



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO

AUTOMOTRIZ

TEMA:

**ESTUDIO DE LOS NIVELES DE OPACIDAD EN VEHÍCULOS DIÉSEL
EN LA CIUDAD DE IBARRA**

AUTOR: CALDERÓN COBAGANGO EDISON FERNANDO

DIRECTOR: ING. CARLOS NOLASCO MAFLA YÉPEZ, MSc.

IBARRA, MARZO 2023

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 **“Estudio de los niveles de opacidad en vehículos diésel en la ciudad de Ibarra”** presentado por el señor: Calderón Cobagango Edison Fernando con número de cédula 040178730-4, 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 28 días del mes de marzo del 2023.

Atentamente:



Ing. MAFLA YÉPEZ CARLOS NOLASCO, 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

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401787304		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Calderón Cobagango Edison Fernando		
DIRECCIÓN:	Carlisama - San Isidro - Carchi		
EMAIL:	efcalderonc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2280-855	TELÉFONO MÓVIL:	0987445644

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ESTUDIO DE LOS NIVELES DE OPACIDAD EN VEHÍCULOS DIÉSEL EN LA CIUDAD DE IBARRA"
AUTOR:	Calderón Cobagango Edison Fernando
FECHA: DD/MM/AAAA	22/05/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Nolasco Mafla Yépez, MSc

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 22 días del mes de mayo de 2023

EL AUTOR:

CALDERÓN COBAGANGO EDISON FERNANDO
0401787304

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico especialmente a mis padres Bolívar Calderón y Angelita Cobagango, quienes día a día con me han apoyado en el transcurso de la vida y mis estudios, me han motivado sin cansancio a seguir adelante y lograr este objetivo como profesional en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz. A mis hermanos, familia y amigos que me han respaldado durante todo este trayecto de manera incansable con sus consejos y palabras de motivación, con esfuerzo y dedicación todo es posible.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y salud durante todo este tiempo para llegar a cumplir diferentes metas en mi vida, a mi madre, quien día a día me ha demostrado que con perseverancia se pueden lograr las cosas, quien me ha estado apoyando incansablemente con ese amor de madre; a mi padre, el sustento del hogar, quien con gran sacrificio y esfuerzo ha logrado sacar adelante a la familia junto con sus consejos de vida. A mis hermanos, primos, familiares y amigos, quienes igualmente han estado presentes en momentos muy importantes de mi vida, gracias por su apoyo moral.

A la Universidad Técnica del Norte, por permitirme cumplir esta meta en sus instalaciones, a mi director de trabajo de grado, por guiarme y corregir todos los aspectos relacionados con la finalización del proyecto de titulación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPÍTULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. ALCANCE.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5. MOTOR DIÉSEL.....	4
1.5.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIÉSEL.....	6
1.5.2. COMBUSTIBLE.....	6
1.5.2.1. Diésel.....	7
Diésel en el Ecuador	8
1.5.3. COMBUSTIÓN EN MOTORES DIESEL	9
1.5.4. EMISIONES DE GASES DEL MOTOR DIESEL	10
1.5.4.1. Material Particulado	12
Caracterización física del MP.....	13
1.5.4.2. Hollín.....	14
Formación física	14
Formación Química	15
1.5.5. MEDICIÓN DE HUMO EN EL MOTOR DIÉSEL.....	16
1.5.5.1. Opacidad.....	16
1.5.5.2. El opacímetro	18
1.5.6.1. Normativa Ecuatoriana.....	19
1.5.6.2. Normativa Mexicana	19
1.5.6.3. Normativa Japonesa	20
1.5.6.4. Normativa Europea	22
1.5.6.5. Límites de opacidad según la Junta de Recursos del Aire de California [CARB]..	23

1.5.6.6.	Normativa China	24
CAPÍTULO II.....		26
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1.	MATERIALES.....	26
2.1.1.	OPACÍMETRO AVL DISMOKE 480 BT	26
2.1.1.1.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS AVL DiSmoske 480	28
2.2.	VEHÍCULOS DE PRUEBA	29
2.3.	METODOLOGÍA	30
2.3.1.	MUESTREO DE BUSES EN ESTUDIO	30
2.3.1.1.	Número de vehículos a muestrear de cada operadora	30
2.3.1.2.	CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	31
Número de vehículos a muestrear por operadora		32
2.3.2.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE OPACIDAD	32
2.3.2.1.	PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO	33
2.3.2.2.	PREPARACIÓN AVL DiTEST CDS.....	34
2.3.2.3.	PRUEBA ESTÁTICA EN ACELERACIÓN LIBRE.....	34
Obtención de datos, método de aceleración libre.		34
2.3.3.	ESTIMACIÓN DE DATOS	36
2.3.3.1.	Definición de variables.....	36
Variables de entrada		36
Variables de salida.....		37
2.3.3.2.	Algoritmo	37
2.3.3.3.	Modelo Estadístico.....	38
Regresión Lineal Simple		38
Coeficiente de determinación		39
2.3.5.	Seguimiento a la normativa ecuatoriana	41
2.3.5.1.	Constitución	42
2.3.5.2.	Reglamentos	42
Anillo de Ringelmann.....		43
Opacímetro		45
Tulas.....		45
2.3.6.	Bases para la creación de la Normativa	45

Colombia.....	46
México.....	48
Evolución del combustible diésel en las normativas europeas.....	50
CAPÍTULO III	53
3. RESULTADOS	53
3.1. ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS BUSES.....	53
3.1.1. Cooperativas de transporte interprovinciales e intraprovinciales	53
3.1.1.1 Cooperativa de transportes Otavalo	53
3.1.1.2 Cooperativa de transportes Oriental.....	54
3.1.1.3 Los Lagos	54
3.1.1.4 Cooperativa de transportes 6 de Julio	55
3.1.1.5 Cooperativa de transportes Cotacachi	56
3.1.1.6 Cooperativa de transportes Flota Anteña	56
3.1.1.7 Cooperativa de transportes Urcuquí.....	57
3.1.1.8 Cooperativa de transportes Imbaburapac	57
3.1.1.9 Cooperativa de transportes Buenos Aires	58
3.1.1.10 Cooperativa de transportes Campesinor.....	58
3.1.1.11 Cooperativa de transportes Imbamonti	59
3.1.1.12 Cooperativa de transportes Valle	59
3.1.1.13 Cooperativa de transportes Andina	60
3.1.1.14 Cooperativa de transportes Aerotaxi	61
3.1.1.15 Cooperativa de transportes Espejo	61
3.1.1.16 Cooperativa de transportes Mira	62
3.1.1.17 Cooperativa de transportes Expreso Turismo	63
3.1.1.18 Cooperativa de transportes Flota Imbabura	63
3.1.1.19 Cooperativa de transportes La Esperanza	64
3.1.1.20 Cooperativa de transportes 24 de Junio.....	64
3.1.2. Cooperativa de transportes Urbanos	65
3.1.2.1 Cooperativa 28 de Septiembre	65
3.1.2.2 Cooperativa San Miguel.....	66
3.2. ESTIMACIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOFTWARE MATLAB	74
3.2.1. Ingreso de datos.....	74

3.2.2.1	Opacidad por kilometraje	76
3.2.2.	Estimación de datos.....	77
3.2.3.	Parámetros óptimos para la ciudad de Ibarra	78
CAPÍTULO IV		80
4.1	CONCLUSIONES	80
4.2	RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFÍA		82
ANEXOS.....		88

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
Tabla 1.1 Aplicación, fase en la que se encuentran y fuentes de las que se obtiene diversos combustibles.	7
Tabla 1.2 Requisitos del diésel premium	8
Tabla 1.3 Afecciones en la salud causadas por el material particulado.	13
Tabla 1.4 Límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba de aceleración libre)	19
Tabla 1.5 Límites máximos permisibles de opacidad del humo en función del año-modelo del vehículo y cuyo peso bruto vehicular sea de hasta 3,856 kg.	20
Tabla 1.6 Límites máximos permisibles de opacidad de humo en función del año-modelo del vehículo y cuyo peso bruto vehicular sea mayor a 3,856 kg.	20
Tabla 1.7 Valor objetivo de establecimiento de límite permitido para vehículos especiales diésel 2014 (alcanzado de 2014 a 2015).....	21
Tabla 1.8 Límites de emisiones diésel de vehículos pesados EU	22
Tabla 1.9 Transformación de K a %, EURO.....	22
Tabla 1.10 Límites de opacidad para HDVIP y PSIP	23
Tabla 1.11 Límites de emisiones chinas para motores de camiones y autobuses de servicio pesado.....	24
Tabla 1.12 Transformación de K a %, China	25
Tabla 2.1 Opacímetro de flujo parcial, con las siguientes características técnicas:	27
Tabla 2.2 Datos técnicos AVL DiSmoke 480	28
Tabla 2.3 Operadoras de transporte de Imbabura.....	29
Tabla 2.4 Buses Urbanos.....	29
Tabla 2.5 Número de vehículos a muestrear por operadora.....	32
Tabla 2.6 Equivalencias entre las normativas EPA y EURO.....	40
Tabla 2.7 Avance en la normativa de distintos países.....	41
Tabla 2.8 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del tubo de escape en vehículos con motor a Diésel.....	46
Tabla 2.9 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del tubo de escape en vehículos con motor a Diésel.....	47

Tabla 2.10 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo en función del año-modelo del vehículo.....	49
Tabla 2.11 Límites de emisiones para vehículos de carga pesada que utilizan diésel	49
Tabla 2.12 Límites máximos permisibles de opacidad	49
Tabla 2.13 Contenido de azufre en el diésel	50
Tabla 3.1 Datos autobuses analizados Cooperativa Otavalo.....	53
Tabla 3.2 Datos autobuses analizados Cooperativa Oriental	54
Tabla 3.3 Datos autobuses analizados Cooperativa Los Lagos.....	55
Tabla 3.4 Datos autobuses analizados Cooperativa 6 de Julio.....	55
Tabla 3.5 Datos autobuses analizados Cooperativa Cotacachi	56
Tabla 3.6 Datos autobuses analizados Cooperativa Flota Antaña.....	56
Tabla 3.7 Datos autobuses analizados Cooperativa Urcuquí	57
Tabla 3.8 Datos autobuses analizados Cooperativa Imbaburapac	58
Tabla 3.9 Datos autobuses analizados Cooperativa Buenos Aires.....	58
Tabla 3.10 Datos autobuses analizados Cooperativa Campesinor.....	59
Tabla 3.11 Datos autobuses analizados Cooperativa Imbamonti.....	59
Tabla 3.12 Datos autobuses analizados Cooperativa Valle.....	60
Tabla 3.13 Datos autobuses analizados Cooperativa Andina.....	60
Tabla 3.14 Datos autobuses analizados Cooperativa Aerotaxi	61
Tabla 3.15 Datos autobuses analizados Cooperativa Espejo	62
Tabla 3.16 Datos autobuses analizados Cooperativa Mira.....	62
Tabla 3.17 Datos autobuses analizados Cooperativa Expreso Turismo.....	63
Tabla 3.18 Datos autobuses analizados Cooperativa Flota Imbabura.....	63
Tabla 3.19 Datos autobuses analizados Cooperativa La Esperanza.....	64
Tabla 3.20 Datos autobuses analizados Cooperativa 24 de Junio	65
Tabla 3.21 Datos autobuses analizados Cooperativa 28 de Septiembre	65
Tabla 3.22 Datos autobuses analizados Cooperativa San Miguel.....	66
Tabla 3.23 Mediciones de opacidad a vehículos con motor diesel de la provincia de Imbabura.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NUM	PÁGINA
Figura 1.1 Partes del motor diésel	5
Figura 1.2 Zonas del spray formado de combustible en la cámara de combustión	10
Figura 1.3 Concentración relativa de emisiones contaminantes en gas de escape diésel.....	11
Figura 1.4 Comparación visual de depósitos de PM de diversas tecnologías de LDV	12
Figura 1.5 Composición típica de las partículas	15
Figura 1.6 Medición del pulso de opacidad.....	17
Figura 1.7 Emisiones producidas por los vehículos durante la combustión interna del motor	17
Figura 1.8 Esquema de un opacímetro	18
Figura 2.1 Opacímetro AVL DISmoke 480BT	26
Figura 2.2 Sonda de toma de humos.....	27
Figura 2.3 Proceso para la estimación de opacidad.....	36
Figura 2.4 Programación en Matlab	37
Figura 2.5 Primera tarjeta de Ringelmann para la ciudad de Bogotá	46
Figura 2.6 Calidad de los combustibles	51
Figura 2.7 Comparativa entre normativa europea, Estados Unidos vs Latinoamericana	52
Figura 3.1 Opacidad registrada en los buses	68
Figura 3.2 Año modelo vs opacidad	69
Figura 3.3 Opacidad vs Kilometraje	70
Figura 3.4 Opacidad por marca	71
Figura 3.5 Opacidad por operadora	72
Figura 3.6 Contaminación visual de los gases de escape	73
Figura 3.7 Contaminación ambiental percibida.....	73
Figura 3.8 Representación de datos	74
Figura 3.9 Recta obtenida con la regresión	75
Figura 3.10 Cálculo del coeficiente de determinación	76
Figura 3.11 Kilometraje vs Opacidad	77
Figura 3.12 Herramienta de ajuste básico	77
Figura 3.13 Ventana de datos a utilizar para la proyección	78
Figura 3.14 Estándares de opacidad para la ciudad de Ibarra	79

RESUMEN

Las políticas ambientales son cada vez más estrictas a nivel mundial y el sector automotriz es uno de los cuales aporta de manera significativa en este ámbito y por ende se traduce en riesgos a la salud de los seres vivos, sin embargo, en nuestro país, el desarrollo en cuanto a normativas vehiculares se ha visto estancado desde el año 2002 con muy pocos avances en comparación con las que se han aplicado a nivel internacional. Este estudio se centra en evaluar los niveles de opacidad de los vehículos diésel que circulan en la ciudad de Ibarra con respecto a la normativa vigente y así verificar si los límites fijados están acorde a la situación actual o se los puede modificar. Para determinar aquello, se toma los vehículos diésel destinado al transporte de pasajeros que circula dentro de la ciudad de Ibarra, en este caso buses, tanto urbanos como interprovinciales, de los cuales mediante un muestreo se determina la cantidad exacta por cooperativa en los cuales se realizó la medición de opacidad, basados en el proceso de los centros de revisión técnica vehicular (RTV). Al tener los datos de opacidad, mediante el software Matlab se desarrolló un modelo matemático de predicción, con la finalidad de representar la tendencia que se tiene en la ciudad con respecto a los valores de opacidad y así mismo verificar las variables que afectan directamente en este parámetro optando por una posible verificación de la normativa vigente para la circulación de este tipo de vehículos en la ciudad. Sin embargo, para llevar a cabo un cambio, se debe realizar un estudio minucioso, no solo de la opacidad en sí, sino también de factores, como es la calidad del combustible, mantenimiento, entre otros, lo cual llevaría a un estudio demasiado costoso y a largo plazo.

ABSTRACT

Environmental policies are becoming increasingly stringent worldwide and the automotive sector is one of the significant contributors in this regard, which translates into risks to the health of living beings. However, in our country, the development of vehicular regulations has been stagnant since 2002, with very few advances compared to those implemented internationally. This study focuses on evaluating the opacity levels of diesel vehicles circulating in Ibarra city in relation to the current regulations and verifying whether the set limits are in line with the current situation or can be modified. To determinate this, diesel vehicles were considered for Passenger transportation circulating within the Ibarra city, specifically urban and interprovincial buses, were sampled to determinate the exact quantity per cooperative in which opacity measurements were taken, based on the process of vehicle technical inspection centers (VTI). With opacity data available, a mathematical prediction model was developed using Matlab software to represent the trend of opacity values in the city and to identify the variables that directly affect this parameter, potentially leading to a revision of the current regulations for the circulation of this type of vehicle in the city. However, implementing a change requires a thorough study, not only of opacity itself but also of factors such as fuel quality, maintenance, among other, which would result in an expensive and long-term study.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El parque automotor de vehículos diésel ha ido incrementando considerablemente en el país, debido al crecimiento del sector agrícola y las buenas prestaciones que tienen los mismos en diferentes ámbitos. Pero, esto se traduce en un aumento de las emisiones contaminantes que se generan de la combustión del motor diésel y éstas a la vez, afectan a la salud de los habitantes.

La normativa en Ecuador en cuanto a emisiones contaminantes proveniente de vehículos diésel se encuentra vigente desde el año 2002, sin modificación alguna en cuanto a los niveles de opacidad permitidos, los cuales a la vez son altos. Además, en el país circulan vehículos con normativa Euro 1, Euro 2 y Euro 3; pero desde el año 1992 los requisitos ambientales que se tienen son equivalentes a la normativa Euro 1 por los vehículos con los que se contaba en ese tiempo. En la actualidad los vehículos importados y ensamblados en el país se rigen bajo la normativa Euro 2 y Euro 3 con tecnología para la reducción de emisiones, por ende, éstas son más bajas.

Al ser las emisiones de los vehículos diésel muy altas en cuanto a opacidad, el hollín liberado por el escape hacia el ambiente es muy concentrado y provoca un efecto nocivo directamente a los seres vivos que lo inhalan o que se encuentran en contacto con este tipo de contaminante; también contribuyen a la polución en sí del medio en el que éstos circulan, ya que se incrementa el efecto invernadero y en consecuencia el calentamiento global.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Evaluar los niveles de opacidad que se tiene en los vehículos diésel de la ciudad de Ibarra con respecto a la normativa vigente en Ecuador, para proponer nuevos parámetros de medición y contribuir a la conservación del ambiente.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los límites de opacidad nacionales e internacionales establecidos en las normativas existentes mediante una investigación bibliográfica con el fin de realizar una comparativa con la normativa del país.
- Identificar los buses existentes en la ciudad de Ibarra con una petición de datos a diferentes cooperativas, en los cuales se realizará el estudio.
- Obtener los datos de opacidad de una muestra obtenida de la totalidad de buses en la ciudad de Ibarra mediante una petición de datos a Movidelnor E.P, para realizar un análisis predictivo.
- Establecer los parámetros de opacidad óptimos para la ciudad de Ibarra de acuerdo con los resultados obtenidos del estudio.

1.3. ALCANCE

En el transcurso de la investigación, se determinó la opacidad en los buses matriculados en la actualidad en la ciudad de Ibarra. Para esto se tomó datos existentes de la empresa pública

Movidelnor en cuanto a los vehículos diésel con los que se cuenta e información de las diferentes cooperativas de buses que circulan en la ciudad. Las pruebas que se llevó a cabo en la investigación se rigieron a los buses tomados del inventario de dicha empresa, de los cuales mediante un arreglo matemático se extrajo una muestra de estudio. Además, se estudió la diferencia que se tiene con las normativas más relevantes vigentes en el mundo. Los resultados obtenidos del estudio únicamente quedan propuestos para un posible análisis en cuanto a la reducción de los niveles de opacidad.

1.4. JUSTIFICACIÓN

En el Ecuador con el incremento del parque automotor, las emisiones hacia el ambiente de este sector se han incrementado considerablemente, y esto se debe principalmente a la calidad del combustible con el que se cuenta, el cual no cumple para un motor con normativa EURO 3; esto influye en la generación de gases de escape al utilizar combustibles de baja calidad, lo que se traduce en perjuicios a la salud de las personas y al medio ambiente. (Blázquez, 2010)

El objetivo número 12 del plan de creación de oportunidades en su eje de transición ecológica hace énfasis en fomentar modelos de desarrollo sostenible aplicando procesos de adaptación y mitigación al cambio climático (Consejo Nacional de Planificación, 2021). Aquí se hace referencia a los problemas ambientales con más relevancia en el país, como es la inconsciente utilización de los recursos naturales y así mismo, se motiva a realizar buenas prácticas desde la investigación, innovación y transferencia de tecnología.

La normativa NTE INEN 2207 fija los límites de opacidad en vehículos diésel en el Ecuador. Al cumplirlas se estima una reducción del impacto que tienen directamente sobre la salud y el medio ambiente. En cuanto a opacidad se tiene límites de 60% en vehículos del año 1999 y anteriores; mientras que en vehículos del año 2000 y posteriores de 50%. (INEN, 2002)

La empresa pública MOVILDELNOR realiza la medición de gases desde el año 2019 en la revisión vehicular en sus nuevas instalaciones, pero los límites en cuanto a opacidad son altos. Por lo que se requiere realizar un estudio de los niveles de opacidad reales que se tiene en la ciudad de Ibarra, y plantear los resultados obtenidos a dicha empresa con el fin de reducir más el impacto de los vehículos diésel al medio ambiente.

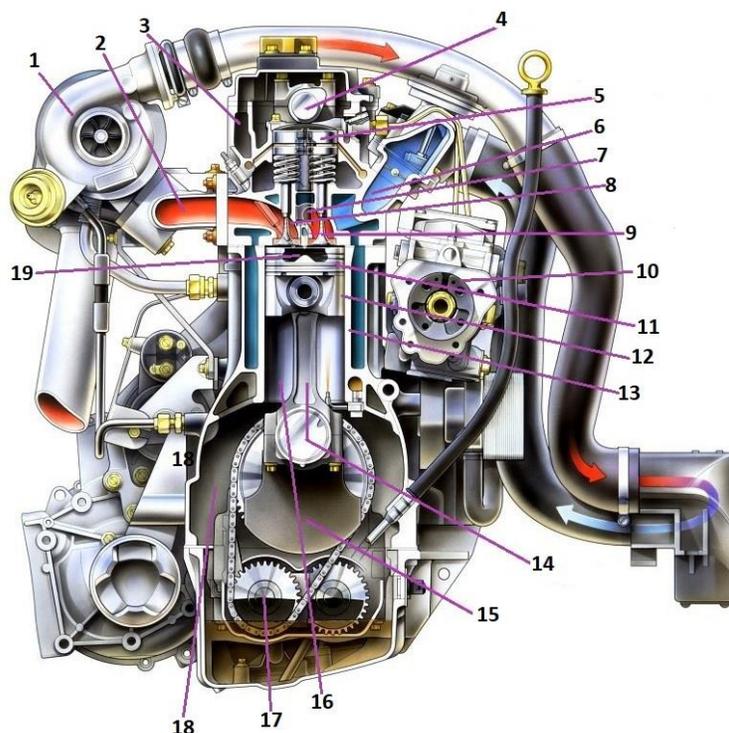
1.5. MOTOR DIÉSEL

Este tipo de motor lo invento y patentó el ingeniero alemán Rudolf Diesel en 1885 aunque, en 1900 presentó su primer motor en la feria internacional de París, el cual despertó el interés en los demás ya que funcionaba a base de combustibles extraídos de aceite de coco y palma (Chávez Castro, 2018). El combustible se denominaba fueloil, mismo que era un aceite liviano utilizado en lámparas.

Es un motor de combustión interna alternativo, el cual se diferencia por la manera en la que se tiene el sistema de alimentación y la forma que realiza la combustión. Los elementos que lo conforman son muy similares a los MEP, aunque se tiene ciertas diferencias constructivas propias de este tipo de motor para dotar de mayor robustez en zonas donde se tiene una presión de trabajo muy elevada.

Al inicio, este tipo de motores se caracterizaban por ser demasiados grandes, ruidosos, lentos y mono-cilíndricos, pero la eficiencia que se conseguía era notoria frente a uno de encendido por chispa. No fue hasta finales del año 1920 que se los utilizó en automóviles y camiones gracias a la reducción de tamaño que se les dio (Loachamín Guallaconte & Mosquera Briceño, 2010, pág. 53). Esto amplió de manera significativa el campo de aplicación para el motor diésel en la industria.

En la actualidad este motor tiene varias aplicaciones tanto en la industria vehicular como: automóviles, camiones, en maquinaria agrícola y pesada, propulsión ferroviaria y marina; además de otras en generadores eléctricos, motosierras, motobombas y accionamiento industrial de motores estacionarios.



N.º	Parte	N.º	Parte
1	Turbo Compresor	11	Rin, segmento
2	Colector de escape	12	Pistón
3	Culata	13	Camisa
4	Árbol de levas	14	Biela
5	Tobera de inyección	15	Cigüeñal
6	Colector de admisión	16	Cilindro
7	Inyector	17	Polea
8	Válvula de escape	18	Bloque motor
9	Válvula de admisión	19	Cámara de combustión
10	Bomba de inyección		

Figura 1.1 Partes del motor diésel
(Loachamín Guallaconte & Mosquera Briceño, 2010, pág. 66)

En la figura 1.1 se observa el esquema de un motor diésel convencional con sus respectivas partes. Dentro del cilindro se observa el pistón que asegura la estanqueidad gracias a los segmentos que lleva en la cabeza, este a su vez se une al cigüeñal mediante la biela y así se transmite el movimiento longitudinal generado de la expansión en circular. Todo se lleva a cabo dentro del bloque motor y se cierra en la parte superior mediante la culata, misma que consta de válvulas tanto de admisión como de escape comandadas por el árbol de levas para permitir el ingreso de aire y la salida de los gases generados en la combustión; también se tiene el inyector

de combustible que suministra combustible en el tiempo y cantidad adecuados en la cámara de combustión. Para cerrar completamente el motor se tiene el cárter en su parte inferior.

1.5.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIÉSEL.

El motor diésel aspira aire, el cual luego es comprimido en el interior de los cilindros, la presión con la que recibe el combustible esta entre los 30 y 60 bares, que son sumamente altas (Jurado, 2018). La combustión en la cámara inicia con la autoignición de la mezcla, originada por la fuerte presión y elevada temperatura a la que se somete el combustible durante la fase de compresión, donde se inyecta el combustible casi al final de dicha fase. Trabaja con un excedente de aire ya que, si este es bajo, las emisiones contaminantes se disparan.

En el interior de la cámara se genera una fuerte ignición que expande los gases presentes y obliga al pistón a desplazarse desde el punto muerto superior PMS hasta el punto muerto inferior PMI y, mediante el mecanismo biela manivela transformar movimiento lineal alternativo en otra circular gracias al cigüeñal. La energía que se obtiene luego de la combustión se convierte en trabajo.

1.5.2. COMBUSTIBLE

Los combustibles que se utilizan en la mayoría de los motores alternativos son derivados del petróleo y por lo tanto son de origen fósil. Sin embargo las limitaciones que se tiene para este tipo de combustibles son cada vez más rigurosas por los impactos que estos conllevan hacia el ambiente y la salud de los seres vivos; esto a la vez obliga a los fabricantes de medios de transporte que ocupan estos combustibles a crear implementos que ayuden a reducir los impactos que tienen los residuos que salen del escape y, además obliga también a la industria petrolera a mejorar la calidad de sus productos finales para contribuir a la disminución de emisiones contaminantes.

Estas exigencias han llevado a optar por diferentes tipos de combustibles para cada tipo de motor, los cuales a la vez se describen en la Tabla 1.1, en la cual se indica el tipo de combustible, el tipo de motor en el cual es utilizado, el estado en el cual se encuentra y su origen.

Tabla 1.1 Aplicación, fase en la que se encuentran y fuentes de las que se obtiene diversos combustibles.

COMBUSTIBLE	TIPO DE MOTOR		FASE DEL COMBUSTIBLE		ORIGEN DEL COMBUSTIBLE	
	MEP	MEC	LÍQUIDO	GAS	FÓSIL	OTROS
Gasolina	X		X		X	
Etanol	X		X			X
Metanol	X		X		X	X
MTBE (Metil Terciario Butil Éter)	X		X		X	X
ETBE (Etil Terciario Butil Éter)	X		X			X
Gas Natural	X		X	X	X	
Gas Licuado de Petróleo	X		X		X	
Hidrogeno	X		X	X	X	X
Diésel		X	X		X	X
Bio Diésel		X	X			X
GTL (gas to liquid)		X	X		X	
CTL (coal to liquid)		X	X		X	
BTL (biomass to liquid)		X	X			X
DME (bio dimetil eter)		X	X		X	X
Biogas (BG)	X					X

Fuente: (Payri & Desantes, 2011)

1.5.2.1. Diésel

Es un líquido conocido como gasoil, el cual es un combustible que se obtiene del proceso de destilación del petróleo a partir de temperaturas entre 215 °C a 338 °C, el diésel C₁₂H₂₃ está compuesto de un 75% de hidrocarburos saturados y de un 25% de hidrocarburos aromáticos (Chávez Castro, 2018, pág. 24).

Este hidrocarburo líquido tiene una densidad sobre 0,832 kg/cm³ y un poder calorífico de 43,1 MJ/kg el cual se compone principalmente por parafinas (Ing. Gómez Yáñez & Ing. Vargas Tipán, 2017, pág. 13). Se utiliza en máquinas de combustión interna ya que tiene un alto rendimiento y eficiencia mecánica para calefacción y vehículos tanto livianos como pesados.

Diésel en el Ecuador

El organismo encargado de realizar la normalización del diésel en el país es el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), el cual al dictar la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1489:2021 llega a determinar los requisitos de los productos que se obtiene de la refinación del petróleo, pero específicamente el diésel.

El diésel que se tiene en el país es de diferentes tipos, los cuales se diferencian de los demás por la calidad. Además, dependen en su mayoría de la finalidad o la maquinaria en la que se lo ocupara. En la industria se implementa diésel 1 y 2, pero en el ámbito automotriz el combustible que se utiliza es el diésel Premium.

Diésel Premium

Es el combustible utilizado en motores vehiculares actualmente en la industria automotriz en Ecuador, obtenido de la destilación del petróleo. Se conforma principalmente por carbono, azufre e hidrógeno.

Cuenta con un porcentaje de biodiésel que permite reducir las emisiones generadas durante la combustión, para contribuir de cierta manera al medio ambiente. El porcentaje que se le agrega de biodiésel varía entre el 5% a 10% como se muestra en la tabla 1.2 además de los requisitos que debe cumplir (Chávez Castro, 2018, pág. 47).

Tabla 1.2 Requisitos del diésel premium

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°C	51,0	--	ASTM D93
Contenido de agua y sedimento	% ^b	--	0,05	ASTM D2709
Contenido de cenizas	% ^c	--	0,01	ASTM D482

Tabla 1.2 Requisitos del diésel premium (**Continuación...**)

Densidad a 15 °C	Kg/m ³	815	860	ASTM D1298 ASTM D4052
Contenido de azufre	% ^c	--	0,0450	ASTM D5453
Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% del residuo de la destilación	%	--	0,15	ASTM D189 ASTM D4530
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm ² /s	2,0	5,0	ASTM D445
Temperatura de destilación del 10% 50% 90%	°C	Reportar		ASTM D86
		Reportar		
			360	
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	--	--	No. 3	ASTM D130
Índice de cetano calculado	--	45,0	--	ASTM D976 ^d ASTM D4737 ^d
Contenido de biodiésel ^e	% ^b	--	10	ASTM D7371 ASTM D7806 ASTM D7861 ASTM D7963
*Se debe considerar este parámetro siempre y cuando el diésel esté acondicionado con biodiésel				

Fuente: (INEN, 2021, pág. 4)

1.5.3. COMBUSTIÓN EN MOTORES DIESEL

Al darse la reacción termoquímica en el proceso de combustión ideal se obtiene CO₂ y H₂O de manera teórica, aunque, realmente al no ser un proceso 100% eficaz se originan otros tipos de sustancias contaminantes y son expulsadas hacia el medio ambiente por el escape de los vehículos.

El periodo en el que se da la combustión está comprendido entre 40-50° de giro del cigüeñal, alrededor de 20° antes del PMS y 20-30° después del PMS (Ciria, 2013). Mientras que el tiempo en que se da la inyección está en torno a los 20° de giro de cigüeñal, dando inicio 15° antes del PMS y finalizando 5° después del PMS (Loachamín Guallaconte & Mosquera Briceño, 2010, pág. 63).

Al darse la inyección, el combustible pasa por una serie de eventos con lo que se asegura una combustión adecuada como es: atomización, vaporización, mezcla, autoencendido y

combustión. Sin embargo, durante la formación del spray o mezcla de combustible en la cámara de combustión, se tiene zonas ricas y pobres; aunque, es en la zona rica donde se origina la carbonilla y en la pobre se da una mayor cantidad de NO_x, por una oxidación inadecuada.

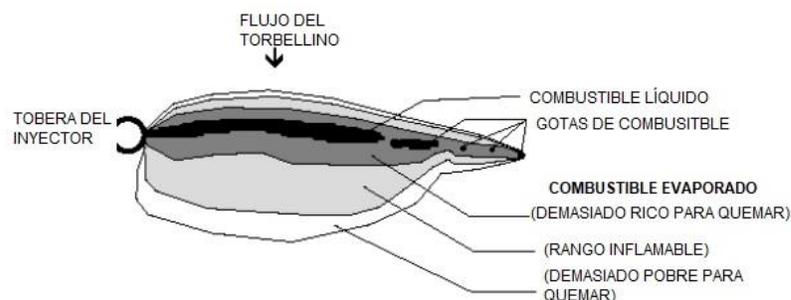


Figura 1.2 Zonas del spray formado de combustible en la cámara de combustión
(Ciria, 2013, pág. 3)

En la figura 1.2 se puede apreciar de mejor manera dichas zonas y diferenciar el estado en el que se encuentra el combustible, además de la zona inflamable donde inicia el autoencendido de la mezcla. En el final de la inyección la mayor parte de partículas de carbonilla son quemadas, aunque, al ser sólidas la reacción termoquímica no es tan rápida y, también durante el proceso de expansión se tiene un decremento de temperatura, ocasionando que la carbonilla se deposite en el cilindro y el pistón o que salgan mediante el escape.

La forma en la que se da la combustión de la mezcla influye directamente en las emisiones de partículas contaminantes, por lo tanto, si se tiene una temperatura y presión bajas, mayores emisiones produce dicho motor; por el contrario, al ser elevadas se incrementa las emisiones de NO_x.

1.5.4. EMISIONES DE GASES DEL MOTOR DIESEL

La principal fuente móvil de contaminación del aire es el transporte por carretera, el cual se refiere a todas las emisiones de tráfico vehicular, independientemente del tamaño o la finalidad

del vehículo y cuyas emisiones se producen cerca de los lugares donde la gente vive, trabaja, pasea y viaja (Dr. Ubilla & Dra. Yohannessen, 2016, pág. 112).

El incremento del parque automotor a nivel mundial es muy significativo y eso se traduce directamente en un incremento en cuanto a las emisiones que se producen de los mismos en el proceso de la combustión. Estos gases en altas concentraciones llegan a producir grandes perjuicios al medio ambiente y sobre todo en la salud de las personas.

Según (Chávez Castro, 2018, pág. 29): en gran parte, el exceso de emisiones contaminantes depende de la mala calidad del combustible, motores obsoletos sin un equipamiento adecuado de sistemas de tratamiento posterior de gases de escape, mal estado mecánico de los vehículos, la forma de conducir de las personas y estado de las carreteras que favorece las condiciones adecuadas para contaminar todo lo que está a su paso.



Figura 1.3 Concentración relativa de emisiones contaminantes en gas de escape diésel (Majewsky, 2012)

En la figura 1.3 se tiene la representación de los gases de escape de un motor diésel, mismos que dependen de la carga del motor, un pequeño porcentaje tiene efectos adversos para salud y el medio ambiente, provenientes de una mala o incompleta combustión. Los porcentajes en que se encuentran estos gases son: CO_2 entre 2-12%, H_2O comprendido entre 2-12%, O_2 entre 3-17% y N_2 el cual se encuentra en equilibrio (Majewsky, 2012).

1.5.4.1. Material Particulado

El motor diésel a diferencia del motor de gasolina tiene una mezcla heterogénea de aire-combustible, lo que lo hace dependiente de las condiciones de combustión en cuanto a las emisiones generadas. Durante el proceso de la combustión se liberan algunos gases contaminantes, pero se nota en gran medida cuando la combustión que se tiene es incompleta, entre éstos los más comunes luego del proceso son HC, CO, PM, entre otros (Chávez Castro, 2018, pág. 11).

El material particulado es el responsable del humo negro en los vehículos diésel y es una de las principales emisiones dañinas del motor diésel, ya que son sólidos carbonosos e hidrocarburos pesados derivados del combustible y del aceite lubricante (Majewski & Jääskeläinen, 2018).

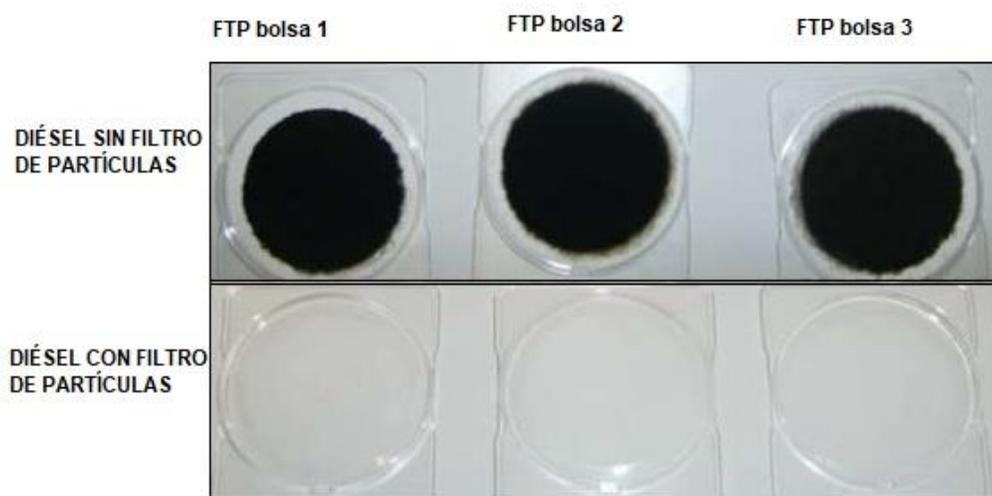


Figura 1.4 Comparación visual de depósitos de PM de diversas tecnologías de LDV Vehículos ligeros, prueba FTP-75 (bolsa 1=arranque en frío) (Majewski & Jääskeläinen, 2018).

En la figura 1.4 se puede identificar el impacto del material particulado del diésel hacia varios filtros, donde se puede apreciar en la primera fila una cantidad significativa de hollín ya que no se contaba con un filtro de partículas, en comparación con el que cuenta con un filtro de partículas diésel, en el cual el hollín es casi nulo o a simple vista nulo. Además, para esto se

utiliza un procedimiento de pruebas federal FTP propio de Estados Unidos con que el que se lleva a cabo la certificación y pruebas.

Caracterización física del MP

Se clasifican de acuerdo con el tamaño de las partículas en MP_{10} con un diámetro de $10\mu m$ y, $MP_{2.5}$ de $2.5\mu m$; al tener un menor tamaño en aquellas partículas se incrementa el riesgo para el ser humano. Las afecciones que se tiene en la salud por parte de estos residuos se los detalla en el informe de calidad ambiental de quito generado por la normativa ecuatoriana de calidad ambiental NECA, mismo que se detalla en la tabla 1.3 que se muestra a continuación.

Tabla 1.3 Afecciones en la salud causadas por el material particulado.

Contaminante	Características	Fuentes principales	Efectos sobre la salud
PM10	Material particulado suspendido de diámetro menor a $10\mu m$. Partículas de material sólido o gotas líquidas suspendidas en el aire. Puede presentarse como polvo, niebla, aerosoles, humo, hollín, ect.	Erosión eólica y tráfico en vías sin pavimento y actividades de construcción. Procesos de combustión (industria y vehículos de automoción)	Produce irritación de las vías respiratorias, agrava el asma y favorece las enfermedades cardiovasculares. Se relaciona con la silicosis y asbestosis. Causa deterioro de la función respiratoria (corto plazo). Asociado con el desarrollo de enfermedades crónicas, cáncer o muerte prematura (largo plazo).
PM2.5	Material particulado suspendido menor a $2.5\mu m$.	Procesos de combustión (industrias, generación termoeléctrica). Incendios forestales y quemas. Purificación y procesamiento de metales.	Tiene la capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares y muerte prematura.

Fuente: (Espinosa Cevallos & Salazar Haro, 2017, pág. 39)

El material particulado (MP) es uno de los principales contaminantes presentes en el medio. MP fino (<2.5 micras): proviene de emisiones de procesos de combustión, tales como el uso de

vehículos gasolina y diésel el cual a la vez queda en suspensión en el aire (Dr. Ubilla & Dra. Yohannessen, 2016, pág. 114).

Estas partículas también conocidas como hollín constan de un núcleo de carbono, en el cual se encuentran adheridos componentes como: Hidrocarburos, agua, sulfato, azufre y óxidos metálicos varios (Ortega Guerrón & Piedmag Chuquí, 2015, pág. 20).

1.5.4.2.Hollín

Es la sustancia crasa y negra que deposita el humo en las paredes del cilindro y es producido por una combustión inadecuada de la mezcla (Jácome Sandoval, 2018). En la formación del MP se implican diversos factores y procesos por los que se somete antes de salir al medio ambiente y repercuten en sus propiedades.

Formación física

Básicamente se tiene la presencia de partículas primarias, mismas que se generan al pasar por etapas desde la llama hasta el sistema de escape.

- **Nucleación.** – Se da a temperaturas elevadas entre los 1300 y 1600 K (Ing. Gómez Yáñez & Ing. Vargas Tipán, 2017, pág. 33) . Existe una fase sólida o partículas que se originan a partir del vapor en zonas ricas en combustible y la temperatura mencionada.
- **Superficial.** – Al tener la partícula nucleada, se da una adición de masa igualmente a elevadas temperaturas. Los hidrocarburos añadidos están en fase de gas como son los aromáticos policíclicos HAPS.
- **Coagulación.** – Se da una colisión de dos partículas primarias esféricas de la cual resulta una única partícula con la misma forma, pero su masa es el resultado de la suma de las partículas que entraron en colisión.
- **Oxidación.** – Esta etapa se inicia sobre los 1300 K (Ing. Gómez Yáñez & Ing. Vargas Tipán, 2017, pág. 33). El carbono generado o los hidrocarburos pasan a ser CO o CO₂ en una

combustión incompleta o completa respectivamente. Son productos de la combustión y se inicia a tal temperatura ya que presentan una gran resistencia a la oxidación.

- **Adsorción.** – Los compuestos orgánicos volátiles que están presentes en el escape se adhieren en las partículas formadas, esto conlleva a un incremento en la masa y tamaño del MP. Además, se disminuye el contenido de hidrocarburos en estado gaseoso.
- **Agregación y aglomeración.** – Se tiene la unión de partículas con la singularidad de que en una se tiene fuerzas atómicas o moleculares y se producen compuestos lineales con una gran estabilidad, mientras que, en la aglomeración las fuerzas son débiles.
- **Condensación y evaporación.** – La condensación se da al tener partículas estables y saturadas, mismas que han pasado por la nucleación y la adsorción. Estos parámetros afectan igualmente en la masa y tamaño de las partículas.

Formación Química

Es posible separar las partículas mediante un proceso de extracción química en dos fracciones:

- **Porción insoluble ISF.** – se distingue algunos compuestos, principalmente el carbono que da origen al hollín y otros como: sales; sulfatos derivados de compuestos sulfurosos del combustible y aditivos; agua y materiales inorgánicos.
- **Porción soluble SOF.** – está compuesta por hidrocarburos y compuestos orgánicos provenientes del combustible y aceite lubricante. Se puede apreciar mejor en la figura 1.5.

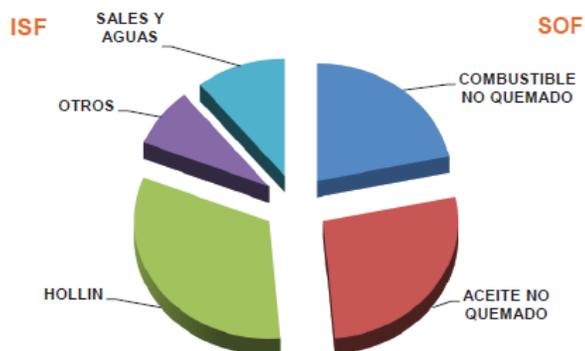


Figura 1.5 Composición típica de las partículas
(Ing. Gómez Yáñez & Ing. Vargas Tipán, 2017, pág. 37)

La reglamentación en cuanto a emisiones en el país no es estricta, y esto hace que los habitantes de grandes ciudades respiren sustancias nocivas, con un alto contenido de veneno y se puede decir que esto conlleva a enfermedades en el sistema respiratorio y en la piel; aunque los gases del motor diésel son más favorables con el medio respecto a los que son expulsados de un vehículo a gasolina, salvo a que la producción de humo es más excesiva [material particulado] (Jurado, 2018).

1.5.5. MEDICIÓN DE HUMO EN EL MOTOR DIÉSEL

En vehículos con este tipo de motor se determina la cantidad de partículas de hollín, que es indicado a través del número de humo obtenido mediante dos procedimientos:

- **Método de filtrado.** – lo que se ocupa es un elemento filtrante en el que se extrae cierta cantidad de gases de escape y, el grado de decoloración de este indica la cantidad de hollín presente.
- **Método de absorción.** – es básicamente la medición de opacidad, donde se utiliza un dispositivo que permite determinar el grado en que el gas de escape bloquea el paso de un haz de luz que lo atraviesa.

1.5.5.1. Opacidad

“Se define como el grado de reducción de la intensidad de la luz visible que ocasiona una sustancia al pasar a través de ésta” (Chávez Castro, 2018).

Por lo tanto, la opacidad depende del grado de luz que atraviesa un material, cuando la luz es bloqueada en gran parte se dice que el material es opaco; si el caudal de luz que pasas es bastante amplio, el material será calificado como traslúcido, y si la luz atraviesa el material en su totalidad se tiene un material transparente (Zapata Tello, 2017, pág. 21) .

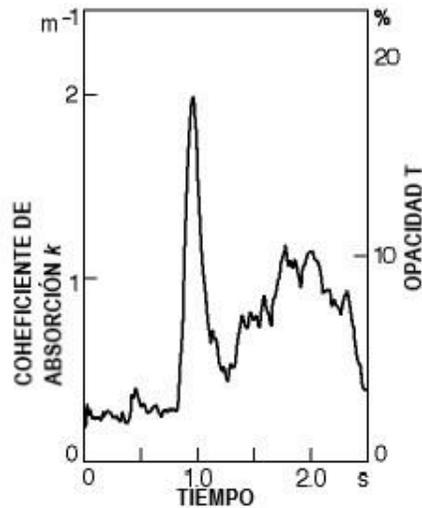


Figura 1.6 Medición del pulso de opacidad
(Robert Bosch GmbH, 2014, pág. 809)

Las escalas de medición que se tiene son dos, una de ellas en unidades de absorción de luz en m^{-1} y la otra que es más utilizada en nuestro país es lineal con un rango de 0% a 100%, ambas escalas de medición se extienden desde cero con el flujo total de luz hasta el valor de la escala con obscurecimiento total como se observa en la figura 1.6 (Zapata Tello, 2017, pág. 21).

En los motores diésel con la medida de opacidad lo que se logra obtener es el espesor del humo proveniente del escape, a través de un equipo especializado que se denomina opacímetro.

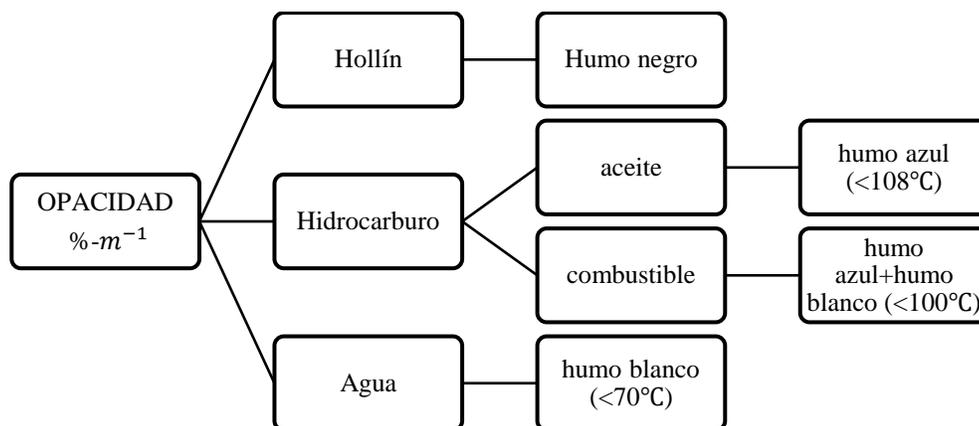


Figura 1.7 Emisiones producidas por los vehículos durante la combustión interna del motor
(Zapata Tello, 2017, pág. 21)

En la figura 1.7 se aprecia el origen de los diferentes colores de humo expulsados por el escape de los vehículos diésel. El humo negro es originado básicamente por el hollín como se lo explicó con anterioridad en el documento.

1.5.5.2.El opacímetro

(Chávez Castro, 2018) Afirma: “es un aparato óptico, el cual utiliza el principio de transmitancia, que se define como el proceso físico por el cual la energía radiante que incide sobre una superficie es parcialmente transmitida, sin cambio en la frecuencia”. Básicamente percibe una parte de gases de expulsados por el escape mediante una sonda y una manguera que los llevan al interior del dispositivo, para luego ser atravesados por un haz de luz. El resultado se lo puede obtener como porcentaje de opacidad T [0%-100%] o como coeficiente de absorción k (Robert Bosch GmbH, 2014).

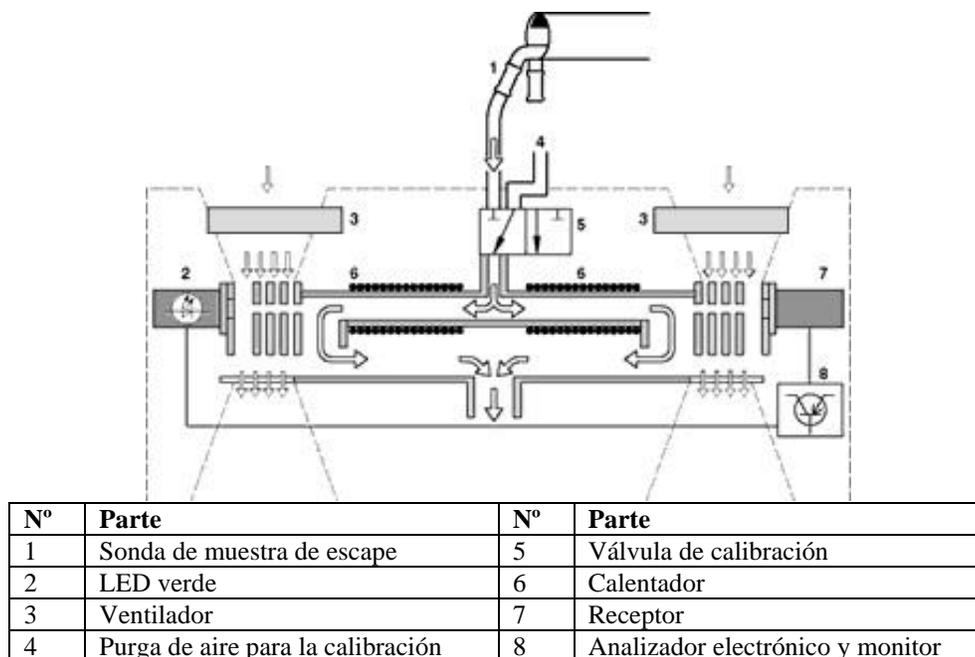


Figura 1.8 Esquema de un opacímetro
(Robert Bosch GmbH, 2014, pág. 809)

El dispositivo consta de tres partes significativas que son: cámara de medición, analizador y el terminal portátil como se muestra en la figura 1.8. Una vez obtenida la muestra de escape y al medir la intensidad de luz, lo que se obtiene en sí es la densidad de las partículas de hollín, además se observa todo el ciclo del gas al ingresar a la máquina.

1.5.6. NORMATIVA Y LÍMITES DE OPACIDAD

El límite de opacidad que han establecido algunos países difiere en las unidades de medición al hacer la revisión vehicular, este puede ser en porcentaje (%) o como coeficiente de absorción de luz k (m^{-1}). Sin embargo, para realizar una comparativa, estos parámetros se los logra relacionar con la ecuación de Beer-Lambert.

1.5.6.1. Normativa Ecuatoriana

Los límites en cuanto a opacidad en nuestro país se rigen bajo la normativa INEN, específicamente en la NTE INEN 2207:2002, misma que se especifica de acuerdo con el año de los vehículos y el porcentaje para cada rango establecido como se muestra en la tabla 1.4 a continuación.

Tabla 1.4 Límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba de aceleración libre)

Año modelo	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

Fuente: (INEN, 2002, pág. 8).

1.5.6.2. Normativa Mexicana

Se encuentra estipulada en la norma oficial NOM-045-SEMARNAT-2017, como medida de protección ambiental para los vehículos en circulación que utilizan el diésel como combustible. Los límites se muestran en las tablas 1.5 y 1.6, de acuerdo con el año y el peso bruto vehicular:

Tabla 1.5 Límites máximos permisibles de opacidad del humo en función del año-modelo del vehículo y cuyo peso bruto vehicular sea de hasta 3,856 kg.

Año-modelo del vehículo	Coefficiente de absorción de luz (m^{-1})	Por ciento de opacidad (%)
2003 y anteriores	2.00	57.68
2004 y posteriores	1.50	47.53

Fuente: (SEGOB, 2018)

Tabla 1.6 Límites máximos permisibles de opacidad de humo en función del año-modelo del vehículo y cuyo peso bruto vehicular sea mayor a 3,856 kg.

Año-modelo del vehículo	Coefficiente de absorción de luz (m^{-1})	Por ciento de opacidad (%)
1997 y anteriores	2.25	61.99
1998 y posteriores	1.50	47.53

Fuente: (SEGOB, 2018)

Esta normativa mantiene rangos de opacidad inferiores en la primera tabla comparado a los que se mantiene aún en vigencia en nuestro país. En cuanto a los vehículos del 2003 y anteriores se tiene una diferencia de 2.47%, mientras que para los del 2004 y posteriores se tiene una diferencia de 2.32%; los datos se plantean de acuerdo con el peso bruto vehicular y el año, mientras que en Ecuador se maneja únicamente por el año.

1.5.6.3. Normativa Japonesa

El futuro en cuanto a políticas del medio ambiente en Japón se analiza frecuentemente. En el apéndice dos del noveno reporte del consejo central del medio ambiente, emitido en enero del 2008 se tiene los límites vigentes en cuanto a emisiones provenientes de vehículos especiales con motor diésel. Los valores se muestran en la tabla 1.7 clasificados de acuerdo con la categoría en kW.

Tabla 1.7 Valor objetivo de establecimiento de límite permitido para vehículos especiales diésel 2014 (alcanzado de 2014 a 2015)

Tipo de vehículo	Valor objetivo de ajuste de límite de tolerancia (valor medio)				Humo negro Diésel
	Óxidos de Nitrógeno	Hidrocarburos	Monóxido de Carbono	Material Particulado	
Salida nominal: 19kW hasta 37kW, pero no incluido	4.0 g/kWh	0.7 g/kWh	5.0 g/kWh	0.3 g/kWh	25%
Salida nominal: 37kW hasta 56kW, pero no incluido	4.0 g/kWh	0.7 g/kWh	5.0 g/kWh	0.025 g/kWh	25%
Salida nominal: 56kW hasta 75kW, pero no incluido	0.4 g/kWh	0.19 g/kWh	5.0 g/kWh	0.02 g/kWh	25%
Salida nominal: 75kW hasta 130kW, pero no incluido	0.4 g/kWh	0.19 g/kWh	5.0 g/kWh	0.02 g/kWh	25%
Salida nominal: 130kW hasta 560kW, pero no incluido	0.4 g/kWh	0.19 g/kWh	3.5 g/kWh	0.02 g/kWh	25%

Fuente: (Ministry of Environment, 2008, pág. 19)

El límite de opacidad en esta normativa se reduce en un 25% relacionada con los límites permisibles en Ecuador, además de que se tiene una clasificación de acuerdo con el tipo de vehículo según la potencia de este. En este país, la normativa es más estricta ya que se mantiene un monitoreo y reportes constantes para mejorar la calidad del aire.

1.5.6.4. Normativa Europea

La normativa europea maneja los rangos de opacidad de acuerdo con el coeficiente de absorción de luz (m^{-1}). En el reglamento N°24 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa y la directiva 88/77/CEE se detallan los límites en cuanto a la normativa Euro que se mantiene vigente y se muestran en la tabla 1.8, de acuerdo con el ciclo europeo de estado continuo [ESC] y prueba europea de respuesta bajo carga [ELR].

Tabla 1.8 Límites de emisiones diésel de vehículos pesados EU

		Límites de emisiones Euro						
Ciclo de prueba	Emisión		I 1992	II 1196- 1998	III 2000	IV 2005	V 2008	VI 2013
	ESC y ELR	CO	g/kWh	4.5	4.2	2.1	1.5	1.5
HC		1.1		1.1	0.66	0.46	0.46	0.13
NOx		8.0		7.0	5.0	3.5	2.0	0.4
PM		0.36		0.15	0.10	0.02	0.02	0.01
Humo		1/m	-	-	0.8	0.5	0.5	-
Número de partículas		1/kWh	-	-	-	-	-	8.0x10 ¹¹

Fuente: (Rudnick, 2013, pág. 815)

La opacidad en esta normativa se maneja de acuerdo con el coeficiente de absorción, siendo necesario la transformación a porcentaje y se representa en la tabla 1.9.

Tabla 1.9 Transformación de K a %, EURO

Emisión EURO	Coficiente [$K m^{-1}$]	Transformación	%
III (2000)	0.8	$N = (1 - e^{-0,8*0,430}) * 100$	29.1
IV (2005)	0.5	$N = (1 - e^{-0,5*0,430}) * 100$	19.34
V (2008)	0.5	$N = (1 - e^{-0,5*0,430}) * 100$	19.34

La normativa EURO maneja estándares de opacidad bajos en comparación con la normativa Ecuatoriana, además de que ha venido cambiando de acuerdo con el año de entrada en vigor de éstas, como se aprecia en la tabla 2.11. En la normativa Euro III se tiene una reducción del 20.9% de opacidad en cuanto al límite inferior estipulado en la norma INEN 2207:2002, mientras que en la IV y V se tiene una reducción del 30.66%.

1.5.6.5.Límites de opacidad según la Junta de Recursos del Aire de California [CARB]

Se tiene el programa de inspección periódica de vehículos pesados [HDVIP] y el de inspección periódica de humo [PSIP] para realizar un seguimiento de las emisiones provenientes de vehículos pesados en California. Los estándares que se mantienen vigentes desde el primero de julio del 2019 se muestran en la tabla 1.10 de acuerdo con el porcentaje de opacidad y modelo.

Tabla 1.10 Límites de opacidad para HDVIP y PSIP

2006 MY (Año modelo) y motores más antiguos sin DPFs (filtro de partículas diésel)	
1991 MY y anteriores	40% Límite de Opacidad
1991-1996 MY	30% Límite de Opacidad
1997-2006 MY	20% Límite de Opacidad
2007 MY o motor de MY posterior	
5% Límite de Opacidad	
2007 MY y motores más nuevos equipados con una estrategia verificada de control de emisiones diésel de nivel 3 verificado (VDECS)	
5% Límite de Opacidad	
Motores equipados con nivel 2 de VDECS	
20% Límite de Opacidad	
Grúas de dos motores operadas por un motor fuera de carretera sin DPF	
40% Límite de Opacidad	

Fuente: (CARB, 2019)

En esta normativa se tiene un mayor control en cuanto a los dispositivos que se utiliza para la reducción de emisiones de partículas como es el filtro y, además, se maneja distintos límites de opacidad de acuerdo con el año de fabricación de los vehículos. En comparación con la normativa Ecuatoriana, el límite más alto es un 20% inferior en cuanto al 60% que se maneja para el rango de año de fabricación, mientras que para modelos del 2006 se tiene un 30% de reducción, esto para vehículos sin DPF. Para vehículos con DPF es aún más estricto, con una reducción del 45% en el rango de opacidad en comparación con el límite actual de Ecuador.

1.5.6.6. Normativa China

La normativa vigente se tiene en la regulación GB 17691-2005 del código de China y están basadas en la normativa europea como se muestra en la tabla 1.11.

Tabla 1.11 Límites de emisiones chinas para motores de camiones y autobuses de servicio pesado

Normativa de emisiones	Fecha	Región	Límites de emisiones (g/kWh)					Humo m^{-1}
			CO	HC	NMHC	NO _x	PM	
ESC+ELR ciclo de prueba, motores diésel								
China III	Enero 2006	Beijing	2.1	0.66	-	5.0	0.10	0.8
	Enero 2007	Shanghái						
	Julio 2007	Guangzhou						
China IV	Noviembre 2009	Shanghái	1.5	0.46	-	3.5	0.02	0.5
	Agosto 2010	Guangzhou						
	Enero 2011	Beijing						
China V	2012	Beijing	1.5	0.46	-	2.0	0.02	0.5

Fuente: (Rudnick, 2013, pág. 861)

Estas normativas se basan en las Euro III, IV y V respectivamente; por lo cual igualmente se tiene la opacidad como coeficiente y se realiza el respectivo cambio para poder realizar una comparativa.

Tabla 1.12 Transformación de K a %, China

China	Coefficiente [$K m^{-1}$]	Transformación	%
III (2007)	0.8	$N = (1 - e^{-0,8*0,430}) * 100$	29.1
IV (2011)	0.5	$N = (1 - e^{-0,5*0,430}) * 100$	19.34
V (2012)	0.5	$N = (1 - e^{-0,5*0,430}) * 100$	19.34

La normativa China tiene la misma variación de opacidad que la Europea en comparación con los límites permisibles en Ecuador, dando a entender que los valores de opacidad del país son demasiado elevados en comparación con el resto de las normativas mencionadas, a excepción de los rangos que aún se mantienen vigentes en México, mismos que son un tanto similares.

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

2.1.1. OPACÍMETRO AVL DISMOKE 480 BT

El equipo permite obtener datos en cuanto a la opacidad del humo proveniente del motor de vehículos diésel, mediante una valoración que se le da a la ausencia de luz generada por el hollín presente en dicho humo y, además, no puede ser tratado como un gas (Matute Sánchez & Ramos Jaramillo, 2015, pág. 40). En la figura 2.1 se tiene una vista general y las diferentes entradas con las que cuenta.



Figura 2.1 Opacímetro AVL DISmoke 480BT
(AVL DiTEST GmbH, 2018, pág. 16)

Nº	Parte	Nº	Parte
1	Asa de transporte	6	Soporte de sujeción para embudo de aspiración (lado inferior)
2	Conexión RS 232, para conexión a AVL DiTEST CDS	7	Salida de gas a medir
3	Conexión del cable de red	8	Entrada de gas a medir
4	Protección óptica desmontable	9	Entrada de aire fresco
5	Salida del aire barrido		

El dispositivo cuenta con un sistema de conexión inalámbrica con el AVL DiTEST CDS que es el software que se maneja en todo el sistema compacto de diagnóstico para vehículos a diésel. Para captar la muestra del humo proveniente del escape se utiliza una sonda especial externa por donde ingresan los gases o una muestra hacia la cámara del opacímetro. En la figura 2.2 se tiene dicha sonda con los acoples necesarios y el dispositivo de fijación para el tubo de escape, la manguera se conecta en la parte delantera del opacímetro.



Figura 2.2 Sonda de toma de humos
(AVL DiTEST GmbH, 2018, pág. 17)

La revisión técnica vehicular en cuanto a opacidad se basa en la Norma Técnica ISO 11614 referente a el equipamiento para realizar este tipo de test a motores de encendido por compresión.

La ANT ha fijado en el reglamento de RTV las características de equipos a utilizar como se describe en la tabla 2.1 con los diferentes rangos de medición.

Tabla 2.1 Opacímetro de flujo parcial, con las siguientes características técnicas:

Parámetro	Requerimiento
Características Generales	Capacidad de medición y reporte automáticos de la opacidad de humo emitido por el tubo de escape de vehículos equipados con motores de ciclo diésel cumplirán con la Norma Técnica ISO 11614, lo que será demostrado mediante certificación del fabricante.
Especificaciones adicionales	Capacidad de medición de la velocidad de giro del motor en rpm y temperatura de aceite, para cualquier tipo de configuración de motor, sistema de alimentación de combustible y diámetro de cañería.

Mediciones y resolución	0-100% de opacidad y factor K de 0-9.999 (m^{-1})	1% de resolución 0.001 m^{-1}
Condiciones ambientales de funcionamiento	Temperatura	5-40 °C
	Humedad relativa	0-90%
	Altitud	Hasta 3000 msnm
	Presión	500-760 mm Hg
Ajuste	Automático, mediante filtros certificados, (material de referencia certificada)	
Sistema de toma de muestra	La toma de muestra se realizará mediante una sonda flexible, a ser insertada en la parte final del tubo de escape	

Fuente: (ANT, 2019, pág. 9)

2.1.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS AVL DiSmoke 480

El equipo de Austria de la empresa AVL DiTEST GMBH utilizado contó con las características mencionadas en la tabla 2.2, mismas que estaban dentro de los parámetros del reglamento de RTV vigentes en el país.

Tabla 2.2 Datos técnicos AVL DiSmoke 480

Característica	Descripción	
Principio de medida	Medición de extinción	
Temperatura de funcionamiento	+5...+45°C	Respetando la exactitud de la medida
	+1...+50°C	Preparado para medir
Temperatura de almacenamiento	-20...+60°C	
Humedad del aire	Max. Máx. 90%, sin condensación	
Tensión de alimentación	AVL DiSmoke 480 BT: por medio de red eléctrica 90...230V	
Consumo de potencia	AVL DiSmoke 480 BT: aprox. 78VA (con calefacción)	
Dimensiones	AVL DiSmoke 480 BT: 490 x 285 x 136 (ancho x alto x profundo)	
Peso	AVL DiSmoke 480 BT: 4,6 kg	
Cámara de medición de turbiedad	Calefacción de la cámara de medición: 100°C	
	Longitud efectiva: 0,215 m +- 0,002m	
	Temperatura máxima de los gases de escape: 200°C	
Parámetros de medida		
	Intervalo de medida	Resolución
Opacidad	0...99%	0,1%
Absorción (valor k)	0...17,68 m^{-1}	0,01 m^{-1}
Eliminación	Este producto de AVL DiTEST es un aparato eléctrico y electrónico de alta calidad, el cual no se debe eliminar en la basura doméstica. Para su eliminación, es esencial cumplir con las obligaciones legales locales	

Fuente: (AVL DiTEST GmbH, 2018, pág. 25)

2.2.VEHÍCULOS DE PRUEBA

En la ciudad de Ibarra se tiene gran afluencia de vehículos a diésel y además cuenta con un Terminal Terrestre de tipo Compañía de Economía Mixta por lo cual, el transporte intraprovincial e interprovincial está presente para brindar servicio de movilidad a la población de Ibarra y demás provincias aledañas. La contaminación proveniente del tráfico rodado eleva la preocupación en zonas urbanas, debido al volumen de vehículos y cifras de peatones que circulan por las mismas calles.

Tabla 2.3 Operadoras de transporte de Imbabura

INTERPROVINCIALES		INTRAPROVINCIALES	
OPERADORA	# de unidades	OPERADORA	# de unidades
Otavaló	67	La Esperanza	30
Oriental	22	24 de Junio	26
Los Lagos	55	6 de Julio	24
Urcuquí	36	Campesinor	9
Imbaburapak	45	Imbamonti	7
Buenos Aires	12	Cotacachi	24
Valle del chota	25	Flota Anteña	25
Andina	45		
Aerotaxi	46		
Espejo	28		
Mira	15		
Expreso Turismo	31		
Flota Imbabura	29		
TOTAL		601	

Fuente: (Flores Villamarín, 2013, pág. 59)

Así mismo, se tiene los buses urbanos pertenecientes a dos cooperativas, como son la “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra”, mismos que se detallan en la tabla 2.4, junto con el año de fabricación de estos.

Tabla 2.4 Buses Urbanos

URBANOS	
Cooperativa 28 de Septiembre	160
Cooperativa San Miguel	127
TOTAL	287

Fuente: (Tarapués Cadena, 2019, pág. 64)

2.3.METODOLOGÍA

Una vez determinada la totalidad de buses que circulan en la ciudad de Ibarra, se extrajo una muestra en la cual se llevó a cabo la evaluación de los datos de opacidad obtenidos. Dichos datos fueron otorgados por parte de la empresa MOVIDELNOR mediante una petición hacia el ente de revisión técnica vehicular de la ciudad. Para evaluar los porcentajes de opacidad obtenidos se empleó un modelo matemático de estimación, en este caso una regresión lineal y se los llevó para un mejor análisis al software MATLAB con las diferentes herramientas que este cuenta.

2.3.1. MUESTREO DE BUSES EN ESTUDIO

Para realizar el cálculo de la muestra se aplicó la fórmula para poblaciones finitas propuesta por Murray y Larry, siendo la más conveniente para la población de estudio que se tiene.

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{\delta^2 (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad [2.1]$$

Donde:

- n: tamaño de la muestra
- Z: valor de confianza según la distribución de gauss. [1,96]
- N: tamaño de la población
- p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar 0,5
- q: q=p
- δ : error admisible, generalmente 10% que equivale a 0,1 para el cálculo.

2.3.1.1.Número de vehículos a muestrear de cada operadora

Mediante un muestreo estratificado se calculó los vehículos a tomar de cada cooperativa, mismo en el cual se procede a realizar las pruebas. Se realizó un inventario de las operadoras de autobuses interprovinciales y urbanos, así mismo, se determinó el número de unidades existentes de cada una de éstas. Para calcular el número de vehículos a muestrear por operadora se realizó una regla de tres entre las unidades por operadora y el total.

$$M = \frac{Nt}{No} = \frac{Mt}{X} \quad [2.2]$$

Donde:

- $M = X =$ Muestra
- $Nt =$ Número total de unidades de todas las operadoras
- $No =$ Número de unidades por operadora
- $Mt =$ Muestra total

2.3.1.2. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

En la ciudad de Ibarra se tiene un total de 888 unidades de buses pertenecientes a las diferentes cooperativas antes mencionadas, por lo que se calcula la muestra con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{\delta^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

- n : valor a conocer [X]
- Z : 1.96
- N : 888
- p : 0.5
- q : 0.5
- δ : 10% que se traduce a 0.1 para el cálculo

$$n = \frac{(1.96)^2 * 888 * 0.5 * 0.5}{(0.1)^2(888 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 86.754 = 87 \text{ unidades}$$

El estudio se lo aplicará a un total de 87 buses obtenidos mediante el muestreo, mismos que serán clasificados por cooperativas que circulan en la ciudad de Ibarra.

Número de vehículos a muestrear por operadora

En la ciudad de Ibarra existen veintiséis operadoras, tanto interprovinciales, intraprovinciales, intercantonales, parroquiales y urbanos; cada uno con diferente número de unidades por lo que se procede a determinar cuántos vehículos se debe muestrear de cada operadora, de la siguiente manera:

Tabla 2.5 Número de vehículos a muestrear por operadora

Operadora	Unidades	Fórmula	Muestra	Operadora	Unidades	Fórmula	Muestra
Otavaló	67	$\% = \frac{888}{67} \frac{87}{X}$	7	Valle del chota	25	$\% = \frac{888}{25} \frac{87}{X}$	2
Oriental	22	$\% = \frac{888}{22} \frac{87}{X}$	2	Andina	45	$\% = \frac{888}{45} \frac{87}{X}$	4
Los Lagos	55	$\% = \frac{888}{55} \frac{87}{X}$	5	Aerotaxi	46	$\% = \frac{918}{46} \frac{87}{X}$	4
6 de Julio	24	$\% = \frac{888}{24} \frac{87}{X}$	2	Espejo	28	$\% = \frac{888}{28} \frac{87}{X}$	3
Cotacachi	24	$\% = \frac{888}{24} \frac{87}{X}$	2	Mira	15	$\% = \frac{888}{15} \frac{87}{X}$	1
Flota Anteña	25	$\% = \frac{888}{25} \frac{87}{X}$	2	Expreso Turismo	31	$\% = \frac{888}{31} \frac{87}{X}$	3
Urcuquí	36	$\% = \frac{888}{36} \frac{87}{X}$	4	Flota Imbabura	29	$\% = \frac{888}{29} \frac{87}{X}$	3
Imbaburapa k	45	$\% = \frac{888}{45} \frac{87}{X}$	4	La Esperanza	30	$\% = \frac{888}{30} \frac{87}{X}$	3
Buenos Aires	12	$\% = \frac{918}{12} \frac{87}{X}$	1	24 de Junio	26	$\% = \frac{888}{26} \frac{87}{X}$	3
Campesinor	9	$\% = \frac{888}{9} \frac{87}{X}$	1	Coop 28 de Septiembre	160	$\% = \frac{888}{160} \frac{87}{X}$	16
Imbamonti	7	$\% = \frac{888}{7} \frac{87}{X}$	1	Coop San Miguel	127	$\% = \frac{888}{127} \frac{87}{X}$	12

Al extraer la muestra por operadora, no se tomó en cuenta los decimales, por lo cual la totalidad de buses en estudio se redujo a 85 unidades de las 87 obtenidas con la ecuación 2.1 descrita anteriormente.

2.3.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE OPACIDAD

Para llevar a cabo la medición de gases de escape, en este caso opacidad, se debe tener un procedimiento organizado y conciso. De esta manera, se reduce el riesgo de error en la obtención de datos. Se muestra las características del equipo a utilizar en el apartado 2.1.

Además, en el país se tiene normativas en los que se contemplan los métodos de control para la revisión de emisiones de gases contaminantes o de opacidad, a fin de seguir un protocolo adecuado en dichas mediciones.

2.3.2.1.PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO

1. Antes de realizar cualquier medición se verifica si el vehículo está funcionando de manera normal. Una inspección visual del motor y los diferentes sistemas es imprescindible, como es los niveles de fluidos o existencia de fugas; además, de una inspección auditiva, para verificar si se tiene algún ruido extraño.
2. Se colocó la transmisión del motor en estado neutro y se cerciora que el pedal del embrague esté libre.
3. Se verifica si el pedal de aceleración no tiene ningún obstáculo por su correcto avance y retroceso, caso contrario se suspende la prueba.
4. El aire acondicionado debe estar apagado y así mismo, si cuenta con freno de motor o escape, deben estar desactivados.
5. El sistema de precalentamiento del aire de admisión debe estar apagado.
6. Se encendió el vehículo de prueba por lo menos 15 minutos antes de realizar la prueba, con la finalidad de que alcance una temperatura óptima de funcionamiento [80°C].
7. Se constató de no poseer fugas en el escape del vehículo, en todo el cuerpo que se encarga de la evacuación de gases.
8. Se realizó una purga del sistema de escape, misma que consiste en realizar tres aceleraciones a fondo de manera consecutiva, para evacuar restos de hollín presentes en el tubo de escape. Esto evitará tener mediciones erróneas al momento de obtener resultados.
9. Se debe verificar que el gobernador de la bomba de inyección limite el número de revoluciones del motor, o esté efectuando el corte de revoluciones.
10. Si el vehículo cuenta con más de una salida de gases de escape, no es necesario medir en cada una, sino que se debe determinar la más adecuada para implementar el equipo de medición. Se verifica que las condiciones de evacuación de gases sea la misma en cada

salida mediante una observación y, en caso de no ser así, se toma la muestra de aquella por la cual se observa que tiene un mayor nivel de humo. (INEN, 2013, pág. 5)

2.3.2.2.PREPARACIÓN AVL DiTEST CDS

1. El equipo trabaja con una alimentación de 230V de corriente alterna, por lo cual el establecimiento debe adecuarse para este tipo de prestaciones. Luego se conectó la sonda y se verificó el estado de los filtros y lentes del equipo.
2. Enlazar el equipo con el ordenador mediante la tecnología inalámbrica con la que cuenta y además se utiliza el conector OBD del vehículo para obtener datos de los sensores requeridos.
3. Al encender el opacímetro se realizó el precalentamiento y autocero del mismo. Este proceso se realiza automáticamente y toma alrededor de 7 minutos, con lo cual llega a un estado óptimo de funcionamiento para obtener valores de medición estables (AVL DiTEST GmbH, 2018).
4. Se verificó que la medida de opacidad es de cero, antes de iniciar las pruebas en el vehículo.
5. Se instaló la sonda del opacímetro en el tubo de escape para dar inicio al test.

2.3.2.3.PRUEBA ESTÁTICA EN ACELERACIÓN LIBRE

Es el método de ensayo de obtención de datos del vehículo en prueba mediante la aceleración libre con el fin de determinar el porcentaje de opacidad. Se encuentra estipulada en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202:2013 y consiste en incrementar las revoluciones desde la mínima hasta la máxima en el motor sin carga y en estado neutro.

Obtención de datos, método de aceleración libre.

Una vez realizados los procedimientos preliminares en los equipos, descrito anteriormente, se realizó los siguientes pasos para la obtención de datos:

1. Se constata que la marcha mínima del motor se encuentre entre los límites permitidos, que son [720-1200rpm].
2. Se verifica que no existe impedimento alguno para tener el movimiento libre del acelerador.
3. Antes de realizar las mediciones, el opacímetro debe verificar los valores de cero y de escala máxima.
4. Se muestra un mensaje en la pantalla del equipo que indica el momento en el cual se inserta la sonda en el tubo de escape, a una profundidad indicada por el fabricante.
5. Al realizar el test oficial, el software pide llenar datos concernientes a cada vehículo y, además, muestra los límites entre los que se debe tener algunas variables para proceder con la medición.
6. Una vez que se han estabilizado las rpm y con la sonda en su lugar, se procede a medir el porcentaje de opacidad con el motor en ralentí.
7. Oprimir completamente el acelerador en un tiempo menor a un segundo
8. Mantener el acelerador completamente oprimido hasta que el motor alcance su velocidad gobernada, luego de alcanzarla, se debe mantener de 2 s a 4 s y después soltar el acelerador para que el motor regrese a su velocidad de ralentí. Si a los 5 s de estar oprimido el acelerador, el motor no alcanza su velocidad gobernada, el software deberá rechazar la prueba.
9. Una vez que se suelta el acelerador deben transcurrir 15 s antes de iniciar el siguiente ciclo. El vehículo en prueba debe recibir por lo menos cuatro ciclos de ensayo. El primero ayuda al operador a familiarizarse con el movimiento adecuado del acelerador y se barre hollín que puede estar en el escape, mientras que con los tres restantes se determinan los valores de humo.
10. La diferencia entre el valor mayor y menor de humo no debe exceder el 5,0 % de opacidad para que la prueba sea válida.
11. Para el valor final se toma tres mediciones y se realiza una media aritmética, siendo este valor el porcentaje de opacidad de dicho vehículo.
12. Los resultados se tomaron de las pruebas que se realiza en la RTV para los buses a diésel con los que se va a trabajar y se los clasifico de acuerdo con algunos parámetros.

13. Una vez realizadas las pruebas, el software permite realizar un informe final con los datos obtenidos, mismo que es certificado. El modelo ha sido utilizado por entidades de control de emisiones y de acuerdo con el resultado se emite el certificado de aprobación o rechazo.
14. Se imprime una lectura de la medición ya estabilizada. (INEN, 2013, pág. 13)

2.3.3. ESTIMACIÓN DE DATOS

Con las variables obtenidas en el estudio se planteó un modelo matemático para proyección de datos, para lo cual se utilizó un software y un modelo estadístico, como se menciona a continuación:

2.3.3.1. Definición de variables

Para la estimación de opacidad a partir de los datos proporcionados durante la RTV se tiene variables tanto de entrada como de salida y el proceso por el cual pasan se describe mediante la figura 2.3 hasta llegar así a un valor predicho.

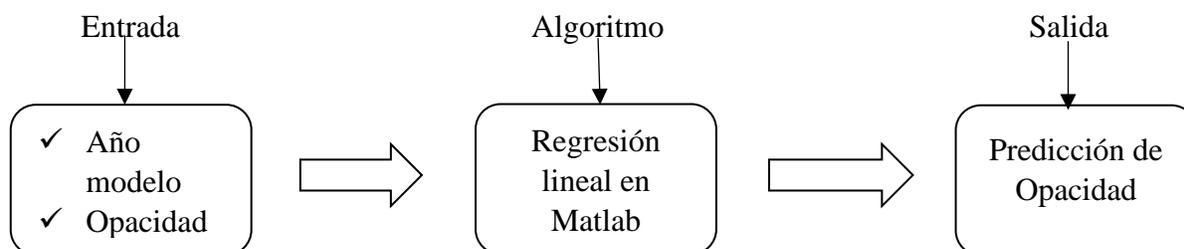


Figura 2.3Proceso para la estimación de opacidad

Variabes de entrada

En la figura 2.3 se muestran las variables de entrada con las cuales se trabaja en la estimación, donde se tomará énfasis en demostrar la relación que se guarda entre el año de fabricación o modelo de los vehículos de pruebas con el porcentaje de opacidad que muestran durante la RTV.

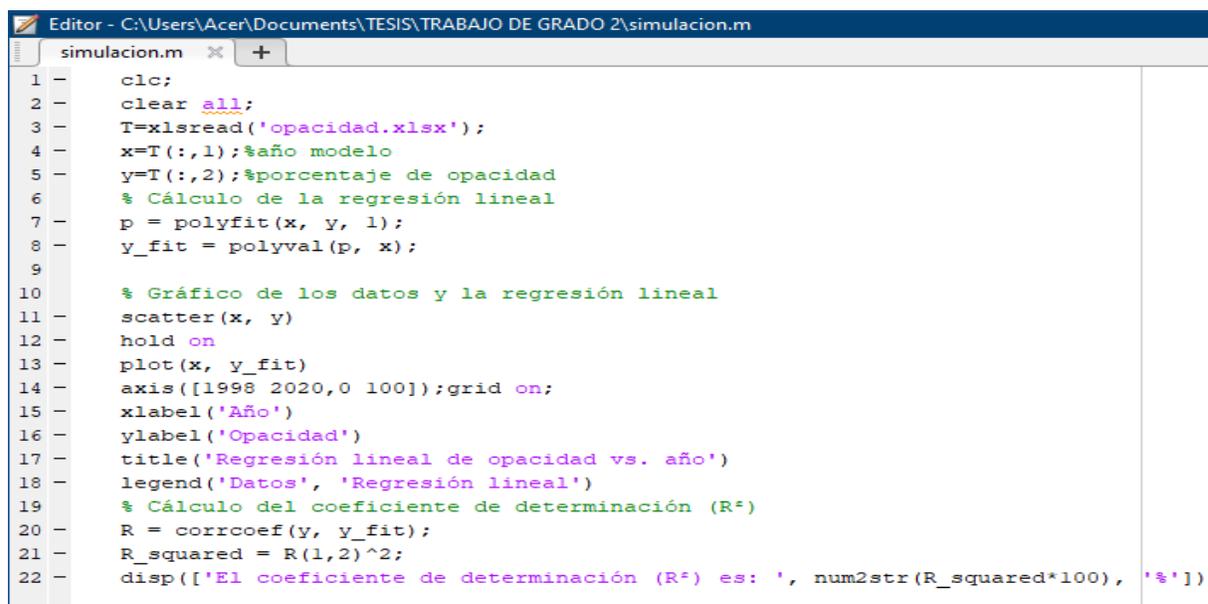
VARIABLES DE SALIDA

De la misma manera, en la figura 2.3 se da a conocer que la única variable de salida en este caso será la opacidad predicha para cada valor que se otorgue en cuanto a año modelo en el algoritmo generado. Únicamente se trabaja con la opacidad para determinar si se tiene una incidencia directa al estipular datos aleatorios de año modelo y compararlos con la realidad que se tiene.

2.3.3.2. Algoritmo

Una vez iniciado el programa, se crea un script en el que se ingresa los datos gracias al lenguaje de programación con el que cuenta el software, además de distintos comandos que permiten una adecuada representación de la información ingresada y así obtener los resultados previstos luego de ser procesados.

Con el modelo adaptado a una regresión lineal se busca una relación significativa entre el año modelo que vendría a ser la variable independiente explicativa del porcentaje de opacidad, o variable dependiente. Este tipo de relación se representó por la función “polyfit” que aproxima a la realidad de la mayoría de casos en estudio, sin embargo, siempre se mantendrá un rango de error por distintos factores que influye en la respuesta.



```

Editor - C:\Users\Acer\Documents\TESIS\TRABAJO DE GRADO 2\simulacion.m
simulacion.m  x  +
1 -   clc;
2 -   clear all;
3 -   T=xlsread('opacidad.xlsx');
4 -   x=T(:,1);%año modelo
5 -   y=T(:,2);%porcentaje de opacidad
6 -   % Cálculo de la regresión lineal
7 -   p = polyfit(x, y, 1);
8 -   y_fit = polyval(p, x);
9
10  % Gráfico de los datos y la regresión lineal
11  scatter(x, y)
12  hold on
13  plot(x, y_fit)
14  axis([1998 2020,0 100]);grid on;
15  xlabel('Año')
16  ylabel('Opacidad')
17  title('Regresión lineal de opacidad vs. año')
18  legend('Datos', 'Regresión lineal')
19  % Cálculo del coeficiente de determinación (R²)
20  R = corrcoef(y, y_fit);
21  R_squared = R(1,2)^2;
22  disp(['El coeficiente de determinación (R²) es: ', num2str(R_squared*100), '%'])

```

Figura 2.4 Programación en Matlab

En la figura 2.4 se tiene detallado la programación de la regresión lineal a utilizar para el desarrollo del proyecto. La variable x está determinada por el año de fabricación, mientras que la variable y se define por los valores de opacidad medidos en cada bus. Estos datos consiernen a todos los valores adquiridos durante la investigación. Al contar únicamente con dos valores, el modelo se queda en una regresión lineal simple ya que no se tomo otro tipo de datos a relacionar con la opacidad, por lo cual el modelo no predecirá el comportamiento al 100%.

La función “xlsread” de la figura 2.4 se utilizó para importar todos los datos de estudio desde una tabla generada con anterioridad en Excel, mismo que puede ser manipulado para poder variar el número de datos. Con esto se obvia el ingreso de todos los valores a evaluar manualmente. A continuación, se definió las variables x , y para año modelo y porcentaje de opacidad respectivamente, tomado de la función xlsread.

2.3.3.3. Modelo Estadístico

Regresión Lineal Simple

Permite el estudio del comportamiento de dos variables y la relación funcional que puede existir entre ellas. Se tiene una variable independiente X y la dependiente Y ; se tiene tantos valores de X como de Y . El gráfico estimado es una recta y se la determina mediante la ecuación:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x \quad [2.3]$$

Dónde:

\hat{Y}	Variable estimada
x	Predictor o variable conocida
β_0	Coefficiente de posición u origen
β_1	Coefficiente angular

Para calcular cada uno de los parámetros descritos anteriormente, se utiliza el método de los mínimos cuadrados, mediante la ecuación:

$$\beta_1 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2} \quad [2.4]$$

$$\beta_0 = \bar{y} - \beta_1 \bar{x} \quad [2.5]$$

Además, se calculó las medias aritméticas requeridas de x y y como se muestra a continuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad [2.6]$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \quad [2.7]$$

Dónde n es el número de datos que se tiene para realizar la ecuación, y con esto se tiene todos los datos para encontrar la ecuación de la regresión lineal.

Coefficiente de determinación

El cálculo de este coeficiente permitió representar lo bien que se ajusta la ecuación a los datos, el porcentaje en sí de la variabilidad de éstos.

Para realizar el cálculo, se tiene que realizar el cálculo de:

- Suma de cuadrados debida al error, SCE.- Permite estimar los valores de la variable dependiente de la muestra.

$$SCE = \sum(y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad [2.8]$$

- Suma de cuadrados debida a la regresión, SCR.- Permite determinar la desviación de los valores de Y de la recta obtenida con la ecuación.

$$STC = SCR + SCE \quad [2.9]$$

De la cual mediante un simple despeje, se obtiene que:

$$SCR = STC - SCE \quad [2.10]$$

- Relación entre los cuadrados o suma total de cuadrados, STC

$$STC = \sum(y_i - \bar{y})^2 \quad [2.11]$$

Una vez obtenido los parámetros antes mencionados, finalmente se puede obtener el coeficiente, mediante la ecuación:

$$r^2 = \frac{SCR}{STC} \quad [2.12]$$

Por último se llevó el valor decimal obtenido a porcentaje, al multiplicarlo por 100. Una vez aplicada la conversión se pudo relacionar la validez de la ecuación aplicada con los datos que se obtuvo en la petición del porcentaje de opacidad.

2.3.4. Cronología del avance en la normativa en distintos países

En todo el mundo se busca erradicar la contaminación ambiental, por lo cual en varios países se renueva y se establece nuevos límites en cuanto a la calidad del combustible cada cierto tiempo, basados principalmente en las normativas EURO como se muestra en la tabla 2.6. En América Latina se busca varias alternativas para equipararse a los estándares de calidad de aire con el que cuenta la mayoría de los países desarrollados, como es el uso de combustibles con ultra-bajo contenido de azufre y el uso de filtros para la evaluación en el avance de la calidad de los combustibles.

Tabla 2.6 Equivalencias entre las normativas EPA y EURO

EPA	EURO	COLOR
91	Pre-II	Red
94	II	Yellow
98	III	Grey
04	IV	Orange
07	V	Blue
10	VI	Green

Fuente: (GOB.MX, 2019)

Hasta el año 2020 se han venido dando avances en algunos países, sin embargo aún existen otros que se mantienen con su normativa inicial o estándares demasiado bajos como es el caso de Costa Rica y Venezuela; mientras que Ecuador se mantiene con una normativa equivalente a la Euro II y Uruguay junto con Perú se encuentran en la normativa Euro III como se muestra en la tabla 2.7. Además se ve reflejado el cambio que han venido tomando otros países.

Tabla 2.7 Avance en la normativa de distintos países

Continente	País	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Americano	Estados Unidos	[Barra verde]							
	Canadá	[Barra verde]							
	México	[Barra naranja]					[Barra verde]		
	Brasil	[Barra azul]							
	Argentina	[Barra naranja]			[Barra azul]				
	Chile	[Barra naranja]			[Barra azul]				
	Colombia	[Barra naranja]	[Barra azul]						
	Perú	[Barra gris]							
	Uruguay	[Barra gris]							
	Ecuador	[Barra amarilla]							
	Costa Rica	[Barra roja]							
	Venezuela	[Barra roja]							
Europeo	Unión Europea	[Barra verde]							
Asiático	Japón	[Barra verde]							
	Corea del Sur	[Barra azul]	[Barra verde]						
	Rusia	[Barra naranja]			[Barra azul]				
	China	[Barra naranja]							
	India	[Barra gris]							
Oceánico	Australia	[Barra azul]							

Fuente: (GOB.MX, 2019)

2.3.5. Seguimiento a la normativa ecuatoriana

Tener un ambiente sano es un derecho constitucional, por lo cual el desarrollo de normativas y la supresión de actos que llegan a limitarlo es incondicional. La normativa existente en el país no cuenta con un desarrollo notable que tienda a reducir las emisiones contaminantes, en este caso el porcentaje de opacidad que se tiene en vehículos diésel, el cual se mantiene en el mismo límite.

En el país, el 76% de la contaminación atmosférica proviene del tráfico rodado. En la ciudad de Ibarra existen 5856 vehículos a diésel matriculados de los cuales 782 son autobuses. De acuerdo con la OMS, la contaminación de aire es la causante de 4.2 millones de muertes al año, relacionadas directamente a accidentes cerebrovasculares, enfermedades cardíacas, cáncer de pulmón y enfermedades respiratorias agudas y crónicas. (OMS, 2021).

Los problemas ambientales en el país se hicieron mayormente visibles en los años sesenta con el incremento del proceso industrial, marcando así una modernidad económica y a la vez una concepción legal para la regulación de permisos sanitarios. El aire obtuvo un derecho ecuatoriano por primera vez en el año 1976, a través de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental [LPCCA] en el artículo 11, donde se lo calificó como de importancia estratégica en el mismo grado que el petróleo (Metzger & Nury, 1996).

2.3.5.1. Constitución

Con la reforma a la constitución de 1983, en su segunda etapa se estableció el derecho de los Ecuatorianos a vivir en un medio libre de contaminación, afirmación que no es del todo acertada ya que, se impone normativa con la cual se gozará de un ambiente sano, pero no totalmente libre; esto a su vez fue una base para la legislación ambiental del país. Además, en el artículo 50 se otorga atribuciones a los municipios para controlar la calidad de vida y conservación del medio ambiente dentro de su área.

Dentro del argumento que estipulaba el artículo en 11 de la LPCCA se hace referencia al artículo 12 del código de Salud en el que se prohíbe arrojar al aire, al suelo o a las aguas, los desechos sólidos, líquidos o gaseosos sin que antes hayan pasado por un proceso que los vuelva inofensivos o menos perjudiciales para los seres vivos (FAOLEX, 1976). Pero, esta ley fue tomada y ejecutada quince años más tarde de su promulgación en donde intervino de gran manera el municipio de Quito.

Con la constitución creada en el 2008 se otorgó derechos al medio ambiente, específicamente en el artículo 14 y 15 se determinó que la población tiene el derecho de vivir en un ambiente sano que garantice el buen vivir (sumak kawsay) y así mismo preservarlo (Asamblea Constituyente, 2008). Además, en el séptimo capítulo se otorgó derechos a la naturaleza con el fin de respetar su existencia, mantenimiento y su regeneración., hecho que se dio por primera vez en la historia de nuestro país.

2.3.5.2. Reglamentos

Con la aplicación de la LPCCA se generó el primer reglamento el 15 de julio 1991 titulado Reglamento sobre Normas de la Calidad del Aire, mismo que se publicó en el Registro Oficial

n° 726. En este, se define algunos conceptos relacionados a la contaminación del aire, normas y métodos de medición los cuales aplicarían el Ministerio de Salud Pública a través del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias [IEOS], entidad que desapareció.

El 27 de enero de 1992 se crea la ordenanza n° 2910 y el reglamento n° 132 dirigidos hacia las fuentes fijas de contaminación como las industrias; sin embargo, también se menciona que el municipio de Quito puede limitar la circulación vehicular en caso de que estos superen dos veces la normativa establecida.

El 11 de mayo de 1994 surge la ordenanza n° 3087 que se refiere netamente a la contaminación vehicular con el respectivo reglamento lanzado el 18 de mayo del mismo año. El control de emisiones se lo hacía mediante el anillo de Ringelmann en ese entonces, con el uso de cartulinas marcadas con líneas que a cierta distancia lograba asimilar al color del escape de los vehículos, cada una tenía un respectivo grosor de línea para luego realizar la transformación a una lectura de mayor compresión como es el porcentaje.

Anillo de Ringelmann

Originalmente este tipo de prueba se lo utilizaba para realizar el control de emisiones en fuentes de contaminación fijas, como son las plantas industriales; luego de ciertas modificaciones se optó la medición en fuentes de contaminación móviles en algunos países como: Chile, Brasil y Colombia. Con esto se buscaba combatir la problemática existente en cuanto a la contaminación causada por los vehículos a diésel por el mal mantenimiento que se tenía en estos.

Este tipo de metodología contaba con algunas limitaciones para poder llevar a cabo las pruebas en vehículos y que influyen de manera directa en la apariencia del humo detectada por el observador, como:

Según (Guzmán Ramos, 2004, pág. 36), el procedimiento de mediciones constaba de algunas limitaciones como:

Restricciones:

1. Alta velocidad del viento, esto puede desencadenar una dispersión de las emisiones rápidamente.

2. El observador debe estar en buenas condiciones para asegurar una correcta apreciación de la escala de grises o matices utilizados para efectuar la prueba.
3. Posición del sol respecto a la del observador.
4. El color de las partículas, mismas que pueden llegar a cambiar la apreciación del observador en cuanto a la tonalidad del humo.

Requisitos para una buena observación:

1. El observador debe situarse de tal manera que luz solar se proyecte a su espalda.
2. El punto de observación o salida de gases debe quedar hacia el norte en cuanto a la ubicación del observador.
3. La posición del observador debe ser perpendicular al punto de emisión.
4. El observador debe efectuar la prueba para un punto de emisión a la vez.
5. Entre las 11 AM y 1PM no se deben realizar este tipo de pruebas por la posición en la que el observador quedaría con respecto al sol.

El porcentaje de error en este tipo de prueba es muy elevado, ya que depende en sí de la capacidad de observación de la persona encargada de realizar las mismas.

Los medios de comunicación dieron a conocer la ordenanza 3087 con el slogan “Al que contamina, ¡La ciudad le castiga!”. El control basado en esta normativa inició el 21 de junio utilizando la tarjeta de Ringelmann con un límite densidad N°3 equivalente al 60% de opacidad, mismo que se estipula en el artículo 327 en la ley de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial (CDE E.P., 2012).

Si el vehículo en prueba superaba el límite establecido en la ley, este era detenido y se le asignaba un plazo de 8 días al propietario para que pueda reparar su vehículo. Las multas iban desde 1 a 10 salarios mínimos vitales [SMV] y en caso de reincidencias, podía subir incluso a 10 SMV y la prohibición de circulación para dicho vehículo (Varea, Barrera, & Maldonado, 1997, pág. 221). Los transportistas quisieron llevar la contra ante esta medida, por lo cual optaron esconder sus vehículos hasta que las medidas sean menos estrictas y bajen igualmente las multas. A mediados de septiembre del mismo año, el municipio logró recaudar alrededor de 10 millones de sucres gracias a las multas. La ciudadanía respondió positivamente ante esta medida, aunque varios sectores de opinión pública cuestionaron el método utilizado por las

entidades para el control de opacidad, ya que se todo el proceso se fiaba únicamente del encargado de realizar las pruebas a simple vista.

Opacímetro

El 2 de diciembre de 1994 se dio a conocer la ordenanza n° 3120, misma que anuló la ordenanza n° 3087 y en la cual se reemplaza el método del anillo de Ringelmann por el opacímetro. Tenía básicamente los mismos artículos de la anterior ordenanza, variando únicamente el método de control. El equipo permite al operador obtener datos reales en cuanto al nivel de humo del escape de dichos automotores y con su terminal o sonda que se coloca directamente en tubo de escape se transmite una señal de humo hacia el equipo. Igualmente, el límite se fijó en un 60 % en la escala de opacidad (Metzger & Nury, 1996, pág. 115). En los 6 primeros meses de aplicación se realizó un informe, en el cual se reflejó que más del 63% del total de vehículos cometieron una contravención a dicha ley.

Tulas

En el año 1998, en la constitución se refleja nuevamente un gran interés sobre los temas ambientales, mismos que se vieron plasmados en la Ley de Gestión Ambiental, que cambio de nombre por TULA y en la actualidad se le conoce como Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente o TULSMA. En dicho recurso se reúnen 6 libros conformados por leyes para la protección de recursos naturales y la calidad ambiental.

Específicamente en el libro VI se destina una sección sobre las emisiones que van a la atmósfera, en el artículo 226, pero, únicamente se considera como emisores a fuentes fijas de combustión o industria, mismas que se someterían a la normativa técnica, dejando a un lado las emisiones por parte de los vehículos o fuentes móviles (Ministerio del Ambiente, 2003, pág. 58). Por lo tanto, la contaminación proveniente de fuentes móviles, en este caso el transporte, no es tomada en cuenta dentro de estos libros, ya que para la autoridad aún no se ha considerado como un serio problema ambiental.

2.3.6. Bases para la creación de la Normativa

La normativa ecuatoriana vigente está basada en las existentes en Colombia y México; se han creado basadas en condiciones de referencia, a 760 mmHg de presión y una temperatura de 25°C, valores estipulados en el Registro Oficial N°726 del 15 de julio de 1991 (Metzger & Nury,

1996, pág. 116). Estos valores deben ser ajustados a los parámetros en los cuales se realice las mediciones mediante una ecuación de corrección de datos, misma que se tenía en el formulario para reportes de mediciones por parte del IEOS.

Colombia

La primera tabla de Ringelmann para Colombia se publicó el 14 de junio de 1996, junto con los límites de opacidad para los vehículos de acuerdo con el año modelo y el peso del vehículo en cuestión como se muestra en tabla 2.8.

Tabla 2.8 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del tubo de escape en vehículos con motor a Diésel

AÑO MODELO	VEHÍCULO LIVIANO OPACIDAD	VEHÍCULO MEDIANO OPACIDAD	VEHÍCULO PESADO OPACIDAD
2001 y POSTERIORES	40%	40%	40%
1996-2000	50%	50%	50%
1991-1995	50%	50%	50%
1986-1990	55%	55%	55%
1981-1985	60%	60%	60%
1980 y ANTERIORES	65%	65%	65%

Fuente: (DAMA, 1996)

En la tabla 2.8 se tiene cinco diferentes valores de opacidad ya que fue la primera modificación a la normativa debido al constante incremento de las emisiones en la ciudad, mismas que se traducen en enfermedades respiratorias; además de que se fijó nuevos artículos para la normativa y procedimiento de medición en los vehículos que se someten a la revisión.

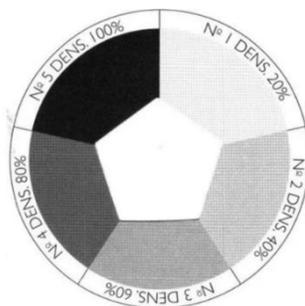


Figura 2.5 Primera tarjeta de Ringelmann para la ciudad de Bogotá

Fuente: (Guzmán Ramos, 2004)

Mientras que en la figura 2.5 se tiene la tarjeta de colores de Ringelmann, misma que está dividida en cinco niveles, que van desde 0% de opacidad hasta el 100% o totalmente obscuro. En la normativa se tiene las instrucciones de uso para tener una adecuada lectura de opacidad en el vehículo que se vaya a poner a prueba como se menciona anteriormente y requisitos para una buena observación; sin embargo, el punto más importante es que el vehículo nunca debe estar a menos de 30 metros o más de 160 metros de distancia del observador (Guzmán Ramos, 2004, pág. 38).

Cabe recalcar que los primeros datos en cuanto a la normativa y límites de opacidad se los publicaron en la resolución 1969 de 1992 debido a que hasta esa fecha no se tenía una regulación ni control alguno hacia las fuentes móviles en circulación. Dicha resolución se estableció luego de haberse realizado un estudio técnico de la secretaría de Salud de y un estudio desde Japón sobre la calidad del aire con que contaba la ciudad de Santa Fé de Bogotá, en el cual se determinó que los niveles de contaminación de la ciudad eran demasiado elevados y la causa principal eran las fuentes móviles.

Los límites se los fijó de acuerdo con el peso y capacidad de pasajeros o plazas del vehículo en cuestión, además de que se fijó límites de meta para vehículos a partir de 1993 y 1995. Los límites se los presenta en unidades Hartridge [UH] y unidades Bosch [UB] como se muestra en la tabla 2.9.

Tabla 2.9 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del tubo de escape en vehículos con motor a Diésel

Tipo de Vehículo	Vehículo en circulación		Vehículos a partir de 1993		Vehículos a partir de 1995	
	UH	UB	UH	UB	UH	UB
Transporte de personas hasta 21 plazas (microbuses, taxis y automóviles)	55	4.2	50	4.0	45	3.6
Transporte de carga de menos de 3.5 toneladas	55	4.2	50	4.0	45	3.6
Transporte de personas de más de 21 plazas	55	4.7	55	4.2	45	3.6
Transporte de carga de más de 3.5 toneladas	65	4.7	55	4.2	45	3.6

Fuente: (DAMA, 1992)

Como se observa en la tabla 2.9, este país se rige bajo una normativa EURO IV y EURO V por la calidad del combustible que se obtiene de sus procesos de refinación, además se dio un salto importante de la normativa EURO II a la EURO IV al lograr obtener como límite los 200 ppm de azufre, aunque para llegar a aplicarla a nivel nacional, aún se tiene limitaciones.

México

Para el año de 1988 en México se decreta la Norma Técnica Ecológica NTE-CCAT-010/88 para contrarrestar el avance de las emisiones contaminantes provenientes de las fuentes móviles, ya que hasta ese entonces la industria automotriz del país no se encontraba bajo un estándar y así lograr mantener un equilibrio ecológico. En el artículo 4 del decreto se fija el límite de opacidad para automotores nuevos a diésel en 50 unidades Hartridge, exceptuando motores estacionarios, tractores agrícolas y maquinaria de construcción. Sin embargo, los niveles permisibles para los vehículos en circulación se estipularon entre 60.3 y 76.1 UH según el flujo nominal del motor en cuestión (SEGOB, 1988).

El 16 de enero de 1991 se publica en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la norma NTE-CCAT-011/90 en la que se estableció los límites de opacidad permitidos para los vehículos en circulación, excepto tractores agrícolas y maquinaria para la construcción. El rango de opacidad desde 1911 hasta 1992 estaba comprendido entre un valor máximo de 71.09UH y un mínimo de 39.91 UH; mientras que para el año 1993 hasta 1994 se estableció un máximo de 64,80UH y un mínimo de 32.80 UH. Además, este valor se lo ratificó en la norma NOM-CCAT-008-ECOL/1993 (SEGOB, 1991).

El 22 de Abril de 1997 se genera la norma NOM-045-ECOL-1996 fijando así nuevos límites de opacidad para vehículos en circulación, sin embargo, esta vez se realiza una clasificación de datos por año modelo del vehículo y se muestra el dato en manera de porcentaje y coeficiente de absorción de luz como se muestra en la tabla 2.10. Además, estos datos se los clasifica también según el peso bruto vehicular.

Tabla 2.10 Niveles máximos permisibles de opacidad del humo en función del año-modelo del vehículo

Peso Bruto (kg)	Año Modelo	Coefficiente de absorción	Opacidad (%)
Hasta 2727	1995 y anteriores	1.99	57.61
	1996 y posteriores	1.07	37.04
Sobre 2727	1990 y anteriores	1.99	57.61
	1991 y posteriores	1.27	42.25

Fuente: (SEGOB, 1997)

En el 2006 se establecen límites de opacidad para vehículos nuevos fabricados e importados en el país, mediante la normativa NOM-044-SEMARNAT-2006 cuyo peso bruto vehicular sea mayor a 3857 kg con excepciones iguales a la de 1988. Los límites bajaron de una manera significativa, al igual que se publicaron junto con otros parámetros contaminantes del motor diésel como se muestra en la tabla 2.11. Los valores estipulados se proyectaron desde el 2006 hasta el 2011.

Tabla 2.11 Límites de emisiones para vehículos de carga pesada que utilizan diésel

Estándar	Límites de Emisiones					
	CO	NO _x	HC	PM	HCM+NO _x	Opacidad (%)
A	15.5	4.0	1.3	0.10	-	20 - 15 - 50
B		-	-		2.4	

Fuente: (SEGOB, 2006)

Así mismo, se da la normativa NOM-045-SEMARNAT-2006 en la cual se estipulan los límites de opacidad para los vehículos en circulación de acuerdo con el peso bruto vehicular, junto con los procedimientos de prueba y las características de los equipos de medición. Los datos se los clasifica además según el año modelo y se los presenta como coeficiente de absorción y porcentaje como se muestra en la tabla 2.12 a continuación:

Tabla 2.12 Límites máximos permisibles de opacidad

Peso Bruto (kg)	Año Modelo	Coefficiente de absorción	Opacidad (%)
Hasta 3856	2003 y anteriores	2.5	65.87
	2004 y posteriores	2.0	57.68
Mayo a 3856	1990 y anteriores	3.0	72.47
	1991 y posteriores	2.5	65.87

Fuente: (SEGOB, 2007, pág. 4)

Actualmente, la normativa vigente hasta el 31 de diciembre del 2021 por un acuerdo del 11 de noviembre del 2020 es la NOM-045-SEMARNAT-2017, misma que se describe con antelación en el punto 1.5.6.2 y cuyos valores no se encuentran tan alejados con respecto a la normativa ecuatoriana. Sin embargo, la calidad del combustible con el que se cuenta en México es mucho mayor, por lo cual en el tabla 2.7 se tiene una equivalencia a normativa EURO IV desde el año 2014 hasta el año 2017, mientras que se da un salto a la normativa EURO VI a partir del año 2018.

Mediante el acuerdo Núm. A/035/2016 en el Diario Oficial Mexicano se expide la norma NOM-016-CRE2016 de especificaciones sobre la calidad de los petrolíferos y en especial se toma en cuenta los datos sobre el diésel. El contenido de azufre permitido es de 500 ppm como máximo en todo el país, sin embargo, se cuenta con la tecnología para producir diésel con un máximo de 15 ppm. Así, por ejemplo, se tiene el Mobil Diésel UBA (ultra bajo contenido de azufre), el cual gracias a un proceso de refinación avanzado logró un límite de 15 ppm de azufre y permite trabajar de manera adecuada con tecnologías con sistemas de tratamiento para bajas emisiones, al igual que con versiones anteriores de vehículos diésel (Exxon Mobil Corporation, s.f.).

Evolución del combustible diésel en las normativas europeas

La Unión Europea se encarga de fijar los estándares de calidad para el combustible diésel, mediante la Organización Europea de Normalización (CEN), mediante la especificación EN 590 correspondiente a cada año en el que se realizó modificaciones a la normativa. Las normativas europeas avanzan considerablemente en el desarrollo del sector automotriz, para realizarlo mucho más amigable con el medio ambiente, como es el caso de la reducción del contenido de azufre como se muestra en la tabla 2.13, el cual afecta directamente en las emisiones contaminantes.

Tabla 2.13 Contenido de azufre en el diésel

CEN	Normativa Euro	Contenido de Azufre (ppm)
EN 590: 1993	Euro 1	2000
EN 590: 1996	Euro 2	500
EN 590: 1999	Euro 3	350
EN 590: 2004	Euro 4	50
EN 590: 2009	Euro 5	10
EE. UU 2010	Euro 6	10

Fuente: (CCAC, 2016)

Actualmente, en Ecuador se produce diésel Premium con un contenido de azufre promedio de 42 ppm gracias a la empresa EP Petroecuador como se muestra en la figura 2.6, mismo que cumple la normativa de emisiones Euro 4 y es inferior de manera notable con los requisitos de la normativa INEN 1489 con un límite de 450 ppm (PETROENERGÍA, 2022).

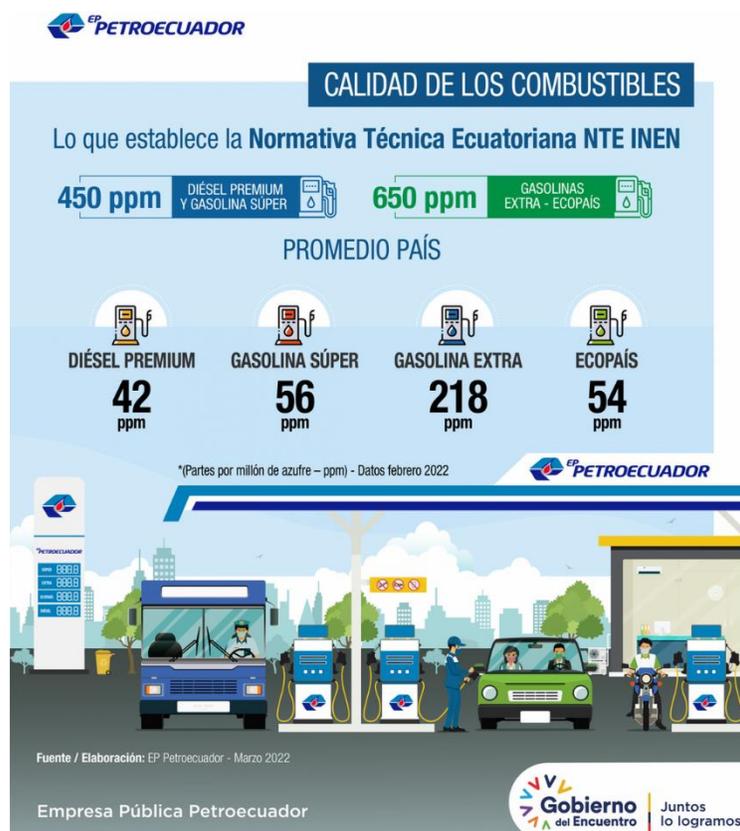


Figura 2.6 Calidad de los combustibles

Fuente: (PETROENERGÍA, 2022)

Sin embargo, la calidad del combustible que se comercializa cumple con la normativa técnica Euro 3, para lo cual el gerente general de EP Petroecuador solicitó una enmienda a la norma técnica y así reducir el límite máximo de contenido de azufre hasta los 250 ppm. Al lograr este cambio, la calidad del diésel premium del país mejorara a nivel nacional.

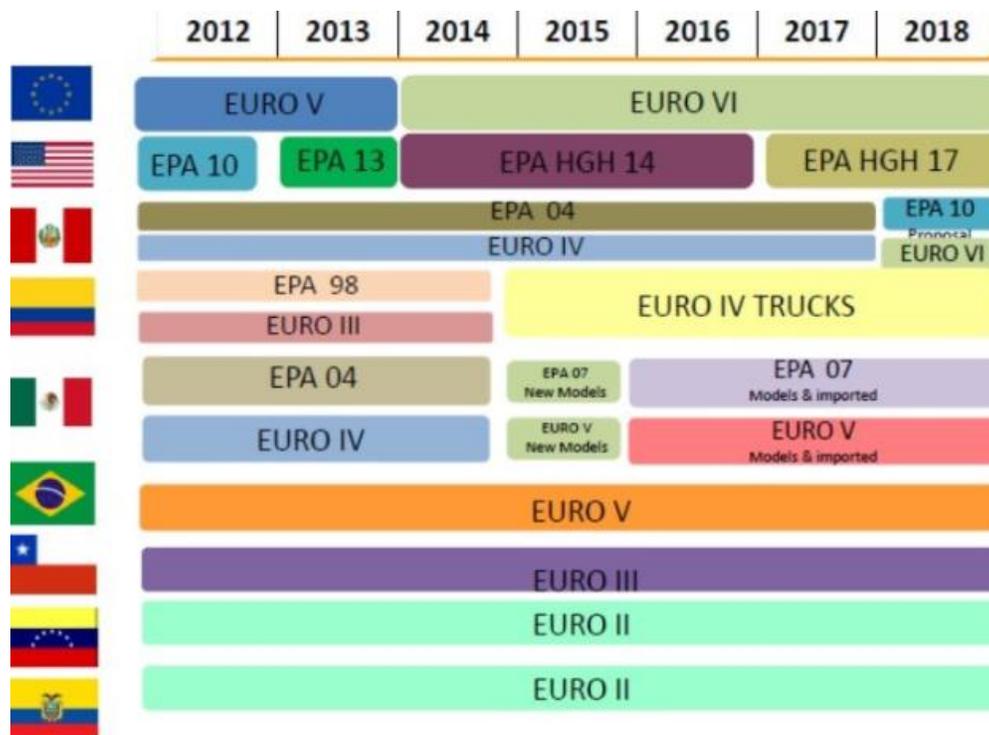


Figura 2.7 Comparativa entre normativa europea, Estados Unidos vs Latinoamericana
Fuente: (Santillana & Salinas, 2017)

En la figura 2.7 se puede apreciar el avance que han tenido algunos países con respecto al desarrollo de la normativa y mejoras del combustible utilizado. Ecuador se mantiene con una normativa equivalente a la EURO II por los límites que se tiene estipulado en la normativa, sin embargo, no se puede definir en sí una normativa, ya que los vehículos nuevos e importados se encuentran entre la normativa Euro II y Euro III diésel. Además, el subsidio que paga el estado es elevado y no permite realizar una mayor inversión para cumplir estándares de calidad internacional.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1. ADQUISICIÓN DE DATOS DE LOS BUSES

Los datos en cuanto a opacidad se los ha obtenido de la empresa pública de movilidad, MOVIDELNOR EP, ya que por la situación que se atravesó en el país se dificultó la extracción de equipos del campus universitario.

3.1.1. Cooperativas de transporte interprovinciales e intraprovinciales

3.1.1.1 Cooperativa de transportes Otavalo

La cooperativa cuenta con un total de 67 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 7 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Estos valores se reflejan en la tabla 3.1 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.1 Datos autobuses analizados Cooperativa Otavalo

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2011	PÚBLICO	10,5	M3	1,13
2	HINO	AK8JRSA	JAPON	2012	PÚBLICO	9,5	M3	2
3	HINO	AK8JRSA TM 7.6 2P 4X2	JAPÓN	2013	PÚBLICO	14,2	M3	11,93
4	HINO	AK8JRSA 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2014	PÚBLICO	14,2	M3	2,53
5	HINO	AK8JRSA 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2015	PÚBLICO	14,2	M3	48,2
6	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	JAPÓN	2016	PÚBLICO	14,2	M3	7,53
7	HINO	AK8JRSA 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2015	PÚBLICO	14,2	M3	10,23

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 48,2% que se encuentra cerca del límite a pesar que es un bus del 2015.

3.1.1.2 Cooperativa de transportes Oriental

Cuenta con un total de 22 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 2 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.2 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.2 Datos autobuses analizados Cooperativa Oriental

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORIA	OPACIDAD [%]
1	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2009	PÚBLICO	10	M3	1,93
2	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2010	PÚBLICO	10,5	M3	3,03

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 3,03% que está muy por debajo del límite.

3.1.1.3 Los Lagos

Cuenta con un total de 55 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 5 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.3 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.3 Datos autobuses analizados Cooperativa Los Lagos

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL	JAPON	2014	PÚBLICO	14,2	M3	4,83
2	HINO	AK8JRSA AC 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2015	PÚBLICO	14,2	M3	4,47
3	HINO	AK8JRSA 7.7 2P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2018	PÚBLICO	14,2	M3	2,6
4	HINO	AK8JRSA 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2018	PÚBLICO	14,2	M3	0,07
5	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	JAPON	2019	PÚBLICO	7	M3	5,73

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 5,73% que está muy por debajo del límite.

3.1.1.4 Cooperativa de transportes 6 de Julio

Cuenta con un total de 24 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 2 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.4 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.4 Datos autobuses analizados Cooperativa 6 de Julio

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	AK8JRSA 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2015	PÚBLICO	14,2	M3	2,73
2	HINO	BUS FTR CON FULL AIR BRAK	ECUADOR	2006	PÚBLICO	8	M3	0,50

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular. El valor más alto en opacidad es de 2,73% que para este año modelo está muy por debajo del límite.

3.1.1.5 Cooperativa de transportes Cotacachi

Cuenta con un total de 24 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 2 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.5 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.5 Datos autobuses analizados Cooperativa Cotacachi

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2007	PÚBLICO	8	M3	1,6
2	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	JAPON	2018	PÚBLICO	14,2	M3	0,37

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 1,6% que está muy por debajo del límite.

3.1.1.6 Cooperativa de transportes Flota Antaña

Cuenta con un total de 25 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 2 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.6 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.6 Datos autobuses analizados Cooperativa Flota Antaña

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	GD1JPTZ	JAPON	2002	USO PUBLICO	12	M3	60,9
2	HINO	GD1JLUA	JAPON	2008	PÚBLICO	6	M3	9,33

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 37,22% y es un valor intermedio, además pertenece a una de las unidades más antiguas de esta cooperativa.

3.1.1.7 Cooperativa de transportes Urcuquí

Cuenta con un total de 36 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 4 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.7 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.7 Datos autobuses analizados Cooperativa Urcuquí

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	GD1JLTZ	JAPON	2001	PÚBLICO	6	M3	20,87
2	HINO	GD1JPTZ	JAPÓN	2003	PÚBLICO	9	M3	2,67
3	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2008	PÚBLICO	8	M3	5,17
4	HINO	GD1JPTZ	JAPON	2005	PÚBLICO	10	M3	1,70

Se determina que se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 20,87%, el cual es un valor intermedio en relación con el límite.

3.1.1.8 Cooperativa de transportes Imbaburapac

Cuenta con un total de 45 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 4 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.8 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.8 Datos autobuses analizados Cooperativa Imbaburapac

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	FG1JPUZ	JAPÓN	2009	PÚBLICO	10	M3	4,5
2	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2010	PÚBLICO	9	M3	13,87
3	HINO	AK8JRSA-RETARD 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPÓN	2015	PÚBLICO	14.2	M3	4,27
4	HINO	FG1JPUZ	JAPÓN	2009	PÚBLICO	10	M3	27,87

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 27,87% y es un valor intermedio.

3.1.1.9 Cooperativa de transportes Buenos Aires

Cuenta con un total de 12 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 1 unidad en la que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.9 junto con información relevante el vehículo. Se tiene un único bus como muestra y su valor de opacidad se encuentra dentro de los límites establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002.

Tabla 3.9 Datos autobuses analizados Cooperativa Buenos Aires

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO.	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	GD1JPTZ	JAPÓN	2004	PÚBLICO	8	M3	5,23

3.1.1.10 Cooperativa de transportes Campesinor

Cuenta con un total de 9 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 1 unidad en la que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.10 junto con información

relevante el vehículo. Se tiene un único bus como muestra y su valor de opacidad se encuentra dentro de los límites establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002.

Tabla 3.10 Datos autobuses analizados Cooperativa Campesinor

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	FG1JPUZ	JAPÓN	2008	PÚBLICO	10	M3	2,03

3.1.1.11 Cooperativa de transportes Imbamonti

Cuenta con un total de 7 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 1 unidad en la que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.11 junto con información relevante el vehículo. Se tiene un único bus como muestra y su valor de opacidad se encuentra dentro de los límites establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002.

Tabla 3.11 Datos autobuses analizados Cooperativa Imbamonti

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	JAPON	2014	PÚBLICO	14,2	M3	3,2

3.1.1.12 Cooperativa de transportes Valle

Cuenta con un total de 25 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 2 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.12 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.12 Datos autobuses analizados Cooperativa Valle

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	FG1JPUZ	JAPÓN	2011	PÚBLICO	10,5	M3	39,97
2	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL	JAPON	2019	PÚBLICO	14,2	M3	1

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 39,97% y es un valor intermedio.

3.1.1.13 Cooperativa de transportes Andina

Cuenta con un total de 45 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 4 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.13 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.13 Datos autobuses analizados Cooperativa Andina

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	JAPÓN	2016	PÚBLICO	14,2	M3	1,03
2	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	JAPON	2018	PÚBLICO	14,2	M3	1,2
3	HINO	AK8JRSA 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2018	PÚBLICO	7	M3	2,2
4	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL	JAPON	2018	PÚBLICO	14,2	M3	1,07

Estos buses se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 2,2% y está muy por debajo de los límites.

3.1.1.14 Cooperativa de transportes Aerotaxi

Cuenta con un total de 46 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 4 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.14 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.14 Datos autobuses analizados Cooperativa Aerotaxi

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	MERCEDES BENZ	O 500 RS1836 AC 12.0 1P 4X2 TM DIESEL	BRASIL	2018	PÚBLICO	13.72	M3	2,23
2	YUTONG	ZK6129HE EXTENDIDO AC 10.8 1P 4X2 TM DIESEL	CHINA	2018	PÚBLICO	18	M3	8,43
3	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	JAPÓN	2016	PÚBLICO	14.2	M3	4,33
4	HINO	AK8JRSA-RETARD 7.7 2P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2016	PÚBLICO	14,2	M3	1,23

Se tiene más de una medición y se aplica la selección del valor de acuerdo al ensayo en la normativa. Los valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 8,43% que está por debajo del límite establecido.

3.1.1.15 Cooperativa de transportes Espejo

Cuenta con un total de 28 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 3 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.15 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.15 Datos autobuses analizados Cooperativa Espejo

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	AK8JRSA 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPÓN	2015	PÚBLICO	14,2	M3	1,6
2	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL CN	JAPON	2016	PÚBLICO	14,2	M3	8,47
3	HINO	AK8JRSA-RETARD AC 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2017	PÚBLICO	7	M3	0,93

Se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 8,47% y está muy por debajo del límite. Además en esta cooperativa se tiene buses más actuales en cuanto al año de fabricación.

3.1.1.16 Cooperativa de transportes Mira

Cuenta con un total de 15 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 1 unidad en la que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.16 junto con información relevante el vehículo. Se tiene un único bus como muestra y su valor de opacidad se encuentra dentro de los límites establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002.

Tabla 3.16 Datos autobuses analizados Cooperativa Mira

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	FG1JPUZ	JAPÓN	2009	PÚBLICO	10	M3	3,33

3.1.1.17 Cooperativa de transportes Expreso Turismo

Cuenta con un total de 31 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 3 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.17 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.17 Datos autobuses analizados Cooperativa Expreso Turismo

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	AK8JRSA 7.7 2P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2018	PÚBLICO	14,2	M3	35,60
2	HINO	AK8JRSA 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPÓN	2016	PÚBLICO	14,2	M3	0,90
3	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL	JAPÓN	2019	PÚBLICO	14,2	M3	1,03

Se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 35,60, lo que es un valor intermedio y además cabe recalcar que es un bus del año 2018.

3.1.1.18 Cooperativa de transportes Flota Imbabura

Cuenta con un total de 29 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 3 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.18 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.18 Datos autobuses analizados Cooperativa Flota Imbabura

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	MERCEDES BENZ	O-500 RS 1836 12.0 1P 4X2 TM DIESEL	BRASIL	2015	PÚBLICO	18	M3	0,80
2	MERCEDES BENZ	O 500 RS1836 AC 12.0 1P 4X2 TM DIESEL	BRASIL	2017	PÚBLICO	13,79	M3	0,27
3	VOLVO	B430 R AC 10.8 1P 6X2 TM DIESEL	BRASIL	2017	PÚBLICO	16,8	M3	6,30

Se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 6,30% y está muy por debajo del límite.

3.1.1.19 Cooperativa de transportes La Esperanza

Cuenta con un total de 30 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 3 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.19 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.19 Datos autobuses analizados Cooperativa La Esperanza

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	CATEGORÍA	PESO [t]	OPACIDAD [%]
1	HINO	FF1JPTZ	JAPON	2002	PÚBLICO	M3	10	12,63
2	CHEVROLET	FTR 32M CHASIS CABINADO FULL AIR	JAPON	2003	PÚBLICO	M3	10	15,00
3	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	ECUADOR	2002	PÚBLICO	M3	10	27,13

Se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 27,13%, que es intermedio de los límites que se maneja.

3.1.1.20 Cooperativa de transportes 24 de Junio

Cuenta con un total de 26 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 3 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Los valores se reflejan en la tabla 3.20 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.20 Datos autobuses analizados Cooperativa 24 de Junio

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	AK8JRSA CON RET 7.6 4X2 TM DIESEL CN	JAPON	2014	PÚBLICO	14.2	M3	9,07
2	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2008	PÚBLICO	10	M3	1,67
3	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2009	PÚBLICO	10	M3	18,77

Se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2207:2002, por lo que pasarían la revisión técnica vehicular, el valor más alto de opacidad en este caso es de 18,77%, siendo un valor bajo de acuerdo a los límites permitidos en el país.

3.1.2. Cooperativa de transportes Urbanos

3.1.2.1 Cooperativa 28 de Septiembre

La cooperativa cuenta con un total de 160 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 15 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Estos valores se reflejan en la tabla 3.21 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.21 Datos autobuses analizados Cooperativa 28 de Septiembre

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACIÓN	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORÍA	OPACIDAD [%]
1	HINO	GD1JLTZ	JAPON	2001	PÚBLICO	10	M3	9,03
2	CHEVROLET	FTR32M 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	ECUADOR	2001	PÚBLICO	10.5	M3	30,23
3	CHEVROLET	CHR 7.2 2P 4X2 TM DIESEL	COLOMBIA	2003	PÚBLICO	10	M3	25,80
4	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	ECUADOR	2001	PÚBLICO	10	M3	16,17
5	CHEVROLET	FTR 32M FULL AIR 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2001	PÚBLICO	10	M3	10,30

Tabla 3.21 Datos autobuses analizados Cooperativa 28 de Septiembre (Continuación...)

6	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	ECUADOR	2004	PÚBLICO	15	M3	4,93
7	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	ECUADOR	2001	PÚBLICO	8	M3	69,80
8	HINO	GD1JLTZ	JAPON	2002	PÚBLICO	10	M3	23
9	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	ECUADOR	2004	PÚBLICO	8	M3	19,20
10	CHEVROLET	FTR CON FULL AIR BRAK 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	ECUADOR	2002	USO PUBLICO	10	M3	12,70
11	HINO	FG1JPUZ	JAPON	2008	PÚBLICO	10	M3	17,53
12	HINO	AK8JRSA 7.7 4X2 TM DIESEL	JAPON	2019	PÚBLICO	7	M3	28,13
13	CHEVROLET	FTR 32M CHASIS TORPEDO FULL AIR BREAK	ECUADOR	2009	PÚBLICO	9	M3	21,23
14	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	ECUADOR	2003	PÚBLICO	10	M3	29,87
15	HINO	AK8JRSA CON RETARD 7.7 1P 4X2 TM DIESEL	JAPON	2019	PÚBLICO	7	M3	2,07
16	HINO	GD1JPTZ	JAPON	2005	PÚBLICO	10	M3	6,13

En la muestra obtenida se tiene buses desde el año 2001, por lo cual se deberían registrar bajo el 50% de opacidad establecido en la normativa nacional NTE INEN 2207:2002, sin embargo se tiene un bus que sobrepasa el 60% al cual se le da un periodo de tiempo para corregir los fallos y volver a realizar esta medición. El resto se encuentran por debajo del límite.

3.1.2.2 Cooperativa San Miguel

La cooperativa cuenta con un total de 127 unidades, de las cuales se obtiene una muestra de 12 unidades en las que se registra los valores de opacidad. Estos valores se reflejan en la tabla 3.22 junto con información relevante para cada vehículo.

Tabla 3.22 Datos autobuses analizados Cooperativa San Miguel

#	MARCA	MODELO	PAIS FABRICACION	AÑO FABRICACION	SERVICIO	PESO [t]	CATEGORIA	OPACIDAD [%]
---	-------	--------	------------------	-----------------	----------	----------	-----------	--------------

Tabla 3.22 Datos autobuses analizados Cooperativa San Miguel (Continuación...)

1	ISUZU	FTR32M	JAPON	1999	PÚBLICO	10	M3	50,77
2	CHEVROLET	FTR 32M AOH CHASIS TORPEDO SKD	JAPON	2001	PÚBLICO	10	M3	94,07
3	CHEVROLET	TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	ECUADOR	2002	PÚBLICO	8	M3	27,37
4	CHEVROLET	BUS FTR CON FULL AIR BRAK	ECUADOR	2002	PÚBLICO	12	M3	4,97
5	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	COLOMBIA	2003	PÚBLICO	10	M3	66,33
6	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	COLOMBIA	2003	PÚBLICO	10	M3	83,47
7	HINO	RK1JSTL	JAPON	2003	PÚBLICO	15	M3	96,9
8	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	BRASIL	2003	PÚBLICO	15	M3	39,57
9	VOLVO	SVELTO URBANO	BRASIL	2004	PÚBLICO	15	M3	99,37
10	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	ECUADOR	2004	PÚBLICO	12	M3	64,20
11	VOLVO	SVELTO URBANO	BRASIL	2004	PÚBLICO	15	M3	25,77
12	DONGFENG	DHZ1120KTD16	CHINA	2005	PÚBLICO	12	M3	4,33

Se tiene un bus del año 1999 y basado en la normativa NTE INEN 2207:2002 aún se encuentra dentro del rango permitido, así mismo se tiene varios que incumplen con el valor de opacidad establecido con creces, son picos de opacidad demasiado elevados que ponen en riesgo la salud de los habitantes de la población, por lo cual se les da un rango de tiempo para corregir los errores y volver a reatomar las pruebas en la revisión técnica vehicular.

En la figura 3.1 se puede apreciar los datos de todos los buses muestreados que se han sometido a la prueba de opacidad, en el eje x se observa el año de fabricación y el eje y se tiene la medida de opacidad. Se logra distinguir que los buses que superan los límites están entre el año 2001 y 2005, y además son correspondientes a buses urbanos.

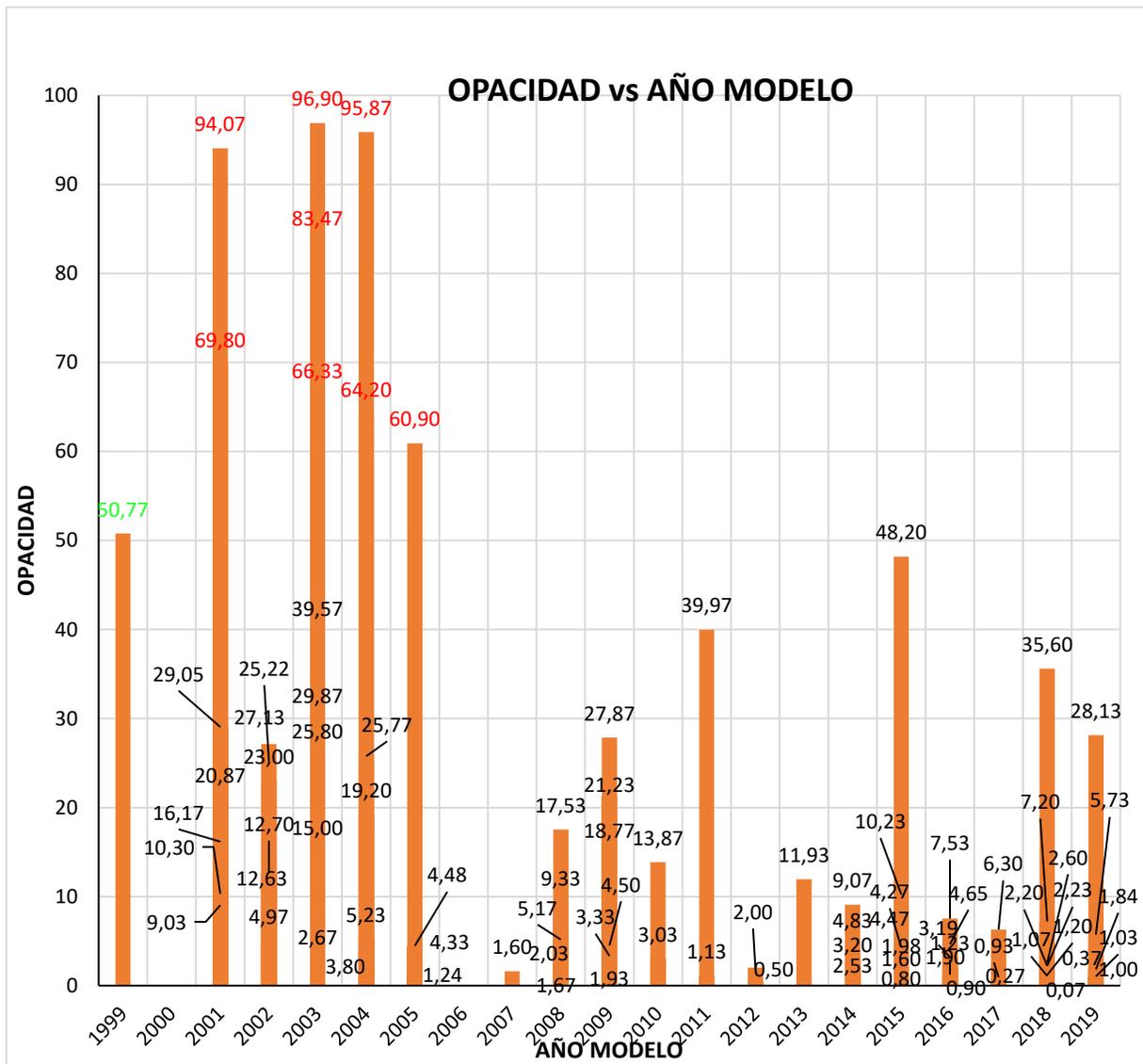


Figura 3.1 Opacidad registrada en los buses

Del gráfico 3.1 se dedujo que el valor de opacidad tiene cierta correlación con el año de fabricación de los vehículos en cuestión, ya que mientras más nuevo es el vehículo en cuestión, menor es el valor de opacidad arrojado. Estos datos se comprenden de mejor manera en la figura 3.2 donde se refleja todos estos datos en un diagrama de aspersión, mismo en el que no se tiene una correlación tan evidente.

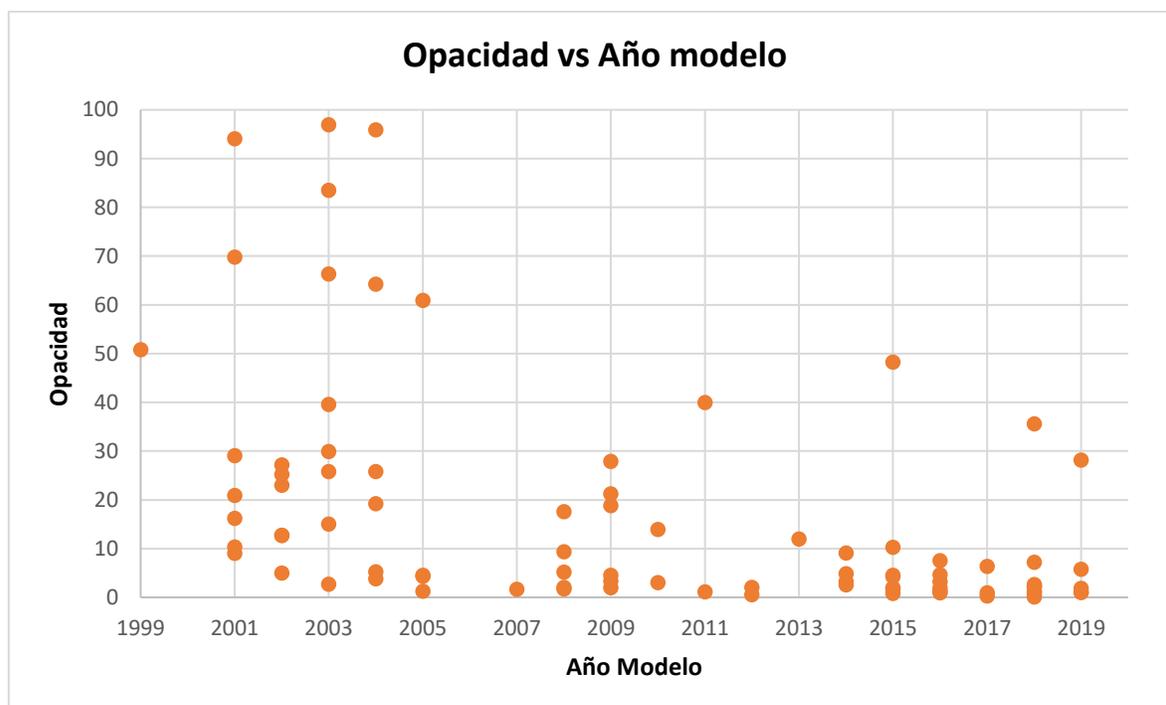


Figura 3.2 Año modelo vs opacidad

En el 2014 se realizó un estudio por parte de Pablo Luna y Juan Mier titulado “Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diésel”. Para lo cual se tomó datos de 50 vehículos en Ibarra, entre estos datos el kilometraje, como se muestra en la tabla 3.23 junto con la opacidad para cada vehículo en prueba.

Tabla 3.23 Mediciones de opacidad a vehículos con motor diesel de la provincia de Imbabura

N°	PLACA	KILOMETRAJE	OPACIDAD	N°	PLACA	KILOMETRAJE	OPACIDAD
1	PBK-9230	147800	48,7	26	PCH-1747	68700	28,6
2	PBS-6625	47543	18,1	27	IBP-03456	56987	27
3	PBT-5178	26604	15,2	28	RCB-825	211011	59,3
4	IBB-5714	36893	32,7	29	IND-0876	160035	35
5	PBK-5750	47000	29,3	30	PDN-3456	98765	39,3
6	IBA-7826	62879	23,4	31	IBD-3456	56786	26
7	PBK-8312	35408	21	32	PSJ-9876	78465	33
8	PBL-1935	85705	35	33	ITB-9282	156726	52
9	PBD-5814	70000	29,1	34	CRT-5678	87456	43,4
10	PBC-6418	63341	28,3	35	IHG-3456	25645	23,6

Tabla 3.23 Mediciones de opacidad a vehículos con motor diesel de la provincia de Imbabura (**Continuación...**)

11	PBK-8490	70000	33,2	36	PFV-9876	67598	34,9
12	XBA-5402	74248	38,5	37	IBM-6578	38765	38
13	ICM-016	93697	44,1	38	IFT-2365	47658	27
14	IBB-4325	10243	11,8	39	CHT-2356	98768	46
15	PBX-9575	30036	18	40	PTY-3456	78657	38,3
16	PBI-5708	80000	13	41	PHT-2345	56783	29
17	TBA-1162	155000	48,4	42	IJH-3427	23456	23
18	PBV-8542	47000	16,4	43	IPY-2398	123657	54
19	CBJ-0339	196530	40,2	44	ICN-006	169000	42
20	PTV-0626	92000	28,5	45	PTV-9130	38567	15,5
21	PSN-2838	110000	33,7	46	PSP-3426	57987	21,5
22	PDB-3164	105000	38,1	47	PDV-8712	89563	26,4
23	PDA-2387	29704	35	48	IBB-5714	32027	29,2
24	PIC-2389	19400	26,9	49	PBY-3398	51123	27,6
25	PND-2398	124088	43,2	50	PBF-4452	111012	42,5

Fuente: (Luna Mora & Mier Cabezas, 2014)

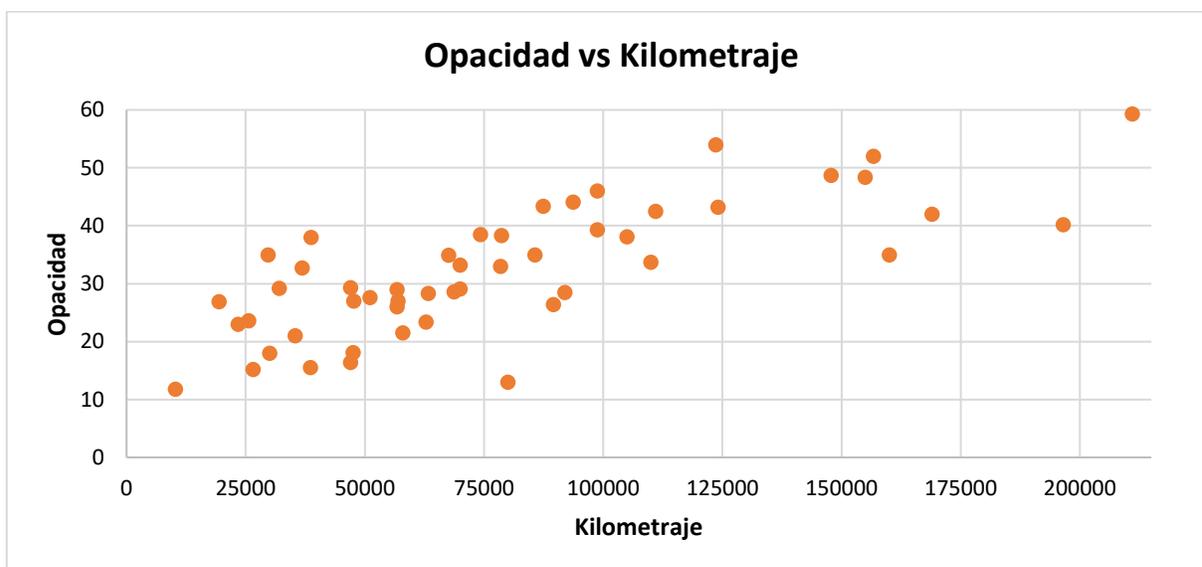


Figura 3.3 Opacidad vs Kilometraje

En la figura 3.3 se muestra la correlación entre la opacidad y el kilometraje de la tabla 3.23, donde se puede apreciar una tendencia a una recta creciente de los valores, ya que mientras mas alto es el kilometraje, mayor opacidad se tiene, sin embargo el coeficiente de correlación es bajo a simple vista.

Igualmente, la comparativa entre los valores de opacidad por marcas se muestra en la figura 3.4, misma en la que se evidencia los valores promedio de cada una; sin embargo no es una comparativa válida, ya que todos los buses en estudio deberían encontrarse en similares condiciones, como es el mantenimiento, kilometraje, año de fabricación e igual cantidad de unidades a poner a prueba.

A simple vista, parecería existir una relación entre marcas y opacidad por los valores que se tiene en la gráfica 3.4, sin embargo para las marcas de Dongfeng, Yutong, Isuzu y Volkswagen se tiene solamente un bus de prueba, mientras que para Mercedes Benz y Volvo son 3; valores muy bajos como para tomarlos en cuenta contra 57 buses HINO y 18 Chevrolet.

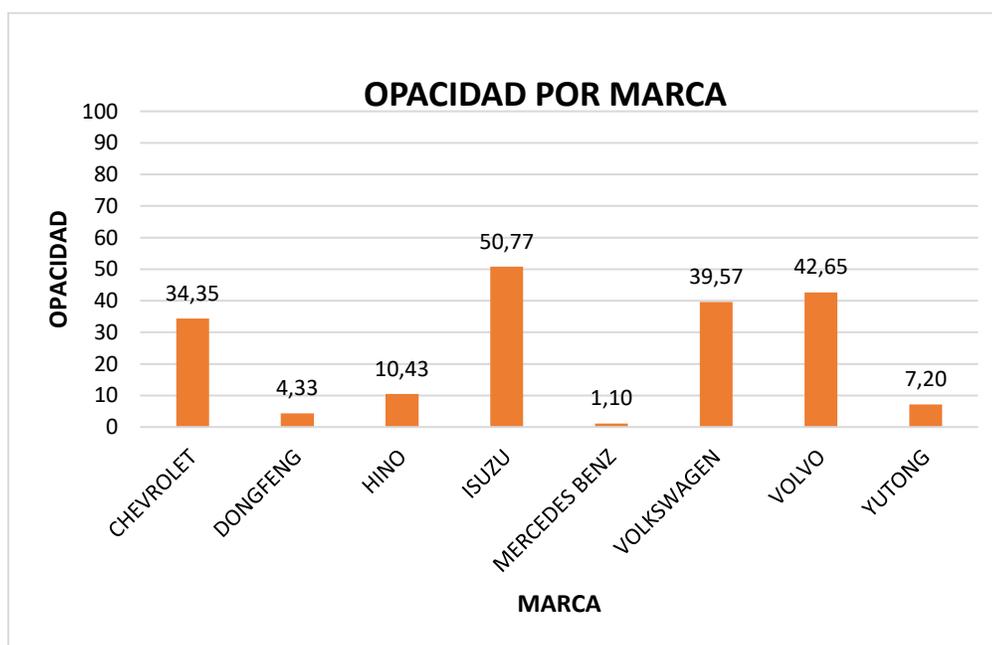


Figura 3.4 Opacidad por marca

Así mismo, en la figura 3.5, se tiene los valores de opacidad promediados para cada cooperativa en estudio, determinando así que la Cooperativa San Miguel de Ibarra es la que cuenta con un índice de opacidad mucho más alto con un total de 54,29% al ser una cooperativa de transporte urbano, mientras que, la cooperativa Cotacachi tiene el promedio de opacidad más bajo con un

total de 0,99% de opacidad. Cabe recalcar que no se tiene la misma cantidad de buses a realizar las pruebas en cada cooperativa.

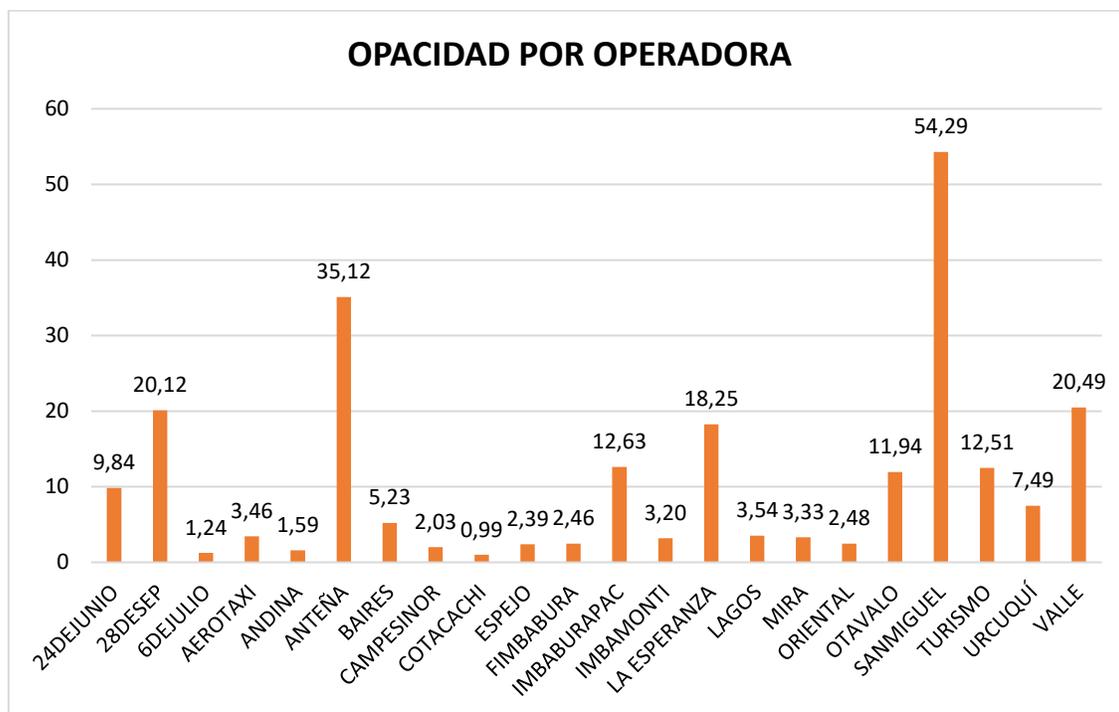


Figura 3.5 Opacidad por operadora

Las cooperativas que tienen los valores más altos en cuanto a promedio de opacidad corresponden a buses con un año modelo bajo como es el caso de la cooperativa San Miguel, misma en la cual el año modelo para todos los buses en cuestión se ubica entre 1999 y 2005.

En 2019 Miguel Mejía desarrollo el estudio “Análisis de la efectividad de las políticas del plan de renovación vehicular y chatarrización en la flota de autobuses urbanos de la provincia de Imbabura”. En esta investigación se realizó una encuesta a la población sobre la contaminación visual de los gases de escape de las unidades en circulación como se muestra en la figura 3.6 a continuación.

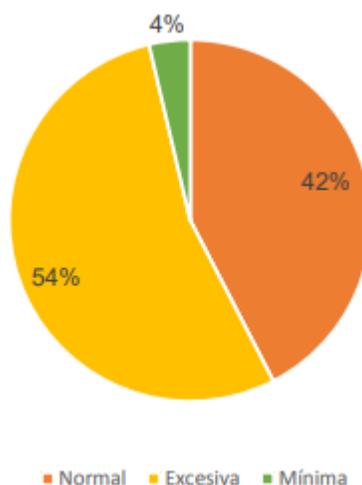


Figura 3.6 Contaminación visual de los gases de escape

Fuente: (Mejía Andrade, 2019)

El 54% de la población encuestada en este estudio manifestó que, el grado de contaminación ambiental percibido es excesivo y se asegura que es por una falta de calibración del sistema de inyección. Además, el estado físico de las mismas ocasiona un malestar a los usuarios respecto al confort. En algunos casos, a simple vista se logra apreciar el nivel de contaminación de algunas unidades en la ciudad de Ibarra, como se muestra en la figura 3.7 correspondiente a un bus de la cooperativa San Miguel.



Figura 3.7 Contaminación ambiental percibida

Fuente: Investigación de campo

El 6 de junio del 2022 entró en vigor un nuevo incremento del pasaje de los buses urbanos, lo cual muestra cierto desacuerdo de algunos usuarios afirmando que los vehículos no brindan la asepsia correspondiente, provienen del parque automotor que ya no opera en Quito y la atención es deficiente; sin embargo, los presidentes de las cooperativas confirman que el humo negro acabaría si el diésel que se consume por parte de sus unidades tuviese una mejor calidad.

Movidelnor, por su parte da a conocer que se tiene un plan de renovación de unidades a mediano y largo plazo que consta en los compromisos con la transportación mediante un proceso de fiscalización manejado por la misma empresa para brindar mejoras en el sistema hacia la sociedad (Diario EL NORTE, 2022).

3.2. ESTIMACIÓN DE DATOS MEDIANTE EL SOFTWARE MATLAB

En esta fase se detalla la manera para establecer una estimación de datos, tomando en cuenta el año de fabricación de los buses y los datos de opacidad medidos, todo esto con la ayuda del software MATLAB. Una vez obtenidas las medidas de opacidad para cada muestra pertinente a cada cooperativa, se procede a organizar los datos que se van a implementar en el software y así no tener percances en el desarrollo del mismo.

3.2.1. Ingreso de datos

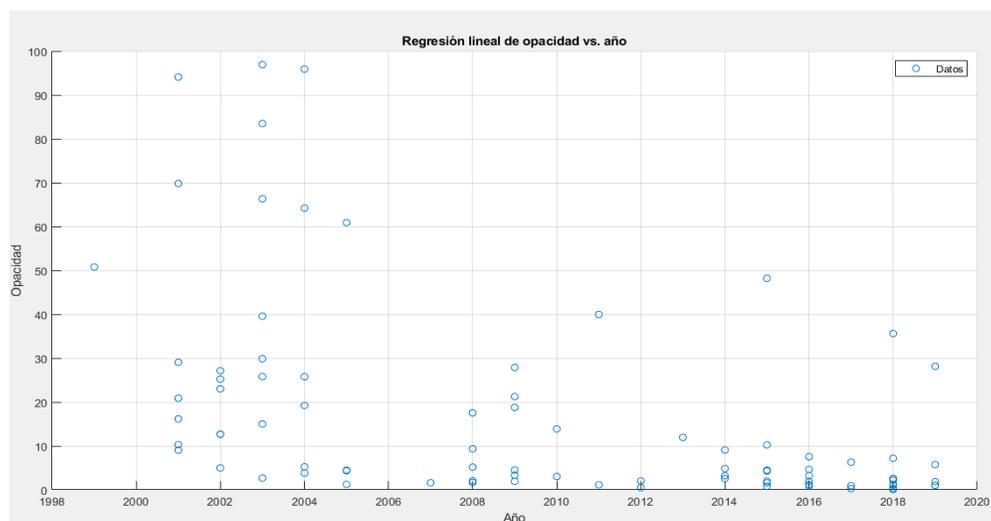


Figura 3.8 Representación de datos

En la figura 3.8 se observa todos los datos obtenidos, en el eje x el año de fabricación mientras que en el eje y los valores de opacidad. Dichos puntos no tienen en sí un patrón de seguimiento adecuado, debido a la variabilidad de los datos ingresados, por lo cual la recta a trazar no será del todo precisa. Sin embargo, una vez trazada se podrá predecir porcentajes de opacidad para buses según su año de fabricación, tomando en cuenta el porcentaje de error.

Una vez establecidas las variables, se implementó la función “polyfit” con la cual se ajusto un polinomio al conjunto de datos con el método de mínimos cuadrados descrito en el punto 2.2.3. El vector resultante de esta función según el grado n de la ecuación viene a ser la recta que represente la regresión y la correlación entre dichas variables.

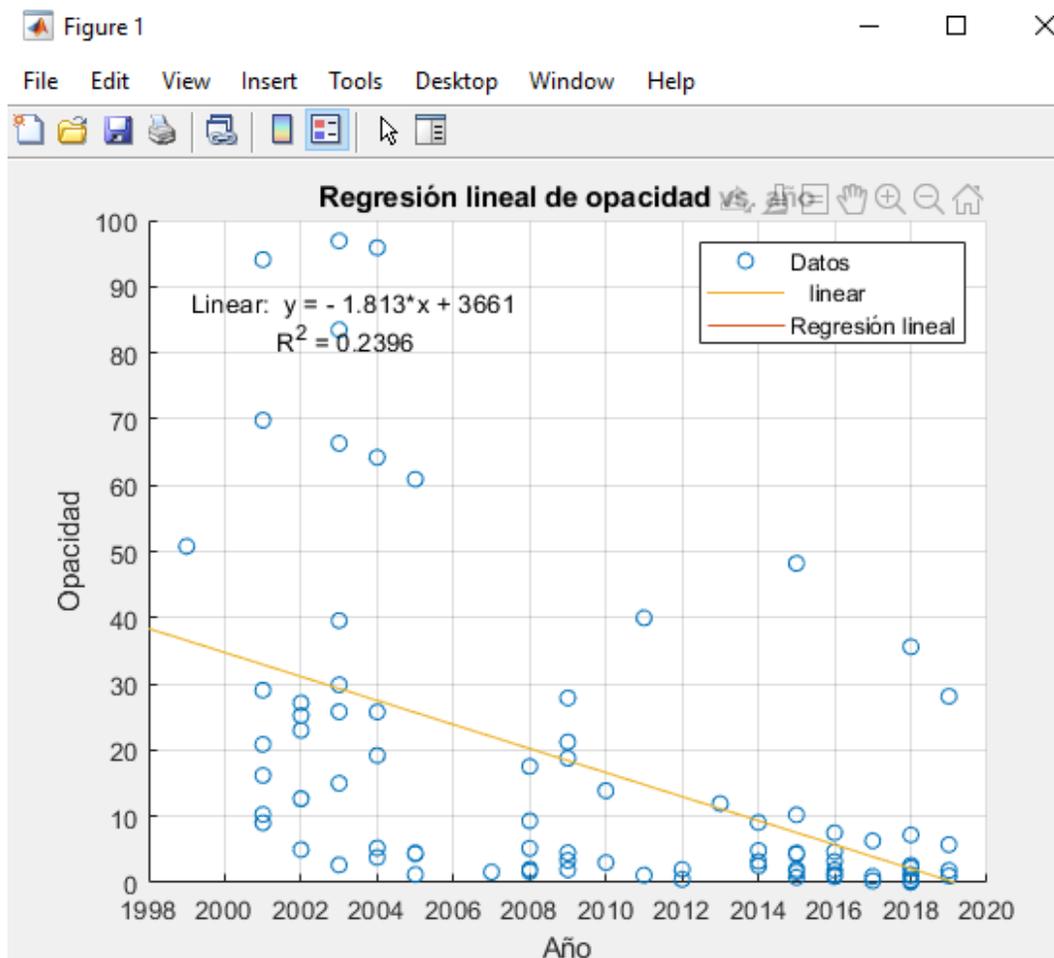


Figura 3.9 Recta obtenida con la regresión

En la figura 3.9 se observó que la recta arrojada de la regresión lineal no tuvo una relación directa con las variables en estudio, ya que se tiene varios valores para cada valor estipulado en el eje x y esto no permitió generar una comparativa adecuada de los datos. Para determinar el porcentaje de la variabilidad obtenido con la ecuación, se procedió a realizar el cálculo del coeficiente de determinación en el software.

```
% Cálculo del coeficiente de determinación (R²)
R = corrcoef(y, y_fit);
R_squared = R(1,2)^2;
disp(['El coeficiente de determinación (R²) es: ', num2str(R_squared*100), '%'])
```

Figura 3.10 Cálculo del coeficiente de determinación

En la figura 3.10 se realizó el cálculo del coeficiente de determinación mediante la correlación de Pearson, con la cual se establece la correlación que se tuvo entre las variables utilizadas y la recta obtenida con el método de regresión lineal. El valor del coeficiente de determinación obtenido es: $R^2 = 23.96\%$.

Este valor nos da entender que la ecuación obtenida de la regresión lineal representa únicamente un 23.96% de la variabilidad en los valores, comparados con los reales. Esto se debe a que se realiza únicamente un estudio de opacidad relacionado al año modelo, sin poder compararlo con otros parámetros como sería el mantenimiento, kilometraje, emisiones de gases y una red de monitoreo de emisiones en la ciudad de Ibarra, cosa que no existe.

3.2.2.1 Opacidad por kilometraje

Los valores de kilometraje y opacidad de la tabla 2.23 tiene una cierta relación entre sí como se mostró en la figura 3.3, por lo cual se puede aplicar la regresión lineal de Matlab y obtener una ecuación de estimación de datos, que en este caso será más cercana a la realidad de los valores reales con un coeficiente de determinación de 57% como se muestra en la figura 3.11, superior al obtenido con el año modelo.

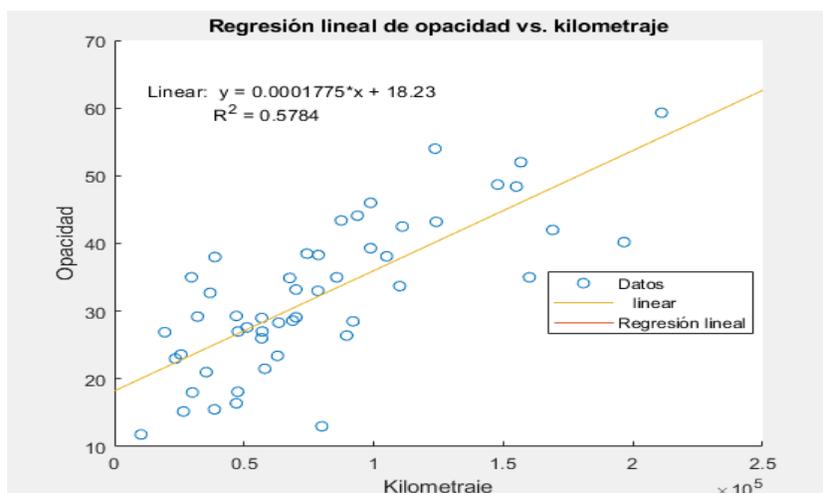


Figura 3.11 Kilometraje vs Opacidad

3.2.2. Estimación de datos

El software, además, cuenta con una herramienta que permite visualizar el estimado de opacidad para cualesquier valor de año modelo que se ingrese al aplicar la ecuación obtenida mediante la regresión lineal. Para acceder a la ventana de proyección de cualesquier dato aleatorio que se quiera estimar, una vez generada la gráfica, se ingresa a herramientas en la parte superior, luego se despliegan algunas opciones y seleccionamos Basic Fitting, como se muestra en la figura 3.12.

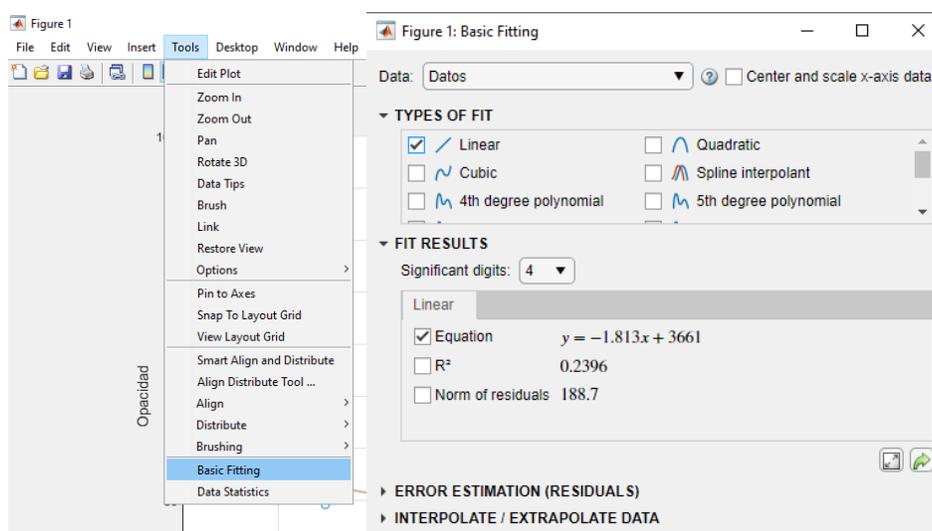


Figura 3.12 Herramienta de ajuste básico

En la ventana Basic Fitting se elige la opción linear y se muestra la ecuación obtenida junto con los valores que se han dado a las variables que la conforman como se muestra en la figura 3.12, además del coeficiente de correlación.

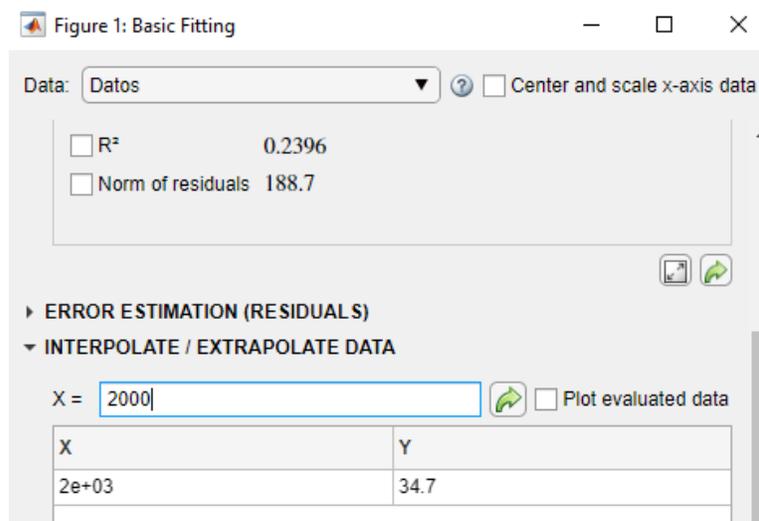


Figura 3.13 Ventana de datos a utilizar para la proyección

Al desplegar la opción de interpolación se puede realizar una proyección para aquellos datos que se quiera ingresar. Una vez digitado un año de fabricación aleatorio, nos arroja un dato de opacidad aproximado o estimado de acuerdo a todos los valores que se tomaron durante las mediciones como se muestra en la figura 3.13.

Entre más bajo sea el año de fabricación, se tiene un valor mas alto de opacidad o viceversa, como se puede apreciar en la figura 3.9. Esto se da ya que la mayoría de buses que tienen los valores más altos de opacidad son los más antiguos, y es normal por el recorrido que ya llevan estas unidades.

3.2.3. Parámetros óptimos para la ciudad de Ibarra

Con el transcurso de la investigación se comprende de manera total que no se puede realizar una predicción de opacidad únicamente con el año modelo de cada vehículo, sino más bien es un estudio a profundidad de las características de un grupo de vehículos a los que se debe aplicar un estudio. La regresión lineal no brinda un apoyo total en un aspecto en que influyen más

variables como el kilometraje, calidad del combustible, mantenimiento, tipo de servicio y tecnología con la que cuentan cada vehículo en estudio.

Sin embargo, una vez obtenida la ecuación para la estimación de datos, se procede a establecer los límites de opacidad entre los cuales deberían estar los buses que circulan en la ciudad. La ANT fijó un cuadro de vida útil para vehículos de transporte terrestre público y comercial en 20 años, por lo cual el año modelo mínimo sería 2000 y como máximo el 2020 (ANT, 2014). Se ingresa estos datos como se muestra en la figura 3.13 mediante el programa desarrollado en el software Matlab.

INTERPOLATE / EXTRAPOLATE DATA	
X =	2000
X	Y
2e+03	34.7

INTERPOLATE / EXTRAPOLATE DATA	
X =	1999
X	Y
2e+03	36.6

Figura 3.14 Estándares de opacidad para la ciudad de Ibarra

Por lo tanto, el valor máximo de opacidad para la ciudad debería ser de 34% como se muestra en la figura 3.14 para vehículos del año 2000 en adelante y de un 36% para vehículos de 1999 y anteriores, sin embargo este dato cambiaría drásticamente por el coeficiente de determinación tan bajo que se obtiene mediante la ecuación planteada, es decir, no es un valor confiable o valor real que representaría una predicción de la opacidad a tener de acuerdo al año de fabricación vehicular.

Para que el modelo tenga una mayor aceptación se debe tomar en cuenta todas las variables descritas anteriormente que influyen en la opacidad generada por los automotores, al incluirlos mediante una modelo a base de una regresión lineal múltiple o mediante la creación de una red neuronal adaptativa RNA

CAPÍTULO IV

4.1 CONCLUSIONES

- La normativa Ecuatoriana referente a las emisiones de opacidad cuenta con límites de 50% y 60% elevados en comparación con la normativa vigente en Japón con un 25% de diferencia, en Europa con un 20.9% en la norma Euro III, mientras que con la Euro IV y V se tiene un 30.66% de diferencia respectivamente, en California una reducción del 30% en vehículos sin DPF mientras que en un 45% para vehículos con DPF, China que guarda la misma diferencia que con la Europea; y, valores un tanto similares en comparación con la normativa Mexicana que difiere entre un 2.32 % y 2.47%.
- De acuerdo con los resultados obtenidos y las mediciones, se tiene 8 buses en la ciudad de Ibarra que incumplen con la normativa vigente, incluso tienden a llegar casi hasta un 100% de opacidad debido a algún problema suscitado en la medición y, por ende, estos no pasan la revisión técnica vehicular. Los 77 buses restantes se encuentran bajo el límite permitido en el país, sin embargo, los valores más altos de opacidad corresponden a los urbanos.
- Los datos registrados por el CRTV se los analiza mediante una regresión lineal, donde el ajuste de datos o la variabilidad tuvo un porcentaje demasiado bajo, del 23%. Para que este valor sea significativo debe comprenderse entre un 80 y 100%. En este caso se podría ajustar los valores ayudándose de una red de monitoreo de gases, lo cual no se tiene en la ciudad de Ibarra, además, tomando en cuenta factores adicionales que influyen en la generación de humo y por ende opacidad de los vehículos en prueba.
- No es posible establecer parámetros óptimos de opacidad únicamente con el año modelo de los vehículos en estudio, se requiere de un estudio histórico o detallado año por año de emisiones para verificar las variaciones que se tiene y poder realizar comparaciones efectivas, además de realizar un estudio en cuanto al mantenimiento, calidad del combustible que se utiliza en el País, operación, tipo de servicio, tecnología del motor y el tipo de rutas por las cuales circulan; lo que conlleva a un estudio minucioso y demasiado largo.

4.2 RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación de la calidad del combustible diésel en diferentes países y compararlo con la calidad del que se tiene a nivel nacional para determinar como influye en la emanación de emisiones y que evita dar el siguiente paso hacia una normativa EURO más actualizada.
- Realizar un plan de mantenimiento para las cooperativas de buses urbanos que se tiene en la ciudad de Ibarra, con la finalidad de comprobar la incidencia que tiene en cuanto al porcentaje de opacidad por cooperativa.
- Realizar un estudio de opacidad focalizado para las operadoras de buses que circulan en la ciudad de Ibarra, tomando en cuenta datos de kilometraje, mantenimiento, tecnología del motor, combustible y otras emisiones contaminantes.
- Realizar un estudio de emisiones contaminantes provenientes de los buses que circulan en la ciudad de Ibarra implementando redes neuronales que abarquen la mayor cantidad de parámetros que influyen en el porcentaje de opacidad con la finalidad de tener una predicción de datos mucho mas acertada y cercana a la realidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Exxon Mobil Corporation. (s.f.). Mobil-Combustibles. Obtenido de La oferta de valor Mobil: <https://www.mobil.com.mx/es-mx/gasolina/oferta-industrial>
- ANT. (2014). AGENCIA NACIONAL DE TRANSITO. Obtenido de Cuadro de vida útil para vehículos de transporte terrestre público y comercial: <https://hitcloud.planificacion.gob.ec/documents/20182/30672/Resolucion082DIR2015ANT1reformarevisiontecnicavehicular.pdf/de74b3da-2c90-4e62-968b-06e4662f340d>
- ANT, A. N. (2019). Instructivo de revisión técnica vehicular. Ecuador: Gobierno de la República del Ecuador. Obtenido de https://drive.google.com/drive/folders/1uQvP5-MG86uQA0ooOTMLzFN_XpWO29Zo
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Montecristi: Imprenta del Gobierno. Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- AVL DiTEST GmbH. (03 de 2018). AVL DiTEST. Obtenido de AVL DITEST CDS 350: <https://www.avlditest.com/index.php/en/support-et-cds-350.html>
- Blázquez, M. C. (2010). Climate change and healths, SESPAS report 2010. Gaceta Sanitaria, 7.
- CARB. (20 de Noviembre de 2019). CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. Obtenido de PSIP Advisory 298- Smoke Testing Compliance: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/psip-advisory-298>
- CCAC. (Agosto de 2016). Climate & Clean Air Coalition. Obtenido de A Global Strategy to Introduce Low-Sulfur Fuels and Cleaner Diesel Vehicles: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-strategy-introduce%C2%A0low-sulfur-fuels-and-cleaner-diesel-vehicles>
- CDE E.P. (25 de Junio de 2012). Correos del Ecuador. Obtenido de Reglamento a la ley de transporte terrestre y seguridad Vial: https://www.correosdeecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/REGLAMENTO_A_LA_LEY_DE_TRANSPORTE_TERRESTRE_TRANSITO_Y_SEGURIDAD_VIAL.pdf
- Chávez Castro, C. E. (2018). IDENTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE ESCAPE EN MOTORES DIESEL CON NORMATIVA EURO 3 A DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8609>
- Chávez Endara, A. A. (2019). Medición de gases de escape en motores MEC con biodiésel a base de piñon. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9232>

- Ciria, J. I. (12 de Junio de 2013). WEARCHECKIBÉRICA. Obtenido de Estudio de la combustión en motores diesel: <https://www.kimerius.com/autom%C3%B3viles-7/motores/>
- Consejo Nacional de Planificación. (Jueves de Septiembre de 2021). Registro Oficial Órgano de la República del Ecuador. Obtenido de Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025: <https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/suplementos/item/15491-cuarto-suplemento-al-registro-oficial-no-544>
- DAMA. (20 de Mayo de 1992). Departamento Técnico Adiministrativo del Medio Ambiente. Obtenido de Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=824>
- DAMA. (14 de Junio de 1996). Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente. Obtenido de Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.: <https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-160-de-1996.aspx>
- Diario EL NORTE. (1 de Junio de 2022). Diario el Norte. Obtenido de Alza de pasajes en Ibarra quedó ratificada en 35 centavos: <https://www.elnorte.ec/el-alza-de-pasajes-en-la-ciudad-de-ibarra-queda-ratificado/>
- Dr. Ubilla, C., & Dra. Yohannessen, K. (13 de 12 de 2016). CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EFECTOS EN LA SALUD RESPIRATORIA EN EL NIÑO. Obtenido de SCIENCE DIRECT: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864017300214>
- EP. Petroecuador. (1 de Julio de 2020). Gobierno del Encuentro. Obtenido de EP Petroecuador comercializa Diésel Premium con contenido de azufre de 150 partes por millón: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=8954>
- Espinosa Cevallos, V. M., & Salazar Haro, E. F. (2017). Correlación entre la opacidad y el material particulado PM 2.5, en vehículos diésel en la ciudad de Quito utilizando como muestra un motor de prueba. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19310>
- FAOLEX. (01 de Enero de 1976). Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Obtenido de Decreto Supremo N° 374 - Ley de prevención y control de contaminación ambiental: <http://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC077094/>
- Flores Villamarín, P. D. (2013). Diseño Arquitectónico de la terminal terrestre para el GAD den cantón Ibarra, provincia de Imbabura. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/18690>

- Glosarios. (27 de Enero de 2019). Glosarios. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/psicologia/metodo-experimental>
- GOB.MX. (13 de Agosto de 2019). IMT. Obtenido de Instituto Mexicano del Transporte: <http://bit.ly/pt562-IMT>
- Godoy Jurado, C. R. (2018). Análisis de emisiones de gases de escape en un motor diésel con inyección UPS utilizando biodiésel B5 a base de aceite de higuera. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8199>
- Guzmán Ramos, L. E. (Mayo de 2004). Academia.edu. Obtenido de Ajuste, implementación y evaluación de la metodología ringelmann para el control de fuentes móviles de emisión tipo diesel en la ciudad de Bogotá D.C.: https://www.academia.edu/8754336/AJUSTE_IMPLEMENTACION_Y_EVALUACION_DE_LA_METODOLOGIA_RINGELMANN_PARA_EL_CONTROL_DE_FUENTES_MOVILES_DE_EMISIONES_DE_DIESEL_EN_LA_CIUDAD_DE_BOGOTA
- INEN. (2002). GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. Obtenido de SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN: https://drive.google.com/file/d/1iBpOi0T_5Xkps1L7-KrPbtMejDFSyzXB/view
- INEN. (2002). INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2207:2002. Obtenido de Gestión Ambiental. Aire vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diesel: <https://archive.org/details/ec.nt.2207.2002/page/n7>
- INEN. (2013). Instituto Ecuatoriano de Normalización 2202:2013. Obtenido de Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diesel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2202-1.pdf
- INEN. (07 de 2021). Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma INEN 1849. Obtenido de Productos Derivados del Petróleo. Diésel. Requisitos: https://drive.google.com/file/d/1G_81UVzA4qYjQUIo75svk84Wr8KC_Xne/view
- Ing. Gómez Yáñez, C. R., & Ing. Vargas Tipán, L. M. (2017). MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO Y OPACIDAD EN UNA FLOTA DE VEHÍCULOS CON MOTOR CICLO DIESEL, UTILIZANDO UNA MEZCLA DE DIÉSEL CON 20% DE QUEROSENO. Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17596>
- Jácome Sandoval, W. A. (2018). Análisis de la producción de carbonilla en la cámara de combustión de un motor diésel isuzu 4JB1 2.8, con el uso de diésel premium y

biodiesel a base de higuera B10. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8096>

- Jurado, C. R. (2018). Análisis de emisiones de gases de escape en un motor diésel con inyección UPS utilizando biodiésel B5 a base de aceite de higuera. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8199>
- Loachamín Guallaconte, B. O., & Mosquera Briceño, C. O. (2010). EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES Y EL COMPORTAMIENTO DE UN VEHÍCULO UTILIZANDO BIODIESEL DE PALMA COMO COMBUSTIBLE. Quito: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2575>
- Luna Mora, P. D., & Mier Cabezas, J. F. (2014). Medición y evaluación de los niveles de opacidad generados por los vehículos con motor de combustible diesel. Quito: Universidad Internacional del Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/881>
- Majewski, W. A., & Jääskeläinen, H. (09 de 2018). DieselNet. Obtenido de <https://www.dieselnet.com/tech/dpm.php>
- Majewsky, W. A. (2012). DieselNet. Obtenido de https://www.dieselnet.com/tech/emi_intro.php
- Matute Sánchez, D. A., & Ramos Jaramillo, R. F. (2015). Análisis de las emisiones producidas en la quema de combustibles líquidos obtenidos en el proceso de pirólisis de caucho vulcanizado. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8873>
- Mejía Andrade, M. L. (2019). Análisis de la efectividad de las políticas del plan de renovación vehicular y chatarrización en la flota de autobuses urbanos de la provincia de Imbabura. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9009>
- Metzger, P., & Nury, B. (1996). EL MEDIO AMBIENTE URBANO EN QUITO. (Gonzalo Bustamante, Roberto Noboa, & Elena Espinosa, Edits.) Quito, Pichincha, Ecuador: COLECCIÓN QUITO METROPOLITANO. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/105507-opac>
- Ministerio del Ambiente. (31 de Marzo de 2003). Ecuador Forestal. Obtenido de TULAS: <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-VI-Calidad-Ambiental.pdf>
- Ministry of Environment. (29 de Enero de 2008). Ministerio de Ambiente de Japón. Obtenido de Acerca de las futuras medidas para la reducción de las emisiones de escape

de los automóviles (noveno informe): <http://www.env.go.jp/council/toshin/t07-h1909/toshin.pdf>

- OMS. (2021). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de World Health Organization: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- Ortega Guerrón, L. F., & Piedadmag Chuquín, A. A. (2015). Análisis de los gases contaminantes y puesta a punto de los motores a diesel y gasolina que existen en los talleres de la carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4822>
- Paredes Quistial, R. F., & Ichau Pupiales, M. A. (2013). Investigación de emisiones contaminantes de vehículos que circulan dentro de la Universidad Técnica del Norte. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3243>
- Payri, F., & Desantes, J. M. (2011). Motores de combustión interna alternativos. Valencia: REVERTÉ, S.A. Obtenido de https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/130ad267-fe67-4ec7-8363-51b16ffe11a6/TOC_0809_04_01.pdf?guest=true
- PETROENERGÍA. (18 de Marzo de 2022). Petroenergía. Petróelos-Minas-Sector eléctrico. Obtenido de Petroecuador despacha combustibles con menos contenido de azufre de lo que establece la normativa: <https://www.petroenergia.info/post/petroecuador-despacha-combustibles-con-menos-contenido-de-azufre-de-lo-que-establece-la-normativa>
- PLAN NACIONAL DE DESARROLLO. (2017-2021). GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. Obtenido de PLAN NACIONAL DE DESARROLLO.
- Robert Bosch GmbH. (2014). Automotive Handbook. La Vergne: INGRAM INTERNATIONAL INC.
- Rudnick, L. R. (2013). SYNTHETICS, MINERAL OILS, and BIO-BASED LUBRICANTS (Vol. Second edition). Boca Raton, Florida, EE.UU: CRC Press. Obtenido de <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781315158150>
- Santillana, J., & Salinas, J. (Junio de 2017). Ssecoconsulting. Obtenido de Educación en Ingeniería Química: <https://www.ssecoconsulting.com/pmrt-evalua-produccion-diesel-euro-vi.html>
- Secundino, E., González, J., & Rivas, J. L. (2009). Motores. Madrid: Macmillan Iberia, S.A. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/detail.action?docID=3195396>

- SEGOB. (14 de Diciembre de 1988). Secretaria de Gobernación, Estados Unidos Mexicanos. Obtenido de Diario oficial de la Federación: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4797352&fecha=14/12/1988
- SEGOB. (16 de Enero de 1991). Secretaria de Gobernación, Estados Unidos Mexicanos. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: <https://sidof.segob.gob.mx/notas/4699824>
- SEGOB. (22 de Abril de 1997). Secretaria de Gobernación, Estados Unidos Mexicanos. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: <https://sidof.segob.gob.mx/notas/4876321>
- SEGOB. (12 de Octubre de 2006). Secretaria de Gobernación, Estados Unidos Mexicanos. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4934189&fecha=12/10/2006
- SEGOB. (13 de Septiembre de 2007). Secretaria de Gobernación, Estados Unidos Mexicanos. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1284/1/nom-045-semarnat-2006.pdf>
- SEGOB. (08 de 03 de 2018). Secretaria de Gobernación. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5515481&fecha=08/03/2018#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D045,t%C3%A9cnicas%20del%20equipo%20de%20medici%C3%B3n.
- Sp. A . (s.f.). Manual Opacímetro Brain Bee OPA-100. Parma, Italia: B. B. (s.f).
- Tarapué Cadena, B. E. (2019). Modelación de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra. Ibarra: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9011>
- Varea, A., Barrera, C., & Maldonado, A. M. (1997). The University of New Mexico. doi:9978042997
- Yanez, D. (2019). lifeder.com. Obtenido de <https://www.lifeder.com/metodo-descriptivo/>
- Zapata Tello, M. J. (2017). Determinación de los contaminantes en fuentes móviles producto de la combustión del parque automotor a diesel en el casco urbano de la ciudad de Latacunga, parroquia San Buenaventura. Latacunga: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4201>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de datos de buses de la Cooperativa 28 de Septiembre



Cooperativa de Transportes Urbano
"28 DE SEPTIEMBRE"

No DISCO	PLACA	MARCA	AÑO
1	TAR0188	HINO	2002
2	PCB3465	HINO	2012
3	PAO0318	CHEVROLET	2003
4	PAQ0596	CHEVROLET	2003
5	PAQ0790	CHEVROLET	2003
6	PAB0149	CHEVROLET	2003
7	PZX0639	HINO	2001
8	PAI0519	CHEVROLET	2003
9	PQJ0780	CHEVROLET	2008
10	PZO0629	VOLSWAGEN	2004
11	PZY0815	CHEVROLET	2002
12	EAH0278	MERCEDES BENZ	2005
13	PZZ0994	CHEVROLET	2003
14	PZY0303	CHEVROLET	2002
15	JAA0008	CHEVROLET	2008
16	IAI2584	HINO	2019
17	PON0568	MERCEDES BENZ	2003
18	PUD0728	HINO	2007
19	PAB0722	CHEVROLET	2003
20	IAI2510	CHEVROLET	2019
21	PAQ0367	CHEVROLET	2003
22	PAQ0843	CHEVROLET	2004
23	CAE0330	CHEVROLET	2004
24	IAI2538	HINO	2020
25	PAI0986	CHEVROLET	2003
26	PAI0742	CHEVROLET	2002
27	PAU0218	CHEVROLET	2004
28	PAQ0149	CHEVROLET	2004
29	PZY0348	CHEVROLET	2002
30	IAF0532	CHEVROLET	2001
31	PAQ0421	CHEVROLET	2004
32	PUH0341	HINO	2008
33	PZQ0089	CHEVROLET	2004
34	IAG0402	CHEVROLET	2001
35	PZZ0081	CHEVROLET	2002
36	PUG0163	HINO	2007
37	PAQ0162	CHEVROLET	2004
38	IAG0463	CHEVROLET	2001
39	IAI0240	CHEVROLET	2006
40	PZZ0322	CHEVROLET	2002
41	IAA2657	HINO	2019
42	PAA4599	HINO	2009
43	PAI0703	CHEVROLET	2003
44	POY0106	CHEVROLET	2006
45	POA0909	CHEVROLET	2002
46	PAB0224	CHEVROLET	2003
47	PAB0232	VOLSWAGEN	2003
48	PUH0333	HINO	2008
49	IAF0882	HINO	2002
50	PYR0547	CHEVROLET	2002
51	IAK0825	CHEVROLET	2004

52	PAQ0774	CHEVROLET	2004
53	PUK0257	INTERNACIONAL	2006
54	PAQ0614	CHEVROLET	2004
55	AAR0892	CHEVROLET	2002
56	PUH0849	HINO	2007
57	PUJ0781	CHEVROLET	2008
58	PZS0772	CHEVROLET	2002
59	PUD0378	HINO	2006
60	IAH0362	HINO	2001
61	PZQ0414	CHEVROLET	2005
62	PIZ0759	CHEVROLET	2003
63	IAK0173	CHEVROLET	2007
64	PZY0876	CHEVROLET	2001
65	TAT0609	CHEVROLET	2005
66	PZX0348	CHEVROLET	2002
67	IAG0305	CHEVROLET	2001
68	PZY0907	CHEVROLET	2002
69	PUD0992	HINO	2007
70	PUG0022	HINO	2007
71	PBU2011	HINO	2011
72	PZY0861	CHEVROLET	2002
73	PUJ0552	HINO	2007
74	PAA4626	HINO	2009
75	PAB1872	HINO	2010
76	PAQ0673	CHEVROLET	2003
77	PAI0472	CHEVROLET	2002
78	IAA2659	HINO	2019
79	CAE0522	CHEVROLET	2005
80	PAU0140	CHEVROLET	2004
81	IAH0893	CHEVROLET	2006
82	MCV0726	CHEVROLET	2002
83	PZZ0009	HINO	2002
84	PZZ0458	CHEVROLET	2001
85	PAU0230	CHEVROLET	2004
86	PUG0627		
87	PZB0190	CHEVROLET	2003
88	PAU0513	MERCEDES BENZ	2004
89	PAU0042	CHEVROLET	2002
90	PAB0778	CHEVROLET	2002
91	PZZ0507	CHEVROLET	2001
92	PUG0702	HINO	2008
93	TAU0905	HINO	2008
94	PAU0026	CHEVROLET	2004
95	PAB1991	CHEVROLET	2008
96	PZO0722	CHEVROLET	2004
97	PUH0753	HINO *	2008
98	CAD0838	CHEVROLET	2001
99	IAA1285	CHEVROLET	2001
100	PZZ0537	CHEVROLET	2003
101	PXW0075	CHEVROLET	2001
102	HAA1840	HINO	2013
103	PAC4288	HINO	2012
104	PZO0064	VOLSWAGEN	2003
105	PZO0014	MERCEDES BENZ	2003
106	PZX0627	CHEVROLET	2002
107	PAI0820	CHEVROLET	2003
108	PZX0718	CHEVROLET	2001
109	PZT0780	CHEVROLET	2001
110	PAU0712	CHEVROLET	2004
111	PAO0910	CHEVROLET	2003
112	PZX0478	CHEVROLET	2001

113	PAO0018	MERCEDES BENZ	2003
114	PZO0411	CHEVROLET	2004
115	PZO0571	CHEVROLET	2004
116	PZY0527	HINO	2002
117	PAM0599	CHEVROLET	2003
118	PZY0833	CHEVROLET	2001
119	IAH0569	MERCEDES BENZ	2005
120	IAH0496	MERCEDES BENZ	2005
121	PZS0938	CHEVROLET	2001
122	PZZ0436	CHEVROLET	2002
123	PAC1049	HINO	2012
124	PZQ0056	CHEVROLET	2004
125	PUG0633	HINO	2008
126	PAB0676	CHEVROLET	2003
127	PUB0335	CHEVROLET	2006
128	PZS0770	CHEVROLET	2002
129	PAB0688	CHEVROLET	2002
130	IAG0576	CHEVROLET	2002
131	PZV0322	CHEVROLET	2001
132	PAB0332	HINO	2003
133	PZU0137	CHEVROLET	2005
134	IAA2697	HINO	2019
135	PZV0369	CHEVROLET	2002
136	PAA5928	HINO	2010
137	IAI2973	HINO	2020
138	PQD0300	CHEVROLET	2002
139	PUH0458	HINO	2008
140	IAI2512	HINO	2019
141	PZZ0366	CHEVROLET	2002
142	PAQ0537	CHEVROLET	2004
143	IAG0348	CHEVROLET	2001
144	PUJ0549	HINO	2009
145	PAO0986	CHEVROLET	2003
146	TAV0149	CHEVROLET	2009
147	IAH0243	CHEVROLET	2004
148	IAH0455	CHEVROLET	2004
149	IAH0603	HINO	2005
150	IAH0490	CHEVROLET	2005
151	IAH0684	CHEVROLET	2005
152	IAH0832	CHEVROLET	2005
153	IAK0298	CHEVROLET	2005
154	IAI2530	HINO	2019
155	IAH0590	HINO	2005
156	IAH0901	CHEVROLET	2006
157	IAK0161	CHEVROLET	2006
158	IAK0210	CHEVROLET	2006
159	IAK0157	CHEVROLET	2006
160	PAA6304	HINO	2011

Anexo 2

Tabla de datos de buses de la Cooperativa San Miguel de Ibarra

N°	SOCIO	PLACA	MARCA	MODELO	AÑO	DISCO
1	PANTOJA LOPEZ DAYANA KAROLINA	PZZ0039	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2002	2
2	ORTEGA LUIS FABIAN	PZT0652	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2011	3
3	CHULDE TENGANAN JORGE EMIL	PZY0734	CHEVROLET	CHR 72 TORPEDO 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	2002	4
4	ALBA NARVAEZ OLGER WILSON	PZQ0242	VOLKSWAGEN	17210 OD BUS INT	2004	5
5	ANDRADE GRIJALVA EDGAR PATRICIO	PAI0951	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2003	6
6	VALENCIA CIFUENTES LUIS ALFREDO	PZZ0508	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2002	7
7	USIÑA TIRIRA IVÁN ROLANDO	PAI0082	CHEVROLET	BUS FTR CON FULL AIR BRAK	2002	8
8	TIRIRA MÉNDEZ LUIS ALFONSO	PAN0839	HINO	RK1JSTL	2003	9
9	FARINANGO REALPE BYRON GERMÁN	PAQ0888	SCANIA	F94H84X2NZ310	2003	10
10	BENAVIDEZ CHAMORRO MARCELIANO	PZZ0488	HINO	FF1JPTZ	2002	11
11	HIDALGO TORRES LORENA DEL CARMEN	PUE0168	VOLKSWAGEN	17210 OD 8.0 2P 4X2 TM DIESEL	2006	12
12	TIRIRA ESPAÑA DIANA ALEXANDRA	PZU0153	HINO	FF1JPTZ	2002	13
13	POMASQUI RIVERA MANUEL MARIA	PZQ0442	VOLVO	METALBUS URBANO TIPO	2004	14
14	QUINGLA ARIAS CARLOS MANUEL	PAQ0396	HINO	RK1JSTL	2003	15
15	AYALA BURBANO BYRON ROMEL	CAH0050	HINO	FG1JPUZ	2008	16
16	ORTEGA IMBAQUINGO HERNANDO	PAB0773	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2002	17
17	ACOSTA FARINANGO CARLOS MANUEL	PUA0190	HINO	RK1JSTL	2003	18
18	ROSETO MONTENEGRO WILVER MARCELO	PZY0625	HINO	FF1JPTZ	2002	19
19	CAICEDO RUIZ SEGUNDO ROBERTO	PAU0247	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	2004	20
20	LASTRA MINDA SEGUNDO MARCELO	IAA2574	VOLKSWAGEN	17260 EOT	2009	21
21	CIFUENTES ROSALES ALFREDO MARCELINO	PAB0710	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	2003	22
22	FLORES DE LA CRUZ SEGUNDO ISIDRO	PAQ0420	CHEVROLET	CHR 72 CAMION 7.2 2P 4X2 TM DIESEL	2002	23
23	AYALA VASQUEZ YOMAIRA ISABEL	AAW0594	MERCEDES BENZ	OF 1721-52	2007	24
24	VISCAINO CUPUERÁN ALBERT MAURICIO	PZQ0424	MERCEDES BENZ	OF 1721-59	2004	25
25	SANTACRUZ BERNARDO WILSON LYNDON	PAQ0299	VOLKSWAGEN	17210 OD 12.0 2P 4X2 TM DIESEL	2003	26
26	PORTILLA CUASAPAZ RAMIRO JULIAN	PAU0086	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	27
27	YEPEZ PAZMIÑO CRUZ ALFONSO	PZZ0349	HINO	RK1JSTL	2002	28
28	ARREDONDO ANRRANGO CANDIDA AURORA	PZZ0808	CHEVROLET	FTR CON FULL AIR BRAK 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	2003	117
29	TERÁN YÉPEZ CHRISTIAN MARCELO	PAI0423	HINO	RK1JSTL	2003	30
30	ARTEAGA REASCOS JHON HENRY	PZZ0571	CHEVROLET	FTR32M 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	2002	31
31	CHAMPUTIZ FUEL WASHINGTON VLADIMIR	EAH0521	MERCEDES BENZ	OF 1721-59	2005	32
32	CHAMORRO AJALA JORGE JAVIER	PAU0886	VOLVO	SVELTO URBANO	2004	33
33	PEPINOS DAVILA LAURO ANIBAL	PJQ0905	CHEVROLET	CHR 72 TORPEDO 8.0 2P 4X2 TM DIESEL	2002	34
34	YÉPEZ YÉPEZ JUAN FRANCISCO	PAQ0096	HINO	RK1JSTL	2003	35
35	VILLAFUERTE PAEZ MARCIA VIVIANA	PAQ0175	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2003	36
36	SEGOVIA SARABIA WILSON RODRIGO	PUB0039	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2005	37
37	GUERRERO GUERRERO PEDRO ARMANDO	PAQ0649	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	2003	38
38	ALDAZ YAMBERLA JORGE ANÍBAL	PZX0107	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2001	39
39	ROSETO CHICAIZA CARLOS ARMANDO	PAQ0050	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2003	40
40	CAICEDO CAICEDO KLEBER VLADIMIR	PAB0137	CHEVROLET	FTR32M 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	2002	41
41	PUMA SIMBA DIEGO ANDRES	CAD0899	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2002	42
42	PATIÑO CEVALLOS OLGER RICARDO	PAQ0980	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	2003	43
43	NUÑEZ CERVANTES CHRISTIAN ROLANDO	PZZ0265	CHEVROLET	CHR 72 7.2 2P 4X2 TM DIESEL	2002	42
44	BENITEZ GORDILLO FLAVIO RENÉ	IAH0062	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2002	45
45	CACHIGUANGO CACHIGUANGO PAOLA	PZQ0179	CHEVROLET	CHR 7.2 VIALE 2P	2004	46
46	POZO RODRIGO HÉCTOR RODRIGO	PZZ0881	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2002	47
47	JAJUÍ COLLAGUAZO JOSÉ LUÍS	PAQ0995	CHEVROLET	CHR 7.1 TORPEDO 2P 4X2 TM DIESEL	2003	48
48	ANRANGO COLLAHUAZO DIANA BELEN	PAU0785	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	49
49	YÉPEZ GALEANO NELSON ABRAHAN	PUD0091	CHEVROLET	FTR 32M FULL AIR BREAK 7.2 2P 4X2 TM DIESEL	2006	50
50	CHANDI RAMIREZ VICTOR MANUEL	PAQ0406	MERCEDES BENZ	OF 1721/52	2003	51
51	AGUIRRE BEDÓN WIDER ORLANDO	PAQ0639	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2002	52
52	CHAMORRO CARLOSAMA JORGE GILBERTO	PAB0717	VOLVO	SVELTO URBANO	2003	53
53	PARADES BEDÓN LUCIO MARCELO	MAS0864	KING LONG	CF18-30	2007	54
54	FARINANGO ESPINOSA ERICK OSWALDO	PZQ0837	CHEVROLET	FTR 32M CHASIS TORPEDO FULL AIR BRAK	2005	55
55	BENITEZ GORDILLO ALFONSO MARIA	PAQ0030	HINO	RK1JSTL	2003	56
56	PATIÑO CEVALLOS FELIX ROBERTO	PZY0953	HINO	FF1JPTZ	2002	57
57	YAMBERLA BENÍTEZ SEGUNDO	IAF0688	CHEVROLET	BUS FTR CON FULL AIR BRAK	2002	58
58	BENÍTEZ GORDILLO PAULO ABIARDO	PAB0024	MERCEDES BENZ	OF 1721/52	2002	59
59	FARINANGO ARIAS CESAR GUILLERMO	PUA0088	CHEVROLET	FTR 32M FULL AIR BREAK 7.1 2P 4X2 TM DIESEL	2006	60
60	JAJUÍ COLLAGUAZO JORGE ARMANDO	PAQ0111	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	61
61	ARAGÓN ARAGÓN VICENTE NELSON	PAI0392	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	2003	62
62	PINTO TORRES ALEX DAVID	PAI0409	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2003	63
63	CHÁVEZ LUIS RUPERTO	PAU0746	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2004	64
64	CHANDI CANGAS FERNANDO ALEXANDER	VAC0081	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2002	65
65	ARAGON POZO KATHERINE LILIANA	PAI0490	HINO	RK1JSTL	2003	66
66	ROJAS MENA ANGEL FERNANDO	PAU0529	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	67

67	PEÑALOZA GUERRERO SEGUNDO CAMILO	IAG0682	CHEVROLET	FTR 32M FULL AIR CHASIS CABINADO	2001	68
68	RAMIREZ TIRIRA EDISON ROBERTO	IAA1312	JIANGTE	JDF5120GSSK	2011	69
69	PANTOJA PARRA EDISON JAVIER	IBC7454	CHEVROLET	BUS FTR URBANO	2003	70
70	POZO OBANDO MARTIN EMILIO	PAI0482	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2002	71
71	CORRALES NEGRETE EDGAR WILFRIDO	PZT0716	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2001	72
72	CUPUERAN QUINCHUQUI VICTOR RUBEN	PAQ0358	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2003	73
73	URRUTIA CAMPOS NELSON PATRICIO	PZS0926	ISUZU	FTR32M	1999	74
74	BURGOS INSUASTI FERNANDO PATRICIO	PZZ0976	CHEVROLET	FTR CON FULL AIR BRAK 7.1 3P 4X2 TM DI	2003	75
75	AYALA CARRANCO TELMO ISMAEL	PAQ0316	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	76
76	VILLARREAL LARA ARMANDO VINICIO	PAQ0288	CHEVROLET	CHR 72 CHASIS TORPEDO	2002	77
77	PORTILLA SANTILLAN WILLIAN RENÉ	PAM0702	CHEVROLET	CHR 72 CHASIS TORPEDO	2002	78
78	PINTO ARMAS EDISON FERNANDO	PZY0984	CHEVROLET	FTR 32M AOH CHASIS TORPEDO SKD	2001	79
79	TITO CACUANDO EDWIN SAMUEL	PZU0648	HINO	RK1JSTL	2003	80
80	JÁCOME GUZMÁN WILSON OSWALDO	PZO0132	VOLVO	SVELTO URBANO	2004	81
81	CIFUENTES MORA PABLO MANUEL	TAO0369	MAN	14285LC	2003	82
82	TOMAICO ZUÑIGA HÉCTOR MARCELO	AAS0143	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2002	83
83	PÉREZ DIAZ AUGUSTO VINICIO	IAI2610	VOLKSWAGEN	17260 EOT	2009	84
84	MORALES VILLAGRAN LUIS GERARDO	PZZ0049	CHEVROLET	CHR 72 CHASIS TORPEDO	2002	85
85	GUDIÑO NOGUERA MARTHA CECILIA	IAA1354	JIANGTE	JDF5120GSSK	2011	86
86	VIZCAINO SUAREZ GERARDO ALBERTO	PZO0892	MERCEDES BENZ	OF 1721-59	2004	87
87	CACHIGUANGO PINEDA JOSE	PZZ0348	HINO	RK1JSTL	2002	88
88	FLORES PABÓN ALEJANDRO MANUEL	PZQ0164	VOLKSWAGEN	17210 OD BUS INT	2004	89
89	ORTIZ TORRES FRANCISCO JAVIER	PZU0281	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2002	90
90	COLLAGUAZO FOLLARÁN MEDARDO	PAQ0847	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	91
91	BRUCIL ANGAMARCA JOSÉ MIGUEL	PZO0627	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2002	92
92	RODRIGUEZ SUAREZ MARCO VINICIO	PAB0159	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2003	93
93	TITO PÉREZ JORGE ANIBAL	PAB0752	VOLVO	SVELTO URBANO	2003	94
94	POZO GARCÍA NELSON SANTIAGO	PAQ0014	HYUNDAI	SUPER AEROCITY	2003	95
95	QUINTANA LARA JOSÉ ENRIQUE	IAH0094	CHEVROLET	FTR32M TORPEDO 7.2 2P 4X2 TM DIESEL	2002	96
96	MEJIA HERNANDEZ VICTOR DANILO	PZZ0023	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2002	97
97	GARCES HERRERA CLIMACO LLAMIL	PAB0514	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2003	98
98	FLORES MARTÍNEZ RAÚL ISIDRO	PAU0007	CHEVROLET	FTR CON FULL AIR BREAK 7.1 2P 6X4 TM D	2004	99
99	RODRIGUEZ MEJIA EDISON ERNESTO	PAO0574	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2003	100
100	POZO GARCÍA DIEGO DAVID	PZX0987	CHEVROLET	TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK 7.1 2P	2002	101
101	PORTILLA ROSERO MANUEL ANÍBAL	IBC7505	CHEVROLET	BUS FTR URBANO	2003	102
102	HIDALGO PÁEZ GUSTAVO MARCELO	IAA2515	VOLKSWAGEN	17.210 OD	2012	103
103	GRANDA ALMEIDA NAPOLEON FERNANDO	PZY0004	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2001	104
104	MARTÍNEZ VASQUEZ ALFREDO DAVID	PAO0071	VOLKSWAGEN	17210 OD BUS URB	2002	105
105	FRANCO VEGA SANDRO MARCELO	PZR0857	ISUZU	FTR32M	1999	106
106	BURBANO ARROYO MANUEL MESIAS	PAI0126	VOLKSWAGEN	17210 OD 12.0 2P 4X2 TM DIESEL	2003	107
107	BEDÓN TITO LUÍS BAYARDO	PAQ0158	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	2004	108
108	TORRES CAICEDO EDGAR NEPTALI	AAV0988	CHEVROLET	FTR 32M FULL AIR BREAK 7.1 2P 4X2 TM D	2006	104
109	RODRÍGUEZ SUAREZ LUIS ALFREDO	PZW0987	CHEVROLET	FTR32M CHASIS TORPEDO	2001	110
110	CACUANGO VILANEZ VICTOR ALFONSO	PZQ0188	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	111
111	BENAVIDEZ MACHADO JOSÉ FERNANDO	PUA0562	CHEVROLET	FTR 32M CHASIS TORPEDO FULL AIR BRAK	2005	112
112	TIRIRA AREVALO MARCO VINICIO	PZZ0323	HINO	FF1JPTZ	2003	113
113	RUIZ ARIAS JOSE LIZARDO	PAI0330	HINO	RK1JSTL	2003	114
114	MALQUIN GARCIA FRANCISCO ELÍAS	PZO0877	MERCEDES BENZ	OF 1721-59	2004	115
115	ORTIZ SOLIS ETHELVINA JANNETH	IAG0960	CHEVROLET	FTR 32M CHASIS CABINADO FULL AIR	2002	116
116	MUÑOS SALAS CARLOS ROBERTO	OAN0315	CHEVROLET	FTR 32M FULL AIR BREAK 8.0 2P 4X2 TM D	2009	117
117	VASQUEZ REYES PLUTARCO GUILLERMO	PAU0519	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	118
118	GUTIERREZ ANDRADE LILIAN VIVIANA	PAB0708	CHEVROLET	CHR 7.2 CHASIS TORPEDO	2003	119
119	GRANDA ALMEIDA FAUSTO RAÚL	PAB0724	CHEVROLET	FTR 32M CHASIS CABINADO FULL AIR	2003	120
120	RIVADENEIRA FLORES ZARA VIVIANA	PAB0555	VOLKSWAGEN	17210 OD CHASIS SIN CABINA	2002	121
121	MONCAYO BENAVIDEZ PEPE ARTURO	PXQ0305	HINO	RK1JSTL	2003	122
122	SANTACRUZ BERNARDO RÓMULO OSWALDO	PAQ0150	MERCEDES BENZ	OF 1721-52	2003	123
123	MORENO CHUGÁ JORGE ALEXIS	PZZ0078	CHEVROLET	CHR 72 CHASIS TORPEDO	2002	124
124	PANTOJA CHUGA LENIN ANIBAL	PAO0889	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2002	125
125	FARINANGO QUSHPE CLEVER PATRICIO	BAE0378	DONGFENG	DHZ1120KTD16	2005	126
126	HEREMBAS RUANO MILTON AMILCAR	PZO0303	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	127
127	VASQUEZ REYES PLUTARCO GUILLERMO	PAU0519	CHEVROLET	CHASIS TORPEDO FTR CON FULL AIR BRAK	2004	118
128						
129						
130						
131						
132						
133						
134						
135						
136						
137						
138						
139						
140						
141						
142						
143						
144						
145						
146						
147						
148						
149						
150						
151						
152						
153						
154						
155						
156						
157						
158						
159						
160						
161						
162						
163						
164						
165						
166						
167						
168						
169						
170						
171						
172						
173						
174						
175						
176						
177						
178						
179						
180						
181						
182						
183						
184						
185						
186						
187						
188						
189						
190						
191						
192						
193						
194						
195						
196						
197						
198						
199						
200						