



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO  
AUTOMOTRIZ**

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

**TEMA: ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN BUSES  
URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA MEDIANTE EQUIPO ON BOARD**

**AUTOR:  
EDWIN ROBERTO CARLOSAMA HIGUERA**

**DIRECTOR:  
ING. CHRISTIAN EDMUNDO LEÓN CÁRDENAS MSC.**

**IBARRA, Enero 2019**

# 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 CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LOS BUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA MEDIANTE EQUIPO ON BOARD” presentado por el señor: Carlosama Higuera Edwin Roberto con número de cédula 040175653-1, 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 22 días del mes de enero del 2019.

Atentamente



Ing. Christian León MSc.  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**

**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de texto completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO			
<b>CEDULA DE IDENTIDAD:</b>	040175653-1		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Carlosama Higuera Edwin Roberto		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Av.17 de Julio 2-134 y Dr. Luis Madera		
<b>EMAIL:</b>	ercarlosamah@utn.edu.ec / carlosama.beto@gmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	(06) 2291-121	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0983374250
DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO</b>	"ESTIMACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN BUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA MEDIANTE EQUIPO ON BOARD"		
<b>AUTORES:</b>	CARLOSAMA HIGUERA EDWIN ROBERTO		
<b>FECHA:</b>	22/01/2019		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO		
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	ING. CHRISTIAN LEÓN MSc.		

### 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **EDWIN ROBERTO CARLOSAMA HIGUERA** con cédula de identidad Nro. **040175653-1**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

### 3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de enero de 2019

#### AUTOR



---

Edwin Roberto Carlosama Higuera  
c.c. 040175653-1

## DEDICATORIA

A mi madre y hermana

Que con su esfuerzo y dedicación  
me ayudaron a la formación tanto personal  
como profesional y me dieron el apoyo suficiente  
para ser una persona de bien.

A mis sobrinos

A Leslie y Dominic Hinojosa, que son la motivación  
para seguir luchando por más objetivos  
y ser una guía para ellos.

A mis abuelitos

Que desde el cielo son la fuente de inspiración,  
gracias por haber estado ahí para  
impartirme enseñanzas

A mi familia

Por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria  
y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me  
acompañaron en esta etapa, gracias.

Edwin Carlosama Higuera

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a la Universidad Técnica del Norte por haber sido la fuente de adquisición de los conocimientos en estos años transcurridos.

De igual manera, agradezco a los docentes de la Carrera que gracias a sus enseñanzas ha sido posible la formación como profesional.

Me van a faltar palabras para agradecer al ingeniero Fredy Rosero Obando y a mi director de Tesis Ing. Christian León por la paciencia brindada para el desarrollo y culminación de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b>	<b>xviii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xx</b>
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Delimitación temporal y espacial	2
1.4.1 Delimitación temporal	3
1.4.2 Delimitación espacial	3
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo general	3
1.5.2 Objetivos específicos	3
1.6 Justificación	4
1.7 Metodología de la investigación	4
1.7.1 Tipo de investigación	5
1.7.2 Métodos	5
1.7.3 Técnicas e instrumentos	5
1.8 Normativa de transporte público en el Ecuador	6
1.8.1 Constitución de la república del Ecuador	6
1.8.2 Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial	7
1.8.3 Reglamento General de la Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial	8
1.9 Autobuses de la ciudad de Ibarra	9
1.9.1 Cooperativas de transporte urbano “28 de septiembre” y “San Miguel de Ibarra”	9
1.9.2 Número de unidades por año de fabricación	11
1.10 Motor Diésel	13
1.10.1 Ciclo termodinámico del motor Diésel	13

1.10.2	Propiedades del Diésel	14
1.10.3	Sistemas de inyección Diésel	17
1.10.4	Diagramas de potencia y torque	23
1.11	Combustible Diésel en el Ecuador	25
1.11.1	Subsidios a los combustibles	28
1.12	Cinemática del vehículo	30
1.12.1	Estados de conducción	30
1.13	Sistemas de medición de consumo de combustible	32
1.13.1	Equipos para medir el consumo de combustible	35
1.13.2	Data logger	36
1.14	Estado del arte	37
<b>2.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>41</b>
2.1	Desarrollo de la propuesta de investigación	41
2.2	Caracterización de las flotas de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra	42
2.3	Caracterización de las rutas de las operadoras de la ciudad de Ibarra	43
2.4	Definición de las variables de estudio	43
2.4.1	Consumo de combustible	43
2.5	Levantamiento de consumos promedio	45
2.5.1	Tamaño mínimo de la muestra	45
2.6	Selección de equipos para consumos instantáneos	47
2.6.1	Medidor de flujo	48
2.6.2	Data logger	51
2.7	Calibración y puesta a punto de equipos	54
2.7.1	Instalación del medidor de flujo	54
2.7.2	Instalación del data logger	57
2.7.3	Pruebas piloto	63
2.8	Pruebas dinámicas para determinar el consumo instantáneo	66
2.9	Procesamiento y análisis de datos	69
2.9.1	Consumos instantáneos	70
2.9.2	Consumos promedios de la flota de autobuses	73
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>76</b>



<b>3.1</b>	Clasificación de los autobuses de la ciudad de Ibarra	76
<b>3.1.1</b>	Por marca	77
<b>3.1.2</b>	Por modelo	77
<b>3.1.3</b>	Por valor de consumo	80
<b>3.2</b>	Rutas de los autobuses de la ciudad de Ibarra	80
<b>3.3</b>	Consumos promedio	83
<b>3.3.1</b>	Consumo promedio por ruta	84
<b>3.3.2</b>	Consumo promedio por modelo	85
<b>3.4</b>	Rendimiento	88
<b>3.4.1</b>	Rendimiento promedio por ruta	88
<b>3.4.2</b>	Rendimiento promedio por modelo	89
<b>3.5</b>	Consumo instantáneos	92
<b>3.5.1</b>	Rangos de medición del medidor de flujo	99
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>101</b>
<b>4.1</b>	Conclusiones	101
<b>4.2</b>	Recomendaciones	103
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>105</b>

## ÍNDICE TABLAS

TABLA NÚM.		PÁGINA
1.1	Número de unidades de la operadora “28 de septiembre”	10
1.2	Números de unidades de la operadora "San Miguel de Ibarra"	11
1.3	Número de unidades por año de fabricación de la operadora "28 de septiembre"	12
1.4	Número de unidades por año de fabricación de la operadora "San Miguel de Ibarra"	12
1.5	Calidad del Diésel entre Ecuador y Europa	25
1.6	Normas de emisión para motores Diésel de servicio pesado	26
1.7	Sistemas anticontaminación para las normativas EURO	27
1.8	Programación presupuestaria cuatrianual 2017-2020	29
1.9	Valores del subsidio al Diésel automotriz en el Ecuador	30
2.1	Especificaciones de los medidores de flujo	48
2.2	Designación del medidor de Flujo	48
2.3	Rango de funcionamiento y precisión del EUROSENS DELTA PN250L	50
2.4	Características principales del EUROSENS DELTA PN250L	50
2.5	Cableado del sensor de combustible	57
2.6	Especificaciones del dispositivo GPS GL-770	62
2.7	Descripción de los elementos adicionales en las pruebas piloto <b>(Continuación...)</b>	65
2.8	Descripción de los elementos adicionales en las pruebas piloto <b>(Continuación...)</b>	66
2.9	Condiciones para los estados de conducción	71
3.1	Número de modelos por marca de la flota de autobuses	78
3.2	Número de modelos por operadora <b>(Continuación...)</b>	78
3.3	Rendimientos Referenciales	80

<b>3.4</b>	Número de rutas por cooperativa	81
<b>3.5</b>	Inventario de rutas de autobuses de Ibarra	81
<b>3.6</b>	Número de conductores encuestados de acuerdo con el modelo	83
<b>3.7</b>	Consumo promedio por marca	87
<b>3.8</b>	Rendimientos promedio por operadora	92
<b>3.9</b>	Datos de la prueba 1	93
<b>3.10</b>	Datos de la prueba 2	94
<b>3.11</b>	Datos de la prueba 3	95
<b>3.12</b>	Datos de la prueba en la ruta Católica - Alpachaca	96
<b>3.13</b>	Comparación del consumo de combustible	97
<b>3.14</b>	Rendimientos promedio con base al resultado del equipo on board (Continuación...)	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
1.1	13
1.2	18
1.3	19
1.4	20
1.5	21
1.6	22
1.7	22
1.8	24
1.9	32
1.10	33
1.11	34
1.12	36
1.13	36
2.1	41
2.2	46
2.3	47
2.4	49
2.5	49
2.6	51
2.7	51
2.8	52
2.9	53
2.10	54

<b>2.11</b>	Cámara de suministro y retorno	55
<b>2.12</b>	Cable para la conexión eléctrica del medidor de flujo	55
<b>2.13</b>	Esquema de Instalación del Medidor de Flujo	57
<b>2.14</b>	Bloque de entrada	58
<b>2.15</b>	Interfaz IFC200	58
<b>2.16</b>	Configuración del programa OM-CP Data Logger Software	59
<b>2.17</b>	Administrar Unidad de Ingeniería	59
<b>2.18</b>	Data Logger Funcionando	60
<b>2.19</b>	GPS Recorder GL-770	61
<b>2.20</b>	Motor Diésel Isuzu 1.800 c.c	63
<b>2.21</b>	Señal de pulsos del medidor de flujo	64
<b>2.22</b>	Motor Hino 205	64
<b>2.23</b>	Autobús Chevrolet FTR	65
<b>2.24</b>	Recorrido de la prueba piloto número 1	67
<b>2.25</b>	Recorrido de la prueba número 2	68
<b>2.26</b>	Recorrido de la prueba número 3	68
<b>2.27</b>	Ruta Católica-Alpachaca	69
<b>2.28</b>	Condición en Excel para el estado de ralentí	71
<b>2.29</b>	Condición en Excel para el estado de cruce	72
<b>2.30</b>	Condición en Excel para el estado de aceleración	72
<b>2.31</b>	Condición en Excel para el estado de desaceleración	73
<b>3.1</b>	Número de autobuses de las operadoras	76
<b>3.2</b>	Número de unidades por marca	77
<b>3.3</b>	Kilómetros recorridos por rutas	82
<b>3.4</b>	Kilómetros recorridos por vuelta	82
<b>3.5</b>	Consumo promedio por ruta de la operadora “28 de septiembre”	84
<b>3.6</b>	Consumo promedio por ruta de la operadora “San Miguel de Ibarra”	85

<b>3.7</b>	Consumo promedio por modelo de la cooperativa “28 de septiembre”	86
<b>3.8</b>	Consumo promedio por modelo de la operadora “San Miguel de Ibarra”	87
<b>3.9</b>	Rendimiento Promedio por ruta de la operadora “28 de septiembre”	88
<b>3.10</b>	Rendimiento Promedio por ruta de la operadora “San Miguel de Ibarra”	89
<b>3.11</b>	Rendimiento promedio por modelo de la operadora “28 de septiembre”	90
<b>3.12</b>	Rendimiento Promedio por modelo de la operadora “San Miguel de Ibarra”	91
<b>3.13</b>	Prueba Piloto cada 30 segundos con el autobús Chevrolet FTR	93
<b>3.14</b>	Prueba Piloto cada 15 segundos con el autobús Chevrolet FTR	94
<b>3.15</b>	Prueba Piloto cada 30 segundos con el autobús Chevrolet FTR	95
<b>3.16</b>	Prueba en la ruta Católica-Alpachaca	96

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN NÚM.</b>	<b>PÁGINA</b>
1.1 Densidad	15
1.2 Potencia del motor	23
1.3 Torque del motor	24
2.1 Consumo de combustible	43
2.2 Tamaño de la muestra mínima	45
2.3 Aceleración	70
2.4 Consumo promedio por ruta	73
2.5 Consumo promedio por modelo	74
2.6 Rendimiento promedio por ruta	74
2.7 Rendimiento promedio por modelo	75

**ANEXOS**

<b>ANEXO NÚM</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Obtención de los consumos mediante encuestas e instalación del equipo portátil	112
2.	Oficio dirigido a MOVIDELNOR-EP ( <b>Continuación...</b> )	113
3.	Solicitud para realizar pruebas en maqueta Hino 205	115
4.	Especificaciones técnicas del Data Logger Pulse 101A	116
5.	Prueba 1	117
6.	Prueba 2	118
7.	Prueba 3	119
8.	Prueba en la ruta Católica-Alpachaca ( <b>Continuación...</b> )	120



## RESUMEN

El presente estudio está relacionado a un grupo de investigación denominado GISTA de la Universidad Técnica del Norte, conocido como Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte y Automoción, que consiste en el análisis de la “Estimación del consumo de combustible en buses urbanos de la ciudad de Ibarra mediante equipo on board”, que tiene como finalidad conocer el consumo de combustible de las marcas, modelos y años de fabricación de las operadoras de la flota de autobuses de la ciudad de Ibarra. Por lo que, el trabajo se basó en la instalación de un medidor de flujo que permito conocer el consumo instantáneo de los autobuses. Además, para la obtención de los consumos instantáneos se procedió a instalar el equipo on board compuesto por un medidor de flujo diferencial EUROSENS DELTA PN250L que tiene una salida para la medición de los pulsos de consumos y un Data Logger (Registrador de Datos) RFPULSE 101A, que permitió el registro de pulsos mediante una entrada denominada bloque de entrada, donde se pudo conectar los cables positivo y negativo que salen del medidor de flujo al Data Logger, y de esta manera se obtuvieron los pulsos de consumo que da el medidor de flujo, asimismo se utilizó un Data Logger GPS RECORDER GL-770 que permitió la obtención de la velocidad a la que va el autobús en un intervalo de segundo a segundo, es decir a una frecuencia de 1 Hz y de esta manera añadirle la información a los datos registrados por el RFPULSE101A dando como resultado de la prueba dinámica del consumo de combustible instantáneo en los estados de conducción un promedio de 102 (gal/h) donde el 53% de este consumo representa a la aceleración, el 24 % representa a la velocidad crucero, el 21 % representa a la desaceleración y finalmente en ralentí el 1% de combustible consumido. Asimismo, el estudio se basó en la aplicación de encuestas a un cierto número de conductores de las dos operadoras en donde se recolecto información sobre marca, modelo, año de fabricación, número de vueltas, consumo de combustible expresado en dólares. Con la encuesta realizada se identificó que la marca Mercedes Benz de la operadora “28 de septiembre” es la que tiene un menor consumo de combustible en relación a las otras tres marcas encuestadas, donde consumió 16,518 galones por día, por lo tanto si esta operadora tomaría en cuenta los resultados obtenidos por la marca Mercedes Benz el estado estaría ahorrando anualmente \$ 2 052,96; y en cuanto a la marca que menos consumió para la operadora “San Miguel de Ibarra” de igual manera es la Mercedes Benz que consumió 18,184 galones por día, y si optara por tomar en cuenta los datos obtenidos de este estudio el estado estaría ahorrando anualmente \$ 1 048,80 de esta manera se pudo identificar que la marca mencionada presenta un ahorro de combustible que a su vez se reduciría las emisiones contaminantes al medio ambiente que son perjudiciales para la personas.

## ABSTRACT

The present study was related to a research group called GISTA of the North Technical University, known as the Transport and Automotive Systems Research Group, which consisted of the analysis of the "Estimation of fuel consumption in urban buses in Ibarra city through on board equipment ", whose purpose was to know fuel consumption based on the brands, models and year of manufacture of the operators of the bus fleet in Ibarra city. Therefore, the work was based on the installation of a flow meter that allowed identifying the instantaneous consumption of the buses. In addition, to obtain the instantaneous consumption, it was installed the on-board equipment, consisting of a differential flow meter EUROSENS DELTA PN250L that has an output for the measurement of consumption pulses and a Data Logger (RFPULSE 101A), which allowed the recording of pulses through an input called input block, where you can connect the signal and ground cables that leave the flow meter to the Data Logger, and in this way were obtained the consumption pulses obtained by the meter. Also, a GPS RECORDER GL-770 Data Logger was used, which allowed obtaining the speed at which the bus goes in a second to second interval, that is to say at a frequency of 1 Hz and thus adding the information to the data recorded by the RFPULSE101A giving as a result of the dynamic test of instantaneous fuel consumption in the driving states an average of 102 (gal/h) where 53% of this Consumption represents acceleration, 24% represents cruise speed, 21% represents deceleration and finally idle 1% of fuel consumed. Likewise, the study was based on the application of surveys to a certain number of drivers of the two operators where ii was collected information about brands, models, year of manufacture, number of laps, fuel consumption expressed in dollars. The applied survey identified that the Mercedes Benz brand of the operator "28 de September" is one with the lowest fuel consumption in relation to the other three brands surveyed, where it consumed 16,518 gallons per day, therefore if this operator took into account the results obtained by the Mercedes Benz brand, the government would be saving \$ 2 052,96 per year, and according to the operator "San Miguel de Ibarra" in the same way, the brand with lowest consumption was Mercedes Benz that consumed 18,184 gallons per day, and if someone choose to take into account the data obtained from this study the government would be saving \$ 1 048,80 annually. In this way, it was possible to identify that the aforementioned brand had a fuel saving that it would reduce polluting emissions to the environment that are harmful to people.

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio está orientado al análisis del “consumo de combustible en los buses urbanos de la ciudad de Ibarra mediante equipos on board”. Por lo que la investigación se encuentra dividida en cuatro capítulos, los mismos que de acuerdo con el desarrollo de esta investigación permitió identificar las marcas que tienen mayor consumo de combustible. En donde el primer capítulo está compuesto por la problemática de que los autobuses presentan consumos de combustibles prolijos, que están relacionados a pérdidas tanto el Estado Ecuatoriano como para el propietario, También está compuesto de la Fundamentación teórica con base a la información obtenida de libros electrónicos, artículos científicos, manuales, sitios web, entre otros, relacionados con el combustible Diésel, cinemática de vehículo con sus respectivos estados de marcha, así como también la normativa de transporte vigentes que establecen los organismos pertinentes para el transporte adecuado de las personas, además artículos que contienen información relacionada a la investigación, donde también están detallados las metodologías para el monitoreo de combustible, la recopilación de esta información es de gran ayuda para poder fundamentar al desarrollo del presente estudio. El segundo capítulo está contenido por la propuesta donde está compuesto de 8 fases para el desarrollo del mismo, de esta manera la primera parte está concertada por la caracterización de la flota de autobuses y sus rutas, así como también la definición de las variables para el desarrollo correcto de este estudio, el levantamiento de consumos promedio, la selección de equipos para consumos instantáneos (equipos on board), en donde también se especifica los protocolos de conexión para posteriormente hacer las pruebas y así determinar el consumo instantáneo para definitivamente procesar y analizar los datos. En el tercer capítulo están los resultados obtenidos por las encuestas realizadas a los conductores de las operadoras de autobuses de la ciudad, en donde se hace el análisis de consumo de combustible promedio y el rendimiento de las rutas y los modelos existentes en la flota, así como también el procesamiento y análisis de los datos obtenidos de los equipos on board, y para finalizar el capítulo cuatro que está contenido por las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 ANTECEDENTES

Ibarra es una ciudad situada al Norte del Ecuador, que está limitada por 4 provincias, al norte con Carchi, al sur con Pichincha, al este con Sucumbíos y al Oeste con Esmeraldas, se sabe que fue fundada el 28 de septiembre de 1606. San Miguel de Ibarra fue fundada por Cristóbal de Troya, bajo el encargo del presidente de la Real Audiencia de Quito, don Miguel de Ibarra. Ibarra se halla dividida en aproximadamente 400 barrios que agrupan 5 parroquias urbanas y una de las parroquias urbano-aledañas a la ciudad que es San Antonio.

San Miguel de Ibarra cuenta con 160 buses que pertenecen a la Cooperativa "28 de septiembre" y 127 a la Cooperativa "San Miguel de Ibarra" según las cifras que maneja la Empresa Pública de Movilidad MOVIDELNOR-EP, quienes son los encargados de manejar las competencias de planificación, gestión, y control del Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad vial en el Cantón Ibarra. Estas cooperativas de buses brindan el servicio a la ciudadanía desde hace varias décadas atrás, y con el pasar del tiempo algunas unidades no se han renovado.

Es por esto por lo que, las unidades no renovadas consumen demasiado combustible por la topografía irregular de la ciudad y emanan grandes cantidades de gases de escape producidas por el proceso de combustión de los motores, lo que afecta de manera negativa al medio ambiente, como también a la salud de las personas que habitan la ciudad ya que no pueden respirar un aire limpio y esto conlleva a desarrollar enfermedades respiratorias.

El subsidio de combustibles representa un gasto considerable al gobierno lo que obliga a las autoridades gubernamentales a que tomen decisiones inmediatas con respecto al uso excesivo del combustible fósil por los autobuses que circulan por la ciudad.

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema hace referencia al exceso de consumo de combustible por parte de los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra, y esto se debe a varios factores que influyen en el consumo

de combustible, como por ejemplo la marca, modelo, cilindrada, potencia, los estilos de conducción por parte de los conductores ya que algunos manejan de manera inadecuada, así como también la altura sobre el nivel del mar a la que está expuesto los autobuses, de esta manera hay que considerar los factores anteriormente mencionados para determinar los estilos de conducción como la aceleración, desaceleración, ralentí y crucero.

Otro factor por tomar en cuenta es la topografía de la ciudad que afecta de manera significativa y esto representa un consumo de combustible considerable, cabe señalar que también otro factor influyente es el número de pasajeros que lleva a bordo lo que afectaría directamente en el consumo de combustible si se va con exceso de pasajeros.

Además, al haber un exceso de consumo de combustible los autobuses van a emitir mayores emisiones de gases contaminantes al medio ambiente por razón de la combustión que hace el motor, lo que representa un impacto negativo tanto en las personas como el medio ambiente.

Con lo anteriormente dicho, surge la necesidad de realizar un trabajo de investigación del consumo de combustible, esto que sirva para las autoridades del GAD San Miguel de Ibarra, los conductores y personas afines, además para garantizar un aire libre de gases contaminantes y asegurar un mejor nivel de vida para las siguientes generaciones

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo hacer la Estimación del consumo de combustible en los buses urbanos de la ciudad de Ibarra?

### **1.4 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL**

La delimitación temporal y espacial ayuda a conocer el período de tiempo como el espacio donde se ejecutará dicho estudio.

#### **1.4.1 DELIMITACIÓN TEMPORAL**

Este proyecto se llevará a cabo desde el mes de febrero hasta el mes de enero del 2019.

#### **1.4.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL**

Este proyecto se llevará a cabo en los autobuses de servicio urbano de la ciudad de Ibarra.

### **1.5 OBJETIVOS**

A continuación, se describe el objetivo General del trabajo, además de sus objetivos específicos a cumplir

#### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Estimar el consumo de combustible en buses urbanos de la ciudad de Ibarra mediante equipo on board

#### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Calcular el consumo de combustible promedio y rendimiento de las flotas de autobuses mediante el levantamiento de encuestas.
- Implementar un equipo portátil (data Logger y sensores de flujo) on board para la medición y almacenamiento de datos de consumo instantáneo en un autobús.
- Analizar los datos on board y determinar el consumo de combustible instantáneo en aceleración, desaceleración, ralentí y velocidad crucero, mediante pruebas piloto.

- Comparar y analizar el consumo de combustible entre las diferentes marcas de autobuses.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

El desarrollo de esta investigación beneficiará con información de primera mano obtenidas con equipos tecnológicos on board, por lo tanto, la población que quiera saber los valores de consumo de combustible hará uso de este estudio para que puedan determinar qué factores influyen en el consumo que afecta de manera negativa al medio ambiente y principalmente a las personas que, con el simple hecho de respirar, se envenenen lentamente con los gases emitidos por los autobuses.

Así también será información útil para el sector económico público y privado, entidades autónomas y organizaciones que no buscan beneficios propios. Además, será de mucha importancia dar a conocer que la presente investigación es de carácter experimental, que mediante esto se podrá obtener datos para su posterior análisis.

La investigación también se justifica por la necesidad de estimar el consumo de combustible mediante la obtención de datos con los equipos on board y de esta manera poder analizar los datos obtenidos. De aquí existe una alta expectativa del investigador por determinar las estimaciones del consumo de combustible instantáneo en los diferentes estilos de conducción como: aceleración, desaceleración, ralentí y velocidad crucero.

## **1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Para continuar con el desarrollo del presente estudio se empleó una metodología que se basa en identificar el tipo de investigación que se va a poner en práctica, donde a continuación se especifican de manera detallada cada una de ellas.

### 1.7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se aplica para el desarrollo del siguiente estudio, es una investigación descriptiva y experimental. La investigación descriptiva de datos está basada en recolectar información que fundamentarán a los consumos de la flota de autobuses. También se aplica el tipo de investigación experimental que se basa en la instalación de equipos para obtener los datos de consumos instantáneos.

### 1.7.2 MÉTODOS

En este apartado se identifica los métodos para el desarrollo de este estudio que ayudarán a la fundamentación de este, por lo que los métodos mostrados son cuatro que están indicados a continuación:

- **Investigación:** Conocer la cantidad de autobuses que hay en la flota de la ciudad de Ibarra.
- **Cuantificación:** Caracterizar la flota de autobuses, para conocer las marcas existentes, modelos, kilómetros recorridos, etc.
- **Método experimental:** Instalación de un equipo on board para la obtención de los pulsos de consumo para analizar los estados de conducción.
- **Método analítico:** La obtención de información científica obtenida de libros, artículos científicos, etc. Con la finalidad de adquirir fortalecer los conocimientos del estudio presente.

### 1.7.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas e instrumentos proporcionan información medible para la realización de esta investigación, que a continuación se especifica los dos que se utilizó en este estudio:



- a) **Encuesta:** Hoja para la recolección de datos de los autobuses, para la obtención de los consumos promedios.
- b) **Análisis de datos:** Analizar los datos obtenidos con el Data Logger que posteriormente se los descarga en el programa OM-CP Data Logger Software y así extraerlos en el programa Excel de Microsoft Office que es uno de los programas recomendados para el análisis estadístico de datos.

## **1.8 NORMATIVA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN EL ECUADOR**

La Normativa de Transporte Público es el conjunto de normas, reglamentos, leyes que la constitución establece para garantizar la seguridad, eficiencia, confort, accesibilidad y calidad del transporte público.

Estas normativas tienen la finalidad de establecer pautas para el cumplimiento adecuado del transporte público, a continuación, se identifica los artículos que tienen la constitución, las leyes orgánicas de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, así como también los reglamentos a los que se deben sujetar el transporte público de acuerdo con la constitución que es la encargada de establecer dichas normas.

### **1.8.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

De acuerdo con lo establecido por la constitución de la república del Ecuador de la sección duodécima del transporte hace referencia al artículo 394 diciendo que el estado deberá garantizar la libertad de transporte tanto terrestre, aéreo, marítimo y fluvial dentro del territorio nacional; sin privilegios de ninguna naturaleza, el Estado regulará el transporte terrestre, aéreo y acuático y las actividades aeroportuarias y portuarias (Constitución de la República del Ecuador, 2018, p. 187).

## **1.8.2 LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL**

La Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV), presenta a continuación los artículos más trascendentales sobre el transporte público:

- a) Art. 3.- El Estado garantizará que la prestación del servicio de transporte público se ajuste a los principios de seguridad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, continuidad y calidad, con tarifas socialmente justas (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2017, p. 2).
- b) Art. 30.5.- Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales tendrán las siguientes competencias: Planificar, regular y controlar las actividades y operaciones de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, los servicios de transporte público de pasajeros y bienes, transporte comercial y toda forma de transporte colectivo y/o masivo, en el ámbito intracantonal, conforme la clasificación de las vías definidas por el Ministerio del Sector (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2017, p. 14).
- c) Art. 52.- El Estado garantizará la prestación del servicio de transporte público en forma colectiva y/o masiva de personas animales y bienes, dentro del territorio nacional, haciendo uso del parque automotor ecuatoriano y sujeto a una contraprestación económica (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2017).
- d) Art. 55.- El transporte público se considera un servicio estratégico, así como la infraestructura y equipamiento auxiliar que se utilizan en la prestación del servicio. Las rutas y frecuencias a nivel nacional son de propiedad exclusiva del Estado, las cuales podrán ser comercialmente explotadas mediante contratos de operación (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2017, p. 17).
- e) Art. 76.- El contrato de operación para la prestación de servicios de transporte público de personas o bienes, es el título habilitante mediante el cual el Estado entrega a una persona jurídica que cumpla los requisitos legales, la facultad de establecer y prestar los servicios a los cuales se refiere la Ley; así como para el uso de rutas, frecuencias y vías públicas. El contrato de operación de servicio del

transporte público se sujetará al procedimiento especial establecido en el Reglamento (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2017, p. 22).

- f) Art. 201.- Los usuarios del servicio de transporte público de pasajeros tienen derecho a: Ser transportados con un adecuado nivel de servicio, pagando la tarifa correspondiente; Exigir de los operadores la observancia de las disposiciones de la Ley y sus reglamentos; que se otorgue un comprobante o etiqueta que ampare el equipaje, en rutas intraprovinciales, interprovinciales e internacionales; y, en caso de pérdida al pago del valor declarado por el pasajero; Denunciar las deficiencias o irregularidades del servicio de transporte de conformidad con la normativa vigente; Que se respete las tarifas aprobadas, en especial la de los niños, estudiantes, adultos mayores de 65 años y personas con discapacidad; Las demás señaladas en los reglamentos e instructivos (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2017, p. 47).

### **1.8.3 REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL**

El presente reglamento establece unas normas de aplicación a las que están sujetas las operadoras de transporte, conductores, peatones y pasajeros que transiten o utilicen las carreteras y vías públicas o aquellas privadas abiertas al tránsito y transporte terrestre en el país con el fin de cumplir varios artículos entre los más destacados se tiene:

- a) Art. 114.- El uso de las rutas (líneas de servicios) y frecuencias está ligado al título habilitante otorgado a la operadora; el otorgamiento de rutas y frecuencias será fijado en el título habilitante sobre la base de un estudio técnico y económico, precautelando los intereses de los usuarios y operadores y promoviendo el desarrollo de todos y cada uno de los servicios de transporte terrestre de conformidad con lo establecido en las regulaciones emitidas por la Agencia Nacional de Tránsito (Reglamento General de la LOTTTSV, 2012, p. 27).
- b) Art. 115.- En una misma ruta (línea de servicio) o variante se podrá autorizar a más de una operadora para la prestación del servicio de conformidad con los parámetros

técnicos establecidos y precautelando la seguridad vial y de los pasajeros (Reglamento-General-de-LOTTTSV, 2012, pág. 27).

- c) Art. 191.- Los límites máximos y rangos moderados de velocidad vehicular permitidos para vehículos de transporte público de pasajeros en las vías públicas, para vehículos de transporte público de pasajeros, son los siguientes: urbano (Límite máximo: 40 km/h; Rango moderado: > 40 km/h - < 50 km/h; Fuera del Rango moderado: > 50 km/h); Perimetral (Límite máximo: 70 km/h; Rango moderado: > 70 km/h - < 100 km/h; Fuera del Rango moderado: > 100 km/h); Rectas en carretera (Límite máximo: 90 km/h; Rango moderado: > 90 km/h - < 115 km/h; Fuera del Rango moderado: > 115 km/h); Curvas en carretera (Límite máximo: 50 km/h; Rango moderado: > 50 km/h - < 65 km/h; Fuera del Rango moderado: > 65 km/h) (Reglamento General de la LOTTTSV, 2012, p. 41).

## **1.9 AUTOBUSES DE LA CIUDAD DE IBARRA**

(Sant Anna, 2002) define a los autobuses como “el medio de transporte urbano más importante en América Latina y el Caribe, (...) Pese a su importancia, los sistemas de autobuses de las grandes ciudades no son eficientes, sus unidades transitan lentamente en medio de la congestión provocada por los automóviles y otros tipos de vehículos, causan gran pérdida de tiempo a los usuarios y aumentan la contaminación del medio ambiente”

### **1.9.1 COOPERATIVAS DE TRANSPORTE URBANO “28 DE SEPTIEMBRE” Y “SAN MIGUEL DE IBARRA”**

La ciudad de Ibarra dispone al servicio dos operadoras de autobuses urbanos que realizan recorridos establecidos; distribuidas en 9 líneas equivalente al 37.5 % del total de rutas realizadas por la Cooperativa de buses “San Miguel de Ibarra” y 15 líneas a cargo de la Cooperativa de buses “28 de septiembre” que representan el 62.5 % del total de líneas (Castillo, 2015).

A continuación, se especifica el número de unidades existentes en cada una de las cooperativas existentes en la flota de autobuses, con sus respectivas marcas.

**a. Cooperativa “28 de septiembre”**

La cooperativa de autobuses “28 de septiembre” cuenta con siete marcas de autobuses activas como la Chevrolet, Hino, Volkswagen, Mercedes Benz, Hyundai, Man y la Marca Internacional como se indica en la Tabla 1.1 donde ofrecen los servicios de transporte urbano al público en general.

**Tabla 1.1** Número de unidades de la operadora “28 de septiembre”

<b>COOPERATIVA “28 DE SEPTIEMBRE”</b>		
Marcas	# Unidades	%
Chevrolet	122	76%
Hino	23	14%
Volkswagen	5	3%
Mercedes Benz	7	4%
Hyundai	1	1%
Man	1	1%
Internacional	1	1%
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

Cabe indicar que las marcas más numerosas son la Chevrolet, Hino y Mercedes Benz en donde la marca Chevrolet cuenta con un mayor número de unidades al servicio de la ciudad, exactamente de 122 unidades que abarca un 76% del total de unidades y la marca Hino tiene un total de 23 unidades con un porcentaje de 14% y la Mercedes Benz con 7 unidades que abarca un porcentaje de 4% de la cooperativa “28 de septiembre” y el resto de las unidades abarcando un 6 %.

**b. Cooperativa “San Miguel de Ibarra”**

La cooperativa “San Miguel de Ibarra” dispone de 10 marcas que están en circulación dentro de la ciudad de Ibarra como por ejemplo Chevrolet, Hino, Volkswagen, Hyundai, Mercedes

Benz, Man, Volvo, King Long, Jiangte y Scania de autobuses como se muestra en la Tabla 1.2, por lo que también se puede decir que la marca Chevrolet sigue ocupando más unidades con respecto a las restantes marcas, siendo el 57% del total de las unidades de la operadora “San Miguel de Ibarra” seguido de la marca Hino que tiene un 16% de ocupación y un 14 % para la marca Volkswagen, siendo estas tres marcas las más numerosas de la operadora.

**Tabla 1.2** Números de unidades de la operadora "San Miguel de Ibarra"

<b>COOPERATIVA “SAN MIGUEL DE IBARRA”</b>		
Marcas	# Unidades	%
Chevrolet	72	57%
Hino	20	16%
Volkswagen	18	14%
Hyundai	1	1%
Mercedes Benz	6	5%
Man	1	1%
Volvo	5	4%
King Long	1	1%
Jiangte	2	2%
Scania	1	1%
<b>TOTAL</b>	<b>127</b>	<b>100%</b>

Las tres marcas más numerosas abarcan un 87% del total de las unidades de la operadora “San Miguel de Ibarra” por lo que para el resto de las marcas representan el 13%. Como se puede observar hay otras marcas en la operadora “San Miguel de Ibarra” que en la operadora “28 de septiembre”, pero en número de unidades es lo contrario.

### 1.9.2 NÚMERO DE UNIDADES POR AÑO DE FABRICACIÓN

Conocer el año de fabricación de los autobuses es relevante, ya que permite identificar que tan actuales son los autobuses que se va a estudiar, por lo que a continuación se puede observar el número de unidades de acuerdo con el año de fabricación de los autobuses. Cabe señalar que hay un 14% que representa al número de unidades fabricadas antes del año 2000, además el mayor número de unidades se concentran en los años 2001-2004 que abarcan un porcentaje de 71 % y a partir del año 2005 en adelante se concentran un 16% de unidades,

entonces con estos datos se puede identificar que hay escasas unidades con tecnología automotriz vigente, como se muestra en la Tabla 1.3.

**Tabla 1.3** Número de unidades por año de fabricación de la operadora "28 de septiembre"

<b>COOPERATIVA DE AUTOBUSES "28 DE SEPTIEMBRE"</b>		
Año	# Unidades	%
1998	10	6%
1999	12	8%
2001	23	14%
2002	37	23%
2003	30	19%
2004	24	15%
2005	12	8%
2006	8	5%
2007	1	1%
2008	3	2%
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>100%</b>

Además, se presenta el número de unidades existentes de acuerdo con el año de fabricación de la cooperativa de autobuses "San Miguel de Ibarra" como se indica en la Tabla 1.4.

**Tabla 1.4** Número de unidades por año de fabricación de la operadora "San Miguel de Ibarra"

<b>COOPERATIVA DE AUTOBUSES "SAN MIGUEL DE IBARRA"</b>		
Año	# Unidades	%
1998	2	2%
1999	4	3%
2001	7	6%
2002	42	33%
2003	43	34%
2004	21	17%
2005	4	3%
2007	1	1%
2011	2	2%
2012	1	1%
<b>TOTAL</b>	<b>127</b>	<b>100%</b>

De la permite identificar que hay un 5% de unidades con un año de Fabricación de entre el año 1998 al 2000, que además el mayor número de unidades está concentrado en los años 2002-2004, abarcando el 84% de la operadora, y del año 2004 en adelante tan solo hay un 7 %, siendo un porcentaje muy bajo en relación con los años de fabricación de la operadora "28 de septiembre" lo que determina que las unidades de la operadora "San Miguel de Ibarra", tiene pocas unidades actuales.

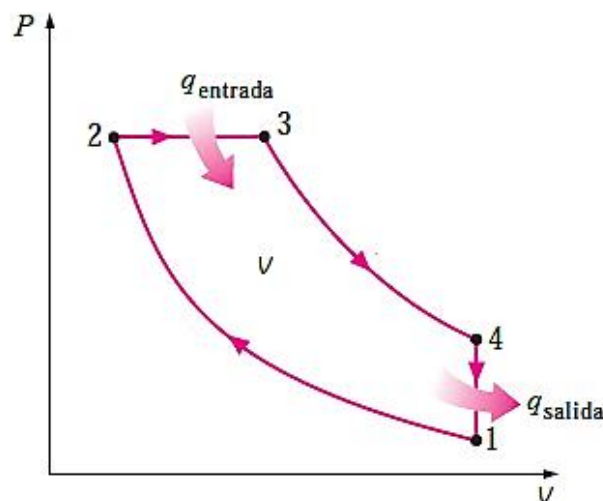
## 1.10 MOTOR DIÉSEL

Es un motor térmico de combustión interna que funciona siguiendo el ciclo Diésel, que dicho ciclo de funcionamiento se lo realiza en cuatro tiempos nombrados a continuación: Admisión, Compresión, Combustión y Escape, en donde en el proceso de admisión se introduce únicamente aire, que se mezcla con el combustible en el interior del cilindro, donde dispone de un sistema de inyección que introduce el combustible pulverizado en la cámara de combustión (Sanz Acebes, 2017, p. 45).

Las relaciones de compresión utilizadas para lograr la presión de compresión de los motores Diésel generalmente varían de entre 14:1 y 24:1 la cual es mayor al de motor a Gasolina el cual varían de 6:1 a 12:1, además el rendimiento térmico de los motores Diésel es de (40 a 50) %, que de igual manera supera al del motor a Gasolina que está entre 35 a 40 por ciento (Sanz Acebes, 2017, p. 68).

### 1.10.1 CICLO TERMODINÁMICO DEL MOTOR DIÉSEL

El ciclo termodinámico del motor Diésel de cuatro tiempos consiste en etapas que se muestra en la siguiente figura, asumiendo que el fluido termodinámico que necesita para que realice el proceso de combustión es aire, y que todos los procesos son reales y reversibles (Valencia Balerazo, 2013, pág. 18).



**Figura 1.1** Ciclo termodinámico Diésel  
(Çengel & Boles, 2009, p. 506)



De acuerdo con los datos expuestos en la Figura 1.1 donde se indican los procesos de combustión del ciclo termodinámico Diesel, donde además se definen a cada uno de ellos como se indican en el siguiente apartado.

- **(1-2) Compresión:** Es un proceso de compresión adiabática reversible, en este proceso se necesita absorber trabajo para llegar a la temperatura de autoinflamación.
- **(2-3) Combustión:** Es un proceso isobárico (presión constante), donde se absorbe calor y se realiza trabajo.
- **(3-4) Explosión/Expansión:** Es un proceso de expansión adiabática del fluido termodinámico, donde se realiza trabajo sin intercambio de calor.
- **(4-1) Escape:** Esta etapa es un proceso isocórico (volumen constante) donde se cede calor y no se realiza trabajo.

### 1.10.2 PROPIEDADES DEL DIÉSEL

Las propiedades del combustible Diésel establecidas en la normativa INEN 1489 que corresponde al año 2012 son varias, donde en los siguientes apartados se especifican las características de cada una de ellas para que funcione de una manera efectiva en los motores Diésel actuales, de las cuales se tratará las más importantes de cada una de ellas a continuación.

#### a. Índice de cetano

Es la Capacidad que posee un combustible Diésel de inflamarse o encender de manera espontánea al someterlo a las condiciones de Presión y Temperatura dadas en los Motores Diésel, si el número de cetanos es más alto, más rápido se inflamará el combustible al entrar en la cámara de combustión; también indica el porcentaje de Cetano que contiene una mezcla de alfametilnaftaleno y cetano, si el número de cetano aumenta, el motor va a arrancar bien a bajas temperaturas, no va a haber golpeteo en la combustión y la combustión se va a

mantener regular y suave (Sánchez-Borroto, Piloto-Rodriguez, Errasti, Sierens, & Verhelst, 2014, p. 876). Además, el índice de cetano del combustible Diésel varía entre 45 y 55, lo que está asegurando una buena combustión y a la vez una baja contaminación al medio ambiente.

### **b. Densidad**

La Densidad ( $\rho$ ) hace referencia a la dependencia entre la masa y el volumen de un líquido, cuya unidad de medida puede ser en gramos por litro (gr/L) a una temperatura de referencia estándar de 15.56 °C, cuya densidad del Diésel (gasoil) es de 850 g /L, en comparación con 720 g /L para la gasolina (Demirbas, 2007, p. 100).

A continuación, se indica la ecuación [1.1] para calcular la densidad de un fluido donde se relaciona la masa con respecto al volumen de un fluido.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [1.1]$$

Donde:

$\rho$ : Densidad del líquido o sólido (gr/L)

m: masa (gr)

V: Volumen (L)

### **c. Viscosidad**

Como bien se conoce la viscosidad es la resistencia que presenta un líquido a fluir por una cañería, esta característica es muy importante en los combustibles Diésel ya que hay que recordar que el combustible es inyectado a través de diferentes orificios, la viscosidad se mide en Engler (E) o también el Centistoke<sup>2</sup> (cSt) que es la unidad de medida reconocida internacionalmente (García Tobar & Llerena Salinas, 2011, p. 2).

#### **d. Poder Calorífico**

El poder calorífico es considerado como la cantidad de energía interna que es desprendida cuando se realiza la reacción de la combustión, que pertenece a la cantidad de masa de un combustible, como lo menciona, además, el poder calorífico del Diésel se encuentra en valores entre (42 000 - 43 000) kJ/kg (García del Río, 2017, p. 14).

Así como también se conoce al poder calorífico de un combustible como la cantidad de calor que es generado por la combustión realizada en condiciones de temperatura normales, por lo que dicha temperatura de referencia es de 25°C (Noguéz, García Galindo, & Rezeau, 2010, p. 140).

#### **e. Volatilidad**

La volatilidad se refiere a la capacidad que tiene un combustible para evaporarse al aplicarle una temperatura, en donde menor sea la temperatura, mayor será su volatilidad, por lo tanto, el combustible Diésel tiende a evaporarse al aplicarle una temperatura de 302-662 (°F) que en términos de grados Centígrados es decir 150-350, además, la volatilidad se expresa como un porcentaje del combustible que se evapora entre las temperaturas de ebullición (Wright, 2015, p. 415).

#### **f. Temperatura de Inflamación**

Esta es una de las características más importantes en el comportamiento de los combustibles empleados para motores de combustión interna, ya que una parte es la dificultad de conseguir elevadas temperaturas donde esto tiene gran influencia en la suavidad de marcha del motor (García Tobar & Llerena Salinas, 2011, p. 2).

### **1.10.3 SISTEMAS DE INYECCIÓN DIÉSEL**

El sistema de inyección es el responsable de suministrar el combustible al motor, se compone de una etapa de baja presión y otra de alta, en la que se encuentra la bomba inyectora; ésta genera la presión de inyección requerida y suministra el combustible al circuito de alta presión; a su vez, la bomba inyectora es alimentada a través del circuito de baja presión, encargado de transportar el combustible desde el depósito y filtrarlo para garantizar que entre en el circuito de alta presión libre de impurezas y humedad (Castillejo Calle, 2014, p. 26).

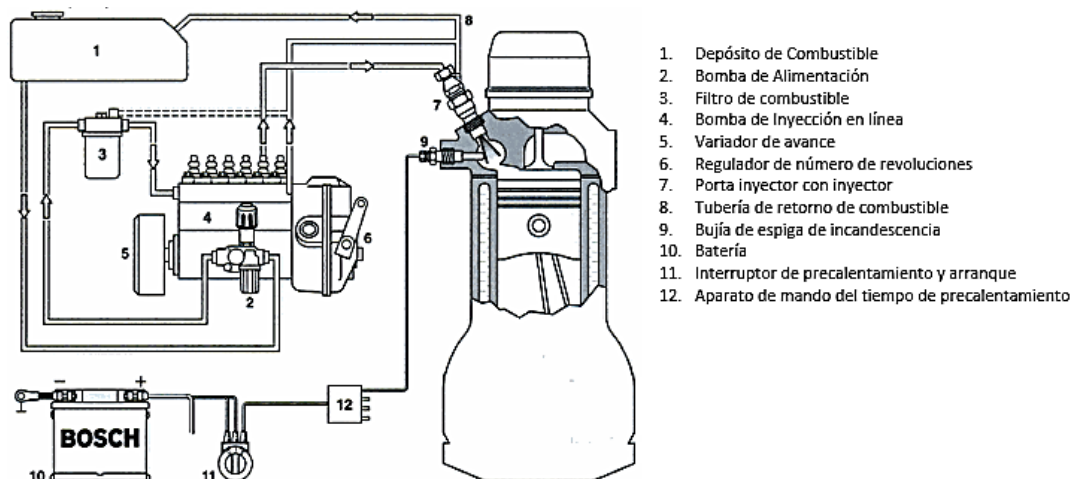
Los sistemas de Inyección se clasifican según el tipo de sus bombas inyectoras siendo tanto mecánicas como electrónicas, donde se tratará a cada tipo con sus respectivas características que tiene cada una a continuación.

#### **a. Sistemas de Inyección Mecánica**

A este tipo de sistemas se los denomina de esta manera ya que los inyectores se abren de forma mecánica donde son controlados mediante resortes, palancas, ejes donde las revoluciones del motor, volumen y presión de combustible son controladas mediante este mecanismo donde a continuación se trata a cada uno de ellos.

- **Sistemas con Bomba de Inyección en Línea**

Este tipo de bomba de Inyección aparecieron para el año de 1927 según los historiadores de la época, está ubicada junto al motor y se accionan a través de él, a continuación, se trata a la bomba tipo PE y la de válvula con corredera que ambos tipos son sistemas muy utilizados por los motores Diésel.



**Figura 1.2** Bomba de inyección en línea PE regulada mecánicamente  
(Ritter, 2001, p. 3)

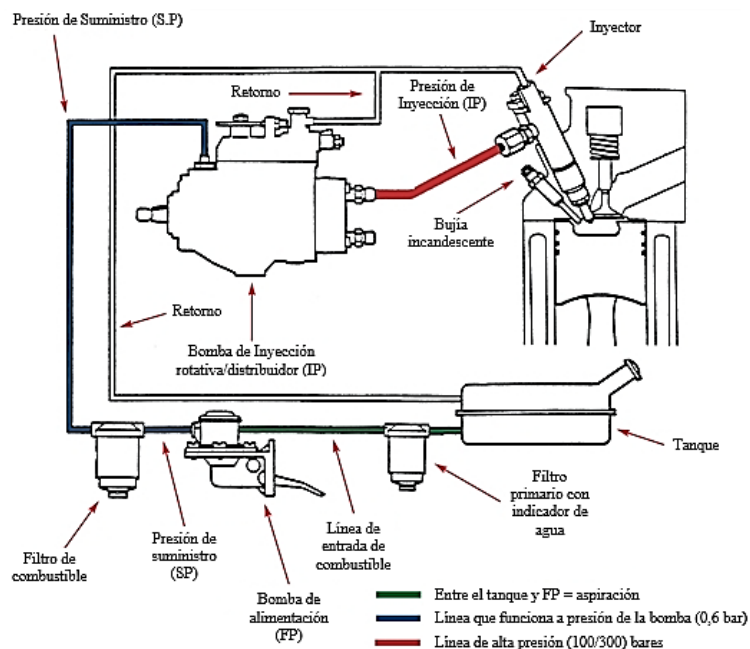
Este tipo de bombas lineales tipo PE estándar indicada en la Figura 1.2, tiene incorporado un árbol de levas con su respectivo émbolo y barril, este tipo de bombas son del tipo émbolo-cilindro se encuentran alineadas de manera continua y contiene tantas unidades de bombeo como cilindros tenga el motor como lo menciona (Challen & Baranescu, 1999, p. 285).

- **Bomba de inyección en línea con válvula de corredera**

La bomba de inyección en línea con válvula de corredera influye no solamente en el caudal de inyección sino también en el inicio de suministro mediante el elemento actuador eléctrico adicional en conexión con la regulación del comienzo de inyección, el detalle antes mencionado brinda las siguientes posibilidades adicionales como: minimizado de las emisiones, optimización del consumo de combustible y finalmente el mejoramiento de la fase de arranque sobre todo en la fase de calentamiento (Ritter, 2001, p. 66).

- **Sistemas con bombas de inyección rotativas**

Este tipo de sistema de bombas de inyección rotativas se trata de una bomba que tan solo tiene una salida en la lumbrera, desde esta lumbrera se reparte el combustible Diésel a cada inyector, a lo que se refiere es que se trata de un sistema de inyección directa.



**Figura 1.3** Bomba de Inyección Rotativa

En la Figura 1.3 se puede observar una bomba de inyección rotativa donde se puede observar los elementos que ayudan a que se pueda efectuar la inyección de combustible que va desde el tanque hasta el inyector y de retorno al tanque, además a continuación se tratan de los principales tipos de bombas de inyección rotativas que existen en el mercado.

- **Bomba de inyección rotativa de émbolo axial**

El émbolo del elemento de bombeo, encargado de someter a presión el combustible, se desplaza en el mismo eje que la bomba, siendo ambos concéntricos, este tipo de sistema es utilizado por las bombas Bosch VE y perteneciente a la misma, es el sistema que permite un mejor control de la dosificación y el avance (Pérez Belló, 2011, p. 221).

- **Bomba de inyección rotativa de émbolos radiales**

Este tipo de bomba se caracteriza por utilizar émbolos radiales para generar la respectiva presión en la bomba, estos émbolos son accionados por un anillo de levas, una electroválvula de alta presión dosifica el caudal de inyección, al igual que en la bomba de émbolo axial,

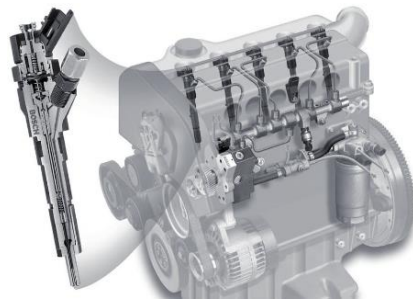
todas las señales de control y regulación se procesan en dos unidades de control electrónicas como la unidad de control de bomba y la unidad de control de motor, lo cual estos dispositivos electrónicos perfeccionaron su funcionamiento (González Calleja, 2015, p. 82).

### **b. Sistemas de inyección Electrónicas**

Estos tipos de sistemas de inyección deben cumplir ciertas leyes de emisiones de gases de escape, donde los motores necesitan tener un riguroso control del volumen del combustible inyectado donde se desarrollaron los sistemas de inyección con control electrónico como los sistemas UIS, UPS, Common Rail, donde cada uno de estos sistemas son más eficientes, seguros, potentes y económicos que los sistemas mecánicos.

- **Sistemas con bombas de inyección de alta presión**

La implementación de estos tipos de sistemas con bombas de inyección de alta presión se hizo uso de estas a partir del año 1994 que se empezó con la UIS donde se las implementó en los vehículos utilitarios, que a partir de estos años empezaron a renovar los sistemas, a continuación, se especifica y se estudia a cada uno de ellos.



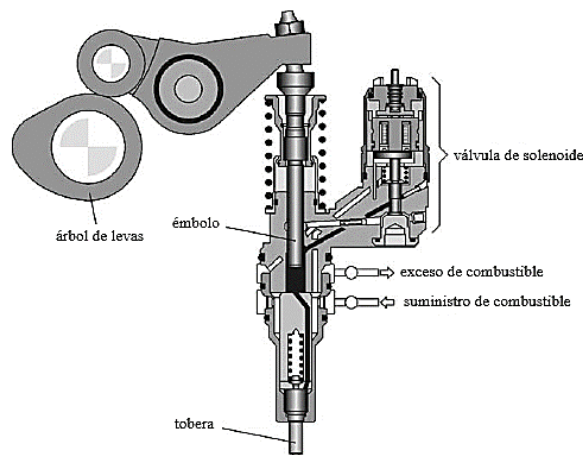
**Figura 1.4** Sistema de Inyección Diésel con gestión electrónica  
(Alonso Pérez, 2014, p. 268)

En la actualidad la tecnología automotriz ha evolucionado a grandes pasos y una de las principales innovaciones se puede ver en los sistemas de inyección, que hoy en día son electrónicas como se puede observar en la Figura 1.4 y permiten una mayor precisión y una

mejor dosificación del combustible, estos avances son pensados para tener un menor consumo de combustible y también tener menores emisiones de gases de escape perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

- **Sistema de Inyector Unitario (UIS)**

En este tipo de bomba de inyección individual o unitaria la bomba de inyección de combustible y la boquilla de inyección forman un solo cuerpo, en este sistema hay tantos UIS como cilindros tenga el motor, es decir, para cada cilindro habrá un UIS, estos UIS están ubicados sobre la culata y trabaja a una presión de inyección de hasta 2.050 bar para vehículos comerciales (Reif, 2014, p. 75).



**Figura 1.5** Sistema de Inyección Unitaria  
(Baumgarten, 2006, p. 34)

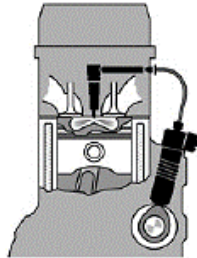
El Sistema de Inyector Unitario (UIS) está expresado en la Figura 1.5 donde se puede ver la estructura del UIS con las partes más importantes como: el émbolo, tobera, conducto de suministro de combustible, conducto de exceso de combustible y la válvula solenoide.

- **Sistema de Bomba Unitaria UPS**

En este sistema UPS para cada cilindro del motor hay una unidad de inyección (bomba, línea y soporte de boquilla) que está conectado por medio una línea corta de alta presión que



conecta la boquilla en el soporte de la boquilla con la bomba, este sistema es utilizado para vehículos industriales ya que genera la alta presión del combustible necesaria para optimizar la combustión en el motor (Mollenhauer & Tschöke, 2010, p. 140).

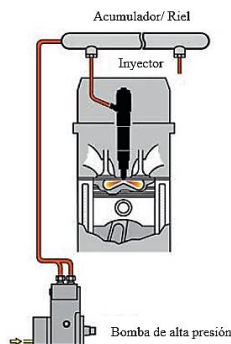


**Figura 1.6** Sistema de Bomba Unitaria (UPS)  
(Baumgarten, 2006, p. 36)

En la Figura 1.6 se puede observar el Sistema de Bomba Unitaria (UPS) que está compuesto por tres elementos importantes bomba unitaria, línea de conexión de la alta presión y el porta inyector, en donde la bomba unitaria posee una válvula electromagnética que es controlada por la unidad de mando del sistema que determina la cantidad y el tiempo de inyección.

- **Sistemas de Inyección Common-Rail**

Este sistema de inyección recibe este nombre por el acumulador de alta presión en donde las funciones de generación de presión e inyección de combustible están separadas (Common Rail y los Inyectores) emitida por la bomba que suministra el combustible a todos los cilindros, y es utilizado en los motores Diésel con inyección directa (Reif, 2014, p. 76).



**Figura 1.7** Inyección Common Rail  
(Denton, 2018, p. 148)

El sistema de inyección Common Rail presentado en la Figura 1.7 es un sistema de alta presión que trabaja en los rangos de 1 100 a 2 200 bar, que como se puede identificar trabaja a presiones muy elevadas, que es muy importante tener precauciones cuando se trabaja con este sistema (Bosch, 2018).

#### 1.10.4 DIAGRAMAS DE POTENCIA Y TORQUE

En este apartado se estudiará de una manera más clara el Torque y la Potencia de un Motor Diésel, para el caso que tienen el turbocargador influye directamente en estos tipos de motores, ya que no solo ayuda al Torque y la Potencia del motor sino también al rendimiento, lo que lo hace muy importante en estos motores (Remache, 2017, p. 98).

##### a. Potencia del motor

La potencia es la rapidez con que puede realizar un trabajo dicho motor donde se utiliza la ecuación [1.2] para encontrarla, por lo que también se la define como la cantidad de trabajo realizado en una unidad de tiempo, la potencia de un motor se mide en caballos de vapor (CV), caballos de fuerza (HP) o en kilowatts (KW) (Dietsche, 2005, p. 497).

$$P = \frac{(F \cdot d) \text{Trabajo}}{(t) \text{Tiempo}} \quad [1.2]$$

Donde:

P: Potencia (HP)

F: Fuerza (N)

d: distancia (m)

t: tiempo (s)

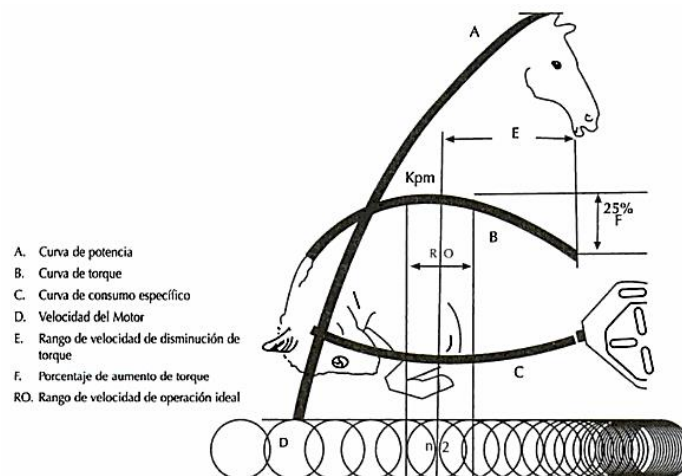
## b. Torque del Motor

Se refiere al par de torsión que producen los cuerpos en rotación, por lo que mide la capacidad del motor para producir trabajo y se utiliza la ecuación [1.3] para encontrar su valor (Mowers & Bowers, 2015, p. 49)

$$T = F \cdot d \quad [1.3]$$

Donde:

- T: Torque (Nm)  
 F: Fuerza (N)  
 d: Distancia (m)



**Figura 1.8** Curvas características de los motores de combustión interna  
 (Alvarado Chaves, 2004, p. 72)

Como se indica en la Figura 1.8, en la curva de potencia (curva A, llamada curva del caballo), la potencia se incrementa a medida que aumentan las revoluciones por minuto (D) del motor (rpm o velocidad a que gira el motor), hasta que llega un punto en el que ya no aumenta más; este punto indica la potencia máxima que puede entregar ese motor a la velocidad máxima o nominal, a esa velocidad máxima, también se la llama velocidad gobernada y es la velocidad máxima permitida por el fabricante del motor, en esta curva, la potencia puede estar indicada en unidades de kilowatts, hp u otra unidad, según el país de origen de la información, note que la potencia es sinónimo de velocidad, porque a medida que aumentan

las rpm del motor, también aumenta la potencia, pero hasta cierto punto, como ya se indicó, además la curva B referida al torque se puede observar que va aumentando su valor (F) a medida que va aumentando las revoluciones del motor, llegando a obtener un valor máximo a un cierto número de revoluciones (está entre un 60 a 75 % de las revoluciones nominales del motor) entonces si las rpm de motor va aumentando, el torque disminuirá (E) es decir el torque máximo del motor no ocurre cuando este trabaja al máximo de su potencia, así mismo la curva (C) referida al consumo específico de combustible se puede observar que el consumo es mínimo cuando el motor entrega su máximo torque y que a mayor o menor velocidad dentro de un cierto rango el consumo de combustible aumenta (Klapper, 2009, pp. 72,73).

### 1.11 COMBUSTIBLE DIÉSEL EN EL ECUADOR

El Diésel, también denominado gasóleo o gasoil, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre  $850 \text{ kg/m}^3$  ( $0,850 \text{ g/cm}^3$ ), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores Diésel y en calefacción, cuando es obtenido de la destilación del petróleo se denomina diésel y cuando es obtenido a partir de aceites vegetales se denomina biodiesel (Ortiz Vallejo, 2014, p. 25).

En el Ecuador hay varios combustibles Diésel que circulan para su concerniente sector de consumo por lo que para este estudio hay que enfocarse en el Diésel Premium Automotriz, el combustible que se usa en el Ecuador es de menor calidad en comparación con el Diésel que se usa en Europa. Por lo que la calidad actual del combustible Diésel que se usa en el Ecuador está en proceso de mejora debido al incremento de las altas emisiones contaminantes en el país, que está provocando enfermedades respiratorias a los ciudadanos del país (Whorlth Health Organization, 2018).

**Tabla 1.5** Calidad del Diésel entre Ecuador y Europa

<b>CALIDAD DEL DIÉSEL</b>	<b>ECUADOR</b>	<b>EUROPA</b>
Origen geográfico	Oriente ecuatoriano	Medio Oriente (Arabia)
Cantidad de Azufre en Diésel (ppm)	500 (Premium)	10
Índice de Cetano mínimo	45	51
Contenido de Biodiesel	del 0 al 5%	del 5 al 10%
Temperatura de destilación al 90%	360 grad cent	360 grad cent
Viscosidad @ 40 grad cent	2 a 5 mm <sup>2</sup> /seg	2 a 4,5 mm <sup>2</sup> /seg

(Ortiz Vallejo, 2014, p. 100)

Como se muestra en la Tabla 1.5 para el año 2014 la calidad del Diésel Ecuatoriano estaba situado en el EURO II es por esto por lo que a partir de entonces se empezó a ir mejorando de a poco los medios de transporte a combustible Diésel (The International Council on Clean Transportation, 2014, p. 9).

A partir de algunos años atrás se empieza a usar autobuses con tecnología EURO III que utilizan Diésel con hasta 350 ppm de contenido de azufre, donde el Gobierno Ecuatoriano a través de la empresa pública Petroecuador propone la mejora de la calidad del combustible Diésel que se procesa en la Refinería Esmeraldas. Por lo tanto, en el Ecuador a partir de febrero del año 2018 en la Refinería Esmeraldas se produce Diésel Premium con menos de 110 partes por millón de contenido de azufre (ppm) que con este valor los autobuses Diésel se situarían en un valor cercano al Euro IV que tiene una cifra de 50 ppm de contenido de azufre, de esta manera se mejora la calidad del combustible en bien del transporte pesado y el medio ambiente del país (Empresa Pública Petroecuador, 2018).

**Tabla 1.6** Normas de emisión para motores Diesel de servicio pesado

NORMA	ENTRADA EN VIGOR	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO <sub>x</sub> (g/kWh)	PM (g/kWh)
EURO I	1/7/1992	4,5	1,1	8,0	0,36
EURO II	1/1/1996	4	1,1	7,0	0,25
EURO III	01-01-2000	2,1	0,66	5	0,1-0,13
EURO IV	1/1/2005	1,5	0,46	3,5	0,02
EURO V	1/9/2009	1,5	0,46	2	0,02
EURO VI	01-09-2014	1,5	0,13	0,4	0,01

(Organization for Economic Cooperation and Development, 2017, p. 140)

En la Tabla 1.6 se puede observar la calidad del combustible Diésel de acuerdo con la normativa europea que con base a las emisiones de gases contaminantes, la normativa Europea tiene sus valores de emisiones bajos ya que es la normativa vigente que además prevalece la conservación de un aire más puro y a la manutención de un medio ambiente más saludable, entonces los vehículos deben acatar a la norma EURO VI que está vigente desde el año 2014 donde los estándares de calidad establecidos en esta norma son más estrictos.

Como se puede ver la calidad del Diésel del Ecuador con el de Europa tiene bastantes diferencias, debido a que en el Ecuador hay vehículos que comparando con las normativas Europeas estarían situados en la Euro I, II y III pues la simple razón es que las normativas del país son menos radicales que las Europeas, pero en la actualidad debido al aumento de

personas con enfermedades respiratorias, el gobierno Ecuatoriano ha visto la necesidad de mejorar la calidad del combustible renovando la máquina catalizadora de la refinería de Esmeraldas que permite tener un combustible más amigable con el medio ambiente.

De acuerdo con lo especificado en la Tabla 1.7 la norma Euro I implementó un catalizador situado en la parte media del tubo de escape, donde la función de este elemento es la de reducir y transformar los gases de combustión del vehículo, donde el mecanismo utilizado son las reacciones REDOX es decir reducción-oxidación donde en una primera parte, los dióxidos de nitrógeno se convierten en nitrógeno molecular (reducción), y en la segunda parte los hidrocarburos no quemados y el monóxido de carbono, se convierten en dióxido de carbono y agua (oxidación). El catalizador está formado por cerámicas y metales preciosos que favorecen junto a las altas temperaturas que alcanza el catalizador (300°C), las reacciones REDOX.

**Tabla 1.7** Sistemas anticontaminación para las normativas EURO

Norma	Para tratar los contaminantes se necesita	Calidad del Diesel (ppm)
EURO I	- Implementa un catalizador	2000
EURO II	- Mejorar el catalizador de la EURO I	500
EURO III	- Fabricantes optan por disminuir el tamaño de los motores para que exista menos consumo de combustible (turbos y compresores)	350
EURO IV	- Otra forma de mejorar la mecánica es añadir más marchas a las cajas de transmisión. - Filtros post combustión	50
EURO V	- Filtro antipartículas - Sistema de Inyección Common Rail	10
EURO VI	- Catalizadores - Filtros de partículas Diésel - Sistemas SCR (óxidos de nitrógeno) Turbocargadores de Geometría Variable (VGTs)	10

(Wright, Fundamentals of Medium/Heavy Duty Diesel Engines, 2015, p. 2012)

En la Normativa Euro II, III y IV mejoran el catalizador que se implementa en la Euro I además los fabricantes optan por disminuir el tamaño de los motores para que exista menos consumo de combustible implementando turbos y compresores para obtener los mismos rendimientos en menores cilindradas, conllevando a menores consumos y menores emisiones de los vehículos. Otra forma de mejorar la mecánica es añadir más marchas a las cajas de transmisión, con el fin de circular a menores regímenes de motor, consumiendo

menos combustible. Al circular a menores revoluciones se genera menos monóxido de carbono (por la mayor calidad de la mezcla al darle tiempo a reaccionar mejor al combustible con el comburente), menos hidrocarburos sin quemar (se aprovecha mejor el combustible) y menos óxidos de nitrógeno (se alcanza menores temperaturas en el motor).

En la EURO V se implementa un filtro antipartículas donde se obliga a todos los fabricantes a implementar un filtro antipartículas (FAP o DPF), que consiste en una trampa para las partículas sólidas en suspensión, quedando retenidas en una especie de panal de cerámica con poros muy finos. Cuando este filtro se satura se regenera automáticamente mandando una orden a la centralita para que aumente la temperatura de los gases de combustión para eliminar estas partículas. Es necesario un periodo de 10-20 minutos donde el motor no ha de pararse y el consumo de diésel aumenta entorno un 20%. Existen dos tipos, los que tienen aditivo que son más eficientes, pero dependen de un líquido que se va consumiendo en función de los kilómetros que se realice y los que no lo tienen.

En la EURO IV se implementan Catalizadores que tratan principalmente los monóxidos de carbono y los hidrocarburos inquemados, además filtros de partículas Diésel que eliminan las partículas, sólidos, que dan el color negro a los gases del escape de un Diesel finalmente sistemas SCR que tratan a los óxidos de nitrógeno.

### **1.11.1 SUBSIDIOS A LOS COMBUSTIBLES**

En la historia, los subsidios son considerados como una asistencia pública que se basa en la ayuda o beneficio económico que se otorga para un determinado tiempo, cuya finalidad es satisfacer determinadas necesidades ya sean individuales o colectivas, como bien se conoce los subsidios son parte de los gobiernos de todos los países como instrumento de política de desarrollo, de igual modo el subsidio es la diferencia entre el precio real de un bien o servicio del precio real cobrado al consumidor, además se conoce que los subsidios tienen la finalidad de brindar una ayuda económica a los sectores de la sociedad con menos recursos económicos (Ibarra Carrera, 2015, pág. 16).

En la proforma presupuestaria del año 2017 que emite el Ministerio de Economía y Finanzas de la república del Ecuador se especifica los diferentes tipos de combustibles subsidiados por el gobierno como se puede observar en la Tabla 1.8

**Tabla 1.8** Programación presupuestaria cuatrianual 2017-2020

<b>MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS (Millones de USD)</b>	
<b>SUBSIDIO</b>	<b>PROFORMA 2017</b>
Diésel Importado	786,23
GLP Nacional	110
GLP Importado	376,69
Nafta Importada	450,25
Otros Importados	75,4
<b>TOTAL SUBSIDIOS IMPORTADOS</b>	<b>1 798,57</b>

(Ministerio de Economía y Finanzas, 2017, pág. 32)

Se puede observar que el Estado Ecuatoriano subsidia a los combustibles con la cantidad de 1 798,57 millones de dólares, según la programación presupuestaria cuatrianual para los años 2017-2020, donde el Diésel importado ocupa un 44% del presupuesto total de los subsidios a los combustibles.

De acuerdo con la Organización Latinoamericana de Energía (Organización Latinoamericana de Energía, 2013, pág. 13), el subsidio se entiende como: “Prestación pública asistencial de carácter económico y de duración determinada” en el campo energético es una política que incluye la regulación de precios, subvenciones a las empresas, subvenciones a los usuarios, entre otras medidas.

Los subsidios a los derivados de petróleo en Ecuador principalmente gas licuado, gasolina y diésel- surgen en la década de los setenta debido al boom petrolero y los altos precios de este recurso, lo cual permitió que se generen excedentes económicos que facilitaron la aplicación de estas medidas diseñadas, en principio, en favor de sectores como el transporte y grupos sociales vulnerables. El incremento de la demanda, junto con la limitada infraestructura de refinación, incidió en el crecimiento de las importaciones de derivados. Los precios internacionales del petróleo y sus derivados han ido en aumento; sin embargo, la variación de los precios internos ha sido mínima o nula en periodos extensos de tiempo, generando como resultado que los subsidios sean cada vez mayores (Espinoza & Guayanlema, 2017, pág. 1).

Según datos del Observatorio de Energía y Minas de la UDLA, los valores de subsidio al diésel automotriz en el Ecuador indicado en la Tabla 1.9 para los años 2010 – 2017 son los siguientes:



**Tabla 1.9** Valores del subsidio al Diésel automotriz en el Ecuador

<b>Derivado</b>	<b>Precio de diésel en terminal</b>	<b>Precio promedio de importación de diésel</b>	<b>Diferencial de precios</b>	<b>Consumo interno de diésel</b>	<b>Subsidio al diésel</b>
Año	US \$/ galón	US \$/ galón	US \$/ galón	Millones de galones	Millones de US \$
2010	0,80	2,29	1,48	1258,03	1864,21
2011	0,80	3,10	2,30	1193,73	2740,48
2012	0,80	3,25	2,45	1228,63	3004,97
2013	0,80	3,14	2,33	1376,15	3206,67
2014	0,80	2,88	2,06	1408,54	2906,87
2015	0,80	1,81	0,99	1389,63	1371,81
2016	0,79	1,37	0,58	1310,49	761,23
2017	0,80	1,64	0,85	1316,25	1115,10

(Observatorio en Energía y Minas, 2018, pág. 33)

El valor del subsidio al diésel automotriz que el Estado cubre de este combustible consiste en la diferencia de los precios promedio de importación y el precio en terminal.

## **1.12 CINEMÁTICA DEL VEHÍCULO**

La cinemática es una ciencia que se deriva de la mecánica, que se ocupa de estudiar y describir el movimiento que realizan los cuerpos sin tomar en cuenta las fuerzas que ocasionan dicho movimiento, cabe aclarar que, si se toma en cuenta dichas fuerzas ya se estaría adentrando en otra rama de estudio.

### **1.12.1 ESTADOS DE CONDUCCIÓN**

Los estados de conducción forman parte de la conducción que se la realiza a diario en un medio de transporte donde son cuatro los estados básicos de conducción de un vehículo: ralentí, aceleración, velocidad crucero y desaceleración, que a continuación se hablará de cada uno de ellos.

### **a. Ralentí del motor**

Son las revoluciones a la que el motor de un vehículo es capaz de funcionar sin necesidad de una ayuda externa, entonces, el vehículo en este punto no puede realizar ningún desplazamiento, pero sí puede mantenerse en marcha, en punto muerto o con el embrague pisado a fondo, las revoluciones a ralentí redondean unas 800 rpm dependiendo meramente del tipo de vehículo que se vaya a estudiar, además los vehículos que se conducen en la ciudad consumen alrededor de un 30% de combustible, que al parecer no consume combustible pero al momento de realizar pruebas consume cantidades considerables de combustible, por lo que bajar las revoluciones en ralentí se ahorraría en un 4,25% (Kositza, Fleck, Schlober, & Ra, 2001, p. 77).

### **b. Aceleración**

La aceleración de un objeto es el cambio de la rapidez de acuerdo con una unidad de tiempo; es decir un objeto va aumentando su rapidez con respecto a un intervalo de tiempo, en donde el valor de la aceleración va a ser positivo (Barragan, 2006, p. 81).

En la Figura 1.9 se puede apreciar que en el transcurso del tiempo cuatro el autobús va incrementando su velocidad, así como también su aceleración debido a que se encontraba con una velocidad inicial de cero en la línea de pare de un semáforo hasta llegar a la velocidad de 60 km/h.

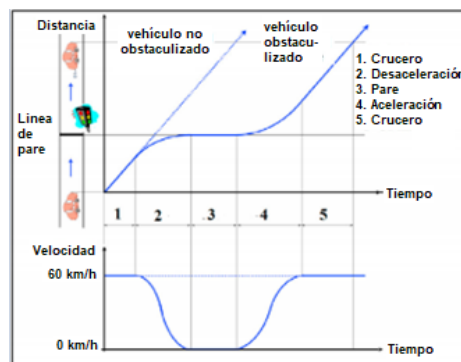
### **c. Desaceleración**

Se produce cuando un vehículo comienza a reducir la velocidad a la que está circulando hasta llegar a una velocidad menor a la que transita o hasta llegar a cero, como en el caso de las intersecciones señalizadas, los vehículos se desaceleran, detienen, ponen en cola (durante la señal roja) y luego aceleran durante la señal verde, la forma en que los vehículos desaceleran, se detienen, se arrastran en cola y aceleran para abandonar la intersección

depende del número de factores, como el tipo de vehículo, el comportamiento del conductor (Bokare & Maurya, 2017, p. 4737).

#### d. Velocidad de Crucero

La velocidad de crucero mantiene una velocidad determinada del vehículo sin que la persona que va conduciendo siga acelerando, en vehículos actuales ya está disponible el control de velocidad crucero avanzado que mediante un mando permite la regulación de la velocidad crucero (Domínguez & Ferrer, 2012, p. 274). EL rango de velocidades óptimas para tener una economía de combustible en la velocidad crucero está entre 40 y 50 km/h (Wang & Rakha, 2016, p. 394).



**Figura 1.9** Diagramas de d-t y V-t que muestran los estados de conducción de un vehículo (Bokare & Maurya, 2017, p. 4739)

En la Figura 1.9, se puede observar dos diagramas donde se especifica la distancia y la velocidad con respecto al tiempo, en donde se especifica los diferentes estados de conducción de un vehículo, además se puede observar como es el comportamiento de cada uno de ellos de acuerdo a la velocidad con la que van los automóviles en relación a los semáforos situados en puntos estratégicos de la ciudad.

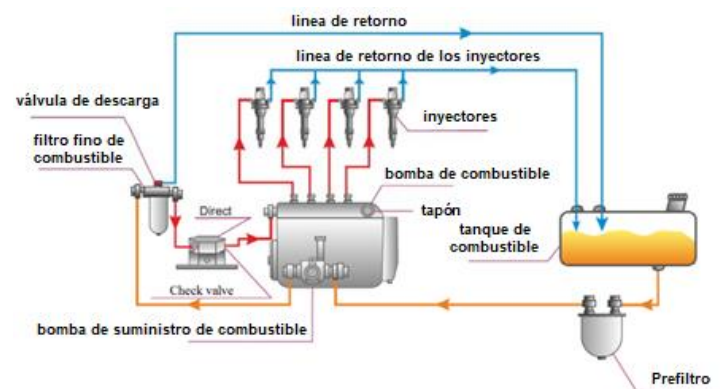
### 1.13 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

En la actualidad, los gobiernos de turno están aplicando leyes más rigurosas en lo que son los subsidios a los combustibles, y en vista de que la situación Económica del país está más

delicada, el gobierno ha optado por reducir el presupuesto a varias entidades lo que preocupa principalmente al sector automotriz debido a que el Diésel es subsidiado, es por eso que investigadores optan por hacer estudios para tratar de reducir el consumo de combustible y esto se lo realiza gracias a los equipos que permiten obtener datos para posteriormente analizarlos y así tomar las debidas decisiones para no solo ahorrar combustible sino más bien tratar de reducir las emisiones y conservar un medio ambiente limpio para las personas.

#### a. Consumo directo.

En este tipo de medición solo se toma en cuenta el flujo de combustible en un solo sentido es decir la línea de suministro, sin tomar en cuenta la línea de retorno de combustible; para tal fin se ubica el medidor en la línea de alimentación entre el filtro de combustible y la bomba de alimentación; donde el filtro hace que el combustible pase con la menor cantidad de impurezas hacia el interior del motor y la bomba de combustible de alta presión que suministra la cantidad de combustible requerida por el motor, dependiendo de su modo de operación (Barbosa Rojas & Betancur Ramírez, 2016, p. 16).



**Figura 1.10** Consumo directo con equipo  
(Bell Flow System, 2017, pág. 19)

En la Figura 1.10 se especifica la instalación de un equipo de medición en una sola línea, ya sea en la de suministro o la de retorno, en este caso está instalada en la de suministro es decir medirá el caudal de combustible que va desde la bomba de suministro de combustible. Donde para el correcto funcionamiento el medidor requiere de una presión constante de (1 – 1,5)

atm en la zona que está entre el filtro de combustible y la bomba de combustible de alta presión.

### **b. Consumo diferencial**

A diferencia del sistema anterior, aquí se toma en cuenta el flujo de combustible tanto en la línea de alimentación como en el retorno, para obtener el resultado óptimo en la medición diferencial, hay que utilizar medidores calibrados en conjunto teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas a las cuales se va a realizar la medición, de este modo puede reducirse significativamente el error de medición, por ejemplo:  $\pm 0,1$  % a caudal constante en la línea de alimentación y  $\pm 0,3$ % a caudal ligeramente variable en la línea de retorno (Barbosa Rojas & Betancur Ramírez, 2016, p. 17).

- **Estático**

Este tipo de sistema de medición se refiere a la instalación de un equipo de medición de combustible en maquetas donde se pueda obtener los valores del consumo, cabe señalar que en este tipo de medición se obtienen los datos de los estados de conducción con la diferencia de que no están expuestos a peso, aerodinámica, estados de conducción, entre otros, a los datos que están expuestos cuando un autobús está en ruta.



**Figura 1.11** Medición del consumo diferencial estático

En la Figura 1.11 se observa al equipo on board instalado en una maqueta de un motor Hino de donde se puede obtener los datos de consumo de combustible en pruebas estáticas.

- **Dinámico**

En este sistema de medición los valores a obtener son datos que se los consigue de la instalación del equipo de medición de combustible en autobuses que cumplen con alguna ruta asignada durante un día normal de trabajo, que a diferencia del sistema de medición anterior este sistema está expuesto a un sinnúmero de variables que influyen directamente al consumo de combustible.

- c. **Consumo Teórico**

Para obtener los valores de este tipo de consumo es necesario conocer el torque, la potencia, presión y otros factores para encontrar los valores de consumo, es decir para esto es necesario de ecuaciones matemáticas que están debidamente establecidas en fuentes de investigaciones como libros, artículos y otros documentos.

### **1.13.1 EQUIPOS PARA MEDIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Para medir el consumo de combustible se necesita de equipos portátiles que ayudan a la obtención de datos como se indican a continuación:

- a. **MEDIDOR DE FLUJO DE COMBUSTIBLE**

Los medidores de flujo de combustible diferencial Eurosens Delta se utiliza para medir el consumo de combustible del motor Diésel, para obtener los datos de combustible de los motores, es necesario medir ambos flujos de combustible, con Eurosens Delta puede recibir resultados precisos inmediatamente después de la instalación sin ninguna calibración (Bell Flow System, 2017).



**Figura 1.12** Medidor de Consumo de Combustible  
(Technoton, 2018)

El medidor de flujo de combustible presentado en la Figura 1.12 es un medidor de flujo del tipo diferencial donde se puede instalar tanto en la línea de suministro y de retorno de combustible, que está disponible en la empresa Technon.

### 1.13.2 DATA LOGGER

Los registradores de datos son dispositivos pequeños, autónomos, diseñados para funcionar con bajos requisitos de energía, ya que se les puede exigir que funcionen indefinidamente en un sitio remoto sin electricidad de la red; por lo general, incluyen baterías internas para alimentar el microordenador que además estos dispositivos sirven para la utilización práctica y ofrece un almacenamiento de datos dependiendo del trabajo a realizar (Harrison, 2015, p. 59).



**Figura 1.13** Data Logger  
(Bell Flow System, 2017)

El registrador de datos presentado en la Figura 1.13, es un tipo de Data Logger que permite el almacenamiento y la medición de pulsos, que además se puede observar los pulsos en tiempo real de acuerdo con el tiempo de medición configurado.

## 1.14 ESTADO DEL ARTE

Los trabajos relacionados con el presente tema de investigación son aquellos que analizan el impacto del consumo de combustible y las emisiones de gases que están contaminando al medio ambiente y posibles soluciones para tratar de reducir el uso excesivo de combustible. Como primer trabajo citado, se realiza investigaciones enfocándose en los vehículos Híbridos pero el principal inconveniente es el alto costo para poder implementar a gran escala, principalmente en los vehículos pesados; una alternativa investigada y la solución más económica para el motor híbrido puede ser la utilización de una transmisión continua variable, en lugar de un uno escalonado: que permite, como en algunas soluciones híbridas, la gestión óptima del motor gracias a la separación entre la velocidad del motor y la velocidad de las ruedas; este aspecto puede ser crítica en vehículos cuyo motor opera frecuentemente a bajas cargas y velocidades variables, como es el caso de los autobuses urbanos (Macor & Rossetti, 2013, pág. 159).

En esta segunda investigación, se conoce que el transporte por carretera es uno de los sectores con mayor consumo de energía en el planeta, con una gran dependencia de los combustibles fósiles y una gran contribución a las emisiones globales de gases de efecto invernadero; en este estudio se describe la técnica VKT (Kilómetros Recorridos del Vehículo) para desagregar el consumo de energía del transporte por carretera por tipo de vehículo, aplicado al sistema de transporte por carretera de Ecuador; los resultados muestran que el mayor consumidor de combustible es la carga de mercancías pesadas, seguida de los vehículos livianos, la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero evidencia que el transporte por carretera lanzó 14.3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 2012; cuando se compara el consumo de combustible por su costo, se puede confirmar que el gobierno ecuatoriano cubrió, a través de subsidios, el 68% de los costos anuales de combustible del transporte nacional por carretera, lo que demuestra la importancia de reestructurar estos gastos para lograr un sistema eficiente de transporte por carretera (Cevallos Sierra, 2016, p. 359).

En esta tercera investigación hace referencia a las variaciones de velocidad que hace el conductor en el uso de los turismo y dichas variaciones son una alternativa para reducir el consumo de combustible, por lo tanto, aquí presenta una evaluación en dos condiciones de variaciones de velocidad: de 50-70 km/h y 90-110 km/h, la cual usa simulaciones numéricas y pruebas controladas: Las pruebas controladas realizadas en una pista de prueba por un



piloto profesional muestran que se puede lograr una reducción en el consumo de combustible con un automóvil de gasolina convencional, sin adaptaciones para realizar variaciones de velocidad, también, las simulaciones numéricas basadas en un modelo de tren motriz casi estático hacia atrás se utilizan para evaluar el potencial de las variaciones de velocidad para reducir el consumo de combustible en otras condiciones de variación de velocidad, cuando la desaceleración se realiza con el engranaje en posición neutral, las simulaciones muestran que las variaciones de velocidad siempre están correlacionadas con un menor consumo de combustible (Freitas Salgueiredo, et al., 2017, p. 336).

En este cuarto trabajo citado hay preocupación por parte de las personas y es referente al medio ambiente, la habitabilidad y sostenibilidad, estos temas se han convertido en un tema muy importante para reducir al mínimo el consumo de combustible para los sistemas de transporte; en esta investigación hay modelos microscópicos de planificación y emisión de combustible que utilizan la velocidad y aceleración del vehículo como entradas y son adecuados para predecir la cantidad de combustible en el nivel del enlace; se proporciona un método para adquirir información microscópica a partir de datos de tráfico macroscópicos; el enfoque principal es reconstruir las trayectorias de estado y grupo de vehículos con un algoritmo de maximización de expectativas con buenas propiedades de convergencia y luego aplicar el algoritmo de Dijkstra para encontrar una ruta de transporte con un consumo mínimo de combustible (Worz & Bernhardt, 2016, p. 1).

En este quinto trabajo, se analiza el estilo de conducción de los conductores de estos medios de movilización que afecta en gran parte al consumo de combustible, y que los estilos de conducción influyen en un (10-20)% del consumo de combustible dependiendo directamente de la topografía de estudio, señalando que hay conductores experimentados que hacen posible la reducción de consumo de combustible, pero por otros factores no es posible reducir el consumo; los resultados de esta investigación muestran que en el proceso de aceleración representa el 56,5% en el consumo total de combustible en el ciclo de conducción urbana, además el consumo de combustible en el proceso de desaceleración es bajo con un 5,7% del consumo total de combustible de tal manera que en este proceso no influye en el consumo general de combustible (Ma, Xie, Huang, & Xiong, 2015, p. 205).

En esta sexta investigación, se opta por energías renovables, debido a que son más limpias comparadas con los combustibles fósiles, entre las energías renovables está el Biodiesel que es un tipo de Biocombustible cuyas propiedades son similares a la del combustible Diésel fósil, pero el principal inconveniente es la pérdida de potencia y el gran beneficio es que

reduce considerablemente las emisiones que son perjudiciales para el medio ambiente; pero como resultados en esta investigación se dice que el biodiesel tiene el potencial de ser utilizado como un sustituto del combustible Diésel en los motores Diésel para resolver la crisis energética y ambiental; también el Biodiesel puede jugar un papel importante para reducir la demanda de energía global debido a su disponibilidad, propiedades ecológicas y renovables (Mahmudula, et al., 2017, p. 497).

En esta séptima investigación, se propone un Modelo de Emisiones Modal Integral (CMEM) que puede calcular el consumo de combustible y las emisiones de carbono de un vehículo con una velocidad y carga determinadas; este documento investiga hasta qué punto dichos cálculos de velocidad fija en el CMEM son adecuados para las condiciones reales de conducción con velocidades fluctuantes; por lo que también los vehículos queman combustible y éstos se van directamente a la atmósfera por lo que estos medios de movilización es la fuente de emisiones de carbono en todo el mundo, que según estudios han comprobado que el transporte contribuye al 26% de todas las emisiones de dióxido de carbono (Turkensteen, 2017, p. 3).

Como octava investigación, algunos países se han visto preocupados por el alto nivel de emisiones de los automotores lo que provoca el Gas de Efecto Invernadero (GEI) principal gas para la destrucción de la capa de ozono, esto ha llevado a investigadores a idear nuevas soluciones para reducir y por qué no sustituir el combustible que hace que se destruya el medio en el que vivimos, es por esto que desde hace varios años atrás autobuses públicos eléctricos (EPB) es la nueva alternativa para sustituir a los autobuses públicos Diésel tradicionales (TDPB) principalmente para reducir las emisiones de GEI (Song, et al., 2018, p. 2).

Finalmente como novena investigación, las emisiones producidas por la combustión y la contaminación del aire dependen de factores como la conducción, características del conductor y del automóvil, en esta investigación las características del conductor se cuantificaron con base a la conducta en las aceleraciones y desaceleraciones; también se midió la conducta de 28 conductores utilizando dispositivos GPS en una ruta de 8,4 km, cabe recalcar que las trayectorias, emisiones y combustible se la realizó mediante un Modelo integral de emisiones globales integrales y que dichos resultados estuvieron relacionados con el tráfico a lo largo de la ruta la cual dio como resultado el combustible y las emisiones por parada e inactividad por segundo; además, los conductores prudentes y novatos tienen las emisiones y el combustible más bajos y obtienen el flujo de saturación más bajo y tienen

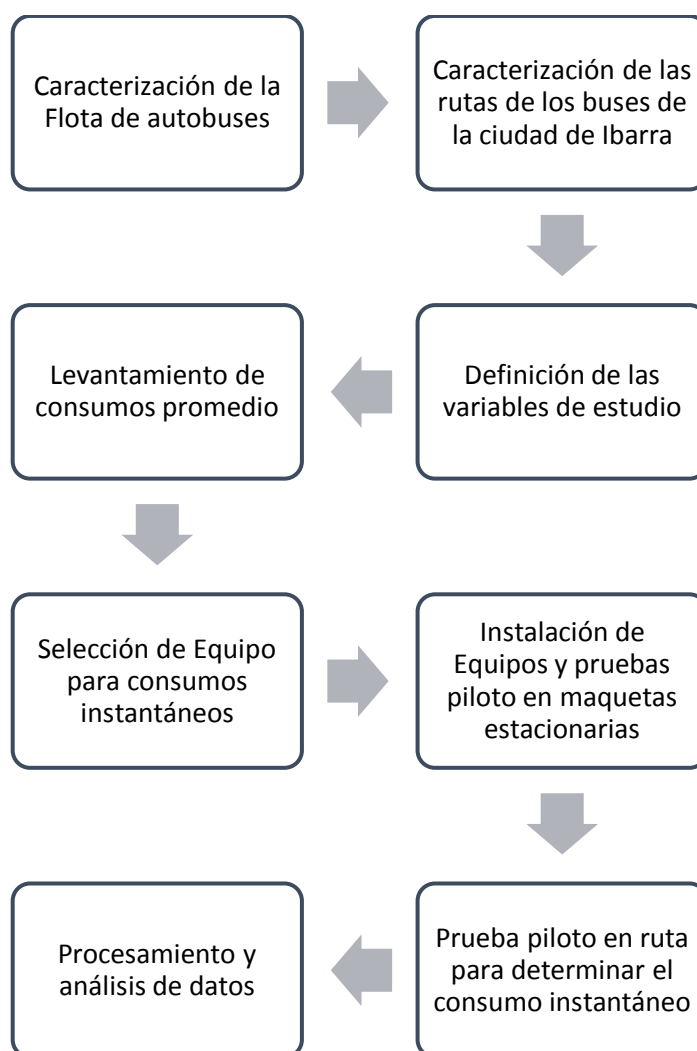
la velocidad de cruceo más baja; Conductores experimentados y suaves proporcionan un alto flujo de saturación a la vez que mantienen bajo el combustible y las emisiones; los conductores agresivos experimentados tienen un alto flujo de saturación como también del combustible y las emisiones (Zheng, Li, Zuylen, & Lu, 2017, p. 624).

## CAPÍTULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se observa la metodología en donde sirvió de base para realizar las actividades principales de acuerdo con la importancia de este estudio, en donde se detalla a cada uno en la siguiente figura.



**Figura 2.1** Metodología del estudio

En la Figura 2.1 se detallan las actividades que se desarrollarán en este capítulo, como primera parte es la caracterización de la Flota de autobuses de la ciudad de Ibarra que es necesario conocer para hacer la caracterización, como segundo parte del desarrollo de la

propuesta es la caracterización de las rutas de los buses de la ciudad de Ibarra que permitirá conocer las rutas que mayor impacto tienen en la ciudad de Ibarra, como tercera actividad está la definición de las variables de estudio, como cuarta parte está el levantamiento de consumos promedio por medio de encuestas. La quinta actividad está la selección de Equipo para consumos instantáneos, que es la parte fundamental para la obtención de datos, como sexta actividad está la instalación de quipos y pruebas piloto estáticas y dinámicas, que es donde se pone a funcionar los equipos realizando pruebas piloto para posteriormente hacer la obtención de datos. La séptima actividad está las pruebas piloto en ruta para determinar el consumo instantáneo. Y como última parte está el procesamiento y análisis de datos, en la cual se interpretan de los datos obtenidos en el fragmento anterior.

## **2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS FLOTAS DE AUTOBUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA**

Para determinar la composición de la flota vehicular es necesario conocer información acerca de los diferentes tipos de autobuses que transitan por la ciudad de Ibarra, la clasificación del parque vehicular es importante porque cada tipo de autobús tiene sus características técnicas particulares como el año de fabricación, sistema de control de emisiones, cilindrada entre otros que influyen directamente en la cantidad de combustible que utilice para su funcionamiento y por consiguiente las emisiones de gases contaminantes al ambiente.

Para esta primera parte, se realiza una caracterización de la flota vehicular de las cooperativas de autobuses de la ciudad de Ibarra, por lo que es necesario tomar en cuenta varios aspectos de los autobuses: marca, modelo, año, etc. Para esto se solicitó información a la institución encargada de la regulación del Tránsito para esta etapa de la investigación donde al disponer de la información solicitada se procede a realizar la clasificación por marca de cada operadora, de este modo se puede determinar las marcas más representativas de la flota de autobuses existentes en la ciudad de Ibarra. Al disponer de las marcas más representativas se clasifica por los modelos que dispongan para determinar el o los modelos más representativos.

## **2.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS RUTAS DE LAS OPERADORAS DE LA CIUDAD DE IBARRA**

Ibarra, como todas las ciudades de Ecuador a menudo hacen uso del transporte público para movilizarse en la ciudad es por esta razón que es de vital importancia caracterizar a las rutas de autobuses urbanos de la ciudad.

Con la información que se recaude de la MEP se podrá conocer la distancia de recorrido, tiempo y frecuencias, que están debidamente planificadas de acuerdo con cada ruta, que como bien se conoce hay dos operadoras al servicio por lo que se tiene mayor probabilidad de poder organizar la información y posteriormente realizar su análisis.

## **2.4 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO**

Para la construcción de las variables de estudio es necesario tomar en cuenta tres apartados fundamentales para realizar su análisis en lo que respecta a consumo de combustible, consumo promedio y consumo instantáneo.

### **2.4.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Conocer el consumo de combustible es importante para poder identificar en qué marcas de autobuses se está consumiendo mayores cantidades de combustible, que a menudo el consumo de combustible es expresado por un determinado volumen a un determinado tiempo como se muestra en la ecuación [2.1] que está a continuación.

$$Q = \frac{V}{t} \quad [2.1]$$

Donde:

Q: Caudal (ml/s)

V: Volumen (ml)

t: tiempo (s)

### **a. Consumo Promedio**

Para conocer el consumo de combustible promedio se procedió a realizar una encuesta a los conductores de la flota de autobuses de la ciudad de Ibarra, pero para ello primero hay que definir variables que se necesitan conocer para realizar dicha encuesta, como por ejemplo: la marca y el modelo al que corresponde el autobús encuestado identificando la operadora, la ruta que ha laborado de acuerdo con el número de vueltas diarias, expresado en cada ruta el consumo de combustible en dólares, por lo que esto sirve para conocer el valor económico del combustible que se ha consumido y así poder estimar el consumo en galones (gal) por día.

Con los valores obtenidos se puede llegar a tener los datos de consumo promedio de los autobuses expresados en (gal/h), y de esta manera tener los valores de consumos de las rutas de cada una de las operadoras, así como también las marcas y modelos de cada una de las unidades de los autobuses.

### **b. Consumo Instantáneo**

Para conocer el consumo instantáneo de combustible es necesario de los datos obtenidos del equipo on board el cual se obtuvo mediante pruebas realizadas en un autobús de la Universidad Técnica del Norte, los datos obtenidos están relacionados a los estados de conducción del autobús a una determinada velocidad (V).

Además, los datos obtenidos son pulsos de consumo (ml/s), es decir por cada tiempo transcurrido se consume cierta cantidad de combustible expresadas en mililitros (ml) a un determinado tiempo expresado en segundos (s), que se verán expresados en la pantalla del medidor de flujo como caudal (Q) y dichos datos obtenidos por un registrador de datos (Data Logger).

### c. Rendimiento

El rendimiento de un autobús está asociado al trabajo realizado en diferentes situaciones de tráfico, ya sea urbano, en carretera o mixto, esto está en función del consumo de combustible, es decir está asociado a los kilómetros recorridos con base al consumo de combustible, el cual son expresadas en las unidades siguientes (km/gal). Para realizar el análisis de rendimiento es necesaria la información de los datos obtenidos de las encuestas hechas a los conductores de las cooperativas de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra.

## 2.5 LEVANTAMIENTO DE CONSUMOS PROMEDIO

Para el levantamiento de consumos promedio se procedió a realizar una encuesta a los conductores de las operadoras de autobuses existentes en la ciudad de Ibarra como se indica en el ANEXO I.

### 2.5.1 TAMAÑO DE LA MUESTRA MÍNIMA

Para determinar el tamaño de la muestra mínima, se toma en cuenta el tamaño de la población (N) el total de autobuses de la flota de autobuses de la ciudad es de 287 unidades, por lo que se toma en cuenta un índice de error (E) con un 0,05, un nivel de confianza deseado (Z) y con un dato de 1,96 el cual es el 95%, que para determinar el tamaño de la muestra (n) se aplica la ecuación [2.2].

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{(E^2 \times (N - 1)) + (Z^2 \times p \times q)} \quad [2.2]$$

Donde:

n: Muestra

N: Tamaño de la población



- Z: Nivel de confianza deseado (95 %)  
 E: Margen de error dispuesto a cometer (5 %)  
 p: Probabilidad a favor (0.5)  
 q: Probabilidad en contra (0.5)

Al aplicar la ecuación [2.2] para determinar la muestra con los datos especificados se puede determinar que se obtiene una muestra de 111 encuestas para mínimo margen de error y alta confiabilidad. Para la realización de este apartado del levantamiento de consumo promedio de combustible en los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra, se aplica las encuestas como se indica en la Figura 2.2 y la Figura 2.3 con los medidas ya detallados en el apartado anterior como es Marca, Lugar donde se guarda el autobús, número de vueltas y el consumo de combustible en dólares (\$), que con esta información permite apreciar el consumo de combustible diario y el rendimiento de los autobuses de acuerdo con los modelos de la flota de autobuses. Además, en las siguientes figuras se indican los formatos de obtención de datos de los consumos promedios de las dos cooperativas de autobuses de la ciudad de Ibarra.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Ibarra - Ecuador					UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE SISTEMA DE TRANSPORTE URBANO Ibarra - Ecuador				
Marca: Chevrolet 1500 Flota SUT 2004			Sector donde guarda el autobús: Ciudadela de Cuspi		Marca: Chevrolet FTR 1994			Sector donde guarda el autobús: Estadista don Reyna Los Ceibos	
ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LOS AUTOBUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA					ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LOS AUTOBUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA				
N°	OPERADORA	RUTA	# VUELTAS	CONSUMO (\$)	N°	OPERADORA	RUTA	# VUELTAS	CONSUMO (\$)
1	28 DE SEPTIEMBRE	ALBURO	3	7	1	28 DE SEPTIEMBRE	ALBURO	2	10
2		ARCÁNGEL-SAN CRISTÓBAL	4,8	20	2		ARCÁNGEL-SAN CRISTÓBAL	4	20
3		AZAYA-CAMPIÑA	6	20	3		AZAYA-CAMPIÑA	5	17
4		CARANQUI-ADUANA	6	20	4		CARANQUI-ADUANA	5	20
5		CARMEN-BELLAVISTA	4	18	5		CARMEN-BELLAVISTA	7	20
6		CATÓLICA-ALPACHACA	7	19	6		CATÓLICA-ALPACHACA	6	18
7		CHORLAVI-LA VICTORIA	6	19	7		CHORLAVI-LA VICTORIA	4	18
8		MILAGRO-YAHUARCOCHA	7	21	8		MILAGRO-YAHUARCOCHA	5	20
9		NARANJITO	4	20	9		NARANJITO	7	20
10		PALMAS-CEIBOS	6	20	10		PALMAS-CEIBOS	6	20
11		PUGACHO-SANTA TERESITA	5	15	11		PUGACHO-SANTA TERESITA	5	18
12		SANTA ROSA-LOS CEIBOS	6	17	12		SANTA ROSA-LOS CEIBOS	5	20
13		TANGUARÍN-ADUANA	4,5	20	13		TANGUARÍN-ADUANA	4,5	20

Figura 2.2 Datos de la encuesta de la cooperativa “28 de septiembre”

La encuesta de la Figura 2.2 se las aplicó directamente a los conductores de la cooperativa “28 de septiembre”, teniendo en cuenta que se la realizó en las horas de la noche debido a que los conductores van a abastecer a los autobuses a la gasolinera “28 de septiembre” ubicada en las calles Av. Fray Vacas Galindo y Aurelio Gómez Jurado Erazo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE Sistema de Transporte Urbano Ibarra - Ecuador				UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE Sistema de Transporte Urbano Ibarra - Ecuador					
Marca: Chevrolet Isuzu CHR 72 2004		Sector donde guarda el autobús: Parqueadero en la Terminal		Marca: Chevrolet Isuzu FTR 2004		Sector donde guarda el autobús: Coop. Imbabura (Estadio UTA)			
ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LOS AUTOBUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA				ENCUESTA SOBRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LOS AUTOBUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA					
Nº	OPERADORA	RUTA	# VUELTAS	CONSUMO (\$)	Nº	OPERADORA	RUTA	# VUELTAS	CONSUMO (\$)
1	SAN MIGUEL DE IBARRA	CARANQUI-UNIVERSIDADES	2	5	1	SAN MIGUEL DE IBARRA	CARANQUI-UNIVERSIDADES	2	8
2		CHUGCHUPUNGO-LA FLORIDA	5	14	2		CHUGCHUPUNGO-LA FLORIDA	5	20
3		COLINAS DEL SUR-ADUANA	3	18	3		COLINAS DEL SUR-ADUANA	4	20
4		EJIDO DE CARANQUI- MIRAVALLE	5	14	4		EJIDO DE CARANQUI- MIRAVALLE	5	20
5		LA ESPERANZA-HUERTOS FAMILIARES	6	16	5		LA ESPERANZA-HUERTOS FAMILIARES	5	20
6		19 DE ENERO-ODILAS	5	13	6		19 DE ENERO-ODILAS	5	20
7		SANTA ISABEL-HUERTOS FAMILIARES	5	17	7		SANTA ISABEL-HUERTOS FAMILIARES	6	20
8		SANTA LUCÍA-LA VICTORIA	6	14	8		SANTA LUCÍA-LA VICTORIA	5	20
9		SANTO DOMINGO- UNIVERSIDADES	6	17	9		SANTO DOMINGO- UNIVERSIDADES	5	20

Figura 2.3 Datos de la encuesta de la coop “San Miguel de Ibarra”

Por otro lado, la encuesta de la Figura 2.3 se la aplicó a los conductores de la cooperativa “San Miguel de Ibarra” que se encontraban cargando combustible a los autobuses en la gasolinera “PRIMAX” que se encuentra ubicada en la Av. Mariano Acosta y Lucio Tarquino Páez, que se la realizó en horarios de la noche debido a que a esas horas concluyen la jornada de trabajo y para posteriormente retirarse a sus domicilios.

Con lo antes mencionado se hace con la finalidad de tener una idea clara del consumo de combustible que los conductores de los autobuses han realizado en su periodo de trabajo diario, mensual y anualmente, que de esta manera se podrá conocer el consumo de combustible de los autobuses, así como también el rendimiento de los autobuses de acuerdo con las marcas.

## 2.6 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA CONSUMOS INSTANTÁNEOS

La implementación de equipo on board en los autobuses de la ciudad de Ibarra requiere de un análisis riguroso para la selección correcta del equipo y así poder tener datos que estén lo mejor posible apegados a la realidad y que posteriormente no haya posibles errores en las mediciones por la mala selección de los equipos. Es por esto por lo que la selección del equipo está principalmente enfocada en la potencia, el cilindraje de los autobuses y el año promedio de fabricación de la flota de autobuses. Para realizar el análisis del consumo de combustible es necesario utilizar equipo on board para la flota de autobuses de la ciudad de

Ibarra con una fecha de fabricación aproximada del año 2002, con una cilindrada de 7600 c.c y una potencia aproximada de 200HP, es por eso por lo que para la elección del equipo se buscó con las características antes mencionadas de los autobuses y para eso se necesita un Medidor de Flujo y un Data Logger.

### 2.6.1 MEDIDOR DE FLUJO

Al buscar medidores de flujo para conocer el consumo de combustible fue necesario averiguar en el mercado que tipos de medidores había, por lo que se encontró los siguientes medidores: DFM 250 Y EL EUROSENS DELTA PN250L del tipo diferencial, por lo que con base a los rangos de medición que tiene en sus cámaras se tiene lo siguientes rangos de medición indicadas en la Tabla 2.1:

**Tabla 2.1** Especificaciones de los medidores de flujo

Especificaciones	DFM 250D	Eurosens delta PN250L
Rango Mínimo de medición (l/h)	25	20
Rango Máximo de medición (l/h)	250	250
Presión máx. (MPa)	2,5	2,5
Exactitud	+/-3%	+/- 1.2 %

Entonces con base a las características especificadas se llegó a la disposición de que el medidor de flujo de combustible diferencial Eurosens Delta PN250L es el adecuado para medir el consumo de combustible de los autobuses que cuentan con motor Diésel debido a que tiene unos rangos de medición más precisos en especial la exactitud de medición ya que tiene 1,5 % de más exactitud que el otro medidor de flujo y el rango mínimo de medición mide a partir de 20 (l/h).

**Tabla 2.2** Designación del medidor de Flujo

MARCA	TIPO	TIPO DE INTERFAZ	TASA DE FLUJO	CARACTERÍSTICAS EXTRAS
EUROSENS	DELTA	PN	250	L
	2 cámaras de medición	PN - pulso normalizado	Caudal de combustible máximo en las cámaras de medición (l/h).	L - pantalla LCD

(Mechatronics Company, 2018, p. 4)

Las designaciones del Medidor de Flujo están en la Tabla 2.2, donde se indica la nomenclatura de PN que significa pulso normalizado y L que significa que tiene una pantalla donde se indican los caudales de medición en las cámaras.



**Figura 2.4** Ubicación del Medidor de flujo

El caudalímetro tiene unas características mínimas y máximas de medición de potencia del motor que están entre (100 hasta 250) (136 hasta 240) HP, con un Caudal de medición de (10-250) l/h. La ubicación del medidor de flujo en los autobuses se indica en la Figura 2.4, debido a que es uno de los lugares más adecuados para la instalación y su funcionamiento.



**Figura 2.5** Medidor de flujo EUROSENS DELTA PN250L  
(Bell Flow System, 2017, p. 1)

El medidor de flujo EUROSENS DELTA PN250L que se indica en la Figura 2.5, tiene como ventaja su conexión con el sistema de suministro y retorno de combustible del autobús, además de su gran peculiaridad de que tiene una salida de pulsos debido a que tiene un procesador interno que permite la salida de pulsos digitales.

En la Tabla 2.3 se especifican los rangos de funcionamiento del medidor de flujo seleccionado, donde indica el caudal mínimo, caudal máximo, la cantidad de medición que realizando la transformación a pulsos/ ml da como resultado 1pulso/10ml, dato muy importante para realizar transformaciones futuras de los pulsos de consumo que da el medidor de flujo y además también da el margen de error al que puede estar expuesto este medidor de flujo.

**Tabla 2.3** Rango de funcionamiento y precisión del EUROSENS DELTA PN250L

Caudal mínimo (l/h)	Caudal nominal (l/h)	Caudal máximo (l/h)	Cantidad Pulsos/litro	Margen de error
20	125	250	100	+/- 1.2% **
** consumo en litros/hora				

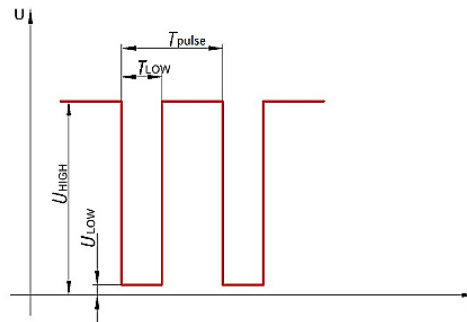
Así como también se indica las características principales del caudalímetro en la Tabla 2.4, donde la presión máxima de funcionamiento es de: 2.5 MPa equivalente a 25 bares, y con una presión nominal de 0,2 MPa equivalente a 2bares, otro dato muy importante es que funciona en un rango de tensión de alimentación de 10 a 50 voltios.

**Tabla 2.4** Características principales del EUROSENS DELTA PN250L

PARÁMETRO	VALOR [UNIDADES DE MEDIDA]
Presión máxima	2.5 [MPa]
Presión nominal	0.2 [MPa]
El grado del filtrado del fluido medido, no más	0.08 [mm]
Rosca de conexión	M14x1.5 o M16x1.5
Caída de presión al caudal máximo, nominal presión, combustible Diésel a 20 ° C, no más de	0.02 [MPa]
Rango de tensión de alimentación, V	de 10 a 50 (de 9 a 32) *
Consumo de corriente a 12 V, no más de	50 [mA]
Consumo de corriente a 24 V, no más de	25 [mA]
Rango de temperatura, ° C	De -40 a + 80 **
Humedad relativa del ambiente a t 40 ° C, no más de	95 [%]
Resistencia a la vibración	Máx. aceleración a 100 m / s <sup>2</sup> en el rango de frecuencia de 5 a 250 Hz
Resistencia a entornos agresivos	Resistencia al petróleo y la gasolina
Compatibilidad electromagnética	Reglamento ECE 10.04
Peso	2,99 [kg]
* para medidores de flujo tipo Direct P (PH).	
** Los datos se muestran en un rango de temperatura ambiente de -20 a +60 ° C para el flujo metros con pantalla incorporada.	

(Bell Flow System, 2017, p. 8)

Ahora bien, el medidor de flujo EUROSENS DELTA PN250L aparte de la medición del caudal de combustible tiene la singularidad de emitir una señal de pulso como el de la siguiente Figura.



**Figura 2.6** Tipo de la señal de salida del EUROSENS DELTA PN (Bell Flow System, 2017, p. 14)

Como se indica en la Figura 2.6, el medidor de flujo da la siguiente señal por lo que está equipado con un pistón con imanes que, mediante la revolución del pistón, los sensores electrónicos generan pulsos de acuerdo con la rotación del pistón, que se transmiten a una unidad electrónica en la interfaz seleccionada.

## 2.6.2 DATA LOGGER

El Data Logger que se eligió para la grabación de datos en esta investigación se indica en la siguiente figura.



**Figura 2.7** Data Logger OM-CP-PULSE101A

En la Figura 2.7 se puede observar el OM-CP-PULSE101A, que es un dispositivo de grabación de bajo costo que detectará una entrada de pulso o cierre de contacto de fuentes externas, y transformará esas entradas en pulsos de consumo expresados en

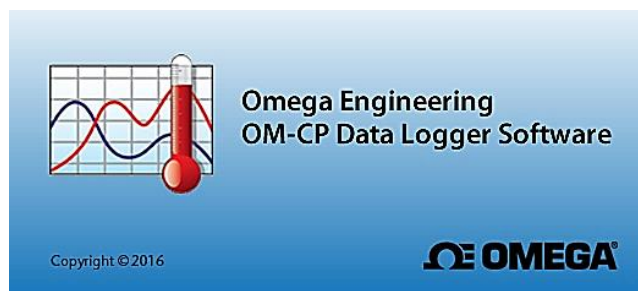
(pulsos/segundos). Además, este registrador de datos permite al usuario almacenar unidades definidas, así como factores de escala y valores de compensación.

El Data Logger PULSE101A, presenta unas características importantes para el registro de los datos presentados en la ANEXO ANEXO IVIV, como el rango de entrada de voltaje que varía de 0 hasta 30 voltios de corriente continua, el voltaje entre la línea de señal (K-LINE) y el negativo (GND) del medidor de flujo es de 9 Voltios aproximadamente, medida adecuada debido a que entra en los rangos adecuados del Data Logger. Además, la tasa de lectura que van desde 1 lectura cada segundo hasta cada 24 horas, y finalmente la memoria de almacenamiento (500 000 lecturas), características que lo hacen adecuado para el registro de datos del medidor de flujo.

El registrador de datos detecta y registra el número de pulsos que ocurren dentro de los períodos de "intervalo de tiempo". El período del contenedor se puede seleccionar de 1 segundo a más de 24 horas, también el Data Logger inicia el período de registro hasta que el período de prueba ha finalizado o la memoria está llena, igualmente su reloj de tiempo real asegura que todos los datos estén marcados con fecha y hora, lo que lo hace ideal para grabar eventos, además el medio de almacenamiento es una memoria de estado sólido no volátil, que proporciona la máxima seguridad de datos incluso si la batería se descarga.

#### a. SOFTWARE DEL DATA LOGGER

Para el manejo y manipulación de los datos que se obtiene a través del Data Logger, la empresa encargada del diseño y construcción de este equipo ha diseñado un tipo de programa peculiar para poder descargar y almacenar los datos registrados, siendo un programa con características únicas y que está indicado a continuación.



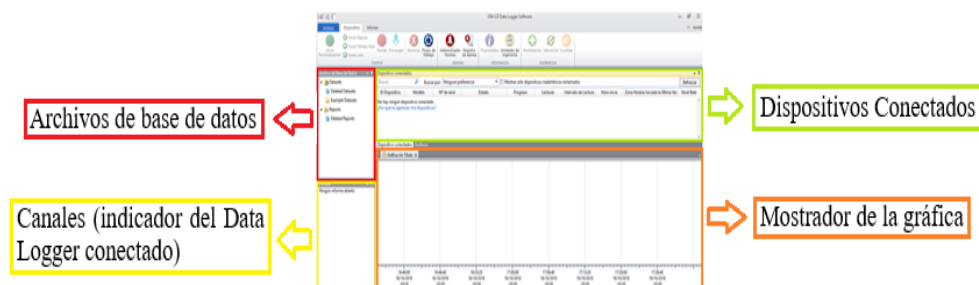
**Figura 2.8** OM-CP Data Logger Software

El OM-CP Data Logger Software de la empresa OMEGA indicado en la Figura 2.8 es el programa propio de la compañía para almacenar y realizar el análisis respectivo de los datos obtenidos.

Por lo que el programa requiere los siguientes requisitos mínimos para instalar y ejecutar este Software en la computadora, indicándose a continuación:

- Sistema de clase Pentium (R) compatible con PC
- Windows 95/98 / ME / NT / 2000 / XP
- Monitor Color SVGA (800x600)
- 128 MB (o más) de RAM
- Al menos 30 MB de espacio libre en el disco duro

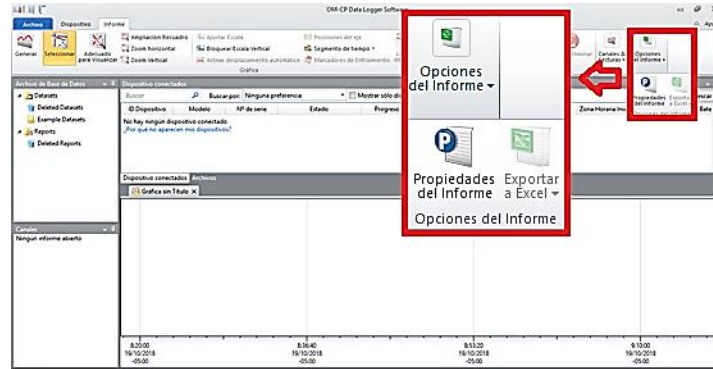
El Data Logger tiene su propio programa para descargar y manipular los datos denominado OM-CP Data Logger Software, donde tiene una interfaz muy peculiar indicada a continuación.



**Figura 2.9** Ventana del Programa OM-CP Data Logger Software

En la Figura 2.9, se puede observar la interfaz de usuario gráfica del programa que ya está ejecutado y esperando al dispositivo Data Logger que se conecte para realizar la acción que el usuario necesite ejecutar. En cuanto el Data Logger ya almacena los datos, el proceso siguiente es descargar para tener almacenado ya sea en la computadora o en el programa y así tener el registrador vacío para la próxima prueba, además el formato en el que guarda los datos es el (mtff).





**Figura 2.10** Exportar datos a Excel

Además, los datos almacenados en el programa también tienen la opción de exportar a Excel como se indica en la Figura 2.10, lo que permite visualizar y manipular los datos descargados de acuerdo con las necesidades que el investigador necesite.

## 2.7 CALIBRACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS

En esta parte se indica la manera de instalar los equipos siguiendo un protocolo de instalación para cada componente como se indica en cada uno de los ítems indicados a continuación:

### 2.7.1 INSTALACIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO

La instalación del EUROSENS DELTA PN250L se efectuó según el esquema y las recomendaciones suministradas por el manual del fabricante del equipo. Este procedimiento fue realizado por algunos integrantes del grupo GISTA (Grupo de Investigación de Sistemas de Transporte y Automoción) de la Universidad Técnica del Norte que se basó de acuerdo con el diagrama de conexión de la Figura 2.13 y que además se siguió el siguiente protocolo de instalación.

1. El autobús debe estar apagado al menos unos 20 minutos antes de la instalación.
2. Identificar el sistema de baja presión y alta presión.
3. Identificar las líneas de suministro y retorno.
4. Identificar el filtro de combustible y la bomba de alimentación.

5. Identificar la cámara de suministro y retorno en el medidor de flujo donde (F) es Suministro y (R) Retorno.



**Figura 2.11** Cámaras de suministro y retorno

En la Figura 2.11 se observa el sentido de la línea de suministro y retorno del medidor de flujo Eurosens Delta PN 250I

6. Desconectar la cañería que está conectada entre el filtro y la bomba de combustible
7. Conectar la salida del filtro a la entrada del medidor de flujo (F) en el sentido indicado en el mismo, y la salida del medidor de flujo conectarle a la bomba de combustible.
8. Desconectar la cañería que conecta el retorno de combustible de los inyectores con el tanque de combustible
9. Conectar la cañería del retorno de combustible al medidor de flujo en el sentido indicado en el mismo y posteriormente al tanque de combustible.

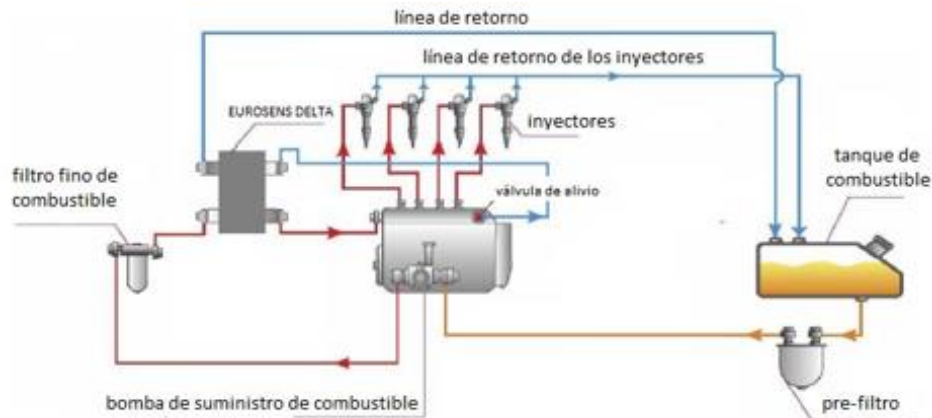


**Figura 2.12** Cable para la conexión eléctrica del medidor de flujo

En la Figura 2.12 se muestra el cable que permite que el medidor de flujo funcione mediante el voltaje de la batería.

10. El cable para la conexión eléctrica indicado en la figura 2.12 del medidor de flujo consta de 3 líneas diferenciadas por sus colores:
  - VBAT = Verde
  - GND = Negro
  - K-LINE/OUT = Azul
11. El primer cable que se conecta es el verde (VBAT) al positivo de la batería de 12 Voltios
12. El segundo cable que se conecta es el negro (GND) al negativo de la batería de 12 voltios, desde aquí se saca un cable que irá conectada a la entrada negativa (-) del Data Logger.
13. Al conectar los cables del medidor de flujo a la batería se observa que se enciende la pantalla encendida y además que F (suministro) y R (retorno) están encendidos unos leds de color verde, lo que significa que está conectado adecuadamente.
14. El tercer cable se conecta a la entrada positiva (+) del Data Logger (OM-CP-PULSE101A)
15. Es necesario eliminar el aire en el sistema de alimentación de combustible, para que no haya fallas en el correcto funcionamiento del motor.
16. Encender el motor
17. Verificar que no haya ningún inconveniente al encender el motor.
18. Verificar que no haya fugas de combustible en los lugares donde se realizó la conexión de las cañerías del medidor de flujo.
19. Identificar que los leds de F y R estén parpadeando, lo que significa que está realizando las mediciones.
20. En caso de que los leds no estén parpadeando con el motor encendido, se debe limpiar las cámaras de suministro y retorno, debido a que puede haber acumulación de partículas en su interior y por esa razón no esté midiendo correctamente.

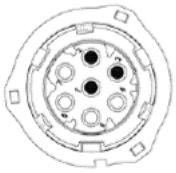
Este protocolo de conexión es relevante para que los equipos funcionen de una manera correcta y poder obtener los datos adecuados, además que no haya inconvenientes en el correcto funcionamiento del motor.



**Figura 2.13** Esquema de Instalación del Medidor de Flujo  
(Bell Flow System, 2017, p. 15)

Una vez instalado el medidor de flujo según el diagrama de instalación en el sistema de combustible indicado en la Figura 2.13, se realiza la conexión eléctrica para el correcto funcionamiento del medidor de flujo.

**Tabla 2.5** Cableado del sensor de combustible

	PIN	CIRCUITO	CABLES DE COLOR EN EL CABLE
	1	VBAT	Verde
2	GND	Negro	
3	K-LINE/OUT	Azul	
4,5,6,7	NC	No conectado	

(Bell Flow System, 2017, p. 24)

En la Tabla 2.5, se indican las abreviaturas del circuito significan: VBAT Voltaje de la Batería), GND (Tierra) y K-LINE/ OUT (salida de señal del medidor de flujo) y cada una están debidamente identificadas de acuerdo con un color representativo.

## 2.7.2 INSTALACIÓN DEL DATA LOGGER

El proceso de instalación del OM-CP-PULSE101A tiene también un proceso de conexión detallado a continuación:



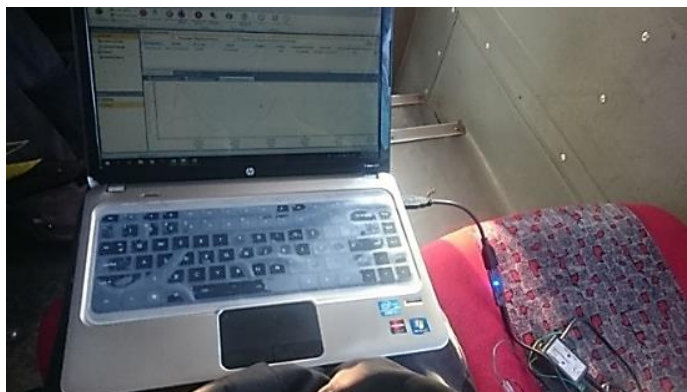
**Figura 2.14** Bloque de entrada

1. El Data Logger tiene un bloque de entrada como se indica en la Figura 2.14, y uno de ellos tiene entrada para positivo y el otro para negativo, el cual irá conectado al medidor de flujo.
2. Donde el positivo irá conectado al cable azul (K-Line/Out) del medidor de flujo.
3. El cable negro (GND) del medidor de flujo irá conectado al negativo del Data Logger.



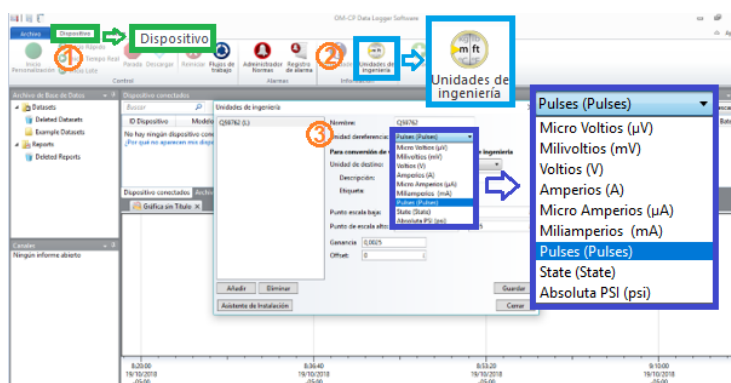
**Figura 2.15** Interfaz IFC200

4. En cuanto ya están conectados los dispositivos, es necesario del paquete de interfaz del (IFC200) mostrado en la Figura 2.15, donde cada uno de ellos irá conectado debidamente.
5. El extremo del cable uno (1) irá conectado a la entrada del Data Logger, el otro extremo del cable uno (1) irá conectado al OM-CP-IFC200 (2), donde el IFC200 (2) se conectará a la extensión del cable USB (3) y finalmente el (3) se conectará al puerto USB de la computadora como se indica en la Figura 2.15.



**Figura 2.16** Configuración del programa OM-CP Data Logger Software

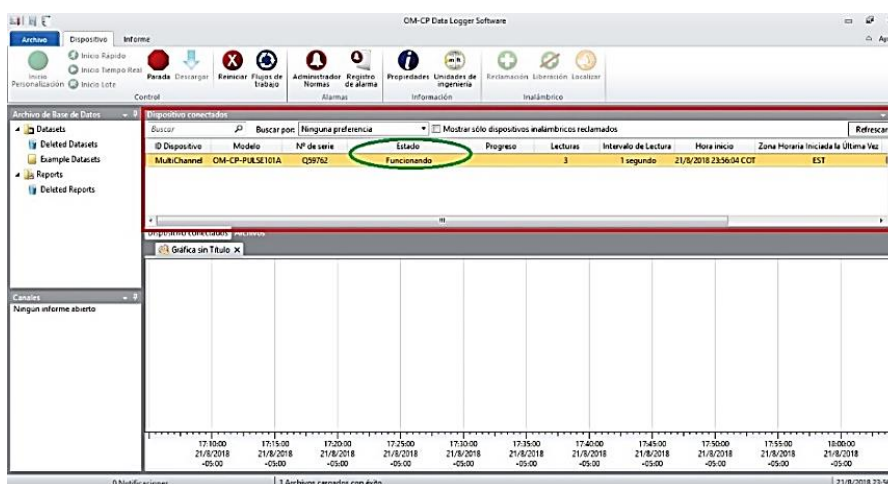
6. Al realizar el paso anterior se enciende un led de color azul en el IFC200 lo que significa que está listo para recibir y emitir al Data Logger la medición deseada y como siguiente paso se ejecuta el programa OM-CP Data Logger Software, como se indica en la Figura 2.16.



**Figura 2.17** Administrar Unidad de Ingeniería

7. Una vez abierto el programa es necesario administrar la unidad de Ingeniería de acuerdo con el Data Logger adquirido, y se lo hace de la siguiente manera, seleccionando Dispositivo (1), como siguiente paso Unidades de Ingeniería (2) y finalmente dando clic en Unidades de Referencia (3) donde se elegirá de acuerdo con el tipo de registrador de datos que se tenga, que dicho procedimiento se indica en la Figura 2.17.
8. Luego se modifica de acuerdo con las especificaciones del equipo los puntos de escala alto y bajo, y la ganancia y Offset se calculan automáticamente y una vez realizado esto se aplica la unidad de Ingeniería mediante el siguiente procedimiento:
  - Dar clic en asistente de Instalación

- Luego dar clic en Próximo
  - Dar clic en “Sí, Aplicar a un dispositivo”
  - Luego seleccionar el equipo que se va a aplicar la unidad de ingeniería y dar clic en “próximo”
  - Seleccionar la unidad de Ingeniería que se va a usar
  - A continuación, confirmar si las configuraciones de ingeniería son correctas o no, si son correctas dar clic en “escribir” y a continuación “Si”
  - Finalmente dar clic en “Cerrar”
9. A continuación, el equipo está listo para realizar las respectivas mediciones de acuerdo con la unidad de referencia seleccionada y se pone en marcha las mediciones de la siguiente manera:
- Dar clic en “Dispositivo”
  - Seleccionar “Inicio Personalizado” luego seleccionar el “intervalo de lectura” y el “Tiempo de Sesión” de acuerdo con las condiciones deseadas y finalmente dar clic en “Inicio”



**Figura 2.18** Data Logger Funcionando

- Esperar 6 segundos y en la parte inferior de barra de “Estado” aparecerá funcionando, lo que quiere decir que está registrando los datos, indicado en la Figura 2.18.
10. En cuanto ya está registrando los datos, en el Data Logger se encenderá un led de color verde cada 10 segundos, lo que significa que está midiendo.

11. Al haber terminado de registrar los datos, desde el programa OM-CP Data Logger Software se detienen las mediciones dando clic en “Parada” y a continuación en “Descargar”.
12. Se descargan los datos en el programa y se observa la gráfica de los datos obtenidos.

**a) Registrador de datos GPS GL 770**

Además, del medidor de flujo y del Data Logger OM-CP-Pulse101A que permite la obtención de datos on board, es necesario de un registrador de datos que permita la obtención de la velocidad a la que va el autobús y así poder determinar los estados de conducción del autobús (ralentí, aceleración, cruce y desaceleración), Además el registrador de datos GL-770 está conformado por un receptor GPS, este dispositivo incluye un sensor de movimiento que genera la máxima duración de la batería, los datos, se pueden obtener con una frecuencia de 1 a 5 Hz, en un rango máximo de 35 horas de funcionamiento, para reforzar la información obtenida se cuenta con un programa que permite la importación de los datos a Excel; además muestra pistas o rutas en el mapa de Google Maps (Ramírez Martínez, 2018, p. 74).



**Figura 2.19** GPS Recorder GL-770

El GPS Recorder GL-770 indicado en la Figura 2.19, graba los datos segundo a segundo y los almacena en su memoria interna de 64Mbit, además que permite grabar hasta 250 000 waypoints de referencia, que cuyos datos serán descargado por medio del programa TSI LogView en un formato (gpx), exportarlos a Excel y permite la grabación de las pistas que estarán a un intervalo de un segundo de muestreo en los mapas de Google Earth que con la ayuda del software GPS Photo Tagger se puede observar el mapeo de la ruta de prueba.



**Tabla 2.6** Especificaciones del dispositivo GPS GL-770

<b>GENERAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Chip GPS	SiRFstarV, Soporte de GPS y GLONASS
Frecuencia	GPS: $1575.42 \pm 1.023\text{MHz}$ , GLONASS: $1602 \pm 5\text{MHz}$
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Exactitud	<3m CEP, sin aid 2.5m DGPS (WAAS, EGNOS, MSAS)
Tiempo de readquisición	<1s
TTFF	35/30/1s para el arranque en frío/normal/caliente respectivamente
Sensibilidad	Adquisición: -14 7 dBm máx. / Seguimiento: -165 dBm máx.
<b>DINÁMICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Altura	<60,000 Ft.
Velocidad	<1,000 nudos.
Aceleración	4g máx.
<b>INTERFAZ</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Velocidad de transmisión	115200 bps (predeterminado)
Protocolos	NMEA 0183 v3.01. Soporta GGA, GSA, GSV, RMC (predeterminado); GLL, VTG (opcional)
<b>PUENTE USB</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Modelo	USB 2.0
Velocidad de datos	12 Mbps
Conector	Tipo A hembra
<b>BLUETOOTH INTELIGENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
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
<b>REGISTRO DE DATOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
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
<b>POTENCIA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Entrada de voltaje	A través del conector USB tipo A, $5\text{ V} \pm 5\%$
Batería	Batería recargable Li-Polymer
Tiempo de operación	35 horas
<b>AMBIENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Temperatura de operación	-10°C a +60°C
Temperatura de almacenamiento	-20°C a +60°C
Cargando	-0°C a +45°C
Humedad relativa	20% - 80% R.H. sin condensación
Impermeable	IPX3 a prueba de agua
<b>FÍSICO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Dimensión	52 x 82 x 19mm

(Ramírez Martínez, 2018, p. 75)

En la Tabla 2.6, se puede observar las características técnicas completas del GPS GL-770 que además de cumplir con lo especificado, cumple con otras especificaciones que serán útiles para otros tipos de pruebas de otras investigaciones.

### 2.7.3 PRUEBAS PILOTO

Las pruebas piloto se las realizó en motores estacionarios, para luego proceder a la realización de las pruebas en ruta.

#### a. Pruebas estáticas

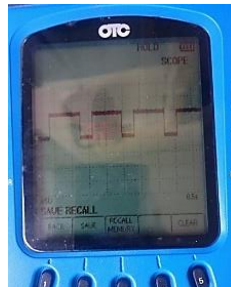
Para la realización de las pruebas piloto se las realizó en un motor Diésel Isuzu del Taller de Motores Diésel de la Universidad Técnica del Norte ubicado en el galpón del colegio UTN. En este tipo de motor se realizaron pruebas en los estados de conducción a ralentí y aceleración (1500 rpm), donde fue necesario la utilización de un osciloscopio para medir la frecuencia de la señal K-line que sale del medidor de flujo y así poder determinar si está enviando los pulsos de consumo el medidor de flujo.



**Figura 2.20** Motor Diésel Isuzu 1.800 c.c

También para las pruebas piloto se disponía tanto del motor Diésel Isuzu de 1.800 c.c de 51 HP indicado en la Figura 2.20, así como también el Hino 205 de 3 839 c.c de una potencia de 143 HP, ambos motores pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Mantenimiento

Automotriz, donde se procedió a hacer las instalaciones del medidor de flujo y el Data Logger para las pruebas de puesta a punto y pruebas piloto del consumo de combustible, y de esta manera continuar con la recolección de datos en los autobuses de la ciudad.



**Figura 2.21** Señal de pulsos del medidor de flujo

Aquí se pudo verificar que la señal del medidor de flujo estaba en perfectas condiciones, así como también observar con un Osciloscopio OTC-3840F los pulsos de la señal de salida del medidor de flujo que se estaban midiendo de una manera adecuada a un intervalo de lectura de 0,5 segundos, como se muestra en la Figura 2.21, donde se indican los pulsos de acuerdo con un tiempo determinado.



**Figura 2.22** Motor Hino 205

Además, se instaló el medidor de flujo en el motor Hino 205 como se indica en la Figura 2.22, ya que posee una potencia adecuada para poder instalar el medidor de flujo y así proceder a realizar las respectivas mediciones de consumo de combustible.

Las mediciones en este motor se las realizaron a ralentí, aceleración (3 500 rpm) y desaceleración esto debido a que es un motor estacionario y no permite completar los cuatro estados de conducción, además para la realización de esta prueba se utilizó dos baterías de 12 voltios, cañerías de (3/8") para hacer las conexiones entre el motor y el medidor de flujo, así como también un multímetro automotriz para medir el voltaje de las baterías.

### b. Pruebas dinámicas

Al haber realizado las respectivas pruebas de calibración en los motores Isuzu e Hino, se hizo las pruebas en un autobús de la Universidad Técnica del Norte marca Chevrolet modelo FTR del año 2003.



**Figura 2.23** Autobús Chevrolet FTR

En el autobús de la Universidad Técnica del Norte indicado en la Figura 2.23, se realizó tres pruebas piloto por las calles del barrio los Olivos, las vías de la Laguna de Yahuarcocha y finalmente la prueba en ruta, como lo es en la ruta Católica-Alpachaca.

### c. Elementos y equipos utilizados en las pruebas piloto

Para las pruebas realizadas se utilizaron los siguientes elementos adicionales, que son importantes para el correcto funcionamiento de los equipos, que se los puede apreciar en la Tabla 2.7 que está a continuación.

**Tabla 2.7** Descripción de los elementos adicionales en las pruebas piloto  
(Continuación...)

ELEMENTOS Y DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p><b>Manguera.</b> La medida de la manguera debe ser de 3/8", ya que es un elemento muy importante para realizar las conexiones con el racor que sale del medidor de flujo.</p>	

**Tabla 2.8** Descripción de los elementos adicionales en las pruebas piloto  
(Continuación...)

ELEMENTOS Y DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p><b>Perno banjo con racores banjos:</b> El perno Banjo debe tener una rosca de conexión de M14x1.5 o M16x1.5 y los racores banjos deben ser acordes al perno banjo, además deben estar con sus rodela para estos pernos banjos. Los pernos Banjos son necesarios para la conexión con las salidas de las cámaras de medición del medidor de flujo.</p>	
<p><b>Osciloscopio Automotriz:</b> Este instrumento de medición es de marca OTC modelo 3840F y se utiliza para observar la señal digital del medidor de flujo.</p>	
<p><b>Amarras plásticas:</b> Este elemento es esencial para asegurar y mantener estático al medidor de flujo.</p>	
<p><b>Abrazaderas:</b> La abrazadera debe ser para manguera de 3/8", estas piezas sirven para asegurar que no haya fugas de combustibles de las conexiones hechas en el medidor de flujo</p>	

## 2.8 PRUEBAS DINÁMICAS PARA DETERMINAR EL CONSUMO INSTANTÁNEO

La flota de autobuses de la ciudad de Ibarra cuenta con varios modelos para ambas cooperativas de autobuses, donde la Chevrolet FTR abarca un 78% en relación con los demás modelos, donde la potencia promedio de estos modelos es de 200 HP, así como también con

una cilindrada de 7 200 c.c., por esta razón se eligió esta marca para realizar las respectivas pruebas de esta investigación.

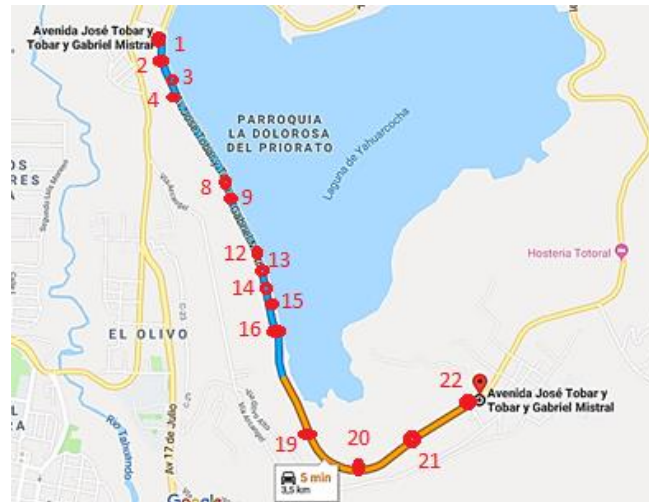
Además, para la elección de este tipo de autobús aparte del modelo se eligió también por la potencia de su motor ya que entra en los rangos de medición del medidor de flujo que está en 143 HP, rango adecuado para la medición del caudal de combustible.

El Data Logger se configuró a diferentes tiempos de medición es decir a cada (15 segundos y 30 segundos) debido a que, la configuración a cada segundo no era idónea para el almacenamiento de los datos, ya que se necesitaba un Data Logger con un menor tiempo de muestreo para la medición, es decir menor a 1 segundos, es por esta razón que se configuró las pruebas al tiempo indicado anteriormente.



**Figura 2.24** Recorrido de la prueba piloto número 1

El levantamiento de datos se realizó en un autobús Chevrolet FTR de la universidad Técnica del Norte, el cual se realizó tres pruebas piloto a diferentes tiempo de muestreo para la obtención y análisis de los datos, una de las pruebas se realizó desde la Universidad hasta la entrada de la Laguna de Yahuarcocha, como se indica en la Figura 2.24 donde el número indica el lugar donde se registró los datos, este recorrido duró un tiempo de siete minutos a una distancia de 3.1 Km, en esta prueba el Data Logger realiza la obtención de datos cada 30 segundos.



**Figura 2.25** Recorrido de la prueba número 2

También en esta segunda prueba de recorrido se la realizó por las calles limítrofes a la Laguna de Yahuarcocha indicadas en la Figura 2.25 donde cada punto indica un diferente estado de conducción del autobús, en esta prueba se recorrió una distancia de 3.5 km de recorrido, en un tiempo de cinco minutos, en esta prueba el Data Logger se configuró para que mida cada 15 segundos.

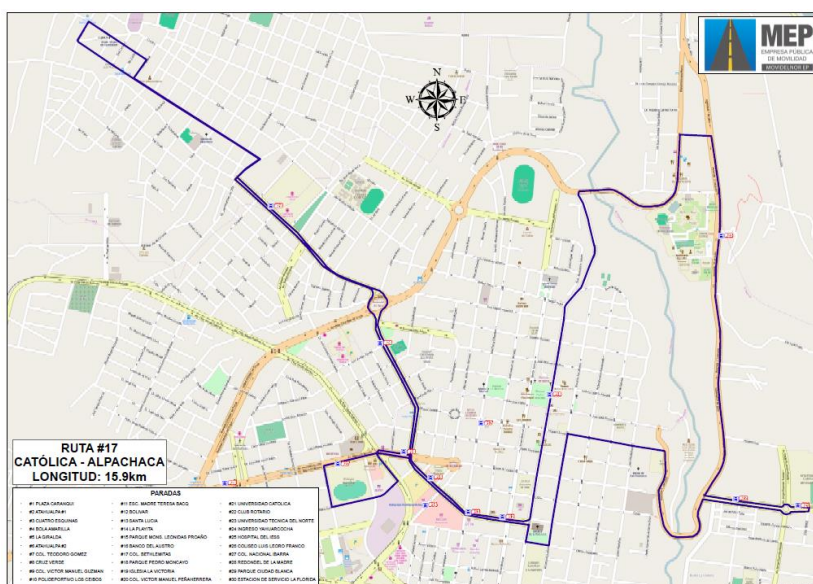


**Figura 2.26** Recorrido de la prueba número 3

Además, en la tercera prueba se hizo un mayor tiempo y distancia de recorrido, exactamente en 9 minutos se recorrió 8.6 km desde la Avenida José Tobar y Tobar y Gabriel Mistral hasta Doctor Cristóbal Tobar Subía 580, indicado en la Figura 2.26 que de igual manera los puntos

indican los estados de conducción, además para esta prueba el tiempo de obtención de datos se configuró para que mida cada 30 segundos.

Para la selección de la ruta se enfocó de manera directa de acuerdo con las líneas que mayor cantidad de personas utilizan a la hora de desplazarse por la ciudad, es por eso por lo que en este apartado se opta por la elección de una de las 8 líneas mayormente frecuentadas por las personas, como lo es la ruta católica -Alpachaca indicada en la siguiente figura, donde se puede observar el recorrido diario que realiza cada una de las unidades de esta operadora.



**Figura 2.27** Ruta Católica-Alpachaca

En la Figura 2.27, está representada la ruta católica – Alpachaca en donde se especifica las paradas principales de esta ruta, y el recorrido por la ciudad de Ibarra que está representada por una línea de color azul, esta ruta tiene un recorrido por vuelta de 15,9 km. Además, esta ruta es una de las más usadas debido a que pasa por la zona centro de la ciudad de Ibarra y los lugares más concurridos por las personas. Para esta ruta, el tiempo de muestreo es cada 15 segundos, tiempo adecuado para el registro de los pulsos de consumo.

## 2.9 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Al haber realizado el protocolo de instalación, se procede al encendido del GPS Recorder GL-770 que por medio de este GPS permitirá el almacenamiento de los datos registrados a



la velocidad que está circulando el autobús, dato importante que permitirá conocer los estados de conducción del autobús.

### 2.9.1 CONSUMOS INSTANTÁNEOS

La manera de identificar los estados de marcha del autobús es identificando la velocidad y la aceleración a la que han estado circulando los autobuses, ya sea a ralentí, aceleración, desaceleración y crucero. También, aquí se especifica las velocidades y aceleraciones de los estados de marcha del autobús.

En los ANEXOS V, VI, VII Y VIII, se muestran los valores referentes a los estados de marcha del autobús que se extraen de la aplicación, los cuales cuentan con las unidades requeridas para los cálculos a seguir; luego de eso es donde se obtiene la aceleración mediante la fórmula de MRUV (Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado), la cual indica que la variación entre velocidades, es decir, se resta la velocidad inicial de la final y el resultado se divide para la diferencia entre el tiempo final y el tiempo inicial de dichas velocidades, que a continuación se puede ver en la ecuación [2.3]:

$$a = \frac{V_f - V_o}{T_f - T_o} \quad [2.3]$$

Donde:

- $a$ : Aceleración [m/s<sup>2</sup>]
- $V_o$ : Velocidad inicial [m/s]
- $V_f$ : Velocidad final [m/s]
- $T_o$ : Tiempo inicial [s]
- $T_f$ : Tiempo final [s]

A continuación, se presentan las condiciones para los diferentes estados de marcha de los autobuses, que de acuerdo con los datos de (Tong, Hung, & Cheung, 2011), se presentan en

la siguiente tabla donde se especifica la velocidad y aceleración de acuerdo con cada estado de marcha como se indica en la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9** Condiciones para los estados de conducción

	<b>Velocidad</b>	<b>Aceleración</b>
Ralentí	$v \leq 2 \text{ km/h}$	$a = 0 \text{ m/s}^2$
Crucero	$v > 2 \text{ km/h}$	$-0.1 \text{ m/s}^2 < a < 0.1 \text{ m/s}^2$
Aceleración	$v > 2 \text{ km/h}$	$a \geq 0.1 \text{ m/s}^2$
Desaceleración	$v > 2 \text{ km/h}$	$a \leq -0.1 \text{ m/s}^2$

(Tong, Hung, & Cheung, 2011, p. 547)

Con los datos obtenidos el siguiente paso es establecer las fórmulas para la obtención de los estados de marcha de los autobuses y obtener los consumos instantáneos, para lo cual se hace uso del programa de Excel 2016 y a continuación, se detallan los estados de marcha para cada etapa de los estados de conducción:

#### a) Ralentí

Se considera cuando el resultado que brinda la ecuación cumpla las condiciones entonces si el valor de la velocidad (km/h) es menor o igual a dos (km/h), la aceleración (m/s<sup>2</sup>) sea igual a cero; el estado se denomina ralentí.

$$=SI(C3 \leq 2; SI(E3 = 0; 1; 0); 0)$$

**Figura 2.28** Condición en Excel para el estado de ralentí  
(Ochoa Bolaños & Salazar Gudiño, 2018, p. 51)

La fórmula expuesta en la Figura 2.28 es necesaria para la determinación del estado de ralentí de los datos obtenidos con los equipos on board.

#### b) Crucero

Para este estado se toma en consideración la variante de  $\pm 0,1 \text{ (m/s}^2\text{)}$  para la aceleración, con el cual se considera si es un valor constante o no, para lo cual se toma en cuenta tres condiciones, la primera establece que el valor de la aceleración sea mayor de  $0,1 \text{ (m/s}^2\text{)}$

además la segunda consideración es que el valor de la aceleración sea menor a 0,1(m/s<sup>2</sup>) y la tercera condición establece que: la columna de velocidad(km/h) es mayor o menor a cero, es decir que la velocidad debe ser igual a cero entonces es aquí donde el resultado es considerado como crucero.

$$=SI(Y(SI(E3>0,1;1;0);SI(E3<0,1;1;0);SI(C3<>0;1;0))=VERDADERO;1;0)$$

**Figura 2.29** Condición en Excel para el estado de crucero  
(Ochoa Bolaños & Salazar Gudiño, 2018, p. 51)

La fórmula de la Figura 2.29 es la idónea para encontrar el estado de conducción de crucero de los datos obtenidos con los equipos de medición.

### c) Aceleración

Ha dos condiciones que hay que cumplir para este estado donde el valor de la columna de la aceleración debe ser mayor o igual a 0,1(m/s<sup>2</sup>) y el valor de la columna de ralenti debe ser igual a cero (no debe existir velocidad alguna) entonces es considerado el resultado como aceleración.

$$=SI(H3=0;SI(E3>=0,1;1;0);0)$$

**Figura 2.30** Condición en Excel para el estado de aceleración  
(Ochoa Bolaños & Salazar Gudiño, 2018, p. 52)

Para encontrar el estado de aceleración con los datos obtenidos de los equipos portátiles de medición es necesario utilizar la fórmula representada en la Figura 2.30.

### d) DESACELERACIÓN

Se debe tomar en cuenta dos consideraciones para cumplir este estado y es que el valor de la columna de ralenti sea igual a cero (no debe existir velocidad alguna) así como también el valor de la columna de la aceleración debe ser menor o igual a -0,1(m/s<sup>2</sup>); el resultado se considera como una desaceleración.

$$=SI(H3<=2;SI(E3=0;1;0);0)$$

**Figura 2.31** Condición en Excel para el estado de desaceleración  
(Ochoa Bolaños & Salazar Gudiño, 2018, p. 52)

Para poder ver los resultados de desaceleración de los datos del equipo on board es necesario la utilización de la fórmula de la Figura 2.31.

De esta manera se puede identificar de una manera más clara los estados de conducción en los datos obtenidos por los equipos de medición, que al aplicar correctamente las fórmulas se podrá obtener los estados de conducción adecuados.

## 2.9.2 CONSUMOS PROMEDIOS DE LA FLOTA DE AUTOBUSES

Para encontrar los consumos promedios de las rutas, operadoras y además los rendimientos de las cooperativas de autobuses de la ciudad de Ibarra, es necesario la utilización de unas fórmulas, que se especificarán a continuación:

### a) Consumo Promedio

Para realizar el cálculo del consumo promedio por ruta, es necesario aplicar la ecuación [2.4] que se encuentra en función de los galones consumidos (gal) en cada ruta en un determinado tiempo (h) que realiza en cada vuelta multiplicada por las vueltas promedio.

$$C.p_{RUTA} = \frac{gal_{CON.PROM}}{tiempo_{VUELTA} * núm_{VUELTAS DIARIAS}} \quad [2.4]$$

Donde:

$C.p_{RUTA}$ :	Consumo Promedio por ruta (gal/h)
$gal_{CON.PROM}$ :	Galones consumidos (gal)
$tiempo_{VUELTA}$ :	Tiempo por vuelta (h)
$núm_{VUELTAS PROM DIARIAS}$ :	Número de vueltas promedio al día

De igual manera, para el cálculo del consumo promedio por modelo, es necesario aplicar la ecuación [2.5], que está en función de los galones consumidos (gal) por modelo con respecto al tiempo (h) por vuelta multiplicado por el número de vueltas promedio.

$$C.p_{MODELO} = \frac{gal_{CON.PROM}}{tiempo_{vuelta} * núm_{VUELTAS DIARIAS}} \quad [2.5]$$

Donde:

$C.p_{MODELO}$ :	Consumo Promedio por modelo (gal/h)
$gal_{CON.PROM}$ :	Galones consumidos (gal)
$tiempo_{VUELTA}$ :	Tiempo (h)
$núm_{VUELTAS PROM DIARIAS}$ :	Número de vueltas promedio al día

### b) Rendimiento promedio

Para esta parte, el cálculo del rendimiento estará en las unidades de Kilómetros y galones, por lo que hay que aplicar la ecuación [2.6] para obtener el dato de rendimiento promedio por cada ruta.

$$R.p_{RUTA} = \frac{km_{RECORRIDOS POR VUELTA} * núm_{VUELTAS PROM}}{gal_{CONSUMIDOS PROMEDIOS DIARIOS}} \quad [2.6]$$

Donde:

$R.p_{RUTA}$ :	Rendimiento Promedio por ruta (km/gal)
$km_{RECORRIDOS POR VUELTA}$ :	Kilómetros recorridos por vuelta (km)
$núm_{VUELTAS PROM}$ :	Número de vueltas promedio
$gal_{CONS.PROM.DIARIOS}$ :	Galones consumidos (gal)

Asimismo, para encontrar el dato de rendimiento promedio por modelo, se aplica la ecuación [2.7] que está en relación de los Kilómetros (km) en función de los galones (gal) consumidos.

$$R.p_{MODELO} = \frac{Km_{RECORRIDOS POR VUELTA} * núm_{VUELTAS PROM}}{gal_{CONSUMIDOS PROMEDIO DIARIO}} \quad [2.7]$$

Donde:

$R.p_{MODELO}$ :	Rendimiento Promedio por modelo (km/gal)
$km_{RECORRIDOS POR VUELTA}$ :	Kilómetros recorridos (km)
$núm_{VUELTAS PROM}$ :	Número de vueltas promedio
$gal_{CONS.PROM.DIARIO}$ :	Galones consumidos (gal)

## CAPÍTULO III

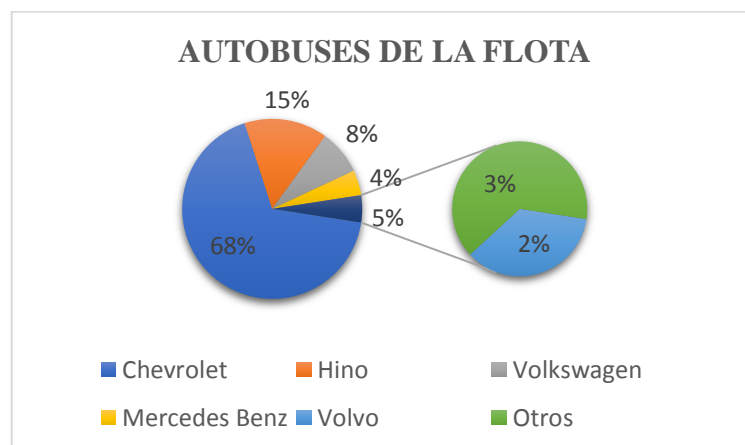
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AUTOBUSES DE LA CIUDAD DE IBARRA

Para este primer apartado, se realiza una caracterización de la flota vehicular de las cooperativas de autobuses de la ciudad de Ibarra, por lo que es necesario tomar en cuenta varios aspectos de los autobuses para realizar su análisis como: marca, modelo y año de fabricación.

Por lo que para esto hay que identificar las marcas de autobuses que circulan por la ciudad de Ibarra, con sus pertinentes modelos en base a su año de fabricación.

Al presente existen en circulación 287 autobuses, 160 corresponden a la Cooperativa “28 de septiembre” y 127 a la Cooperativa “San Miguel de Ibarra”, todos estos datos fueron facilitados por la Empresa Pública de Movilidad MOVIDELNOR EP.

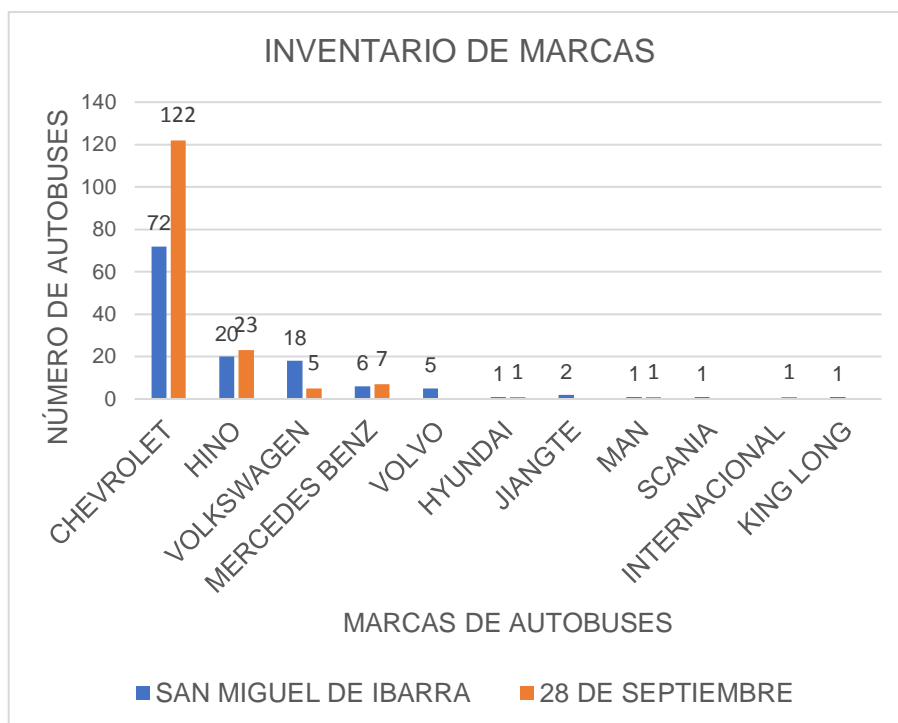


**Figura 3.1** Número de autobuses de las operadoras

De las once marcas de autobuses que están en circulación por la ciudad, son tres las marcas que mayores unidades de autobuses disponen (Chevrolet, Hino y Volkswagen) como se indica en la Figura 3.1. Siendo la marca Chevrolet la que tiene el mayor número de unidades con respecto a las demás marcas abarcando un 68%, un 15% la marca Hino, un 8% la marca Volkswagen y un total de 9% de las otras marcas (Mercedes Benz, Volvo, Hyundai, Jiangte, Man, Scania, International y King Long).

### 3.1.1 POR MARCA

Tanto la operadora “28 de septiembre” como la “San Miguel de Ibarra” tienen el mayor número de unidades para la marca Chevrolet, lo que hace que prevalezca con respecto a las demás marcas.



**Figura 3.2** Número de unidades por marca

Como se muestra en la Figura 3.2 donde se especifica el número de autobuses por marca de las dos operadoras existentes en la ciudad de Ibarra, señalando que aparte de la marca Chevrolet, la marca Hino y Volkswagen son las que también sobresalen en relación con las ocho marcas restantes.

### 3.1.2 POR MODELO

Como bien se conoce la flota de autobuses dispone de 287 unidades en circulación, por lo que de los 22 modelos de autobuses que disponen entre las dos operadoras el modelo FTR 32M es el que sobresale con respecto a los demás abarcando un 50,5 %, es decir más de la



mitad de los modelos son Chevrolet FTR 32M, como se indica en la Tabla 3.1, que especifica tanto el modelo Chevrolet, como las demás marcas existentes.

**Tabla 3.1** Número de modelos por marca de la flota de autobuses

MARCA	# UNIDADES POR MARCA	MODELO	# DE UNIDADES POR MODELO
Chevrolet	194	FTR 32M	146
		CHR 7.2	47
		FSR 32L	1
Hino	43	FD2HPSZ	9
		FF1JP6Z	2
		FF1JPSZ	1
		FF1JPTZ	6
		FF2HMSA	1
		FG1JPUZ	2
		GD1JLTZ	3
		GD1JPTZ	5
RK1JSTL	14		
Volkswagen	23	17210	23
Mercedes Benz	13	OF1721	11
		OF1722	2
Volvo	5	SVELTO	5
Hyundai	2	SUPER	2
Man	2	14285LC	2
Jiangte	2	JDF5120GSSK	2
Internacional	1	3000FE	1
Scania	1	F94HB	1
King-Long	1	CF 18-30	1

Una vez conocido el número de marcas de los autobuses, es necesario conocer la variedad de modelos que hay en las operadoras de Autobuses de la ciudad de Ibarra, lo cual permitirá saber cuántos y cuáles son los modelos que hay en las marcas más cuantiosas de las cooperativas de autobuses de la ciudad de Ibarra como se indica en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Número de modelos por operadora (Continuación...)

MARCA	MODELO	OPERADORA "28 DE SEPTIEMBRE"		OPERADORA "SAN MIGUEL DE IBARRA"	
		# DE UNIDADES POR MARCA	# UNIDADES POR MODELO	# DE UNIDADES POR MARCA	# DE UNIDADES POR MODELO
Chevrolet	CHR 7.2	122	25	72	22
	FSR		1		

**Tabla 3.2** Número de modelos por operadora (Continuación...)

MARCA	MODELO	OPERADORA "28 DE SEPTIEMBRE"		OPERADORA "SAN MIGUEL DE IBARRA"	
		# DE UNIDADES POR MARCA	# UNIDADES POR MODELO	# DE UNIDADES POR MARCA	# DE UNIDADES POR MODELO
Chevrolet	FTR 32M		96		50
Hino	FD2HPSZ	23	8	20	1
	FF1JP6Z		2		
	FF1JPSZ		1		1
Hino	FF1JPTZ	23	1	20	5
	FF2HMSA				
	FG1JPUZ		2		
	GD1JLTZ		3		
	GD1JPTZ		5		
	RK1JSTL		1		13
Volkswagen	17210	5	5	18	18
Mercedes Benz	OF1721	7	5	6	6
	OF1722		2		
Volvo	SVELTO			5	5
Hyundai	SUPER	1	1	1	1
Man	14285LC	1	1	1	1
Jiangte	JDF5120GSSK			2	2
Internacional	3000FE	1	1	0	
Scania	F94HB			1	1
King-Long	CF 18-30			1	1

En la Tabla 3.2 se especifica los modelos existentes en ambas operadoras con sus diferentes marcas, que para la realización del análisis se escogió las tres marcas más numerosas de las operadoras debido a que son las marcas con mayor número de autobuses en la ciudad.

Como se puede ver hay doce modelos de las tres marcas más numerosas de la operadora “28 de septiembre”, por lo tanto, el modelo FTR 32M de la marca Chevrolet, tiene 96 unidades en circulación en la ciudad de Ibarra abarcando un 78,6 %, así mismo, el modelo FD2HPSZ disponen de 8 unidades abarcando el 34,783 % para la marca Hino y el Volkswagen dispone de un solo modelo el 17210 teniendo 5 unidades.

Asimismo, son ocho los modelos de autobuses de la operadora “San Miguel de Ibarra”, siendo el modelo con mayor número de unidades el FTR 32M que representa aproximadamente un 69% de la marca Chevrolet, además el modelo RK1JSTL representa

un 65% en relación con los otros dos modelos y el modelo 17210 representando el 94% de la marca Volkswagen.

### 3.1.3 POR VALOR DE CONSUMO

En este apartado se realizará un análisis de lo que son los consumos de combustible con base a la información de las fichas técnicas de los autobuses de las operadoras existentes en la ciudad de Ibarra.

**Tabla 3.3 Rendimientos Referenciales**

MARCA	MODELO	RENDIMIENTO (km/gal)
Chevrolet	FTR	7,87
Chevrolet	CHR	7,72
Mercedes Benz	OF 1721	8,58
Volkswagen	17210	7,71

(Armijos Vallejo, 2016, pp. 70,71)

Como se puede identificar en la Tabla 3.3 hay 4 modelos en donde se puede apreciar los rendimientos referenciales de cada uno de ellos, dato muy importante para realizar una comparación con los autobuses de la ciudad de Ibarra.

### 3.2 RUTAS DE LOS AUTOBUSES DE LA CIUDAD DE IBARRA

Ibarra, como todas las ciudades de Ecuador a menudo hacen uso del transporte público para movilizarse en la ciudad. Es por esta razón que es de vital importancia caracterizar a las rutas de autobuses urbanos de la ciudad.

En la actualidad, hay dos operadoras que están al servicio de la ciudadanía, además se conoce que hay 22 rutas de autobuses que recorren la ciudad de Ibarra y sus zonas aledañas, estas rutas están distribuidas con un cierto número para cada operadora, como se muestra en la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4** Número de rutas por cooperativa

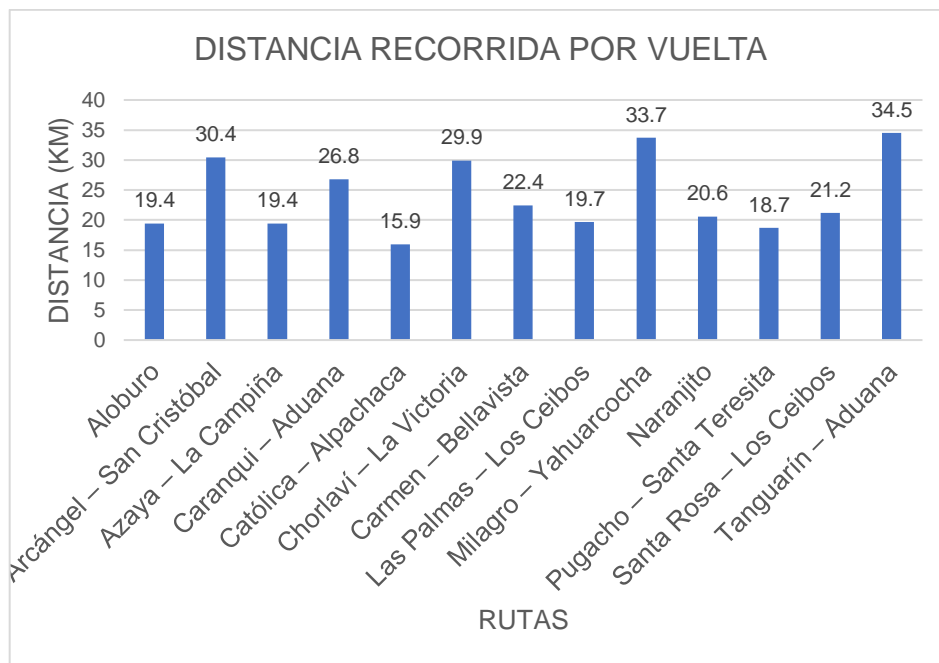
COOPERATIVA	CANTIDAD DE RUTAS
28 de septiembre	13
San Miguel de Ibarra	9
<b>Total</b>	<b>22</b>

En la Tabla 3.5 se indican las características más importantes del inventario de rutas como son las distancias (km) que tiene cada ruta al realizar una vuelta, así como también el tiempo (min) que se requiere para realizar una vuelta.

**Tabla 3.5** Inventario de rutas de autobuses de Ibarra

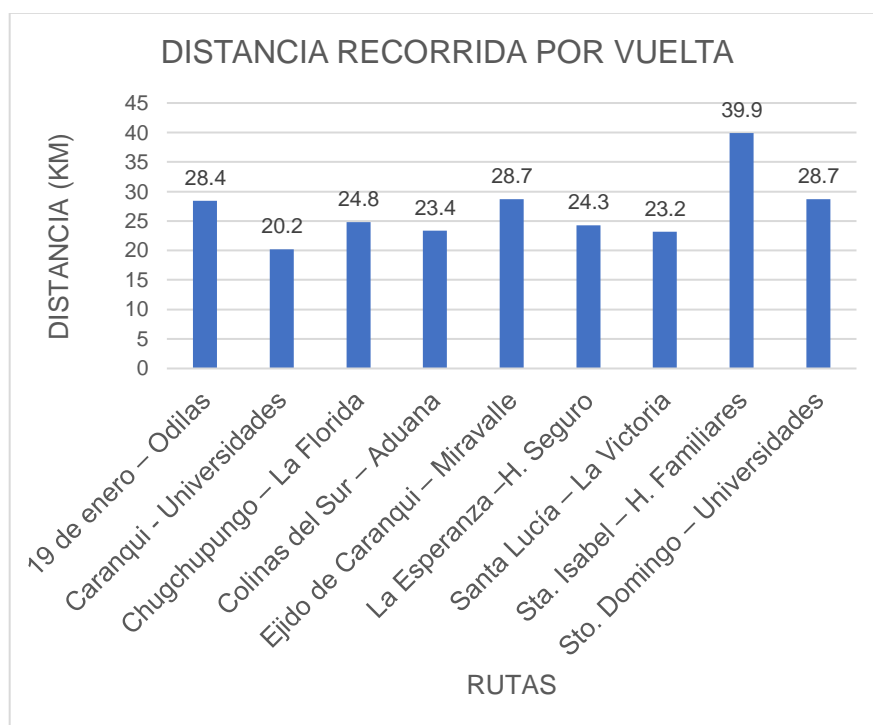
N.º	Línea	Operadora	Distancia (km)	Tiempo (min)	Ciclos aproximados en 12 horas	Consumo promedio de combustible (gal/día)
1	19 de enero-Odilas	S. Miguel	28,4	130	4,925	17,936
2	Caranqui-Universidades	S. Miguel	20,2	80	2,942	10,455
3	Chugchupungo-La Florida	S. Miguel	24,8	170	5,242	17,133
4	Colinas del Sur-Aduana	S. Miguel	23,4	95	4,108	13,284
5	Ejido de Caranqui-Miravalle	S. Miguel	28,7	70	5,479	18,796
6	La Esperanza-H. Seguro	S. Miguel	24,3	100	5,483	19,431
7	Sta. Isabel-H. Familiares	S. Miguel	39,9	131	4,654	18,394
8	Santa Lucía-La Victoria	S. Miguel	23,2	80	6,088	18,394
9	Sto. Domingo-Universidades	S. Miguel	28,7	162	5,196	19,254
10	Aloburo	28 sept.	19,4	85	2,655	6,893
11	Arcángel-San Cristóbal	28 sept.	30,4	120	4,411	17,874
12	Azaya-La Campiña	28 sept.	19,4	96	5,988	17,151
13	Caranqui-Aduana	28 sept.	26,8	104	5,613	18,012
14	Carmen-Bellavista	28 sept.	22,4	80	5,476	16,876
15	Católica-Alpachaca	28 sept.	15,9	78	5,679	16,279
16	Chorlaví-La Victoria	28 sept.	29,9	110	4,452	18,437
17	Milagro-Yahuarcocha	28 sept.	33,7	113	5,179	19,78
18	Naranjito	28 sept.	20,6	90	5,381	20,147
19	Palmas-Ceibos	28 sept.	19,7	84	6,143	17,289
20	Pugacho-Santa Teresita	28 sept.	18,7	100	5,69	16,244
21	Santa Rosa-Los Ceibos	28 sept.	21,2	105	5,161	17,828
22	Tanguarín-Aduana	28 sept.	34,5	138	4,289	19,034

Además, está especificado el número de ciclos diarios, así como también, está el consumo promedio de galones al día.



**Figura 3.3** Kilómetros recorridos por rutas de la operadora “28 de septiembre”

La operadora “28 de septiembre” abarca 13 de las 22 rutas que están legalmente distribuidas para lo cual se puede apreciar en la Figura 3.3 que la ruta Tanguarín-Aduana es la ruta que tiene mayor distancia de recorrido (34,5 km) en comparación con la ruta Católica-Alpachaca que recorre 15,9 km por vuelta siendo la que menor distancia de recorrido por vuelta posee.



**Figura 3.4** Kilómetros recorridos por ruta de la operadora “San Miguel de Ibarra”

Además, en la Figura 3.4 se puede observar los kilómetros recorridos por vuelta de cada ruta existente, y se puede identificar que la ruta Santa Isabel–Huertos Familiares es la ruta que mayor distancia de recorrido tiene, siendo de 39,9 (km) y así mismo la ruta Caranqui–Aduana es la ruta que menor distancia de recorrido por vuelta posee, específicamente de 20,2 (km).

### 3.3 CONSUMOS PROMEDIO

Para conocer el consumo promedio de la flota de autobuses de la ciudad de Ibarra fue necesario la aplicación de una encuesta que se procedió a aplicar a la flota conformada por dos operadoras, con los datos obtenidos se puede apreciar de una forma más clara los modelos de autobuses de acuerdo con la marca, así como también a la operadora.

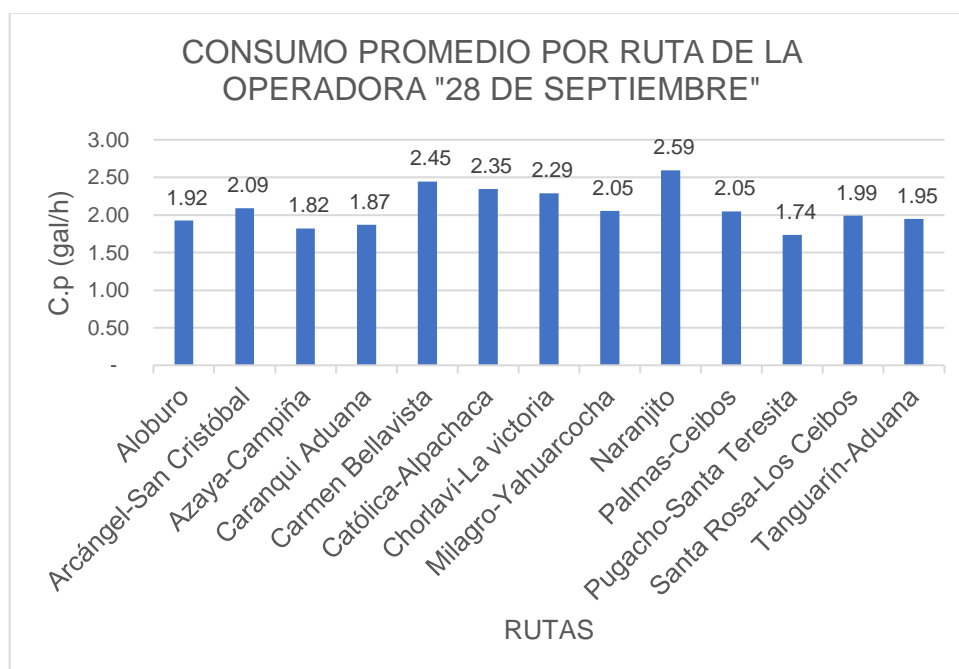
De acuerdo con la encuesta realizada a los conductores de las operadoras se puede identificar que el modelo Isuzu FTR 32M de la marca Chevrolet abarca el mayor número de encuestas, esto se da debido a que es el modelo con mayor número de unidades de autobuses (145 unidades) entre las dos operadoras abarcando un 50,5% en comparación con los otros modelos, como se indica en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6** Número de conductores encuestados de acuerdo con el modelo

OPERADORA		28 DE SEPTIEMBRE	SAN MIGUEL DE IBARRA
Marca	Modelo	# de conductores encuestados	# de conductores encuestados
Chevrolet	Isuzu FTR 32M	44	38
	CHR 7.2	5	5
Hino	RK1JSTL		2
	FG1JPUZ		1
	FD2HPSZ	3	1
	FF1JPSZ	3	1
Hyundai	SUPER	3	1
Mercedes Benz	OF1721		1
Volvo	SVELTO		1
Volkswagen	17210		2
<b>TOTAL</b>		<b>58</b>	<b>53</b>

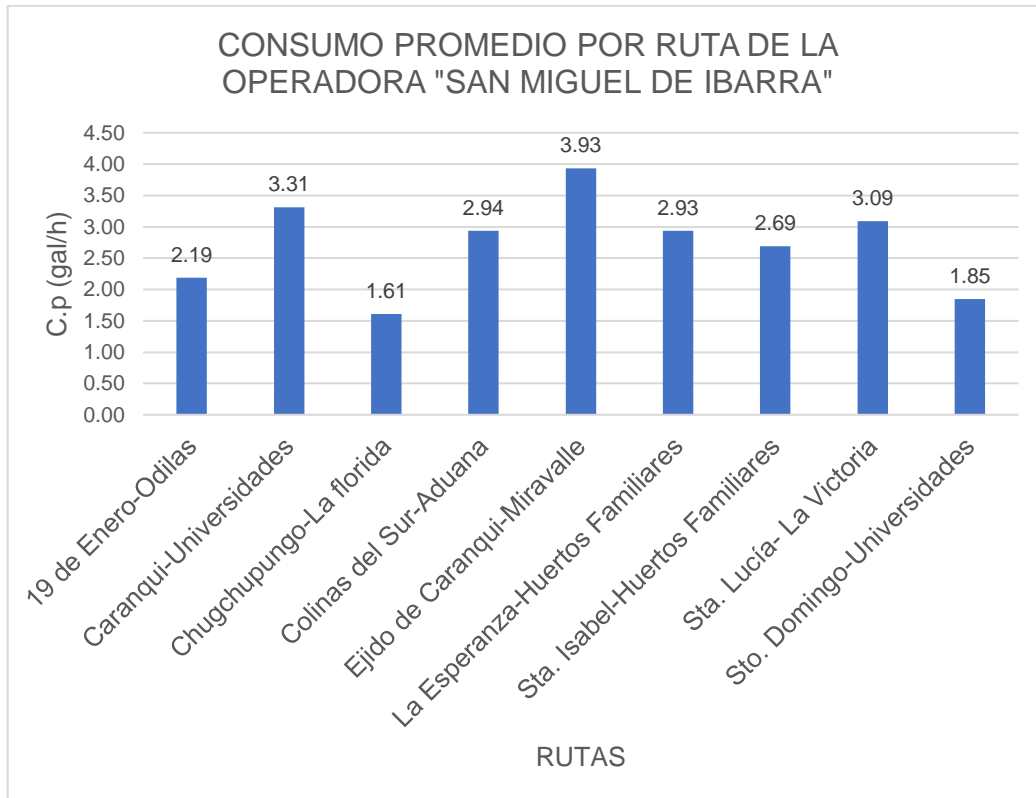
### 3.3.1 CONSUMO PROMEDIO POR RUTA

A continuación, se presenta el consumo promedio de cada una de las rutas con respecto a cada operadora, en donde se puede identificar las rutas que tienen un mayor consumo de combustible asimismo como de las que consumen menos, y así ponderar a cada una de ellas. En la flota de Autobuses de la ciudad de Ibarra, se sabe que la operadora “28 de septiembre” cuenta con 13 rutas como se indica en la Figura 3.5, de las cuales se analizará el consumo promedio de las que presentan mayor y menor consumo promedio de combustible para la operadora, ahora bien, se puede identificar que 5 rutas presentan un mayor consumo de combustible, como lo son Naranjito presenta un 2,59 (gal/h), Carmen – Bellavista con un 2,45 (gal/h), también la ruta Católica-Alpachaca con 2,35 (gal/h), la ruta Chorlaví-La Victoria 2,29 (gal/h) y Arcángel-San Cristóbal con un 2,09 (gal/h). Además, la ruta que tiene un menor consumo promedio de combustible es la ruta Pugacho – Santa Teresita con 1,74 y la ruta Azaya-La Campiña con 1,82 (gal/h) en comparación con las 11 rutas restantes.



**Figura 3.5** Consumo promedio por ruta de la operadora “28 de septiembre”

El análisis del consumo promedio de combustible de la flota es relevante, para poder identificar el mayor consumo durante el intervalo de una hora, como se puede ver los datos representados a continuación.



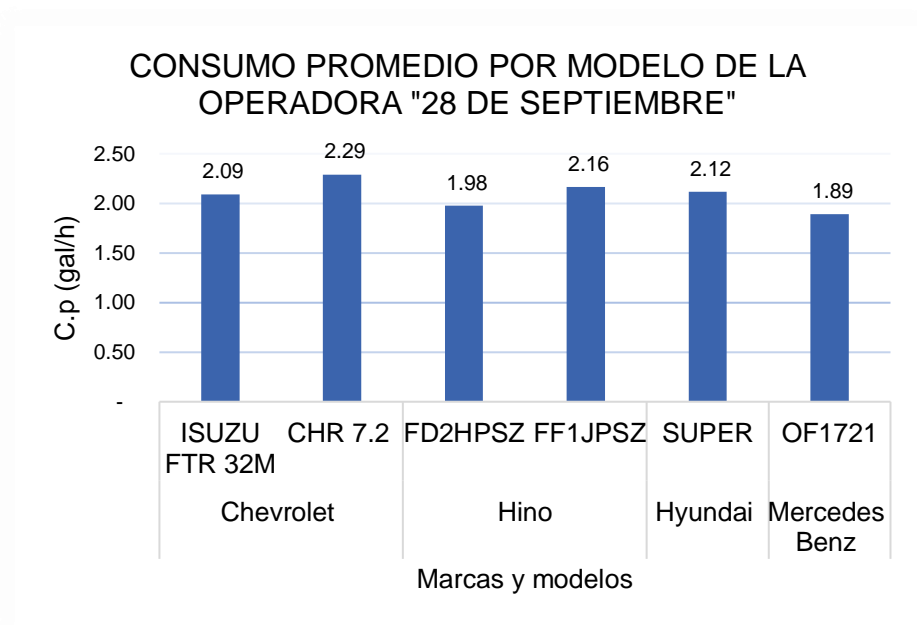
**Figura 3.6** Consumo promedio por ruta de la operadora “San Miguel de Ibarra”

Los datos que se puede ver en la siguiente Figura 3.6 son los consumos promedio de cada ruta existente en la operadora “San Miguel de Ibarra” donde hay tres rutas que presentan un mayor consumo de combustible con respecto a las seis restantes, estas rutas son Ejido de Caranqui – Miravalle con un 3,93 (gal/h), seguida de la ruta Caranqui - Universidades con un 3,31 (gal/h) y la ruta la Santa Lucía – La Victoria con un 3,09 (gal/h). En lo que respecta a las que presentan un menor consumo promedio de combustible hay que referirse a la Ruta Chugchupungo – La Florida con 1,61 (gal/h).

### 3.3.2 CONSUMO PROMEDIO POR MODELO

De igual manera, se presenta el consumo promedio por modelo de cada marca encuestada, en donde se puede identificar el modelo que presenta un mayor consumo de combustible, de los que consumen menos, para así poder determinar cuál es el modelo que conviene tener a las operadoras.





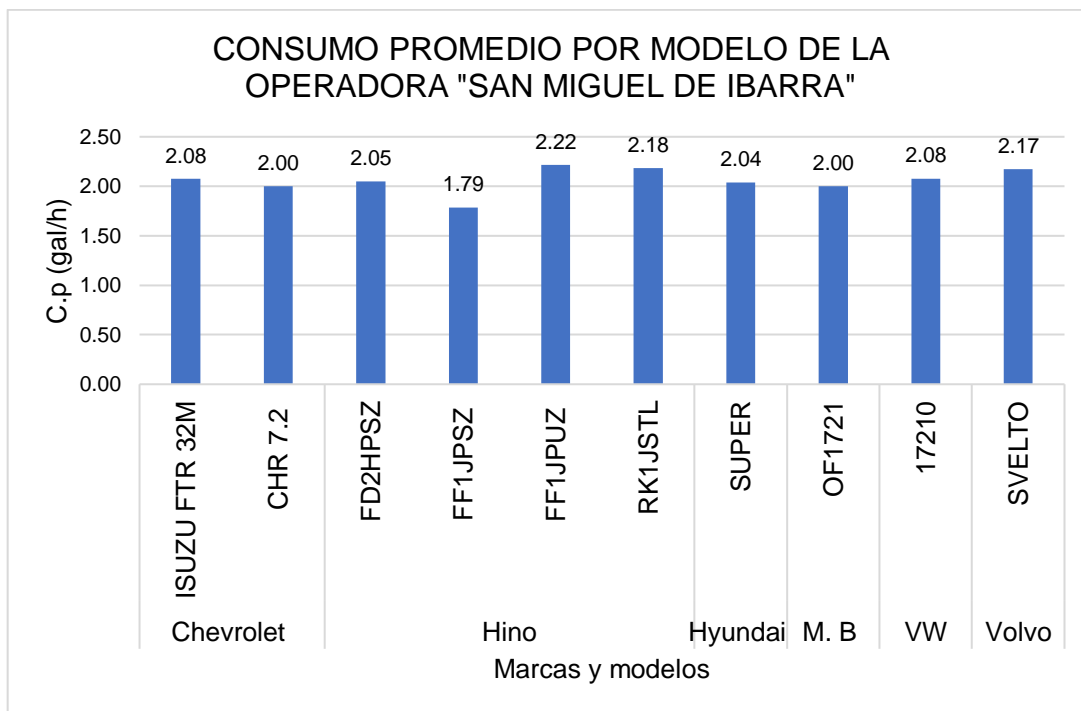
**Figura 3.7** Consumo promedio por modelo de la cooperativa “28 de septiembre”

En la Figura 3.7 están especificados 4 marcas encuestadas especificando el modelo pertinente a cada una de ellas, en este caso está la operadora “28 de septiembre”, donde en cada uno de los modelos está especificado el consumo promedio de cada modelo, que de esta manera se irá haciendo el análisis respectivo de acuerdo con cada modelo.

En lo que respecta al consumo promedio de combustible de acuerdo con cada uno de los modelos encuestados en la operadora “28 de septiembre”, el modelo ISUZU FTR 32M consume menos combustible en relación al modelo CHR 7.2, específicamente 0,2 (gal/h) lo que lo hace más adecuado en esta marca proporcionando menos consumo. En cambio, el FD2HPSZ consume menos combustible comparándolo con el FF1JPSZ, ambos de la marca Hino, consumiendo el FF1JPSZ 0,18 (gal/h) más que el modelo FD2HPSZ.

Los modelos de la marca Chevrolet de la operadora “San Miguel de Ibarra” son dos, de los cuales el modelo ISUZU FTR 32M solo consume 0,08 (gal/h) más que el modelo CHR 7.2. En cambio, en los modelos de la marca Hino sucede lo contrario, el Hino FF1JPSZ consume 0,43 (gal/h) menos que el FF1JPUZ, donde se está hablando que consume 1,62 galones de combustible Diésel en una hora.

En lo que respecta a los cuatro modelos restantes de las marcas Hyundai, Mercedes Benz, Volkswagen y Volvo, son modelos únicos que no permite realizar un análisis comparativo de consumo de combustible.



**Figura 3.8** Consumo promedio por modelo de la operadora “San Miguel de Ibarra”

Como se puede observar en la Figura 3.8 están 6 marcas encuestadas especificando los 10 modelos pertinentes a cada una de ellas, estos datos son de la operadora “San Miguel de Ibarra”, donde en cada uno de los modelos está representado el consumo promedio de cada modelo.

En la Tabla 3.7 se puede apreciar los consumos promedio de cada una de las marcas encuestadas de acuerdo a cada una de las operadoras de la flota de autobuses de la ciudad de Ibarra, donde de manera concisa se puede identificar que la marca Mercedes Benz es la que tiene un menos consumo de combustible para ambas operadoras, dando a conocer que esta marca puede ser la solución al exceso de consumo de combustible que hay en los autobuses, provocando un exceso de emisiones de gases contaminantes que conllevan a enfermedades respiratorias para las personas.

**Tabla 3.7** Consumo promedio por marca

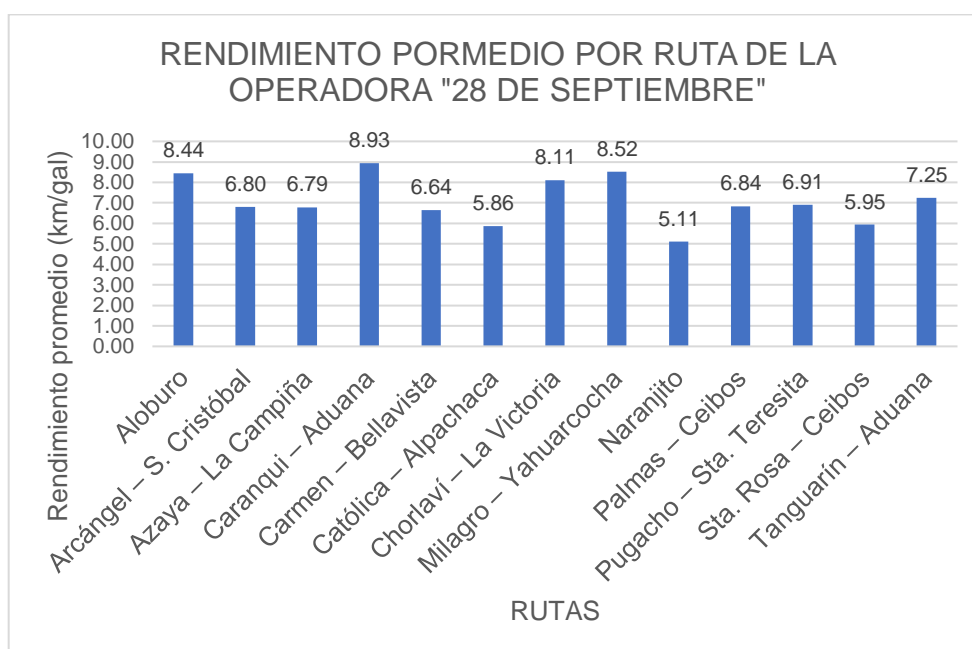
	28 de septiembre (gal/h)	San Miguel de Ibarra (gal/h)
Chevrolet	2,191	2,040
Hino	2,071	2,059
Hyundai	2,117	2,038
Mercedes Benz	1,890	2,003

### 3.4 RENDIMIENTO

En lo que respecta a rendimiento, es de suma importancia conocer el rendimiento que tiene la flota de autobuses, para identificar las rutas y modelos que tienen un mejor rendimiento, que de esta manera se puede conocer como es el consumo de combustible de acuerdo con los kilómetros recorridos por parte de los autobuses de la flota.

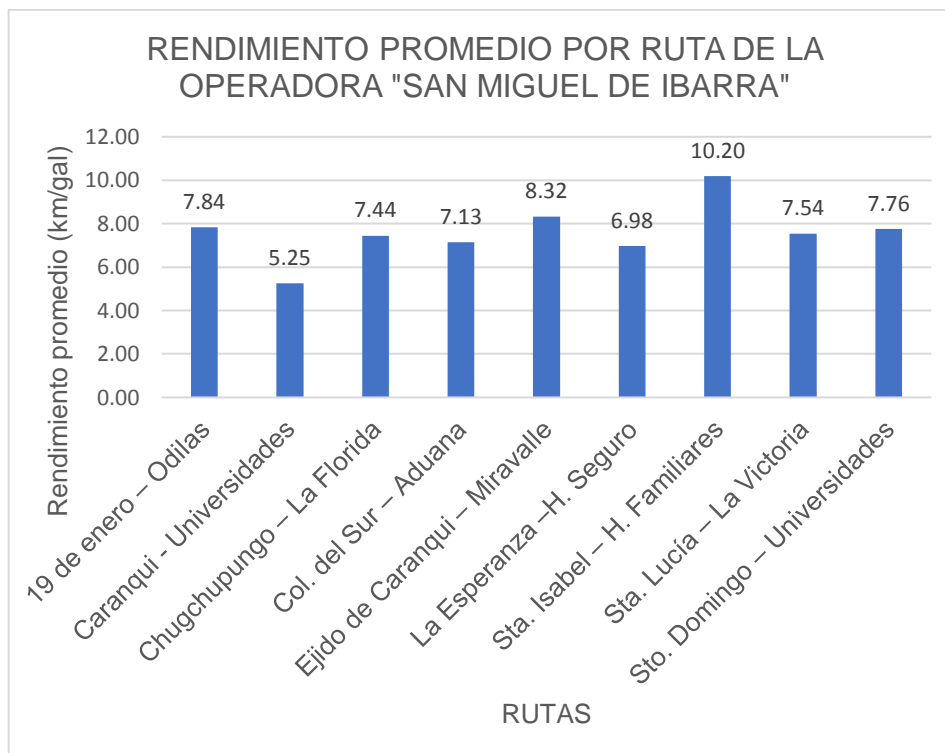
#### 3.4.1 RENDIMIENTO PROMEDIO POR RUTA

Mediante la caracterización de las rutas de autobuses, se puede conocer la distribución de las rutas de acuerdo con las dos operadoras existentes en la ciudad, una vez conocido esto se conoció la distancia de recorrido que tiene cada ruta con su respectivo recorrido e identificando las respectivas paradas que tiene cada ruta.



**Figura 3.9** Rendimiento Promedio por ruta de la operadora “28 de septiembre”

En la Figura 3.9 se puede identificar los rendimientos promedios por ruta, en donde la ruta Caranqui-Aduana es la ruta que mayor rendimiento tiene exactamente de 8,893 (km/gal) en comparación con la ruta Naranjito que tiene el menor rendimiento de 5,11 (km/gal) que representaría el 42,54% en comparación a la ruta Milagro -Yahuarcocha.

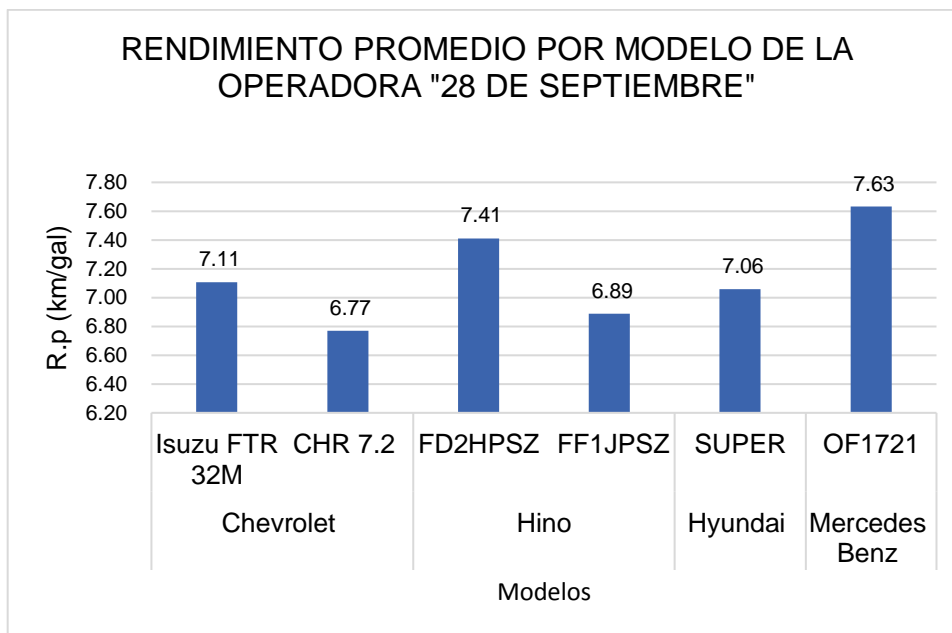


**Figura 3.10** Rendimiento promedio por ruta de la operadora “San Miguel de Ibarra”

En cambio en la Figura 3.10 se observar el rendimiento promedio por ruta de la operadora San Miguel de Ibarra, donde se puede conocer el consumo de combustible en galones en base a los kilómetros recorridos por cada ruta, en donde la ruta Santa Isabel- Huertos Familiares es la ruta que mayor rendimiento tiene exactamente de 10,20 (km/gal) en comparación con la ruta Caranqui-Universidades que tiene el menor rendimiento de 5,25 (km/gal) que representaría el 48,53 %.

### 3.4.2 RENDIMIENTO PROMEDIO POR MODELO

En este caso para conocer el rendimiento promedio por modelo de la operadora 28 de septiembre se los dividió de acuerdo con el modelo con su respectiva marca, en donde se puede identificar los mejores y menores rendimientos de cada una de las marcas de autobuses de la ciudad de Ibarra.

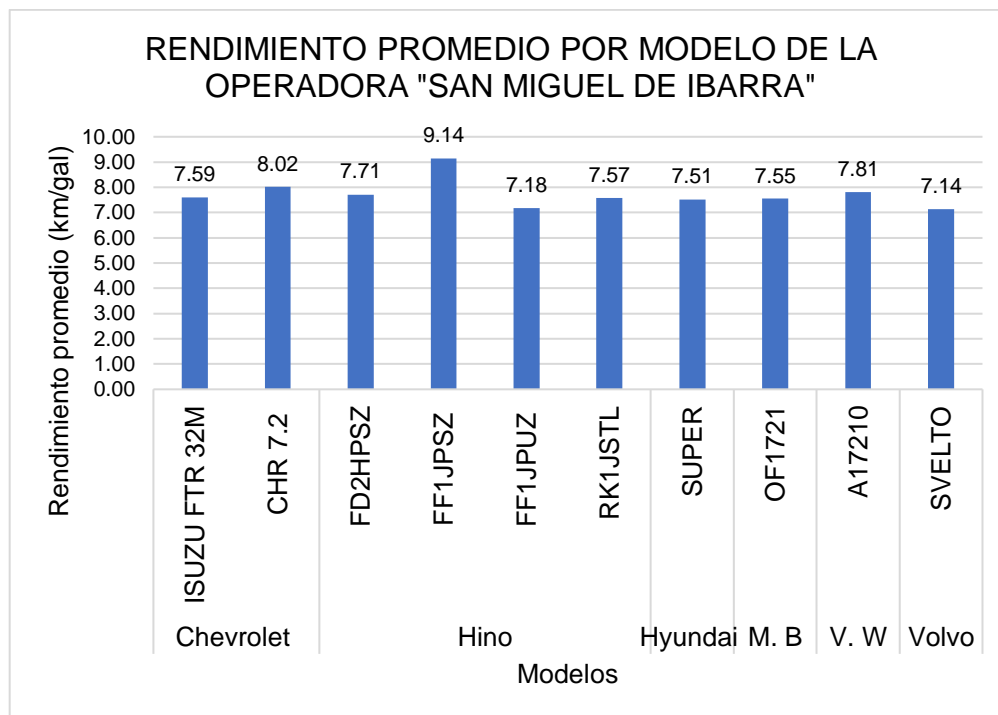


**Figura 3.11** Rendimiento promedio por modelo de la operadora “28 de septiembre”

Como se puede observar en la Figura 3.11, en la Marca Chevrolet se puede identificar dos modelos por lo que el modelo Isuzu FTR 32M es el modelo que mejor rendimiento promedio posee con un 7,11 (km/gal), en relación con el modelo CHR 7.2 que presenta 6,77 (km/gal). También en la marca Hino el modelo FD2HPSZ es el modelo que tiene mejor rendimiento debido a que tiene una mayor distancia de recorrido por galón con un 7,41 (km/gal) en relación con el Hino FF1JPSZ. Así como también el Hyundai SUPER y el Mercedes Benz OF1721, que la poseer modelos únicos no se le realiza el análisis comparativo de rendimientos, debido a que son modelos únicos según como indica en el gráfico.

En la Figura 3.12 se puede observar el rendimiento por modelo de la operadora San Miguel de Ibarra que a diferencia de la operadora 28 de septiembre, ésta presenta 6 marcas con sus respectivos modelos, que posteriormente se realizará su análisis respectivo. Aquí se puede observar una particularidad, es que esta operadora presenta más modelos (10 modelos) en relación con la operadora “28 de septiembre” que tiene para su análisis 6 modelos.

Esto se debe a que en la operadora “28 de septiembre”, hay un mayor número de autobuses que son Chevrolet e Hino, en cambio en la operadora “San Miguel de Ibarra” poseen menos buses y la mayor parte de modelos están en menor proporción para la Chevrolet e Hino, pero están distribuidas para las otras marcas.



**Figura 3.12** Rendimiento Promedio por modelo de la operadora “San Miguel de Ibarra”

De acuerdo con los datos de la Figura 3.12, el modelo que tiene mejor rendimiento es el CHR 7.2 con un 8,02 (km/gal) en cuanto al modelo ISUZU FTR 32M que tiene un rendimiento de 7,59 (km/gal), lo que significa que el consumo es el mismo para ambos, pero la distancia en el CHR 7.2 es mayor al otro lo que lo hace tener el mejor rendimiento. En cuanto a la marca Hino se puede identificar que hay cuatro modelos de los cuales el Hino FF1JPSZ es el modelo más rendidor con un 9,14 (km/gal) y el que posee un menor rendimiento es para la marca FF1JPUZ representando un 7,18 (km/gal). En cuanto a los cuatro modelos restantes como el SUPER de la marca Hyundai, OF1721 de la marca Mercedes Benz, el 17210 de la marca Volkswagen y el SVELTO de la marca Volvo son modelos únicos y por lo que no se procedería a realizar el análisis comparativo de rendimiento. Con la información que ya obtenida, se puede determinar los rendimientos de los modelos de otras investigaciones con esta investigación.

Como se puede identificar en la Tabla 3.8 los rendimientos promedios que presentan las operadoras de acuerdo con investigaciones pasadas la marca Chevrolet FTR es mayor para ambas operadoras, mientras tanto en la marca Chevrolet FTR el rendimiento de la ruta “San Miguel de Ibarra” es mayor para la operadora “28 de septiembre” como para los datos de otras investigaciones, además en la marca Mercedes Benz OF1721 el valor de rendimiento es mayor para la operadora “San Miguel de Ibarra” y finalmente el rendimiento de la Marca

Volkswagen 17210 en la operadora es mayor con base a las otros dos datos, cabe señalar que mientras mayor sea el rendimiento menor será el consumo.

**Tabla 3.8 Rendimientos promedio por operadora**

	<b>DATOS REFERENCIALES (km/gal)</b>	<b>28 DE SEPTIEMBRE (km/gal)</b>	<b>SAN MIGUEL DE IBARRA (km/gal)</b>
Chevrolet FTR	7,87	7,11	7,59
Mercedes Benz OF1721	8,58	7,63	7,55
Volkswagen 17210	7,71		7,81

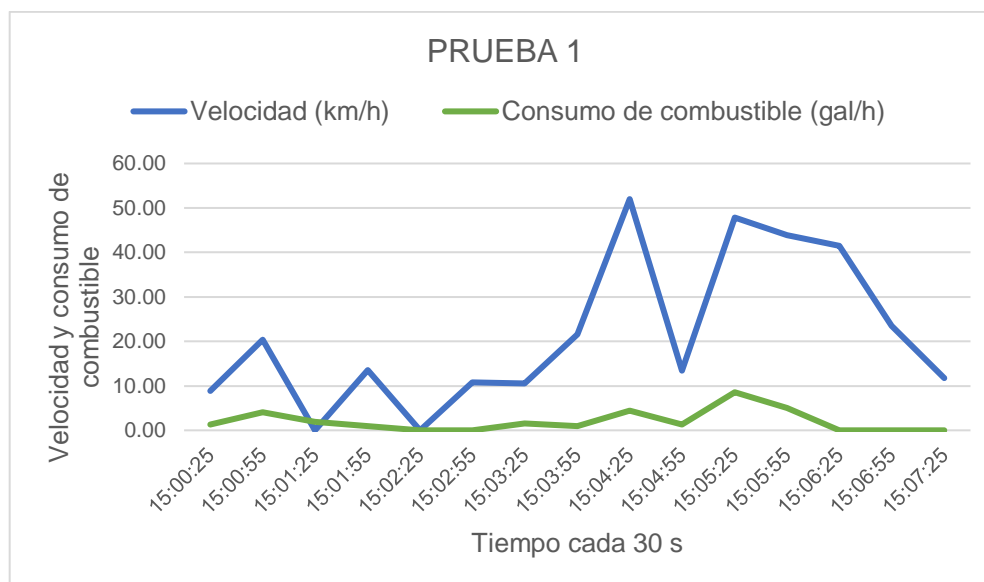
### 3.5 CONSUMO INSTANTÁNEO

Para conocer el Consumo instantáneo de los autobuses, fue necesario la instalación de un medidor de flujo diferencial para medir el caudal de combustible y un Data Logger para el almacenamiento de los pulsos que emite el medidor de flujo, el envío lo hace mediante un cableado que tiene el medidor que irá conectado al Data Logger, según el protocolo de conexión.

Además, el medidor de flujo se instaló en un autobús de la Universidad Técnica del Norte marca Chevrolet modelo FTR que mediante varias pruebas a bordo y una prueba en ruta dio como resultados los siguientes datos de las pruebas, señalando que esta prueba se la realizó desde la Universidad Técnica del Norte hasta la entrada de la Laguna de Yahuarcocha.

En lo que respecta a la asignación de los estados de marcha del autobús, se procedió a hacer una tabla donde se determina los diferentes estados de la prueba realizada, estos resultados están especificados en los anexos V, VI, VII y VIII.

En la siguiente figura está representado en el eje de las abscisas el tiempo de muestreo que en este caso es cada 30 segundos y en el eje de las ordenadas está representado la Velocidad y Pulsos, donde la Velocidad está representada en (km/h) y los pulsos están en los rangos de medición de pulsos por minuto (pulsos/min), para obtener las unidades de (ml/min) basta con multiplicar al valor de (pulsos/min) por 10, debido a que un pulso equivale a 10 ml, dicho dato está en la Tabla 2.3.



**Figura 3.13** Prueba Piloto cada 30 segundos con el autobús Chevrolet FTR

El mayor consumo de combustible registrado en la prueba de aceleración y desaceleración es de 54 (pulsos/min) que equivaldría a 8,56 (gal/h) de consumo de combustible, por lo que en esta prueba se comprueba que el autobús se desplazaba a diferentes velocidades como se muestra en la Figura 3.13, así como también se muestra en el ANEXO V, cabe señalar que el tiempo de esta prueba se la realizó durante 0,117 (h), que en este tiempo el autobús consumió 0,234 galones de combustible Diésel.

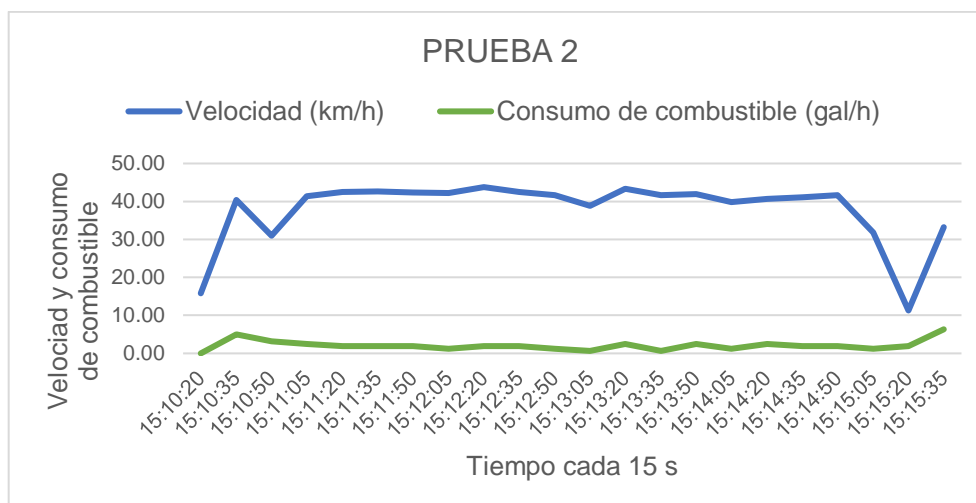
Además, en esta prueba se consumió 30,12 (gal/h) en los 7 minutos donde el mayor consumo de combustible se presenta en aceleración 25,36 (gal/h), seguido del estado de ralentí con 1,90 (gal/h), en cruceo con 1,59 (gal/h) y por último en desaceleración con 1,27 (gal/h) como se puede ver en la Tabla 3.9.

**Tabla 3.9** Datos de la prueba 1

ESTADOS DE CONDUCCIÓN	Prueba 1	
	Consumo (gal/h)	% de consumo
<b>Ralentí</b>	1,90	6,3%
<b>Crucero</b>	1,59	5,3%
<b>Aceleración</b>	25,36	84,2%
<b>Desaceleración</b>	1,27	4,2%

Por lo que en esta prueba se puede identificar que estuvo en el estado de conducción de aceleración de acuerdo con los datos que se obtuvo con la aplicación de las ecuaciones en el programa Excel.





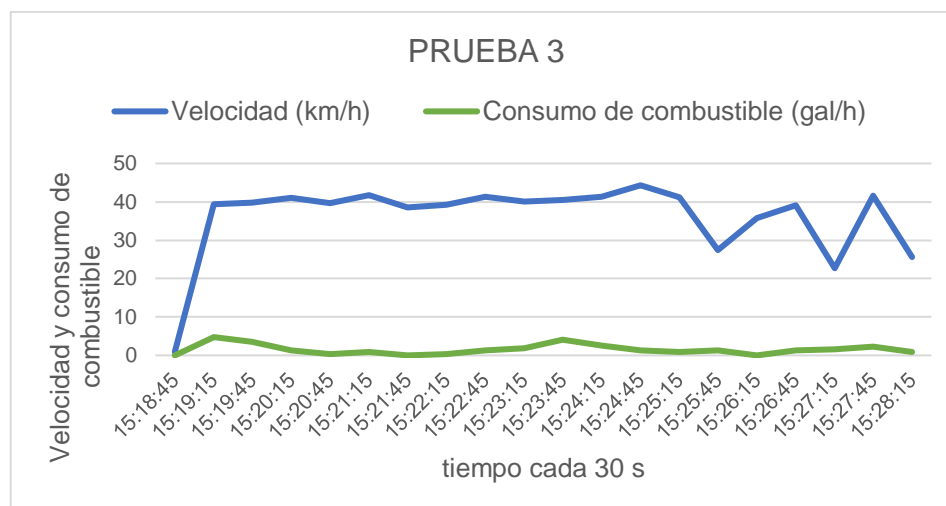
**Figura 3.14** Prueba Piloto cada 15 segundos con el autobús Chevrolet FTR

En la siguiente prueba se puede observar una mayor variedad de velocidad debido a que esta prueba se la realizó en una parte de las vías limítrofes a la laguna de Yahuarcocha, por lo que se procedió a identificar la velocidad crucero en el gráfico, esto se lo realizó con la fórmula de la Figura 3.14 y cuyos resultados están expresados en el ANEXO VI donde el mayor número de pulsos está representado por 40 (pulsos/min) siendo unos 6,341 (gal/h) de consumo de combustible este mayor consumo se debe a que el autobús alcanzó una velocidad de 33,169 (km/h), en esta prueba se determinó que el consumo promedio de 2.104 (gal/h), entonces en el tiempo de prueba se determinó que el autobús consumió 0,184 gal de combustible Diésel. La siguiente prueba, se la realizó de igual manera en la vía adyacente a la Laguna de Yahuarcocha, en esta prueba igualmente se la procedió a identificar que es prueba en velocidad crucero, esto se determinó con la fórmula de la Figura 2.29 y están representadas en el ANEXO VII.

**Tabla 3.10** Datos de la prueba 2

ESTADOS DE CONDUCCIÓN	Prueba 2	
	Consumo (gal/h)	% de consumo
<b>Ralentí</b>	0,00	0,0%
<b>Crucero</b>	23,46	50,7%
<b>Aceleración</b>	15,85	34,2%
<b>Desaceleración</b>	6,97	15,1%

Por lo que en esta prueba se puede identificar que estuvo en el estado de conducción de crucero consumiendo 23,46 (gal/h) equivalente al 50,7 % donde se obtuvo con la aplicación de las ecuaciones en el programa Excel como se indica en la Tabla 3.10.



**Figura 3.15** Prueba Piloto cada 30 segundos con el autobús Chevrolet FTR

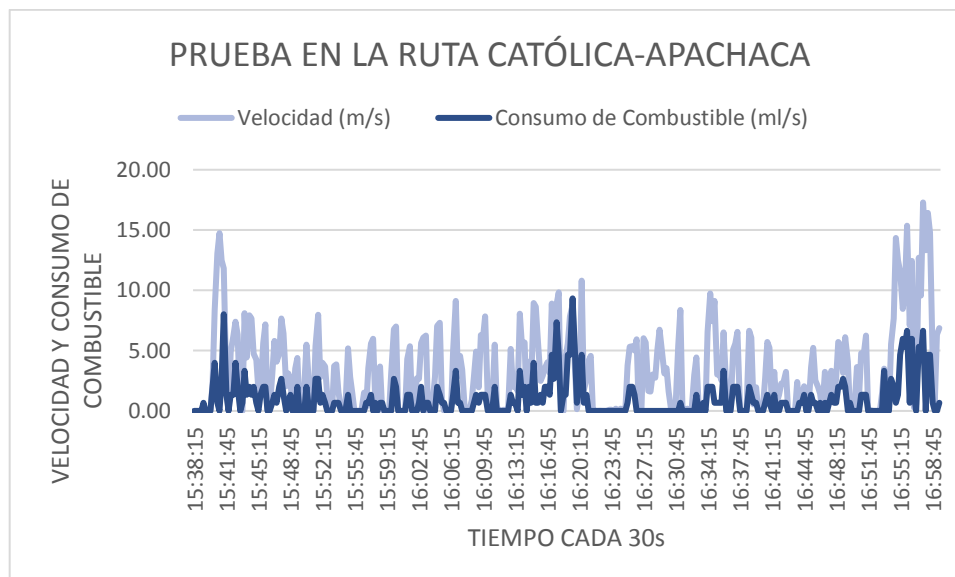
En esta prueba crucero, el mayor número de pulsos registrados es de 30 (pulsos/min) siendo el más alto y representando unos 4,756 (gal/h), esta prueba se la realizó durante un lapso de 0,158 (h) en donde se consumió 0,241 gal de combustible Diésel estos datos se presentan en el ANEXO VII, así como también se muestra en la Figura 3.15.

En la Tabla 3.11 se puede observar los datos de velocidad crucero donde de igual manera se puede identificar que estuvo en el estado de conducción de crucero consumiendo 18,07 (gal/h) equivalente al 59,4 % del consumo en esta prueba que se obtuvo con la aplicación de las ecuaciones en el programa Excel.

**Tabla 3.11** Datos de la prueba 3

ESTADOS DE CONDUCCIÓN	Prueba 3	
	Consumo (gal/h)	% de consumo
<b>Ralentí</b>	0,00	0,0%
<b>Crucero</b>	18,71	61,5%
<b>Aceleración</b>	6,97	22,9%
<b>Desaceleración</b>	4,76	15,6%

Para la realización de la prueba de obtención de datos se eligió a la ruta Católica-Alpachaca de la operadora “28 de septiembre”, por motivo de que es una de las rutas que circulan por lugares mayormente frecuentado por los ciudadanos de la ciudad de Ibarra así como también debido a que es una de las rutas con menor distancia de recorrido por vuelta, como lo es la Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, la Universidad Técnica del norte y otros lugares concurridos por los pobladores de la ciudad, en cuanto a los centros de estudios hacen que se mueva un gran número de personas que hacen uso de esta ruta.



**Figura 3.16** Prueba en la ruta Católica-Alpachaca

En esta prueba de ruta, los datos obtenidos están representados en la Figura 3.16, datos referentes al consumo de combustible que además están representados por la velocidad del autobús, de esta manera se puede identificar el mayor número de pulsos que es de 56 (pulsos/min) siendo unos 8,877 (gal/h) de consumo de combustible, por lo que estos pulsos fueron registrados a una velocidad de 31,725 (km/h), como se indica en el ANEXO VIII. Los valores obtenidos de la prueba en la ruta se representan en la Tabla 3.12 donde el mayor consumo presenta en la aceleración teniendo 169,30 (gal/h) seguido del estado de desaceleración, cruceo y ralentí con 74,19, 53,26 y 3,17 (gal/h) respectivamente.

**Tabla 3.12** Datos de la prueba en la ruta Católica - Alpachaca

ESTADOS DE CONDUCCIÓN	Prueba en ruta	
	C-A	% de consumo
<b>Ralentí</b>	3,17	1,1%
<b>Crucero</b>	53,26	17,8%
<b>Aceleración</b>	169,30	56,4%
<b>Desaceleración</b>	74,19	24,7%

En la Tabla 3.13 se observa el tiempo de recorrido durante una vuelta que es de 1,3 horas es decir 78 minutos en donde en este tiempo de prueba se consumió en una vuelta un total de 2.6 galones de combustible Diésel y si se obtiene el consumo que se ha hecho durante este día que son 6.6 vueltas se obtiene un total de 17,16 galones al día. Además, si se realiza un análisis de la información obtenida por el equipo on board en la ruta Católica-Alpachaca se obtiene lo siguiente: el tiempo de recorrido es de 1,354 horas (81,24 minutos) en donde

consumió 2,42 galones en una vuelta, donde el consumo de combustible realizado en ese día que es de 15,97 galones diarios en 6,6 vueltas y un rendimiento de 6,57 (km/gal).

**Tabla 3.13** Comparación del consumo de combustible

VARIABLE	INFORMACIÓN MEDIANTE ENCUESTAS	INFORMACIÓN MEDIANTE EQUIPO ON BOARD
Distancia de la ruta Católica-Alpachaca (km)	15,9	15,9
Tiempo por vuelta (min)	78	81,25
Vueltas	6,6	6,6
Consumo por vuelta (gal)	2,6	2,42
Consumo promedio diario (gal)	17,16	15,97
Rendimiento (km/gal)	6,1	6,57

Sin embargo, se puede identificar que el tiempo de recorrido es mayor con los datos que se obtuvo con el equipo on board, esto se debe a que se cambió un tramo de la ruta por trabajos temporales en la vía en sentido Norte-Sur a la avenida Carchi.

Los rendimientos que se especifican en la Tabla 3.14 son datos obtenidos de las encuestas que están comparados con la información del equipo on board, donde se procedió a hacer un ajuste de los datos todo esto para identificar la precisión de los rendimientos de ambos métodos, permitiendo demostrar para el resto de las líneas la estimación en proporción a los datos de la ruta Católica-Alpachaca.

**Tabla 3.14** Rendimientos promedio con base al resultado del equipo on-board  
(Continuación...)

Nº	Línea	Operadora	Distancia (km)	Tiempo (min)	Vueltas	C.P Diario(gal)	R.P (km/gal)	R.P en base al equipo on-board (km/gal)	Diferencia de rendimientos (km/gal)
1	19 de enero-Odilas	S.M	28,40	130,00	4,75	17,84	7,56	8,02	0,45
2	Caranqui-Universidades	S.M	20,20	80,00	2,17	7,39	5,92	6,28	0,36
3	Chugchupungo-La Florida	S.M	24,80	170,00	4,92	16,55	7,37	7,81	0,44
4	Colinas del Sur-Aduana	S.M	23,40	95,00	3,83	13,02	6,89	7,30	0,41
5	Ejido de Caranqui-Miravalle	S.M	28,70	70,00	5,42	19,21	8,09	8,58	0,49
6	La Esperanza-H. Seguro	S.M	24,30	100,00	5,58	20,01	6,78	7,19	0,41
7	Sta. Isabel-H. Familiares	S.M	39,90	131,00	4,67	19,13	9,74	10,32	0,58
8	Santa Lucía-La Victoria	S.M	23,20	80,00	5,50	18,32	6,96	7,38	0,42
9	Sto. Domingo-Universidades	S.M	28,70	162,00	5,08	19,45	7,50	7,95	0,45
10	Aloburo	28.S	19,40	85,00	2,43	6,89	6,84	7,25	0,41
11	Arcángel-San Cristóbal	28.S	30,40	120,00	4,46	19,01	7,14	7,57	0,43

**Tabla 3.14** Rendimientos promedio con base al resultado del equipo on-board  
(Continuación...)

Nº	Línea	Operadora	Distancia (km)	Tiempo (min)	Vueltas	C.P Diario(gal)	R.P (km/gal)	R.P en base al equipo on-board (km/gal)	Diferencia de rendimientos (km/gal)
12	Azaya-La Campiña	28.S	19,40	96,00	5,93	17,08	6,73	7,14	0,40
13	Caranqui-Aduana	28.S	26,80	104,00	5,68	18,87	8,06	8,55	0,48
14	Carmen-Bellavista	28.S	22,40	80,00	5,36	18,80	6,87	7,28	0,41
<b>15</b>	<b>Católica-Alpachaca</b>	<b>28.S</b>	<b>15,90</b>	<b>78,00</b>	<b>6,60</b>	<b>15,97</b>	<b>6,20</b>	<b>6,57</b>	<b>0,06</b>
16	Chorlaví-La Victoria	28.S	29,90	110,00	4,71	18,05	7,81	8,28	0,47
17	Milagro-Yahuarcocha	28.S	33,70	113,00	5,57	19,36	9,70	10,28	0,58
18	Naranjito	28.S	20,60	90,00	5,29	21,08	5,17	5,48	0,31
19	Palmas-Ceibos	28.S	19,70	84,00	6,36	17,91	6,99	7,41	0,42
20	Pugacho-Santa Teresita	28.S	18,70	100,00	5,64	16,46	6,41	6,79	0,38
21	Santa Rosa-Los Ceibos	28.S	21,20	105,00	5,46	18,25	6,35	6,73	0,38
22	Tanguarín-Aduana	28.S	34,50	138,00	4,54	19,70	7,94	8,42	0,48

En la Tabla 3.14 se indican las variables para poder conocer el consumo de combustible, este dependerá de la distancia, el tiempo de recorrido y el número de vueltas que se realice de acuerdo con la ruta asignada, y aplicando la ecuación [2.6] se puede conocer el rendimiento de las rutas existentes en las operadoras de autobuses de la ciudad de Ibarra determinando cuál de las 22 rutas presenta un menor consumo.

Para conocer el consumo instantáneo de las unidades en ruta, se instaló el equipo para la medición del consumo de combustible en un autobús Chevrolet FTR y se procedió a la recolección de datos en una de las 22 líneas existentes en la flota, tomando como muestra la ruta Católica – Alpachaca. Cabe señalar que la información que se obtuvo del medidor de flujo, son pulsos de consumo que posteriormente se transforma para obtener las unidades de medida acorde a las necesidades de cada estudio. Además, con los datos obtenidos de la ruta que se determinó como muestra mediante el equipo on board donde se aplicaron las ecuaciones para conocer el rendimiento de este recorrido.

Cabe indicar que la información que se indica en el resto de las rutas se obtuvo de encuestas que se aplicaron a los propietarios de las unidades de las operadoras de autobuses de la ciudad de Ibarra, la misma que será relacionada con los datos obtenidos de la ruta Católica - Alpachaca.

Por lo tanto, se relaciona la información de las 21 rutas con base a los datos de la ruta Católica- Alpachaca, permitiendo de esta manera determinar cuán exacto son los datos obtenidos del equipo on board con los de las encuestas, donde se obtuvo con el equipo on

board de la ruta Católica – Alpachaca un rendimiento del 6 % mayor a los datos de las encuestas como se indica en la Tabla 3.9.

Por lo que este porcentaje es aceptable ya que (Martínez Coll, 2007, p. 7), menciona que un nivel de error aceptable está entre el 3 % hasta el 7 %, dato importante para decir que el porcentaje obtenido de la relación de los datos promedio con los instantáneos es admisible.

### **3.5.1 RANGOS DE MEDICIÓN DEL MEDIDOR DE FLUJO**

La empresa MECHATRONICS de Bielorrusia se encarga de desarrollar y fabricar equipos para sistemas de monitoreo de transporte, para el desarrollo de este estudio se eligió al EUROSENS DELTA PN 250L que es un Medidor de flujo tipo diferencial, lo que significa que tiene dos entradas y dos salidas de combustible, lo que significa que se puede hacer la conexión en el suministro y en el retorno de combustible, que en el medidor de flujo está debidamente identificado, entonces la diferencia entre el suministro con el retorno hace que se pueda saber el consumo del combustible Diésel.

El EUROSENS DELTA PN250L es un medidor que tiene las siguientes características principales caudal mínimo de medición de 20 (l/h) es decir 333,33 (ml/min) y caudal máximo de 250 (l/h) lo que equivale a 4 166,67 (ml/min), en donde estos rangos de medición no son los adecuados para la realización de este estudio debido a que no tiene la precisión adecuada para la medición de los estados de conducción de la flota de autobuses.

Con base a un estudio realizado por (Rosero Obando, León Cárdenas, Mera Rosero, & Rosero Chandi, 2017), el caudal en el estado de marcha a ralentí es de 2,7 l/h equivalente a 45 (ml/min), en cruceo es 4,674 l/h equivalente a 77,9 (ml/min), en aceleración es de 7,392 (l/h) equivalente a 123,2 (ml/min) y en desaceleración es de 5,91 (l/h) equivalente a 98,56 (ml/min), con estos datos se puede observar que el medidor de flujo no medirá de manera correcta debido a que el caudal de medición mínimo empieza a partir de 20 (l/h) es decir desde 333,33 (ml/min) además los datos especificados anteriormente son menores al rango de medición mínimo.

Debido a este problema de medición se concluyó la necesidad de un medidor de flujo con mayor precisión para obtener los datos de los estados de conducción de la flota de autobuses, por lo que el inconveniente suscitado con el medidor de flujo, no fue posible identificarlo a

tiempo ya que se necesitaba ponerlo en funcionamiento para calibrarlo de acuerdo a las necesidades de este estudio, pero no fue posible ya que la calibración viene desde fábrica y para proceder al desmontaje, requeriría una pérdida del equipo, porque se necesita una inducción para realizar la calibración, esto no quiere decir que el medidor de flujo no sirve, solo que los datos que se obtienen con el medidor no son aceptables con respecto a los datos que se debe obtener del sistema de alimentación de combustible de las unidades de los autobuses analizadas en este estudio.

## CAPITULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- La importancia de analizar la estimación del consumo de combustible en los autobuses es relevante porque permite conocer el consumo de cada unidad para que de esta manera se pueda tener una mejor percepción del consumo de combustible en función de la marca, modelo, ocupación, peso bruto, carrocería vehicular, así como también a la cilindrada de cada unidad donde estos factores influyen directamente en el consumo.
- De la encuesta realizada a la flota de autobuses de la ciudad, las unidades de la operadora “San Miguel de Ibarra” consumen un 6% más combustible que las unidades de la operadora “28 de septiembre” que representándolo en dinero se tiene un gasto para el estado de \$ 1 976,64 anuales.
- Las unidades que cubren la ruta Naranjito de la operadora “28 de septiembre” son las que presentan un mayor consumo de combustible (gal/día) con un 39,8 % en comparación a la ruta Pugacho-Santa Teresita, así como también en lo referente a las unidades que cubren la ruta Ejido de Caranqui – Miravalle de la operadora “San miguel de Ibarra” son la que presentan un mayor consumo de combustible (gal/día) con un 60,1 % en comparación a la ruta Chugchupungo – La florida.
- Las unidades de la operadora “San Miguel de Ibarra” presentan un 5% de mejor rendimiento (km/gal) que las unidades de la operadora “28 de septiembre” esto debido a que las unidades de la operadora “San Miguel de Ibarra” son el 11% más actual que la otra operadora, siendo este un factor muy importante a considerar para ponderar los rendimientos.
- Las unidades de la marca Mercedes Benz OF1721 presentan un 8% de mayor rendimiento (km/gal) en base a las demás unidades de la operadora “28 de Septiembre” mientras que las unidades de la marca HINO pertenecientes al modelo FF1JPSZ tiene un 17 % de mayor rendimiento (km/gal) con respecto a las demás unidades de la operadora “San Miguel de Ibarra”.



- Las unidades que tienen un menor rendimiento para la flota de autobuses corresponden al modelo CHR 7.2 de la marca Chevrolet perteneciente a la operadora “28 de septiembre” donde presenta un 6 % de menor rendimiento en base al resto de unidades, además para la operadora “San Miguel de Ibarra” presenta un 9 % de menor rendimiento (km/gal) con respecto a las demás unidades.
- Las unidades de la operadora “28 de septiembre” que cubren la ruta Caranqui-Aduana (26,8 km) tienen un 42,78 % de mejor rendimiento que la ruta Naranjito (20,6 km), así como también las unidades de la cooperativa “San Miguel de Ibarra” que cubren la ruta Santa Isabel – Huertos familiares (39,9 km) tiene el 48,53 % de mejor rendimiento que la ruta Caranqui – Universidades (20,2 km).
- Mediante la implementación del equipo portátil on board para la medición y almacenamiento de los datos de consumos instantáneos se tuvo inconvenientes de precisión con el medidor de flujo EUROSENS DELTA PN250L ya que posee rangos de medición que van desde 20 (L/h) hasta 250 (L/h) lo cual equivale a rangos de medición parcialmente adecuados, debido a que presenta dificultad para medir el flujo en ralentí, el cual es menor a 20 (l/h).
- Mediante las pruebas piloto dinámicas que se realizó para obtener el consumo de combustible instantáneo en los estados de conducción se obtuvo que se consumió un promedio de 102 (gal/h) donde el 54% representa a la aceleración, en desaceleración el 23 %, en Crucero el 22 % y finalmente en ralentí el 1% de combustible consumido.
- Las unidades de las marcas Hyundai, Chevrolet e Hino de la operadora “28 de septiembre” están consumiendo más combustible en un 10,1 %, 10 % y 5,2 % respectivamente, en comparación a la marca Mercedes Benz que es la que consume menos, de igual manera sucede para la operadora “San Miguel de Ibarra” las unidades de las marcas Hyundai, Hino y Chevrolet están consumiendo un 7,4 %, 3,6 % y 1,2 % respectivamente, en comparación a las unidades de la marca Mercedes Benz que es la que menos consume.
- Los resultados obtenidos de la prueba del equipo on-board con la información obtenida de las encuestas presenta una diferencia del 6 % rango aceptable de acuerdo con los parámetros que establece la Estadística, lo cual refleja que los valores obtenidos para el resto de las rutas son admisibles.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- La flota de autobuses de la ciudad de Ibarra tome en cuenta los gastos que se podrían estar ahorrando anualmente y de esta manera optimizar el consumo de combustible que conlleva a tener un mejor rendimiento de sus unidades y beneficiar de manera directa al medio ambiente ya que se reduciría el nivel de emisiones de gases contaminantes que está perjudicando a los habitantes logrando así un aire libre de contaminación.
- Investigar un medidor de flujo con escalas de medición más finas que vayan desde 2,7 (l/h) hasta un valor mayor de 7,392 (l/h) donde permitirá identificar los consumos instantáneos reales y de esta manera que los datos sirvan de base para futuras investigaciones.
- Revisar el manual e identificar el lugar donde se va a instalar el medidor de flujo ya que por la mala instalación el EUROSENS DELTA PN250L podría presentar daños serios.
- Observar antes de la Instalación el sentido del flujo de combustible de Suministro (S) y Retorno (R), ya que la mala instalación se obtendría datos erróneos.
- Instalar el medidor de flujo entre el filtro de combustible y la bomba de alta presión, ya que la presión de suministro entra en los rangos de presión de medición del EUROSENS DELTA PN250L.
- Purgar el sistema de suministro de combustible, ya que si no se lo realiza puede presentar inconvenientes en las mediciones de los pulsos de consumo obteniendo de esta manera el mal funcionamiento del medidor.
- Los datos obtenidos de las pruebas piloto dinámicas se las realice en otras rutas para determinar los estados básicos de conducción ya que el consumo depende de la topografía de cada una de las rutas, tipo de autobús y principalmente del tipo de conducción de cada conductor, que dependiendo de esto se tendría diferentes tipos de consumo de combustible.
- Socializar la información obtenida a las operadoras de autobuses de la ciudad y de esta manera planteen soluciones que puedan ayudar a mejorar el rendimiento de las unidades y reducir las emisiones de gases contaminantes al medio ambiente que al circular por la ciudad se tendría un aire con menos contaminación asegurando el bienestar de futuras generaciones.

- A la flota de autobuses de la ciudad de Ibarra tomar en cuenta los valores de consumo presentados en este estudio y que sirva de guía para identificar el ahorro tanto de combustible como de dinero que presentan las unidades de las operadoras que con esto se puede tener un mejor rendimiento y así tener menos emisiones de gases contaminantes al medio ambiente.
- Para futuras investigaciones tomar en cuenta la potencia, el peso de la carrocería, peso bruto vehicular, topografía y en especial el estilo de conducción para medir el consumo de combustible instantáneo mediante un equipo portátil adecuado, ya que son factores importantes para considerar porque influye directamente en el consumo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso Pérez, J. M. (2014). *Sistemas auxiliares del motor*. Madrid: Paraninfo.
2. Alvarado Chaves, A. (2004). *Maquinaria Y Mecanización Agrícola*. San José: EUNED.
3. Armijos Vallejo, N. J. (2016). *Influencia sobre la eliminación del subsidio del combustible en el precio del transporte público urbano en la ciudad de Quito*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
4. Barbosa Rojas, D. K., & Betancur Ramírez, D. (2016). *Medición del Consumo de Combustible en un bus articulado de la empresa INTEGRA S.A. Operadora del sistema integrado de transporte "Megabus"*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
5. Barragan, A. L. (2006). *Física Para Bachillerato Cinematica*. Pearson Educación.
6. Baumgarten, C. (2006). *Mixture Formation in Internal Combustion Engines*. Berlín: Springer Science & Business Media.
7. Bell Flow System. (2017). *Delta PN 250 I Differential flow meter*. Buckingham: Bell Flow Systems Ltd.
8. Bokare, P. S., & Maurya, A. K. (2017). *Acceleration-Deceleration Behaviour of Various Vehicle Types*. ScienceDirect, 4737–4753. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.088>
9. Bosch. (2018, 10 15). *Bosch Auto Parts*. Retrieved from Bosch Auto Parts: [https://fr.boschautomotive.com/en\\_GB/parts\\_and\\_accessories/engine\\_systems\\_1/diesel/common\\_rail\\_injection/common\\_rail\\_diesel\\_motorsys\\_parts](https://fr.boschautomotive.com/en_GB/parts_and_accessories/engine_systems_1/diesel/common_rail_injection/common_rail_diesel_motorsys_parts)
10. Castillejo Calle, A. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diesel*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
11. Castillo, A. (2015). *Actualización del Plan de Movilidad Sustentable*. Ibarra: GAD municipal San Miguel de Ibarra.
12. Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). *Termodinámica*. México: Mc Graw Hill.
13. Cevallos Sierra, J. (2016). *Estimating road transport fuel consumption in Ecuador*. *Applied Energy*, 359-368. doi:10.1016/j.enpol.2016.02.008
14. Challen, B., & Baranescu, R. (1999). *Diesel Engine Reference Book*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

15. Constitución de la República del Ecuador. (2018). Constitución de la República del Ecuador. Quito.
16. Demirbas, A. (2007). Biodiesel: A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines. Trabzon: Springer Science & Business Media. doi:10.1007/978-1-84628-995-8
17. Denton, T. (2018). Automobile Mechanical and Electrical Systems. Oxford: Routledge.
18. Dietsche, K. H. (2005). Manual de la técnica del automóvil. Plochingen: Reverte.
19. Domínguez, E. J., & Ferrer, J. (2012). Circuitos del cuadro de instrumentos (Circuitos eléctricos auxiliares del vehículo). Málaga: Editex.
20. Empresa Pública Petroecuador. (2018). Petroecuador mejora la calidad de Diésel que se procesa en Refinería Esmeraldas. Quito: EP Petroecuador.
21. Espinoza, S., & Guayanlema, V. (2017). Balance y proyecciones del sistema de subsidios energéticos en Ecuador. Quito: Friedrich Ebert Stiftung.
22. Freitas Salgueiredo, C., Orfila, O., Saint Pierre, G., Doublet, P., Glaser, S., Doncieux, S., & Billat, V. (2017). Experimental testing and simulations of speed variations impact on fuel consumption of conventional gasoline passenger cars. *Transportation Research Part D*, 336-349. doi:10.1016/j.trd.2017.09.029
23. García del Río, A. J. (2017). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diesel. Málaga: Elearning.
24. García Tobar, M. O., & Llerena Salinas, J. M. (2011). Análisis de los impactos en seguridad, medio ambiente y congestión de tráfico, generados por el transporte urbano dentro de la ciudad de Cuenca. Tesis previo a la obtención del Título de: Ingeniero Mecánico Automotriz. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca.
25. Gonzáles Calleja, D. (2015). UF1217 - Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel. Madrid: Paraninfo.
26. Harrison, R. G. (2015). *Meteorological Measurements and Instrumentation*. Reading: 9600 Garsington Road.
27. Ibarra Carrera, O. S. (2015). La Focalización del subsidio a los combustibles y su incidencia en las finanzas públicas. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

28. Klapper, F. (2009, 08 29). *automotriz.net*. Retrieved from *automotriz.net*: <http://www.automotriz.net/cms/tecnica/que-es-y-como-se-interpretan-el-torque-y-la-potencia-de-un-motor/>
29. Kositza, N., Fleck, C., Schlober, A., & Ra, H. (2001, 08 28). Periodicity of the Idle Speed of a diesel engine. *IFAC Proceedings Volumes*, 77-82. doi:[https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)34065-X](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)34065-X)
30. *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. (2017). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. Quito: Constitución de la república del Ecuador.
31. Ma, H., Xie, H., Huang, D., & Xiong, S. (2015). Effects of driving style on the fuel consumption of city buses. *Transportation Research Part D*, 205-216. doi:[10.1016/j.trd.2015.10.003](https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.10.003)
32. Macor , A., & Rossetti, A. (2013). Fuel consumption reduction in urban buses by using power split transmissions. *Energy Conversion and Management*, 159-171. doi:[10.1016/j.enconman.2013.03.019](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.03.019)
33. Mahmudula, H. M., Hagosa, F. Y., Mamata, R., Adam, A. A., Alenezi, R., & Ishak, W. (2017). Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 497–509. doi:[10.1016/j.rser.2017.01.001](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.001)
34. Mechatronics Company. (2018, 02 02). *Eurosens flowmeters operation manual*. Vileyka, Minsk, Bielorusia.
35. Ministerio de Economía y Finanzas. (2017, 06 30). *Programación Presupuestaria Cuatrianual 2017-2020*. Quito, Pichincha, Ecuador: Ministerio de Economía y Finanzas.
36. Mollenhauer, K., & Tschöke, H. (2010). *Handbook of Diesel Engines*. Berlin: Springer Science & Business Media. doi:[10.1007/978-3-540-89083-6](https://doi.org/10.1007/978-3-540-89083-6)
37. Mowers, G. M., & Bowers, R. A. (2015). *Understanding Chemistry Through Cars*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
38. Noguéz, F. S., García Galindo, D., & Rezeau, A. (2010). *Energía de la Biomasa (volumen I)*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
39. Observatorio en Energía y Minas. (2018, 09 2018). *Observatorio en Energía y Minas*. Retrieved from *Observatorio en Energía y Minas*: <http://www.observatorioenergiayminas.com/petroleoaldia11.xlsx>

40. Ochoa Bolaños, E. M., & Salazar Gudiño, H. A. (2018). Estudio para la optimización del combustible en la operación de taxis de la ciudad de San Miguel de Ibarra. Trabajo de grado previo a la obtención del título de ingenieros en mantenimiento automotriz. Universidad Técnica del norte, Ibarra.
41. Organización Latinoamericana de Energía. (2013). Organización Latinoamericana de Energía. Retrieved Julio 18, 2018, from <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Tarifa%20Social.pdf>
42. Organization for Economic Cooperation and Development. (2017). Green Finance and Investment Promoting Clean Urban Public Transportation and Green Investment in Kazakhstan. Paris: OECD.
43. Ortiz Vallejo, M. A. (2014). Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para motores de Vehículos. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
44. Pardiñas, J., & Feijó, R. (2018). Sistemas Auxiliares del motor. Málaga: Editex.
45. Pérez Belló, M. Á. (2011). Sistemas Auxiliares del Motor. Madrid: Paraninfo.
46. Ramírez Martínez, J. A. (2018). Análisis de las características cinemáticas de las rutas de autobuses urbanos de Ibarra. Trabajo de grado previo a la obtención del título de ingeniero automotriz. Universidad Técnica del Norte, Ibarra.
47. Reglamento General de la LOTTTSV. (2012). Reglamento General para la aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Quito.
48. Reglamento-General-de-LOTTTSV. (2012). Reglamento general de aplicación a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial. Quito: LOTTTSV.
49. Reif, K. (2014). Diesel Engine Management: Systems and Components. Friedrichshafen: Acid-free paper. doi:10.1007/978-3-658-03981-3
50. Remache, A. (2017). Análisis De Las Curvas Características Y La Opacidad De Un Motor JO5ETC16173 Con La Implementación De Un Turbocargador. INNOVA Research Journal, 97-108.
51. Ritter, E. (2001). Reguladores para bombas de inyección en línea Diesel. Ciudad de México: Reverte.
52. Rosero Obando, F. A., León Cárdenas, C. E., Mera Rosero, Z. A., & Rosero Chandi, C. X. (2017). Análisis del consumo de combustible en autobuses urbanos por

- efecto de las intersecciones semaforizadas. Caso de estudio ciudad de Ibarra. DELOS, 1-22.
53. Sánchez-Borroto, Y., Piloto-Rodríguez, R., Errasti, M., Sierens, R., & Verhelst, S. (2014). Prediction of Cetane Number and Ignition Delay of Biodiesel Using Artificial Neural Networks. *Energy Procedia*, 877–885. doi:doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.297
  54. Sant Anna, J. A. (2002). *Autobuses Urbanos: Sistemas modernos y traccionales en el Mercosur ampliado*. IDB.
  55. Sanz Acebes, S. (2017). *El motor diésel de cuatro tiempos (Motores)*. Editex.
  56. Song, Q., Wang, Z., Wu, Y., Li, J., Duan, H., & Yuan, W. (2018). Could urban electric public bus really reduce the GHG emissions: A case study in Macau? *Journal of Cleaner Production*, 1-33. doi:10.1016/j.jclepro.2017.11.206
  57. Technoton. (2018, 08 01). *jv-technoton*. Retrieved from *jv-technoton*: <https://www.jv-technoton.com/es/productos/dfm-d/>
  58. The International Council on Clean Transportation. (2014). *Regulaciones sobre emisiones de vehículos pesados en México*. ICCT, 1-9.
  59. Tong, H. Y., Hung, W. T., & Cheung, C. S. (2011). On-Road Motor Vehicle Emissions and Fuel Consumption in Urban Driving Conditions. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 543-554. doi:doi.org/10.1080/10473289.2000.10464041
  60. Turkensteen, M. (2017). The accuracy of carbon emission and fuel consumption. *European Journal of Operational Research*, 1-35. doi:10.1016/j.ejor.2017.04.005
  61. Valencia Balerazo, L. S. (2013). *Caracterización de mezclas Diésel-Biodiesel orientadas a disminuir las emisiones contaminantes provocadas por fuentes móviles*. Universidad Central del Ecuador, Quito.
  62. Wang, J., & Rakha, H. A. (2016). Fuel consumption model for conventional diesel buses. *Applied Energy*, 394-402. doi:doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.124
  63. World Health Organization. (2018, 5 2). World Health Organization. Retrieved from World Health Organization: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)



64. Worz, S., & Bernhardt, H. (2016). A novel method for optimal fuel consumption estimation and planning for transportation systems. 1- 8. doi:10.1016/j.energy.2016.11.110
65. Wright, G. (2015). *Fundamentals of Medium/Heavy Duty Diesel Engines*. Burlington: Jones & Bartlett Publishers.
66. Zheng, F., Li, J., Zuylen, H., & Lu, C. (2017). Influence of driver characteristics on emissions and fuel. *ScienceDirect*, 624–631. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.142

## **ANEXOS**

**ANEXO I****OBTENCIÓN DE LOS CONSUMOS MEDIANTE ENCUESTAS E  
INSTALACIÓN DEL EQUIPO PORTÁTIL**

	<p>Encuestas a las operadoras de autobuses de la ciudad de Ibarra</p>
	<p>Instalación del medidor de flujo en autobús de la universidad técnica del norte</p>
	<p>instalación de cable para conexión con el data Logger</p>

## ANEXO II

## OFICIO DIRIGIDO A MOVIDELNOR EP (CONTINUACIÓN...)



Ibarra, 13 de julio del 2017

Cnel. Edgar López

MOVIDELNOR

Ibarra.-

En relación a la realización del proyecto de trabajo de tesis con el título: "Análisis de la tasa de ocupación de las rutas de los buses de la ciudad de Ibarra", efectuado en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, nos permitimos informar que como parte del trabajo de la realización de la tesis, es necesario efectuar un estudio bibliográfico de documentos referentes al estudio de la oferta y demanda en el transporte público de la ciudad de Ibarra.

El documento que se describe a continuación:

Nombre	Año	Autor
Plan de movilidad de la ciudad de Ibarra		Movidelnor

Por lo anteriormente mencionado, solicitamos se designe a quien corresponda, para la realización de una reunión de trabajo y se facilite la información que Movidelnor tiene en su archivo. Dicha documentación servirá para efectuar un análisis y estudio pertinente para la consecución de nuestro trabajo de grado.

Seguros de contar con su colaboración del proceso, le anticipamos nuestro agradecimiento

FIRMA

APELLIDO NOMBRE: Vladimir Cuasapaz

CC: 0401905765

NUM TEL: 0990016231



Msc. Luis Garzón

*Handwritten note:*  
Luis Garzón  
13.07.2017  
10:35

## ANEXO II

## OFICIO DIRIGIDO A MOVIDELNOR EP (CONTINUACIÓN...)



Oficio Nro. MEP-GG-2017-0413-O

Ibarra, 17 de julio de 2017

Asunto: SOLICITUD DE INFORMACIÓN

Señor  
Eduardo Vladimir Cuasapaz Celín  
Particular  
**PARTICULAR**  
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Documento No. OF-SN-VLADIMIR-CUASAPAZ

SOLICITUD DE INFORMACIÓN.

Reciba un cordial y atento saludo de quienes conformamos la Empresa Pública de Movilidad del Norte **MOVIDELNOR E.P.** y a su vez aprovecho la oportunidad para poner en su consideración y para la viabilidad al tema en mención deberán ponerse en contacto con el Arq. Alejandro Arevalo- Jefe del Departamento de Planificación de Movidelnor E.P. , con este antecedente pongo en su conocimiento el número de contacto celular 0998379486 y correo anf.arq@gmail.com.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,  


Exp. Edgar Wilton Lopez Mejia  
**GERENTE GENERAL**



Referencias:  
- MEP-SDG-2017-2511-E

Anexos:  
- OF-SN-VLADIMIR-CUASAPAZ 9

mm

## ANEXO III

## SOLICITUD PARA REALIZAR PRUEBAS EN MAQUETA HINO 205

**SOLICITUD:** de realización de pruebas en maqueta

**Fecha:** 08 de mayo de 2018

**Dirigido a:** MSc. Carlos Segovia COORDINADOR DE CARRERA

**Solicitante:** Edwin Roberto Carlosama Higuera

**Facultad:** FICA

**Carrera:** Ing. Mantenimiento Automotriz

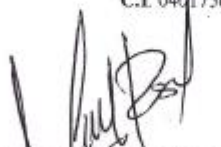
**Asunto:** Solicito muy comedidamente, autorice la realización de las pruebas del consumo del combustible en la maqueta marca HINO 205 que se encuentra en el Taller del Colegio UTN, para la realización de la tesis, a partir del 09 de mayo de 2018.



Firma

C.I. 040175653-1

Autorizado por:



Ing. Freddy Rosero  
DOCENTE RESPONSABLE



MSc. Carlos Segovia  
COORDINADOR CARRERA

Con la asistencia del Ing  
César Morales

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN:

FECHA: 08-05-2018  
HORA: 11:00  
FIRMA: 

## ANEXO IV

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL DATA LOGGER PULSE101A

DESCRIPCIÓN	PULSE101A
Frecuencia de pulso máximo	10KHz
Rango de entrada	0 a 30VDC continuo
Entrada baja	< 0.4 V
Entrada alta	> 2.8 V
Resistencia Pull-up interna débil	<60 $\mu$ A
Impedancia de entrada:	> 60k $\Omega$
Ancho de pulso mínimo / Duración del cierre del contacto:	$\geq$ 10 microsegundos
Tasa de lectura	1 lectura cada segundo hasta 1 lectura cada 24 horas
Memoria	500,000 lecturas 250,000 lecturas en modo repetible de inicio / parada
Envolver alrededor	Sí
Indicador LED	Rojo/ Verde
Paquete de interfaz requerido	IFC200
Velocidad en baudios	115,200
Vida típica de la batería	10 años a una velocidad de lectura de 15 minutos
Entorno operativo	-40 ° C a +80 ° C (-40 ° F a +176 ° F), 0% de HR a 95% de HR sin condensación
Material	Plástico ABS
Dimensiones	1.4 pulgadas x 2.5 pulgadas x 0.6 pulgadas (36 mm x 64 mm x 16 mm)
Peso	0.9 oz (24 g)

## ANEXO V

### PRUEBA 1

PRUEBA 1					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
15:00:25	8,89	2,47	0,00	1,268	0	0	1	0
15:00:55	20,35	5,65	0,21	4,122	0	0	1	
15:01:25	0,00	0,00	-0,38	1,902	1	0	0	0
15:01:55	13,56	3,77	0,25	0,951	0	0	1	0
15:02:25	0,00	0,00	-0,25	0,000	1	0	0	0
15:02:55	10,76	2,99	0,20	0,000	0	0	1	0
15:03:25	10,59	2,94	0,00	1,585	0	1	0	0
15:03:55	21,52	5,98	0,20	0,951	0	0	1	0
15:04:25	51,99	14,44	0,56	4,439	0	0	1	0
15:04:55	13,39	3,72	-0,71	1,268	0	0	0	1
15:05:25	47,86	13,29	0,64	8,560	0	0	1	0
15:05:55	43,87	12,19	-0,07	5,073	0	0	1	0
15:06:25	41,52	11,53	-0,04	0,000	0	0	0	1
15:06:55	23,48	6,52	-0,33	0,000	0	0	0	1
15:07:25	11,71	3,25	-0,22	0,000	0	0	0	1



## ANEXO VI

### PRUEBA 2

PRUEBA 2					ESTADOS DE MARCHA DEL AUTOBÚS			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
15:10:20	15,85	4,40	0,00	0,000	0	0	1	0
15:10:35	40,41	11,23	0,45	5,073	0	0	1	0
15:10:50	30,97	8,60	-0,17	3,170	0	0	0	1
15:11:05	41,32	11,48	0,19	2,536	0	0	1	0
15:11:20	42,47	11,80	0,02	1,902	0	1	0	0
15:11:35	42,67	11,85	0,00	1,902	0	1	0	0
15:11:50	42,41	11,78	0,00	1,902	0	1	0	0
15:12:05	42,19	11,72	0,00	1,268	0	1	0	0
15:12:20	43,78	12,16	0,03	1,902	0	0	1	0
15:12:35	42,56	11,82	-0,02	1,902	0	1	0	0
15:12:50	41,69	11,58	-0,02	1,268	0	1	0	0
15:13:05	38,86	10,79	-0,05	0,634	0	0	0	1
15:13:20	43,37	12,05	0,08	2,536	0	1	0	0
15:13:35	41,71	11,59	-0,03	0,634	0	1	0	0
15:13:50	41,95	11,65	0,00	2,536	0	1	0	0
15:14:05	39,84	11,07	-0,04	1,268	0	1	0	0
15:14:20	40,71	11,31	0,02	2,536	0	1	0	0
15:14:35	41,06	11,41	0,01	1,902	0	1	0	0
15:14:50	41,67	11,58	0,01	1,902	0	1	0	0
15:15:05	31,85	8,85	-0,18	1,268	0	0	0	1
15:15:20	11,30	3,14	-0,38	1,902	0	0	0	1
15:15:35	33,17	9,21	0,41	6,341	0	0	1	0

## ANEXO VII

### PRUEBA 3

PRUEBA 3				ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
15:18:45	0,926	0,000	0,000	1	0	0	0
15:19:15	39,392	0,712	4,756	0	0	1	0
15:19:45	39,781	0,007	3,487	0	1	0	0
15:20:15	41,04	0,023	1,268	0	1	0	0
15:20:45	39,707	-0,025	0,317	0	1	0	0
15:21:15	41,744	0,038	0,951	0	1	0	0
15:21:45	38,614	-0,058	0,000	0	1	0	0
15:22:15	39,299	0,013	0,317	0	1	0	0
15:22:45	41,3	0,037	1,268	0	1	0	0
15:23:15	40,114	-0,022	1,902	0	1	0	0
15:23:45	40,503	0,007	4,122	0	1	0	0
15:24:15	41,337	0,015	2,536	0	1	0	0
15:24:45	44,318	0,055	1,268	0	1	0	0
15:25:15	41,151	-0,059	0,951	0	0	0	1
15:25:45	27,41	-0,254	1,268	0	0	0	1
15:26:15	35,836	0,156	0,000	0	0	1	0
15:26:45	39,133	0,061	1,268	0	1	0	0
15:27:15	22,706	-0,304	1,585	0	0	0	1
15:27:45	41,559	0,349	2,219	0	0	1	0
15:28:15	25,595	-0,296	0,951	0	0	0	1

**ANEXO VIII**

**PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)**

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
15:38:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:38:30	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:38:45	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:39:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:39:15	0,00	0,00	0,00	0,63	1	0	0	0
15:39:30	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:39:45	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:40:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:40:15	8,09	2,25	0,15	1,90	0	0	1	0
15:40:30	30,10	8,36	0,41	3,80	0	0	1	0
15:40:45	46,99	13,05	0,31	0,63	0	0	1	0
15:41:00	53,02	14,73	0,11	0,00	0	0	1	0
15:41:15	44,91	12,48	-0,15	2,54	0	0	0	1
15:41:30	42,52	11,81	-0,04	7,61	0	0	0	1
15:41:45	6,80	1,89	-0,66	1,27	0	0	0	1
15:42:00	0,00	0,00	-0,13	0,00	0	0	0	1
15:42:15	17,56	4,88	0,33	1,27	0	0	1	0
15:42:30	22,26	6,18	0,09	1,27	0	0	1	0
15:42:45	26,58	7,38	0,08	3,80	0	1	0	0
15:43:00	22,85	6,35	-0,07	1,90	0	0	0	1
15:43:15	0,00	0,00	-0,42	0,00	0	0	0	1
15:43:30	0,00	0,00	0,00	0,63	1	0	0	0
15:43:45	29,15	8,10	0,54	3,17	0	0	1	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
15:44:00	15,89	4,41	-0,25	1,27	0	0	0	1
15:44:15	28,58	7,94	0,23	1,90	0	0	1	0
15:44:30	27,52	7,64	-0,02	1,27	0	0	0	1
15:44:45	17,13	4,76	-0,19	1,90	0	0	0	1
15:45:00	15,30	4,25	-0,03	0,63	0	0	0	1
15:45:15	6,17	1,71	-0,17	0,00	0	0	0	1
15:45:30	5,74	1,59	-0,01	1,27	0	0	0	1
15:45:45	20,32	5,64	0,27	1,90	0	0	1	0
15:46:00	25,85	7,18	0,10	1,90	0	0	1	0
15:46:15	0,41	0,11	-0,47	0,00	0	0	0	1
15:46:30	0,20	0,06	0,00	0,00	0	0	0	1
15:46:45	11,04	3,07	0,20	0,63	0	0	1	0
15:47:00	20,85	5,79	0,18	1,27	0	0	1	0
15:47:15	14,61	4,06	-0,12	0,63	0	0	0	1
15:47:30	17,02	4,73	0,04	1,90	0	1	0	0
15:47:45	27,56	7,66	0,20	2,54	0	0	1	0
15:48:00	23,08	6,41	-0,08	1,27	0	1	0	0
15:48:15	7,33	2,04	-0,29	0,00	0	0	0	1
15:48:30	11,15	3,10	0,07	0,63	0	1	0	0
15:48:45	9,24	2,57	-0,04	1,27	0	1	0	0
15:49:00	0,00	0,00	-0,17	0,00	0	0	0	1
15:49:15	12,61	3,50	0,23	0,00	0	0	1	0
15:49:30	15,78	4,38	0,06	1,90	0	1	0	0
15:49:45	0,00	0,00	-0,29	0,00	0	0	0	1

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
15:50:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:50:15	7,58	2,10	0,14	0,00	0	0	1	0
15:50:30	19,85	5,51	0,23	1,90	0	0	1	0
15:50:45	7,06	1,96	-0,24	0,00	0	0	0	1
15:51:00	0,00	0,00	-0,13	0,00	0	0	0	1
15:51:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:51:30	19,35	5,38	0,36	2,54	0	0	1	0
15:51:45	28,65	7,96	0,17	2,54	0	0	1	0
15:52:00	10,13	2,81	-0,34	0,63	0	0	0	1
15:52:15	14,43	4,01	0,08	1,27	0	0	1	0
15:52:30	13,24	3,68	-0,02	0,63	0	0	0	1
15:52:45	4,63	1,29	-0,16	0,00	0	0	0	1
15:53:00	0,00	0,00	-0,09	0,00	0	0	0	1
15:53:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:53:30	13,39	3,72	0,25	0,63	0	0	1	0
15:53:45	13,96	3,88	0,01	0,63	0	1	0	0
15:54:00	5,56	1,54	-0,16	0,63	0	0	0	1
15:54:15	0,74	0,21	-0,09	0,00	0	0	0	1
15:54:30	0,04	0,01	-0,01	0,00	0	0	0	1
15:54:45	0,74	0,21	0,01	0,00	0	0	0	1
15:55:00	18,69	5,19	0,33	1,27	0	0	1	0
15:55:15	10,15	2,82	-0,16	0,00	0	0	0	1
15:55:30	5,30	1,47	-0,09	0,00	0	0	0	1
15:55:45	0,00	0,00	-0,10	0,00	0	0	0	1
15:56:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
15:56:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:56:30	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:56:45	5,43	1,51	0,10	0,00	0	0	1	0
15:57:00	1,13	0,31	-0,08	0,63	0	0	0	1
15:57:15	12,80	3,55	0,22	0,63	0	0	1	0
15:57:30	20,04	5,57	0,13	1,27	0	0	1	0
15:57:45	21,48	5,97	0,03	0,00	0	1	0	0
15:58:00	2,83	0,79	-0,35	0,63	0	0	0	1
15:58:15	0,50	0,14	-0,04	0,00	0	0	0	1
15:58:30	13,26	3,68	0,24	0,63	0	0	1	0
15:58:45	0,22	0,06	-0,24	0,63	0	0	0	1
15:59:00	0,19	0,05	0,00	0,00	0	0	0	1
15:59:15	0,22	0,06	0,00	0,00	0	0	0	1
15:59:30	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
15:59:45	11,45	3,18	0,21	0,00	0	0	1	0
16:00:00	24,43	6,79	0,24	2,54	0	0	1	0
16:00:15	25,22	7,01	0,01	1,90	0	1	0	0
16:00:30	0,00	0,00	-0,47	0,00	0	0	0	1
16:00:45	0,11	0,03	0,00	0,00	0	1	0	0
16:01:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	1
16:01:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:01:30	15,50	4,31	0,29	1,27	0	0	1	0
16:01:45	19,35	5,38	0,07	1,27	0	0	1	0
16:02:00	1,20	0,33	-0,34	0,00	0	0	0	1
16:02:15	2,59	0,72	0,03	0,00	0	0	1	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:02:30	9,70	2,70	0,13	0,00	0	0	1	0
16:02:45	9,65	2,68	0,00	0,63	0	0	1	0
16:03:00	20,34	5,65	0,20	1,90	0	0	1	0
16:03:15	21,93	6,09	0,03	0,00	0	1	0	0
16:03:30	22,50	6,25	0,01	0,63	0	1	0	0
16:03:45	0,00	0,00	-0,42	0,63	0	0	0	1
16:04:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:04:15	3,15	0,87	0,06	0,00	0	1	0	0
16:04:30	10,26	2,85	0,13	0,00	0	0	1	0
16:04:45	25,28	7,02	0,28	1,90	0	0	1	0
16:05:00	26,35	7,32	0,02	1,27	0	1	0	0
16:05:15	3,11	0,86	-0,43	0,63	0	0	0	1
16:05:30	0,00	0,00	-0,06	0,63	0	0	0	1
16:05:45	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:06:00	0,46	0,13	0,01	0,00	0	1	0	0
16:06:15	0,00	0,00	-0,01	0,00	0	0	0	1
16:06:30	18,11	5,03	0,34	1,27	0	0	1	0
16:06:45	32,91	9,14	0,27	3,17	0	0	1	0
16:07:00	10,46	2,91	-0,42	0,63	0	0	0	1
16:07:15	16,39	4,55	0,11	0,63	0	0	1	0
16:07:30	12,22	3,40	-0,08	0,00	0	0	0	1
16:07:45	0,00	0,00	-0,23	0,00	0	0	0	1
16:08:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:08:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:08:30	3,28	0,91	0,06	0,00	0	0	1	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:08:45	10,26	2,85	0,13	0,63	0	0	1	0
16:09:00	17,69	4,91	0,14	1,27	0	0	1	0
16:09:15	7,08	1,97	-0,20	0,63	0	0	0	1
16:09:30	22,71	6,31	0,29	1,27	0	0	1	0
16:09:45	21,87	6,08	-0,02	1,27	0	0	1	0
16:10:00	28,17	7,82	0,12	1,27	0	0	1	0
16:10:15	3,61	1,00	-0,45	0,00	0	0	0	1
16:10:30	0,00	0,00	-0,07	0,00	0	0	0	1
16:10:45	1,13	0,31	0,02	0,00	0	0	1	0
16:11:00	19,84	5,51	0,35	1,90	0	0	1	0
16:11:15	1,11	0,31	-0,35	0,00	0	0	0	1
16:11:30	0,19	0,05	-0,02	0,00	0	0	0	1
16:11:45	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	1
16:12:00	0,30	0,08	0,01	0,00	1	0	0	0
16:12:15	0,26	0,07	0,00	0,00	0	0	0	1
16:12:30	0,15	0,04	0,00	0,00	0	0	0	1
16:12:45	18,56	5,15	0,34	1,27	0	0	1	0
16:13:00	7,17	1,99	-0,21	0,63	0	0	0	1
16:13:15	7,67	2,13	0,01	0,63	0	1	0	0
16:13:30	5,91	1,64	-0,03	0,00	0	0	0	1
16:13:45	29,02	8,06	0,43	3,17	0	0	1	0
16:14:00	19,67	5,46	-0,17	1,27	0	0	0	1
16:14:15	20,41	5,67	0,01	1,90	0	1	0	0
16:14:30	0,00	0,00	-0,38	0,00	0	0	0	1



## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:14:45	14,71	4,08	0,27	1,90	0	0	1	0
16:15:00	6,54	1,82	-0,15	0,63	0	0	0	1
16:15:15	32,23	8,95	0,48	3,80	0	0	1	0
16:15:30	31,11	8,64	-0,02	0,63	0	0	1	0
16:15:45	20,74	5,76	-0,19	0,63	0	0	0	1
16:16:00	8,89	2,47	-0,22	1,27	0	0	0	1
16:16:15	10,58	2,94	0,03	0,63	0	1	0	0
16:16:30	12,80	3,55	0,04	1,90	0	1	0	0
16:16:45	14,52	4,03	0,03	1,90	0	1	0	0
16:17:00	11,30	3,14	-0,06	1,27	0	0	0	1
16:17:15	32,10	8,92	0,39	4,44	0	0	1	0
16:17:30	14,63	4,06	-0,32	2,54	0	0	0	1
16:17:45	31,91	8,86	0,32	6,97	0	0	1	0
16:18:00	35,39	9,83	0,06	4,44	0	1	0	0
16:18:15	0,00	0,00	-0,66	0,00	0	0	0	1
16:18:30	0,00	0,00	0,00	1,27	1	0	0	0
16:18:45	16,17	4,49	0,30	1,27	0	0	1	0
16:19:00	20,15	5,60	0,07	4,44	0	1	0	0
16:19:15	28,22	7,84	0,15	4,44	0	0	1	0
16:19:30	31,73	8,81	0,06	8,88	0	0	1	0
16:19:45	13,98	3,88	-0,33	5,07	0	0	0	1
16:20:00	0,48	0,13	-0,25	0,63	0	0	0	1
16:20:15	6,08	1,69	0,10	2,54	0	0	1	0
16:20:30	38,84	10,79	0,61	4,44	0	0	1	0
16:20:45	6,30	1,75	-0,60	0,63	0	0	0	1

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:21:00	9,28	2,58	0,06	1,27	0	1	0	0
16:21:15	14,89	4,14	0,10	0,00	0	0	1	0
16:21:30	16,43	4,56	0,03	0,00	0	1	0	0
16:21:45	0,02	0,01	-0,30	0,00	0	0	0	1
16:22:00	0,11	0,03	0,00	0,00	0	1	0	0
16:22:15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	1
16:22:30	0,02	0,01	0,00	0,00	0	1	0	0
16:22:45	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:23:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:23:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:23:30	0,35	0,10	0,01	0,00	0	1	0	0
16:23:45	0,30	0,08	0,00	0,00	0	0	0	1
16:24:00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0	0	0	1
16:24:15	0,70	0,20	0,01	0,00	0	0	1	0
16:24:30	0,00	0,00	-0,01	0,00	0	0	0	1
16:24:45	0,61	0,17	0,01	0,00	0	1	0	0
16:25:00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0	0	0	1
16:25:15	0,63	0,18	0,01	0,00	0	1	0	0
16:25:30	13,61	3,78	0,24	0,63	0	0	1	0
16:25:45	19,09	5,30	0,10	1,90	0	0	1	0
16:26:00	19,37	5,38	0,01	1,90	0	1	0	0
16:26:15	18,08	5,02	-0,02	1,27	0	1	0	0
16:26:30	21,37	5,94	0,06	0,00	0	1	0	0
16:26:45	0,11	0,03	-0,39	0,00	0	0	0	1

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:27:00	0,28	0,08	0,00	0,00	0	1	0	0
16:27:15	21,71	6,03	0,40	0,00	0	0	1	0
16:27:30	20,37	5,66	-0,02	0,00	0	0	0	1
16:27:45	5,87	1,63	-0,27	0,00	0	0	0	1
16:28:00	5,85	1,63	0,00	0,00	0	1	0	0
16:28:15	10,91	3,03	0,09	0,00	0	1	0	0
16:28:30	9,96	2,77	-0,02	0,00	0	0	0	1
16:28:45	18,41	5,11	0,16	0,00	0	0	1	0
16:29:00	24,28	6,74	0,11	0,00	0	0	1	0
16:29:15	18,58	5,16	-0,11	0,00	0	0	0	1
16:29:30	11,22	3,12	-0,14	0,00	0	0	0	1
16:29:45	12,80	3,55	0,03	0,00	0	1	0	0
16:30:00	5,80	1,61	-0,13	0,00	0	0	0	1
16:30:15	0,00	0,00	-0,11	0,00	0	0	0	1
16:30:30	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:30:45	1,22	0,34	0,02	0,00	0	1	0	0
16:31:00	19,41	5,39	0,34	0,00	0	0	1	0
16:31:15	30,15	8,38	0,20	0,63	0	0	1	0
16:31:30	0,13	0,04	-0,56	0,00	0	0	0	1
16:31:45	0,07	0,02	0,00	0,00	0	0	0	1
16:32:00	0,74	0,21	0,01	0,00	0	1	0	0
16:32:15	0,17	0,05	-0,01	0,00	0	0	0	1
16:32:30	0,26	0,07	0,00	0,00	0	1	0	0
16:32:45	10,63	2,95	0,19	0,00	0	0	1	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:33:00	15,91	4,42	0,10	1,27	0	0	1	0
16:33:15	2,57	0,72	-0,25	0,00	0	0	0	1
16:33:30	0,00	0,00	-0,05	0,00	0	0	0	1
16:33:45	0,00	0,00	0,00	0,63	1	0	0	0
16:34:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:34:15	23,61	6,56	0,44	1,90	0	0	1	0
16:34:30	35,10	9,75	0,21	1,90	0	0	1	0
16:34:45	26,80	7,44	-0,15	1,90	0	0	0	1
16:35:00	32,89	9,14	0,11	0,63	0	0	1	0
16:35:15	10,95	3,04	-0,41	0,63	0	0	0	1
16:35:30	11,11	3,09	0,00	0,63	0	1	0	0
16:35:45	9,15	2,54	-0,04	0,63	0	0	0	1
16:36:00	23,43	6,51	0,26	3,17	0	0	1	0
16:36:15	6,96	1,93	-0,30	0,00	0	0	0	1
16:36:30	0,00	0,00	-0,13	0,00	0	0	0	1
16:36:45	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:37:00	18,34	5,09	0,34	1,90	0	0	1	0
16:37:15	20,13	5,59	0,03	1,90	0	1	0	0
16:37:30	23,63	6,56	0,06	1,90	0	1	0	0
16:37:45	0,00	0,00	-0,44	0,00	0	0	0	1
16:38:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:38:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:38:30	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:38:45	23,95	6,65	0,44	1,90	0	0	1	0
16:39:00	21,91	6,09	-0,04	1,27	0	1	0	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:39:15	2,02	0,56	-0,37	0,63	0	0	0	1
16:39:30	7,11	1,98	0,09	0,63	0	1	0	0
16:39:45	0,00	0,00	-0,13	0,00	0	0	0	1
16:40:00	1,00	0,28	0,02	0,00	0	1	0	0
16:40:15	1,43	0,40	0,01	0,00	0	1	0	0
16:40:30	9,85	2,74	0,16	0,63	0	0	1	0
16:40:45	20,54	5,71	0,20	1,27	0	0	1	0
16:41:00	18,84	5,23	-0,03	0,63	0	1	0	0
16:41:15	0,00	0,00	-0,35	0,00	0	0	0	1
16:41:30	11,59	3,22	0,21	1,27	0	0	1	0
16:41:45	2,09	0,58	-0,18	0,00	0	0	0	1
16:42:00	4,89	1,36	0,05	0,00	0	1	0	0
16:42:15	8,19	2,27	0,06	0,63	0	1	0	0
16:42:30	8,35	2,32	0,00	0,63	0	1	0	0
16:42:45	11,65	3,24	0,06	0,63	0	1	0	0
16:43:00	0,00	0,00	-0,22	0,00	0	0	0	1
16:43:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:43:30	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:43:45	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:44:00	8,65	2,40	0,16	0,00	0	0	1	0
16:44:15	2,19	0,61	-0,12	0,63	0	0	0	1
16:44:30	4,35	1,21	0,04	0,63	0	1	0	0
16:44:45	7,39	2,05	0,06	1,27	0	1	0	0
16:45:00	0,30	0,08	-0,13	0,00	0	0	0	1
16:45:15	0,39	0,11	0,00	0,00	0	1	0	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:45:30	12,87	3,58	0,23	1,27	0	0	1	0
16:45:45	18,82	5,23	0,11	0,63	0	0	1	0
16:46:00	9,15	2,54	-0,18	0,63	0	0	0	1
16:46:15	7,20	2,00	-0,04	0,00	0	0	0	1
16:46:30	5,15	1,43	-0,04	0,63	0	0	0	1
16:46:45	0,06	0,02	-0,09	0,00	0	0	0	1
16:47:00	11,67	3,24	0,22	0,63	0	0	1	0
16:47:15	0,00	0,00	-0,22	0,00	0	0	0	1
16:47:30	9,02	2,51	0,17	0,63	0	0	1	0
16:47:45	11,96	3,32	0,05	1,27	0	1	0	0
16:48:00	5,09	1,41	-0,13	0,63	0	0	0	1
16:48:15	9,63	2,68	0,08	0,63	0	1	0	0
16:48:30	20,65	5,74	0,20	1,90	0	0	1	0
16:48:45	19,50	5,42	-0,02	1,90	0	1	0	0
16:49:00	11,35	3,15	-0,15	2,54	0	0	0	1
16:49:15	22,04	6,12	0,20	1,90	0	0	1	0
16:49:30	14,61	4,06	-0,14	0,00	0	0	0	1
16:49:45	0,00	0,00	-0,27	0,63	0	0	0	1
16:50:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:50:15	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:50:30	13,15	3,65	0,24	0,00	0	0	1	0
16:50:45	4,35	1,21	-0,16	0,00	0	0	0	1
16:51:00	17,22	4,78	0,24	1,27	0	0	1	0
16:51:15	17,32	4,81	0,00	1,27	0	1	0	0
16:51:30	22,45	6,24	0,10	1,27	0	1	0	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralenti	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:51:45	0,00	0,00	-0,42	0,00	0	0	0	1
16:52:00	0,26	0,07	0,00	0,00	0	1	0	0
16:52:15	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	1
16:52:30	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:52:45	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:53:00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0	0	0
16:53:15	5,09	1,41	0,09	0,00	0	1	0	0
16:53:30	12,56	3,49	0,14	3,17	0	0	1	0
16:53:45	0,00	0,00	-0,23	0,00	0	0	0	1
16:54:00	0,26	0,07	0,00	0,00	0	1	0	0
16:54:15	20,02	5,56	0,37	2,54	0	0	1	0
16:54:30	27,61	7,67	0,14	1,90	0	0	1	0
16:54:45	51,63	14,34	0,44	0,63	0	0	1	0
16:55:00	44,87	12,47	-0,13	1,27	0	0	0	1
16:55:15	41,61	11,56	-0,06	4,44	0	0	0	1
16:55:30	30,48	8,47	-0,21	5,71	0	0	0	1
16:55:45	36,56	10,16	0,11	5,07	0	0	1	0
16:56:00	55,26	15,35	0,35	6,34	0	0	1	0
16:56:15	25,54	7,09	-0,55	0,63	0	0	0	1
16:56:30	44,86	12,46	0,36	5,71	0	0	1	0
16:56:45	1,04	0,29	-0,81	1,27	0	0	0	1
16:57:00	1,85	0,51	0,02	0,00	0	1	0	0
16:57:15	45,74	12,71	0,81	5,07	0	0	1	0
16:57:30	34,37	9,55	-0,21	4,44	0	0	0	1
16:57:45	62,23	17,29	0,52	6,34	0	0	1	0

## ANEXO VIII

### PRUEBA EN LA RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (CONTINUACIÓN...)

PRUEBA EN RUTA					ESTADOS DE CONDUCCIÓN			
Tiempo	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )	Consumo de combustible (gal/h)	Ralentí	Crucero	Aceleración	Desaceleración
16:58:00	48,04	13,34	-0,26	0,00	0	0	0	1
16:58:15	59,06	16,41	0,20	4,44	0	0	1	0
16:58:30	53,30	14,81	-0,11	4,44	0	0	0	1
16:58:45	15,09	4,19	-0,71	0,63	0	0	0	1
16:59:00	2,72	0,76	-0,23	0,00	0	0	0	1
16:59:15	22,84	6,34	0,37	0,00	0	0	1	0
16:59:30	24,76	6,88	0,04	0,63	0	1	0	0