



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRÍZ**

### **TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRÍZ**

#### **TEMA: ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL USO DEL SISTEMA START-STOP EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LOS TAXIS**

**AUTORES: ROBLES BENAVIDES DARWIN DAVID**

**DIRECTOR: ING. FREDY ALEXANDER ROSERO OBANDO, PhD**

**IBARRA-ECUADOR  
2024**

## CERTIFICADO

### ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **"ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL USO DEL SISTEMA START-STOP EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LOS TAXIS"** presentado por el señor: Darwin David Robles Benavides con número de cédula 0401595814, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 29 días del mes febrero de 2024.

Atentamente



Ing. Fredy Rosero. PhD.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401595814		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Robles Benavides Darwin David		
DIRECCIÓN:	Las Palmas y Los Frailejones		
EMAIL:	ddroblesb@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2270995	TELÉFONO MÓVIL:	0996919226

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ESTIMACIÓN DEL EFECTO DEL USO DEL SISTEMA START-STOP EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE CO <sub>2</sub> DE LOS TAXIS
AUTOR (ES):	Robles Benavides Darwin David
FECHA: DD/MM/AAAA	01/03/2024
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mantenimiento Automotriz
ASESOR /DIRECTOR:	ING. FREDY ALEXANDER ROSERO OBANDO, PhD

#### 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 01 días del mes de marzo de 2024

EL AUTOR:

Nombre: David Robles

## DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por darme la sabiduría y permitirme haber llegado a tan importante momento personal y culminar mi formación profesional a pesar de todas las adversidades.

A mis padres, hoy en este importante momento de mi vida, no puedo evitar sentir su ausencia física, quienes me enseñaron los valores fundamentales de la vida, quiero agradecerles por darme la oportunidad de crecer y convertirme en la persona que soy hoy. Fueron los pilares de mi vida, siempre dispuestos a brindarme su cariño. A pesar de que ya no puedan verme recorrer este camino, sé que su espíritu vive en mí y me guían en cada paso que doy. Dedico este logro a su memoria.

A mis hermanos que se han convertido en mis mejores amigos y confidentes, quiero expresar mi gratitud por estar siempre a mi lado. Crecimos juntos, compartimos risas y lágrimas, superamos obstáculos juntos, sé que su amor y apoyo siempre estarán presentes.

David Robles

## AGRADECIMIENTO

En este importante momento de mi vida, quiero expresar mi gratitud y reconocimiento a todas las personas que me han apoyado en esta travesía académica.

En primer lugar, quiero agradecer a mi guía y mentor, Ing. Fredy Rosero, por su orientación experta y su inestimable sabiduría. Su paciencia, diligencia y apoyo constante han sido fundamentales en mi desarrollo y crecimiento académico. Gracias por cada consejo y cada conversación inspiradora, han dejado una huella indeleble en mi formación.

Agradezco también a mis amigos y seres queridos, quienes han estado ahí para mí durante todo este proceso. Sus palabras de aliento, su ánimo constante, significan más de lo que puedo expresar con palabras.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a todas las personas que han participado en este estudio y me han brindado su colaboración y apoyo. Sus contribuciones han sido fundamentales para el éxito de la investigación y para la validez de los resultados obtenidos.

David Robles

## RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad estimar las emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, por medio del combustible consumido en un vehículo liviano, asumiendo el uso del sistema Start/stop en la ciudad de Ibarra, la cual está ubicada a una altura de 2228 m.s.n.m. Los datos de operación del vehículo y su motor fueron recopilados con el uso de una interfaz OBD II

Este proyecto se enfocó en realizar pruebas de consumo de combustible en un vehículo liviano operando en una ruta determinada en la ciudad de Ibarra. El trayecto se delimitó en base a criterios como el congestionamiento vehicular, la cantidad de semáforos en el trayecto y la distancia recorrida para que para que la ruta de ensayo pueda representar las características de operación cotidianas que un vehículo liviano tiene en la ciudad.

Como en el presente estudio no fue posible tener disponible un vehículo con sistema start/stop, la campaña experimental para obtener los perfiles cinemáticos y el consumo de combustible, fue ejecutada en un vehículo convencional. Posteriormente se simuló el funcionamiento del sistema start/stop cuando el vehículo evaluado operaba en condiciones de ralentí. Esto permitió estimar la reducción del consumo de combustible que se tendría al minimizar los tiempos de ralentí debido al funcionamiento del sistema start/stop. Además, es importante mencionar que como parte de la simulación del funcionamiento del sistema start/stop se incluyó el consumo energético que se tendría cada vez que el vehículo tuviese que arrancar.

Los resultados del estudio mostraron que con el uso del sistema start-stop se podría reducir el consumo de combustible en un aproximado del 13% y las emisiones de CO<sub>2</sub> de aproximadamente un 15% según los resultados obtenidos.

Finalmente, estos resultados indican que el sistema start-stop es una solución viable y efectiva para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los vehículos.

**Palabras Claves:** Emisiones CO<sub>2</sub>, ahorro, combustible, start stop, consumo.

## ABSTRACT

The purpose of the research was to estimate carbon dioxide CO<sub>2</sub> emissions, through the fuel consumed, assuming the use of the Start/stop system in the public taxi transport service in the city of Ibarra, which is located at an altitude of 2228 m.s.n.m. with an atmospheric pressure of 77.27 KPa. It was done by obtaining vehicle data with the use of an OBDII interface to collect the operation data of the vehicle and its engine.

This project focused on conducting fuel consumption tests on a light vehicle operating on a given route in the city of Ibarra. The route was delimited based on criteria such as traffic congestion, the number of traffic lights on the route and the distance traveled so that the test route can represent the daily operating characteristics that a light vehicle has in the city. Since it was not possible to have a vehicle with a start/stop system available in the present study, the experimental campaign to obtain the kinematic profiles was carried out in a conventional vehicle. Subsequently, the operation of the start/stop system was simulated when the evaluated vehicle was operating in idle conditions. This made it possible to estimate the reduction in fuel consumption that would occur at idle.

In addition, it is important to mention that as part of the simulation of the operation of the start/stop system, the energy consumption that would be had each time the vehicle had to start was included. The results of the study showed that the use of the start-stop system could reduce fuel consumption by approximately 13% and CO<sub>2</sub> emissions by approximately 15% according to the results obtained.

Finally, these results indicate that the start-stop system is a viable and effective solution to improve the efficiency and sustainability of vehicles.

**Keywords:** CO<sub>2</sub>, emissions, savings, fuel, start stop, consumption.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento vehicular se ha convertido en la principal fuente de contaminación ambiental, debido a que se emiten grandes cantidades de gases nocivos. El transporte por carretera es conocido como uno de los sectores que mayor consume energía y casi en su totalidad es propulsada por combustible fósil.

Los vehículos operan combustionando combustibles por lo que emiten gases contaminantes entre ellos el dióxido carbono CO<sub>2</sub>, que es un gas de efecto invernadero; por lo cual legislaciones locales e internacionales han establecido requerimientos más rigurosos para mitigar estos efectos.

A pesar de que se han implementado de exigentes y normativas rigurosas, la contaminación emitida por el sector del transporte terrestre todavía es una de las que más preocupa a las autoridades y entidades de control. En los últimos años, se ha obtenido mejoras significativas en cuanto a las reducciones emitidas por los vehículos.

Para ello existen laboratorios con mayor tecnología para realizar pruebas en ciclo de conducción WLTP y simular una conducción real, con la implementación de sistemas portátiles para medición de emisiones. Para los países con mayor desarrollo ha sido más fácil monitorear las emisiones del vehículo; sin embargo, debido a su gran costo varios países en vías de desarrollo no pueden implementar el uso de este tipo de sistemas.

Ante las circunstancias, el presente estudio tiene como objeto medir el consumo de combustible y las emisiones de dióxido de carbono, en condición real con uso del sistema de medición OBD ELM 327, el cual permite obtener datos de operación del vehículo y su motor. A través del registro del uso de combustible se realizarán dichos cálculos correspondientes para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VIVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XIIII</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Objetivos .....	1
1.1.1    Objetivo general .....	1
1.1.2    Objetivos específicos .....	1
1.2    Antecedentes .....	1
1.3    Planteamiento del problema .....	2
1.4    Alcance .....	4
1.5    Justificación .....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1    Transporte terrestre en Ecuador .....	6
2.1.1    Clases de transporte .....	6
2.1.2    Servicio de transporte público de taxis .....	7
2.2    Motor de combustión interna .....	8
2.2.1    Introducción a la combustion .....	10
2.2.2    Ciclo otto .....	10
2.2.3    Consumo de combustible .....	11
2.2.4    El consumo de combustible en Ecuador .....	12
2.3    La contaminación atmosférica .....	12
2.3.1    Las emisiones de CO <sub>2</sub> en Ecuador .....	14
2.3.2    Emisiones vehiculares .....	15

2.3.3	Emisión de CO <sub>2</sub> por fuentes móviles .....	17
2.3.4	Contaminación y emisiones en vehículos .....	17
2.3.5	Normativas de emisiones vehiculares .....	18
2.4	Patrones de conducción: definicion y factores .....	20
2.4.1	Ciclos de conducción .....	21
2.4.2	Factor tipo de vía.....	23
2.4.3	Factor tipo de vehículo .....	24
2.5	La tecnología como solución.....	24
2.5.1	Generalidades del sistema start-stop .....	25
2.5.2	Principales fabricantes del sistema start/stop .....	27
2.5.3	Componentes.....	28
2.5.4	Motor de arranque para uso intensivo .....	29
2.6	Dispositivos de monitoreo .....	31
2.6.1	Dispositivos de medición pems.....	31
2.6.2	Sistemas de registro de datos OBD II (data logger).....	32
2.7	Aplicación para realizar configuración y lectura de los datos registrados en los dispositivos .....	34
2.7.1	Software R studio .....	34
2.7.2	Software Excel .....	35
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>37</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>37</b>
3.1	Caracterización del parque de taxis de la ciudad de Ibarra .....	37
3.1.1	Operadoras de taxis en la ciudad de Ibarra .....	38
3.1.2	Cuantificación por modelos y marcas en las cooperativas de taxis en la ciudad. ....	39
3.2	VARIABLES Y PARÁMETRIZACIÓN DE ESTUDIO.....	40
3.2.1	VARIABLES CINEMÁTICAS.....	40
3.2.2	ESTADOS DE CONDUCCIÓN .....	43
3.2.3	VARIABLES DE MOTOR .....	44
3.2.4	RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES.....	46
3.2.5	ESTIMACIÓN DE POTENCIA DE LA BATERÍA .....	47
3.3	DEFINICIÓN DE LA RUTA DE ENSAYOS.....	49
3.3.1	PLANIFICACIÓN DE HORARIOS DE RUTAS .....	50

3.3.2	Vías de la ciudad de Ibarra.....	51
3.4	Selección de equipos para levantamiento de datos.....	52
3.4.1	Parámetros y características para seleccionar el gps.....	52
3.4.2	Descripción del dispositivo gps gl-770.....	53
3.4.3	Selección del dispositivo elm 327.....	56
3.5	Selección del vehículo de pruebas.....	58
3.5.1	Características del vehículo Kia Rio 2019.....	59
3.6	Pruebas piloto de equipo.....	59
3.6.1	Software Logview.....	59
3.6.2	Software Torque Pro.....	61
3.6.3	Registro y configuración del dispositivo GPS GL- 770.....	62
3.6.4	Conexión y configuración del ELM 327.....	63
3.7	Ejecución de la campaña experimental.....	67
3.7.1	Ejecución de la campaña experimental.....	68
3.8	Procesamiento de datos y cálculos.....	68
3.8.1	Lectura de base de datos.....	70
3.8.2	Simulación del sistema start/stop.....	70
3.8.3	Cálculo de emisiones de CO <sub>2</sub> en función del combustible.....	73
3.8.4	Cálculo de variables cinemáticas.....	73
3.8.5	Cálculo de modos de operación.....	73
3.8.6	Cálculo de rendimiento de combustible y emisiones de CO <sub>2</sub> .....	76
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>78</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>		<b>78</b>
4.1	Determinación del funcionamiento del sistema start/stop.....	78
4.1.1	Ajustes de perfil de velocidades.....	78
4.1.2	Ajuste del consumo de combustible.....	79
4.2	Estados de conducción.....	80
4.2.1	Desaceleración.....	81
4.2.2	Crucero.....	82
4.2.3	Aceleración.....	83
4.2.4	Ralentí.....	84
4.3	Factores de consumo de combustible y emisiones.....	85

4.3.1	Tasa de consumo promedio (g/s) .....	85
4.3.2	Emisiones CO <sub>2</sub> (g/s).....	88
4.3.3	Factor de consumo de combustible .....	91
4.3.4	Factores de emisión de CO <sub>2</sub> .....	91
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>93</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>93</b>
5.1	Conclusiones.....	93
5.2	Recomendaciones .....	95
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>96</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>99</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS NUM.</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Figura 2. 1</b> Tipos de transporte terrestre.....	6
<b>Figura 2. 2</b> Transporte público de taxi.....	8
<b>Figura 2. 3</b> Primer automóvil.....	9
<b>Figura 2. 4</b> Contaminación ambiental .....	13
<b>Figura 2. 5</b> Ciclos de combustión en un motor a gasolina.....	16
<b>Figura 2. 6</b> Estimación de gases según la fuente de energía .....	17
<b>Figura 2. 7</b> Patrones de conducción.....	20
<b>Figura 2. 8</b> Ciclo de conducción NEDC .....	21
<b>Figura 2. 9</b> Ciclo de conducción WLTP .....	23
<b>Figura 2. 10</b> Sistema start-stop .....	27
<b>Figura 2. 11</b> Puerto OBD II del automóvil.....	33
<b>Figura 2. 12</b> Dispositivo ELM327 .....	33
<b>Figura 2. 13</b> Software Rstudio.....	34
<b>Figura 2. 14</b> Microsoft Excel.....	35
<b>Figura 3.1</b> Cronograma de aplicación del estudio.....	37
<b>Figura 3. 2</b> Ruta seguida por el taxi.....	49
<b>Figura 3. 3</b> Diagrama de selección de la ruta .....	50
<b>Figura 3. 4</b> Dispositivo GPS utilizado para registrar datos .....	53
<b>Figura 3. 5</b> Apariencia externa del dispositivo GPS GL- 770 .....	54
<b>Figura 3. 6</b> Dispositivo de diagnóstico .....	56
<b>Figura 3. 7</b> Taxi utilizado para levantamiento de datos.....	58
<b>Figura 3. 8</b> Programa de descarga de datos para el dispositivo GPS gl-770.....	60
<b>Figura 3. 9</b> Software torque pro.....	61
<b>Figura 3. 10</b> Ventana de configuración del programa .....	62
<b>Figura 3. 11</b> Conexión del dispositivo ELM327 .....	63
<b>Figura 3. 12</b> Ventana de configuración dispositivo ELM327 .....	64
<b>Figura 3. 13</b> Configuración del dispositivo ELM327.....	64
<b>Figura 3. 14</b> PID's seleccionados para la prueba .....	65
<b>Figura 3. 15</b> Exportación de datos GPS .....	66
<b>Figura 3. 16</b> Datos registrados en el dispositivo ELM 327 .....	67

<b>Figura 3. 17</b> Metodología para la estimación de consumo de combustible y emanación de CO <sub>2</sub> .....	69
<b>Figura 3. 18</b> Código para conocer la ubicación de los archivos.....	70
<b>Figura 3. 19</b> Código para la ubicación del archivo.....	70
<b>Figura 3. 20</b> Ejemplo de código de lectura de archivos .....	70
<b>Figura 3. 21</b> Creación del perfil de velocidades del recorrido .....	71
<b>Figura 3. 22</b> Determinar la frecuencia de operación para el sistema Start/stop .....	71
<b>Figura 3. 23</b> Procedimiento para obtener la energía de arranque .....	72
<b>Figura 3. 24</b> Cálculo de consumo de combustible y emisiones de CO <sub>2</sub> por arranque ..	72
<b>Figura 3. 25</b> Código para realizar cálculo de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	73
<b>Figura 3. 26</b> Código para la creación de nuevas variables .....	73
<b>Figura 3. 27</b> Código para calcular la aceleración .....	74
<b>Figura 3. 28</b> Código para el ciclo de ralentí .....	74
<b>Figura 3. 29</b> Código para la velocidad crucero.....	75
<b>Figura 3. 30</b> Código para la desaceleración.....	75
<b>Figura 3. 31</b> Tasa promedio de consumo de combustible.....	76
<b>Figura 3. 32</b> Código utilizado para calcular el consumo de combustible.....	76
<b>Figura 3. 33</b> Código para calcular las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	77
<b>Figura 4. 1</b> Perfil de velocidad del vehículo convencional.....	78
<b>Figura 4. 2</b> Perfil de velocidad simulando el uso del start/stop.....	78
<b>Figura 4. 3</b> Ajuste de consumo de combustible .....	79
<b>Figura 4. 4</b> Estados de conducción .....	80
<b>Figura 4. 5</b> Estado de conducción –desaceleración– según el horario .....	81
<b>Figura 4. 6</b> Modo de conducción –cruceo– según el horario .....	82
<b>Figura 4. 7</b> Modo de conducción –aceleración– según el horario.....	83
<b>Figura 4. 8</b> Modo de conducción –ralentí– según el horario.....	84
<b>Figura 4. 9</b> Comportamiento temporal del consumo de combustible.....	85
<b>Figura 4. 10</b> Boxplots del consumo de combustible según el horario.....	86
<b>Figura 4. 11</b> Promedios del consumo de combustible según el horario .....	87
<b>Figura 4. 12</b> Comportamiento temporal de las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	88
<b>Figura 4. 13</b> Boxplots de las emisiones de CO <sub>2</sub> según el horario.....	89
<b>Figura 4. 14</b> Promedios de las emisiones de CO <sub>2</sub> según el horario .....	90
<b>Figura 4. 15</b> Promedios del consumo de combustible según el horario .....	91
<b>Figura 4. 16</b> Promedios de emisiones de CO <sub>2</sub> según horario .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NUM.	PÁG.
<b>Tabla 2. 1</b> Principales Contaminantes Atmosféricos.....	14
<b>Tabla 2. 2</b> Porcentajes permitidos en emanación para motores a gasolina (ciclo americano).....	19
<b>Tabla 2. 3</b> Límites permitidos para fuentes móviles a gasolina (ciclo americano).....	20
<b>Tabla 2. 4</b> Horas de mayor tráfico vehicular .....	24
<b>Tabla 3. 1</b> Cooperativas de taxis.....	38
<b>Tabla 3. 2</b> Unidades de taxis según la marca del vehículo .....	39
<b>Tabla 3. 3</b> Unidades de taxi según el modelo .....	40
<b>Tabla 3. 4</b> Cambios cinemáticos del vehículo .....	44
<b>Tabla 3. 5</b> Calles y avenidas de la ciudad de Ibarra.....	51
<b>Tabla 3. 6</b> Características del GPS seleccionado.....	53
<b>Tabla 3. 7</b> Especificaciones del dispositivo GPS GL-770.....	54
<b>Tabla 3. 8</b> Función de los componentes del dispositivo GPS GL-770.....	55
<b>Tabla 3. 9</b> Especificaciones del dispositivo OBD seleccionado.....	57
<b>Tabla 3. 10</b> Especificaciones técnicas del vehículo seleccionado. ....	59
<b>Tabla 3. 11</b> Horarios seleccionados para la toma de datos en vehículo convencional ..	67
<b>Tabla 3. 13</b> Estados de conducción .....	74
<b>Tabla 4. 1</b> Porcentajes en estado de desaceleración.....	82
<b>Tabla 4. 2</b> Porcentaje en estado de velocidad crucero .....	83
<b>Tabla 4. 3</b> Porcentajes de estado de conducción en aceleración.....	84
<b>Tabla 4. 4</b> Porcentaje de permanencia en estado de conducción ralentí.....	85
<b>Tabla 4. 5</b> Consumo de combustible total .....	87
<b>Tabla 4. 6</b> Diferencia en los factores de consumo y emisión .....	92

**ANEXOS**

<b>ANEXO NUM.</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Anexo 1</b> Cooperativa de taxis de la ciudad de Ibarra.....	99
<b>Anexo 2</b> PID´s primarios.....	100
<b>Anexo 3</b> PID´s secundarios .....	100
<b>Anexo 4</b> Base de datos .....	100
<b>Anexo 5</b> Ruta de ensayos .....	100
<b>Anexo 6</b> Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON) .....	101
<b>Anexo 7</b> Características fisico-químicas típicas aceite .....	102

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Estimar el efecto del uso del sistema start-stop en el consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> de un vehículo liviano.

#### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el funcionamiento de un sistema start/stop en un vehículo.
- Obtener las tasas de consumo de combustible en un vehículo convencional usando datos del sistema OBD.
- Estimar los factores de consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub> de un vehículo convencional, así como también suponiendo que el mismo vehículo estaría equipado con un sistema start-stop.

### 1.2 ANTECEDENTES

El deterioro ambiental del planeta es un tema de constante debate, por lo tanto, existe una preocupación que ha desencadenado varias alternativas para hallar sus determinantes, como también se ha discutido el estilo de crecimiento que adoptan los distintos países (Vinuesa, 2021).

Durante las últimas dos décadas, la conciencia ambiental ha crecido y ha sido un factor clave y estratégico. Esto ha llevado a la creación de una serie de regulaciones para reducir las emisiones de contaminantes y CO<sub>2</sub> de todos los vehículos. Desde el organismo de la Unión Europea (UE) están dispuestos en emitir leyes que ayuden a disminuir todas las emisiones emitidas por todos los transportes hasta en un 60% hasta el año 2050 (Cubito, 2017).

Siguiendo esta línea, Hannappel (2017) indicó que el factor más importante que colabora al calentamiento del planeta tierra son las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la combustión de los combustibles creados a partir del petróleo, tanto en el transporte, construcción, manufactura, generación de electricidad, entre otros.

Actualmente existe varios actores diferentes que contribuyen a que CO<sub>2</sub> siga en aumento. Ente los más importantes tenemos: la electricidad y calor que se sigue produciendo actualmente con el 25%; todo lo relacionado con la agricultura y otros usos que se aplican en el suelo con el 24%; y el sector industrial con el 21%. Así mismo el sector vehicular emite un 14% del total de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> que abarca todos los vehículos terrestres, trenes, aviones y transporte marítimo.

Además, es de suma importancia entender que energía de los transportes del mundo representa un 95%, esto implica la combustión de combustibles de origen fósil, principalmente el diésel y todas las variaciones de gasolinas. Así mismo, un 50% representa todas las emisiones en carreteras, lo que supone aproximadamente un 7% de todas emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. Aunque se trata de un porcentaje bajo, se presta mucha atención a la restricción de las emisiones de este sector (Hannappel, 2017).

Dicho todo esto, visualizamos que el transporte por carretera es una actividad económica a nivel global y por consiguiente en Ecuador, también está regulado por la Ley de Tránsito y Transporte Público que se encuentra en cada GAD municipal. Partiendo de esto, en Ibarra quien asumió esta responsabilidad fue el Gobierno Autónomo Descentralizado quien brinda responsabilidad política y técnica que afrontan las nuevas tendencias de movilidad

La ciudad de Ibarra se encuentra a una altitud de aproximadamente 2200 msnm y casi la totalidad de su sector automotriz esta propulsado por combustibles de origen fósil, usando motores térmicos convencionales. Hasta la actualidad, no se han desarrollado propuestas para tener un energéticamente eficiente en esta ciudad.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La atmósfera tiene como principal contaminante a todos los vehículos que cuentan con motores de combustión, se estima que un 78% de emisiones en la atmosfera en todas las ciudades y municipios proviene de los transportes terrestres esto se debe a que los combustibles tienen porcentajes significativos de plomo. Por esta razón todo transporte terrestre es el que produce mayor contaminación en la atmósfera terrestre (Chiriboga, 2018).

Con base a esto, en Ecuador en el año 2018 estuvo en el quinto lugar de todos los países de Sudamérica con mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> que representa unas 44.386 toneladas de CO<sub>2</sub> y 2,63 toneladas de CO<sub>2</sub> per cápita y a nivel mundial ocupó el puesto

121 de 184 países en total (Arroyo, 2019).

La ciudad de Ibarra está experimentando un aumento en su población, lo que ha llevado a la necesidad de utilizar diferentes medios de transporte. Esta situación ha provocado la adquisición de más vehículos en la ciudad, lo que a su vez ha generado un aumento en la contaminación ambiental, en particular las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las industrias con mayor impacto en las emisiones de CO<sub>2</sub> son la industria automotriz, que actualmente es el sector de más rápido crecimiento y representa entre el 22% y el 24% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Al recolectar datos de las variables operativas de consumo de combustible, emisiones de CO<sub>2</sub> pico y valle obtenidas por el dispositivo OBD II, se puede reflejar el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub>, especialmente en el área urbana de la ciudad de Ibarra (Chiriboga, 2018).

Varios estudios realizados en diferentes artículos han demostrado que existe efectos entre la contaminación producida por la combustión producida por todos los motores que usan combustibles de origen fósil en la salud de todas las personas, lo que ha ocasionado que exista un incremento de enfermedades ligadas a la contaminación del aire entre las más importantes tenemos las afecciones asociadas a la función pulmonar y a la función cardíaca. (Ortega et al., 2020).

Ahora bien, en cuanto a la contaminación atmosférica según el Índice de Calidad del Aire de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) son perjudiciales en todas las personas que padecen afecciones asmáticas y enfermedades pulmonares o cardíacas. Si bien es cierto calidad del aire en la actualidad ha ido mejorado progresivamente gracias a todas las iniciativas y leyes que se han aplicado, siguen aún siendo motivo de preocupación. La contaminación del aire afecta en especial a los niños y ancianos quienes son las más vulnerables. El riesgo depende de varios aspectos cómo: la cantidad de contaminación atmosférica; la cantidad y la calidad de aire que respiramos en cualquier sitio donde nos encontremos; y como la persona se encuentre de salud actualmente. (Celemín et al., 2022)

Dicho así, aún hace falta realizar más estudios técnicos que creen conciencia en todas las personas que se debe disminuir las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente, este proyecto se orienta a determinar mediante pruebas en ruta la reducción de emisiones que un vehículo podría tener si está equipado con sistema start/stop.

## **1.4 ALCANCE**

Las continuas normativas europeas anticontaminación exigen a los fabricantes a utilizar diferentes tipos de tecnologías para disminuir la adquisición de todos los combustibles y por tanto reducir las emisiones de gases al medio ambiente uno de ellos es el sistema start/stop.

Con este estudio se pretende realizar la estimación del consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> que se generan por un vehículo propulsado por un motor de combustión interna en condiciones reales en un trayecto urbano. Para realizar esta investigación se incluye 3 etapas: análisis del funcionamiento del sistema start/stop; recopilación de datos On Board; y simular la operación de un sistema start-stop en los registros cinemáticos de un transporte convencional.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El sector automotriz, se enfrenta a nuevas regulaciones en un futuro próximo, Todo esto debido a que el Gobierno Nacional informó una serie de obligaciones en cuanto a temas ambientales y de seguridad.

El Gobierno indicó que todos los vehículos sin excepción alguna deberán efectuar en el futuro la norma Euro 3. En la actualidad en Ecuador circulan con norma Euro 1, 2 y 3, pero se desconoce la cifra de automóviles que encajan en cada una de las normas. Con el fin de alcanzar la norma Euro 3 debe ser de manera ordenada y planificada, en la cual no afecte las inversiones de la industria. Esta normativa ambiental propuesta por el Ejecutivo busca como objetivo mejorar y regular las emisiones de gases.

Desde el año 1992 se ha venido aplicado dicha normativa de motores euro en los distintos modelos, que va desde la instancia 0 hasta la 5, con la finalidad de mejorar el desarrollo de todos los motores sin excepción alguna y restringir cada vez más la dispersión de gases contaminantes con el ambiente.

Desde que se instauró la Normativa Euro 5, se gestiona disminuir drásticamente todas las impurezas de las partículas en motores que funcionan con diésel, difíciles de eliminar. Además, obligó a los vehículos diésel a instalar filtros de partículas FAP (retienen las partículas más sólidas en suspensión), mientras que en los vehículos a gasolina se instaló la inyección electrónica directa.

Entonces, desde el año 2002, todos los reglamentos que rigen los límites permitidos de emisiones contaminantes que se producen por un vehículo son la INEN 2204 para modelos a gasolina e INEN 2207, para diésel. Pero esta normativa está en constante cambio con la finalidad de mejorar la calidad del aire. A su vez el pedido que se les indica a los fabricantes es seguir implementando y acondicionando nuevas tecnologías que purifiquen cada vez más los gases cuando son eliminados de los vehículos.

El presente trabajo podrá ser utilizado como base para realizar un primer inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> en los vehículos usados como taxis de la ciudad de Ibarra. Además, se podrá implementar diferentes alternativas de movilidad urbana, al mismo tiempo se realizará un estudio de eficiencia del transporte público en los taxis, alternativas de economía colaborativa y realizar una implementación de tecnología, todo esto con la finalidad de mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> consumo de combustible calculadas en la investigación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TÉORICO

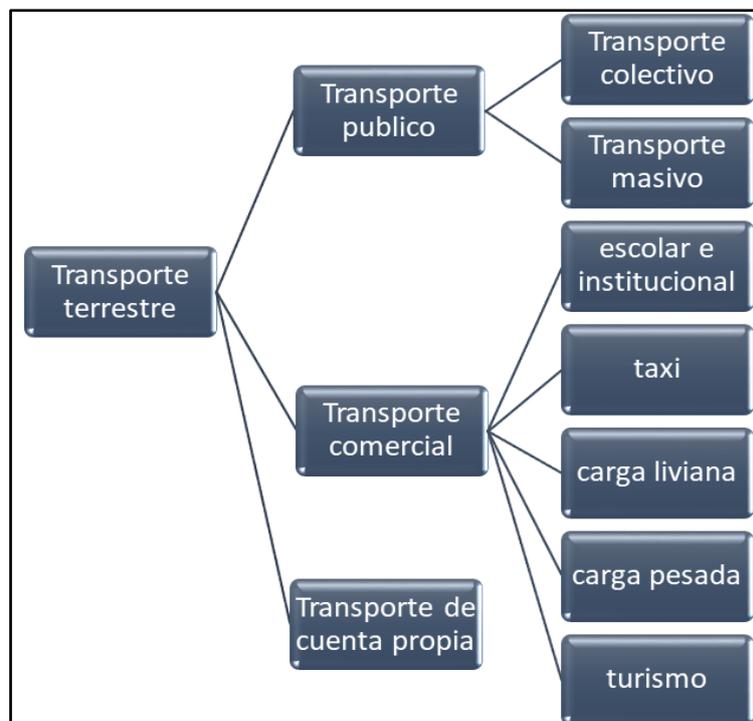
#### 2.1 TRANSPORTE TERRESTRE EN ECUADOR

Tiene como fin movilizar de un lugar a otro a personas, animales u objetos, utilizando infraestructura vial, como carreteras determinadas por los gobiernos municipales y gubernamentales que pasan por diferentes lugares de cada ciudad. Se puede decir que es una transacción en el cual las personas pagan cierto valor por un servicio al operador del vehículo con el propósito de ser trasladado al destino.

##### 2.1.1 CLASES DE TRANSPORTE

Con la finalidad de que todas las personas se movilen dentro de la ciudad existen varios modos de transportarse. Entonces, de acuerdo con la ley orgánica que rige en cuanto al transporte terrestre de tránsito y seguridad vial, se establece las siguientes clases de servicio de transporte: público, comercial y por cuenta propia.

La siguiente Figura se muestra los vehículos que están permitidos de acuerdo con los tipos de movilización terrestre.



**Figura 2. 1** Tipos de transporte terrestre

La Figura 2.1 muestra la clasificación de los vehículos según la Ley Orgánica de Circulación Vial, Transporte Público y Seguridad Vial. Cada tipo de transporte se identifica a continuación

- **Colectivo:** traslada a personas de forma grupal con estructura exclusiva o no, esta se ajusta a cambios de horario, rutas y frecuencia de viajes para acaparar al mayor número de pasajeros a un mismo destino.
- **Masivo:** Mueve a un gran número de personas con una estructura específica y única, se adapta a diferentes horarios, frecuencias y rutas para llevar la mayor cantidad de pasajeros a un lugar determinado.
- **Escolar:** Se encarga de trasladar a estudiantes a las unidades educativas de primaria y secundaria. Su principal característica es su color amarillo y son coches tipo furgoneta o buses.
- **Taxi:** Es el medio de transporte de carácter público con capacidad de hasta 4 pasajeros que moviliza al lugar especificado por el cliente por un precio más elevado que el transporte urbano (autobús).
- **Carga liviana:** Consiste en trasladar productos y mercancías, el cual permite el desarrollo de la ciudad. Este tipo de vehículos debe soportar una carga hasta de 3,5 ton. y cuenta con la seguridad adecuada.
- **Turismo:** Desplaza a personas por el país con el objetivo de participar en esta actividad.
- **Transporte por cuenta propia:** Se usa como transporte de una persona natural, y es utilizado con fines personales.

### 2.1.2 SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE TAXIS

El servicio de taxi está considerado como un mercado desarrollado y competitivo, su desarrollo ha permitido el uso de la tecnología. El número de unidades disponibles, la facilidad de horarios y los costos aplicados proporcionan mayor competencia; además, la mejora en tiempo de movilización, las condiciones de seguridad determinan la demanda de este tipo de transporte.



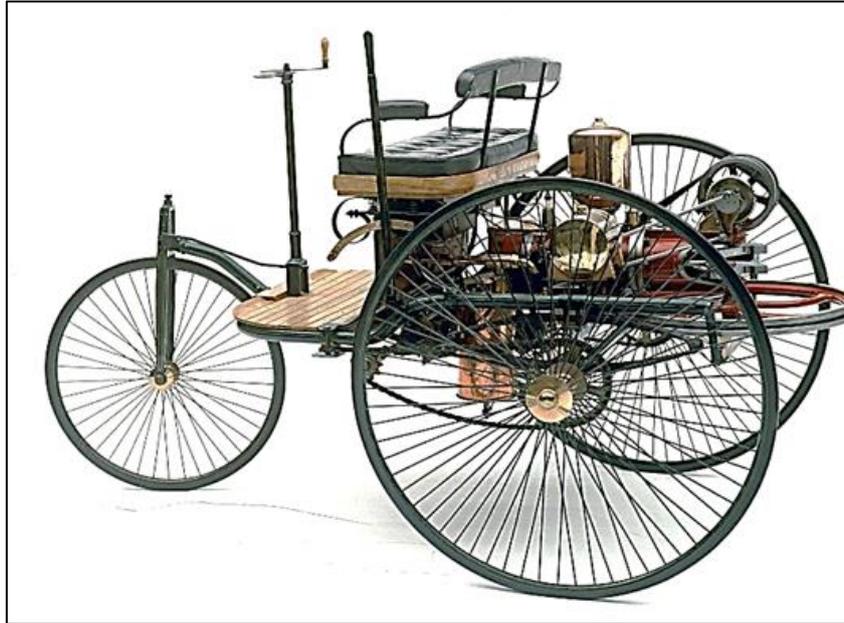
**Figura 2. 2** Transporte público de taxi

**Fuente:** autor

Como muestra la Figura 2.2, la modalidad de transporte de taxi está adecuado a la ruta del usuario, el taxi está disponible para cubrir con diferentes tipos de rutas, independientemente del número de usuarios. El uso de este servicio de transporte público es controlado y monitoreado por el estado, además se requiere un permiso de la autoridad gubernamental y este debe estar rigurosamente adjunto al régimen jurídico para poder operar.

## **2.2 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

Si bien es cierto, Si bien es cierto que para operar maquinaria se requiere energía mecánica, esta energía también se puede obtener utilizando diversos tipos de energía como la térmica, hidráulica, solar y eólica. La energía más utilizada es el calor obtenido de la quema de combustibles fósiles. Las máquinas que transforman la energía térmica en trabajo son las que se encuentran en todos los motores de combustión interna, que consumen hasta un 80% de la energía derivada de los todos los hidrocarburos a nivel mundial. Entonces, todos los motores de combustión interna convierten la energía térmica del carburante en trabajo útil que es utilizado por el motor de todo vehículo (Arevalo, 2014).



**Figura 2. 3** Primer automóvil  
Fuente: (Rios, 2002)

En la Figura 2.3, se observa el primer automóvil equipado con un motor que funciona a base de combustible, el mecanismo de accionamiento está basado en el funcionamiento colectivo de los componentes.

En el cilindro se coloca un pistón que se ajusta a las paredes mediante varios anillos que impiden que los gases ingresen a la parte inferior del motor y contribuyan a que el motor se lubrique, el pistón se encuentra sujeto a la biela, el cual cede la fuerza provocada por la explosión al codo del cigüeñal, con la interacción del desplazamiento alternativo lineal del pistón se transforma en desplazamiento de rotación mediante del cigüeñal.

En el fragmento superior, el cilindro se cierra mediante el cabezote, donde están colocadas las válvulas que están operadas por el eje o árbol de levas, el cual permite el entrada y salida de todos los gases que son provocados por la combustión en dicho cilindro. El árbol de levas toma el desplazamiento desde el cigüeñal a través de la cadena o una banda dentada que gira con la mitad de las revoluciones que el cigüeñal (Montoya, 2020).

El cuerpo encargado de albergar este mecanismo llamado cilindro-pistón es el bloque cuya parte inferior esta sellada con el cárter, aquí es donde se reposa el aceite, que tiene como principal función es de lubricar y contiene los ductos utilizados para la refrigeración (Mayorga, 2013).

Un motor de combustión interna es un conjunto de componentes mecánicos que pueden separar la energía que en principio es mecánica del estado térmico de un líquido para

producir trabajo en su interior mediante el proceso de combustión. Son de desplazamiento positivo, en los cuales el trabajo se lo obtiene durante el desplazamiento lineal del conjunto biela-manivela. (Gaviria Rios et al., 2002).

### 2.2.1 INTRODUCCIÓN A LA COMBUSTION

Según Recalde et al., (2015): explica que en el aire de la naturaleza hay una combinación de nitrógeno, oxígeno, vapor de agua, dióxido de carbono y argón (Ar), en el caso del oxígeno y el nitrógeno se encuentran como moléculas diatómicas y son las que se encuentran en mayor proporción 78 y 21 %. La cantidad de los componentes va a variar dependiendo de la ubicación y condiciones meteorológicas.

Los procesos de combustión pueden clasificarse según (Hu et al., 2024) en:

**Combustión completa:** se da cuando existe la oxidación total de cada uno de los compuestos que forman el comburente, donde el balance estequiométrico ideal del octano corresponde a:  $C_xH_y + n(O_2 + N_2) \rightarrow xCO_2 + y/2H_2O + 0,79nN_2 + E$

**Combustión incompleta:** en su totalidad no se oxida el comburente y los resultados de la combustión pueden variar en función de la cantidad de oxígeno existente, por lo tanto, pueden formar sustancias como el monóxido de carbono y corresponde al siguiente balance a:  $C_nH_m + bO_2 + cN_2 + emisiones \rightarrow d CO_2 + eH_2O + fCO + gHC + hSO_x + iNO_x + Calor + Subproductos$ .

### 2.2.2 CICLO OTTO

Es un ciclo termodinámico más habitual que se encuentran en todos los motores de combustión utilizados en los vehículos, llamado ciclo Otto u Motor Otto, el cual se aplica en todos los motores de encendido con combustión interna, este a su vez este es provocado por una chispa eléctrica que puede ser cualquier combustible como la gasolina, diésel o algún otro tipo (Margarita et al., 2015).

#### 2.2.2.1 Gasolina

Es una mezcla de petróleo crudo y compuestos de hidrocarburos que proporcionan energía al actuar sobre la oxidación combustión utilizada como comburente en motores de combustión en el interior; que es considerablemente utilizado en todo el mundo,

porque está fácilmente disponible, almacena gran energía térmica que puede usarse convirtiéndola en otra forma de energía.

A nivel molecular, está compuesta por cientos de compuestos que se pueden dividir estructuralmente en cuatro grupos principales: parafinas, olefinas, ciclo parafinas y saborizantes. La parte aromática de la gasolina es principalmente tolueno, benceno xileno y etilbenceno, a menudo abreviados BTEK (abreviatura de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos). También puede contener compuestos oxidados como alcoholes y éteres, además, los diferentes aditivos son parte de la composición de este combustible, en la concentración de millones de partes (PPM), con diferentes funciones, como el crecimiento del octano, evitando el proceso de combustible de oxígeno químico o la quema (Boluda, 2019)

Muchos hidrocarburos compuestos y a menudo son ingredientes muy complejos, incluidos varios factores, por partículas por millón [ppm]; Como regla general, para calcular relaciones independientes y otros análisis químicos de procesos relacionados con el proceso de combustión, la gasolina solo se realizará por Izo -Octan  $C_{7,2}H_{14}$ , como ya ha sido señalado.

Si el combustible de reacción tiene un tipo molecular único, los átomos difieren de la fórmula química que puede determinarse mediante análisis de gravedad. Para los hidrocarburos, el número de octano es  $C_{7,2}H_{14}$ , que está cerca de la forma molecular promedio de la gasolina (que es una mezcla de muchas moléculas diferentes).

### **2.2.3 CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Se refiere a la cantidad de combustible que un vehículo utiliza durante un cierto período de tiempo o para recorrer una determinada distancia, el consumo de combustible se mide típicamente en unidades de volumen de combustible por distancia recorrida.

El consumo de combustible de un vehículo depende de varias circunstancias, como el tipo de automotor, el tipo de motor, la eficacia energética del sistema de transmisión, las condiciones de conducción, la carga del vehículo, la calidad del combustible y otros factores ambientales, el consumo de combustible puede variar significativamente entre diferentes vehículos y modelos, incluso dentro de la misma categoría de vehículos.

El cálculo del consumo de comburente puede ser útil para los conductores y propietarios de vehículos para evaluar la eficiencia del vehículo y planificar la gestión de combustible.

También puede ser importante para las políticas y regulaciones ambientales y energéticas, debido a que el consumo de carburante y las emisiones de gases de efecto invernadero están estrechamente relacionados.

#### **2.2.4 EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN ECUADOR**

Varía según el tipo de automotor, la región y las condiciones de conducción. Según el (INEC) Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador, el consumo promedio de combustible para vehículos de pasajeros en el país es de alrededor de 11,6 km/l (kilómetros por litro), lo que equivale a alrededor de 26,1 mpg (millas por galón) en el sistema de unidades estadounidense. Sin embargo, este valor puede variar significativamente según el tipo de transporte y las condiciones de conducción.

En Ecuador, el precio de los combustibles es regulado por el gobierno y varía según el tipo de combustible y la región del país, en general, el precio de la gasolina es relativamente bajo en comparación con otros países de la región, lo que puede influir en los patrones de consumo de combustible en el país (Gómez, 2016).

Es importante destacar que el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero están muy relacionados, por lo que se da mayor importancia a promover la eficiencia energética y el uso de tecnologías nuevas las cuales sean más limpias y eficientes en el transporte para poder reducir el impacto ambiental del consumo de combustible.

Actualmente, no existe una base de datos de mediciones de consumo de combustibles en nuestro entorno, información que pueda ser utilizada como herramienta para implementar proyectos de reducción de emisiones contaminantes; por otro lado, el método de medición del consumo de combustible, que consiste en determinar las necesidades energéticas del vehículo para realizar el viaje en condiciones controladas y de acuerdo con el ciclo de conducción, es el punto de partida para estudios posteriores, estudio de viabilidad para sugerir tecnologías alternativas, ej., coches eléctricos (Cordero, 2017).

### **2.3 LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

Se plantean grandes retos para la industria automotriz. A principios del año 2012, con las nuevas normas de la UE ya acogidas, el límite máximo permitido de emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> para vehículos de toda Europa se reducirá a 130 g/km; pues para poder cumplir con esta nueva disposición de límite máximo no basta con intervenir en la gestión

de los motores, sino que se requieren, ante todo, tecnologías que ayuden en el aspecto ecológico.

Según Becerra (2009) el humano es el principal causante del cambio climático, haciendo que varíe bruscamente y siga causando daños irreversibles en el presente siglo, es el consumo de combustibles de origen fósil, como, el petróleo y el carbón, que emite dióxido de carbono. El resultado mediante el cual el CO<sub>2</sub> y otros gases producen el calentamiento global se llama efecto invernadero.

Otro de los estudios que se toma como reseña en el presente estudio, es una de las principales causas son las emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte es la congestión de vehículos, y el consumo de combustibles (Aguilar et al., 2018).



**Figura 2. 4** Contaminación ambiental

**Fuente:** (Ministerio del Ambiente, 2022)

En relación con Ecuador según el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, todos los transportes públicos son los que mayor consumen combustible, cuya demanda alcanza el 80%, además es el principal causante de emisiones de gases de efecto invernadero como se muestra en la Figura 2.4.

En la actualidad los costos de energía alcanzan a nivel mundial la cuarta parte y después de tres décadas puede incrementar hasta el doble. En el año 2023 en Ecuador, el consumo total de combustibles fósiles en el país fue de 51 millones de barriles de petróleo

aproximadamente, donde los combustibles más demandados fueron: diésel, la gasolina premium y convencional. En ese mismo año, la demanda del sector vehicular alcanzó un 77 % (Banco Central del Ecuador, 2023).

El IPCC indicó que las emisiones de gases en los estados que se hallan en desarrollo, que están lideradas por todas las economías que se han industrializado rápidamente, como China, India y Brasil, también darán alcance a los países primermundistas hasta el año 2050 (Benito, 2017).

El país necesita con suma urgencia reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> el cual influye en el cambio climático, y al mismo tiempo, prepararlo para una vía de baja en carbono que limite las futuras emisiones. Actualmente Ecuador emite aproximadamente 81 millones de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera, lo que representa el 0,15 % de las emisiones en el mundo. Como se indica en la Tabla 2.2, una de las principales fuentes de emisiones en el país son los procesos de combustión.

**Tabla 2.1** Principales Fuentes Contaminantes Atmosféricos

Contaminante	Causa	Fuentes	Formas de evitarlo
CO <sub>2</sub> Dióxido de Carbono	Efecto Invernadero	Procesos de Combustión: Centrales Eléctricas Calderas de Calefacción Vehículos Motorizados	Realizar buen mantenimiento en el vehículo  Reducir y reutilizar.  Optar por fuentes de energía renovables

**Fuente:** (Chiriboga, 2018)

La investigación está centrada en las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen por los vehículos en la ciudad de Ibarra, por esta razón se hace referencia a los gases de efecto invernadero (GEI).

### 2.3.1 LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN ECUADOR

Estas emisiones son significativas y están en constante aumento. Según datos del Banco Mundial, en 2018 la emisión de CO<sub>2</sub> en todo el país fueron de alrededor de 35,2 millones de toneladas métricas. El principal emisor de CO<sub>2</sub> en el país es el sector energético, seguido del transporte y la industria.

Es importante destacar que las emisiones de gas carbónico están estrechamente concernientes con el consumo de combustible y el uso de energía en general. Por lo tanto, para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el país, es fundamental promover la eficiencia

energética y el uso de energías netamente renovables, así como incentivar el uso de energías limpias y eficientes en el transporte y la industria (Arbeláez et al., 2023).

A pesar de ser un país con emisiones bajas que no sobrepasa el 0,5% de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, el gobierno trabaja para mejorar las acciones de mitigación y adaptación en cuanto a los cambios climáticos que ocurren en la actualidad, la ciudadanía debe involucrarse en iniciativas que permitan la reducción de emisiones como la movilidad eficiente (Arbeláez et al., 2023).

### **2.3.2 EMISIONES VEHICULARES**

Los motores a gasolina son máquinas que producen combustión en su interior (MCI) el cual genera emisiones de dióxido de carbono que se generan por quemar combustible, estos gases resultantes son expulsados a través del tubo de escape del vehículo.

El incremento de vehículos ha sido una de las principales causas de la contaminación ambiental. Por tal razón se desarrollaron estándares encargados de reducir estos contaminantes y han incentivado a la industria automovilística a desarrollar diferentes métodos en el automóvil con el único fin de reducir las emisiones.

Existen varios hechos que incide para poder entender la escala de este problema:

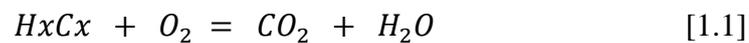
- La temperatura media mundial del planeta tierra está relacionada directamente con la concentración de gases que provocan efecto invernadero.
- Con la revolución industrial las emisiones de estos gases han ido aumentando progresivamente provocando el aumento de temperaturas del planeta.
- El gas de efecto invernadero de mayor presencia, es el dióxido de carbono CO<sub>2</sub> que es la derivación de la quema de combustibles de origen fósil ocupa alrededor de 2/3 de los gases de efecto invernadero.

El CO<sub>2</sub> es un gas inorgánico, denso, incoloro y poco reactivo, así mismo forma parte de la composición de la tropósfera del planeta y todas las plantas lo consumen en el proceso de fotosíntesis (Braga, 2015). Las emisiones de gases producidos por los vehículos tienen efectos negativos en el medio ambiente que son varios, en este sentido el estado ecuatoriano ha implementado diversas políticas y programas para disminución de gases de efecto invernadero en el país, incluyendo algunos incentivos para la adopción de tecnologías más limpias, la promoción de energías renovables y la implementación de

medidas de eficiencia energética en diversos sectores. Sin embargo, hay varias acciones por hacer para lograr una disminución significativa y sostenible de las emisiones de dióxido de carbono en Ecuador. A continuación, se describen algunos de los efectos más importantes:

**Contaminación del aire:** los transportes que utilizan combustibles de origen fósil emiten contaminantes como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y varias partículas (PM) que contaminan el medio ambiente de poco en poco. Estos contaminantes provocan problemas en la salud como asma, enfermedades pulmonares, cardiovasculares y cáncer.

Aquí se muestra la reacción química que realiza cualquier tipo de motor de combustión interna en la siguiente ecuación 1.1.



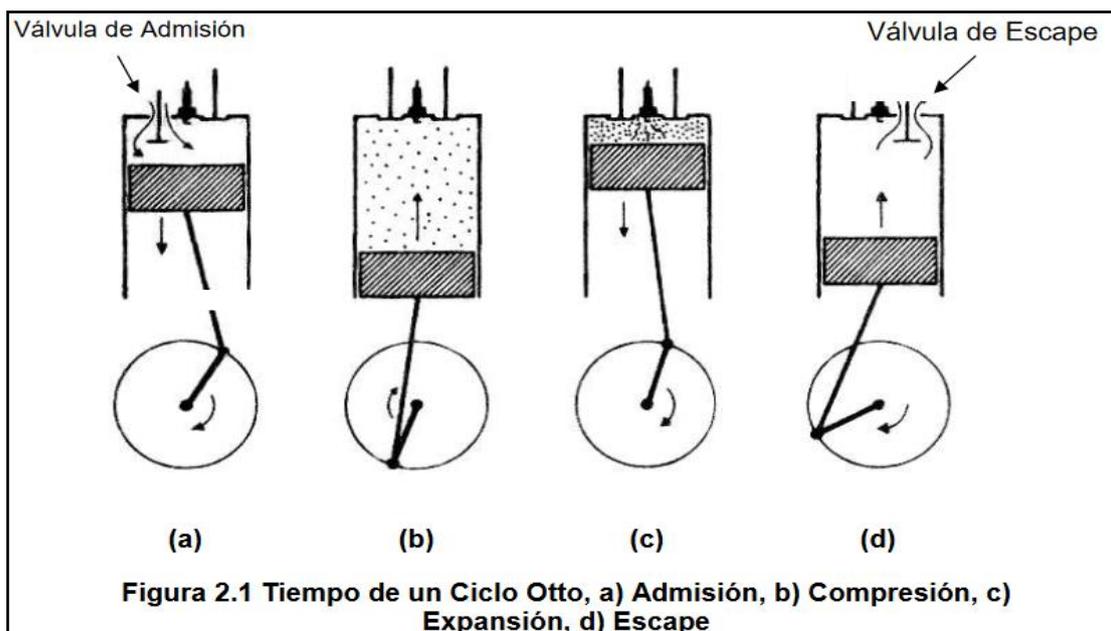
Donde:

$HxCx$  → Compuesto químico

$O_2$  → Oxígeno

$CO_2$  → Dióxido de carbono

$H_2O$  → Agua



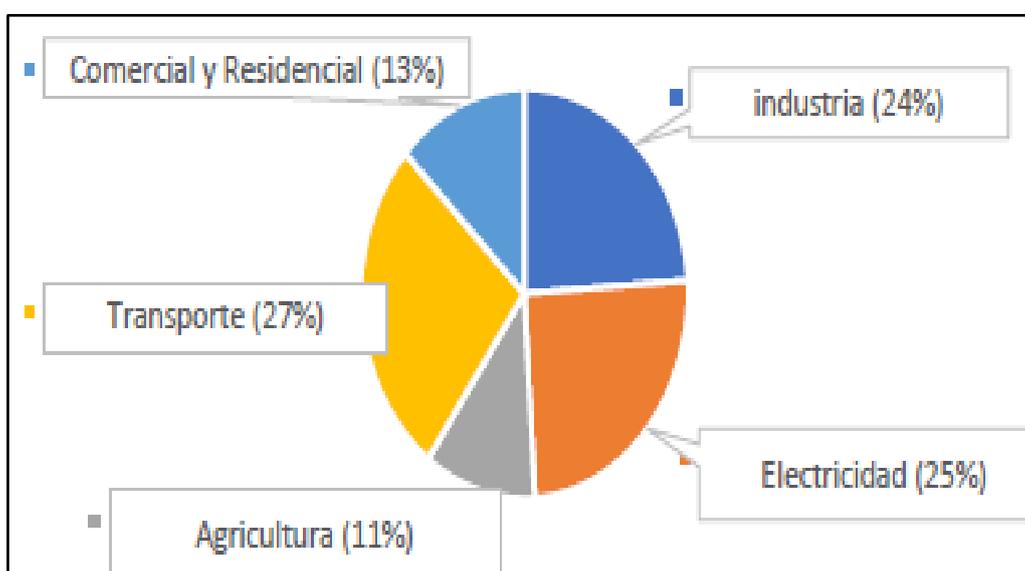
**Figura 2. 5 Ciclos de combustión en un motor a gasolina**

Fuente: (Yolanda Mercedes Morales, 2008, pág. 7)

En la Figura 2.5, señala cuales son los ciclos que cumple el motor durante todo su funcionamiento estos ciclos son consisten en las cuatro etapas, este proceso se realiza dos desplazamientos gracias a la rotación del cigüeñal.

### 2.3.3 EMISIÓN DE CO<sub>2</sub> POR FUENTES MÓVILES

La energía que la movilidad utiliza representa más del 25% aproximadamente del suministro de energía del mundo, el petróleo es la principal fuente que se concentra en el sector del vehicular en un 27%, y la mayor parte de los vehículos circulan por carretera (Energy, 2013); entonces, la gran cantidad de vehículos que circulan por carretera representa la fuente principal de contaminación atmosférica.



**Figura 2. 6** Estimación de gases según la fuente de energía

Fuente: (Internacional, pág. 8)

Como se observa en la Figura 2.6, el sector con mayor porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera es el sector del transporte. Ya que son producidos por la quema de combustibles de origen fósil.

### 2.3.4 CONTAMINACIÓN Y EMISIONES EN VEHÍCULOS

El dióxido de carbono que genera un vehículo se produce al quemar la mezcla del combustible el cual contiene carbono con el oxígeno. Con la implementación de los catalizadores en el escape del vehículo, los que están encargados de canalizar los gases resultantes después de la explosión en el motor, estos pasan una serie de modificaciones químicas durante el recorrido desde el motor al medio ambiente, esto con el objetivo de reducir las proporciones de gases nocivos como son hidrocarburos (HxCx), óxido de nitrógeno (NOx), y monóxido de carbono (CO). Donde los hidrocarburos se vuelven

dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y agua (H<sub>2</sub>O).

La determinación de la cantidad de combustible utilizado es muy importante porque es uno de los factores de gran importancia en la industria automotriz debido a su influencia en la formación de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y por lo demás es combustible. del petróleo crudo, haciéndolo abundante y disponible para el público, el petróleo crudo se considera una fuente de energía no renovable.

El consumo de combustible del vehículo depende del escenario o de las condiciones que surjan, como el volumen del cilindro, el volumen de tráfico, la carga, el tipo y las características de la carretera, lo que provoca cantidades variables de desgaste según la prueba, el consumo de combustible incrementa en un 30% para los vehículos cuando circulan en atascos en vías urbanas o suburbanas.

La contaminación atmosférica es sin duda la forma de contaminación más estudiada, por ser la que tiene un mayor impacto sobre la salud humana y al medio ambiente. Aunque la contaminación del aire es esencialmente preocupante en zonas urbanas (Calvo, 2014, pág. 23).

Gracias a los avances en la tecnología en la industria automotriz, es posible incrementar la eficiencia energética y, por ende, reducir la contaminación ambiental. Uno de los trabajos que están tomando los países para atenuar los efectos del cambio climático es disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto se aplica principalmente a la formulación de políticas urbanas, ya que es aquí donde las ciudades pueden decidir promover políticas de desarrollo verde, teniendo en cuenta el impacto climático potencial de la política.

### **2.3.5 NORMATIVAS DE EMISIONES VEHICULARES**

En Ecuador, la normativa que fija los límites de contaminación de vehículos a gasolina es la NTE INEN 2204, la cual en la actualidad no está sustentada en estudios donde se demuestren la influencia de las características técnicas, ambientales y sociales del país en las emisiones contaminantes.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización que rige las emisiones de dióxido de carbono en Ecuador son varias y se enfocan en diferentes aspectos relacionados con la calidad ambiental; algunas de las normas más relevantes son:

**INEN 0263:** Emisiones de motores de combustión interna. Esta norma fija los límites máximos permitidos para las emisiones de gases contaminantes, incluyendo el CO<sub>2</sub>, producidos por motores de combustión interna que se utilicen en vehículos de transporte, maquinaria y equipos.

**INEN 2406:** Calidad del aire. Esta norma fija los límites máximos permisibles para la concentración de contaminantes atmosféricos, incluyendo el CO<sub>2</sub>, en el aire ambiente en áreas urbanas y rurales (ONU, 2018).

**INEN 2922:** Gases de efecto invernadero. Esta norma establece los lineamientos técnicos para la medición, registro y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), donde se incluye el Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>, generadas por actividades humanas en el territorio ecuatoriano.

Las normas INEN que rigen las emisiones de dióxido de carbono en Ecuador buscan establecer límites máximos permisibles para la concentración de contaminantes atmosféricos y regular la eficiencia energética en distintos sectores, como se indica en la Tabla 2.2, para reducir el impacto ambiental y promover el desarrollo sostenible. Es importante destacar que estas normas son fundamentales para acatar los compromisos internacionales asumidos por el país en materia de cambio climático

**Tabla 2. 2** Porcentajes permitidos en emanación para motores a gasolina (ciclo americano)

año modelo	% CO <sup>a</sup>		ppm HC <sup>c</sup>	
	0 - 1500 <sup>b</sup>	1500 - 3000 <sup>b</sup>	0 - 1500 <sup>b</sup>	1500 - 3000 <sup>b</sup>
2000 y posteriores	1	1	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

<sup>a</sup> Volumen  
<sup>b</sup> altitud (m.s.n.m) metros sobre el nivel del mar

**Fuente:** (INEN, 2017, pág. 4)

Tabla 2.2 y la Tabla 2.3, se muestra los límites permitidos en cuanto a la emisión para fuentes móviles de uso de gasolina en ralentí y en aceleración respectivamente donde se producen gases contaminantes como son: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), Óxido de nitrógeno (NOx) y material particulado para vehículos como livianos, medianos y de carga (pesados), estas pruebas se realizan en dinamómetro con base al ciclo de conducción FTP-75 y ciclo transiente pesado.

**Tabla 2.3** Límites permitidos para fuentes móviles a gasolina (ciclo americano)

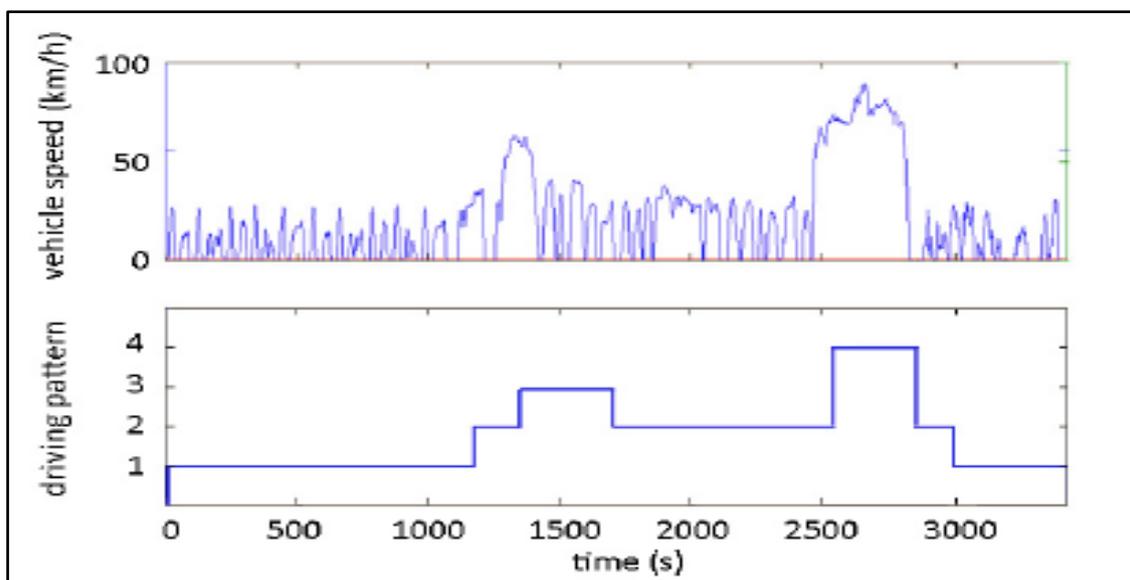
Categoría	Peso bruto del vehículo Kg	Peso del vehículo cargado Kg	CO g/Km	HC g/Km	NOx g/Km	ciclos de prueba	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos livianos			2,1	0,25	0,62	FTP - 75	2
Vehículos medianos	≤3860	≤1700	6,2	0,5	0,75		2
		1700 – 3860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos pesados* *	>3860 ≤6350		14,4	1,1	5	Transiente pesado	3
	>6350		37,1	1,9	5		4

\* prueba realizada a nivel del mar

Fuente: (INEN, 2017, pág. 5)

## 2.4 PATRONES DE CONDUCCIÓN: DEFINICION Y FACTORES

Los patrones de conducción son versátiles de particularidades que están vinculadas a los ciclos de conducción los cuales representan la forma de conducción basadas en condiciones generales en zonas y rutas especificadas de investigación.



**Figura 2. 7** Patrones de conducción

Fuente: (Wei, 2016)

Para las gráficas de patrones de conducción se encuentran en función de la velocidad (Km/h) y en el tiempo (t), como se observa en la Figura 2.7, se pueden diferenciar un patrón de otro por distintos factores, como; la zona, el vehículo, el recorrido, entre otros. Que cambian las características de los patrones de conducción. Las características de los patrones de conducción son: estados de aceleración, estado de desaceleración, estado en

ralentí y estado en crucero. Las generaciones de contaminantes son generadas de acuerdo con la alteración de cada una de estas variables (Wei, 2016).

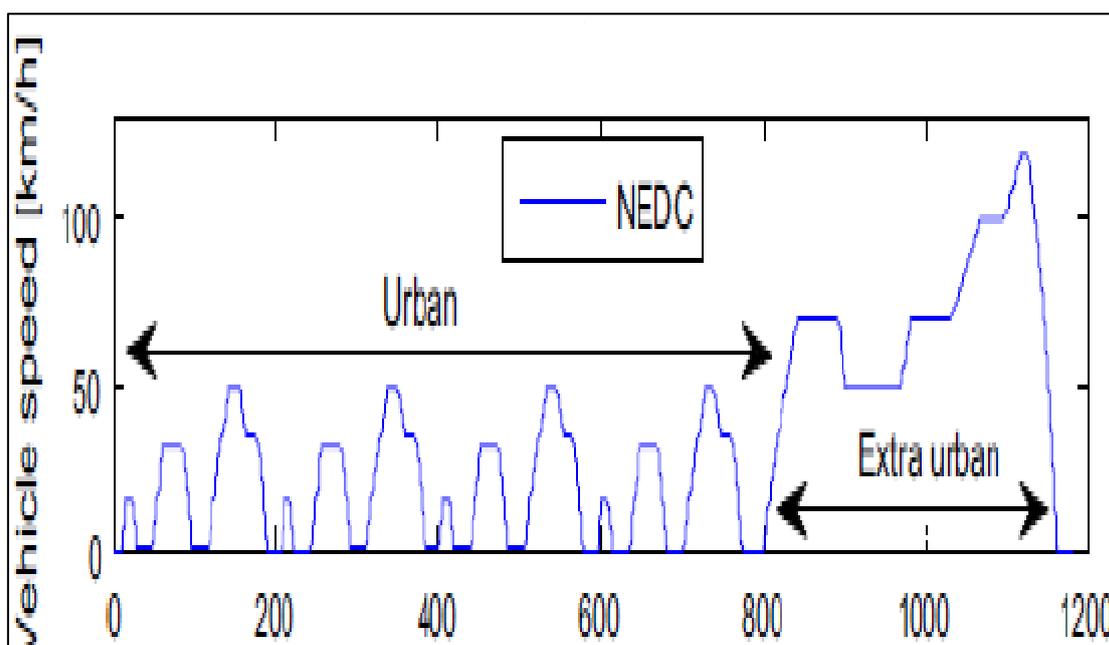
Estos patrones de conducción se relacionan con el consumo de energía, consumo de combustible y emisiones, por ende, las características geográficas de la ciudad (pendientes, semaforización, etc.) como también el proceder de los conductores afectan directa e indirectamente en el consumo (Wei, 2016).

## 2.4.1 CICLOS DE CONDUCCIÓN

El ciclo de conducción es una gráfica en la que está representada por una secuencia entre velocidad (km/h), tiempo (t) en un instante dado que representa los patrones de conducción en un determinado sector. Los datos que se obtienen por lo general son tomados con una frecuencia de 1Hz.

### 2.4.1.1 Ciclo NEDC

El ciclo de conducción NEDC está calificado como un ciclo de conducción artificial y suave, conforme con las magnitudes de las aceleraciones y velocidades en comparación con una conducción en conducción real (WLTP). Este ciclo se le relaciona con velocidades y aceleraciones constantes, lo que quiere decir que dentro de este rango de tiempo permitido produce un bajo CO<sub>2</sub> (Solís, 2015).



**Figura 2. 8** Ciclo de conducción NEDC

Fuente: (Solís, 2015, pág. 7)

En la Figura 2.8, el ciclo NEDC consiste en patrones de conducción repetitivos ECI-15, y un ciclo de conducción extraurbano EUDC, para certificar a los vehículos se establece este ciclo de conducción. Este tipo de ciclo debe contar con una duración de 20 minutos de viaje, la velocidad media debe ser de 31,6 Km/h y recorrer una distancia de 11Km.

Los ciclos de conducción se usan para evaluar a los vehículos en aspectos de reducción verificar el uso de combustible y la reducción de emisiones. No se puede adaptar a los patrones de conducción en una conducción real por la diferencia de zonas y rutas por el cambio de variables que afectan los ciclos de conducción.

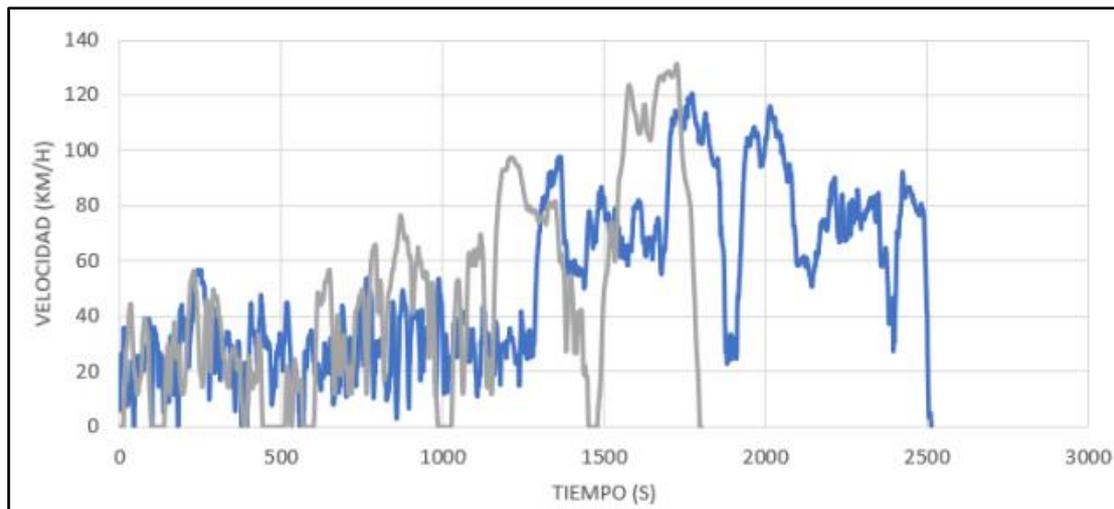
Los ciclos de conducción se clasifican en cuatro patrones de conducción:

- Frenar - avanzar: Donde la velocidad media del vehículo es menor a 20 km/h relativamente baja, en donde los factores relevantes son arrancar, detenerse, acelerar y desacelerar. Por lo general esta situación sucede cuando se encuentra en un congestionamiento.
- Urbano: La velocidad del vehículo se encuentra entre los 30km/h, realizando cambios de marcha, esto se lo realiza en una ciudad sin la existencia de tráfico u obstáculos.
- Suburbano: La rapidez media, debe encontrarse alrededor de 30 km/h, los cambios de marcha son mínimos de arranque y parada.
- Carretera: La rapidez es alta debe ser alrededor de 100km/h, no existe cambios de marcha ya que el vehículo se mantiene en altas velocidades (Wei y Dunant, 2016).

#### **2.4.1.2 Ciclo WLTP**

Durante el transcurso de los últimos años la normativa WLTC está siendo desarrollada como parte de la normativa WLTP. A partir de programas y equipos especializados se desarrolla esta normativa desde el año 2013, que permite evaluar diferentes ensayos para poder homologar los vehículos (Salazar y Quezada, 2023).

Si bien es cierto el ciclo WLTC es más cercano a una conducción realista, y es más apropiada para los vehículos debido a la ejecución de avances tecnológicos. Hoy en día se lo utiliza para realizar una medición adecuada de las emisiones de dióxido de carbono provenientes de un vehículo.



**Figura 2.9** Ciclo de conducción WLTP  
Fuente: (Montalvo, 2018)

Como se observa en la Figura 2.9, en este procedimiento existen cuatro partes que se las denomina como: bajo, medio, alto y extra alto. El ciclo WLTP están encargados de determinar la autonomía del vehículo y las emisiones de gases que se expulsan por el escape. La duración de la prueba debe ser de 30 minutos aproximadamente, la distancia recorrida es de 23,36 km, con velocidad máxima de 131,6 Km/h y velocidad media debe ser de 46,3 Km/h (Montalvo, 2018).

#### 2.4.2 FACTOR TIPO DE VÍA

El consumo de combustible y dispersión de gases contaminantes reducen mientras el vehículo mantiene su velocidad constante en la vía, por lo que la emisión de gases contaminantes se da por el cambio constante de marchas que se realiza a lo largo del recorrido. Lo que provoca la aceleración y desaceleración se produce por las irrupciones que pueden ser cruces en las vías, semaforización y atascos vehiculares a lo largo del trayecto.

Las vías urbanas son en las que se presentan el mayor número de paradas dadas por cruces de vías, redondeles, semáforos, reductores de velocidad, etc. El conductor debe desacelerar y acelerar constantemente (Martí et al., 2014).

La recopilación de datos para realizar los ciclos de conducción en una ciudad donde se transita las vías que tenga mayores paralizaciones y en horarios con más congestionamiento vehicular, y con estos datos en modo de conducción real conseguir resultados de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes con exactitud (Martí et al., 2014).

### 2.4.3 FACTOR TIPO DE VEHÍCULO

Cada uno de los vehículos influye de manera distinta a los patrones de conducción según la manera de uso, el peso, la potencia, etc. Los vehículos que se encargan de movilizar más peso son los que mayor consumo de combustible realizan y generan mayores emisiones de gases de contaminación, en el caso de los taxis al hacer recorridos por toda la ciudad diariamente provocan que los ciclos de conducción se vean afectados por aceleraciones y velocidad.

### 2.4.4 FACTOR HORARIO

Durante el día existen horarios de mayor y menor congestión vehicular. Se llama hora pico a las franjas horarias donde existe mayor congestionamiento vehicular en las vías por lo que la velocidad y aceleración de los vehículos se ve afectada. En la Tabla 2.4, se refiere a las franjas horarias según el plan de movilidad del cantón Ibarra.

**Tabla 2. 4** Horas tráfico vehicular

<b>Jornada</b>	<b>Hora</b>
Mañana	7:30am a 9:30 am
Tarde	14:00pm a 15pm
Noche	18:30pm a 20:00pm

**Fuente:** Movidelnor EP

En este proceso la elección de la hora para el estudio es de suma importancia, ya que cada vehículo cuenta con su propio patrón de conducción.

## 2.5 LA TECNOLOGÍA COMO SOLUCIÓN

La industria de la automoción mundial está experimentando actualmente grandes cambios relacionados con cuestiones como la contaminación ambiental, el calentamiento global, la generación de residuos o el envejecimiento de la sociedad en los países desarrollados. Por lo tanto, los aspectos relacionados con la protección del medio ambiente han ganado una atención considerable.

En los últimos años se ha proporcionado mucha atención a la tecnología híbrida. Un sistema híbrido se define como un tren de potencia que comprende dos fuentes diferentes de energía o propulsión que colaboran entre sí. Los vehículos eléctricos híbridos (HEV) contemporáneos pueden dividirse en tres clases diferentes en cuanto a su funcionalidad: híbrido suave, híbrido completo y microhíbrido.

Debido a la potencia de salida relativamente baja de la fuente de energía auxiliar (secundaria), los sistemas de arranque y parada entran en la categoría de microhíbridos. Su función es apagar automáticamente el motor en cada parada del vehículo. Para que esto suceda, deben cumplirse al mismo tiempo una variedad de condiciones necesarias. Se produce un reinicio del motor cuando el conductor desea continuar el viaje (Shi et al., 2023a).

Los sistemas start-stop brindan una economía de combustible considerable: en promedio en un ciclo urbano del 10 % y en condiciones de manejo extremadamente desfavorables, como ciudades congestionadas, hasta un 20 %. Hasta la fecha, esta solución ha sido introducida principalmente por fabricantes de vehículos de pasajeros, aunque también se conocen algunas aplicaciones en vehículos pesados (Tavana et al., 2024) .

El uso del sistema Start Stop ha dado lugar a soluciones en cuanto a las emisiones de estos vehículos. La inspiración para las pruebas realizadas por los autores fue demostrar la idea de adoptar el sistema de arranque y responder a la pregunta de que si dichas emisiones se reducen con una disminución en el consumo de combustible en el motor usando este sistema o no. La base de las mediciones realizadas son las pruebas en carretera en condiciones con alto flujo de tráfico.

### **2.5.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA START-STOP**

En un vehículo que cuente con tecnología Start-Stop, el motor se apagara en las paradas breves, como por ejemplo los semáforos para ahorrar combustible y disminuir CO<sub>2</sub> se disperse en la atmósfera (aprox. entre un 5 y un 10 %). Esto sin duda es un beneficio porque ayuda a la reducción de gases que están generando el calentamiento global.

El sistema start/stop es un sistema el cual permite el ahorro de combustible que se utiliza en los automóviles modernos, el sistema está diseñado para apagar automáticamente el motor del vehículo cuando este se detiene en un semáforo o en una situación de tráfico lento, y luego volver a encender el motor rápidamente al momento que el conductor presiona el pedal del acelerador para reanudar la marcha.

El sistema start/stop utiliza una serie de sensores para detectar la rapidez del vehículo, la temperatura del motor y otros factores para determinar cuándo se debe apagar y encender el motor. Cuando el motor se apaga, la batería y otros sistemas a bordo del vehículo siguen funcionando mediante un sistema de almacenamiento de energía.

El sistema start-stop es una tecnología popular en los automóviles recientes debido a su capacidad para reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases de escape. Al apagar el motor cuando el vehículo está detenido, se reduce el consumo de combustible y la dispersión de gases de escape en el tráfico lento. Sin embargo, algunas personas pueden encontrar molesto el hecho de que el motor se apaga y se enciende repetidamente durante la conducción en la ciudad.

La tecnología start-stop no es nueva, pero la instalación masiva es comenzó en el año 2013. La razón principal de este son los estándares en cuanto a las emisiones son más estrictas establecidos por el Parlamento Europeo.

Existen cuatro tipos principales del sistema Start-stop: accionamiento por Correa del arrancador-generator; arrancador de mayor potencia; no es encantador adaptativo; y arrancador-generator integrado (Shi et al., 2023b).

Los principales fabricantes de este sistema son Valeo, INA, Bosch, denso.

Los primeros desarrolladores de este sistema fueron Valeo. En el año 2004 se introdujeron los primeros automóviles Citroën con el sistema Valeo StARS, que fueron instalados hasta el 2007 (Shi et al., 2023b).

Los últimos generadores de arranque accionados por Correa utilizan la energía de frenado, a su vez también pueden ayudar con la aceleración automática. Por lo tanto, los autos que tienen instalado este tipo de Start-stop se puede clasificar en la clase de microhíbridos.

El sistema start/stop fue desarrollado por primera vez en la década de 1970 en la industria automotriz europea, como una solución para disminuir el consumo de combustible y las emisiones de gases de escape. En ese momento, los vehículos que usaban el sistema start-stop eran principalmente vehículos comerciales y de transporte público (Shi et al., 2023b).

Sin embargo, en los años 90, el sistema start-stop comenzó a ser utilizado en vehículos de pasajeros, principalmente en Europa. Fue en este momento cuando el sistema comenzó a ser más popular y ampliamente utilizado. Muchos fabricantes de automóviles comenzaron a desarrollar sus propios sistemas start-stop y a incorporarlos en sus modelos de vehículos.

En los últimos años, el sistema start/stop se ha convertido en una característica estándar en muchos modelos de vehículos nuevos, especialmente en Europa. La Unión Europea ha establecido regulaciones que exigen que los fabricantes de automóviles reduzcan las

emisiones de CO<sub>2</sub> que se dispersa en la naturaleza de todos los vehículos, en este sentido el sistema start-stop es una forma efectiva de cumplir con estas regulaciones (Shi et al., 2023c).

El sistema start-stop también ha ganado popularidad en otras partes del mundo, incluyendo América del Norte y Asia. En los Estados Unidos, el sistema start-stop se ha convertido en una característica común en los vehículos híbridos y eléctricos, ya que estos vehículos ya tienen una batería grande que puede alimentar los sistemas de a bordo mientras el motor está apagado (Shi et al., 2023c).

Además de reducir el consumo de combustible y las emisiones de los gases de escape, el sistema start-stop también ofrece otros beneficios. Por ejemplo, el sistema puede reducir el ruido en el interior del vehículo, ya que el motor se apaga cuando el vehículo está detenido, también puede reducir la fatiga del conductor al detener el motor.



**Figura 2. 10** Sistema start-stop  
Fuente: (Builys, 2015, pág. 168)

En la Figura 2.10, muestra los componentes y como activa el sistema start-stop, además la tecnología continuó evolucionando y mejorando en los siguientes años. En la década de 2000, la tecnología mejoró significativamente, lo que permitió que el sistema fuera más efectivo en reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases de escape. Además, el sistema se hizo más inteligente y sofisticado, lo que permitió que el motor se apagara y encendiera de manera más rápida y suave.

## 2.5.2 PRINCIPALES FABRICANTES DEL SISTEMA START/STOP

Las principales marcas en la actualidad encargadas de la fabricación y distribución de estos sistemas son:

### 2.5.2.1 Valeo

Se lo conoce como "Stars", su funcionamiento se basa en un solo motor eléctrico, el cual puede cumplir dos funciones, como alternador, siendo el generador de corriente para cargar la batería y como motor de arranque; cumpliendo estas funciones determinadas, dado por la transmisión de desplazamiento al cigüeñal en el instante de arrancar a través de la correa.

Además, este motor también transmite el movimiento a otros elementos tales como la bomba de agua, compresor y la bomba de dirección; uno de los principales de este sistema es que es muy silencioso, ya que a diferencia de un vehículo con sistema convencional este no tiene que engranar piñones. No obstante, la durabilidad de la batería está calculada para soportar un elevado número de cargas y descargas, debido a los constantes arranques y paradas del motor. Si esta no tiene la carga suficiente el sistema dejará de funcionar automáticamente (Tavana et al., 2024).

### 2.5.2.2 Bosch

Está diseñado para disminuir el gasto de combustible en las paradas del vehículo, conocido como Start-Stop. El mecanismo usa el sistema de arranque convencional de un vehículo, sin embargo, sumando un motor de arranque para poder resistir los continuos esfuerzos que se realizan. De la misma manera que el sistema de Valeo posee una batería capaz de tolerar un número elevado de cargas y descargas; está dotado de varios elementos electrónicos para informar a la unidad electrónica del estado en el que se encuentra (Tavana et al., 2024).

## 2.5.3 COMPONENTES

Los elementos eléctricos que conforman el sistema start/stop son: motor de arranque, batería, módulos y demás sistemas de conexión y transmisión de datos Motor (Insta, 2019). Los componentes principales del sistema Start-Stop descritos a continuación (Karrouchi et al., 2023)

1. **Sensor de posición del pedal del freno:** detecta cuando el conductor pisa el pedal del freno y envía una señal al sistema de gestión del motor.
2. **Sistema de gestión del motor:** controla el encendido y apagado del motor en función de la información recibida del sensor de posición del pedal del freno y otros sensores.

3. **Batería de alta potencia:** El sistema Start-Stop requiere una batería de mayor capacidad que las baterías convencionales, para poder arrancar el motor rápidamente después de que se haya detenido.

4. **Alternador inteligente:** El alternador del vehículo se modifica para que sea capaz de cargar la batería de manera más eficiente y rápida.

5. **Sensor de temperatura:** detecta la temperatura del motor y la batería para asegurarse de que están dentro de los límites seguros antes de apagar el motor.

6. **Sistema de frenos antibloqueo (ABS):** El sistema ABS ayuda a evitar que las ruedas se bloqueen y permite una parada más suave y segura del vehículo.

En resumen, cuando el conductor pisa el pedal del freno, el sistema de gestión del motor detiene el motor, y cuando el conductor suelta el freno, el sistema vuelve a encender el motor automáticamente. Esto reduce el consumo de combustible y las emisiones de gases de escape en situaciones en las que el vehículo se encuentra detenido temporalmente.

#### **2.5.4 MOTOR DE ARRANQUE PARA USO INTENSIVO**

En un motor de arranque para un sistema start-stop, el número de solicitudes para la puesta en marcha aumenta si se compran con él en auto convencional. Esto influye directamente en un mayor consumo de corriente.

El motor de arranque está basado en un motor eléctrico auxiliar que funciona por corriente continua con imanes de tamaño reducido, que se emplea para ayudar en el encendido del motor de combustión interna. (Insta, 2019). Por otro lado, es de suma importancia destacar que el motor de arranque llega a funcionar con ayuda de la batería del auto, ya que esta le genera y almacena la energía eléctrica necesaria para que este cause a su vez energía mecánica que se transmitirá al motor haciéndolo moverse. (Insta, 2019).

##### **2.5.4.1 Unidades de control**

El aparato de control electrónico es un elemento que adquiere señales del estado del vehículo en tiempo real, que pueden proceder de los diferentes subsistemas, específicamente del motor, es encargada de ejecutar operaciones que se basan en un algoritmo y ejecutar ejecución acciones a través de los actuadores del sistema (Insta, 2019).

**Batería:** El sistema start-stop produce un alto consumo de la energía de las baterías, esto se debe a que al momento de arrancar el vehículo se lo hace algunas veces al día. Si se lo compra con la batería convencional, que son las que se utilizan en sistemas star stop, que tienen como función principal encender el motor un elevado número de veces y a su vez tenerlo apagado por tiempos largos (Insta, 2019).

**Red de a Bordo:** Dispositivos que ayuda a tomar señales del medio, en tiempo real del auto, que provienen de diferentes subsistemas, específicamente del motor, que se encada de reducir operaciones que se basan en algoritmos para la ejecución de acciones por medio de los actuadores. (Insta, 2019).

#### 2.5.4.2 Funcionamiento

El sistema Start-stop más común es un impulsor de generador de arranque por correa. Se puede entender que el trabajo principal en el reinicio del motor lo realiza el generador de arranque. es realizado por el módulo de control que envía una señal al generador, que arranca con un motor eléctrico el motor y la transmisión por Correa gira el cigüeñal.

El sistema star-stop fue creado para ahorrar el combustible del auto por medio de un apagado automático del motor interno por tiempos de fases estáticos, cuando no se realiza tracciones y volviendo a reiniciarse cuando se requiera. La desactivación del motor por parte del sistema es realizada al cortar la alimentación desde la batería a las bobinas de encendido, provocando que no se provoque el salto de chispa, apagando el motor, Por otra parte, al requerir que el motor de combustión vuelva a encender es necesario activar el motor de arranque (Zhang et al., 2024).

El sistema Start-stop llega a arrancar únicamente cuando el motor llega a una temperatura de funcionamiento es por eso por lo que si se quiere arrancar un motor que ya este con una temperatura elevada no es necesario utilizar combustible. También entrara en ignición el motor en los cuatro eventos de punto muerto (PMS). Lo que se gasta de combustible llega a limitarse a un volumen mínimo para poder dar carga a los tres eventos PMS. Si se llegara a tener en cuenta la cantidad de combustible que se puede utilizar en el motor al ralentí, es suficiente que esté permanezca apagado más de 2,9 segundos para ahorrar combustible incluso si se arranca (Zhang et al., 2024).

#### 2.5.4.3 Condiciones

El sistema start stop, que arranca el motor solo cuando es necesario para realizar el

trabajo; esto para controlar las muestras de los automóviles: dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, monóxido de carbono CO, hidrocarburos HC, el material particulado PM y los óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub> depende de muchos parámetros o condiciones: volumen de tráfico, número de intersecciones, qué modelo de automóvil, tipo de motor, tamaño de motor, estado de los motores, qué tipo de transmisión, sistema de neutralización de gases, peso del vehículo como estilo de conducción, rapidez media de conducción, tipo y estado de neumáticos, parámetros de equipamiento interno utilizado y consumo de energía (Wang et al., 2024).

Desde un punto científico, el aspecto más importante son las emisiones de gas carbónico y la nocividad en el medio ambiente. Pero lo más importante para el usuario es la fiabilidad y la utilidad del sistema. Por lo tanto, se realiza el estudio sobre la utilidad y la confiabilidad del sistema start-stop (Wang et al., 2024).

## **2.6 DISPOSITIVOS DE MONITOREO**

Son elementos utilizados en mediciones, control de datos de un proceso con la finalidad de dar optimización en recursos utilizados en un auto en tiempo real al conducirlo. Los datos que se recogen al momento de conducir en forma real se miden con respecto al tiempo, velocidad etc (Adolfo et al., 2015).

Estos sistemas que son de forma portátil se utilizan con el fin de poder realizar mediciones que se generan de autos. Para obtener y medir datos con la finalidad de determinar cómo se comporta este medio en diferentes pruebas de conducción en la vida cotidiana (Adolfo et al., 2015).

### **2.6.1 DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN PEMS**

Estos dispositivos se caracterizan porque permiten realizar las mediciones en tiempo real, controlar el rendimiento de emisiones, probar la conformidad en el servicio europeo, esta técnica que se realiza para las mediciones de CO<sub>2</sub> al ambiente por parte de estos equipos PEMS se conocen como NDIR (Kindelán 2016). Las partes esenciales en este tipo de sensores no dispersan NDIR son: lámpara de infrarrojos, filtro para la longitud de onda, detectas de infrarrojos. (Pulles 2012).

#### **2.6.1.1 Registro consumo de combustible**

Con la forma adecuada en los procesos y las herramientas se puede permitir la realización en la forma de medir las emisiones de los gases contaminantes y el nivel de consumo real

de combustible. Es este dispositivo también se logran registrar datos para obtener los valores instantáneos, donde el uso de software se realiza la importación de esta en base de datos para realizar un acertado análisis.

El sistema operativo de los dispositivos funciona tanto para: Windows, Android, Mac, IOS. Cada software está diseñado para realizar tareas específicas, entre las que se puede mencionar la programación, recopilación y manejo de base de datos, etc., como por ejemplo Rstudio, Excel, SPSS, google Earth pro, TSI LogView, que en su mayoría son de uso libre (Elías et al., 2015).

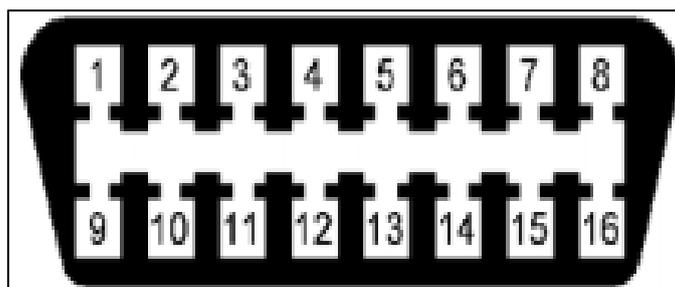
En la actualidad se puede hacer uso de aplicaciones para teléfonos celulares, hay un gran conjunto de aplicaciones compatibles con los sistemas operativos antes mencionados, para este estudio de pruebas on board para el monitoreo de emisiones de gases y consumo de combustible y la lectura de datos del dispositivo GPS se puede vincular con varias aplicaciones de uso libre, por ejemplo, infocar, car scanner, torque (Elías et al., 2015).

### **2.6.2 SISTEMAS DE REGISTRO DE DATOS OBD II (DATA LOGGER)**

El sistema OBD II es el que se encarga de monitorear en todo instante los elementos que influyen en la generación de gases generados por quemar el combustible en el interior del motor, además controla el correcto funcionamiento y desempeño del vehículo mediante los sensores (Yadav & Sakle, 2023).

La conexión con la computadora del vehículo se realiza por medio de protocolos, que son los siguientes.

- ISO-9141 -2: Se utiliza en vehículos asiáticos y europeos.
- SAE-J1850 VPW: Su funcionamiento se realiza mediante las pulsaciones variable siendo usado por General motors – USA.
- SAE-J1850-PWM: Funciona por módulo de ancho de pulso es utilizado por Ford-USA.
- KWP-1281 y KWP-2000: Lo utiliza el grupo VAG.
- ISO-14230: Se lo utiliza en los vehículos del grupo Renault.



**Figura 2. 11** Puerto OBD II del automóvil  
**Fuente:** (Abelardo Gárate Montalvo, 2018, pág. 6)

En la Figura 2.11, se indica el diagrama del conector OBD II estándar, este puerto OBD es importante, ya que permite tomar mediciones y gestionar los estados en los que se encuentra el vehículo, haciendo más fácil la gestión de flotas. Es necesario mantener monitoreado el funcionamiento del vehículo en tiempo real se ha incrementado por lo que se ha creado un dispositivo capaz de dar información acerca del consumo de combustible, emisiones de gases y recorrido del vehículo, también registra información de operación, por ejemplo, la rapidez, las revoluciones del motor, la temperatura del refrigerante, el voltaje de la batería, códigos de fallas. Los datos se cargarán al servidor de vigilancia celular o Computadora mediante red inalámbrica (bluetooth o red wifi). El dispositivo de monitoreo es muy útil para detectar la contaminación, el consumo, la advertencia de un incorrecto funcionamiento del automóvil, el diagnóstico remoto y reparaciones rápidas en el camino.



**Figura 2. 12** Dispositivo ELM327

En la Figura 2.12, se observa los dispositivos que se usan para realizar el monitoreo de los datos antes mencionados los cuales son datos en tiempo real para los diferentes tipos de conducción.

## 2.7 APLICACIÓN PARA REALIZAR CONFIGURACIÓN Y LECTURA DE LOS DATOS REGISTRADOS EN LOS DISPOSITIVOS

Para efectuar la descarga de los datos recopilados, es necesario que el dispositivo requiera de un software en el cual se puede representar los datos registrados luego de monitorear el vehículo.

### 2.7.1 SOFTWARE R STUDIO

Este tipo de programa utiliza un lenguaje de programación que puede llegar a mantenerse para el computo de estadísticas y Figuras (Santana y Farfán, 2014). Concede al usuario la capacidad de programas una serie de instrucciones de forma adecuada y organizada, concentrándose en el manejo, análisis, procesamiento y visualizar los datos

Una vez instalado el programa RStudio, se puede ver que tiene el siguiente aspecto como se muestra en la Figura 2.13 con cuatro consolas o ventanas.

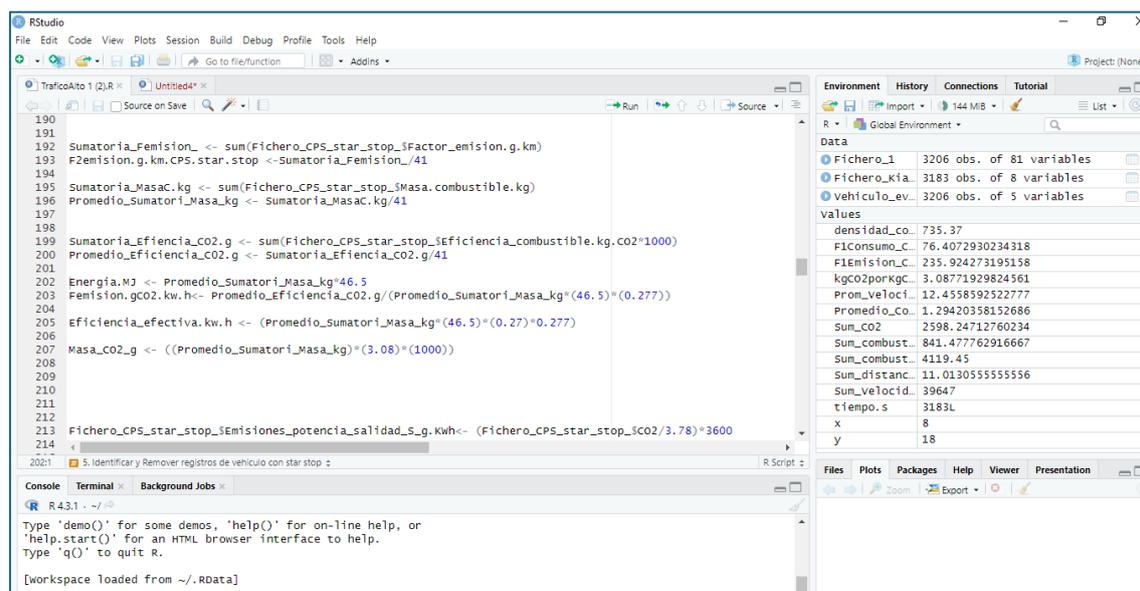


Figura 2. 13 Software Rstudio

Como se observa en la Figura 2.13, RStudio se basa fundamentalmente en el entorno de desarrollo IDEI para R, es de tipo libre para sistemas operativos Windows, MacOS y Linux (RStudio Team, 2020). El IDEI está formado por:

**Editor de texto:** está diseñado para poder escribir de forma organizada instrucciones. Ni algún tipo de formato como negrillas, centrado en otras palabras archivos en forma de texto plano

**Compilador:** se encarga de realizar la traducción que se da en R a códigos de máquina,

para su interpretación y ejecución. Primero se debe comprobar la sintaxis en el código visualizando que no existan errores, para poder ejecutarlo y al final revolver resultados.

**Depurador:** su función se basa en la apreciación e identificación de errores dentro del código. De haberlo nos muestra la posición de este, y una posible causa.

**Interfaz Figura:** ayuda a permitir una versatilidad y comodidad pues indican un entorno agradable. Ayuda al individuo a interactuar de forma accesible al computador, por el programa está lleno de iconos y menús, es por ello por lo que se desarrolla el manual que se visualiza a continuación, donde están abordadas características importantes:

Para poder instalar el software se procede a descargar el paquete de R desde la página oficial. Además, es un entorno de desarrollo más amigable que permite realizar diferentes cosas basadas en lenguaje R. Es una versión libre que se puede descargar de la página web del programa (Takayanagi, 2023)

## 2.7.2 SOFTWARE EXCEL

Microsoft Excel es un programa de cálculo constituido por hojas, que tiene como función el análisis de datos numéricos. Nos ayuda a la creación, visualización, edición y compartir archivos de una forma rápida, adema permite la ejecución de operaciones matemáticas como operaciones básicas, logísticas, estadísticas etc. (Takayanagi, 2023).

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with a spreadsheet titled 'gps datos tesis'. The spreadsheet has columns labeled A through P. Column A contains the text 'INDEX,RCR,UTC DATE,UTC TIME,LOCAL DATE,LOCAL TIME'. Column B contains values from 1 to 22. Column C contains values from 5 to 12. Column D contains values from 12 to 20. Column E contains values from 2 to 15. Column F contains values from 15 to 11. Column G contains values from 11 to 19. Column H contains values from 19 to 24. Column I contains values from 24 to 17. Column J contains values from 17 to 25. Column K contains values from 25 to 28. Column L contains values from 28 to 24. Column M contains values from 24 to 6. Column N contains values from 6 to 23. Column O contains values from 23 to 69. Column P contains values from 70 to 70. The taskbar at the bottom shows the R logo among other applications.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
INDEX,RCR,UTC DATE,UTC TIME,LOCAL DATE,LOCAL TIME,MS_VALID,LATITUDE,N/S, LONGITUDE,E/W,HEIGHT,SPEED,HEADING,DSTA,DAGE,PDOP,HDOP,VDOP,NSAT,SID,Elevation,Azimuth,SNR,Distance,															
1,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	24	17	25	28	6	23	69	70
2,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	24	17	25	28	6	23	69	70
3,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	24	17	25	28	6	23	69	70
4,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	24	17	25	28	6	23	69	70
5,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
6,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
7,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
8,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
9,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
10,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
11,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
12,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
13,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
14,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
15,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
16,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	73
17,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	73
18,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	73
19,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	73
20,T,2022/8/1	5	12	20	2	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	73
21,T,2022/8/1	5	12	2	20	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
22,T,2022/8/1	5	12	2	20	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70
23,T,2022/8/1	5	12	2	20	15	11	19	17	25	28	24	6	23	69	70

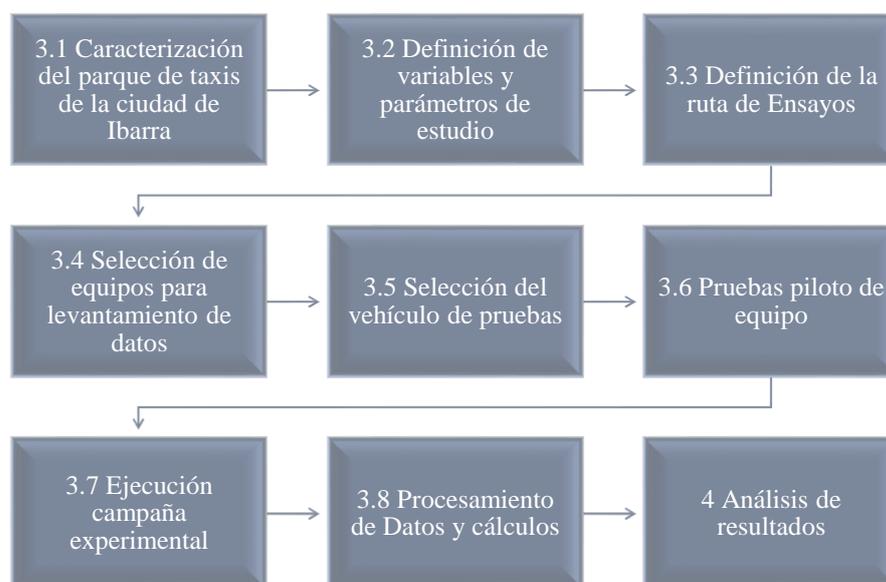
Figura 2. 14 Microsoft Excel

Como se aprecia en el Figura 2.14 donde se aprecia los índices que conceden manipular el software de la manera apropiada para la manipulación de datos. Convirtiendo los archivos de formato “csv” en archivos de formatos “xlsx”.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente estudio en el cual se procedió a realizar un análisis de factor de emisiones y consumo de combustible en vehículos livianos de transporte terrestre, por lo que se planteó ocho pasos fundamentales los cuales son presentados en el siguiente flujograma:



**Figura 3.1** Cronograma de aplicación del estudio

**Fuente:** Elaborado por el autor

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE DE TAXIS DE LA CIUDAD DE IBARRA

Para caracterizar el medio automotor de taxis en la ciudad de Ibarra fue necesario solicitar a Movidelnor EP la información necesaria acerca del número exacto de cooperativas habilitadas y vigentes. A continuación, se pudo identificar el número total de taxis en la, en los que se obtuvo información sobre cuáles son las diferentes marcas y modelos que son utilizados como unidades de taxis según sus cooperativas. En la Tabla 3.1, se muestra cómo se encuentra divididas entre taxis convencionales y ejecutivos, con 59 cooperativas, dando como resultado un total de 1423 unidades de taxis en la ciudad de Ibarra (GAD Ibarra, 2020).

**Tabla 3. 1** Cooperativas de taxis

Compañía	Cooperativas habilitadas	Número de taxis
Convencionales	46	1033
Ejecutivos	13	391
<b>Total</b>	59	1424

Fuente: Movidelnor EP

### 3.1.1 OPERADORAS DE TAXIS EN LA CIUDAD DE IBARRA

Como modelo de transportación público, las cooperativas de taxis en Ibarra, al igual que en muchas otras ciudades, juegan un rol de importancia en la movilidad de los ciudadanos; en Ibarra, hay varias cooperativas de taxis que ofrecen servicios de transporte en diferentes zonas de la ciudad.

Estas cooperativas generalmente operan mediante una flota de vehículos que trabajan en conjunto, proporcionando servicios de transporte a los usuarios que solicitan un taxi, los usuarios pueden llamar a las cooperativas para solicitar un taxi o pueden encontrarlos en diferentes paradas de taxi en la ciudad.

Algunas cooperativas de taxis en Ibarra también han adoptado tecnologías modernas, como aplicaciones móviles, para ofrecer servicios de transporte más eficientes y mejorar la experiencia del usuario.

Sin embargo, como en cualquier modelo de transporte, las cooperativas de taxis también enfrentan desafíos, como la congestión del tráfico, la competencia con otras formas de transporte, la seguridad vial y la sostenibilidad ambiental.

Por lo tanto, es importante que las cooperativas de taxis trabajen en conjunto con las autoridades locales para mejorar la planificación del transporte y garantizar un servicio seguro y sostenible para los ciudadanos. En la ciudad de Ibarra, existen varias operadoras de taxis que ofrecen servicios de transporte público a los ciudadanos y visitantes.

Algunas de las principales cooperativas de taxis en Ibarra son:

1. **Cooperativa de Taxis Mariano Acosta:** Esta es una de las cooperativas de taxis más grandes de la ciudad en Ibarra, cuenta con una flota de vehículos modernos y ofrece servicios de transporte urbano e interprovincial.
2. **Cooperativa de Taxis Lagos de Ibarra:** Esta cooperativa cuenta con una flota de vehículos modernos y bien mantenidos, que ofrecen servicios de transporte urbano y también viajes interprovinciales.

3. **Cooperativa de Taxis Ajavi:** Esta cooperativa ofrece servicios de transporte urbano en Ibarra, y cuenta con vehículos cómodos y seguros.
4. **Cooperativa de Taxis San Vicente:** Esta cooperativa ofrece servicios de transporte urbano en Ibarra.

Además de estas cooperativas, también existen muchas otras pequeñas empresas de taxis y conductores independientes que ofrecen servicios de transporte en Ibarra, los taxis son una forma popular de moverse en la ciudad, especialmente para aquellos que no tienen acceso a un vehículo propio o prefieren no usar el transporte público (*Ver anexo 1*).

### **3.1.2 CUANTIFICACIÓN POR MODELOS Y MARCAS EN LAS COOPERATIVAS DE TAXIS EN LA CIUDAD.**

Al realizar una cuantificación de marcas y modelos dentro de las cooperativas de Ibarra, con esta información que se obtuvo con anterioridad en Movidelnor EP sobre el número total de vehículos que son usados como taxis en Ibarra, luego se procedió a realizar la cuantificación y su respectiva clasificación con base en los modelos y marcas del vehículo, donde se identifica cuáles son las unidades usadas como taxis más comunes en marca y modelo de fabricantes, con la información ya clasificada otorgada por la agencia.

#### **3.1.2.1 Tipo de marca**

Es una característica de acuerdo con la marca de fabricación de los vehículos usados como taxis permitiendo establecer la marca con mayor instancia en la flota de taxis de Ibarra.

En la Tabla 3.2; se aprecia que dentro de la ciudad de Ibarra existen varias marcas de fabricantes de vehículos sedan, que son utilizados como taxis, de las que en mayoría los mayores fabricantes son Chevrolet y Hyundai; seguido por marcas como Nissan y Kia.

**Tabla 3.2** Unidades de taxis según la marca del vehículo

<b>MARCA</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Nissan	143	17%
Hyundai	222	27%
Chevrolet	291	36%
Kia	86	11%
Great Wall	19	2%
Renault	58	7%

**Fuente:** Movidelnor EP, 2021

### 3.1.2.2 Modelo

Las características del parque automotor de taxis al respecto con el modelo por fabricante resultan que en su mayoría dentro del sector automotriz de taxis fueron los vehículos nissan con el modelo Sentra, seguido por el Chevrolet Aveo family, y Chevrolet getz; los demás modelos como Kia rio, Renault Logan, Chevrolet Aveo emotion, y Hyundai Accent 1,6 coparon la demanda para vehículos que se utilizan como taxis, mientras que. demás modelos son utilizados en menor porcentaje. En la Tabla 3.3, indica los índices por modelo de los vehículos.

**Tabla 3.3** Unidades de taxi según el modelo

MARCA	MODELO	POTENCIA DEL MOTOR (HP@rpm)	PAR MAXIMO (Nm@rpm)	UNIDADES
Chevrolet	Aveo emotion 1.6l gls	103@6000	151@3750	28
Chevrolet	Aveo activo 1.6l tm std	103@6000	155@4000	20
Chevrolet	Aveo family 1.5l tm	83@5600	128@3000	119
Chevrolet	Optra 1.8l tm	121@5800	165@3600	27
Nissan	Sentra 1.6l	129@6000	175@3600	138
Kia	Cerato std ac1.6l 4p	126@6300	154@4850	8
Kia	Rio ex ac 1.4l 4p tm	121@6000	135@4000	60
Great Wall	Soueast a5	118@6000	143@4500	19
Renault	Logan 1.6 tm std	85@5250	131@2750	58
Hyundai	Accent taxi 4p 1.6	121@6300	111@4850	123
Hyundai	Getz 5px 1.6	105@5800	144@3200	99

Fuente: Movidelnor EP, 2021

## 3.2 VARIABLES Y PARÁMETRIZACIÓN DE ESTUDIO

Para definir las variables y parametrización del estudio realizado se tomó en cuenta varios campos de suma importancia: la cinemática del vehículo y los consumos instantáneos de combustible.

### 3.2.1 VARIABLES CINEMÁTICAS

Para estar al tanto de la cinemática del vehículo durante la jornada de labores diarias se debe tener en cuenta cuales son los datos fundamentales, los cuales son detallados a continuación.

### 3.2.1.1 Distancia

La distancia (d) medida en metros (m), se la utilizó para la determinación cuál es el punto exacto en la cual se encuentra el vehículo, que comprende longitud y latitud, son medidas en grados decimales (GD) y altura (h) que se la expresa en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). La cual permitió conocer el desplazamiento que realizó el taxi durante el recorrido desde que se inició hasta que finalizó el monitoreo.

### 3.2.1.2 Tiempo

Tiempo (t) expresado en segundos (s), se usó con el fin de terminar la duración del recorrido del taxi y la distancia total recorrida durante un traslado. Se estimó que al finalizar un recorrido transcurre un tiempo determinado de parada para continuar con la siguiente; el tiempo de recorrido está ligado directamente a la distancia entre el inicio y fin del recorrido.

### 3.2.1.3 Velocidad

La velocidad instantánea (v) que se la expresada en (km/h) la cual logró determinar el estado del auto durante un determinado periodo de tiempo (un segundo). Desde la ecuación 2.1 se calculó la velocidad instantánea del taxi.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t} \quad [2.1]$$

Donde:

$v \rightarrow$  Velocidad instantánea (km/h)

$\overrightarrow{\Delta r} \rightarrow$  Cambio del vector posición

$\Delta t \rightarrow$  Cambio de tiempo (s)

El promedio de la rapidez de la ruta pudo calcularse con la finalidad de conocer la velocidad máxima en los tramos, para la realización de los cálculos se utiliza la siguiente ecuación 2.2, que se encuentra en función de una sumatoria de las velocidades promedio

$$V_{promedio} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{di}{ti} \quad [2.2]$$

Donde:

$V_{promedio}$  → Velocidad promedio por tramo recorrido

$d_i$  → Distancia

$t_i$  → Tiempo

$i$  → Número de taxis

### 3.2.1.4 Aceleración

La aceleración ( $a$ ) se la expresa en ( $\frac{m}{s^2}$ ), con este dato se determinará el estado de la forma de conducir de cada conductor en un periodo de tiempo 1 segundo (s), de manera que el margen de error sea bajo para posteriores cálculos a realizarse.

$$a = \frac{v_f - v_0}{\Delta t} \quad [2.3]$$

Donde:

$a$  → Aceleración instantánea ( $m/s^2$ )

$v_f$  → Velocidad final.

$v_0$  → Velocidad inicial.

$\Delta t$  → Variación de tiempo (1 segundo).

Donde procede a calcular la aceleración y desaceleración que se experimenta en los taxis.

$$a_{promDia} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a \quad [2.4]$$

Donde:

$a_{promDia}$  → Aceleración promedia.

$a$ : → Aceleración instantánea del viaje.

$j$ : → Unidad de taxi.

$$d_{promDia} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d \quad [2.5]$$

Donde:

$d_{PromDia}$  → Desaceleración promedio

$d$  → Desaceleración instantánea de viaje.

$j$  → Unidad de taxi.

### 3.2.2 ESTADOS DE CONDUCCIÓN

Los estados en la forma de conducir lograron la determinación de cuál es el comportamiento o el estilo al momento de conducir en la Ibarra, para poder tener conocimiento de la importancia de la contaminación ambiental que se genera por gases de invernadero y consumo de combustible. Los estados de conducción son: **Aceleración (EA)**, **Desaceleración (ED)**, **Crucero (EC)**, **Ralentí (ER)**; donde se calculó por medio de las ecuaciones mencionadas a continuación.

$$E_R = \sum_{i=1}^n \frac{T_{Ri}}{T_{ri}} * 100\% \quad [2.6]$$

Donde:

$E_R$  → Porcentaje de duración en ralentí.

$T_{Ri}$  → Tiempo de duración en ralentí.

$T_{ri}$  → Tiempo total de viaje.

$$E_c = \sum_{i=1}^n \frac{T_{Ci}}{T_{ci}} * 100\% \quad [2.7]$$

Donde:

$E_c$  → Porcentaje de duración en crucero.

$T_{Ci}$  → Tiempo de duración en crucero.

$T_{ci}$  → Tiempo total de viaje.

$$E_A = \sum_{i=1}^n \frac{T_{Ai}}{T_{Ai}} * 100\% \quad [2.8]$$

Donde:

$E_A$  → Porcentaje de duración en aceleración.

$T_{Ai}$  → Tiempo de duración en aceleración.

$T_{Ai}$  → Tiempo total de viaje.

$$E_D = \sum_{i=1}^n \frac{TD_i}{TD_i} * 100\% \quad [2.9]$$

Donde:

$E_D$  → Porcentaje de duración en desaceleración.

$T_{Di}$  → Tiempo de duración en desaceleración.

$T_{Di}$  → Tiempo total de viaje.

Las condiciones para los estados de marcha se muestran en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4** Cambios cinemáticos del vehículo

Aceleración	$\alpha \geq 0.1 \text{ m/s}^2$	Promedio ( $a$ ), proporción del tiempo ( $P_a$ )
Deceleración	$\alpha \leq 0.1 \text{ m/s}^2$	Promedio ( $d$ ), proporción del tiempo ( $P_d$ )
Rapidez crucero	$\alpha \leq  0.1 \text{ m/s}^2 , v > 5 \text{ m/s}$	Proporción del tiempo ( $P_c$ )
Modo lento	$\alpha \leq  0.1 \text{ m/s}^2 , v < 5 \text{ m/s}$	Proporción del tiempo ( $P_{cr}$ )
Ralentí	$v = 0$ (motor en marcha)	Proporción del tiempo ( $P_r$ )

**Fuente:** (Salazar y Quezada, 2023)

Las mediciones en los diferentes estados de la marcha pudieron permitir realizar códigos en la programación de Rstudio. Los códigos deben aplicarse en cada registro que fue dado por el GPS. Para que todo esto pueda realizarse en condiciones adecuadas es necesario aplicar comandos en el lenguaje de Rstudio

### 3.2.3 VARIABLES DE MOTOR

Para realizar el cálculo del consumo instantáneo de combustible en cada ciclo de manejo es necesario saber cuáles son los datos para obtener el estimado del consumo, entre los que se detallan a continuación.

- **Volumen de gasolina:** Volumen ( $v$ ) que se la expresa en milímetros (ml) para así obtener el estimado del consumo del vehículo.
- **Flujo volumétrico:** El flujo volumétrico ( $Q$ ) que es expresado en milímetros sobre segundos (ml/s) para saber cuál es la cantidad de combustible que pasa hacia la cámara de quema en un determinado intervalo de tiempo.
- **Caudal másico:** El caudal ( $\dot{m}$ ) el cual se lo expresa en miligramos sobre segundos (mg/s), este dato ayuda a saber cuál es el consumo de combustible en las unidades

de masa en un tiempo estimado.

$$m_i = \frac{d \cdot V_i}{1000 \cdot 60} \quad [2.10]$$

Donde:

$m_i$  → Masa de gasolina instantánea (g)

$d$  → Densidad de la gasolina (Kg/m<sup>3</sup>)

$V_i$  → Volumen de gasolina instantáneo (m<sup>3</sup>)

1000 → Factor de conversión de Kg a g

60 → Factor de conversión de min a s

El combustible más usado por los taxis es la gasolina extra de 87 octanos. Por lo tanto, para el combustible en Ecuador se toma como valor de densidad es de 720 Kg/m<sup>3</sup> El volumen instantáneo se obtiene de la tasa de flujo de combustible que esta expresada en L/h. A continuación, se muestra la ecuación química de la nafta que se empleó.

$$C_x H_y = \frac{gCO_2}{gCombustible} = \frac{44}{12 + \frac{y}{x}} \quad [2.11]$$

La ecuación 2.18 enseña que el hidrocarburo (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) es equivalente a los gramos de CO<sub>2</sub> dividida para los gramos de combustible. En este estudio se utilizó gasolina extra, cuya formula es C<sub>7,2</sub>H<sub>14</sub>, lo que señala que se forma por 7,2 átomos de carbono y 14 átomos de hidrógeno. Luego de remplazar los valores en la ecuación, resulta que por cada 1000g de combustible se forman 3155.37g de CO<sub>2</sub>.

En seguida, el valor que se obtuvo de CO<sub>2</sub> se multiplico al flujo de masico de combustible para así obtener el dato de consumo de combustible.

$$CO_{2i} = \frac{m_i \cdot 3155,378}{1000} \quad [2.12]$$

Donde:

CO<sub>2</sub>: emisiones de masa de CO<sub>2</sub> instantánea (g)

Posteriormente, en el análisis de resultados es de suma importancia comparar los estados de conducción realizados en el taxi, en las distintas franjas horarias con relación a los estados de conducción promedio del taxi. Por lo que se emplearon las ecuaciones que se detallan a continuación para establecer la permanencia promedio de los estados de

aceleración, desaceleración, crucero y ralentí.

### 3.2.4 RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES

Para determinar los factores promedios de consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> empleando las siguientes ecuaciones. El factor de consumo específico de combustible por distancia o tiempo para el recorrido, en que se representa la masa de combustible que se consume por kilómetro recorrido, se calcula de la siguiente manera.

#### a) Tasa promedio de consumo de combustible

$$Tpc = \frac{\sum F}{n(t)} \quad [2.13]$$

Donde:

F → Tasa de masa instantánea consumida.

n, (t) → Número de elementos o tiempo.

Tpc → (g/s)

#### b) Factor de consumo de combustible

$$F_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^{N_x} m_{i,x}}{\sum_{i=1}^{N_x} d_{i,x}}, \quad x = u, r, a \quad [2,14]$$

Donde:

m<sub>i,x</sub> → Masa instantánea de consumo (g/s)

d, t → Distancia, (km)

F<sub>cc</sub> → (g/km)

#### c) Tasa promedio de emisiones de CO<sub>2</sub>

$$F_{e\ CO_2} = \frac{\sum_{i=1}^{N_x} CO_{2,i,x}}{\sum_{i=1}^{N_x} d_{i,x}} \quad x = u, r, a \quad [2,15]$$

Donde:

CO<sub>2</sub> → Masa instantánea de emisiones de CO<sub>2</sub>. (g/s)

d → Distancia (km)

F<sub>e CO<sub>2</sub></sub> → (g/km)

### 3.2.5 ESTIMACIÓN DE POTENCIA DE LA BATERÍA

En el presente estudio se simula el funcionamiento de la batería de arranque de un auto para lo cual es importante determinar la potencia que este genere al realizar el arranque del vehículo, que se puede determinar con las siguientes fórmulas.

El proceso para determinar la potencia mínima requerida en el motor de arranque en la cual se da uso de la ecuación de par de resistencia del motor, la cual se representa en kilogramos fuerza por metro.

$$Cm = K * Vt \quad [kgf * m] \quad [2.16]$$

Donde:

$Cm$  → Potencia mínima

$K$  → 5 Constante

$Vt$  → Cilindrada del vehículo

Para obtener la potencia útil o requerida en los motores eléctricos de máquinas térmicas para así generar los KW iniciales, se toma en cuenta la rapidez de rotación, con la ecuación:

$$Wv = \frac{Cm * n}{716,2} * 0,736 \quad [KW] \quad [2.17]$$

Donde:

$Cm$  → Potencia mínima

$n$  → rpm (150 al arrancar)

Para el cálculo de la potencia del arranque se utiliza el factor de seguridad de 2 con un rendimiento del motor de arranque de 0,8.

$$Wa = \frac{A * Wv}{\eta} \quad [KW] \quad [2.18]$$

Donde:

$Wv$  → Potencia útil

$\eta$  → Rendimiento del motor

A → Factor de seguridad

Se obtiene la potencia mínima necesaria durante el instante del arranque.

$$W = Wv + Wa \quad [KW] \quad [2.19]$$

Donde:

Wv → Potencia útil

Wa → Potencia de arranque

Con este valor se encuentra la corriente en amperios, el cual circula por el motor de arranque en el instante de su activación, se toma el voltaje nominal de 12V.

$$I = \frac{W}{V} \quad [A] \quad [2.20]$$

Donde:

W → Potencia mínima

V → Voltaje

Se asume que cada arranque dura un segundo, el consumo de corriente en tiempo.

$$Ia = \frac{I}{t} \quad [Ah] \quad [2.21]$$

Donde:

I → Corriente

T → Tiempo (3600)

Para el uso de arranque es un vehículo con sistema start/stop se multiplica por el número de procedimientos

$$\sum_{i=1}^n Ip = Ia * z \quad [Ah] \quad [2.22]$$

Donde:

Ia → Corriente

z → Número de arranques

### 3.3 DEFINICIÓN DE LA RUTA DE ENSAYOS

Para definir la ruta se seleccionó un recorrido de tráfico real, para obtener los datos experimentales bajo diferentes condiciones de circulación en varias vías de la ciudad de Ibarra. Por lo que se procede a realizarse dentro de la ciudad el ciclo urbano, donde se determina el tipo de vía e intensidad del flujo de vehículos a lo largo de la ruta elegida. Estas vías deben ser utilizadas comúnmente por personas para la realización de sus actividades diarias, como por ejemplo desplazamiento casa – trabajo, realizar compras y vida social.

Se midió el consumo de combustible y las emisiones que fueron causadas por el CO<sub>2</sub> en condiciones reales, donde se trazó una ruta de ensayos, cada tramo tuvo una distancia mínima de 11km, un tiempo total de recorrido entre 60 a 120 minutos, con límites de rapidez establecidos para cada tramo 60 Km/h máximo para el sector urbano. Para esta investigación tuvo como objetivo medir el consumo de combustible y estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> en conducción dentro de la ciudad, para lo cual fue necesario trazar la ruta de acuerdo con la conectividad entre las vías y los horarios de circulación vehicular.



Figura 3.2 Ruta seguida por el taxi

Fuente: Elaborado por el autor

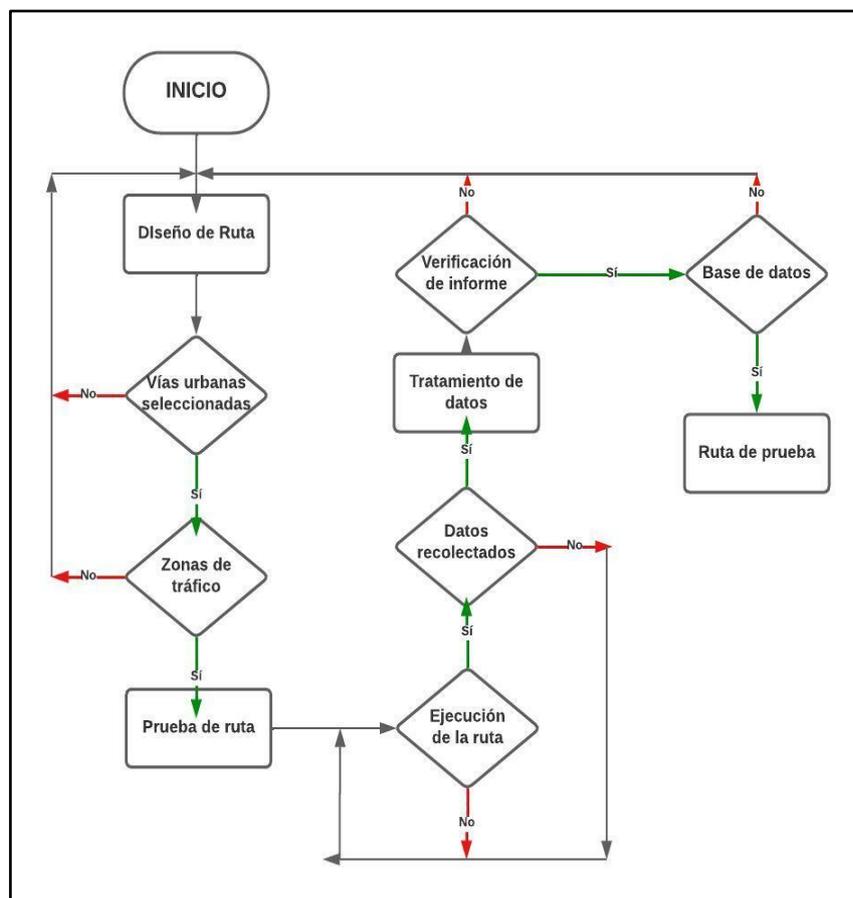
La Figura 3.2, indica el trayecto que se ejecutó con la aplicación de Google maps, donde se determinó el trayecto seguido al momento de iniciar las pruebas en el vehículo, además, se dio cumplimiento con varios factores establecidos en la normativa con la distancia y tiempo.

La ruta se inició y se finalizó en la avenida 17 de Julio frente a la Universidad Técnica del Norte

### 3.3.1 PLANIFICACIÓN DE HORARIOS DE RUTAS

Es el proceso donde se realizó el trazado de las rutas de pruebas sobre un mapa, identificando previamente cuales son las vías con mayor congestión vehicular. Por ende, este sistema de planificación de rutas permitió calcular el consumo de combustible y las emisiones por el CO<sub>2</sub>, por lo tanto, cumplió con los objetivos de esta investigación.

Como se puede identificar en el Figura 3.3, donde se determinó los parámetros de una ruta, es un proceso complejo que implicó la selección cuidadosa de las vías, los vehículos y el equipo de medición, la realización de pruebas bajo condiciones controladas, el análisis de los datos y la validación de los resultados.



**Figura 3.3** Diagrama de selección de la ruta

Fuente: Elaborado por el autor

En esta etapa se procedió a identificar las vías en las cuales se apreciaron varias diferencias en las características de los métodos de conducción al trasladarse el vehículo en diferentes tipos de zonas, por lo tanto, es de suma importancia que se defina las vías, para proceder a muestrear para la recopilación de datos.

**Tabla 3.5** Calles y avenidas de la ciudad de Ibarra

Macrozonas Ibarra	Avenidas y calles
Urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Av. Cristóbal de Troya</li> <li>• Av. Jaime Rivadeneira</li> <li>• Av. Alfredo Pérez Guerreo</li> <li>• Calle Simón Bolívar</li> <li>• Av. Teodoro Gómez de la Torre</li> </ul>

En la Tabla 3.5, se pudo observar cuales son las principales calles que muestran mayor aglomeración de tráfico dentro de la ciudad de Ibarra.

### 3.3.2 VÍAS DE LA CIUDAD DE IBARRA

La ciudad de Ibarra, capital de la provincia de Imbabura en Ecuador, cuenta con una variedad de vías que conectan los diferentes sectores de la ciudad y los municipios cercanos.

Entre las principales vías de la ciudad se encuentran:

1. **Panamericana Norte:** Es una de las vías más importantes del país y atraviesa la ciudad de sur a norte, conectando a Ibarra con las provincias de Pichincha y Carchi.
2. **Avenida 13 de abril:** Conecta el centro histórico de Ibarra con la zona sur de la ciudad, es una vía principal para acceder a los barrios populares y la terminal terrestre.
3. **Avenida Camilo Ponce Enríquez:** Conecta la zona oriental de la ciudad con la zona céntrica y es una vía principal para acceder a la Universidad Técnica del Norte.
4. **Avenida Mariano Acosta:** Es una de las avenidas más importantes de la ciudad

y se encuentra en el centro de Ibarra.

5. **Avenida Eugenio Espejo:** Es otra de las vías principales de la ciudad y se encuentra en el centro de Ibarra. Cuenta con dos carriles y conecta el centro de la ciudad con el norte de esta.
6. **Avenida El Retorno:** Es una de las más transitadas de la ciudad, debido a que conecta el centro de Ibarra con la vía Panamericana Norte y la vía a la ciudad de Otavalo.
7. **Avenida Mariscal Sucre:** es una de las vías principales de la ciudad y se encuentra en el sector norte de la ciudad. Conecta el centro de la ciudad con la vía Panamericana Norte.
8. **Avenida Teodoro Gómez:** Es una vía de dos carriles que conecta el centro de la ciudad con el sur de Ibarra.

Es importante tener en cuenta que, como en cualquier ciudad, el tráfico puede variar dependiendo de la hora y de

l día de la semana. Es importante mencionar que varias de las calles de la ciudad de Ibarra son de dos carriles. Sin embargo, se ha realizado obras de construcción y mejoramiento.

### **3.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS**

Con la selección de equipos donde se determinó estas herramientas que son necesarias para poder fijar las características técnicas que se requirió efectuar el monitoreo de consumo de combustible y emisiones de gas carbónico de los taxis de la ciudad de Ibarra.

Además, es importante tener en cuenta que la selección de equipos debe hacerse considerando tanto las necesidades específicas de la investigación, como los recursos disponibles, también es importante asegurarse de que los equipos seleccionados sean de calidad y confiables para garantizar la precisión de los datos recolectados.

#### **3.4.1 PARÁMETROS Y CARACTERÍSTICAS PARA SELECCIONAR EL GPS**

Para la utilización de este equipo; se analizó varios parámetros y características que proporcionaron al estudio de acuerdo con las características cinemáticas que se presentan en un taxi en la ciudad de Ibarra. En la Tabla 3.6, se aprecia los principales aspectos que se tomó en cuenta para seleccionar el equipo.

**Tabla 3.6** Características del GPS seleccionado

Parámetros por medir	Características que se tomó en cuenta
Tiempo	Pequeño
Rapidez	Inalámbrico
Distancia	Batería recargable
Latitud	Registro y almacenamiento de datos en una frecuencia de 1 Hz
Longitud	
Altura	Precio accesible

**Fuente:** Elaborado por el autor

Una vez se determinó los requisitos y características necesarias para seleccionar el dispositivo, se decidió en obtener el equipo registrador de datos GL-770 GNSS data logger.

### 3.4.2 DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO GPS GL-770

El equipo que se encargó de registrar los datos se conforma por un receptor GPS, es de tipo comercial se los usa en servicios y empresas del área industrial, automotriz, entre otras. Su rango de funcionamiento máximo es de 35 horas, los datos son registrados con una frecuencia entre 1 a 5 Hz.



**Figura 3.4** Dispositivo GPS utilizado para registrar datos

**Fuente:** Elaborado por el autor

El GPS-770 que se utilizó se lo puede observar en el Figura 3.4, este es un equipo fácilmente manejable y de fácil uso, el cual permitió recopilar y registrar varios datos cinemáticos de la ruta. Es un dispositivo diseñado para ser duradero e impermeable.

#### 3.4.2.1 Especificaciones

Este equipo es un registrador de datos que cumplió con todas las necesidades requeridas gracias a sus especificaciones que fueron definidas antes de iniciar la búsqueda del equipo. Además, se pudo valorar cuáles eran las especificaciones de funcionamiento de este equipo, cómo se muestra en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7** Especificaciones del dispositivo GPS GL-770

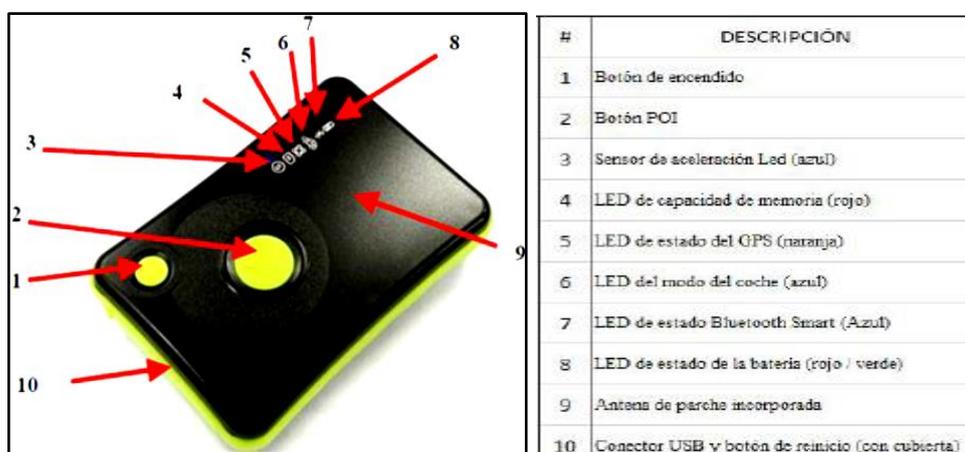
GENERAL	DESCRIPCIÓN
Chip GPS	SIRFstarV, Soporte de GPS y GLONASS
Frecuencia	GPS: 1575.42 ± 1.023MHz, GLONASS: 1602 ± 5MHz
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
Exactitud	<3m CEP, sin aid 2.5m DGPS (WAAS, EGNOS, MSAS)
Tiempo de readquisición	<1s
TTF	35/30/1s para el arranque en frío/normal/caliente respectivamente
BLUETOOTH INTELIGENTE	DESCRIPCIÓN
Frecuencia / número de canal	2402-2480 MHz / 40 canales
Tipo de modulación	Bluetooth 4.0 (GFSK)
LNS	Velocidad, Distancia, Latitud, Longitud, Elevación, Rumbo, Tiempo de balanceo, Hora UTC.
Frecuencia de salida	1 Hz o 5 Hz
REGISTRO DE DATOS	DESCRIPCIÓN
Memoria	64 Mbit
Waypoints	250,000 (predeterminado) o más
Dato de registro	Fecha, Hora, Fijar válido, Fijar válido, Latitud, Longitud, Velocidad, RCR, Registro de datos GPS por intervalo de tiempo / distancia / límite de velocidad.
Frecuencia de actualización	1-5 Hz
Batería	Batería recargable Li-Polymer
Tiempo de operación	35 horas
FÍSICO	DESCRIPCIÓN
Dimensión	52 x 82 x 19mm

Fuente: (TRANSYSTEM, 2015, pags. 21-22-23)

### 3.4.2.2 Componentes del GPS GL -770

Este dispositivo es pequeño y de fácil manipulación el cual está conformado por una carcasa rígida de color negro, unos botones de goma de color verde.

El GPS es conocido como Sistema de Posicionamiento Global, tiene su lanzamiento en el sistema de posicionamiento espacial de la Marina de los Estados Unidos llamado en inicio "TRANSIT". El objetivo original de este sistema de rastreo era ubicar a submarinos con misiles balísticos y buques militares.



**Figura 3.5** Apariencia externa del dispositivo GPS GL- 770

Fuente: (Moreira et al., 2020)

Este registrador de datos se conformado por botones e indicadores LED los cuales están ubicados en la parte superior izquierda del equipo, en el cual se observaron varias funciones, como se puede observar anteriormente en el Figura 3.5.

El dispositivo está conformado generalmente por dos botones que son los principales los cuales cumplen la función específica que se ilustra directamente en la pantalla LED; también se encuentra un pulsador que está ubicado cerca del conector USB el cual permite reiniciar el equipo. Para tener un mayor conocimiento y comprensión se tiene la Tabla 3.8, donde se puede apreciar las funciones e indicaciones del GPS gl-770.

**Tabla 3.8** Función de los componentes del dispositivo GPS GL-770

COMPONENTE	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
Batería	Indicar el estado de la batería.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz verde encendido → carga máxima.</li> <li>• Luz rojo encendido → batería &lt;10 %.</li> <li>• Luz verde parpadeando → batería cargando.</li> <li>• Luz rojo parpadeando → batería &lt;30 %.</li> </ul>
Bluetooth	Indicar el estado del bluetooth inteligente.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz azul encendido → bluetooth encendido.</li> <li>• Luz azul parpadeando → bluetooth conectado.</li> </ul>
Modo Carro	Indicar el estado del modo coche.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz azul encendido → modo coche activado.</li> </ul>
Satélite	Indicar el estado del GPS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz naranja encendido → búsqueda de satélite.</li> <li>• Luz naranja parpadeando → GPS activado e inicio de registro.</li> </ul>
Memoria	Indicar el estado o capacidad de la memoria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz rojo encendido → memoria llena &gt;80 %.</li> <li>• Luz rojo parpadeando → registro de datos.</li> <li>• Luz rojo se conserva parpadeando por más de 5 segundos → borrando datos.</li> </ul>
Sensor de Aceleración	Indicar el modo de registro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz azul encendido → sensor de aceleración activado (registro de datos siempre y cuando haya movimiento).</li> <li>• Luz azul apagado → sensor de aceleración desactivado (registro de datos siempre).</li> <li>• Luz azul parpadeado por 3 segundo → modo de reposo (cuando no se registra movimiento por más de 1 minuto).</li> </ul>
Botón de encendido	Encender el dispositivo y activar el bluetooth.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presionar una vez para la activación y desactivación del bluetooth cuando el dispositivo esté encendido.</li> <li>• Conservar pulsado 5 segundos para el encendido y apagado del dispositivo.</li> </ul>

Botón POI	Grabar datos y activar y desactivar sensor de aceleración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservar pulsado 5 segundos para la activación y desactivación del sensor de movimiento.</li> <li>• Conservar pulsado 5 segundos para la activación y desactivación del modo coche.</li> </ul>
Botón de reinicio	Reiniciar el dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulsar una vez para el formateo del dispositivo. El dispositivo se apaga después del reinicio.</li> </ul>
Botón de encendido + Botón POI	Reiniciar el dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No apagar el dispositivo mientras se está borrando los datos (LUZ roja de memoria en parpadeo).</li> </ul>

**Fuente:** (tram system, 2015, Pags. 8-9)

### 3.4.3 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO ELM 327

El dispositivo ELM 327, es un software de análisis compatible con protocolos OBD II. Se lo utilizó para lectura de parámetros del vehículo, es un dispositivo que se conecta directamente al computador del vehículo mediante el conector OBD II, mediante bluetooth envía la información a un dispositivo portátil.



**Figura 3.6** Dispositivo de diagnóstico

**Fuente:** Elaborado por el autor

Este dispositivo que se muestra en el Figura 3.6, se utilizó para trasladar la información de los monitoreos ejecutados por el protocolo OBD II a las computadoras de los vehículos, se pudo registrar y visualizar en corto lapso de tiempo como están funcionando los sistemas y sensores del vehículo seleccionado y observar si exhiben algún tipo de falla.

#### 3.4.3.1 Características ODB II ELM 327

El OBD II LM327 es un escáner de diagnóstico de vehículos que utiliza el estándar OBD II (On-Board Diagnostics) para leer y borrar códigos de error y monitorear los sensores del vehículo. Estas son algunas de las características del OBD II ELM327:

1. Conexión: Se conecta al puerto OBD II del vehículo y se comunica con él a través

de Bluetooth o WiFi.

2. Lectura de códigos de error: Puede leer códigos de fallas que se almacenan en la memoria del vehículo y mostrar una descripción de lo que significan.
3. Borrado de códigos: Puede borrar códigos de falla para apagar la luz de Check Engine en el tablero.
4. Monitoreo en tiempo real: Puede monitorear los sensores del vehículo en tiempo real y mostrar los valores en una aplicación de smartphone o computadora.
5. Ahorro de datos: Utiliza la tecnología ELM327 para reducir el uso de datos en la transferencia de información.
6. Compatible con varias aplicaciones: Se puede utilizar con varias aplicaciones de diagnóstico de vehículos en diferentes plataformas como Android, iOS y Windows.
7. Actualizaciones de firmware: El OBD II ELM327 es actualizable mediante la descarga de actualizaciones de firmware a través de su aplicación.
8. Detección de problemas del vehículo: El OBD II ELM327 también puede ayudar a detectar problemas del vehículo como un bajo rendimiento de combustible, fallas en la transmisión, problemas de emisiones, entre otros.

### 3.4.3.2 Especificaciones técnicas

Como indica la Tabla 3.9, se define las características del equipo que se emplea para la ejecución de este estudio, para comprender técnicamente las condiciones de empleo.

**Tabla 3.9** Especificaciones del dispositivo OBD seleccionado

<b>Voltaje de operación</b>	12 VDC
<b>velocidad de muestreo</b>	Depende de la ECU
<b>Chip</b>	ELM 327
<b>Alcance</b>	5m
<b>Bluetooth</b>	2.0
<b>Frecuencia</b>	Banda ancha ISM de 2.4 GHz
<b>Password por defecto</b>	0000-1234-6789

<b>Compatibilidad</b>	Android -ScanMaster -Torque -MiniOBDII -Piston -No es compatible con iPhone (BLE)
-----------------------	--

**Fuente:** (Sánchez & Rafael, 2014)

### 3.5 SELECCIÓN DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS

El vehículo que se seleccionó para realizar las pruebas en condiciones reales donde se tomó varios aspectos de suma importancia para la obtención de datos, tomando en cuenta las principales características y especificaciones, ya que el dispositivo OBD II, donde usó protocolos de conexión que no son compatibles con todos los vehículos ya sea por marca, modelo o año de fabricación.



**Figura 3.7** Taxi utilizado para levantamiento de datos

**Fuente:** Elaborado por el autor

El Figura 3.7 muestra el vehículo de transporte con pasajeros que se aplicó para la realización de las pruebas on board, con capacidad para 5 personas tipo sedan de motor a gasolina. Para realizar el desarrollo del presente estudio se eligió el vehículo Kia Rio, del cual se obtuvieron los datos técnicos, y permite los protocolos de conectividad con el dispositivo OBD ELM327.

### 3.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO KIA RIO 2019

En la Tabla 3.10, se encuentra las especificaciones del Kia Rio 1400 cc Con motor MPI de procedencia sur coreana, es un vehículo urbano comercializado en el segmento b fabricado desde 1997, este se caracteriza principalmente por ser de uno de los urbanos más amplios en el segmento y además la relación calidad – precio es proporcional.

**Tabla 3.10** Especificaciones técnicas del vehículo seleccionado.

	<b>KIA RIO (1.4 L)</b>	
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>DETALLES</b>	<b>VALORES</b>
Motor	Inyección multipunto	1.4 L MPI
Potencia máx.		99hp@6000rpm
Torque		133Nm@4000rpm
Combustible	Gasolina extra	45 L
Transmisión	Manual	6 velocidades
Peso del vehículo		1.103 kg

**Fuente:** Elaborado por el autor

El vehículo Kia Rio dispone de un motor con inyección multipunto de 1.4L MPI, con una potencia máxima de 99hp@6000rpm; el torque alcanza 133Nm@4000rpm, el combustible que utiliza es la gasolina extra con capacidad 45L de transmisión manual y 6 velocidades; su peso alcanza 1.103 kg.

### 3.6 PRUEBAS PILOTO DE EQUIPO

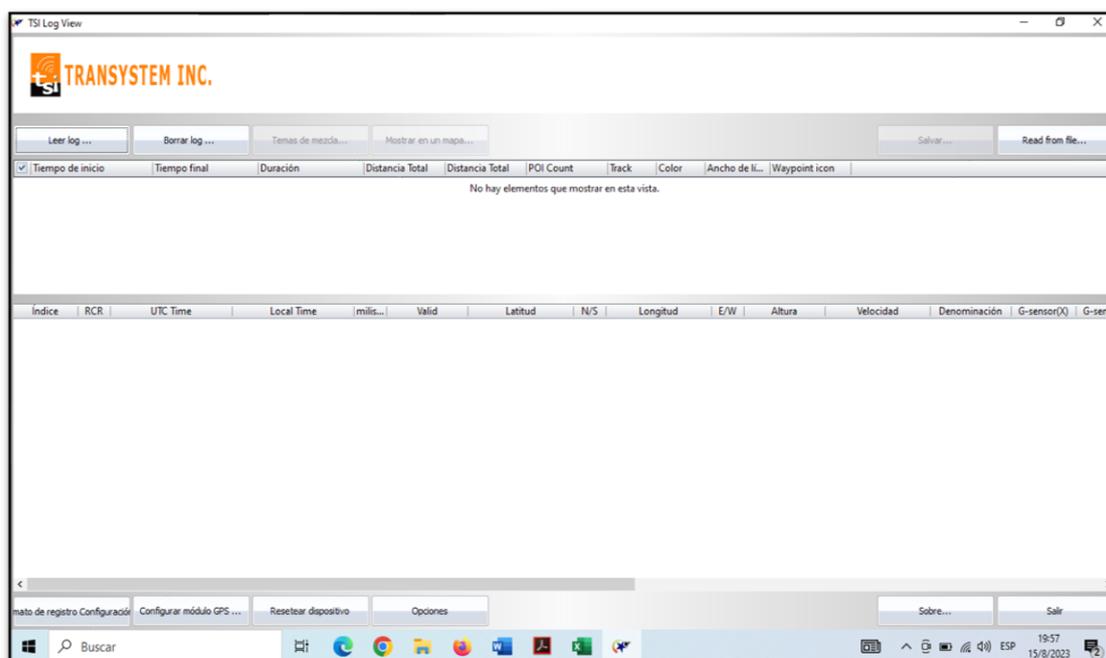
En cuanto a las pruebas piloto simplificaron el uso de los dispositivos tanto como el GPS y el ELM 327 de un modo más conveniente con el propósito de evitar errores al momento del monitoreo.

#### 3.6.1 SOFTWARE LOGVIEW

El programa requerido y que cumplió con las perspectivas de funcionamiento fue el “LOGVIEW”, este es un software libre acceso el cual se pudo descargar desde la página de TRANSYSTEM INC.

Este software se basa a objetos y posicionamiento, utiliza un espacio de trabajo para almacenar uno o más proyectos. En este software se pueden crear y compartir una gran cantidad de datos entre los usuarios.

LogView está diseñada para proporcionar de manera más fácil y poder agilizar las tareas de configurar el equipo encargado de registrar los datos, monitorear sensores, recopilar datos, administrar archivos de datos y aplicar correcciones.



**Figura 3. 8** Software de descarga de datos para el equipo GPS gl-770

**Fuente:** Elaborado por el autor

Una vez descargado he instalado el software, se abre una ventana o monitor como se visualiza en la Figura 3.8, La ventana de inicio del programa “logView” Indica las funciones que se puede realizar las cuales aprobaron el funcionamiento correcto y adecuado del dispositivo GPS gl-770. Donde también se apreció las pestañas las cuales permitieron plasmar el equipo, Leer datos, extraer datos e importar datos.

Por ende, el software sí cumplió con las 3 funciones requeridas para la realización de este estudio. Para el eficiente y correcto funcionamiento del equipo, se tomó en cuenta consejos y advertencias las cuales facilitaron el uso del GPS gl-770, así garantizando una base de datos adecuado a los requerimientos sin mostrar ningún tipo de problema, Entre consejos y advertencias más importantes se tiene:

- No se debe usar el equipo en zonas con temperaturas inferiores a  $-10^{\circ}\text{C}$  y no superiores a los  $60^{\circ}\text{C}$ , así se evita que la capacidad de la batería se reduzca.
- No se debe utilizar el equipo dentro de instalaciones médicas, debido a que el GPS interfiere en ocasiones con equipos médicos inalámbricos, debido a que usan radiofrecuencia.
- Ser cuidadoso con el dispositivo al momento que se encuentre en zonas que puedan afectar la acogida de datos como por ejemplo en las calles con

edificios altos, túneles o en garajes con cubierta y sobre todo en condiciones meteorológicas adversas.

- En dispositivos que no esté en uso frecuente o se encuentre apagado por varios días el tiempo de espera para registrar datos es de 1 a 3 minutos a esto se lo designa arranque en frío.

### 3.6.2 SOFTWARE TORQUE PRO

La aplicación Torque pro se la utiliza para la interfaz ELM 327, la cual es un escáner que permite realizar el diagnóstico y obtener una gran cantidad de datos e información gracias a la conectividad con el dispositivo OBD ELM327.

Las características de una interfaz OBD pueden variar según el modelo y el fabricante, pero las más comunes incluyen la capacidad de leer y borrar códigos de error, el seguimiento del rendimiento del motor en tiempo real, la visualización de datos de sensores del vehículo, la monitorización del estado de los sistemas del vehículo, la lectura de la velocidad, el consumo de carburante, y la capacidad de conectarse a diferentes dispositivos y sistemas operativos.

Para el funcionamiento de este equipo solo es necesario enchufarlo al puerto OBD del vehículo, otra de las ventajas es que no necesita alimentación externa, para leer los datos registrados en este dispositivo es necesario conectarlo a un celular o computadora dónde se puede instalar una de las aplicaciones que están disponibles para escáner OBD.

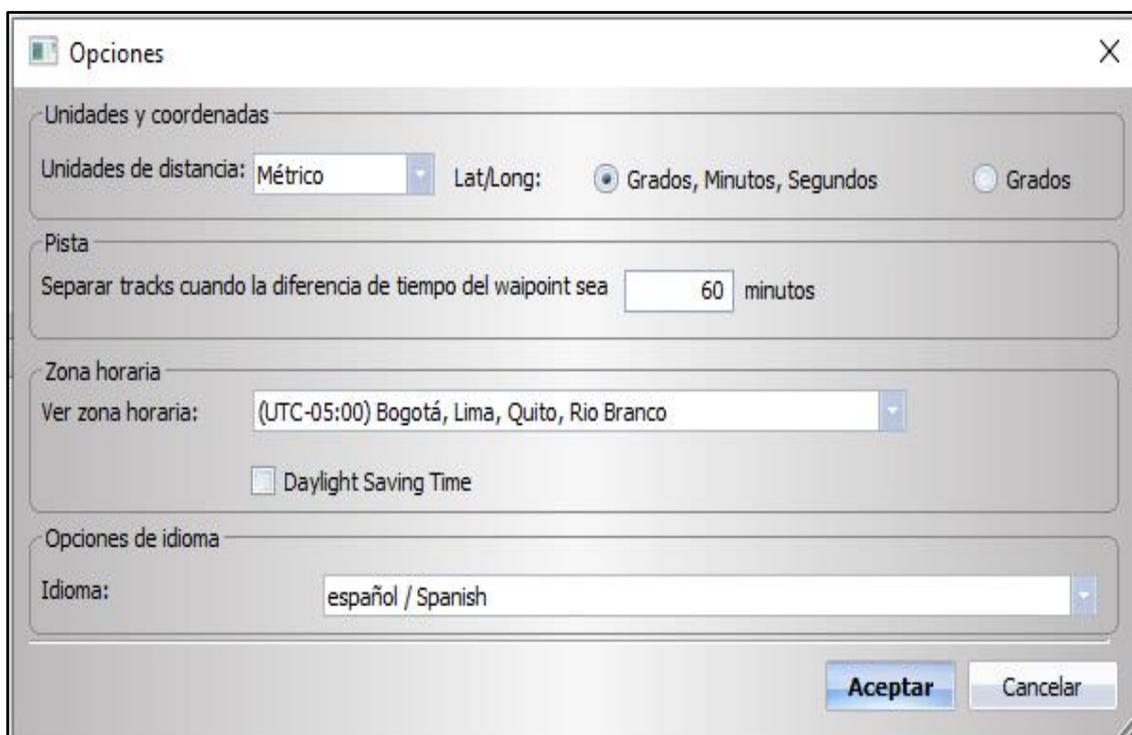


Figura 3. 9 Software torque pro

La Figura 3.9, se visualiza las principales ventanas del programa TORQUE PRO. Es importante tener en cuenta que la interfaz OBD no es una herramienta de diagnóstico completa, ya que solo proporciona información limitada sobre el estado del vehículo. Se recomienda utilizar una herramienta de diagnóstico profesional para realizar un diagnóstico completo del vehículo.

### 3.6.3 REGISTRO Y CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO GPS GL- 770

Para realizar las pruebas piloto con el dispositivo GPS se anotó y configuró el dispositivo en la aplicación “logview”; para realizar esta configuración se enchufó el dispositivo a la laptop a través del cable USB. Se lo ubicó en un lugar libre de interferencia para la señal satelital.



**Figura 3.10** Ventana de configuración del programa

Una vez conectado el dispositivo, se eligió las opciones de esta ventana donde se indica en la Figura 3.10, en la cual se pudo configurar algunos aspectos como: la hora, lenguaje, unidades de medición y el intervalo de tiempo para registrar los waypoints; estos apuntes variarían de acuerdo con el país y el tipo de pruebas que se vayan a obtener.

Una vez finalizada la configuración, se procedió a realizar algunas pruebas con el mismo, caminando o algún medio de transporte, con estas pruebas se permitió comprobar que el dispositivo se encuentra en perfectas condiciones.

El tiempo que se monitoreo durante las pruebas piloto fue de 3 horas, las cuales se dividieron en tres partes a partir del flujo vehicular, las pruebas se realizaron en las carreteras dentro del sector urbano.

### 3.6.4 CONEXIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL ELM 327

Para realizar las pruebas piloto con el dispositivo ELM 327, se debe descargar la aplicación desde la Play Store si es en un celular o en una laptop, para iniciar con la configuración del escáner ELM 327 el primero se conectó en el puerto OBD del vehículo, el cual debe estar en contacto o encendido.



**Figura 3.11** Conexión del dispositivo ELM327

La Figura 3.11, se observa la ubicación y conexión del dispositivo ELM327 y el puerto OBD II del vehículo, donde se identificó su funcionamiento gracias a los indicadores luminosos integrados al dispositivo.

Se procedió a realizar la conexión mediante bluetooth entre el celular y el dispositivo ELM327, luego se realizó la elección del tipo de vehículo que se quería monitorear (sedan, suv, pick up, etc.), una vez seleccionado el tipo de vehículo que se eligió para realizar la prueba piloto donde se ingresaron todos los datos del vehículo como por ejemplo, peso del vehículo, nivel de combustible, revoluciones máximas, numero de marchas, combustible que usa, para crear el perfil del vehículo que se monitoreo.



**Figura 3. 12** Ventana de configuración dispositivo ELM327

La Figura 3.12, se muestran las pantallas de inicio del dispositivo ELM 327 en las cuales se indicó los datos que se deben ingresar para crear el perfil del vehículo a monitorear.



**Figura 3. 13** Configuración del dispositivo ELM327

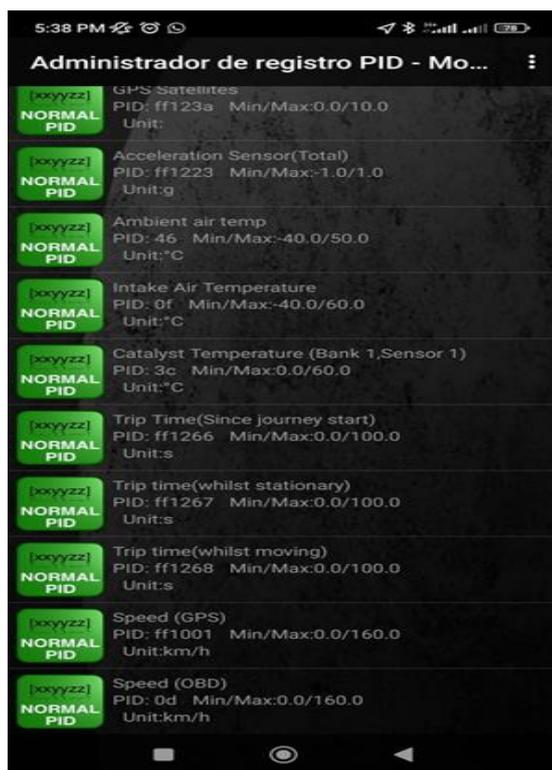
Luego, se presionó en la opción de configuración como se muestra en la Figura 3.13 donde se desplegaron las opciones de configuración del equipo, en las cuales se escogió los ítems para configurar las unidades de medición, registro de datos y carga, gestionar PID'S/sensores, se realizó varias pruebas con el dispositivo ELM 327, en varios vehículos

para así comprobar que el dispositivo se encuentra en perfectas condiciones.

Gracias a la aplicación Torque Pro (versión más actualizada) donde se pudo obtener registros del funcionamiento del taxi, como se pudo observar se refleja un conjunto de información de utilidad para realizar el diagnóstico del automóvil, información que se obtuvo de manera sencilla, algunos tales como: Revoluciones reales del motor (RPM), La velocidad del vehículo. La aceleración. Lectura de emisiones del vehículo, Consumo instantáneo de combustible, Códigos de error del motor, Potencia y par motor, Temperatura.

#### 3.6.4.1 Selección de PID's para monitoreo

En esta venta se seleccionó varios parámetros, los cuales permitieron el monitoreo del funcionamiento del vehículo entre los que se destacan: revoluciones, velocidad, flujo de combustible, dispersión, voltaje de la batería, consumo de combustible, rendimiento, entre otros.



**Figura 3. 14** PID's seleccionados para la prueba

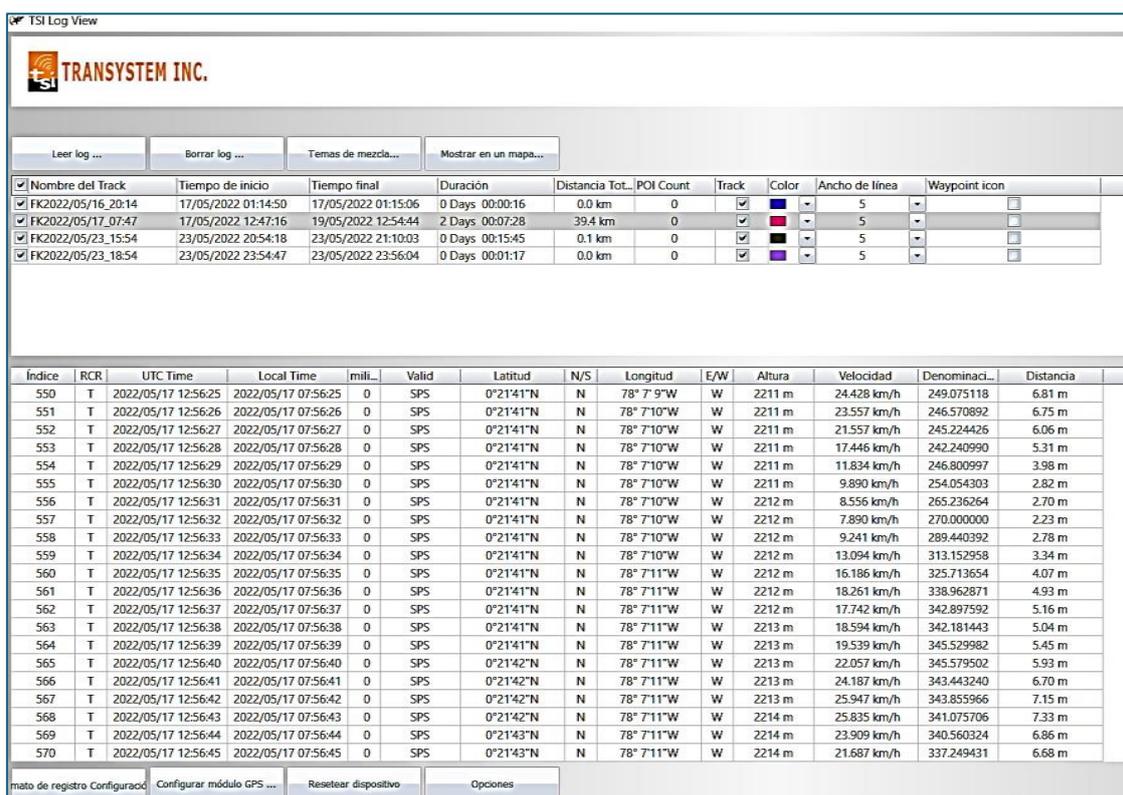
Los PID's que se eligieron entregan información de las condiciones y de la operación del vehículo, es decir, dan acceso en tiempo real a datos analógicos o digitales de entrada y salida de la computadora del vehículo. Se puede observar algunos PID's seleccionados para las pruebas piloto en la Figura 3.14.

### 3.6.5 LEVANTAMIENTO DE DATOS PILOTO

Tanto el dispositivo GPS y el dispositivo ELM 327, se colocaron en el tablero del automóvil y se conectó en el puerto OBD respectivamente, se procedió a prender el GPS y el automóvil; donde se comenzó a captar la señal de satélite en el dispositivo GPS, y se procedió a enchufar el ELM 327 al celular con la aplicación torque, donde se empezó a grabar los datos durante el recorrido; una vez finalizada la jornada de monitoreo se desconectaron y retiraron los dispositivos para descargar todos los datos que se obtuvieron.

#### 3.6.5.1 Extracción y lectura de los datos de los dispositivos gps

Para obtener y descargar los datos, se conectó el dispositivo GPS al computador, donde se aplicó el software LogView; se procedió a dar clic en la opción leer log.



The screenshot shows the TSI Log View software interface. At the top, there is a header with the TSI logo and 'TRANSYSTEM INC.'. Below the header, there are several buttons: 'Leer log ...', 'Borrar log ...', 'Temas de mezcla...', and 'Mostrar en un mapa...'. The main area contains a table with the following columns: 'Nombre del Track', 'Tiempo de inicio', 'Tiempo final', 'Duración', 'Distancia Tot...', 'POI Count', 'Track', 'Color', 'Ancho de línea', and 'Waypoint icon'. Below this table, there is a detailed data table with columns: 'Indice', 'RCR', 'UTC Time', 'Local Time', 'mili...', 'Valid', 'Latitud', 'N/S', 'Longitud', 'E/W', 'Altura', 'Velocidad', 'Denominaci...', and 'Distancia'. At the bottom, there are buttons for 'mató de registro Configuració', 'Configurar módulo GPS ...', 'Resetear dispositivo', and 'Opciones'.

Nombre del Track	Tiempo de inicio	Tiempo final	Duración	Distancia Tot...	POI Count	Track	Color	Ancho de línea	Waypoint icon
FK2022/05/16_20:14	17/05/2022 01:14:50	17/05/2022 01:15:06	0 Days 00:00:16	0.0 km	0	<input checked="" type="checkbox"/>	Blue	5	<input type="checkbox"/>
FK2022/05/17_07:47	17/05/2022 12:47:16	19/05/2022 12:54:44	2 Days 00:07:28	39.4 km	0	<input checked="" type="checkbox"/>	Red	5	<input type="checkbox"/>
FK2022/05/23_15:54	23/05/2022 20:54:18	23/05/2022 21:10:03	0 Days 00:15:45	0.1 km	0	<input checked="" type="checkbox"/>	Black	5	<input type="checkbox"/>
FK2022/05/23_18:54	23/05/2022 23:54:47	23/05/2022 23:56:04	0 Days 00:01:17	0.0 km	0	<input checked="" type="checkbox"/>	Purple	5	<input type="checkbox"/>

Indice	RCR	UTC Time	Local Time	mili...	Valid	Latitud	N/S	Longitud	E/W	Altura	Velocidad	Denominaci...	Distancia
550	T	2022/05/17 12:56:25	2022/05/17 07:56:25	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7' 9"W	W	2211 m	24.428 km/h	249.075118	6.81 m
551	T	2022/05/17 12:56:26	2022/05/17 07:56:26	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2211 m	23.557 km/h	246.570892	6.75 m
552	T	2022/05/17 12:56:27	2022/05/17 07:56:27	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2211 m	21.557 km/h	245.224426	6.06 m
553	T	2022/05/17 12:56:28	2022/05/17 07:56:28	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2211 m	17.446 km/h	242.240990	5.31 m
554	T	2022/05/17 12:56:29	2022/05/17 07:56:29	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2211 m	11.834 km/h	246.800997	3.98 m
555	T	2022/05/17 12:56:30	2022/05/17 07:56:30	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2211 m	9.890 km/h	254.054303	2.82 m
556	T	2022/05/17 12:56:31	2022/05/17 07:56:31	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2212 m	8.556 km/h	265.236264	2.70 m
557	T	2022/05/17 12:56:32	2022/05/17 07:56:32	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2212 m	7.890 km/h	270.000000	2.23 m
558	T	2022/05/17 12:56:33	2022/05/17 07:56:33	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2212 m	9.241 km/h	289.440392	2.78 m
559	T	2022/05/17 12:56:34	2022/05/17 07:56:34	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'10"W	W	2212 m	13.094 km/h	313.152958	3.34 m
560	T	2022/05/17 12:56:35	2022/05/17 07:56:35	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'11"W	W	2212 m	16.186 km/h	325.713654	4.07 m
561	T	2022/05/17 12:56:36	2022/05/17 07:56:36	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'11"W	W	2212 m	18.261 km/h	338.962871	4.93 m
562	T	2022/05/17 12:56:37	2022/05/17 07:56:37	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'11"W	W	2212 m	17.742 km/h	342.897592	5.16 m
563	T	2022/05/17 12:56:38	2022/05/17 07:56:38	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'11"W	W	2213 m	18.594 km/h	342.181443	5.04 m
564	T	2022/05/17 12:56:39	2022/05/17 07:56:39	0	SPS	0°21'41"N	N	78° 7'11"W	W	2213 m	19.539 km/h	345.529982	5.45 m
565	T	2022/05/17 12:56:40	2022/05/17 07:56:40	0	SPS	0°21'42"N	N	78° 7'11"W	W	2213 m	22.057 km/h	345.579502	5.93 m
566	T	2022/05/17 12:56:41	2022/05/17 07:56:41	0	SPS	0°21'42"N	N	78° 7'11"W	W	2213 m	24.187 km/h	343.443240	6.70 m
567	T	2022/05/17 12:56:42	2022/05/17 07:56:42	0	SPS	0°21'42"N	N	78° 7'11"W	W	2213 m	25.947 km/h	343.855966	7.15 m
568	T	2022/05/17 12:56:43	2022/05/17 07:56:43	0	SPS	0°21'42"N	N	78° 7'11"W	W	2214 m	25.835 km/h	341.075706	7.33 m
569	T	2022/05/17 12:56:44	2022/05/17 07:56:44	0	SPS	0°21'43"N	N	78° 7'11"W	W	2214 m	23.909 km/h	340.560324	6.86 m
570	T	2022/05/17 12:56:45	2022/05/17 07:56:45	0	SPS	0°21'43"N	N	78° 7'11"W	W	2214 m	21.687 km/h	337.249431	6.68 m

**Figura 3. 15** Exportación de datos GPS

Fuente: Elaborado por el autor

Se pudo apreciar una ventana donde indica que el dispositivo debe estar encendido; para iniciar la descarga de los datos registrados se dio clic en "OK" y se procedió a descargar, una vez terminada la descarga de datos registrados en el dispositivo GPS Aparecen los datos como muestra la Figura 3.15.

Luego para descargar los datos del dispositivo ELM 327, se transforma el archivo zip que entrega la aplicación torque pro a un archivo Excel en formato “csv”, donde se puede apreciar todos los datos monitoreados del vehículo.

GPS Time	Device Time	Longitude	Latitude	GPS Speed (t	Horizontal Dilution of P	Altitude	Bearing	G(x)	G(y)	G(z)	G(calibrated Accelerator Accele
23/06/2022 9:52	-	-	-	-	-	-	-	148	311	92	-5
23/06/2022 9:52	-	-	-	-	-	-	-	151	314	909	-6
23/06/2022 9:52	-	-	-	-	-	-	-	154	311	918	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.405	0.603285	0.0087502777	2.0	2892.8	33.557.000.732.421.800	15	314	917	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0149269441	20.999.999.046.325.600	2892.8	3.523.299.865.722.650	151	308	926	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.063825555	20.999.999.046.325.600	2892.8	3.486.600.036.621.090	149	31	916	-6
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.114268332	2.0	2892.8	3.107.900.085.449.210	152	311	921	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	2.0	2892.8	3.107.900.085.449.210	151	316	924	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	2.0	2892.8	3.107.900.085.449.210	152	311	922	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	1.899.999.976.158.140	2892.8	3.107.900.085.449.210	149	305	921	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	1.899.999.976.158.140	2892.8	3.107.900.085.449.210	146	312	909	-6
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	1.899.999.976.158.140	2892.8	3.107.900.085.449.210	151	313	916	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	17.999.999.523.162.800	2892.8	3.107.900.085.449.210	151	313	914	-6
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	17.999.999.523.162.800	2892.8	3.107.900.085.449.210	147	311	916	-6
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	17.000.000.476.837.100	2892.8	3.107.900.085.449.210	145	315	922	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	17.000.000.476.837.100	2892.8	3.107.900.085.449.210	144	314	915	-6
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	17.000.000.476.837.100	2892.8	3.107.900.085.449.210	146	31	918	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	17.000.000.476.837.100	2892.8	3.107.900.085.449.210	149	32	915	-5
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	17.000.000.476.837.100	2892.8	3.107.900.085.449.210	141	314	915	-6
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.404.833.333.330	0.6032866661	0.0	17.000.000.476.837.100	2892.8	3.107.900.085.449.210	144	312	916	-6
Thu Jun 23 09:52	23/06/2022 9:52	-7.781.406.333.333.330	0.60329	0.0	17.000.000.476.837.100	2893.6	3.107.900.085.449.210	144	317	925	-5

**Figura 3. 16** Datos registrados en el dispositivo ELM 327

En la Figura 3.16, se muestra los datos que se obtuvieron del dispositivo ELM 327 ya convertidos en archivos con formato “xlsx” para poder diferenciar con mayor claridad cada fila y columna de datos.

### 3.7 EJECUCIÓN DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL

Para planificar la recopilación de datos se planeó y verificó cual será la ruta en la que se movilizará el vehículo, además se tomó en cuenta cuáles serán las franjas horarias en las que se tomará o registrará los datos del vehículo mediante los equipos utilizados. Poniendo interés en el flujo vehicular dentro de estos horarios en la ciudad de Ibarra. Como se muestra en la Tabla 3.11.

**Tabla 3.11** Horarios seleccionados para la toma de datos en vehículo convencional

# PRUEBA	VEHÍCULO	DISPOSITIVOS	HORARIO	CONGESTION VEHICULAR
1	Kia Rio 1.4L	ELM327 y GPS	12:12 a 13:02	Trafico alto
2	Kia Rio 1.4L	ELM327 y GPS	13:20 a 14:15	Trafico medio
3	Kia Rio 1.4L	ELM 327 y GPS	15:24 a 16:17	Trafico bajo

**Fuente:** Elaborado por el autor

Las franjas horarias que se ejecutaron en el recorrido corresponden a tres fases en el tráfico alto en los horarios de 12:12 a 13:02 donde la circulación es normal en el centro urbano de Ibarra y el grado de movilidad es constante en las principales vías; posteriormente el tráfico medio es detectado en la franja horaria de 13:20 a 14:15, donde la circulación aumenta considerablemente por el traslado de personas de centros educativos y espacios laborales hacia diferentes puntos de la ciudad, y por último en el horario de 15:24 a 16:17, con tráfico bajo donde la circulación es constante sin numerosas paradas y atascos.

### **3.7.1 EJECUCIÓN DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL**

Para esta investigación se explicó al conductor de la unidad de taxi el alcance de la investigación, se dio a conocer la investigación que se requiere para la elaboración de las bases de datos tanto del dispositivo ELM 327 como el del GPS GL- 770, se compartió el funcionamiento de cada dispositivo.

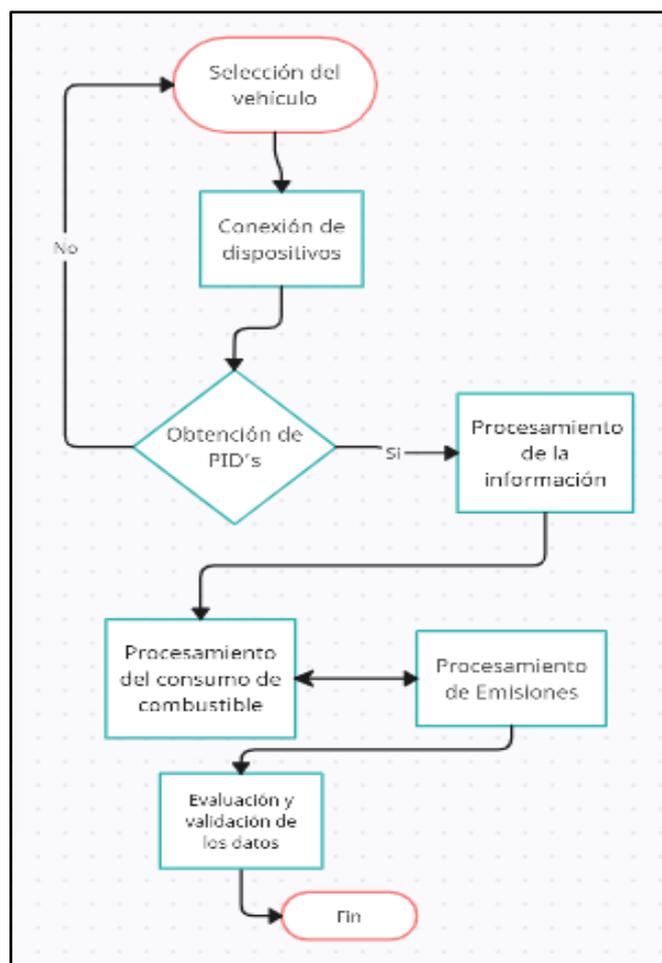
Para la investigación se utilizó la técnica de obtención de datos en ruta On Board la cual, está basada en condiciones de manejo real, con respecto al tiempo, velocidad, aceleración, etc.

La prueba se aplicó en el cantón de Ibarra para la obtención de los datos, se realizó en la zona centro, consistió en recorrer el taxi por diversas rutas con mayor flujo vehicular tanto en hora pico como en hora valle.

Se realizó la conexión del dispositivo ELM 327 en el lugar de partida de la ruta dejando un tiempo prudencial para que la conexión entre la ECU del vehículo, el dispositivo ELM 327 y el celular se conecten correctamente, en los ensayos realizados el conductor fue el mismo para poder diferenciar los apuntes obtenidos en base al congestionamiento vehicular y no en la manera de conducción (agresiva, pasiva). El punto de partida fue en avenida 17 de julio frente a la Universidad Técnica del Norte.

### **3.8 PROCESAMIENTO DE DATOS Y CÁLCULOS**

Como se pudo visualizar el flujograma que se presentó a continuación permitió el desarrollo de la investigación, el cual resume todo el procedimiento a seguir para cumplir con los objetivos que ya se establecieron.



**Figura 3. 17** Metodología para la estimación de consumo de combustible y emanación de CO<sub>2</sub>

**Fuente:** Elaborado por el autor

Al terminar la campaña experimental, se importó los archivos a un computador para registrarlos de acuerdo con la prueba que se realizó, para visualizar los datos de manera sencilla los archivos generados en la aplicación Torque pro con formato “csv” se transformó a archivos “Excel” donde se separó por celdas cada valor que se obtuvo en el monitoreo. Para procesar los apuntes se utilizó el programa de libre acceso RStudio, el cual es un programa estadístico que está destinado al análisis de grandes cantidades de información numérica, por lo que se lo utilizó como herramienta principal para el procesamiento de los archivos. También, graficó sin tener ningún tipo de error durante el proceso de cálculos.

Para el presente estudio no fue posible contar con un vehículo con sistema start stop, por lo que la campaña experimental fue ejecutada en un vehículo convencional y para poder obtener los perfiles cinemáticos del funcionamiento de un vehículo con sistema start stop se simuló condiciones de apagado cuando el vehículo se mantenía en ralentí.

### 3.8.1 LECTURA DE BASE DE DATOS

Una vez se ejecutó RStudio se procede a ubicar los archivos en el computador mediante la función **setwd**.

```
file.choose()
Fichero_1 <- read.table("E:/grado/datos obd 20-03-2023/trafico alto/trackLog-2023-mar-20_15-24-14.csv", sep=";", dec=";", header = TRUE)
Fichero_1$Tiempo.s <- seq(1: nrow(Fichero_1))
```

**Figura 3. 18** Código para conocer la ubicación de los archivos

La Figura 3.18, se enseña la estructura de codificación de lectura de datos mediante el comando `read.table`, para lectura de archivos “csv”. Para leer los archivos ya transformados a formato (.xlsx) desde la carpeta donde se encuentran guardados se utilizó el comando **read.xlsx**, después se indica la estructura del código para la lectura.

```
## Datos horario 1 (bajo) ----
data1 <- read.xlsx('datos_DR.xlsx', sheet = 'bajo')
```

Donde:

<code>data1</code>	nombre data frame o tabla que se registran en RStudio
<code>read.xlsx</code>	función de lectura para archivos de registro
<code>datos_DR.xlsx</code>	nombre del archivo en formato xlsx
<code>sheet</code>	permite especificar la hoja que se quiere cargar

**Figura 3. 19** Código para la ubicación del archivo

Se tomó en cuenta la terminología de códigos en la Figura 3.19, y se realizó la lectura de todas las rutas faltantes que se monitorearon.

```
## Datos horario 1 (bajo) ----
data1 <- read.xlsx('datos_DR.xlsx', sheet = 'bajo')
names(data1) <- nam
## Datos horario 2 (medio) ----
data2 <- read.xlsx('datos_DR.xlsx', sheet = 'medio')
names(data2) <- nam
## Datos horario 3 (alto) ----
data3 <- read.xlsx('datos_DR.xlsx', sheet = 'alto')
names(data3) <- nam
```

**Figura 3. 20** Ejemplo de código de lectura de archivos

La Figura 3.20 se visualiza cómo se ejecutó el comando `read.xlsx` para todos los archivos de las rutas recorridas.

### 3.8.2 SIMULACION DEL SISTEMA START/STOP

Ya que no se pudo obtener disponible un vehículo con sistema start/stop instalado, para obtener los perfiles cinemáticos se procedió ha de ejecutar una campaña experimental en un vehículo convencional. Posteriormente se procesarán los datos en R para simular el

funcionamiento del sistema start/stop. Este proceso incluyó las siguientes 4 etapas: a) Ajustes del perfil de conducción, b) Determinación de la frecuencia de operación del sistema start/stop, c) Estimación de energía por arranque, d) Consumo de combustible por arranque. Estas etapas se describen a continuación.

### 3.8.2.1 Ajustes del perfil de conducción

La base del funcionamiento del sistema start/stop es el de apagar el motor del vehículo cuando se detiene, para realizar este proceso el sistema cumple algunos parámetros, como son: apagar el motor después de 3 segundos luego de detenerse por completo. En el presente estudio se procedió a eliminar el tiempo que el vehículo y su motor se encontraba en ralentí mediante el código realizado en R, el cual se presenta a continuación.

```
97 tmax_ralenti <- 3 #tiempo maximo de una pausa considerada como ralenti (seg)
98 reg_total <- nrow(Datos_st_kr)
99 cont_ralenti <- 0
```

**Figura 3. 21** Creación del perfil de velocidades del recorrido

La Figura 3.21, se observa parte del código en el que se obtiene el perfil de velocidades que se obtuvo durante las pruebas realizadas en un vehículo estándar, donde se tiene todos los estados de manejo. Las gráficas de los perfiles de conducción modificadas se muestran en la sección de resultados.

### 3.8.2.2 Determinación la frecuencia de operación del sistema start/stop

Como en la primera etapa se asumió que el motor del vehículo se apaga por acción del sistema start/stop, el gasto energético cada vez que se enciende el motor. Para ello, primero se estableció el número de veces que el vehículo arrancó durante el recorrido realizado. Este valor se lo obtuvo mediante el procesamiento de datos de la fase anterior.

```
116 ~ if(Datos_st_kr$velocidad.km.h[i2]>0){
117     #if(Datos_st_kr$Tiempo.s[i2]>5){
118     Datos_st_kr$Consumo_CPS [i2] <- "CPS_Estandar"
119
120     cont_ralenti <- 0
121     pausa <- "ok"
122     imax_bucle <- max(bucle)
123     break
```

**Figura 3. 22** Determinar la frecuencia de operación para el sistema Start/stop

La Figura 3.22, se observa el código que fue utilizado para filtrar las velocidades, donde se simuló que el vehículo se encuentra apagado durante el tiempo que permaneció en ralentí. Teniendo en cuenta los parámetros de funcionamiento del sistema se determinó el número de encendidos que tuvo el motor durante el recorrido realizado.

### 3.8.2.3 Estimación de energía por arranque

Para estimar la energía requerida para cada arranque del vehículo se realizó una búsqueda bibliográfica donde se determinó el valor de energía que el motor de arranque consume cada vez que enciende el motor siendo 0,4 KW (Vargas, 2018, pág. 41). Para estimar la energía total demandada por los arranques en el viaje se multiplicó la frecuencia de operación del sistema start/stop por la constante de 0,4 KW.

```
207 energia_arranque<- 0.4 #KW
208 Eficiencia_efectiva.kw.h <- (Sumatori_paradas*energia_arranque)
209
```

**Figura 3. 23** Procedimiento para obtener la energía de arranque

La Figura 3.23, se observa el código utilizado para obtener el valor de consumo de energía que el motor requiere para encender. Una vez que se establece el cálculo energético asumiendo la eficiencia del motor del motor de 27%, se transformó a energía térmica.

### 3.8.2.4 Factor de consumo de combustible por arranque

Una vez que se estableció el gasto energético por arranque del motor fue necesario transformar este gasto en términos de energía térmica del motor. Para ello se asumió una eficiencia del motor del 27% y con un poder calorífico del combustible de 46,5 MJ/Kg

```
204
205 Eficiencia_efectiva.kw.h <- (Promedio_Sumatori_Masa_kg*(46.5)*(0.27)*0.277)
206
```

**Figura 3. 24** Cálculo de consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> por arranque

En el Figura 3.24, se observa el código para realizar la estimación durante el arranque del motor del vehículo, teniendo en cuenta los parámetros de funcionamiento del sistema start/stop. El estimar el consumo de combustible se utilizó la sumatoria de consumo de combustibles por el poder calorífico superior y la eficiencia del motor.

### 3.8.3 CÁLCULO DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN FUNCIÓN DEL COMBUSTIBLE

Como no fue posible obtener un instrumento de medición de CO<sub>2</sub>, se estimó en función del consumo de combustible, el cual fue realizado mediante código en lenguaje R

```
53 x <- 8 # átomos de carbono por mol de combustible
54 y <- 18 # átomos de hidrogeno por mol de combustible
55 kgCO2porKgCombustible <- 44*x/(12*x+y)
56
57 Fichero_kia_rio_1.4$CO2<- Fichero_kia_rio_1.4$Flujo_Comb*kgCO2porKgCombustible # [g/s]
```

**Figura 3. 25** Código para realizar cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>

Como indica la Figura 3.25, se crea el código en Rstudio para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> tomando en cuante el flujo volumétrico de combustible consumido por el vehículo.

### 3.8.4 CÁLCULO DE VARIABLES CINEMÁTICAS

Se creo varias numeraciones con la finalidad de seccionar los apuntes en función de la ruta del vehículo y el tiempo en los diferentes modos de conducción, ralentí, su aceleración, cómo desacelera y cuáles son experimentadas por el taxi durante el recorrido.

```
#Calcular variables cinematicas
Tiempo <-round(nrow(df),3)#[seg]
Distancia<-round(sum(df$distancia_aj,na.rm=TRUE),3)# [m]
Velocidad<-round(mean(df$velocidad.km.h,na.rm=TRUE),3)# [km/h]
Velocidad_max<-round(max(df$velocidad.km.h,na.rm=TRUE),3)# [km/h]
acel_prom<-round(mean((df$Aceleracion),na.rm=TRUE),4)#[m/s2]
acel_pos_prom<-round(mean(df$Aceleracion[df$Aceleracion>0],na.rm=TRUE),4)#[m/s2]
desacel_pos_prom<-round(mean(df$Aceleracion[df$Aceleracion<0],na.rm=TRUE),4)#[m/s2]
```

**Figura 3. 26** Código para la creación de nuevas variables

En la Figura 3.26, se observa el código de programación en RStudio para crear nuevas variables. Este código fue aplicado para crear nuevas columnas en un data frame para todos los archivos de rutas que realizo el taxi.

### 3.8.5 CÁLCULO DE MODOS DE OPERACIÓN

Estas variables que se mencionó anteriormente son la aceleración, el tiempo de duración en ralentí, tiempo de permanencia en crucero y tiempo de duración en desaceleración. Lo mismos que se usaron para realizar los análisis solicitados por la investigación. Como primer punto se calculó la aceleración en m/s<sup>2</sup> de todos los intervalos de tiempo.

#### 3.8.5.1 Aceleración

La aceleración se produce por el cambio de velocidad del taxi mientras se encuentra en circulación. Para realizar el cálculo de la aceleración se requirió que R pueda reconocer

los apuntes de la columna de velocidad de los archivos. Entonces se utilizó diferentes entradas de códigos. Con el uso de la ecuación 2.8.

```
#Formar fichero para grabar: incluido calculo de aceleracion

df5 <- select(df4, c(Tiempo, Fecha, Hora, Zona, Ensayo, Num_Ciclo, Tiempo_Ciclo, Velocidad, VelocidadSuav, Distancia))%>%
mutate(VelocidadSuav_ms=VelocidadSuav/3.6)%>% #[m/s] transformacion de unidades
mutate(Aceleracion=(VelocidadSuav_ms-(dplyr::lag(VelocidadSuav_ms, n=1)))) #[m/s2] calcular aceleracion (Vf-Vo), t=1/seg
df5$Aceleracion[1] <- 0 #primer dato aceleracion es igual a cero

df5 <- rename(df5, Velocidad_Orig=Velocidad)
df5 <- rename(df5, Velocidad=VelocidadSuav, Velocidad_ms=VelocidadSuav_ms)

write.table(df5, file="D:/Tracks Clasificados/Tracks_Urbano/b.Numero_Micro_ciclos.csv", sep=";", dec=".")
```

**Figura 3. 27** Código para calcular la aceleración

En la Figura 3.27 se muestra el código de programación en RStudio se utilizó para realizar el cálculo de aceleración ( $m/s^2$ ). Para obtener este valor fue necesario el uso de conversión de unidades ya que la velocidad se expresa en Km/h. En la Tabla 3.12 las condiciones para los estado o modos de marcha se enumeran de la siguiente forma.

**Tabla 3. 12** Estados de conducción

Estado de conducción	Velocidades	Aceleraciones
Ralentí	< 2km/h	0 $m/s^2$
Crucero	> 2 km/h	- 0,1 $m/s^2$ < a < 0,1 $m/s^2$
Aceleración	> 2 km/h	$\geq$ 0,1 $m/s^2$
Desaceleración	> 2 km/h	$\leq$ -0,1 $m/s^2$

**Fuente:** (Ochoa & Salazar, 2018, pág. 51)

De acuerdo con los escenarios citados en la Tabla 3.12, de los distintos modos de marcha de un vehículo se estableció los códigos de programación para cada base de datos logrando los mismos pasos que se especifican a continuación.

### 3.8.5.2 Ralentí

Se considero que el taxi está en estado de ralentí cuando: “cuando la velocidad es menor a 2km/h y la aceleración es  $0m/s^2$ ”, para la cual se utilizó la ecuación 2.6.

```
for(i in 1:8506){if(data1[i, 8]<=2)}
data1[i, 20]=1
else data1[i, 20]=0}
```

**Figura 3. 28** Código para el ciclo de ralentí

La Figura 3.28, se puntualiza el código que permite establecer el tiempo en porcentaje de la permanencia del vehículo en este estado de conducción ralenti mediante la función **For** (); se utilizó para nombrar al rango de filas donde se ejecutara otra función, a continuación, se ocupó el comando **if**. que es para cumplir las condiciones a cumplir la columna.

### 3.8.5.3 Crucero

Para conseguir el tiempo de permanencia en estado de crucero se consideró: el valor de la aceleración como ya se menciona es menor a  $0,1 \text{ m/s}^2$ , y a su vez tiene que ser mayor que  $0,1 \text{ m/s}^2$ ; condición señalada en R indica que la velocidad debe superar a  $2 \text{ Km/h}$ . Donde se utilizó la ecuación 2.7.

```
for (i in 1:3202) {
  if data1[i,6]>2 & data1[i,8]>-0.1 & data1[i,8]<0.1)
  data1[i,10]=1
  else data1[i,10]=0
}
```

**Figura 3. 29** Código para la velocidad crucero

La Figura 3.29, se puede apreciar la codificación de programación que se empleó para obtener el tiempo de permanencia en velocidad crucero, se utiliza el mismo código que el estado anterior modificando las condiciones de aceleración.

### 3.8.5.4 Desaceleración

Para el código de programación en R con el que se obtuvo el tiempo de permanencia en desaceleración se cumplió con varias condiciones: la rapidez debe superar los  $2 \text{ Km/h}$  y la aceleración del vehículo de menos o igual que  $-0.1 \text{ m/s}^2$ . De acuerdo con estas especificaciones y los comandos necesarios se obtuvieron los datos que corresponden al estado de desaceleración. Donde se utilizó 2.9.

```
for (i in 1:3202) {
  if data1[i,6]>2 & data1[i,8]<=0.1)
  data1[i,12]=1
  else data1[i,10]=0
}
```

**Figura 3. 30** Código para la desaceleración

La Figura 3.30, se indica el código que corresponde a la programación utilizada para determinar los tramos de la ruta en que el vehículo desacelero. Una vez terminado de ingresar los comandos en RStudio la base de datos se crea filas y columnas con valores

que van entre 0 y 1 que indican el estado de conducción en el que se encuentra.

### 3.8.6 CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Utilizando el programa desarrollado en lenguaje R para la obtención del consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> en el cual se empleó la sumatoria del consumo instantáneo y el tiempo que duro el recorrido para cada prueba realizada para la cual se utilizó las ecuaciones 2.13, 2.14 y 2.15.

#### 3.8.6.1 Tasa rendimiento de combustible

Los datos que se utilizó para la obtención de valores de las tasas promedios en condiciones de operación real del vehículo fueron el flujo de combustible y el número de datos que se obtuvieron durante la recopilación de datos. Se utilizó la ecuación 2.13

```
258 Sumatoria_Fcombu.g.s <- sum(Fichero_sin_star_stop$Flujo_Comb, na.rm =TRUE)
259 Promedio_Fcombu.g.s <- Sumatoria_Fcombu.g.s/1957
260
```

**Figura 3. 31** Tasa promedio de consumo de combustible

La Figura 3.31, se indica el código utilizado para calcular la tasa promedio de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> utilizado por el vehículo durante el trayecto. Donde se obtiene por medio del flujo de combustible y el tiempo de duración de la prueba.

#### 3.8.6.2 Factor consumo de combustible

Para estimar el consumo de combustible se consideró el consumo específico de combustible con relación a la distancia que se recorrido durante la recopilación de datos, se mide en (g/km). La cual viene a representar la cantidad de masa de combustible que se consume por cada kilómetro que se recorre. Para su cálculo se utilizó la ecuación 2.14.

```
229 Factor_Promedio_CCPS.g.km <- Sumatoria_CCPS/Sum_dis_aj_ccp
230 F2_Consumo__Combustible_CCPS.g.km <- Promedio_CCPS/Prom_dis_aj_ccp
231
```

**Figura 3. 32** Código utilizado para calcular el consumo de combustible

En el Figura 3.32, se observa las líneas de código que se utilizaron para ejecutar la estimación del consumo de combustible, para este análisis se realizó a través de la sumatoria del consumo de combustible más la masa de combustible consumía da durante el arranque el cual se lo divide para la distancia que dura el recorrido.

### 3.8.6.3 Factor de emisiones de CO<sub>2</sub>

Para realizar este cálculo se procedió a calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> instantáneas, las cuales están enfocadas en función de la distancia recorrida, para así obtener el factor de emisiones se utilizó la ecuación 2.15.

```
69 tiempo.s <- nrow(Fichero_kia_rio_1.4)
70 F1Emision_CO2_g.km <- Sum_CO2/Sum_distancia_aj
71 F1Consumo_Combustible_g.km <- Sum_combustible/Sum_distancia_aj
72
```

**Figura 3.33** Código para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>

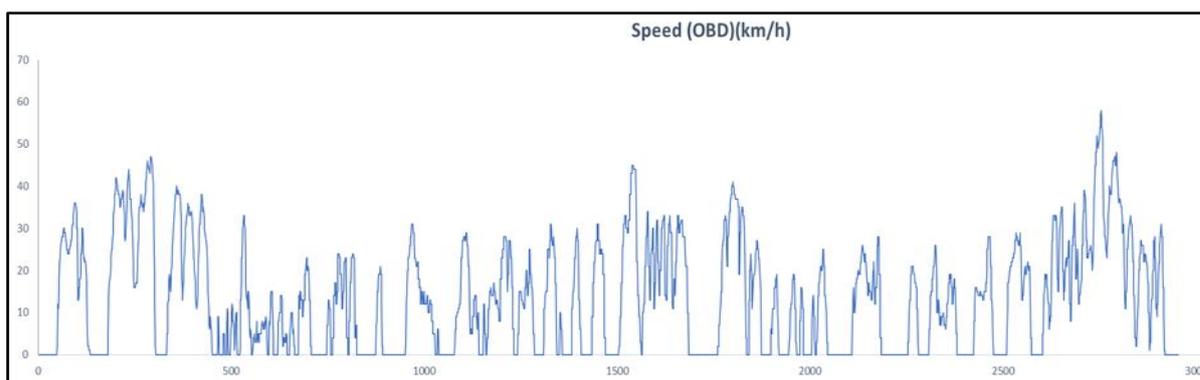
La Figura 3.33, se observa el código usado para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>, en el cual se toma en cuenta las variables como la distancia, la sumatoria de combustible consumido.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 DETERMINACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA START/STOP

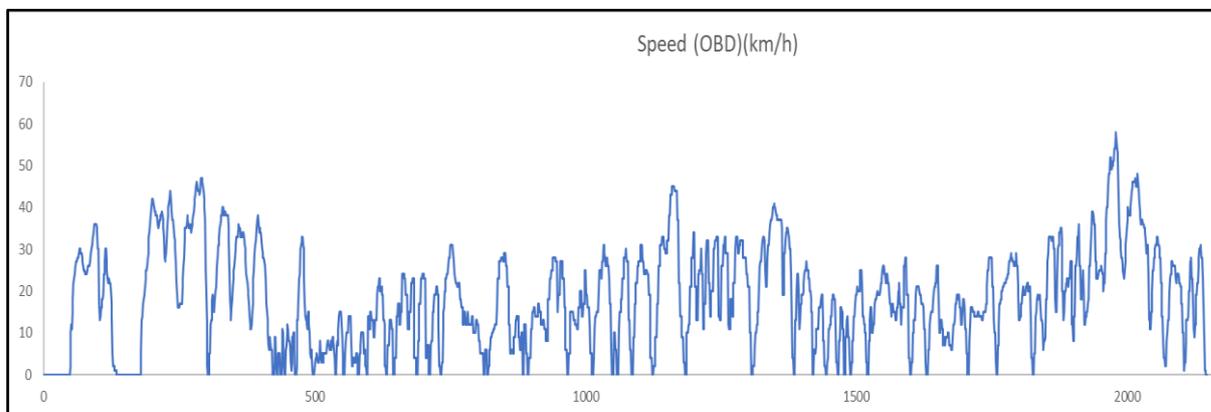
Para determinar el funcionamiento del sistema, se determinó que el vehículo apaga su motor cuando la velocidad es cero, es decir, cuando el vehículo se encuentra en ralentí.



**Figura 4. 1** Perfil de velocidad del vehículo convencional

##### 4.1.1 AJUSTES DE PERFIL DE VELOCIDADES

En la Figura 4.1, se indica la Figura inicial del recorrido del vehículo durante la recopilación de datos sin ninguna modificación, en la cual se puede identificar claramente el tiempo que dura el vehículo en ralentí. Se referencian por las líneas horizontales en la parte inferior las cuales indican que se encuentra con velocidad cero. En estas indican que son paradas realizadas por el vehículo durante congestionamiento vehicular o paradas en semáforo.



**Figura 4. 2** Perfil de velocidad simulando el uso del start/stop

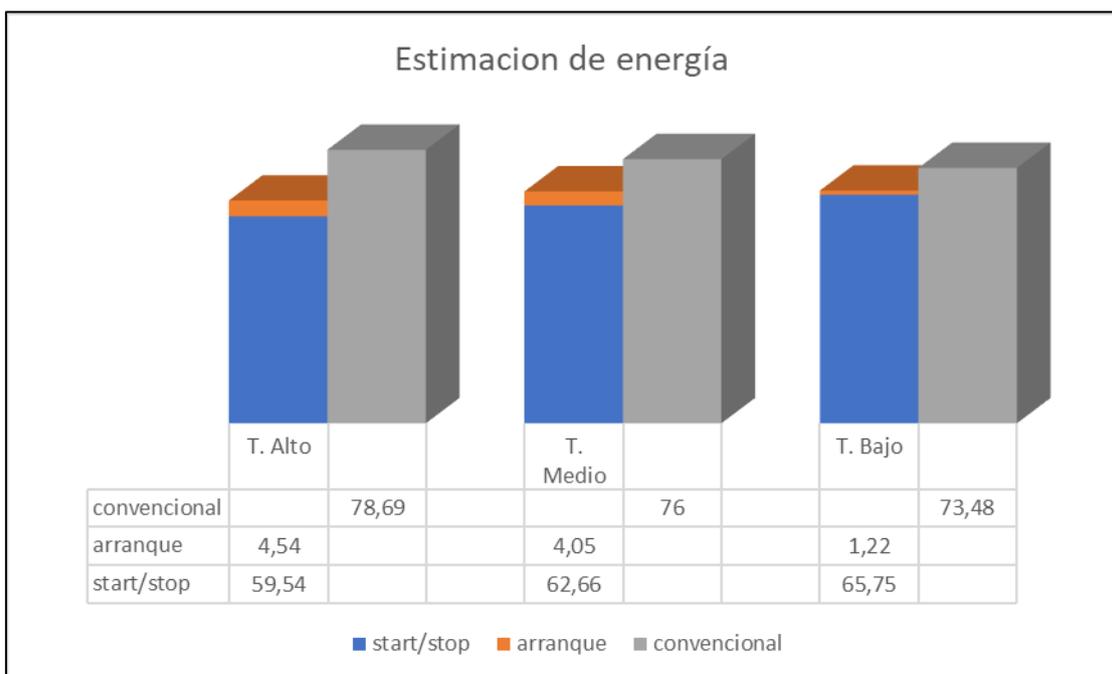
La Figura 4.2, se indica el perfil en el que se simula el funcionamiento del sistema start/stop en el trayecto urbano, donde se filtró las velocidades, para este caso se tuvo en cuenta que el vehículo solo permanece en ralentí un tiempo determinado de 3 segundos, que es el tiempo que dura el motor en permanecer encendido al parar en un semáforo o parada por congestión vehicular, después de este tiempo se pone en funcionamiento el sistema y apaga el motor hasta que se presione el embrague y encender nuevamente el motor.

#### 4.1.2 AJUSTE DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El ajuste de combustible es un proceso crítico en la operación de motores de combustión interna, para lograr la eficiencia del motor; el ajuste adecuado de combustible es fundamental para lograr la eficiencia óptima en la operación del motor, en la actualidad existen varias aplicaciones en motores que utiliza tecnología avanzada y así lograr los ajustes óptimos del combustible en tiempo real

##### 4.1.2.1 Estimación de energía por arranque

En el arranque si se toma datos que envía el alternador durante el tiempo de arranque, la máxima corriente que se puede generar en el arranque del motor será en el alternador. Esta potencia eléctrica es suministrada a la batería. Durante el estado de ralentí, la potencia eléctrica también es suministrada a otros dispositivos.

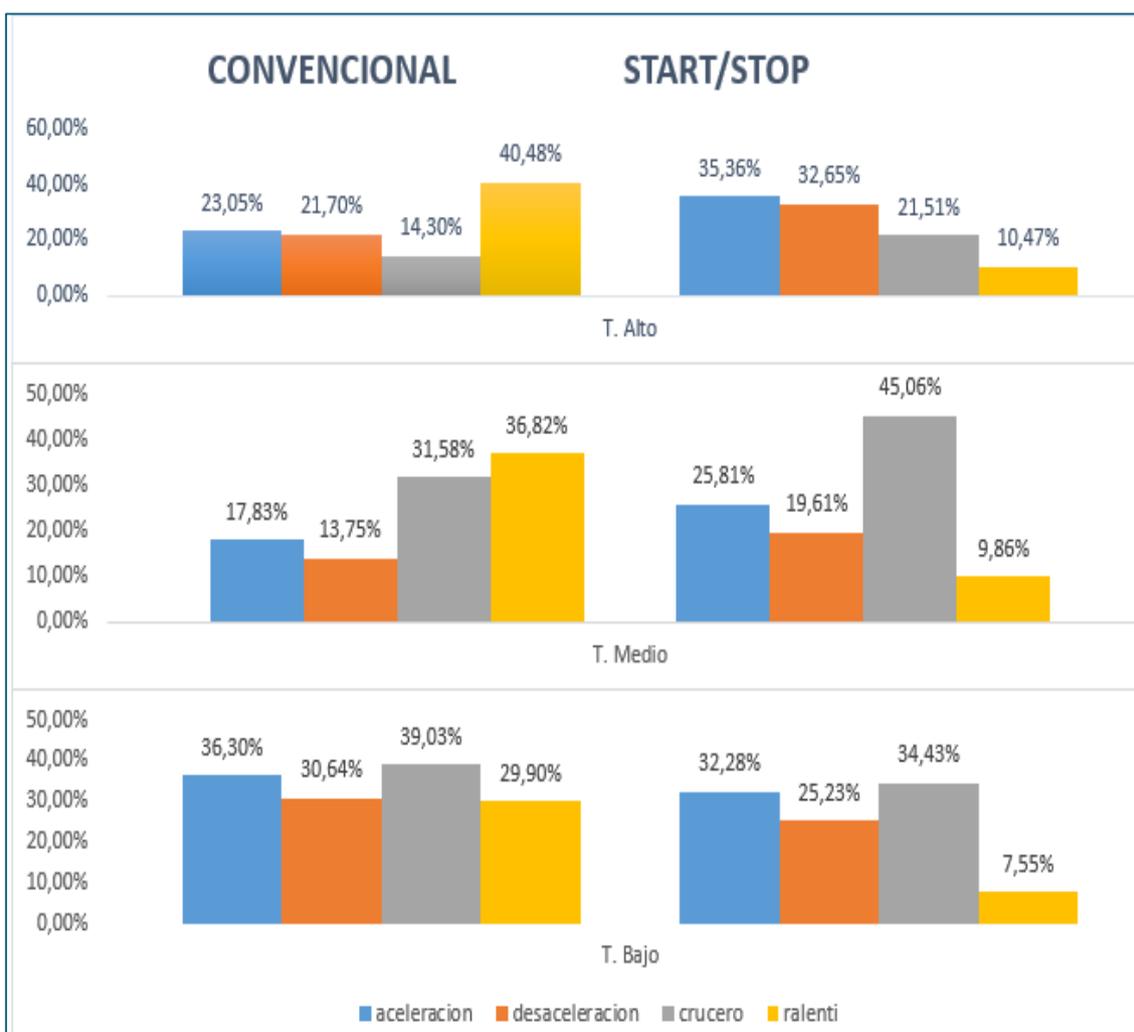


**Figura 4.3** Ajuste de consumo de combustible

Como se observa en la Figura 4.4, el consumo real de combustible se da por dos factores de suma importancia, siendo estos el consumo de combustible durante el arranque del vehículo y la operación del sistema start/stop. El consumo de combustible en arranque del motor para los recorridos con tráfico alto, tráfico medio y tráfico bajo es de 4,54 g/km, 4,05 g/km y 1,22 g/km, respectivamente. Se tiene una diferencia del 13% para el recorrido en tráfico alto, durante los recorridos en tráfico medio y en tráfico bajo se obtuvo el 7% de reducción en el consumo de combustible.

## 4.2 ESTADOS DE CONDUCCIÓN

Estados de conducción son parámetros que se establecen como parte de la forma de conducir en las vías con un automóvil. Los estados de aceleración y desaceleración son donde más se generan emisiones, por ende, son los más contaminantes, que los estados de velocidad constante como son los estados de conducción de cruceo y ralenti, en términos de g/Km y g/s, respectivamente.

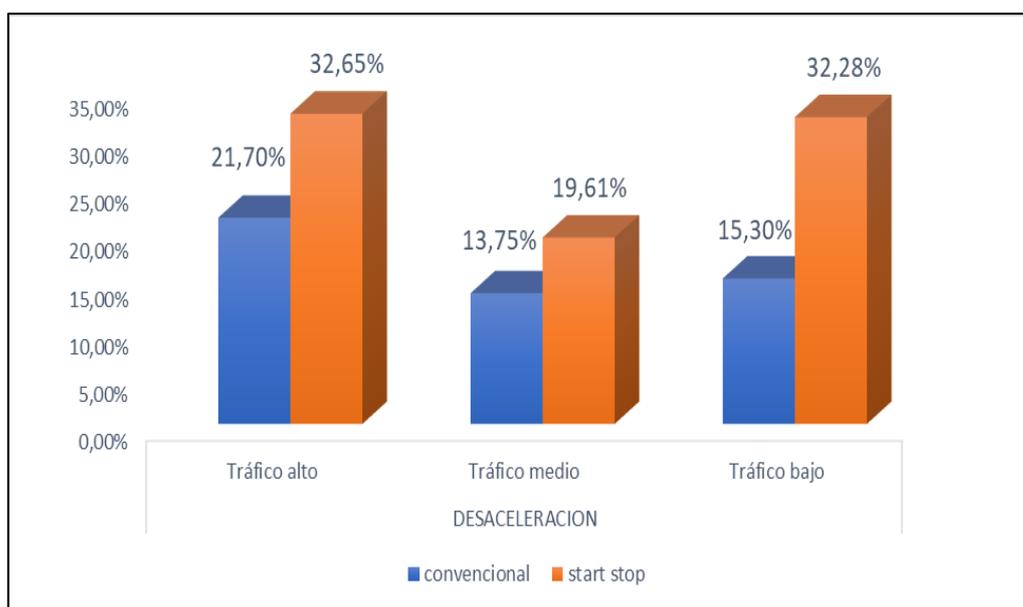


**Figura 4.4** Estados de conducción

En los modos de conducción como se indica en la Figura 4.5, se diferencia claramente el comportamiento en el manejo de un vehículo convencional (estándar), en contraste con el uso del sistema start/stop. Se determinó que el porcentaje de conducción en ralentí disminuye en las tres pruebas que se realizó, mientras que los demás estados de conducción no son constantes.

#### 4.2.1 DESACELERACIÓN

Se consideró el porcentaje de permanencia en el cual el taxi se encontró en desaceleración durante el día, con el propósito de establecer que horario es el que permite que el vehículo se encuentre más tiempo en este estado de conducción durante un viaje.



**Figura 4.5** Estado de conducción –desaceleración– según el horario

En el caso de la desaceleración Figura 4.6, se puede ver que con el uso del sistema start/stop la permanencia en este estado de conducción, se incrementó en los horarios analizados; teniendo, en tráfico alto el 32,65%; seguido por el 32,28% de tráfico bajo; en tráfico medio se condujo en desaceleración un 19,61%; mientras que, en el caso del manejo estándar, el porcentaje más alto corresponde al tráfico alto con el 21,70%; seguido del 15,30% del tráfico bajo; y por último el 13,75% en el tráfico medio.

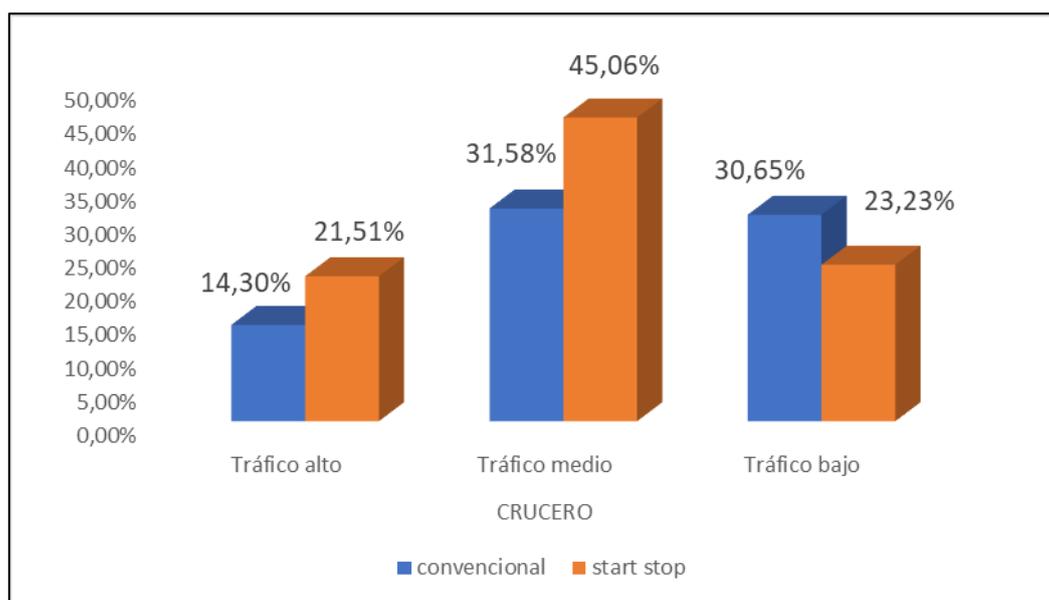
Como se indica en la Tabla 4.1, se obtuvo la diferencia que se experimentó en este estado de conducción teniendo en tráfico alto en un vehículo convencional la diferencia del 40,79%, menos tiempo en este estado con respecto al uso del sistema start/stop, en tráfico medio con el 29,88% del vehículo sin el uso del sistema start/stop, y por último; tráfico bajo con el 47,4% de diferencia con respecto al vehículo con el sistema start/stop.

**Tabla 4. 1** Porcentajes en estado de desaceleración

	TRÁFICO ALTO	TRÁFICO MEDIO	TRAFICO BAJO
CONVENCIONAL	21,70%	13,75%	15,30%
START/STOP	32,65%	19,61%	32,28%
DIFERENCIA%	40,79%	29,88%	47,4%

#### 4.2.2 CRUCERO

En el estado de velocidad crucero, se analizó con la finalidad de determinar la permanencia que se encontró el taxi sobre el trayecto.



**Figura 4.6** Modo de conducción –crucero– según el horario

En el caso del modo crucero Figura 4.7, se analizó que con el uso del sistema start/stop se presenta este estado de conducción en mayor porcentaje de permanencia en el trayecto, de todos los horarios analizados; se obtuvo que en tráfico medio se permanece el 45,06%; luego se tiene que en tráfico bajo se tiene un 23,23%; y en tráfico alto permanece con el 21,51 en este estado de conducción, mientras que, en el caso del manejo estándar, este porcentaje es menor, siendo el más alto en el tráfico medio, con el 31,58%; seguido del tráfico bajo con el 30,68%; y por último el tráfico alto con el 14,30%.

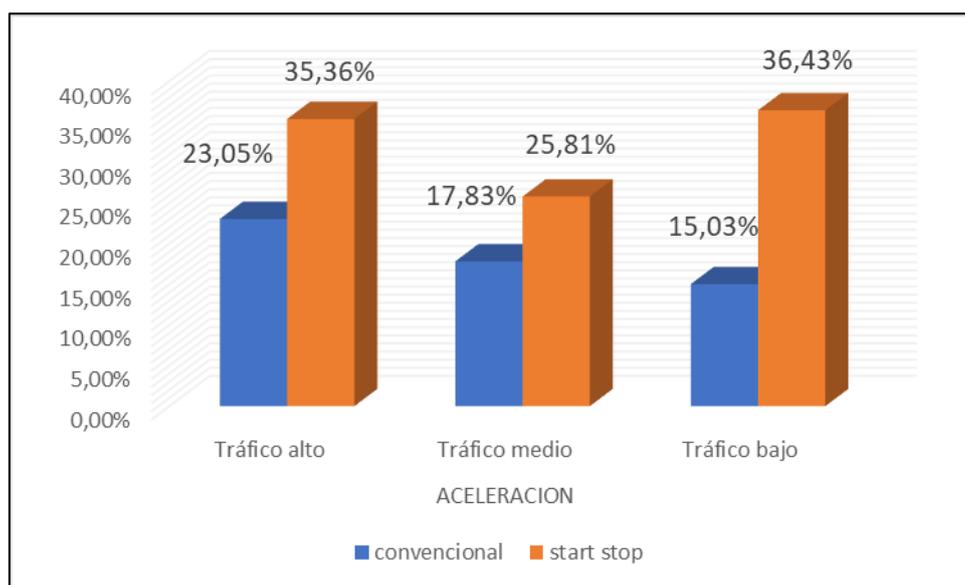
En la Tabla 4.2, se muestra la diferencia porcentual entre los tiempos de permanencia en el estado de conducción de velocidad crucero, se experimenta una diferencia del 33,52% en tráfico alto; seguido por el tráfico medio con el 29,92%, por último, el menor porcentaje es en tráfico bajo con un 24,20% con respecto al vehículo convencional. teniendo en cuenta que los porcentajes de permanencia en este estado de conducción son mayores cuando se usa el sistema start/stop.

**Tabla 4. 2** Porcentaje en estado de velocidad crucero

	TRÁFICO ALTO	TRÁFICO MEDIO	TRAFICO BAJO
CONVENCIONAL	14,30%	31,58%	30,65%
START/STOP	21,51%	45,06%	23,23%
DIFERENCIA%	33,52%	29,92%	24,20%

### 4.2.3 ACELERACIÓN

Es importante saber en qué tiempo y tramo del trayecto se mantuvo más acelerado, para ello se analizó los porcentajes de permanencia en estado de aceleración durante el día.

**Figura 4.7** Modo de conducción –aceleración– según el horario

En el caso de la aceleración Figura 4.8, se analizó que en el uso del sistema start/stop se presenta este modo de conducción, se obtuvo que con el uso del sistema se incrementa el porcentaje de permanencia en este estado de conducción, esto depende del flujo vehicular. Teniendo que en tráfico bajo la diferencia es mínima con un 34,63%, en un vehículo convencional, seguida por tráfico alto con el 23,05%; y por último con el 17,83% en tráfico medio, mientras que, en el caso del manejo con el uso del sistema start/stop, el porcentaje más alto corresponde al tráfico alto, con el 35,36%; seguido del tráfico bajo con el 32,28%; y por último el tráfico medio con el 25,81%.

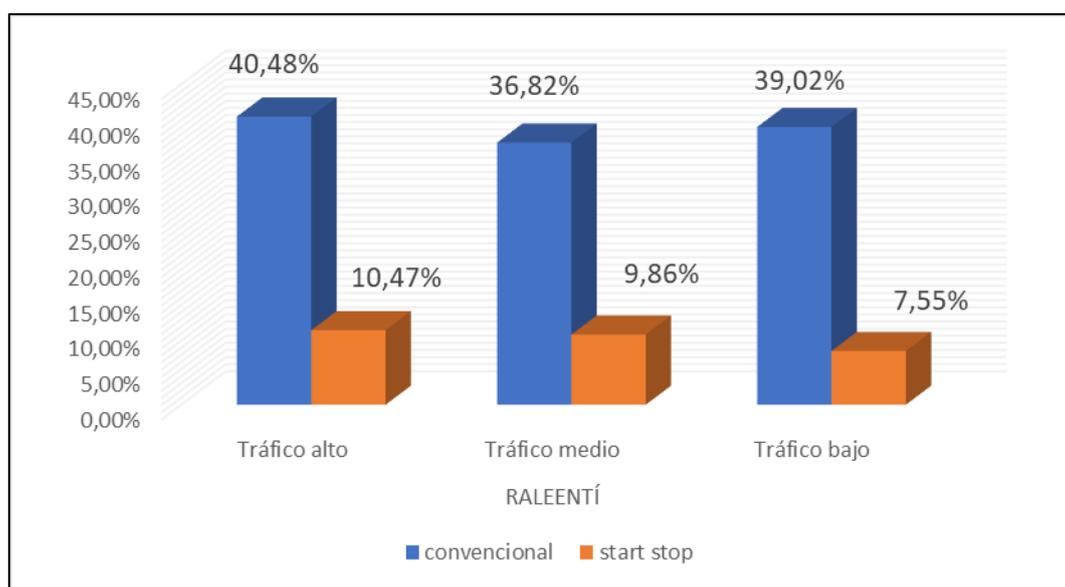
Como se muestra en la Tabla 4.3, la diferencia porcentual de cada horario en permanencia con el estado de conducción en aceleración, en tráfico alto se tiene una diferencia de 34,81% en relación de los dos sistemas analizados, en tráfico medio se observa una diferencia del 30,92%, y en tráfico bajo es donde menos cambios se ve teniendo una diferencia del 41,26% de conducción en aceleración.

**Tabla 4. 3** Porcentajes de estado de conducción en aceleración

	TRÁFICO ALTO	TRÁFICO MEDIO	TRAFICO BAJO
CONVENCIONAL	23,05%	17,83%	15,03%
START/STOP	35,36%	25,81%	36,43%
<b>DIFERENCIA%</b>	<b>34.81%</b>	<b>30,92%</b>	<b>41,26%</b>

#### 4.2.4 RALENTÍ

El comportamiento del vehículo en estado de conducción en ralentí permitió establecer cuál estuvo más tiempo detenidos al comparar los datos cuando el sistema esta activado y desactivado.



**Figura 4.8** Modo de conducción –ralentí– según el horario

En el caso del modo ralentí Figura 4.9, se pudo observar que con el uso del sistema start/stop se presenta una disminución de permanencia con respecto a un vehículo convencional, se obtuvo que en tráfico alto se mantiene un 10,47%; luego se presentó en tráfico medio con el 9,86%; por ultimo con el 7,55% en tráfico bajo, mientras que, en el caso del manejo estándar, este porcentaje es mayor, presentándose un porcentaje más elevado en el tráfico alto, con el 40,48%; seguido por el tráfico medio con el 36,82% y por último tenemos al valor otorgado en tráfico bajo con el 7,70%.

Se conoció que con el uso del sistema start/stop el tiempo de permanencia en estado en ralentí se redujo drásticamente en dos de los trayectos realizados ya que se obtienen un valor en tráfico alto con el 74,14%; y con el 73,22% en tráfico medio, mientras que en tráfico bajo la diferencia es mínima con el 80,65%, como se muestra en la Tabla 4.4.

**Tabla 4. 4** Porcentaje de permanencia en estado de conducción ralenti

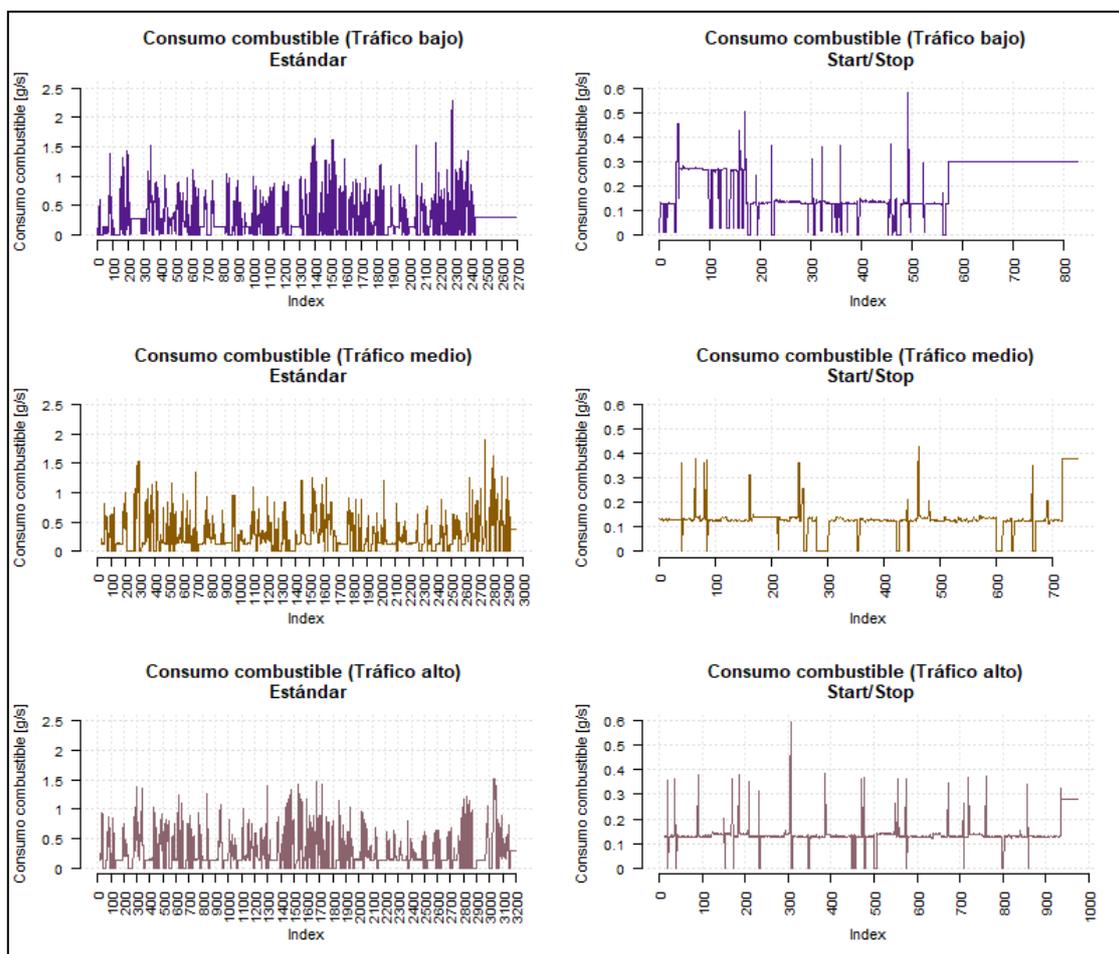
	TRÁFICO ALTO	TRÁFICO MEDIO	TRAFICO BAJO
CONVENCIONAL	40,48%	36,82%	39,02%
START/STOP	10,47%	9,86%	7,55%
DIFERENCIA%	<b>74,14%</b>	<b>73,22%</b>	<b>80,65%</b>

Fuente: Elaborada por el autor

### 4.3 FACTORES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES

Se definió los valores representativos a los que se relaciona la cantidad de combustible consumido durante el trayecto y a la cantidad de contaminante que se emite, estos factores se los expresa generalmente como la masa del gas contaminante sobre la unidad de peso, tiempo, distancia, potencia.

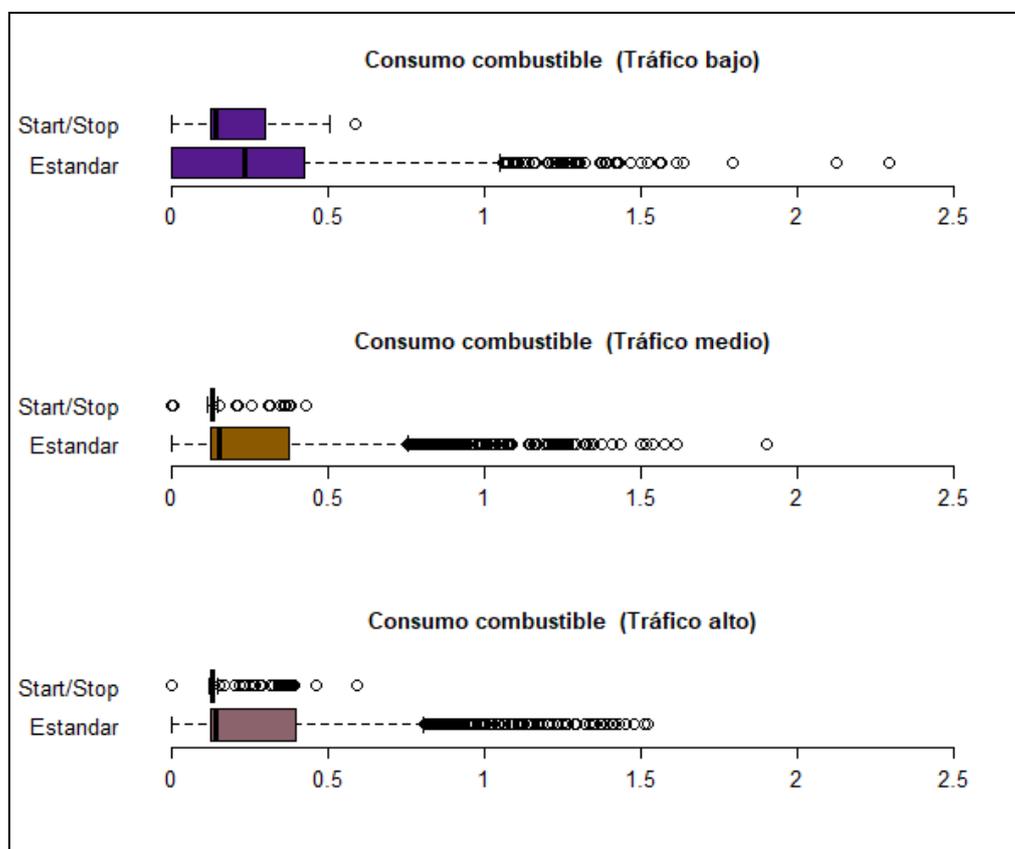
#### 4.3.1 TASA DE CONSUMO PROMEDIO (g/s)



**Figura 4.9** Comportamiento temporal del consumo de combustible

En el comportamiento temporal del consumo de combustible de la Figura 4.10, se puede ver un comportamiento oscilatorio en los distintos horarios que diferencia el uso de start/stop o uso estándar en el vehículo donde se toman los registros. Como parte del análisis se indaga sobre los valores máximos y mínimos en el consumo:

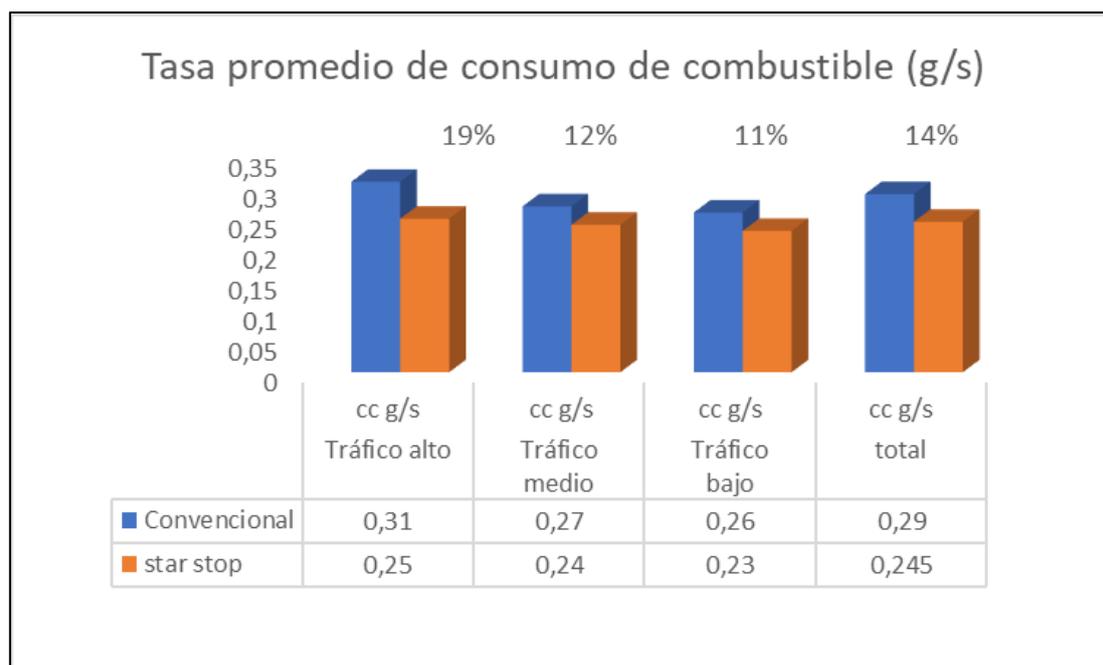
Se observa un valor máximo de 0,23 g/s con el uso de start/stop; mientras que se observa un máximo de 0,31 g/s en el manejo estándar; en el horario con tráfico un máximo de 0,24 g/s con el uso de start/stop; mientras que con el un vehículo convencional se observa un máximo de 0,27 g/s; en el horario con tráfico alto se tiene un máximo de 0,23 g/s con el uso de start/stop; mientras que se observa un máximo de 0,26 g/s en el manejo estándar.



**Figura 4.10** Consumo de combustible según el horario

La Figura 4.11, muestra la existencia de valores atípicos en el consumo de combustible en los tres horarios (tráfico alto, medio y bajo) donde se diferencia además el uso de start/stop con el manejo estándar. Como parte del análisis se describe los límites a partir de los cuales se consideran datos atípicos:

en tráfico bajo se considera como valores atípicos consumos superiores a 0,30 g/s en start/stop; y el manejo estándar son atípicos a aquellos valores superiores a 0,50 g/s; en tráfico medio se considera como valores atípicos consumos superiores a 0,15 g/s e inferiores a 0,11 g/s en start/stop; mientras que para el caso del manejo estándar se considera atípicos a aquellos valores superiores a 0,75 g/s; y en tráfico alto se considera atípicos consumos superiores a 0,15 g/s e inferiores a 0,12 g/s en start/stop; y en manejo estándar son atípicos valores superiores a 0,81 g/s.



**Figura 4.11** Promedios del consumo de combustible según el horario

De acuerdo con la Figura 4.12, el valor promedio del consumo de combustible con el manejo estándar es muy similar entre los tres horarios: 0,31 g/s, 0,27 g/s y 0,26 g/s para los horarios con tráfico alto, medio y bajo, respectivamente. No obstante, en el caso del uso del start/stop se puede evidenciar una reducción del promedio de las emisiones en todos los horarios:

- en el horario con tráfico alto tiene un consumo promedio de 0,25 g/s; lo cual indica una reducción del 19% en el promedio de consumo de combustible.
- en el horario con tráfico medio tiene un consumo promedio de 0,24 g/s; lo cual indica una reducción del 12% en el promedio de consumo de combustible;
- en el horario con tráfico bajo tiene un consumo promedio de 0,23 g/s; lo cual indica una reducción del 11% en el promedio de consumo de combustible;

**Tabla 4. 5** Consumo de combustible total

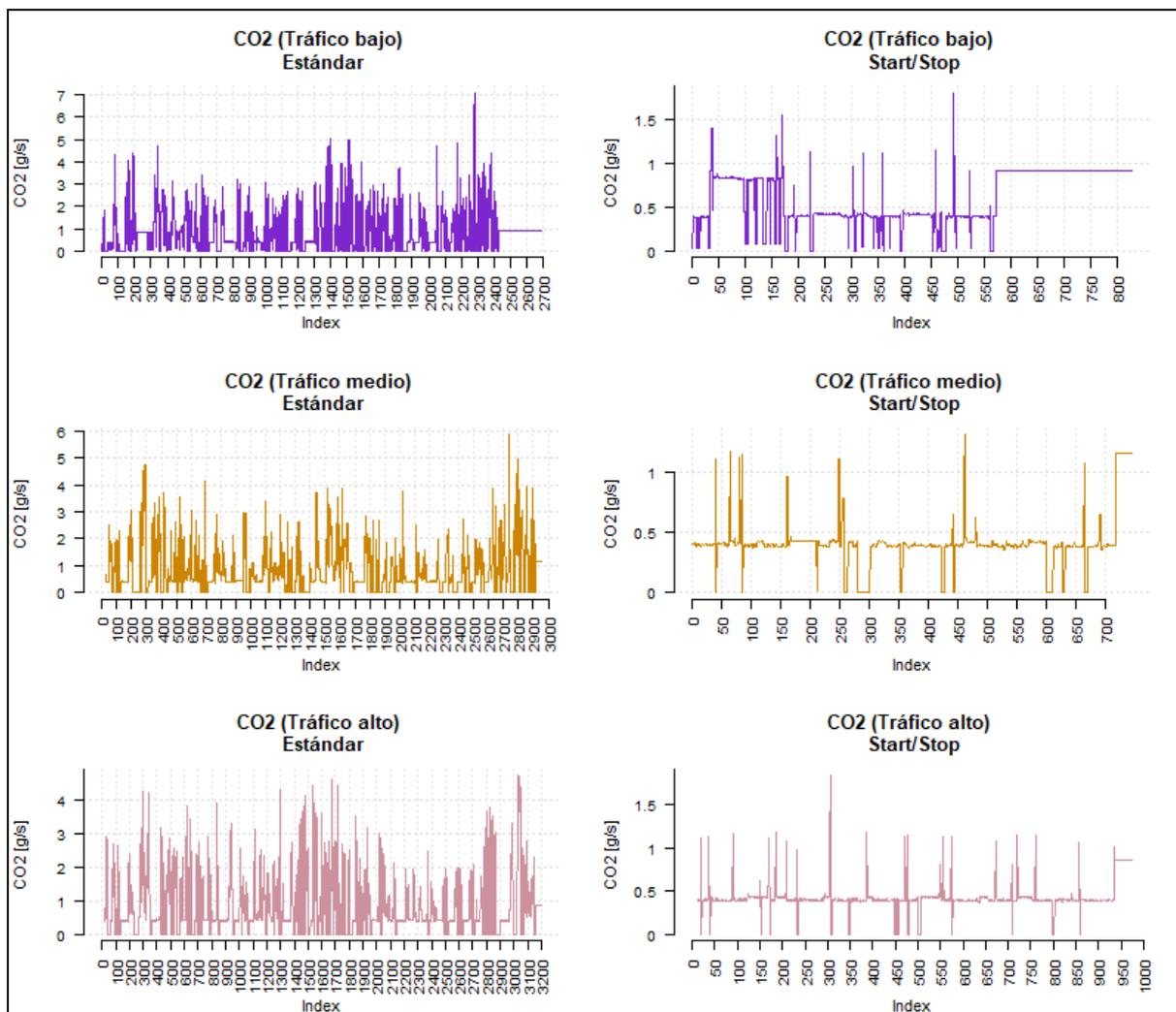
Tráfico vehículo	Consumo de combustible (g/s)			Total
	Alto	Medio	Bajo	
<b>Convencional</b>	0,31	0,27	0,26	0,28
<b>start/stop</b>	0,25	0,24	0,23	0,24
Diferencia %	19 %	11%	11%	14%

**Fuente:** elaborada por el autor

En la Tabla 4.5, se puede observar el total del consumo de combustible que se tuvo durante los tres recorridos realizados durante la recopilación de datos, obteniendo valores

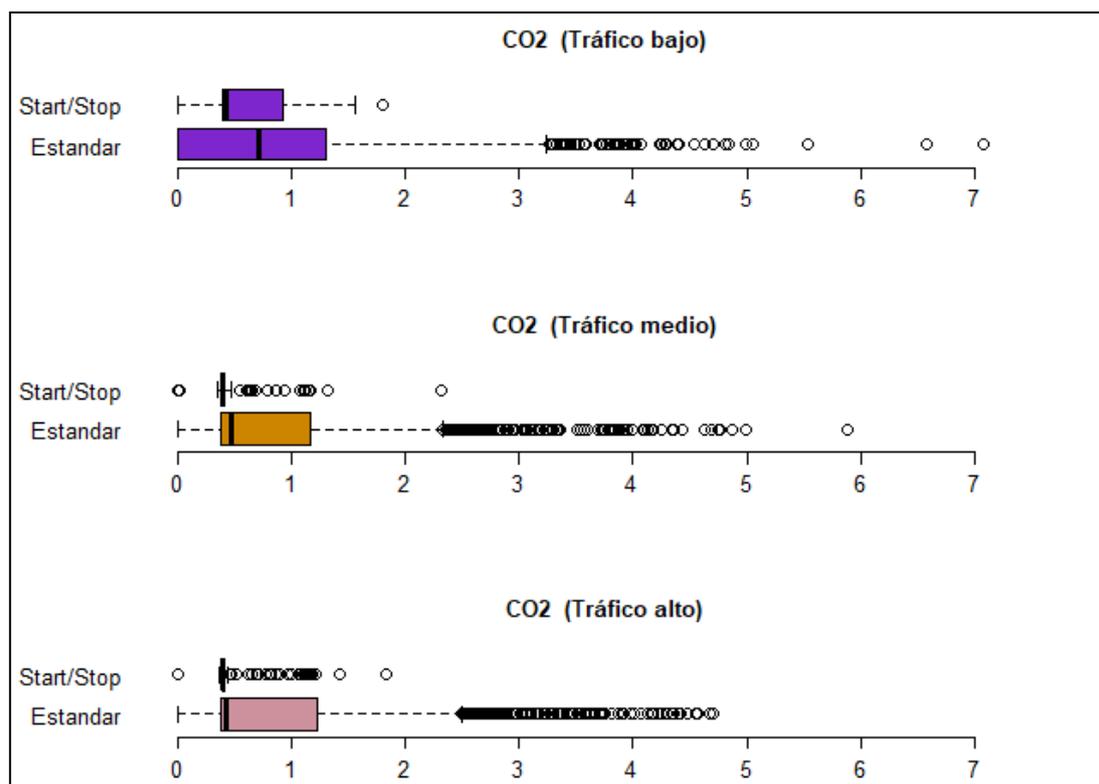
de 0,28 g/s para el vehículo convencional, y 0,24 g/s para un vehículo con sistema start/stop, obteniendo un 14% de reducción en el consumo de combustible en un vehículo que usa el sistema start/stop con respecto a un vehículo convencional.

#### 4.3.2 EMISIONES CO<sub>2</sub> (g/s)



**Figura 4.12** Comportamiento temporal de las emisiones de CO<sub>2</sub>

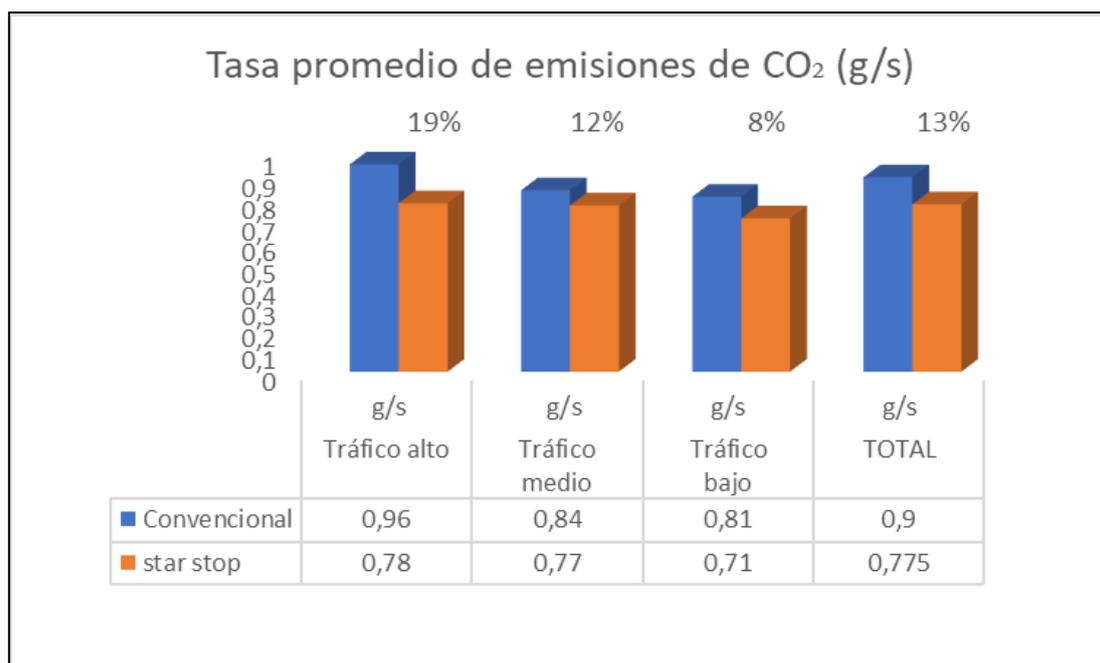
En el comportamiento temporal de las emisiones de CO<sub>2</sub> Figura 4.13, se puede ver un comportamiento oscilatorio en los distintos horarios que diferencia el uso de start/stop o uso estándar. Como parte del análisis se indaga sobre los valores máximos y mínimos: En el horario con tráfico bajo se tiene un máximo de 0,73 g/s con el uso de start/stop; mientras que un máximo de 0,96 g/s en el manejo estándar; en el horario con tráfico medio se tiene un máximo de 0,77 g/s con el uso de start/stop; mientras que se observa un máximo de 0,84 g/s en el manejo estándar; en el horario con tráfico alto se tiene un máximo de 0,71 g/s con el uso de start/stop; mientras que se observa un máximo de 0,81 g/s en el manejo estándar.



**Figura 4.13** Emisiones de CO<sub>2</sub> según el horario

La Figura 4.14, muestra la existencia de valores atípicos en los tres horarios (tráfico alto, medio y bajo) donde se diferencia además el uso de start/stop con el manejo estándar. Como parte del análisis del comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> en cada uno de los horarios se analiza los límites a partir de los cuales se consideran datos atípicos:

En el horario con tráfico bajo se considera como valores atípicos aquellas emisiones de CO<sub>2</sub> superiores a 1,0 g/s en el caso del uso del start/stop; mientras que para el caso del manejo estándar se considera atípicos a aquellos valores superiores a 1,2 g/s; en el horario con tráfico medio se considera como valores atípicos aquellas emisiones de CO<sub>2</sub> superiores a 0,8 g/s e inferiores a 0,2 g/s en el caso del uso del start/stop; mientras que para el caso del manejo estándar se considera atípicos a aquellos valores superiores a 1,3 g/s; y en el horario con tráfico alto son valores atípicos aquellas emisiones de CO<sub>2</sub> superiores a 1,1 g/s e inferiores a 0,10 g/s en el caso del uso del start/stop; mientras que para el caso del manejo estándar se considera atípicos a aquellos valores superiores a 1,50 g/s.

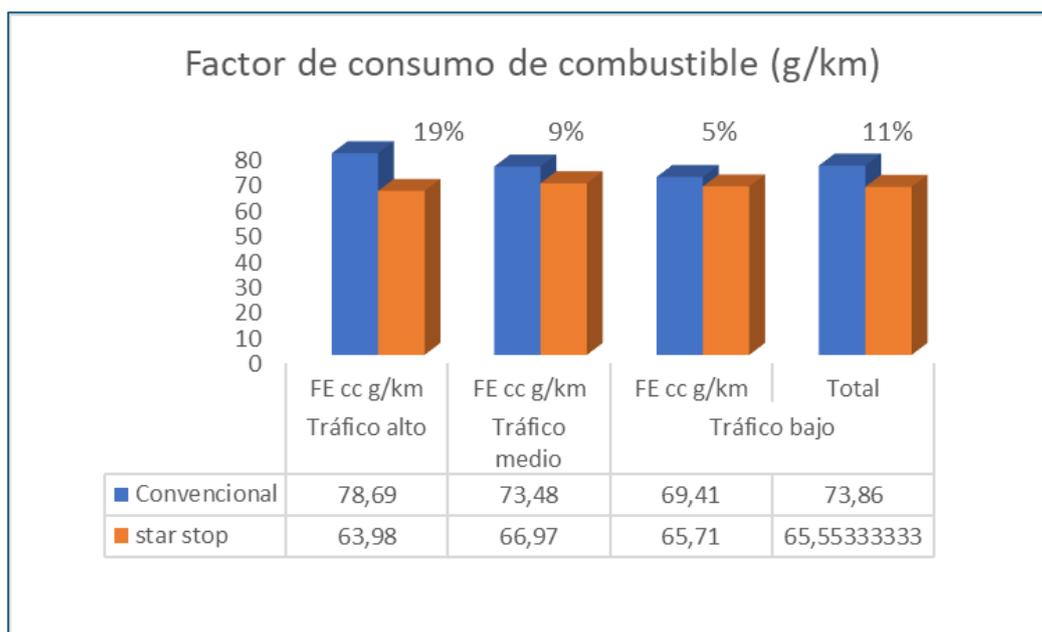


**Figura 4.14** Promedios de las emisiones de CO<sub>2</sub> según el horario

De acuerdo con la Figura 4.15, el valor promedio de las emisiones de CO<sub>2</sub> con el manejo estándar es muy similar entre los tres horarios: 0,96 s, 0,84 g/s y 0,81 g/s para los horarios con tráfico alto, medio y bajo, respectivamente. No obstante, en el caso del uso del start/stop se puede evidenciar una reducción del promedio de las emisiones en todos los horarios:

- En el horario con tráfico alto tiene un promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> igual a 0,78 g/s; lo cual indica una reducción del 19% en el promedio de las emisiones de CO<sub>2</sub>;
- En el horario con tráfico bajo tiene un promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> igual a 0,71 g/s; lo cual indica una reducción del 12% en el promedio de las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- En el horario con tráfico medio tiene un promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> igual a 0,77 g/s; lo cual indica una reducción del 8% en el promedio de las emisiones de CO<sub>2</sub>;

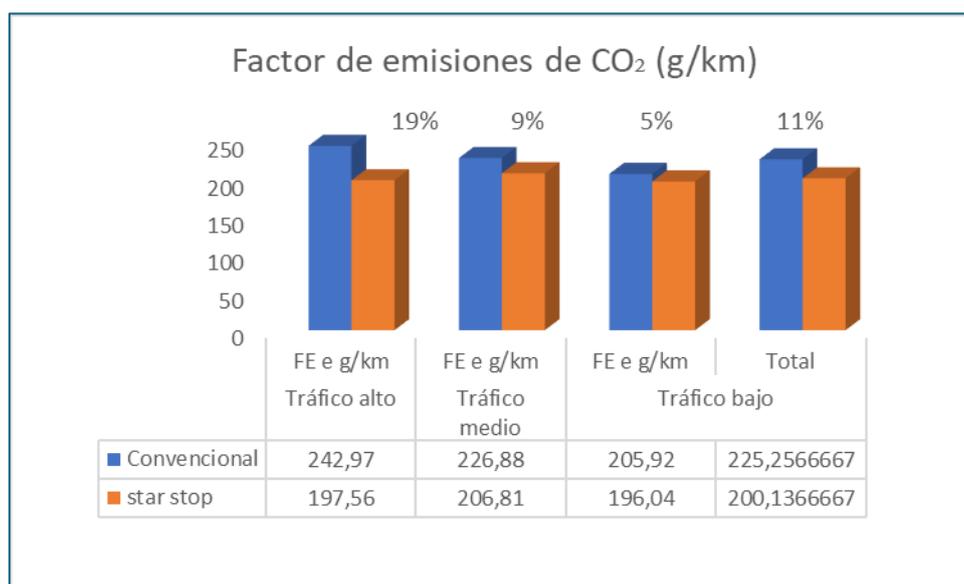
### 4.3.3 FACTOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE



**Figura 4.15** Promedios del consumo de combustible según el horario

De acuerdo con la Figura 4.16, el promedio del consumo de combustible con el manejo estándar difiere entre los tres horarios: 78,69 g/km, 69,41 g/km y 73,84 g/km para los horarios con tráfico alto, medio y bajo, respectivamente. No obstante, en el caso del uso del start/stop se puede evidenciar una reducción del promedio del consumo en todos los horarios: en tráfico alto tiene un promedio de 63,98 g/km; lo cual indica una reducción del 19%; en tráfico medio tiene un promedio de 66,97 g/km; lo cual indica una reducción del 9%; y en tráfico bajo tiene un promedio de 65,71 g/km; es decir, reduce un 5%.

### 4.3.4 FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>



**Figura 4. 16** Promedios de emisiones de CO<sub>2</sub> según horario

De la Figura 4.17, se muestra que el promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> con el manejo estándar difiere entre los tres horarios: 242,97 g/km, 226,88 g/km y 205,92 g/km, para los horarios con tráfico alto, medio y bajo, respectivamente. Por su parte, en el caso del uso del start/stop se puede evidenciar una reducción del promedio del consumo en todos los horarios: en tráfico alto el promedio es de 197,56 g/km; lo cual indica una reducción del 19%; en tráfico medio el promedio es de 206,004 g/km; lo cual indica una reducción del 9%; y en tráfico bajo el promedio es de 196,04 g/km; es decir, se tiene una reducción un 5%.

**Tabla 4. 6** Diferencia en los factores de consumo y emisión

	Factores consumo de combustible			Factores de emisión CO <sub>2</sub>		
	Convencional	Start/stop	Diferencia	Convencional	Start/stop	Diferencia
	g/km			g/km		
Tráfico alto	78,69	63,98	19%	242,97	197,56	19%
Tráfico medio	73,48	66,97	9%	226,88	206,81	8%
Tráfico bajo	69,41	65,71	5%	205,92	196,04	5%
Total	73,86	65,55	11%	225,26	200,14	11%

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- El sistema start/stop es un sistema de encendido y apagado que apaga el motor después de 3 segundos cuando el vehículo se detiene por completo y se enciende cuando el automóvil se pone en marcha. Gracias a este sistema, se puede reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> en la ciudad. Los vehículos que incorporan este sistema tienen algunas mejoras con respecto a los vehículos convencionales, como un motor de arranque y un alternador más robustos y duraderos, una batería de mayor tamaño y mejores características. Otro punto importante es que este sistema verifica la posición de los pedales para su funcionamiento, es decir, el vehículo se apagará cuando el conductor coloque la marcha en neutral y suelte el pedal del embrague.
- Para determinar la tasa de consumo, se utilizó un vehículo Kia Rio que recorrió una distancia de 11 km en un tiempo total de 45 minutos, alcanzando una velocidad promedio de 21 km/h. Durante el trayecto, se emplearon un OBD II ELM327 y un GPS para recopilar los datos necesarios para el análisis. Estas pruebas se llevaron a cabo en tres niveles de tráfico distintos y los equipos mencionados fueron configurados previamente para registrar la información del vehículo con una frecuencia de 1 Hz, es decir, un segundo.
- Debido a la indisponibilidad de un vehículo con el sistema start/stop, se realizó una simulación a través de R Studio para identificar con precisión los tiempos de detención del vehículo. Para simular el funcionamiento del sistema start/stop se llevaron a cabo tres pasos clave. Primero, se descartó el tiempo de ralentí del vehículo. Posteriormente, se contabilizó el número de arranques en las pruebas, y finalmente se calculó el arranque neto necesario para encender el motor. Los resultados obtenidos fueron: 4,54 g/km, 4,05 g/km y 1,22 g/km, para tráfico alto, medio y bajo respectivamente.
- Los factores de consumo de combustible para un vehículo convencional en diferentes niveles de tráfico fueron los siguientes: 78,69 g/km en tráfico alto, 73,48 g/km en tráfico medio y 69,41 g/km en tráfico bajo. En contraste, un vehículo con sistema start/stop registró un consumo de 63,98 g/km en tráfico alto,

66,97 g/km en tráfico medio y 65,71 g/km en tráfico bajo. Esto representa un ahorro de combustible del 19%, 9% y 5% respectivamente al utilizar el sistema start/stop.

- Durante la prueba realizada con tráfico alto, el factor de emisión de CO<sub>2</sub> fue de 242,97 g/km, mientras que para la ruta con tráfico medio fue de 226,88 g/km y para el recorrido con tráfico bajo se obtuvo un valor de 235,93 g/km. Por otro lado, al considerar un vehículo con sistema start stop, se observó una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>, con valores de 197,56 g/km para tráfico alto, 206,81 g/km para tráfico medio y 206,004 g/km para tráfico bajo. Estos resultados indican una disminución del 19%, 8% y 12% en las emisiones de CO<sub>2</sub> para los recorridos realizados con tráfico alto, medio y bajo respectivamente.
- En términos generales, se obtiene un valor promedio para los factores de consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> durante el recorrido total del vehículo en las 3 pruebas realizadas de 73,86 g/km y 63,22 g/km, respectivamente, para un vehículo convencional. En el caso de la simulación del sistema start stop, los valores proyectados para consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> son de 225,26 g/km y 200,14 g/km, respectivamente, lo que representa un ahorro del 11% en ambos aspectos en comparación con el vehículo convencional.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo campañas informativas para explicar el funcionamiento básico del sistema start/stop a aquellos interesados en adquirir un vehículo. De esta manera, podrán comprender las ventajas de contar con este sistema en comparación con un vehículo convencional. Además, es importante realizar una investigación del costo-beneficio que supone la instalación del sistema start/stop en los taxis de la ciudad de Ibarra. Esto permitirá evaluar si la inversión en este tipo de tecnología es viable y rentable para los propietarios de los vehículos.
- Aunque se logró simular el funcionamiento del sistema start/stop, se sugiere para investigaciones futuras utilizar un vehículo equipado con este sistema para recopilar y estructurar datos de manera más precisa. Esto permitirá una mejor correlación de los datos y una validación más acertada de los métodos empleados.
- Para futuras investigaciones que analicen los factores de emisiones, se sugiere evaluar diferentes tramos, incluyendo áreas urbanas, extraurbanas y autopistas. De esta manera, se podrá identificar en qué sectores se concentran las emisiones contaminantes y promover investigaciones que busquen soluciones para mitigar los impactos ambientales.
- Para investigaciones futuras, se sugiere la utilización de un sensor de flujo de combustible (flujómetro) para medir con precisión el consumo de combustible del vehículo. Este sensor debe ser instalado en el sistema de inyección del vehículo, lo que permitirá obtener datos reales sobre el consumo de combustible. Asimismo, es fundamental analizar otros factores como el gasto energético, la potencia térmica, la potencia de frenado y la potencia de tracción para obtener una visión completa del rendimiento del vehículo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adolfo, E.-R., Erica, R.-I., Armando, G.-B., Antonio, L.-C. J., Joaquín, C.-G., & Joel, R.-I. (2015). Plataforma autoconfigurable de monitoreo remoto para aplicaciones móviles en WSN. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(3), 369–382. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.009>
- Arbeláez Pérez, O. F., Delgado Varela, K. A., & Castañeda Mena, J. D. (2023). Effect of incorporation of cane bagasse ash on mechanical properties and carbon dioxide emissions of concrete containing waste glass. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 62(5), 443–451. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2022.08.001>
- Celemín, C. A., Jiménez, J. K., Riscanevo, N., de Ferrater, A. T., Moscoso, A., Chaustre, J. E., Robles, S., García, M. M., Andrade, L. F., & Pineda, H. (2022). Clinical outcomes in patients with a diagnosis of pneumonia related to SARS-CoV-2 managed with a high-flow cannula, a clinical experience. (CANALF study). *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*, 22, S1–S10. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2022.03.005>
- Elías, G.-H., Humberto, B.-Á., Rodolfo, S.-E., Xicoténcatl, L.-A., Claudia, G.-L., & Pablo, S.-Á. (2015). Consumo de energía y emisiones de bióxido de carbono del sector refinación de petróleo en México de 2015 a 2030. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(4), 503–513. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.09.003>
- Gaviria Rios, J., Mora, J., & Agudelo, J. (2002). Historia motores de combustión. In *Revista Facultad de Ingeniería* (Issue 26, pp. 68–78).
- Gómez, J. M. (2016). Analysis of the variation in the efficiency in the production of biofuels in Latin America. *Estudios Gerenciales*, 32(139), 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.01.001>
- Hu, F., Sun, H., Zhang, T., Wang, Q., Li, Y., Liao, H., Wu, X., & Liu, Z. (2024). Comparative study on process simulation and performance analysis in two pressurized oxy-fuel combustion power plants for carbon capture. *Energy Conversion and Management*, 303, 118178. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118178>
- Insta, A. (2019). *Sistema Start-Stop: Implementación como Mecanismo de Reducción de Combustible Start-Stop System : Implementation as a Fuel Reduction Mechanism*. 2(1).
- Internacional, I. X. C. (2004). *En Colaboración Con*. 2–5.

- Karrouchi, M., Rhiat, M., Nasri, I., Atmane, I., Hirech, K., Messaoudi, A., Melhaoui, M., & Kassmi, K. (2023). Practical investigation and evaluation of the Start/Stop system's impact on the engine's fuel use, noise output, and pollutant emissions. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2023.100310>
- Margarita, Z.-D. C. L., Osney, P.-O., Antonio, R.-R. P., María, Z.-D. C. B., & Geraldo, L. (2015). Potencialidades del bagazo para la obtención de etanol frente a la generación de electricidad. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(3), 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2015.05.001>
- Martí, J. V., Yepes, V., González-Vidosa, F., & Luz, A. (2014). Diseño automático de tableros óptimos de puentes de carretera de vigas artesa prefabricadas mediante algoritmos meméticos híbridos. *Revista Internacional de Metodos Numericos Para Calculo y Diseno En Ingenieria*, 30(3), 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2013.04.010>
- NTE INEN 2204. (2017). Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina. NTE INEN 2204. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 2.
- Obtención, L. A., De, D. T., Mecánico, I., Iván, E., Morales, C., & Mayorga, I. A. (2013). *universidad técnica de Ambato facultad de ingeniería civil y mecánica carrera de ingeniería mecánica trabajo estructurado de manera independiente previó a*.
- Ortega-García, J. A., Martínez-Hernández, I., Boldo, E., Cárcelos-Álvarez, A., Solano-Navarro, C., Ramis, R., Aguilar-Ros, E., Sánchez-Solis, M., & López-Hernández, F. (2020). Urban air pollution and hospital admissions for asthma and acute respiratory disease in Murcia city (Spain). *Anales de Pediatría*, 93(2), 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.01.012>
- Pusay, E. (n.d.). *Sistema Start\_Stop*.
- Shi, T., Xiong, W., Peng, X., Feng, J., & Guo, Y. (2023a). Experimental investigation on the start-stop performance of gas foil bearings-rotor system in the centrifugal air compressor for hydrogen fuel cell vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(88), 34501–34519. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.218>
- Shi, T., Xiong, W., Peng, X., Feng, J., & Guo, Y. (2023b). Experimental investigation on the start-stop performance of gas foil bearings-rotor system in the centrifugal air compressor for hydrogen fuel cell vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(88), 34501–34519. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.218>

- Shi, T., Xiong, W., Peng, X., Feng, J., & Guo, Y. (2023c). Experimental investigation on the start-stop performance of gas foil bearings-rotor system in the centrifugal air compressor for hydrogen fuel cell vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(88), 34501–34519. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.218>
- Takayanagi, T. (2023). Estimating parameter values and initial states of variables in a mathematical model of coronavirus disease 2019 epidemic wave using the least squares method, Visual Basic for Applications, and Solver in Microsoft Excel. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.cmpbup.2023.100111>
- Tavana, H., Thompson, P., Boyce, K., Frantzich, H., Nilsson, D., & McGrath, D. (2024). A novel approach to the investigation and quantification of the stop/start process for pedestrian traffic using motion capture devices. *Travel Behaviour and Society*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2023.100659>
- Wang, Q., Xu, T., von Terzi, D., Xia, W., Wang, Z., & Zhang, H. (2024). Synchronized optimization of wind farm start-stop and yaw control based on 3D wake model. *Renewable Energy*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120044>
- Yadav, A., & Sakle, N. (2023). Development of low-cost data logger system for capturing transmission parameters of two-wheeler using Arduino. *Materials Today: Proceedings*, 72, 1697–1703. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.471>
- Zhang, Z., Xiang, S., Huo, H., Xie, T., Zhang, X., & Xu, J. (2024). Effect of pump start-stop operation in drilling of offshore Extreme-HPHT directional wells upon bottomhole transient fluctuating pressure. *Geoenergy Science and Engineering*, 235, 212708. <https://doi.org/10.1016/j.geoen.2024.212708>

## ANEXOS

### Anexo 1 Cooperativa de taxis de la ciudad de Ibarra

Compañía De Taxis Cuatro Esquinas Cia Ltda
Compañía De Taxis Floritax S.A.
Compañía De Transporte En Taxis Azaya S.A.
Compañía De Transporte En Taxis Posso Salgado
Cooperativa Centro Colonial
Cooperativa De Taxis German Grijalva
Cooperativa De Taxis La Victoria
Cooperativa De Taxis Simon Bolivar
Cooperativa De Taxis 25 De Diciembre
Cooperativa De Taxis 9 De Octubre
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxi Alpachaca
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxi San Vicente
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Atahualpa De Ibarra
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Cruz Verde
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Hotel Turismo Internacional
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Intitaxi
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Jose Miguel Leoro Vasquez
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Mercado Norte De Ibarra
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Nort Pacifico
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Proaño
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Regional Ibarra
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Trabajadores Selva Alegre
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis Yahuarcocha
Cooperativa De Transporte De Pasajeros En Taxis 17 De Julio
Cooperativa De Transporte De Taxis Mariano Acosta
Cooperativa De Transporte En Taxis Ajavi
Cooperativa De Transporte En Taxis Monseñor Leonidas Proaño
Cooperativa De Transporte Terrestre Comercial En Automoviles Modalidad Taxi Pedro Moncayo N1
Cooperativa De Transportes Taxis Lagos De Ibarra
Transportes Sutaxi C.A.
Coop En Taxis 28 De Abril

**Fuente:** Movidelnor EP, 2021

**Anexo 2** PID's primarios

<b>PID</b>	<b>UNIDAD</b>
MAF	( volts )
RPM	RPM
O211	( v )
O221	( v )
SFT1	%
SFT2	%
FPW1	ms
FPW2	ms
TP	( v )

**Anexo 3** PID's secundarios

<b>PID</b>	<b>UNIDAD</b>
ECT	( v )
LFT1	%
LFT2	%
TR	Posición
SAP	Grados (APMS)
IAC	( % )
EGRR	( % )
DPFE	( v )
FSYS	Closed - Open
O212	( v )
O222	( v )
FLVL	( % )
FTPT	( v )
EVM	%

**Anexo 4** Base de datos

datos registrados en el monitoreo			
# prueba	congestion vehicular	Modelo del vehiculo	# de registro
1	medio convencional	Kia Rio 1.4 2019	3201
2	medio start/stop	Kia Rio 1.4 2019	3161
1	bajo convencional	Kia Rio 1.4 2019	2955
2	bajo start/stop	Kia Rio 1.4 2019	2922
1	alto convencional	Kia Rio 1.4 2019	2687
2	alto start/stop	Kia Rio 1.4 2019	2429
<b>total, datos</b>			<b>17355</b>

**Anexo 5 Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON)**

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo
Número de octano Research.	<i>RON<sub>J</sub></i>	87,0	
Destilación: 10%	°C	--	70
50%	°C	77	121
90%	°C	--	189
Punto Final	°C	--	220
Residuo de destilación $\varphi r$	%	--	2
Relación vapor-líquido, a 60°C, V/L	--	--	20
Presión de vapor	<i>KPa<sup>A</sup></i>	--	60 <sup>B</sup>
Corrosión a la lámina de cobre (3h a 50°C)	--	--	1
Contenido de gomas	mg/100cm <sup>3</sup>	--	3
Contenido de azufre	ppm	--	650
Contenido de aromáticos, $\varphi a$	%	--	30
Contenido de benceno, $\varphi b$	%	--	1
Contenido de olefinas, $\varphi o$	%	--	18
Estabilidad a la oxidación	min	240	--
Contenido de oxígeno, $W_{O2}$	%	--	2,7 <sup>E</sup>
Contenido de plomo	mg/l	--	n. d. F,G
Contenido de manganeso	mg/l	--	n. d. F,H
Contenido de hierro	mg/l	--	n. d. F,I

*A* 1Kpa  $\approx$  0,01kgf/cm<sup>2</sup>  $\approx$  0,10 N/cm<sup>2</sup>  $\approx$  0,145 kgf/pul<sup>2</sup>  
*B* En el caso de las gasolinas que contengan etanol anhidro la presión de vapor puede llegar hasta los 62kPa.  
*C* Método de ensayo utilizado para combustible gasolina sin etanol.  
*D* Este método es considerado el método dirimente para los casos de arbitraje o peritación.  
*E* El equivalente en masa de etanol anhidro agregado a la mezcla.  
*F* Sin adición intencional.  
*G* No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3237.  
*H* No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3831.  
*I* No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 5185.  
*J* No existe unidad del sistema internacional.  
 $\varphi$  Porcentaje en volumen.

Fuente: (Instituto ecuatoriano de normalización INEN, 2015)

**Anexo 6 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS TÍPICAS ACEITE**

Característica	Método	Unidades	API SN 20W-50
Apariencia			Ámbar
Viscosidad Cinemática @ 40°C	ASTM D445	cSt	173,7
Viscosidad Cinemática @ 100°C	ASTM D445	cSt	19,37
Índice de Viscosidad	ASTM 2270		127
Punto de Fluidez	ASTM D97	°C	-28
Punto de Inflamación	ASTM D92	°C	206
TBN	ASTM D2896	mgKOH/g	7
Contenido de Agua	ASTM D95	ppm	0
Corrosión al Cobre (3h @100°C) (máximo)	ASTM D130		2A
Espuma (máximo)			
Secuencia I	ASTM D892	mL	0/0
Secuencia II		mL	0/0
Secuencia III		mL	0/0

