115&keyword=&target=pla-296303633664&matchtype=&devicemodel=&placement=&feeditemid=&adpostiti>
- [33] “Home - Nextion.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://nextion.tech/>
- [34] “DFPlayer - Reproductor MP3 Mini— Techmake Solutions.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://techmake.com/products/devard00429>
- [35] “Mini Amplificador 5V con Control de Volumen PAM8403.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://uelectronics.com/producto/mini-amplificador-digital-5v-con-control-de-volumen-pam8403/>
- [36] “Módulo Cargador de batería litio TP4056 micro-USB.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://naylampmechatronics.com/baterias/194-cargador-de-bateria-litio-tp4056-micro-usb.html>
- [37] J. Andreu Gómez, “Servicios en red,” 2010, Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: [https://books.google.com/books/about/Redes\\_inal%C3%A1mbricas\\_Servicios\\_en\\_red.html?hl=es&id=98\\_TAwAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/Redes_inal%C3%A1mbricas_Servicios_en_red.html?hl=es&id=98_TAwAAQBAJ)
- [38] *IEEE Std 802.15.1-2002 – IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and*

*metropolitan area networks – Specific requirements Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs).* Ieeexplore.ieee.org. doi: 10.1109/IEEESTD.2002.93621.

- [39] “¿Qué es la tecnología wifi? Definición y tipos - Cisco.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/products/wireless/what-is-wifi.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/products/wireless/what-is-wifi.html)
- [40] “Comunicaciones Móviles. Sistemas GSM, UMTS y LTE - José Manuel Huidobro Moya - Google Libros.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: [https://books.google.com.ec/books/about/Comunicaciones\\_M%C3%B3viles\\_Sistemas\\_GSM\\_UMT.html?id=go2fDwAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Comunicaciones_M%C3%B3viles_Sistemas_GSM_UMT.html?id=go2fDwAAQBAJ&redir_esc=y)
- [41] “Primeros pasos con Firebase Authentication en sitios web | Firebase Authentication.” Accessed: Oct. 12, 2023. [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/auth/web/start?hl=es-419>
- [42] G. P. G. Alban, A. E. V. Arguello, and N. E. C. Molina, “Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción),” *RECIMUNDO*, vol. 4, no. 3, pp. 163–173, Jul. 2020, doi: 10.26820/RECIMUNDO/4.(3).JULIO.2020.163-173.

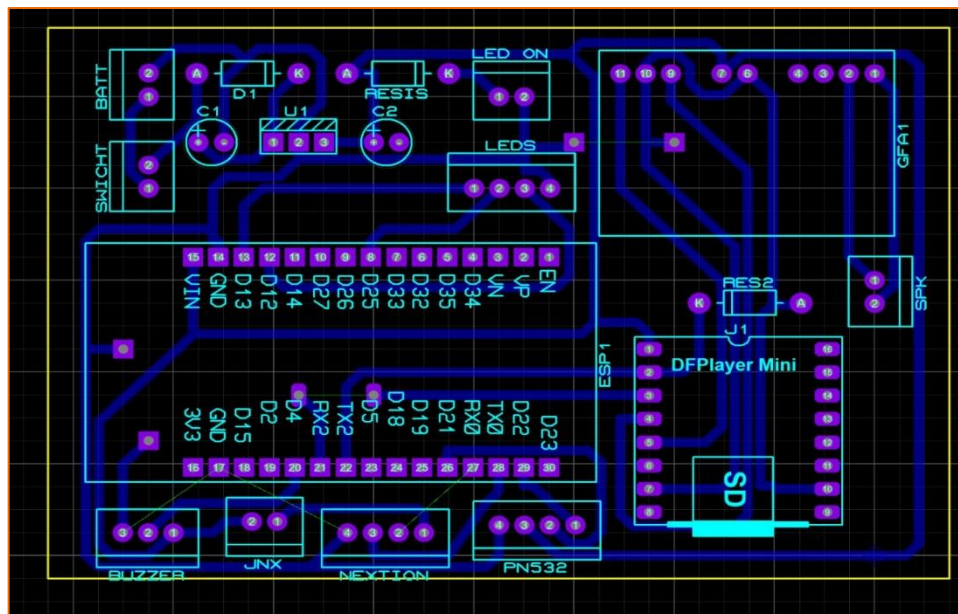
## 7. ANEXOS

### ANEXO 1. Diseño de Electrónico Prototipo



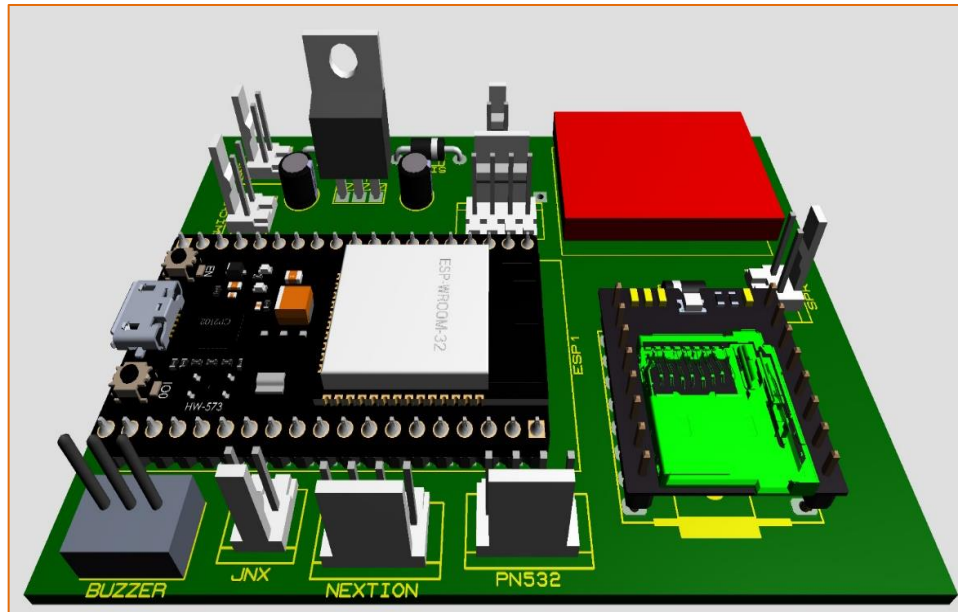
Anexo 1. Diseño de circuito en el programa Proteus 8.13

### ANEXO 2: Ruteo de pistas



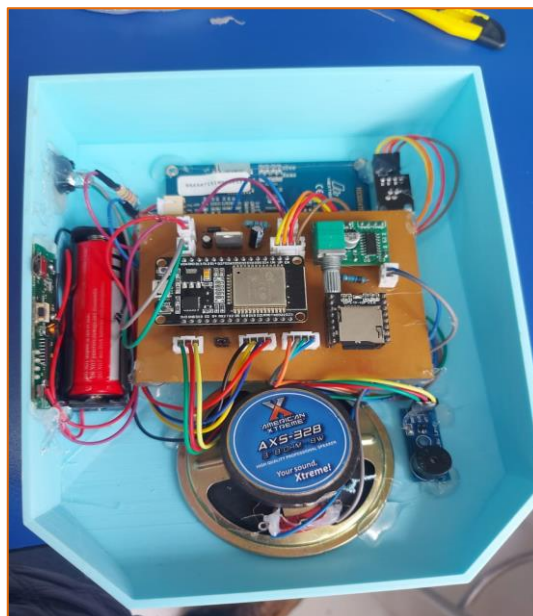
Anexo 2. Ruteo de pistas PCB en Proteus

### ANEXO 3: Visualización 3D del pcb



Anexo 3. Visualización 3D del PCB en Proteus

### ANEXO 4: Armado del prototipo físico real



Anexo 4. Armado de prototipo Real



**ANEXO 5:** Toma de datos en el recorrido de Bus



*Anexo 5. Proceso de datos del prototipo*

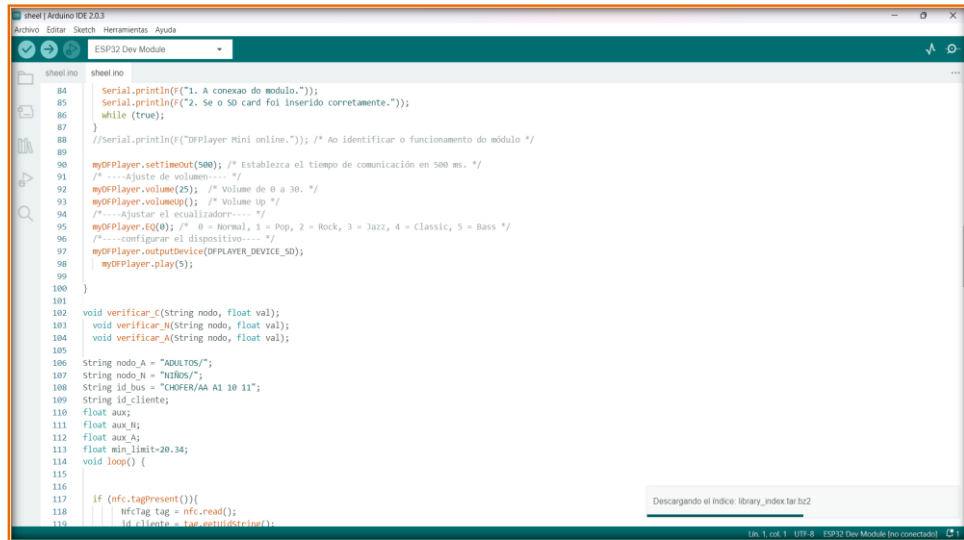
**ANEXO 6;** Recolección de datos en el bus urbano



*Anexo 6. Recolección de Datos en el Bus Urbano*

## ANEXO 7; Programación del prototipo de cobro inteligente

<https://www.dropbox.com/scl/fo/sut18yn4di2fkns03igwl/h?rlkey=a3o5nhlnus1z4le05gky8r2yd&dl=0>

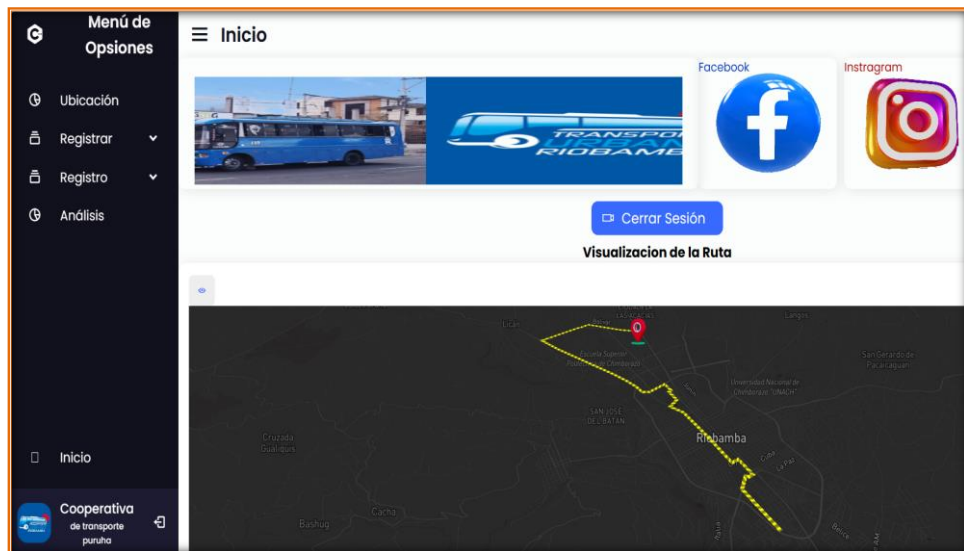


```
sheel | Arduino IDE 2.0.3
Archivo  Editar  Busca  Herramientas  Ayuda
ESP32 Dev Module
sheelino
84 Serial.println(F("1. A conexao do modulo."));
85 Serial.println(F("2. Se o SD card foi inserido corretamente.));
86 while (true);
87 }
88 //Serial.println(F("DPlayer Mini online.)); /* Ao identificar o funcionamento do módulo */
89
90 myDPlayer.setTimeout(500); /* Establezca el tiempo de comunicación en 500 ms. */
91 /* ---Ajuste de volumen--- */
92 myDPlayer.volume(25); /* Volume de 0 a 30. */
93 myDPlayer.volumeUp(); /* Volume up */
94 /* ---Ajustar el ecualizador--- */
95 myDPlayer.eq(0); /* 0 = Normal, 1 = Pop, 2 = Rock, 3 = Jazz, 4 = Classic, 5 = Bass */
96 /* ---configurar el dispositivo--- */
97 myDPlayer.outputDevice(DPLAYER_DEVICE_SD);
98 myDPlayer.play(5);
99 }
100
101
102 void verificar_C(String nodo, float val);
103 void verificar_N(String nodo, float val);
104 void verificar_A(String nodo, float val);
105
106 String nodo_A = "ADULTOS/";
107 String nodo_N = "NIÑOS/";
108 String id_bus = "CHOFER/AA A1 10 11";
109 String id_cliente;
110 float aux;
111 float aux_N;
112 float aux_A;
113 float min_limit=20.34;
114 void loop() {
115
116
117 if (nfc.tagPresent()){
118   nfcTag tag = nfc.read();
119   id_cliente = tag.getIdText();
120 }
```

Anexo 7. Códigos de programación

## ANEXO 8; Programa referente a la página web

<https://www.dropbox.com/scl/fo/t0t5v3e8p2asvy7uw22hm/h?rlkey=wqu3rd5a3r8ro35e474i6zkra&dl=0>



Anexo 8. Página Web

**ANEXO 9;** Tabla de datos recolectados.

*Tabla 14: Resultados de la calidad del servicio (QoS) de redes inalámbricas*

Nº	WLAN(wifi)		WMAN(wimax)		WWAN(lte)		Otros	
	Rendimiento (bps)	Perdida de paquetes (%)	Rendimiento (bps)	Perdida de paquetes (%)	Rendimiento (bps)	Perdida de paquetes (%)	Rendimiento (bps)	Perdida de paquetes (%)
1	1176.67	4.920	826.75	6.670	1122.5	0	1395.5	4.350
2	1237	0	1166.25	3.940	1354.67	2.940	1255	0
3	874.890	2.630	1208	4.700	1291	0	1019	0
4	1203.5	4.550	1237	0	1001.42	2.94	1168.25	2.780
5	840.25	6.45	1554.67	2.940	1291	0	1155	2.860
6	972.670	2.440	1399	0	1445.25	1.350	1127.6	0
7	1291	0	724.7	3	1237	0	1168.75	2.780
8	812.44	5	645.5	0	1211.2	3.920	1381	0
9	1237	0	528.11	4.170	1291	0	1168.5	2.780
10	1179.75	2.860	1035.8	0	1445	4.350	1138.4	2.440
11	729.5	4.260	1291	6.67	1237	0	1237	0
12	1291	0	896	0	1168	4.260	1073	0
13	1206.5	2.700	1554.67	11.76	1291	0	1141.25	2.940
14	1199.6	4	1208	2.940	1134.6	1.550	1116.8	1.350
15	941.25	0	1291	4.700	1237	0	935	2.780
16	766.33	5	840.25	0	1168	2.260	1255	0
17	1188.8	2.560	1193.25	6.450	1291	0	930.67	4.350
18	1234	2.560	966.4	2.780	999.330	2	1455	0
19	1482	0	1291	4.700	1237	0	1116.8	4.350
20	766.330	5	813.25	0	1460	4.260	1323.67	3.230
21	1188.8	4.080	1473.5	6.900	1291	0	1073	0
22	1582.5	0	1828	4.170	1167	1.260	1155	2.860
23	990.67	4.08	1345	3.35	1237	3.170	1106	4.440

24	1237	0	1120.33	0	1178.8	0	1237	0
25	1608.66	2.700	1146	6.450	1291	4.350	1100	5
26	1591	2.780	1828.5	4.440	1156	0	1141.25	2.940
27	1149.5	5	1345	0	1237	2.170	930.67	4.350
28	1179.5	2.860	826.75	4.7	1178.8	0	918.5	0
29	1166.8	4.260	1193	6.670	1291	1.260	1116.4	1.350
30	1291	0	552.4	2.780	972.5	3	1455.5	0
31	672.2	6.450	1291	2.5	1237	0	921.67	4.440
32	972.67	4.260	1102.33	0	1200.4	4.170	1116.8	4.350
33	1455.5	0	1166.25	6.670	1291	0	1355	0
34	1230.5	4.350	1272	2.940	1177.6	1	1458	2.780
35	981.66	4.17	645.5	4.700	1237	0	1323.67	3.230
36	1481	0	683	0	1200.4	2.350	1168.5	2.780
37	748.33	0	1087	6.25	1291	0	1100	0
38	1166.25	2.940	540.33	5.710	983.5	1.260	957.67	1.080
39	1149.5	5	913.5	0	1237	0	1455	0
40	826.75	6.66	1345	5.71	1460	3.350	1458	2.780
41	1156.4	4.350	1001.43	4.7	1291	1.080	1343.33	3.230
42	1482	0	800.4	5	963	0	1237	0
43	1122.5	5.26	1291	0	1237	4.350	1106	3.440
44	1167.2	4.260	1149.5	0	1189.6	0	1155.25	2.860
45	1582.5	0	955.14	3	1291	1.260	1422	0
46	990.33	4.080	1218.67	5.560	1156.2	0	1168.5	2.780
47	1237	0	784.33	0	1237	2.780	948.67	4.170
48	1590.67	2.780	867.25	2.78	1168	0	1237	0
49	802.330	4.55	683	4.760	1237	3.080	1073	0
50	1001.86	2.470	993.71	6.060	1390.67	0	939.67	3.260