

**PROTOTIPO DE PLATAFORMA INFORMATIVA IoT PARA EL SISTEMA DE  
TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO.**

**JULIO CESAR LEON MARTINEZ**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA  
FALCULTAD DE INGENIRIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS  
BUCARAMANGA 2018**

**PROTOTIPO DE PLATAFORMA INFORMATIVA IoT PARA EL SISTEMA DE  
TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO.**

**ESTUDIANTE:  
JULIO CESAR LEON MARTINEZ  
U00111051**

**PROYECTO DE GRADO**

**DIRECTOR:  
MIng. Esp. Ing. FEISAR ENRIQUE MORENO CORZO**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA  
FALCULTAD DE INGENIRIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS  
BUCARAMANGA 2018**

## Contenido

1. RESUMEN .....	7
2. INTRODUCCION.....	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
4. OBJETIVOS .....	11
4.1 Objetivo general .....	11
4.2 Objetivos Específicos .....	11
5. MARCO TEORICO.....	12
5.1 Tecnología de posicionamiento.....	12
5.1.1 GPS .....	12
5.2 Tecnología de conectividad.....	12
5.2.1 Redes móviles.....	12
5.2.2 VPN.....	12
5.3 Tecnología de procesamiento de datos.....	13
5.3.1 RaspberryPi.....	13
5.3.2 ARM.....	13
5.4 Sensores de toma de datos .....	13
5.4.1 Sensor de humedad:.....	13
5.4.2 Sensor de CO2 .....	13
5.4.3 Sensor de temperatura.....	13
5.5 Tecnología de desarrollo.....	14
5.5.1 Cliente servidor .....	14
5.6 Tipos de servidores.....	14
5.6.1 Servidor Web .....	14
5.6.2 Servidor base de datos .....	14
5.7 Tipo de base de datos.....	15
5.7.1 SQL.....	15
5.7.2 NOSQL .....	15
5.8 Sistemas operativos para dispositivos móviles.....	15
5.9 API, interfaz de programación de aplicaciones.....	16

5.10	(RPCs)Remote Procedure Calls .....	16
5.11	Lenguajes y estadísticas.....	16
5.11.1	Android.....	16
6.	ESTADO DEL ARTE .....	20
6.1	Mobile VPN and V2V NEMO for public transportation .....	20
6.2	Mobile wireless sensor network gateway: A raspberry Pi implementation with a VPN backend to OpenStack .....	20
6.3	A comprehensive composite digital services quality assurance application on intelligent transportation system.....	21
6.4	An air pollutant vehicle tracker system using gas sensor and GPS .....	22
6.5	IoT based urban climate monitoring using Raspberry Pi .....	23
6.6	Air quality monitoring system based on IoT using Raspberry Pi .....	24
6.7	Impact of NOx emissions on climate and monitoring using smart sensor technology .....	25
6.8	Smart Bus Station-Passenger Information System.....	25
6.9	Smartsantander .....	26
7.	METODOLOGIA.....	28
7.1	Metodología de prototipado.....	28
7.1.1	Etapa Exploratoria .....	28
7.1.2	Etapa de análisis .....	29
7.1.3	Etapa de diseño .....	29
7.1.4	Etapa de implementación.....	29
7.1.5	Etapa de evaluación.....	30
7.2	Modelado del sistema con características y funciones implementadas ...	30
7.2.1	Actor bus .....	31
7.2.2	Actor usuario .....	31
7.2.3	Web service .....	31
7.3	Diseño de la aplicación software .....	32
7.3.1	Selección de herramienta de desarrollo .....	32
7.3.2	Base de datos .....	33
7.4	Casos de uso .....	34
7.5	Diagramas de actividad.....	34

7.5.1	Registro de Dispositivos.....	34
7.5.2	Registro de estaciones.....	35
7.5.3	Registro de estados de bus.....	37
7.5.4	Registro de tipo de bus.....	38
7.5.5	Registro de bus.....	39
7.5.6	Registro de rutas.....	40
7.5.7	Registro de rutas-estación.....	41
7.5.8	Mapas.....	42
7.5.9	Selección de ruta.....	43
7.5.10	Actualizar coordenadas bus.....	44
<b>7.6</b>	<b>Diagramas de secuencia.....</b>	<b>45</b>
7.6.1	Guardar dispositivo.....	45
7.6.2	Guardar estaciones.....	45
7.6.3	Estado de bus.....	46
7.6.4	Registro tipo de bus.....	47
7.6.5	Registro Bus.....	48
7.6.6	Registro rutas.....	48
7.6.7	Registro ruta- estación.....	49
<b>7.7</b>	<b>MOCKUPS.....</b>	<b>50</b>
7.7.1	Guardar dispositivos.....	50
7.7.2	Registro de estaciones.....	50
7.7.3	Registros estados de bus.....	51
7.7.4	Registro tipos de bus.....	51
7.7.5	Registro bus.....	52
7.7.6	Registro de rutas.....	52
7.7.7	Registro ruta-estación.....	53
7.7.8	Mapas.....	53
7.7.9	Selección de ruta.....	54
7.7.10	Actualizar coordenadas bus.....	55
<b>8.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>56</b>
<b>8.1</b>	<b>REQUERIMIENTOS.....</b>	<b>56</b>
8.1.1	Buses.....	56
8.1.2	Pasajeros o usuarios.....	56

8.1.3	Servidor .....	56
8.2	COMUNICACIÓN.....	56
8.2.1	Buses .....	56
8.2.2	Usuarios.....	56
8.3	EQUIPOS.....	56
8.3.1	Buses .....	56
8.4	EXPERIENCIA.....	57
8.5	ALCANCE .....	57
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
9.1	Conclusión .....	58
9.2	Recomendaciones .....	58
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	59
11.	Anexos .....	62
11.1	Anexo A: Encuesta sobre implementación de una plataforma digital para uso del servicio de transporte Metrolínea en Bucaramanga.....	62
11.2	Anexo B: ENCUESTA POSTERIOR AL USO DE LA APLICACIÓN POR USUARIOS.....	65

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1:Servicio web service .....	14
Ilustración 2:Mercado mundial SO móviles .....	15
Ilustración 3:Worldwide Smartphone Shipment OS Market Share Forecast .....	17
Ilustración 4:Sistema operativos móviles en todo el mundo .....	17
Ilustración 5: Global Top marcas.....	18
Ilustración 6:Distribución porcentual de marcas en uso.....	19
Ilustración 7: Metodología de prototipado.....	28
Ilustración 8:Modelo del sistema implementado .....	31
Ilustración 9:Tabla comparativos de las herramientas de desarrollo .....	32
Ilustración 10:Diseño de la base de datos.....	33
Ilustración 11: Diagrama de caso de uso .....	34
Ilustración 12:Diagrama de actividad registro de dispositivo .....	35
Ilustración 13:Diagrama de actividad registro de estaciones .....	36
Ilustración 14:Diagrama de actividad registro estados de bus.....	37
Ilustración 15:Diagrama de actividad registro tipos de bus.....	38
Ilustración 16:Diagrama de actividad registro de bus .....	39
Ilustración 17:Diagrama de actividad registro de ruta.....	40
Ilustración 18:Diagrama de actividad registro estación ruta.....	41
Ilustración 19:Diagrama de actividad mapas .....	42
Ilustración 20:Diagrama de actividad selección de ruta.....	43
Ilustración 21:Diagrama de actividad actualización de coordenadas bus .....	44
Ilustración 22:Diagramas de secuencia guardar dispositivo .....	45
Ilustración 23:Diagramas de secuencia guardar estaciones.....	46
Ilustración 24:Diagramas de secuencia guardar estados de bus.....	46
Ilustración 25:Diagramas de secuencia guardar tipos de bus.....	47
Ilustración 26:Diagramas de secuencia guardar bus .....	48
Ilustración 27:Diagramas de secuencia guardar ruta .....	48
Ilustración 28:Diagramas de secuencia guardar estación-ruta .....	49
Ilustración 29:Mockup guardar dispositivo.....	50
Ilustración 30:Mockup guardar estación .....	50
Ilustración 31:Mockup guardar estados de bus .....	51
Ilustración 32:Mockup guardar tipos de bus .....	51
Ilustración 33:Mockup guardar bus .....	52
Ilustración 34:Mockup guardar ruta .....	52
Ilustración 35:Mockup guardar ruta- estación.....	53
Ilustración 36:Mockup mapas clic bus .....	53
Ilustración 37:Mockup mapa clic estación .....	54
Ilustración 38:Mockup seleccionar ruta destino .....	54

Ilustración 39:Mockup ruta destino- mapa-clic en bus ..... 55  
Ilustración 40:Mockup actualizar coordenadas bus ..... 55



## 1. RESUMEN

Este proyecto propone la creación de una plataforma IoT que permita al usuario del transporte público masivo tener a disposición información relevante como el tiempo de espera de los vehículos (Usando seguimiento por GPS), datos en tiempo real de lo que pasa en la ciudad en temas de interés general como eventos culturales, gastronómicos, académicos, entre otros. Datos meteorológicos, suministrados mediante una red de dispositivos intercomunicados y centralizados a través de un servidor web. El sistema será construido bajo los principios de user-centered design para maximizar la experiencia y la información que será comunicada a los usuarios.

## 2. INTRODUCCION

Hoy en día el manejo de información de primera mano permite facilitar muchas de las actividades del diario vivir. Tecnologías básicas o avanzadas como dispositivos móviles, plataformas IoT entre otras permite que todos estén conectados, obteniendo información de un sinnúmero de dispositivos conectado a la red en donde estos hacen parte del entorno común tales como transporte hogar medicina o todo lo que conforma el mundo urbano siendo parte funcional o complementaria de su funcionamiento (COMARCH, 2019).

En Colombia se encuentra alternativas de transporte masivo en el que implementan buses articulados padrones y alimentadores en donde están circulan en un entorno urbano en las principales ciudades del país tales como Transmilenio-Bogotá, MIO-Cali, Transmetro de Barranquilla-Barranquilla, TransCaribe BRT-Cartagena de Indias, Metrolínea-Bucaramanga entre otras. Las carreteras que usan estos trasportes en algunos casos tienen un carril exclusivo para buses articulados o padrones donde no están en contacto en un tráfico urbano fuerte, pero en algunos casos se tienen que salir su vía exclusiva por lo que los tiempos a cada estación puede varias no son predecibles o constantes llevando a otras problemáticas (La Republica, 2019).

Para el año 2018, la problemática del transporte público ha cobrado relevancia en la escena política y administrativa de las grandes ciudades del país. Sistemas como Transmilenio, Metrolínea o Mío tienen como objetivo mejorar la calidad de vida a través de prestar un servicio de calidad a sus usuarios, proyecciones como en Bogotá aumentar la cobertura por la séptima (bogotacomovamos, 2019) o reemplazar su flota de buses para mejorar el servicio en donde las ciudades que cuentan como este tipo de sistema de transporte masivo su plan de desarrollo debe estar considerado un enfoque de sostenimiento, mejoramiento a la experiencia del usuario mostrando alternativas que puedan ayudar a su servicio.

Sin embargo, el exceso de usuarios, la congestión en las vías, la falta de vehículos, hacen que los tiempos de espera aumenten significativamente lo que se traduce en aumentos en el nivel de estrés e inconformidad por parte de los usuarios del servicio. Donde análisis de estudios hechos por medios masivos como vanguardia liberal (Vvanguardia, 2018), revista gente de cañaveral entre otros respaldado por datos estadísticos realizados por la cámara de comercio de Bucaramanga, AMB, UIS (Camilo et al., 2016), entre otros. Debido a demoras en los servicios o que la cobertura de este no es del total de la ciudad presiona a los usuarios el uso de transporte no convencionales como piratería tales como mototaxi en donde el usuario al tener estas alternativas la prefiere debido un mejor uso del tiempo, como

de cobertura a pesar que puede ser más costoso afectado de este modo la economía y el servicio de las prestadoras de transporte público.

Ahora porque no aprovechar los espacios que estas infraestructuras ofrece para alcanzar el interés de los usuarios de conocer todo lo que sucede a su alrededor en cuanto clima o en cuanto tiempo llega el transporte público entre otras son datos que pueden facilitar o ayudar y conocer más de lo que sucede en su ciudad.

Para brindar una solución a esta problemática, se propone la creación de un sistema de información basado IoT que recolecte información de los usuarios, buses y su entorno y permita la visualización de contenido significativo para aprovechar los tiempos de espera de los usuarios en el sistema. El sistema contempla dispositivos en cada vehículo, las estaciones como un sistema de procesamiento de datos y una plataforma móvil y web, en el que los usuarios puedan interactuar como conocer más de lo que sucede en la ciudad conectado a través de redes móviles mediante una VPN para procesar la información.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las demoras en el servicio de transporte el no tener claro en algunos casos que ruta pueda tener o la ineficiente cobertura del transporte conlleva a que los usuarios usen alternativas de transporte no convencionales e ilegales donde arriesgan sus vidas, generando un déficit económico en las entidades prestadoras de servicio generando descuido en la calidad de su servicio como en el deterioro de su infraestructura.

Estudio realizado del transporte informal en la ciudad de Bucaramanga el 63% de los usuarios usan o han usado transporte informal en donde el 58% de los que usan el servicio informal género femenino. Lo que pone de presente las estadísticas del DANE en cuanto a población de mujeres y su accesibilidad al trabajo. (Camilo et al., 2016)

De acuerdo a los estados socio económicos en las zonas de más bajos recursos que son los que más usan el transporte público en donde los estratos 2, 3 y 4 representa el 86% de los usuarios de los cuales el 2 y 3 representa el 67.2% (Camilo et al., 2016). En donde este estudio arroja un significativo análisis de conformidad en donde la comparación del servicio prestado por Metrolínea con respecto al informal en sus escalas de mejor, mucho mejor ocupa el 63% en donde los encuestados argumentan que prefieren este tipo de servicio por brindar un menor tiempo de viaje, más cobertura o cercanía a sus destinos entre otros, como también arriesgo de las desventajas que están presentan como robo, enfermedades en la cabeza como hongos o piojos o falta de control vehicular.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Crear un prototipo funcional de un sistema basado en IoT que recolecte y transmita información relevante para los usuarios del transporte público masivo de Metrolínea.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Crear un modelo de información que contenga las principales necesidades e intereses de los usuarios del sistema de transporte público.
- Diseñar las características y funcionalidades tecnológicas necesarias para suplir los requerimientos dados por los usuarios.
- Construir un prototipo del sistema de monitoreo de vehículos, que recolecte información por sensores y las visualice en una interfaz móvil.
- Realizar pruebas de usuario, de rendimiento y de calidad en general para obtener retroalimentación sobre la efectividad del prototipo.

## **5. MARCO TEORICO**

### **5.1 Tecnología de posicionamiento**

#### **5.1.1 GPS**

“El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo. A todo el que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos.” (GPS, 2018)

### **5.2 Tecnología de conectividad**

#### **5.2.1 Redes móviles**

Son aquellas redes pensadas para que el teléfono o equipo del usuario pueda moverse con libertad en la zona cubierta por dicha red incluso mientras mantiene una conversación o una conexión de datos. Una red móvil debe permitir el movimiento incluso a la velocidad de un coche sin que exista una pérdida de la conexión. Las redes móviles actuales permiten mantener esta conexión incluso a la velocidad de un tren de alta velocidad con velocidades superiores a 300 Km/h.(Temastecnologicos, 2018)

#### **5.2.2 VPN**

Acceso Remoto — También llamó un Virtual Private Dial-up Network (VPDN), esto es una conexión de usuario a LAN usada por una compañía que tiene los empleados que necesitan conectar con la red privada de los diversos lugares remotos. Típicamente, una sociedad que desea poner un VPN de acceso remoto grande proporciona a una cierta forma de cuenta de marcado manual de Internet a sus usuarios que usan un Proveedor de servicios de Internet (ISP).

Sitio-a-sitio — Con el uso del equipo dedicado y de la encriptación a gran escala, una compañía puede conectar los sitios revisados múltiples sobre una red pública tal como Internet. Cada sitio necesita solamente una conexión local a la misma red pública, de tal modo guardando el dinero en las arrendar-líneas privadas largas. Los VPN de sitios a sitio se pueden categorizar más a fondo en los intranets o las extranets. Un VPN de sitio a sitio construido entre las oficinas de la misma compañía

reputa un intranet VPN, mientras que un VPN construido para conectar a la compañía con su partner o cliente se refiere como extranet VPN (Cisco, 2018).

### **5.3 Tecnología de procesamiento de datos**

#### **5.3.1 RaspberryPi**

Es un equipo de computo pequeño de bajo consumo ARM en el cual cuenta con las características principales de un ordenador en el cual consta de un procesador memoria RAM puesto de entrada como USB y otros salida de video, bluetooth, audio, conexión de red LAN o wifi basado en tecnología ARM.(Raspberrypi, 2018)

#### **5.3.2 ARM**

Es una arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer=Ordenador con Conjunto Reducido de Instrucciones) (*Mechanical arm assembly*, 1979)

### **5.4 Sensores de toma de datos**

#### **5.4.1 Sensor de humedad:**

Un sensor de humedad es un dispositivo que mide la humedad relativa en un área dada. Un sensor de humedad puede ser utilizado tanto en interiores como en exteriores.

#### **5.4.2 Sensor de CO2**

Es un sensor el cual mide sirve como instrumento para la medición de gas de dióxido de carbono en un ambiente tomado en una medida de partes por millón(ppm).

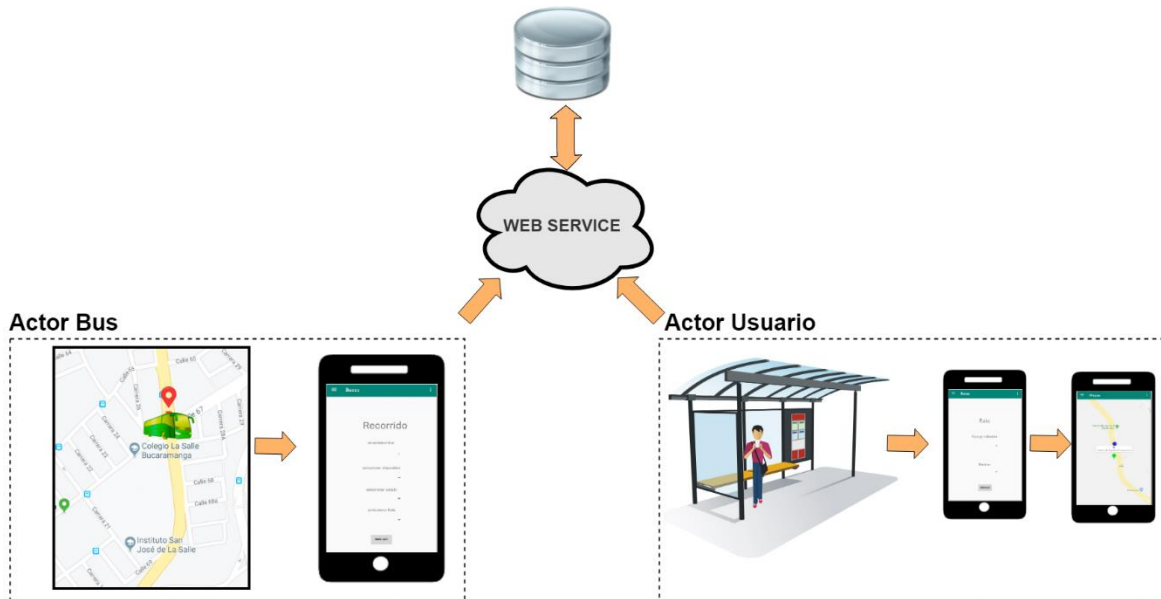
#### **5.4.3 Sensor de temperatura**

Es un sensor con cual permite medir variaciones de temperatura en señales eléctricas para procesarlas en una escala deseada.

## 5.5 Tecnología de desarrollo

### 5.5.1 Cliente servidor

Ilustración 1: Servicio web service



Fuente: El autor

Como vemos, todo se encuentra centralizado en una base de datos en la cual la gestiona un web service que es quien se encarga de realizar las consultas con varios dispositivos simultáneamente estas consultas pueden ser múltiples tipos sea imágenes, videos, email entre otras de acuerdo a la necesidad o a la base de datos.

La ilustración 1 descrita anteriormente hace parte de la plataforma implantada en el desarrollo del proyecto realizado.

## 5.6 Tipos de servidores

### 5.6.1 Servidor Web

Almacena documentos html, .php entre otros. Modo archivos en formato especial que se encarga de la visualización de la página web en los navegadores como también se encarga de gestionar las consultas del cliente

### 5.6.2 Servidor base de datos

Su servicio es de encargarse de gestionar y almacenar las tablas con los datos del cliente y relacionarla entre sí. Una base de datos puede almacenar grandes cantidades de datos.



## 5.7 Tipo de base de datos

Para el desarrollo del proyecto es necesario la implementación de una base de datos en la que se permita el procesamiento de datos más adecuado entre ellas nos encontramos con diferentes modelos.

### 5.7.1 SQL

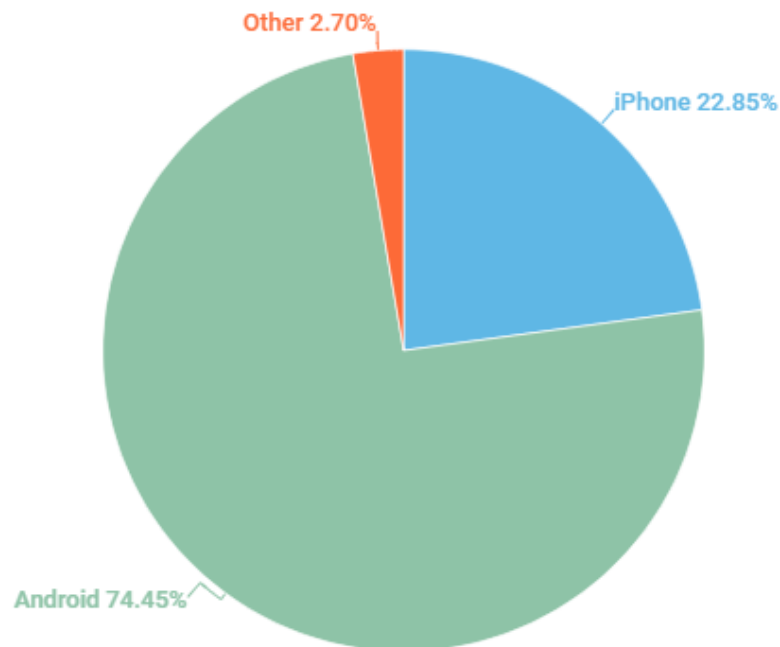
Es un sistema de gestión de software libre en donde este gestor permite en un multihilo y multiusuario, permite realizar simultáneamente varias consultas al mismo tiempo estas a su vez su estructuras de tablas son relacionales donde puede depender de otras tablas (Oracle, 2019)

### 5.7.2 NOSQL

En este caso este tipo de base de datos no relacionales las características y ventajas de estas que manejan. SQL no es el lenguaje de consulta/modificación de datos principal, aunque sí lo soportan, de ahí el nombre No Sólo SQL (*Bases de Datos NoSQL: qué son y cuáles son sus ventajas*, n.d.) no es necesario al almacenarse los datos en tablas

## 5.8 Sistemas operativos para dispositivos móviles

Ilustración 2: Mercado mundial SO móviles



Figures covering Jan 2018 - Jan 2019 supplied by Statcounter

*(iPhone vs Android: cuota de mercado - PCWorld, n.d.)*

El sistema operativo (SO) móvil, es un sistema con el cual puede y permite controlar un dispositivo móvil semejante como en los PC que utilizan un sistema Windows, Linux, Mac entre otros, el SO de los móviles es mas simples y orientados a la conectividad inalámbrica. De acuerdo a que los dispositivos crecen en popularidad los SO de estos dispositivos adquieren mayor importancia. *(Sistemas Operativos Móviles | DTyOC, n.d.)*

En donde los sistemas operativos mas populares en la actualidad después de una batalla de muchos predecesores son Android y IOS

## **5.9 API, interfaz de programación de aplicaciones**

Una interfaz de programación es una conjunto de herramientas, definiciones y protocolos que se utilizan para integrar los servicios de software y aplicaciones. *(El concepto de las interfaces de programación de aplicaciones, n.d.)*.

Las API permiten distintos tipos de diálogos con el proveedor logrando obtener información de mismo:

- Comunicación cliente/servidor
- Comunicación con la base de datos
- Comunicación peer-to-peer
- Comunicación Real time
- Event-Drive

Entre otros

## **5.10 (RPCs)Remote Procedure Calls**

Es un programa que permite o utiliza una computadora para ejecutar código en otra maquina remota sin tener que preocuparse por la interacción entre ambas.

## **5.11 Lenguajes y estadísticas**

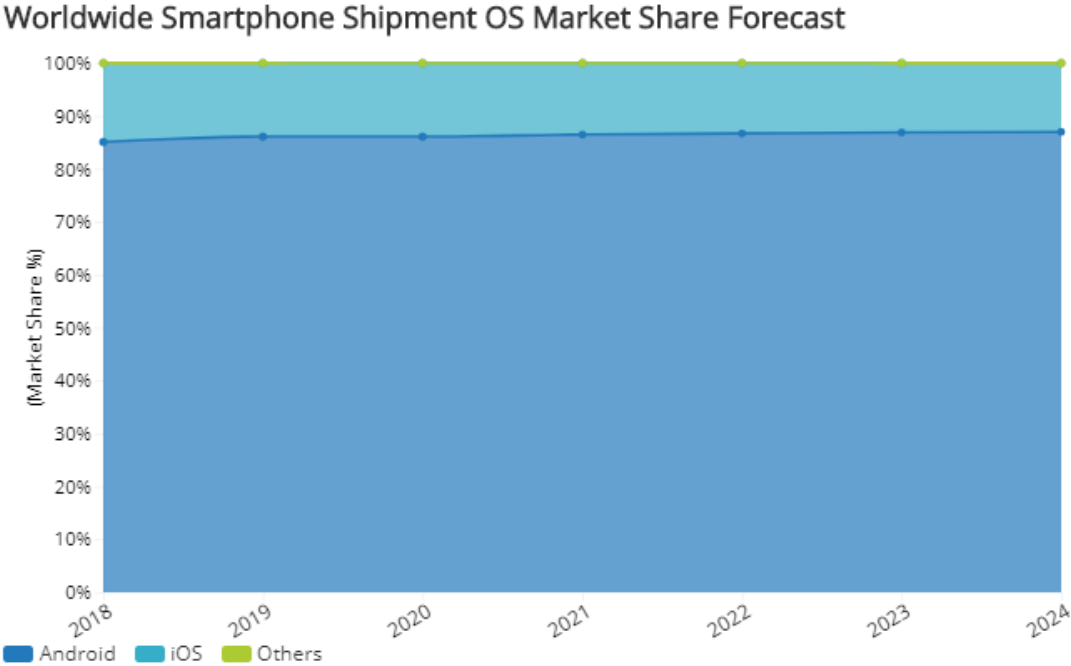
### **5.11.1 Android**

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android, basado en IntelliJ IDEA. (Google, 2019)

Las información de la gráfica y estadística presentada muestra como los sistemas operativos se lideran solamente por IOS y Android en donde Android lidera el mayor

mercador existente actual y futuro. Donde también observamos como sistemas operativos alternativos han desaparecido.

*Ilustración 3: Worldwide Smartphone Shipment OS Market Share Forecast*



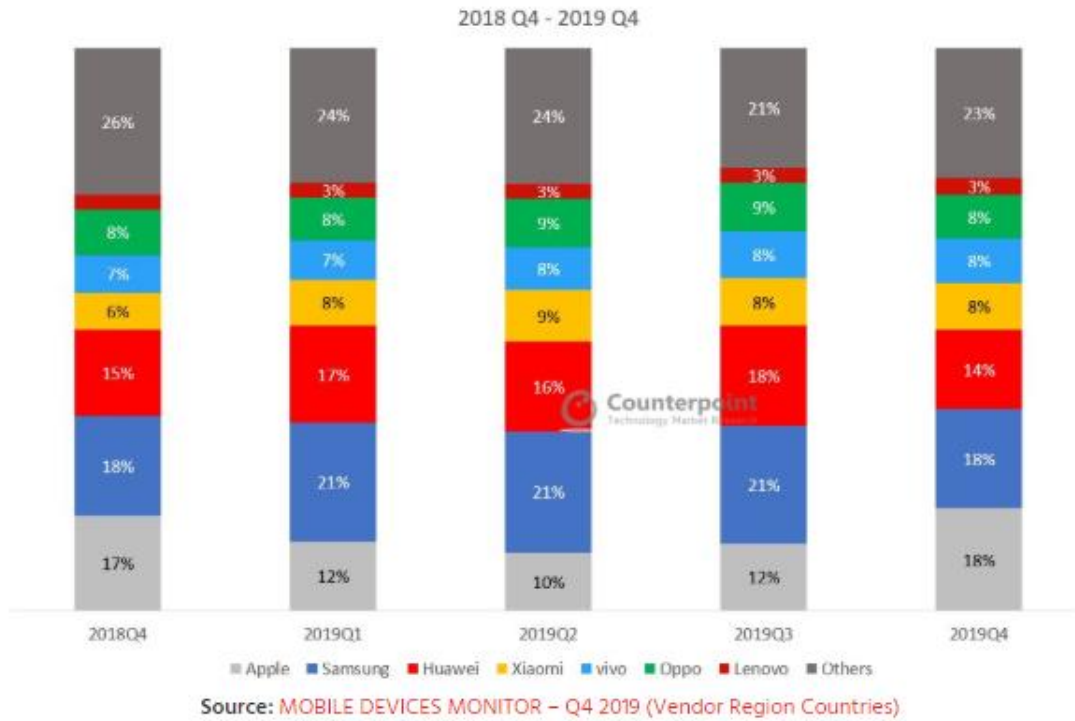
(IDC - Smartphone Market Share - OS, n.d.)

*Ilustración 4: Sistema operativos móviles en todo el mundo*

Year	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Android</b>	85.1%	86.1%	86.1%	86.5%	86.7%	86.9%	87.0%
<b>iOS</b>	14.9%	13.9%	13.9%	13.5%	13.3%	13.1%	13.0%
<b>Others</b>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<b>TOTAL</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>	<b>100.0%</b>

(IDC - Smartphone Market Share - OS, n.d.)

Ilustración 5: Global Top marcas



(Global Smartphone Market Share: By Quarter - Counterpoint Research, n.d.)

Ilustración 6: Distribución porcentual de marcas en uso

[Global Smartphone Share(%)]

Global Smartphone Shipments Market Share (%)	2018 Q4	2019 Q1	2019 Q2	2019 Q3	2019 Q4
Apple	17%	12%	10%	12%	18%
Samsung	18%	21%	21%	21%	18%
Huawei <sup>#</sup>	15%	17%	16%	18%	14%
Xiaomi	6%	8%	9%	8%	8%
vivo	7%	7%	8%	8%	8%
Oppo	8%	8%	9%	9%	8%
Lenovo <sup>**</sup>	3%	3%	3%	3%	3%
Others	26%	24%	24%	21%	23%

(Global Smartphone Market Share: By Quarter - Counterpoint Research, n.d.)

Por lo cual Android es un sistema operativo pensado para teléfonos inteligente al igual que sus competidores. Lo que lo hace destacar y diferenciar es que esta basado en su núcleo en Linux donde este a su vez es gratuito y libre.

El sistema permite un entorno de desarrollo tanto en java como en kotlin. Donde a su vez permite y proporciona interfaces necesarias para el desarrollo de aplicaciones facilitando la interacción con el dispositivo móvil y sus componentes tales como GPS, llamadas cámara entre otros.

Entre sus ventajas encontramos

- Código abierto
- Núcleo basado en Linux
- Adaptabilidad
- Comunicación con bases de datos
- Soporte de java
- Emuladores
- Soporte de Google play
- Multitareas

## 6. ESTADO DEL ARTE

A medida que el entorno urbano va creciendo a grandes pasos los problemas que se presentan como de transporte público, información del entorno, ambientales como contaminación u otros efectos conllevan a que la ciudad debe ser un organismo inteligente en donde esta sea un ser vivo que recolecte procese e informe todos los aspectos que la conforman.

### 6.1 Mobile VPN and V2V NEMO for public transportation

El enfoque de este Proyecto es presentar una alternativa de comunicación de como vehículos de transporte públicos puedan estar conectados donde en este caso particular que los conductores pasajeros y demás están enlazados a una red wifi dentro del vehículo que esta a su vez pertenece a una VPN que apunta a un servidor el cual puede procesar la información recolectada que puede ser también de sensores u otros dispositivos que puedan estar presentes a una estación principal. Permitiendo que todos los dispositivos conectados se muestren como una red local y la comunicación entre ellos sea dedicada. (Petrescu & Olivereau, 2009)

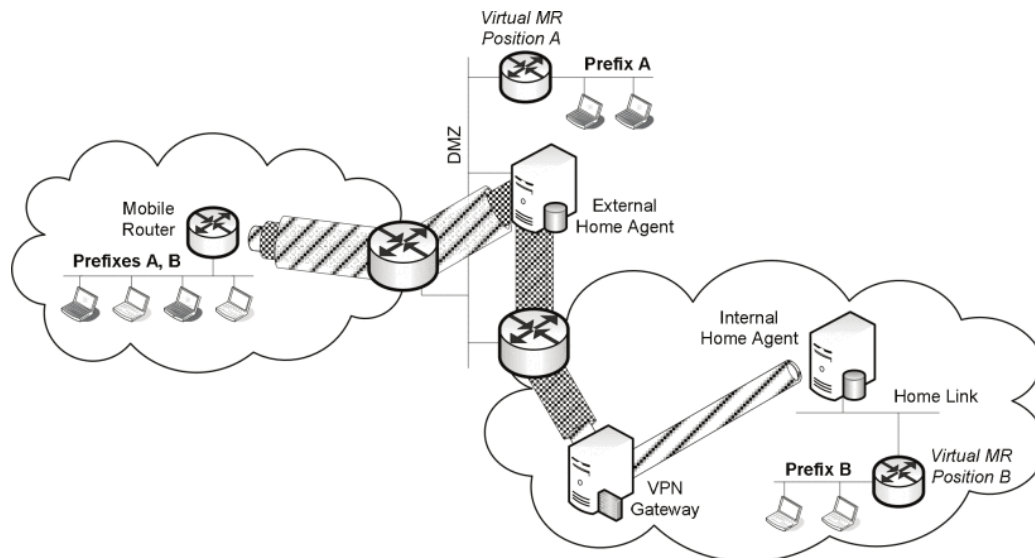


Figura 1: Modelo VPN para uso de transporte (Petrescu & Olivereau, 2009)

### 6.2 Mobile wireless sensor network gateway: A raspberry Pi implementation with a VPN backend to OpenStack

Dado que es necesario que toda la información o captura de esta es necesaria procesarla en un servidor en donde múltiples dispositivos IoT tanto sensores como controladores y entre otros es necesaria una en la cual pueda centralizar la información para ser procesada en este caso presenta una alternativa en la nube, en

el que la solución propuesta es un sistema inalámbrico en el que todos los dispositivos de monitoreo o captura de información están en ruta a puertas de enlaces de redes de sensores inalámbricos móviles MWSNG diseñadas para el transporte público (principalmente vehículos eléctricos) en donde todos los sensores están distribuidos en toda la ciudad un claro ejemplo de una ciudad que se ha implementado este tipo de tecnologías es Santander España (smartsantander, 2018) (Eduard et al., 2016).

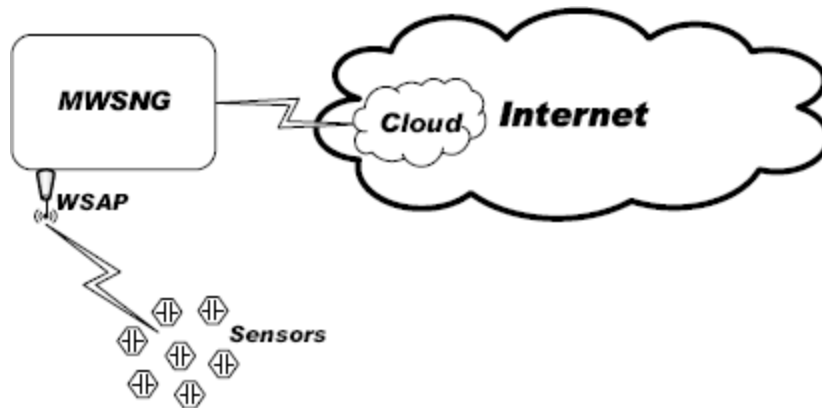


Figura 2:Arquitectura de diseño del sistema a la nube (Eduard et al., 2016)

### 6.3 A comprehensive composite digital services quality assurance application on intelligent transportation system

Una problemática que se puede presentar de acuerdo con que avanza la tecnología, es el constante crecimiento en donde cada día se quiere tener control de todo, tanto del transporte público como lo son taxis buses o vehículos de emergencia entre los múltiples dispositivos de la ciudad. Por lo que cada vez que se lanza una nueva alternativa de comunicación o desarrollo tecnológico las anteriores se vuelven obsoletas e ineficientes llevando a que el crecimiento solo se estanca en un solo entorno debido a que solo se mejora este y los demás entornos pasan a un segundo plano. Este proyecto presentando una solución en el cual propone un marco para información de aseguramiento de calidad de extremo a extremo basada en la arquitectura de referencia de servicio digital (DSRA) respaldada por TM Forum en donde todos los subsistemas como redes privadas VPN y demás con el propósito que la obsolescencia lleve al fracaso de cada sistema y que siempre sea el reemplazo de la misma, sino que al final se estén integrando con nuevas tecnologías.(Chuang et al., 2015)

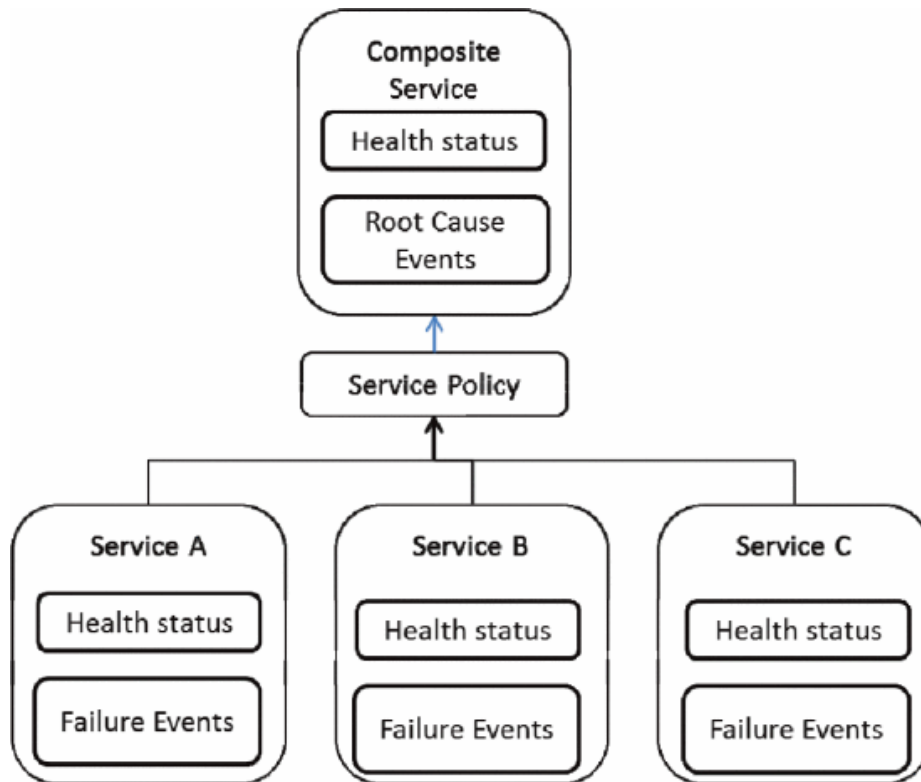


Figura 3: Servicio compuesto de arquitectura -su servicio (Chuang et al., 2015)

#### 6.4 An air pollutant vehicle tracker system using gas sensor and GPS

A medida como va creciendo el parque automotor las cantidades de CO<sub>2</sub> que va al medio ambiente es algo que se está convirtiendo en un serio problema en donde el transporte público por el deterioro de su flotilla no se está controlando los niveles de emisión la no regulación de esto el control ineficiente que se pueda presentar y un control tardío. Se presenta una solución que plantea, mediante sensores incorporados en los vehículos, puntos estratégicos de la ciudad, en donde también se controla su ubicación mediante GPS y un canal de comunicación se puede obtener datos cada vehículo tales como las emisiones que este pueda expulsar de este modo que la información sea oportuna e informarse de las condiciones y niveles CO<sub>2</sub> y demás gases. (Rathod et al., 2017)



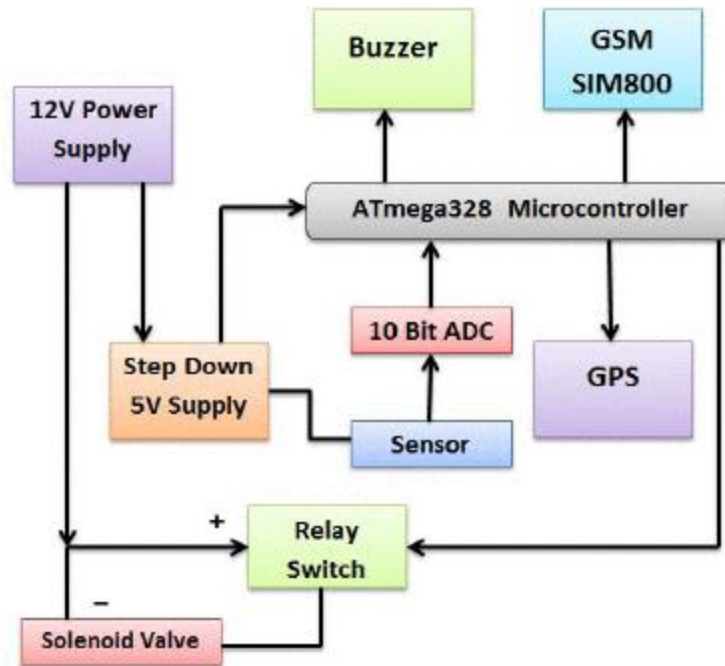


Figura 4:Diagrama de bloques de un dispositivo en un vehículo (Rathod et al., 2017)

### 6.5 IoT based urban climate monitoring using Raspberry Pi

El cómo se pueda procesar los datos obtenidos en cada fuente es un factor de consideración importante en donde antes de ser enviado a un servidor debe ser recolectada y procesada para esto por ello se presenta una solución que se basa en tener monitoreo en tiempo real de todas las fuentes tanto de vehículos como ubicaciones estratégicas de la ciudad en donde múltiples sensores conectados por medio de Raspberry pi y esta a su vez conectada a la red por medio LAN o WIFI transmite toda la información. Este ordenador envía a un servidor que puede monitorear de múltiples fuentes los niveles de humedad CO2 entre otros.(Shete & Agrawal, 2016)

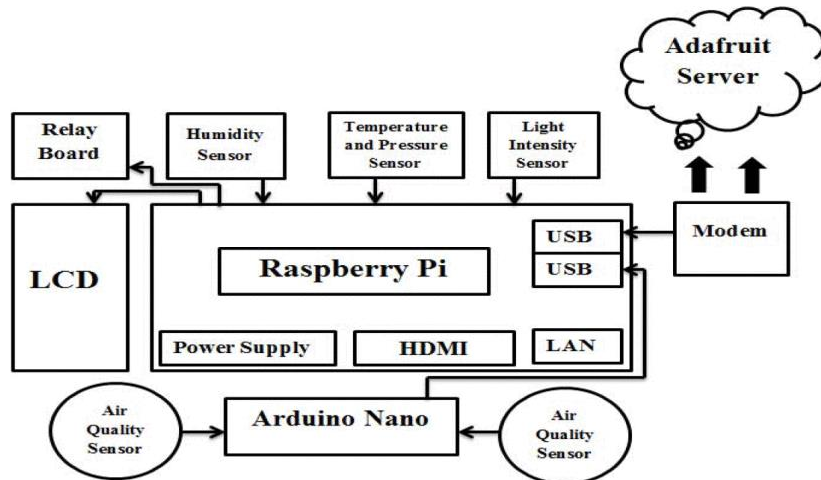


Figura 5: Diagrama de bloques de Raspberry pi con sensores y conexión a un servidor (Shete & Agrawal, 2016)

### 6.6 Air quality monitoring system based on IoT using Raspberry Pi

los niveles de contaminación del aire, las grandes emisiones de CO2 emitidos por los vehículos y los aumentos en la mala calidad del aire presente en el problema presentado da una solución o alternativa para el monitoreo de este en el cual mediante sistemas o equipos ARM tale como las Raspberry pi que es un equipo de bajo consumo puede procesar múltiples sensores analizarlos y enviarlos a un sistema de prueba Delhi en donde compara los datos con los proporcionados por una entidad local de control ambiental y se presenten de forma tabular. (Kumar & Jasua, 2017)

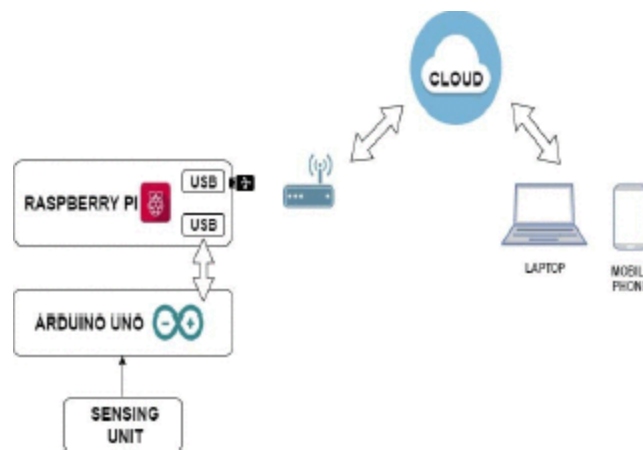


Figura 6: Diagrama compuesto Raspberry pi y cloud (Kumar & Jasua, 2017)

## 6.7 Impact of NOx emissions on climate and monitoring using smart sensor technology

El planteamiento del problema que se presenta es la importancia tener un control y medición de los gases de efecto que se han generado desmesuradamente en donde mediante algoritmos tales como (Back Propagation Algorithm, BPA) y Ant Colony Optimization (ACO) procesa la información que es recolectada mediante sensores y un sistema IoT permite el procesamiento de todos los datos en diferentes fuentes críticas que se pueda presentar en la ciudad.(Sujatha et al., 2017).

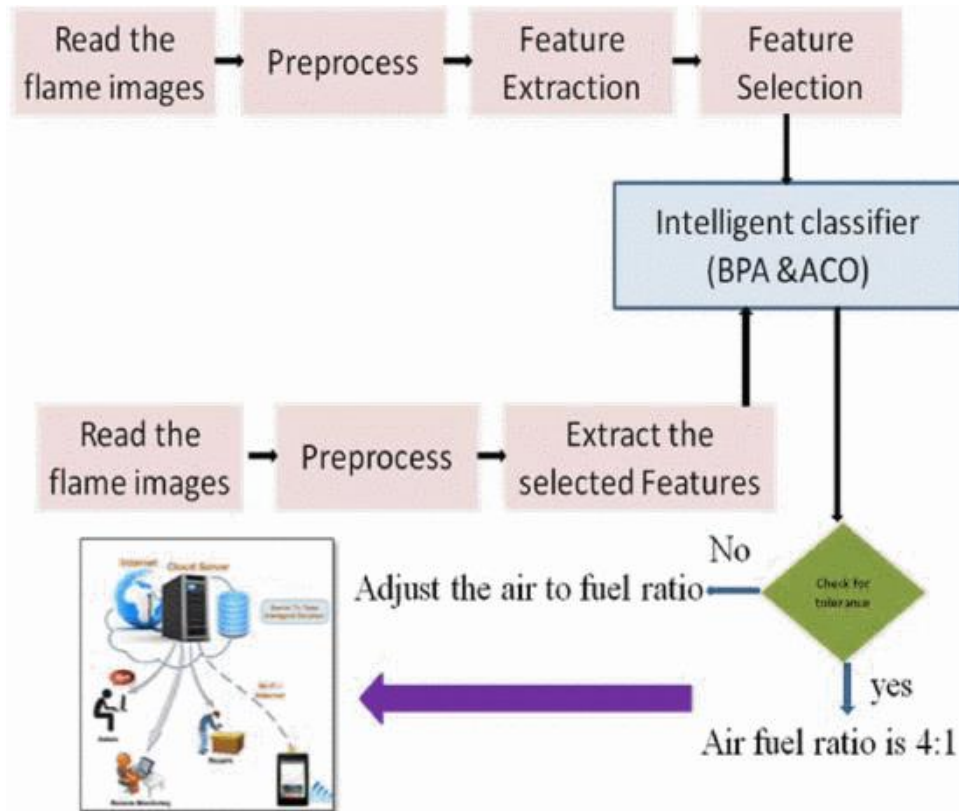


Figura 7:Esquema para la estructura de monitoreo de llama inteligente usando IoT (Sujatha et al., 2017)

## 6.8 Smart Bus Station-Passenger Information System

En el presente planteamiento se refleja cómo los usuarios de transporte masivo desean tener información continua de las condiciones del vehículo en el cual se van a transportar, tales como tiempo de llegada condiciones tiempo del viaje entre otros para ellos se plantea que mediante minicomputadores que procesen información tanto en los vehículos como en las estaciones permita tanto como a usuarios del servicio como administradores en donde toda la información es procesada en un servidor central y procesada en cada estación, mostrando tiempo de llegada de cada vehículo condiciones entre otros parámetros mejorando las condiciones de vida de los usuarios.(Sungur et al., 2015)

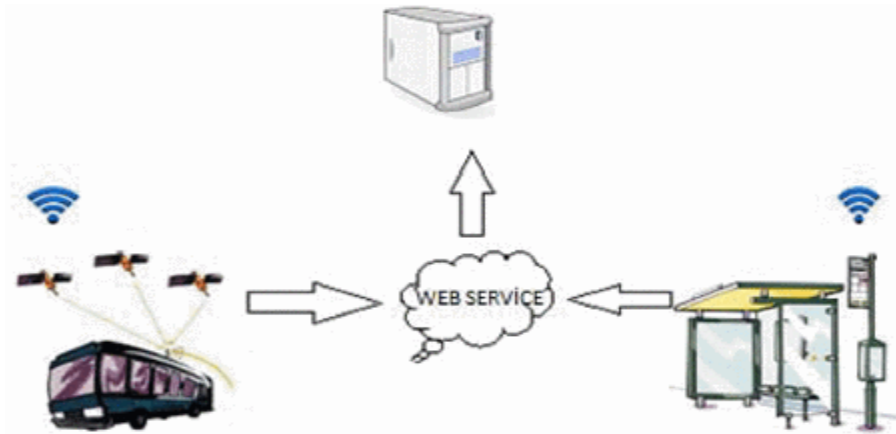


Figura 8: Estructura general del sistema transporte IoT (Sungur et al., 2015)

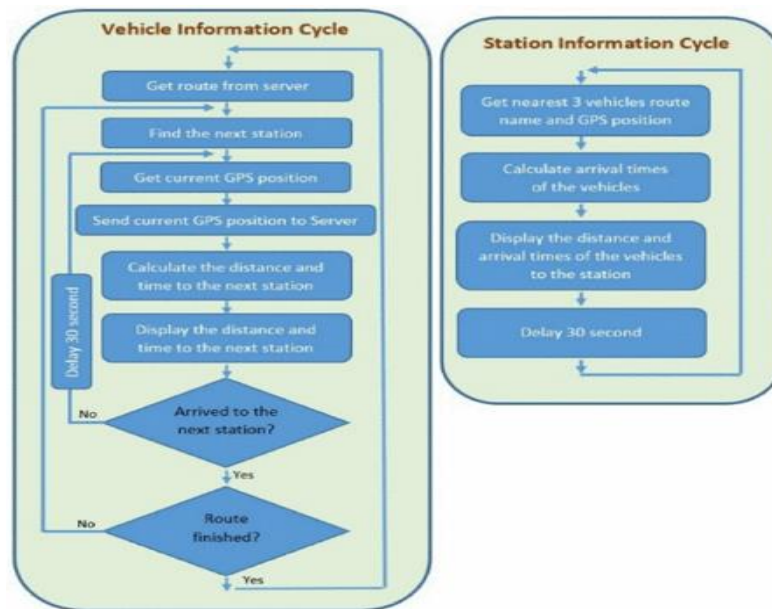


Figura 9: El ciclo de aplicación del vehículo de transporte público y la parada de autobús. (Sungur et al., 2015)

### 6.9 Smartsantander

Esta ciudad muestra la necesidad y la importancia IoT aplicado en un modelo urbano donde esta comunicado en tiempo real con todos los componentes de la ciudad desde el transporte, luces, basuras y demás como su infraestructura es clave para un desarrollo sostenible y aplicable como una base de ejemplo de cómo aplicar todos los dispositivos tanto de recolección de datos como de procesamiento y presentada a todos los usuarios presentes en la ciudad mejorando su estilo de vida optimizado todos los organismos que componen una ciudad y explotando cada sistema que se haya aplicado. (smartsantander, 2018)

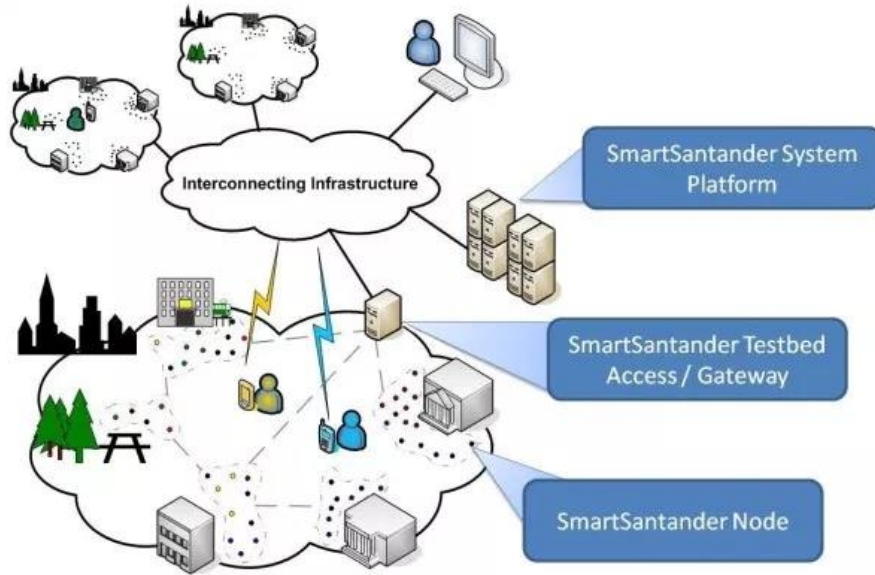


Figura 10:Infraestructura de interconexión (Blogthinkbig, 2018)

## 7. METODOLOGIA

En el presente proyecto se implementó una metodología de prototipo en donde este se fundamentó en cinco etapas las cuales se presentan de la siguiente forma, etapa exploratoria, la etapa de análisis, etapa de diseño, la etapa de implementación y la etapa de evaluación, en donde abarcaremos su aporte, importancia en el proyecto.

### 7.1 Metodología de prototipado

*Ilustración 7: Metodología de prototipado*



Fuente: El autor

#### 7.1.1 Etapa Exploratoria

Búsqueda sistemática de referencias y modelos existentes que estén en operación en la actualidad. Profundizando en las necesidades y el enfoque adoptado en la selección de tecnologías convenientes en el desarrollo del proyecto. De forma que en esta etapa se determinó lo siguiente:

- **Exploración de la problemática:** se determinó las diversas dificultades presentadas en el servicio de transporte público Metrolínea, tomando como

referencia diversas publicaciones locales realizadas en la ciudad de Bucaramanga.

- **Necesidades de los usuarios:** mediante una encuesta realizada se determinó cuál solución tecnológica es pertinente con respecto a la problemática tratada.
- **Soluciones implementadas:** se tomaron como guía documentos con soluciones tecnológicas a problemáticas similares a la planteada.

### 7.1.2 Etapa de análisis

De acuerdo a diálogos con expertos en el área de tracking se obtuvo información relevante para el desarrollo de la solución tecnológica, además del análisis obtenido de la encuesta realizada, se determinó hacia qué área de usuarios con sistema operativo se enfocó. Mediante lo cual surgieron las siguientes consideraciones:

- **Arquitectura del sistema:** se determina la estructura general de acuerdo a las interacciones de los autores implicados, los cuales son: web service, bus y usuario.
- **Sistema operativo:** de acuerdo al análisis obtenido de los resultados de la encuesta, se define desarrollar la solución tecnológica para Android.
- **IDE's:** respecto a las tendencias actuales de los programadores que realizan aplicaciones móviles se definió el IDE más especializado para Android.
- **Compatibilidad con versiones Android:** de acuerdo a la cantidad de dispositivos activos actualmente, se determina la versión mínima de compatibilidad para el aplicativo a desarrollar, de esta manera generando un mayor alcance de usuarios.

### 7.1.3 Etapa de diseño

Se realizan todos los diferentes diagramas de: casos de usos UML, actividades, base de datos y Mockups.

### 7.1.4 Etapa de implementación

En esta etapa se desarrolló la solución tecnológica mediante prototipos que se irán implementado y sumando al desarrollo de esta; realizando pruebas de funcionamiento y comunicación con la base de datos.

- **Base de datos:** se realizó localmente mediante el uso de mysql durante el desarrollo inicial, para finalmente ser exportada a un servidor remoto.
- **Web service:** mediante Php se desarrolla siguiendo los parámetros de MVC, recibiendo consultas mediante un POST, retornando un Json.
- **Interfaces de la aplicación:** vistas con las cuales el usuario interactúa en la aplicación.
- **Comunicación con el web service:** se determina con las librerías de volley la comunicación entre el web service y el aplicativo móvil.
- **Implementación de los mapas:** mediante el api de google maps se localizan las respectivas coordenadas sobre estaciones y paradas del servicio de transporte Metrolínea.
- **Interacción de la aplicación en un servidor:** alojamiento de la base de datos y el web service en un servidor, además de la adecuación de la aplicación para establecer la comunicación con este.

### 7.1.5 Etapa de evaluación

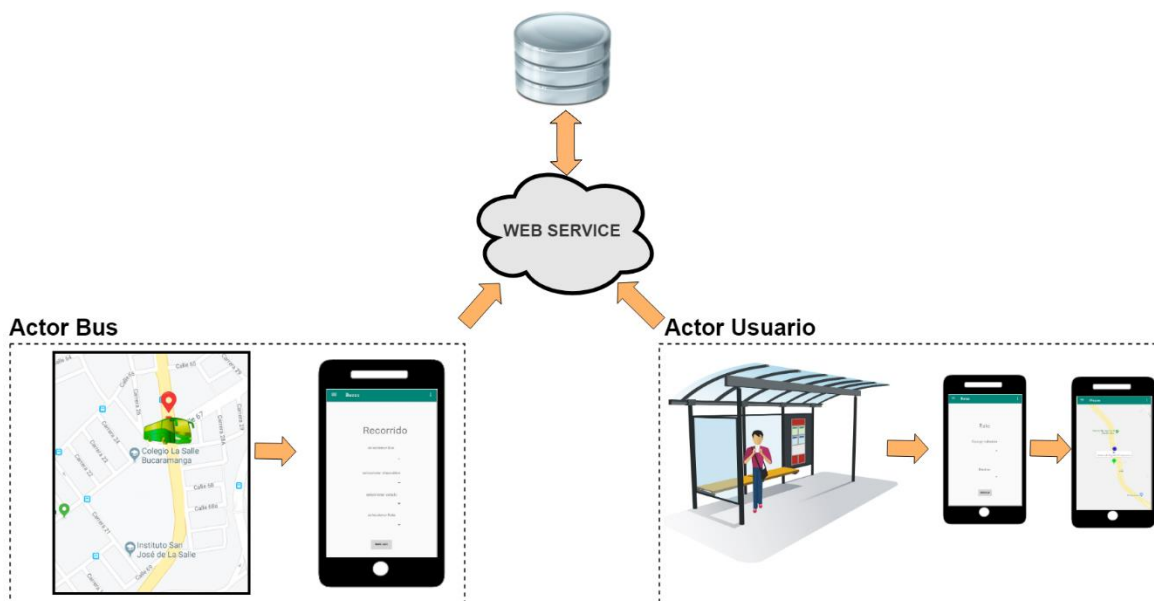
En esta etapa se evalúa la aplicación en un entorno simulado y controlado con diferentes escenarios; realizando pruebas con los actores, siendo estos el bus y el usuario para finalmente evaluar el rendimiento del sistema.

- **Comunicación de la plataforma bus con el web service:** se cerciora la actualización automática de coordenadas del bus en la base de datos.
- **Pruebas de usuario:** se cerciora que las consultadas realizadas al servidor, se presenten correctamente.
- **Evaluación del rendimiento del aplicativo:** realizada mediante una encuesta a usuarios que utilizaron la aplicación.
- **Análisis de los resultados:** de acuerdo a los resultados obtenidos por usuarios, se detectan los aspectos a mejorar para trabajo a futuro y se concluye con un artículo reflexivo.

## 7.2 Modelado del sistema con características y funciones implementadas



*Ilustración 8: Modelo del sistema implementado*



Fuente: El autor

### **7.2.1 Actor bus**

La implementación de un aplicativo móvil que envía constantemente la ubicación actual del bus al web service que se encuentra en un servidor, a través de una conexión a internet.

### **7.2.2 Actor usuario**

La implementación de un aplicativo móvil que permite indicarle al usuario su punto de partida, destino y ruta a escoger; donde este mediante un mapa evidenciará su ubicación y de las estaciones y paradas, en especial la más cercana a la cual podrá dirigirse, junto con la ubicación y tiempo de llegada del bus al punto de partida.

### **7.2.3 Web service**

Encargado de la comunicación con la base de datos con los demás autores, gestionando las consultas y datos que cada autor genera.

## 7.3 Diseño de la aplicación software

### 7.3.1 Selección de herramienta de desarrollo

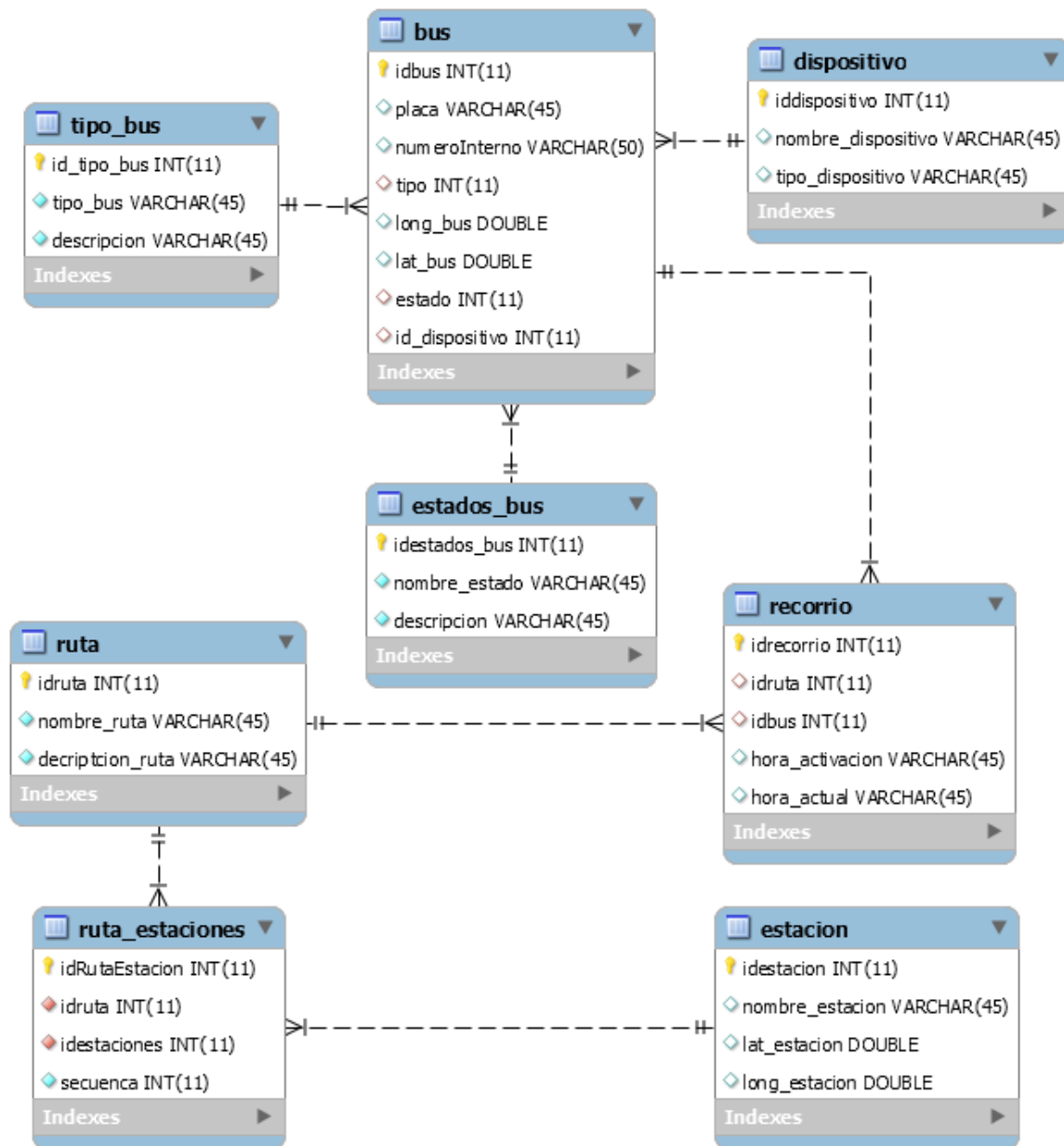
*Ilustración 9:Tabla comparativos de las herramientas de desarrollo*

TABLA COMPARATIVA HERRAMIENTAS DE DESARROLLO			
Categoría	Nombre	Descripción	Compatibilidad con sistema operativo
IDE	Android Studio	IDE oficial creado por Google y al que hace referencia toda la documentación oficial existente. Es por ello que es el entorno que con más facilidad permite seguir las directrices de diseño de Google y encontrar nuevas librerías para nuestros proyectos.	windows linux mac
	AIDE	se diferencia del resto de entornos aquí reseñados en que es se ejecuta directamente en Android, de manera que es posible desarrollar una aplicación desde el mismo dispositivo móvil (como el celular o la tablet) y hacer pruebas allí sin necesidad de un emulador u otro dispositivo pensado únicamente para ello.	android
	Xamarin	una aplicación multiplataforma, que permita, por ejemplo, partir del mismo código para obtener un producto que también salga para iOS y Windows, Xamarin es una buena opción. Es un entorno creado por Microsoft, gratuito y que viene incluido en Visual Studio.	windows
	Eclipse	era el IDE recomendado para el desarrollo de aplicaciones. De hecho, fue la opción oficial que se planteaba desde Google hasta la aparición de Android Studio.	windows linux mac
Base de datos	MySQL	es un sistema de gestión de base de datos relacional (RDBMS) de código abierto, basado en lenguaje de consulta estructurado (SQL).	multiplataforma
	Firebase	Firebase es un conjunto de herramientas orientadas a la creación de aplicaciones de alta calidad	multiplataforma
	SQLite	es una biblioteca escrita en lenguaje C que implementa un Sistema de gestión de bases de datos transaccionales SQL auto-contenido, sin servidor y sin configuración.	multiplataforma

Fuente: El autor

### 7.3.2 Base de datos

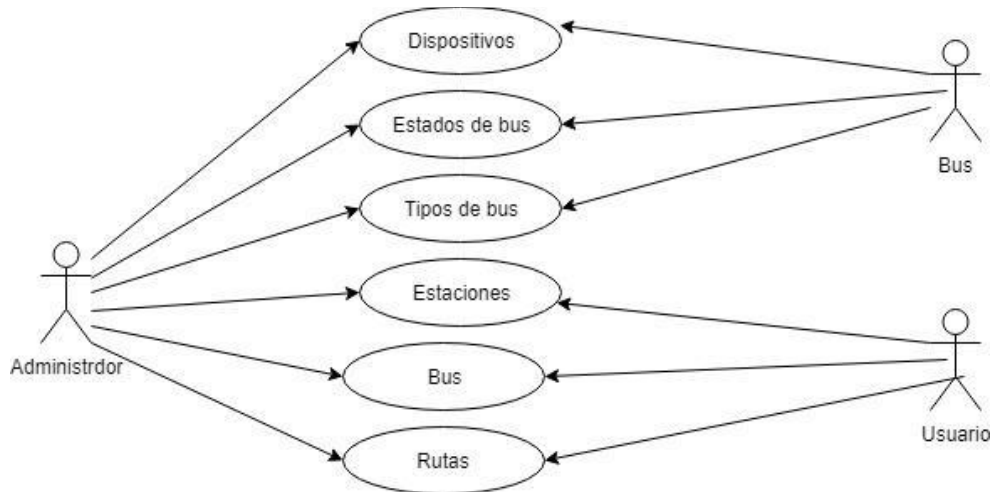
Ilustración 10: Diseño de la base de datos



Fuente: El autor

## 7.4 Casos de uso

Ilustración 11: Diagrama de caso de uso



Fuente: El autor

## 7.5 Diagramas de actividad

### 7.5.1 Registro de Dispositivos

En este caso de uso permite el registro de dispositivos GPS con los cuales se estará tomando las coordenadas del bus y donde este se asignar a un bus específico.

#### Actores

Esta accione la realizara el administrador al momento de registrar todos los componentes de GPS.

#### Precondiciones:

No existe ninguna precondición para este caso de uso.

#### Flujo básico

1. Selección de registro de dispositivo.
2. Llenado de formulario de registro de dispositivo.
3. Guardar información del formulario.
4. Mostrar respuesta mensaje registro exitoso y borrar contenido del formulario.

#### Flujo alternativo 1

4. Mostrar respuesta mensaje registro fallido.

Ilustración 12: Diagrama de actividad registro de dispositivo



Fuente: El autor

### 7.5.2 Registro de estaciones

En este caso de uso permite el registro de estaciones con su ubicación GPS las cuales tendrá un nombre de estación y sus coordenadas

#### Actores

Esta accione la realizara el administrador al momento de registrar todas las estaciones.

#### Precondiciones:

No existe ninguna precondición para este caso de uso.

#### Flujo básico

1. Selección de registro de estaciones.
2. Llenado de formulario de registro de estaciones.

3. Cargar coordenadas GPS.
4. Guardar registro de estación.
5. Mostrar respuesta mensaje registro exitoso y borrar contenido del formulario.

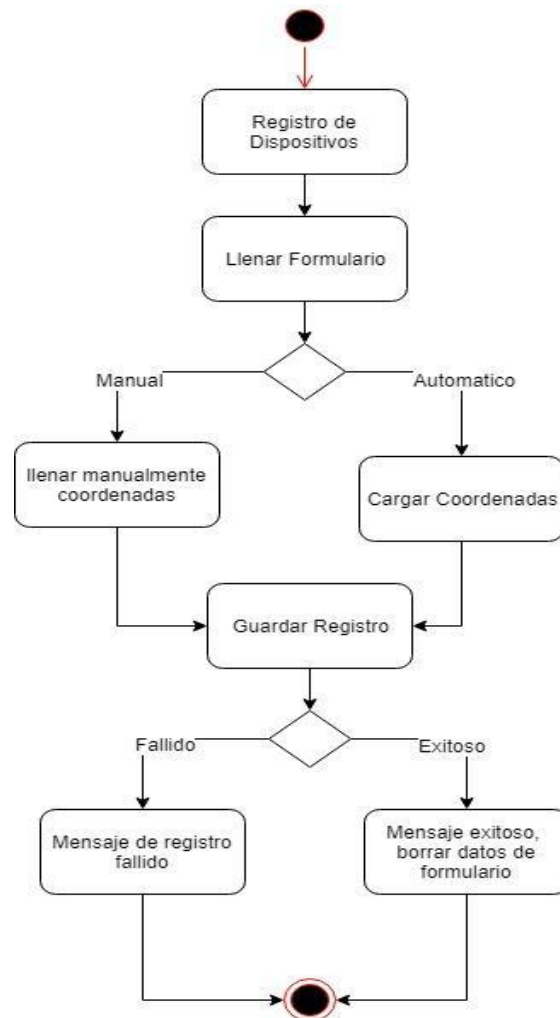
### Flujo alternativo 1

3. Llenar manualmente coordenadas GPS.

### Flujo alternativo 2

5. Mostrar respuesta mensaje registro fallido.

*Ilustración 13: Diagrama de actividad registro de estaciones*



Fuente: El autor

### 7.5.3 Registro de estados de bus

En este caso de uso permite el registro de estados de bus con los cuales indicara un nombre y una descripción.

#### Actores

Esta accione la realizara el administrador al momento de registrar todos los estados de buses.

#### Precondiciones:

No existe ninguna precondición para este caso de uso.

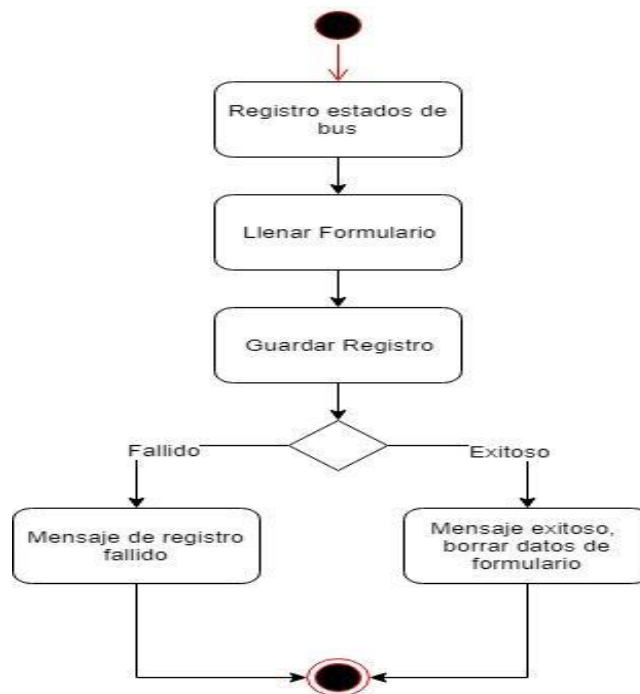
#### Flujo básico

1. Selección de registro de estado de bus.
2. Llenado de formulario de registro de estado de bus.
3. Guardar información del formulario.
4. Mostrar respuesta mensaje registro exitoso y borrar contenido del formulario.

#### Flujo alternativo 1

4. Mostrar respuesta mensaje registro fallido.

*Ilustración 14:Diagrama de actividad registro estados de bus*



Fuente: El autor

### 7.5.4 Registro de tipo de bus

En este caso de uso permite el registro de tipos de buses con los cuales indicara un nombre y una descripción.

#### Actores

Esta accione la realizara el administrador al momento de registrar todos los tipos de buses.

#### Precondiciones:

No existe ninguna precondición para este caso de uso.

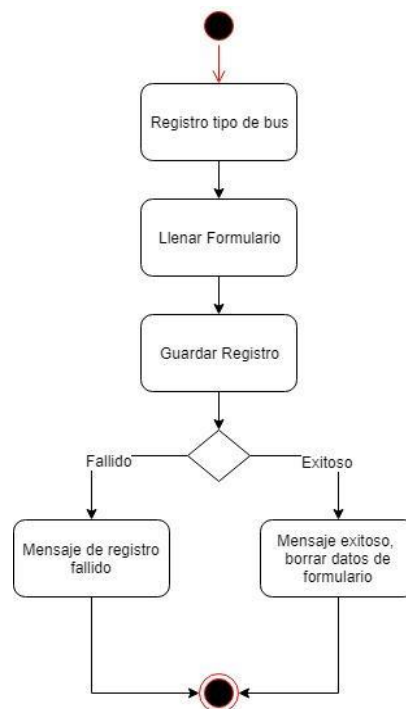
#### Flujo básico

1. Selección de registro de tipo de bus.
2. Llenado de formulario de registro de estado de bus.
3. Guardar información del formulario.
4. Mostrar respuesta mensaje registro exitoso y borrar contenido del formulario.

#### Flujo alternativo 1

4. Mostrar respuesta mensaje registro fallido.

*Ilustración 15:Diagrama de actividad registro tipos de bus*



Fuente: El autor



### 7.5.5 Registro de bus

En este caso de uso permite el registro de buses que estarán circulando

#### Actores

Esta accione la realizara el administrador al momento de registrar todos los buses.

#### Precondiciones:

Tener en la base de datos registros de tipo de bus, estado de bus y dispositivos.

#### Flujo básico

1. Selección de registro bus.
2. Llenado de formulario de registro bus.
3. Cargar coordenadas GPS.
4. Guardar registro de bus.
5. Mostrar respuesta mensaje registro exitoso y borrar contenido del formulario.

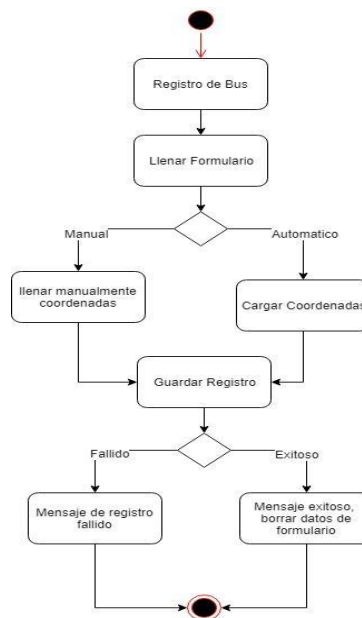
#### Flujo alternativo 1

3. Llenar manualmente coordenadas GPS.

#### Flujo alternativo 2

5. Mostrar respuesta mensaje registro fallido.

*Ilustración 16:Diagrama de actividad registro de bus*



Fuente: El autor

### 7.5.6 Registro de rutas

En este caso de uso permite el registro de rutas con su descripción

#### Actores

Esta accione la realizara el administrador al momento de registrar todas las rutas

#### Precondiciones:

No existe ninguna precondición para este caso de uso.

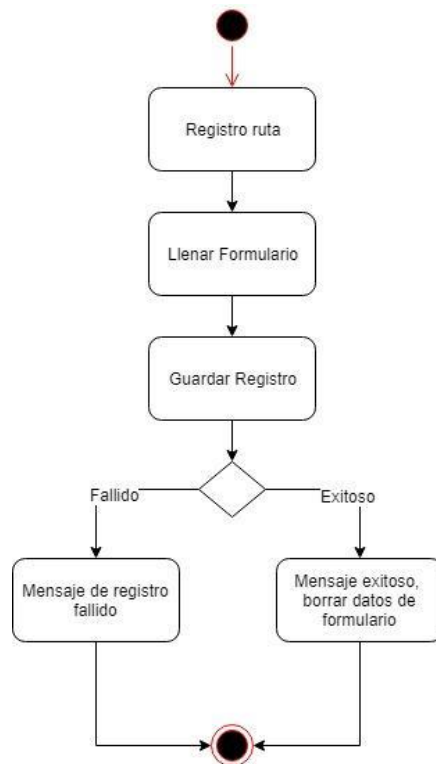
#### Flujo básico

1. Selección de registro de rutas.
2. Llenado de formulario de registro de rutas.
3. Guardar información del formulario.
4. Mostrar respuesta mensaje registro exitoso y borrar contenido del formulario.

#### Flujo alternativo 1

4. Mostrar respuesta mensaje registro fallido.

*Ilustración 17:Diagrama de actividad registro de ruta*



Fuente: El autor

### 7.5.7 Registro de rutas-estación

En este caso de uso permite el registro de estaciones que contiene cada ruta

#### Actores

Esta accione la realizara el administrador al momento de registrar todas las rutas con sus respectivas estaciones

#### Precondiciones:

Contener en la base de datos las rutas y las estaciones.

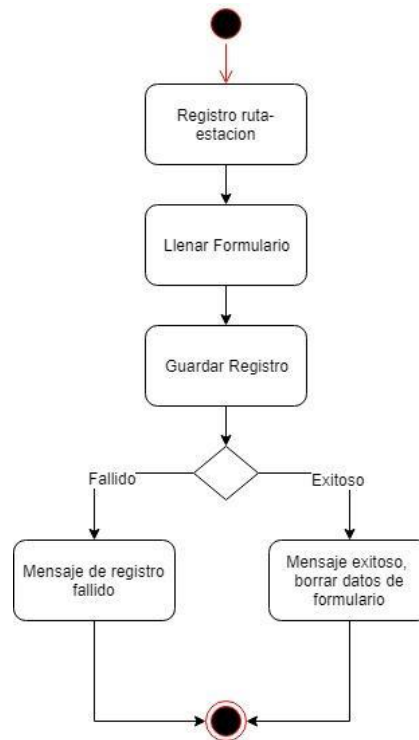
#### Flujo básico

1. Selección de registro de rutas-estación.
2. Llenado de formulario de registro de rutas-estación.
3. Guardar información del formulario.
4. Mostrar respuesta mensaje registro exitoso y borrar contenido del formulario.

#### Flujo alternativo 1

4. Mostrar respuesta mensaje registro fallido.

*Ilustración 18:Diagrama de actividad registro estación ruta*



Fuente: El autor

### 7.5.8 Mapas

En este caso de uso permite visualizar mapa de posición de cada estación obtener información de esta y la ubicación de cada bus.

#### Actores

Esta accione la realizara el administrador para el monitoreo y control del sistema

#### Precondiciones:

Contener en la base toda la información del sistema de trasporte.

#### Flujo básico

1. Selección de mapas.
2. Seleccionar marcador deseado.
3. Visualizar información del marcador.

*Ilustración 19:Diagrama de actividad mapas*



Fuente: El autor

### 7.5.9 Selección de ruta

En este caso de uso permite seleccionar ruta y bus para visualizar un único bus próximo

#### Actores

Esta accione la realizara el usuario al momento de determino su destino

#### Precondiciones:

Contener en la base toda la información del sistema de trasporte.

#### Flujo básico

1. Selección de ruta.
2. Selección de bus.
3. Cargar mapa.
4. Mostrar estaciones y bus próximo con sus respectivos marcadores
5. Seleccionar marcador de bus.
6. Mostrar información de tiempo aproximado del bus

*Ilustración 20:Diagrama de actividad selección de ruta*



Fuente: El autor

### 7.5.10 Actualizar coordenadas bus

En este caso de uso permite la continua actualización de coordenadas de bus como de su estado.

#### Actores

Esta accione la realizara el bus mientras está circulando

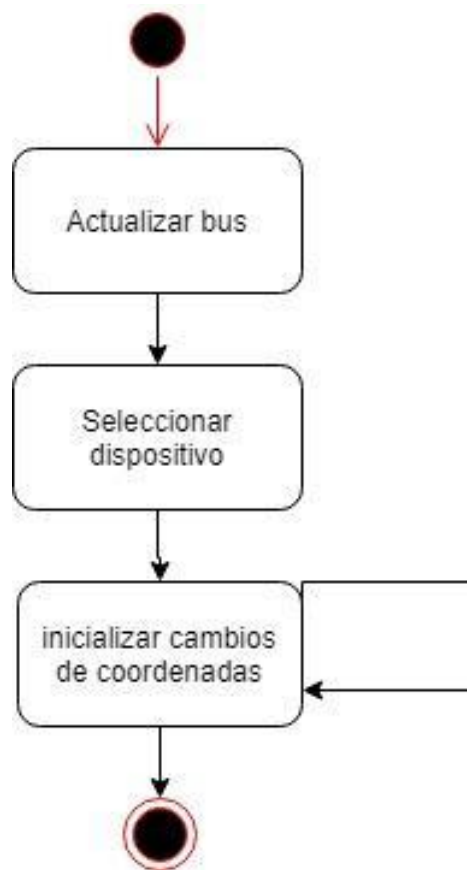
#### Precondiciones:

Contener en la base toda la información del sistema de trasporte.

#### Flujo básico

1. Selección de actualizar bus.
2. Selección dispositiva con el que actualizara.
3. Inicializar actualización de cambios de coordenadas.

*Ilustración 21:Diagrama de actividad actualización de coordenadas bus*

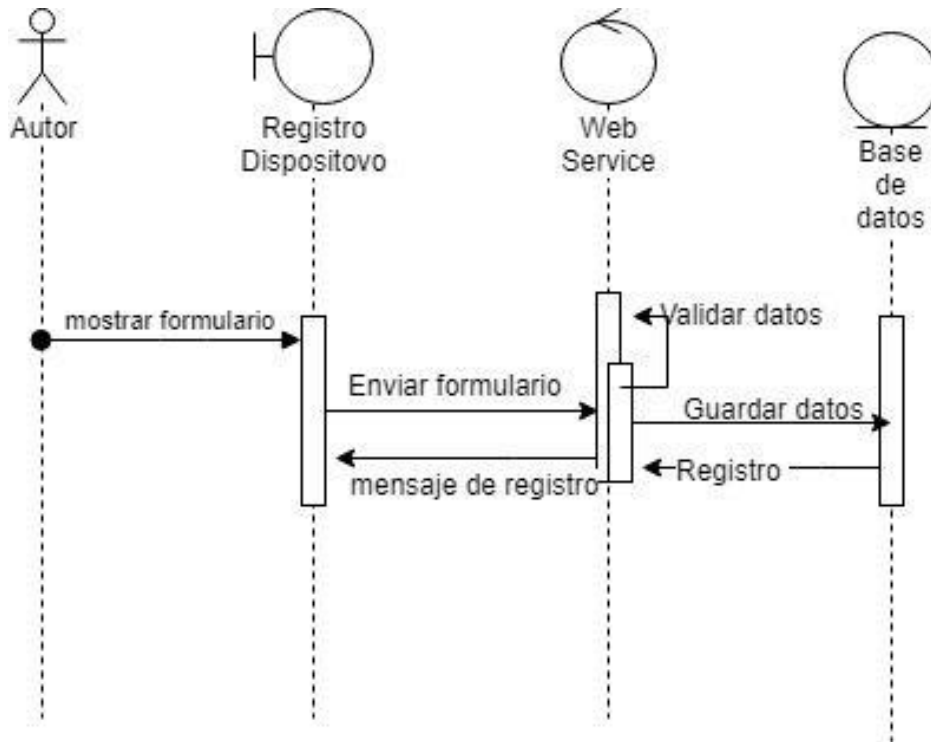


Fuente: El autor

## 7.6 Diagramas de secuencia

### 7.6.1 Guardar dispositivo

Ilustración 22: Diagramas de secuencia guardar dispositivo



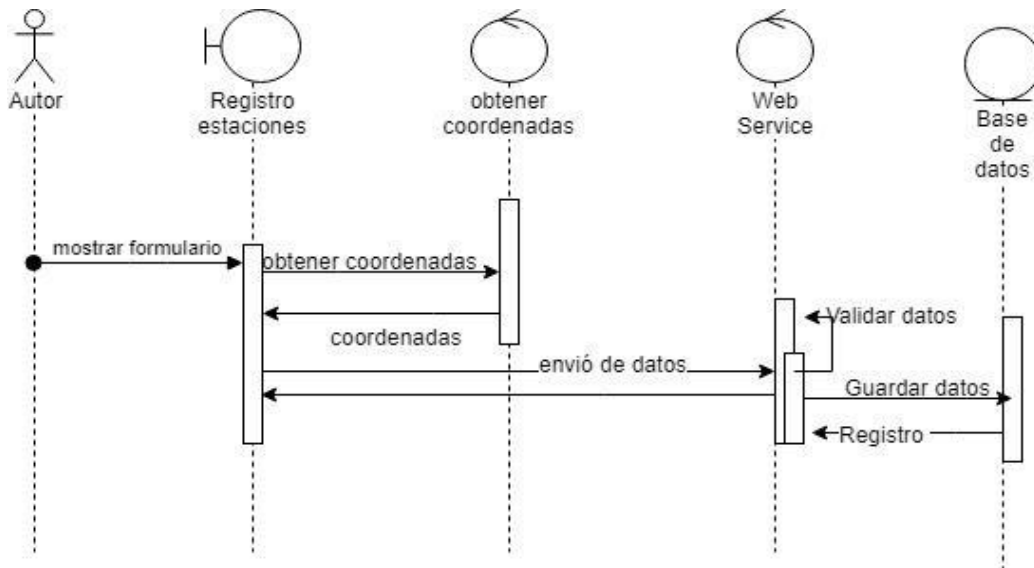
Fuente: El autor

En este diagrama muestra la secuencia del guardado y registro de los dispositivos GPS en donde el formulario es enviado a un web server y validado antes de ser almacenado en la base de datos

### 7.6.2 Guardar estaciones

En este diagrama muestra la secuencia del guardado y registro de las estaciones en donde el formulario también puede obtener las coordenadas y es enviado a un web server y validado antes de ser almacenado en la base de datos

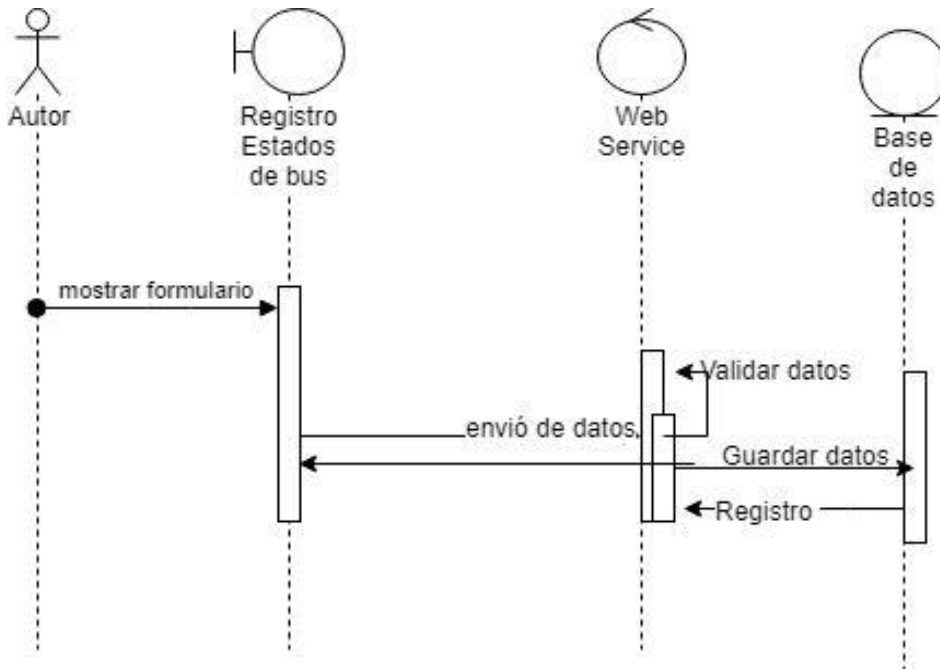
Ilustración 23: Diagramas de secuencia guardar estaciones



Fuente: El autor

### 7.6.3 Estado de bus

Ilustración 24: Diagramas de secuencia guardar estados de bus



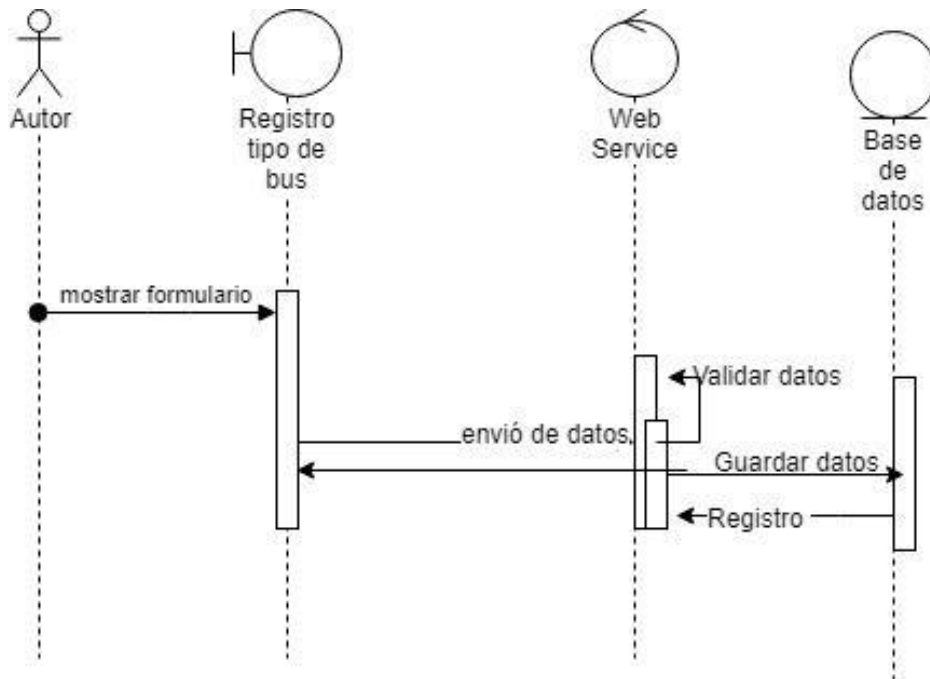
Fuente: El autor



En este diagrama muestra la secuencia del guardado y registro de los de los estados del bus en donde el formulario es enviado a un web server y validado antes de ser almacenado en la base de datos

#### 7.6.4 Registro tipo de bus

*Ilustración 25: Diagramas de secuencia guardar tipos de bus*

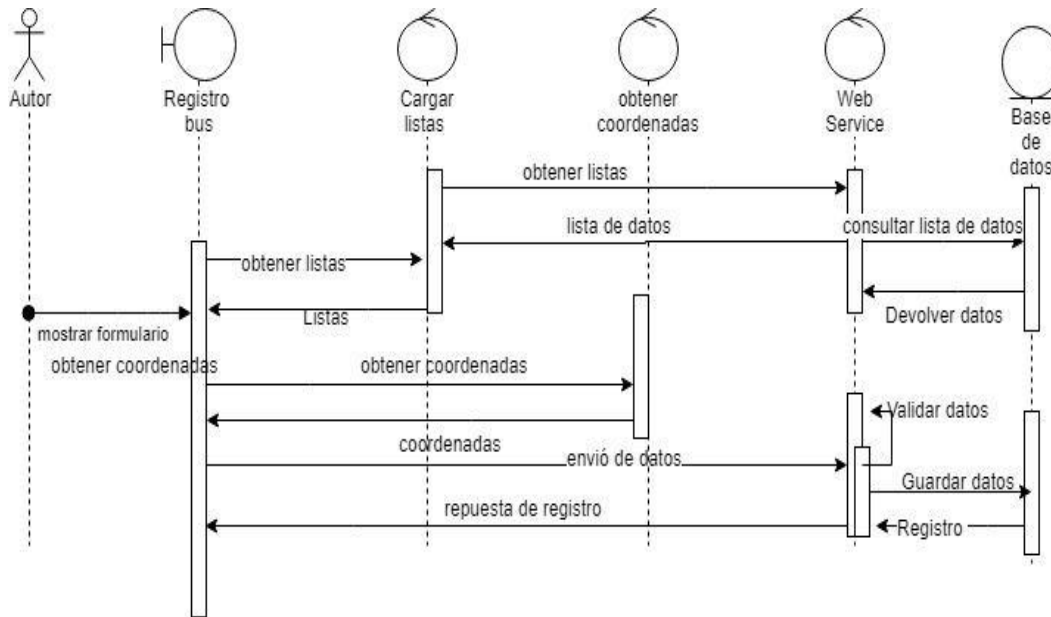


Fuente: El autor

En este diagrama muestra la secuencia del guardado y registro de los de los tipos del bus en donde el formulario es enviado a un web server y validado antes de ser almacenado en la base de datos

### 7.6.5 Registro Bus

Ilustración 26: Diagramas de secuencia guardar bus

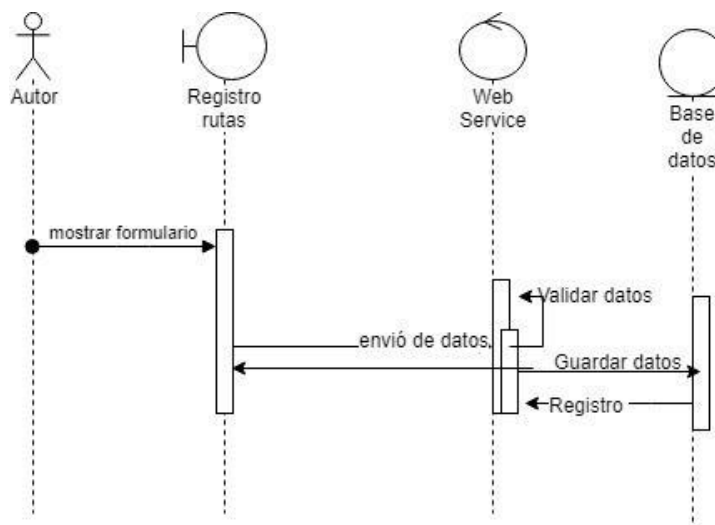


Fuente: El autor

En este diagrama muestra la secuencia del guardado y registro de los del bus en donde el formulario obtiene de lista de parámetros como tipo bus, estados de bus y dispositivo como su obtención de sus coordenadas para luego ser enviado a un web server y ser validado antes de ser almacenado en la base de datos

### 7.6.6 Registro rutas

Ilustración 27: Diagramas de secuencia guardar ruta

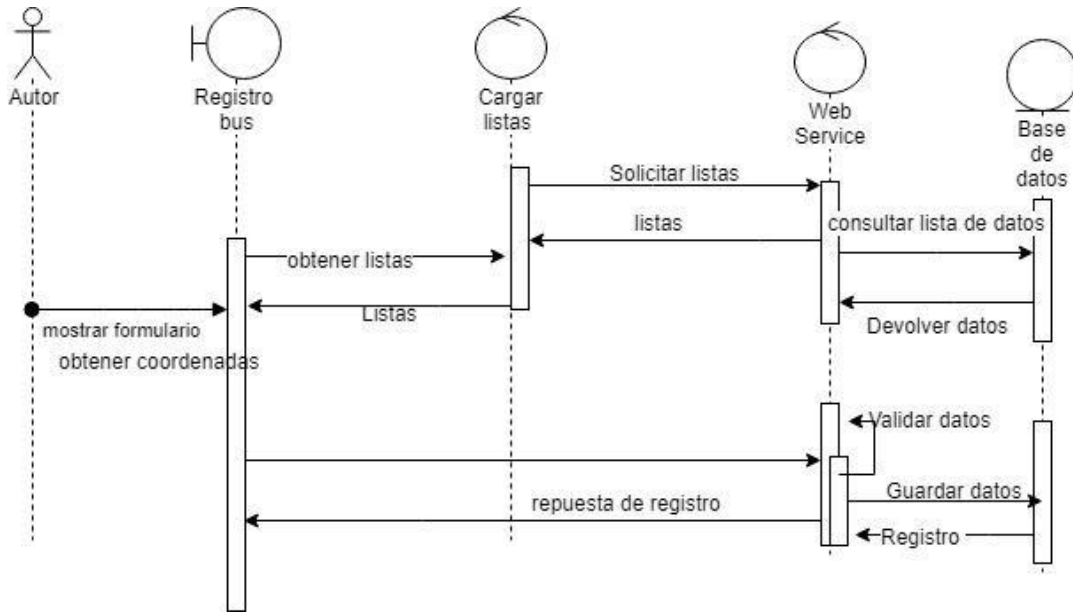


Fuente: El autor

En este diagrama muestra la secuencia del guardado y registro de las rutas en donde el formulario es enviado a un web server y validado antes de ser almacenado en la base de datos

### 7.6.7 Registro ruta- estación

*Ilustración 28: Diagramas de secuencia guardar estación-ruta*



Fuente: El autor

En este diagrama muestra la secuencia del guardado y registro de las estaciones que contiene cada ruta en donde el formulario obtiene de lista de parámetros como estaciones y rutas luego ser enviado a un web server y ser validado antes de ser almacenado en la base de datos

## 7.7 MOCKUPS

### 7.7.1 Guardar dispositivos

*Ilustración 29:Mockup guardar dispositivo*

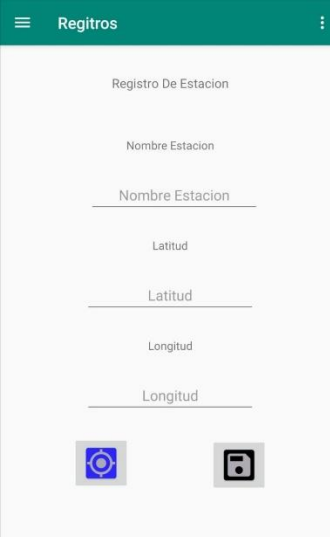


The mockup shows a mobile application interface with a green header bar containing a hamburger menu icon on the left and a vertical ellipsis icon on the right, with the text "Registros" in the center. Below the header, the screen displays a form with two text input fields. The first field is labeled "Nombre Dispositivo" and the second is labeled "Tipo de Dispositivo". Below these fields is a grey button with the text "GUARDAR".

Fuente: El autor

### 7.7.2 Registro de estaciones

*Ilustración 30:Mockup guardar estación*



The mockup shows a mobile application interface with a green header bar containing a hamburger menu icon on the left and a vertical ellipsis icon on the right, with the text "Registros" in the center. Below the header, the screen displays a form with four text input fields. The first field is labeled "Registro De Estacion", the second "Nombre Estacion", the third "Latitud", and the fourth "Longitud". Below the fields are two icons: a blue gear icon and a black square icon with a white circle inside.

Fuente: El autor

### 7.7.3 Registros estados de bus

*Ilustración 31:Mockup guardar estados de bus*



Registros

Estados de Bus

Nombre Estado

Nombre Estado

Descripcion

Descripcion



Detailed description: This is a mobile application mockup for a 'Registros' (Records) screen. The title bar is green with a white hamburger menu icon on the left and a white three-dot menu icon on the right. The main content area has a light gray background. At the top, the text 'Estados de Bus' is centered. Below it, the label 'Nombre Estado' is centered, followed by a text input field with the placeholder 'Nombre Estado'. This is followed by another label 'Descripcion' centered, and a text input field with the placeholder 'Descripcion'. At the bottom center, there is a square button with a dark gray background and a white icon of a floppy disk, representing a 'save' function.

Fuente: El autor

### 7.7.4 Registro tipos de bus

*Ilustración 32:Mockup guardar tipos de bus*



Registros

Tipo de Bus

Nombre Tipo Bus

Tipo de Bus

Descripcion

Descripcion



Detailed description: This is a mobile application mockup for a 'Registros' (Records) screen. The title bar is green with a white hamburger menu icon on the left and a white three-dot menu icon on the right. The main content area has a light gray background. At the top, the text 'Tipo de Bus' is centered. Below it, the label 'Nombre Tipo Bus' is centered, followed by a text input field with the placeholder 'Tipo de Bus'. This is followed by another label 'Descripcion' centered, and a text input field with the placeholder 'Descripcion'. At the bottom center, there is a square button with a dark gray background and a white icon of a floppy disk, representing a 'save' function.

Fuente: El autor

### 7.7.5 Registro bus

*Ilustración 33:Mockup guardar bus*



The image shows a mobile application interface for bus registration. At the top, there is a green header with a hamburger menu icon on the left, the text "Registros" in the center, and a vertical ellipsis icon on the right. Below the header, the title "Registro Bus" is centered. The form contains several input fields and dropdown menus: "Placa" and "Numero Interno" are text input fields; "Tipo Bus" is a dropdown menu with "Articulado" selected; "Estado" is a dropdown menu; "Latitud" and "longitud" are text input fields, with a location icon to the right of the "longitud" field; "Dispositivos" is a dropdown menu with "Jcleon" selected. At the bottom of the form, there is a save icon.

Fuente: El autor

### 7.7.6 Registro de rutas

*Ilustración 34:Mockup guardar ruta*



The image shows a mobile application interface for route registration. At the top, there is a green header with a hamburger menu icon on the left, the text "Registros" in the center, and a vertical ellipsis icon on the right. Below the header, the title "Rutas" is centered. The form contains two text input fields: "Nombre Ruta" and "Descripcion". At the bottom of the form, there is a save icon.

Fuente: El autor

### 7.7.7 Registro ruta-estación

*Ilustración 35:Mockup guardar ruta- estación*



Fuente: El autor

### 7.7.8 Mapas

*Ilustración 36:Mockup mapas clic bus*



Fuente: El autor

*Ilustración 37:Mockup mapa clic estación*



Fuente: El autor

### 7.7.9 Selección de ruta

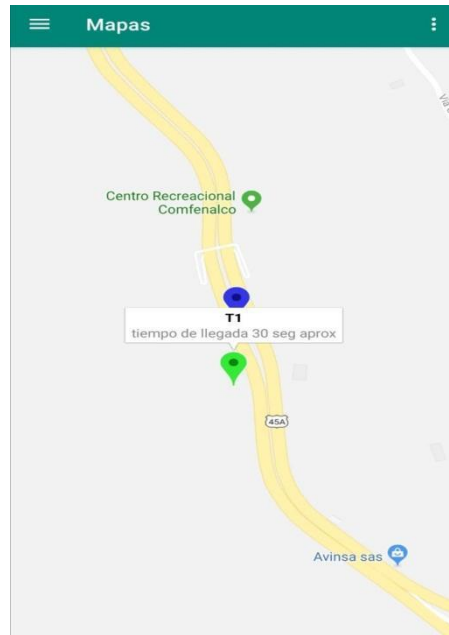
*Ilustración 38:Mockup seleccionar ruta destino*



Fuente: El autor



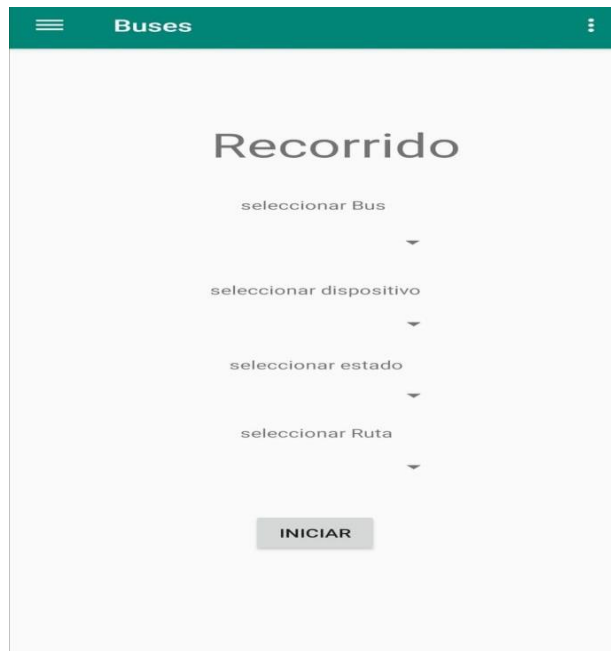
*Ilustración 39:Mockup ruta destino- mapa-clic en bus*



Fuente: El autor

#### **7.7.10 Actualizar coordenadas bus**

*Ilustración 40:Mockup actualizar coordenadas bus*



Fuente: El autor

## **8. RESULTADOS**

En la siguiente sección se explica el detalladamente el proceso de toma de datos, pruebas y decisiones tomadas con los datos manejados en los escenarios presentados.

### **8.1 REQUERIMIENTOS**

#### **8.1.1 Buses**

Para el manejo y monitoreo de estos es necesario un dispositivo de GPS para su constante actualización de las coordenadas en donde para uso del escenario propuesto se usó el GPS de equipos celulares para simular dispositivos más especializado en donde se implementó en una muestra de buses cada uno con un dispositivo en el cual se comunicaba con la base de datos continuamente.

#### **8.1.2 Pasajeros o usuarios**

Para el manejo o simulación de estos fue necesario implementar en una muestra de usuarios en donde era indispensable la instalación del aplicativo en sus dispositivos móviles y que a su vez tenga comunicación al servidor.

#### **8.1.3 Servidor**

El alojamiento de la base de datos y del web service en un host en el que permita el manejo de múltiples solicitudes para evitar colapsos inminentes o denegación de servicios.

### **8.2 COMUNICACIÓN**

#### **8.2.1 Buses**

Se manejó un protocolo de comunicación POST para seguridad entre la comunicación del vehículo y el servidor. En donde la solicitud es procesada a través de un web service que gestiona la comunicación con la base de datos para controlar la actualización de las coordenadas en la base de datos.

#### **8.2.2 Usuarios**

Maneja un protocolo de comunicación POST para el manejo de solicitudes como también el manejo de su ubicación con el servidor, dando respuesta a las solicitudes a las consultas que solicite.

### **8.3 EQUIPOS**

#### **8.3.1 Buses**

Datos que el uso de equipos especializados de GPS o el uso de los equipos que tiene los buses actualmente son restrictivos, fue necesario usar los celulares para el manejo de las coordenadas al no ser un equipo especializado en algunas ocasiones no era tan exacta la ubicación generando algunos datos no tan precisos ocasionando que la medida de tiempo calculada no era tan exacta. Las precisiones de todos los equipos móviles no son exactamente iguales y el tiempo de respuesta

no está igual en todos los casos como el manejo de respuesta en comunicación con el servidor.

#### **8.4 EXPERIENCIA**

Dado a que nos e manejaron canales de comunicación especializados como una VPN en la que se hubiese usado para el manejo de los buses para una comunicación rápida y precisa con el servidor generaba demoras en la actualización de las coordenadas.

El uso o manejo de equipos móviles como alternativa del manejo de las coordenadas fue un factor de gran apoyo puesto que lo ideal es un equipo especializado el cual tendrá mayor precisión y manejo de otros parámetros con los que se puede alimentar el sistema tales como las condiciones del vehiculó que puede ser un factor de apoyo para la optimización del sistema.

#### **8.5 ALCANCE**

El uso de esta plataforma permite una escalabilidad en donde se pueden ir incorporando componentes que permiten el uso de medio informativos de la ciudad, cultural y demás mientras los usuarios hacen uso de esta plataforma que no solo sea un medio para ubicar su transporte, sino que permita conocer su ciudad.

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **9.1 Conclusión**

El uso de plataformas presentadas puede ayudar al ciudadano común para la optimización del su tiempo como también permite el crecimiento de la ciudad hacia un enfoque de una ciudad inteligente debido a que cada día se dan pasos agigantados y no se puede dar el lujo de estancarse debido a que esto genera atrasó y estancamiento es por ello la optimización de las grandes ciudades.

El uso de nuevas plataformas el crecimiento de estas y su aplicación puede abrir puertas a nuevos canales de negocio o enfoques de conocimiento que puede ayudar a la construcción de ciudad.

### **9.2 Recomendaciones**

Para el crecimiento del proyecto de gran importancia la implementación de una VPN que permita la comunicación mediante un canal privado optimizando su funcionamiento

Equipos dedicados de GPS en donde esto permitan tener parámetros no solo de la ubicación del vehículo sino también parámetros internos del funcionamiento de este.

Servidores de gran respuesta y escalable para soporta la cantidad de tráfico y solicitudes evitando y de modo tal evitar una denegación de servicio.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Bases de Datos NoSQL: qué son y cuáles son sus ventajas.* (n.d.). Retrieved May 11, 2020, from <https://www.unir.net/ingenieria/revista/noticias/bases-de-datos-nosql/549204809132/>
- Blogthinkbig. (2018). *SmartSantander, modelo de Smart City para exportar al resto del mundo.* <https://blogthinkbig.com/smartsantander>
- bogotacomovamos. (2019). *Construyendo nuestra Séptima Bogotá Cómo Vamos.* <http://www.bogotacomovamos.org/proyectos/construyendo-nuestra-septima/>
- Camilo, J., Aguas, M., David, L., Durán, A., Martínez, J., Rodríguez, W., Arévalo, L., Camilo, J., Aguas, M., David, L., & Durán, A. (2016). *Estudio Y Análisis Del Transporte Informal En La Ciudad De Bucaramanga* (p. 15). <http://cnd.ssi.org.co/adjuntos/201608/5155-ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL TRANSPORTE INFORMAL EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA .pdf>
- Chuang, C., Cheng, W., & Hsu, K. (2015). A Comprehensive Composite Digital Services Quality Assurance Application on Intelligent Transportation System. *Apnoms2015*, 368–371. <https://doi.org/10.1109/APNOMS.2015.7275343>
- Cisco. (2018). *Cómo las redes privadas virtuales funcionan - Cisco.* [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/security-vpn/ipsec-negotiation-ike-protocols/14106-how-vpn-works.html#what\\_makes](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/security-vpn/ipsec-negotiation-ike-protocols/14106-how-vpn-works.html#what_makes)
- COMARCH. (2019). *IoT/M2M connectivity management platform - Soluciones M2M | Comarch.* [https://www.comarch.es/iot-ecosystem/iot-connect/iot-connectivity-management/?gclid=CjwKCAjwqNnqBRATEiwAkHm2BOWD9eRfUE0W5qh\\_Ta134BDuntYNAKzNnQkDYfnjHAuohkM4-GTT2BoC-DkQAvD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.comarch.es/iot-ecosystem/iot-connect/iot-connectivity-management/?gclid=CjwKCAjwqNnqBRATEiwAkHm2BOWD9eRfUE0W5qh_Ta134BDuntYNAKzNnQkDYfnjHAuohkM4-GTT2BoC-DkQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds)
- Eduard, F. L., Adrian, T., Lustin, A. I., Gabriel, L., & Virgil, D. (2016). *Mobile wireless sensor network gateway: A Raspberry Pi implementation with a VPN backend to OpenStack.* *Dc*, 9–12.
- El concepto de las interfaces de programación de aplicaciones.* (n.d.). Retrieved May 11, 2020, from <https://www.redhat.com/es/topics/api>
- Global Smartphone Market Share: By Quarter - Counterpoint Research.* (n.d.). Retrieved May 11, 2020, from <https://www.counterpointresearch.com/global-smartphone-share/>
- Google. (2019). *Introducción a Android Studio | Android Developers.* <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- GPS. (2018). *Bienvenidos a GPS.gov.* <https://www.gps.gov/spanish.php>
- IDC - Smartphone Market Share - OS.* (n.d.). Retrieved May 11, 2020, from

<https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>

*iPhone vs Android: cuota de mercado - PCWorld.* (n.d.). Retrieved May 11, 2020, from <https://www.pcworld.es/articulos/smartphones/iphone-vs-android-cuota-de-mercado-3692825/>

Kumar, S., & Jasua, A. (2017). Air Quality Monitoring System Based on IoT using Raspberry Pi. *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA2017)*, 1341–1346. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2017.8230005>

La Republica. (2019). *Los Sistemas de Transporte Masivo mueven 56% de los pasajeros en el país.* <https://www.larepublica.co/especiales/especial-infraestructura/los-sistemas-de-transporte-masivo-mueven-56-de-los-pasajeros-en-el-pais-2795720>

*Mechanical arm assembly.* (1979).

Oracle. (2019). *What is MySQL? - Definition from WhatIs.com.* <https://searchoracle.techtarget.com/definition/MySQL>

Petrescu, A., & Olivereau, A. (2009). Mobile VPN and V2V NEMO for public transportation. *2009 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications, ITST 2009*, 63–68. <https://doi.org/10.1109/ITST.2009.5399383>

Raspberrypi. (2018). *Educación - Capacitación, recursos, programas y eventos.* <https://www.raspberrypi.org/education/>

Rathod, M., Gite, R., Pawar, A., Singh, S., & Kelkar, P. (2017). An air pollutant vehicle tracker system using gas sensor and GPS. *Proceedings of the International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, ICECA 2017, 2017-Janua*, 494–498. <https://doi.org/10.1109/ICECA.2017.8203734>

Shete, R., & Agrawal, S. (2016). IoT based urban climate monitoring using Raspberry Pi. *2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 2008–2012. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754526>

*Sistemas Operativos Móviles | DTyOC.* (n.d.). Retrieved May 11, 2020, from <https://dtyoc.com/2016/10/03/sistemas-operativos-moviles/>

smartsantander. (2018). *SMARTSANTANDER MAPS.* <http://maps.smartsantander.eu/>

Sujatha, K., Bhavani, N. P. G., & Ponmagal, R. S. (2017). Impact of NOx emissions on climate and monitoring using smart sensor technology. *2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, x, 0853–0856. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2017.8286488>

Sungur, C., Babaoglu, I., & Sungur, A. (2015). Smart Bus Station-Passenger Information System. *2015 2nd International Conference on Information Science and Control Engineering*, 921–925. <https://doi.org/10.1109/ICISCE.2015.209>

Temastecnologicos. (2018). *Conceptos Básicos de Redes Móviles – ¿Qué necesito saber? | Temas Tecnológicos de Interés*. <https://www.temastecnologicos.com/redes-moviles/>

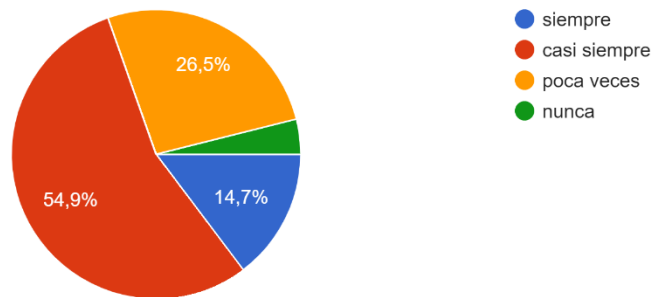
Vanguardia. (2018). *Cayó la venta de pasajes de Metrolínea un 18.8%, entre 2016 y 2017 en Bucaramanga*. <http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/440981-venta-de-pasajes-de-metrolinea-cayo-un-188-entre-2016-y-2017>

## 11. Anexos

### 11.1 Anexo A: Encuesta sobre implementación de una plataforma digital para uso del servicio de transporte Metrolínea en Bucaramanga.

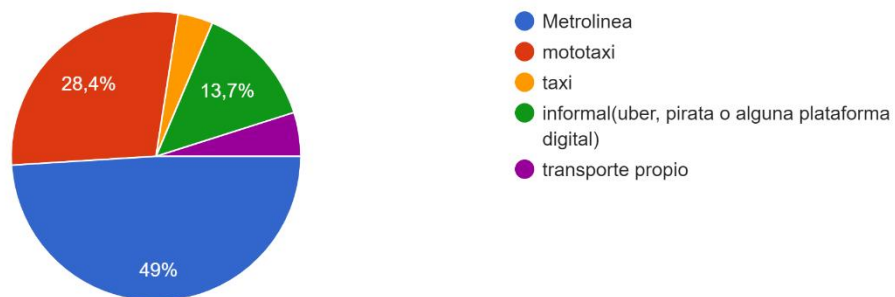
¿Con que frecuencia emplea el servicio de transporte Metrolínea diariamente?

102 respuestas



¿Que medio de transporte usa con mas frecuencia?

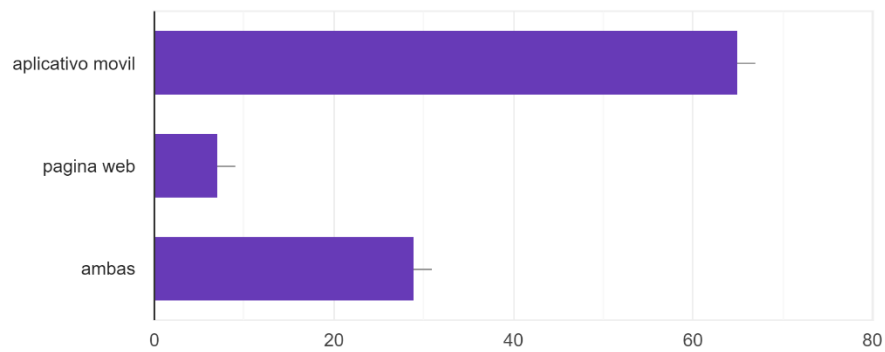
102 respuestas





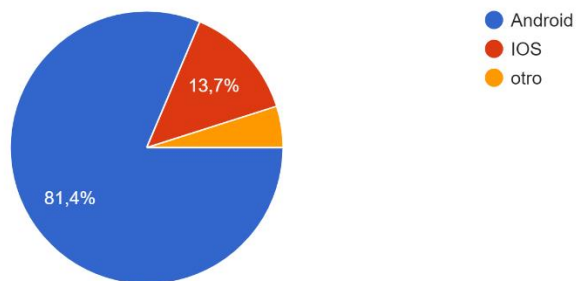
¿Que plataforma digital considera que puede mejorar el servicio de transporte Metrolinea?

101 respuestas



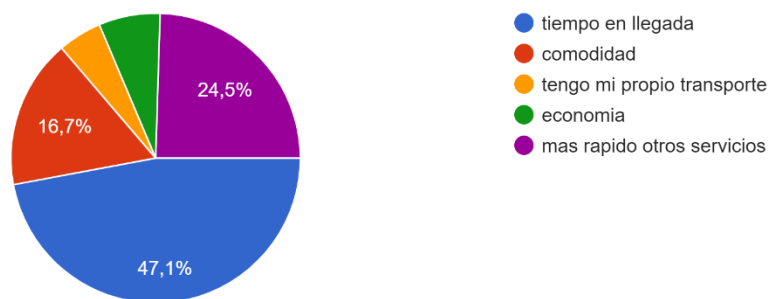
¿Que sistema operativo móvil utiliza?

102 respuestas



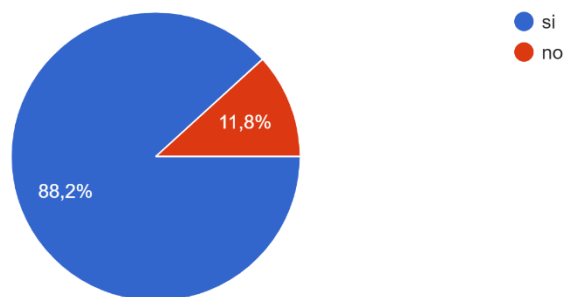
¿Cuando no empleas el sistema de transporte Metrolinea, cual otro medio utilizas para desplazarte?

102 respuestas



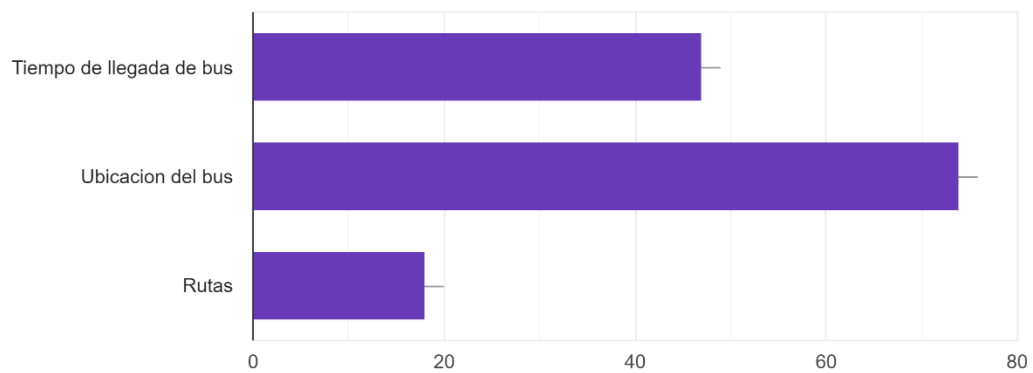
Considera que conocer la ubicación y el tiempo de llegada de la ruta que desea de tu transporte publico mejoraría el servicio

102 respuestas



Que tipo de información considera que seria importante en una plataforma digital de transporte

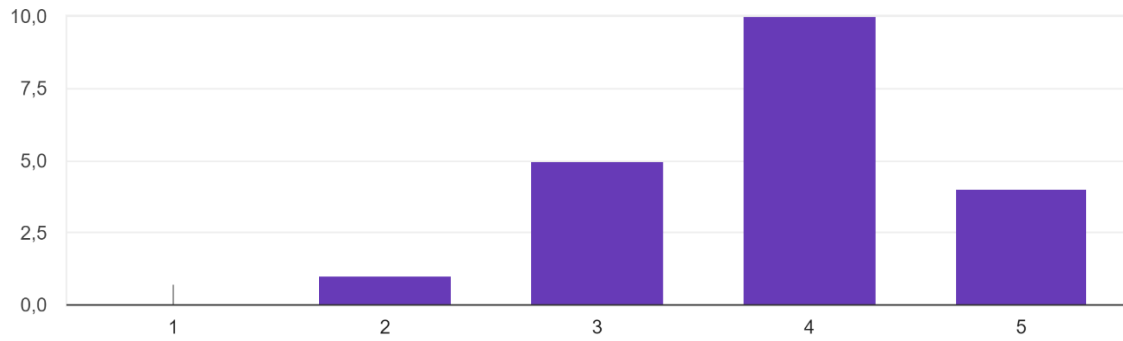
101 respuestas



## 11.2 Anexo B: ENCUESTA POSTERIOR AL USO DE LA APLICACIÓN POR USUARIOS.

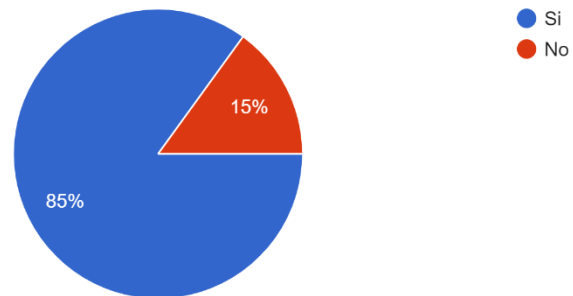
¿Después de usar la aplicación como calificaría su funcionamiento?

20 respuestas



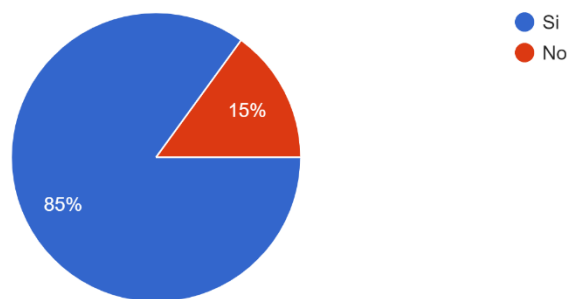
¿Considera útil el uso del aplicativo móvil?

20 respuestas



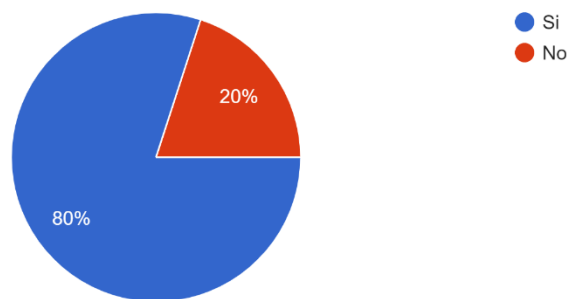
¿Considera útil saber el lugar donde se encuentra el bus?

20 respuestas



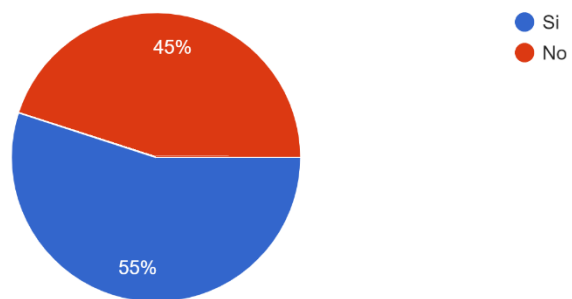
¿Considera útil saber el tiempo de llegada del bus?

20 respuestas



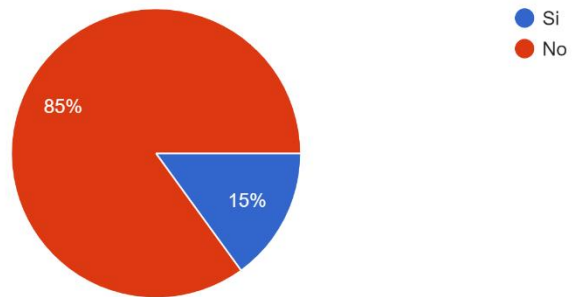
¿Considera que el tiempo en esperar el bus lo puede utilizar en otras actividades?

20 respuestas



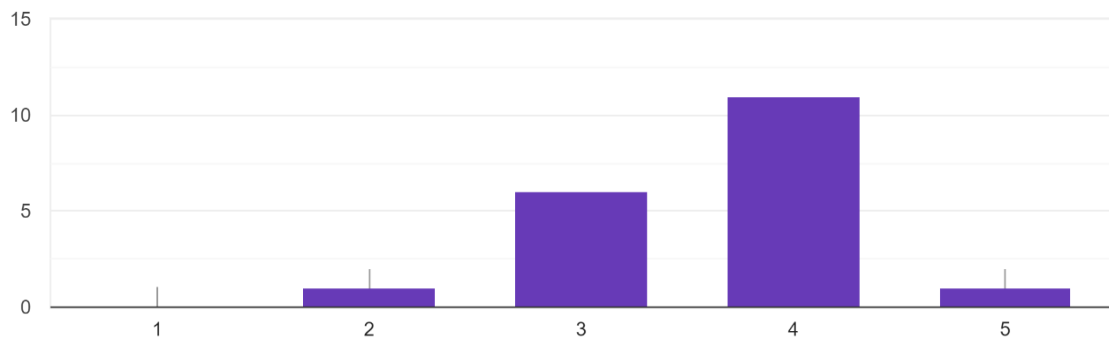
¿Tuvo complicaciones con el uso de la aplicativo móvil?

20 respuestas



¿Según el tiempo de respuesta del aplicativo móvil como la valoraría?

19 respuestas



¿Que información adicional considera que debería tener el aplicativo móvil?

20 respuestas

