



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA E
INDUSTRIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO DEL USO DE ENERGÍA Y CONSUMO DE
COMBUSTIBLE EN EL TRANSPORTE DE SANTO DOMINGO.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:
HENRY DANNY PALMA ESPINALEZ**

**DIRECTOR:
ING. ARTURO FALCONI BORJA, MsC.**

Santo Domingo, Mayo 2019

© Universidad UTE. 2019
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DEL CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1717383275
APELLIDO Y NOMBRES:	Palma Espinalez Henry Danny
DIRECCIÓN:	Av. Quevedo Km 6 Coop. El Proletariado
EMAIL:	henry_hd1987@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	02-3741-237
TELÉFONO MOVIL:	0967598669

DATOS DE LA OBRA					
TÍTULO:	Estudio del uso de energía y consumo de combustible en el transporte de Santo Domingo.				
AUTOR O AUTORES:	Palma Espinalez Henry Danny				
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO TÉCNICO:	28 de Mayo 2019				
DIRECTOR DEL PROYECTO TÉCNICO:	Ing. Arturo Falconí Borja, MsC				
PROGRAMA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">PREGRADO</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">X</td> <td style="width: 33%;">POSGRADO</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> </table>	PREGRADO	X	POSGRADO	
PREGRADO	X	POSGRADO			
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Automotriz				
RESUMEN:	<p>En todo el mundo, los combustibles líquidos siguen siendo la fuente dominante de consumo de energía de transporte, el consumo mundial de combustibles líquidos en el sector transporte aumenta en 36 cuatrillones Btu en la proyección del caso de referencia.</p> <p>La gasolina para motores sigue siendo el combustible de transporte más grande, pero su participación en el consumo total de energía en el transporte se reduce del 39% en 2012 al 33% en 2040.</p> <p>Los combustibles fósiles han predominado como la energía mayor consumida en el país, con una participación cercana al 80% durante todo el periodo entre 2000 hasta el 2015. De éstos, el diésel y la gasolina tienen la mayor participación</p>				

PALABRAS CLAVE:

Combustible, Diésel, Gasolina, Energía,
Transporte

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución

f.



Palma Espínez Henry Danny
C.I. 171954782-8

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **PALMA ESPINALEZ HENRY DANNY** CI: **171954782-8** autor del proyecto titulado “**Estudio del uso de energía y consumo de combustible en el transporte de Santo Domingo**” previo a la obtención del título de **INGENIERO AUTOMOTRIZ** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 28 de mayo de 2019

f. 

Palma Espinalez Henry Danny
C.I. 171954782-8

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **Estudio del uso de energía y consumo de combustible en el transporte de Santo Domingo** para aspirar al título de **INGENIERO AUTOMOTRÍZ** fue desarrollado por **PALMA ESPINALEZ HENRY DANNY**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a las evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. Arturo Falconi Borja, MsC.
DIRECTOR DEL TRABAJO

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme las fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mis hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida. A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis Hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar. Ojala algún día yo me convierta en sus fuerzas para que puedan seguir avanzando en su camino.

De igual forma, agradezco a mi Director de Tesis, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los Profesores que me han visto crecer como persona, y gracias a sus conocimientos hoy puedo sentirme dichoso y contento.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. INTENSIDAD ENERGÉTICA.....	4
1.2. EL SECTOR DEL TRANSPORTE EN EL ECUADOR.....	5
1.3. INDICADOR KVR	8
1.4. RELACIÓN ENTRE EL INDICADOR KVR Y LOS CONSUMOS ESPECÍFICOS DE COMBUSTIBLE	9
1.5. VARIABLES RELACIONADAS CON LA ESTIMACIÓN DEL KVR	9
2. METODOLOGÍA	10
2.1. METODOLOGÍAS PARA LA ESTIMACIÓN DEL KVR.....	10
2.2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN.....	11
2.2.1. LECTURAS DE ODÓMETRO	11
2.2.2. DENSIDAD DE TRÁFICO	11
2.2.3. MÉTODOS DE ENCUESTAS	11
2.2.4. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE VENTAS DE COMBUSTIBLE	12
2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DEL KVR	13
2.4. ESTIMACIÓN DEL INDICADOR KVR EN OTROS PAÍSES	13
2.4.1. ESTADOS UNIDOS	13
2.4.2. CANADÁ	14
2.4.3. AUSTRALIA	14
2.5. ANÁLISIS DE INDICADORES DE TRANSPORTE PARA LA PROVINCIA DE SANTO DOMINGO	15
2.5.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	15
2.5.2. PARQUE AUTOMOTOR DE SANTO DOMINGO	15
2.6. POBLACIÓN VS PARQUE AUTOMOTOR.....	17
2.7. DESAGREGACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR.....	19
2.8. ANTIGÜEDAD DEL PARQUE AUTOMOTOR	22
2.9. EFICIENCIA DEL PARQUE AUTOMOTOR	24
2.10. ANÁLISIS DE VENTAS DE COMBUSTIBLE.....	27
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1. BALANCE DE ENERGÍA DEL SECTOR TRANSPORTE.....	31
3.2. MÉTODO HARDY CROSS.....	31
3.3. CÁLCULO MEDIANTE EL MÉTODO PLANTEADO	34
3.4. RESULTADOS DATOS INER 2014	37
3.5. RESULTADOS MÉTODO PROPUESTO	38
3.6. CÁLCULO DE USOS NO JUSTIFICADOS EN EL FLUJO DE ENERGÍA	40

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
4.1. CONCLUSIONES.....	43
4.2. RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variables para generar datos sobre KVR	9
Tabla 2.	Ventajas y desventajas entre los métodos de estimación del KVR	13
Tabla 3.	Vehículos preferidos por habitantes de la provincia	16
Tabla 4.	Desagregación del parque automotor.....	20
Tabla 5.	Rendimientos según tipo de vehículos, Ecuador	25
Tabla 6.	Incremento de eficiencia varios países Latinoamérica	26
Tabla 7.	Eficiencia Parque Automotor Nacional	26
Tabla 8.	Despachos mensuales por tipo de combustible.....	27
Tabla 9.	Nomenclatura usada para las ecuaciones	34
Tabla 10.	Recorrido vehículos a gasolina.....	35
Tabla 11.	Recorrido vehículos a Diesel	36
Tabla 12.	Recorrido vehículos a Diesel	37
Tabla 13.	Cálculo del flujo de energía consumida	38
Tabla 14.	Iteraciones con un error global menor al 3%	39
Tabla 15.	Iteraciones con un error global menor al 3%	39
Tabla 16.	Factor de uso por tipo de vehículo.....	40
Tabla 17.	Cálculo del gasto energético.....	41
Tabla 18.	Cantidad de energía despachada no justificada	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Consumo de energía mundial por fuente.....	2
Figura 2.	Estructura del consumo de energía por sectores	3
Figura 3.	Consumo mundial de energía 1990 -2040.....	4
Figura 4.	Evaluación de la intensidad en el Eje transporte	6
Figura 5.	Consumo por tipo de transporte	7
Figura 6.	Evolución demanda de energía por fuente	7
Figura 7.	Consumo de gasolinas por tipo de vehículos	8
Figura 8.	Métodos de estimación del indicador KVR	10
Figura 9.	Canada, Metodología de estimación de KVR	14
Figura 10.	Provincia de Santo Domingo de los Tsachilas.....	15
Figura 11.	Clasificación del parque automotor por vehículos	16
Figura 12.	Marca de vehículos livianos más representativas Santo Domingo de los Tsachilas.....	17
Figura 13.	Marca de vehículos de carga pesada más representativas Santo Domingo	17
Figura 14.	Población vs parque automotor	18
Figura 15.	Factor de motorización en la provincia de Santo Domingo.....	18
Figura 16.	Desagregación del parque automotor de la provincia de Santo Domingo	20
Figura 17.	Parque automotor según uso.....	21
Figura 18.	Barras apiladas, recuento de Clase de vehículo por tipo de combustible.....	21
Figura 19.	Parque automotor según el tipo de combustible	22
Figura 20.	Distribución de antigüedad del Parque de la Provincia.....	23
Figura 21.	Antigüedad del parque automotor de Santo Domingo	23
Figura 22.	Distribución del parque automotor según segmento y uso	24
Figura 23.	Promedio de la nueva evolución de la economía del combustible.....	25
Figura 24.	Elaboración de Modelos y escenarios de consumo de energía del sector del transporte	30
Figura 25.	Bucle del sistema.....	32
Figura 26.	Flujo imaginario de energía	33

RESUMEN

En todo el mundo, los combustibles líquidos siguen siendo la fuente dominante de consumo de energía de transporte, el consumo mundial de combustibles líquidos en el sector transporte aumenta en 36 cuatrillones Btu en la proyección del caso de referencia. La gasolina para motores sigue siendo el combustible de transporte más grande, pero su participación en el consumo total de energía en el transporte se reduce del 39% en 2012 al 33% en 2040.

Los combustibles fósiles han predominado como la energía mayor consumida en el país, con una participación cercana al 80% durante todo el periodo entre 2000 hasta el 2015. De éstos, el diésel y la gasolina tienen la mayor participación.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico continuo lleva a niveles de vida crecientes que resultan en la demanda de viajes personales y transporte de carga para satisfacer la creciente demanda de bienes de los consumidores, la demanda mundial de energía ha venido en aumento, desde la época de los setenta se ha duplicado el consumo de energía, en el marco mundial el transporte representa aproximadamente el 25% de la demanda de energía y aproximadamente el 61.5% de todo el petróleo usado cada año.

En el caso de referencia de International Energy Outlook 2016 (IEO2016), el sector del transporte ha venido incrementando el consumo de energía a una tasa promedio anual del 1,4%. El transporte terrestre representa la gran mayoría del consumo energético.

En todo el mundo, los combustibles líquidos siguen siendo la fuente dominante de consumo de energía de transporte, el consumo mundial de combustibles líquidos en el sector transporte aumenta en 36 cuatrillones Btu en la proyección del caso de referencia. La gasolina para motores sigue siendo el combustible de transporte más grande, pero su participación en el consumo total de energía en el transporte se reduce del 39% en 2012 al 33% en 2040.

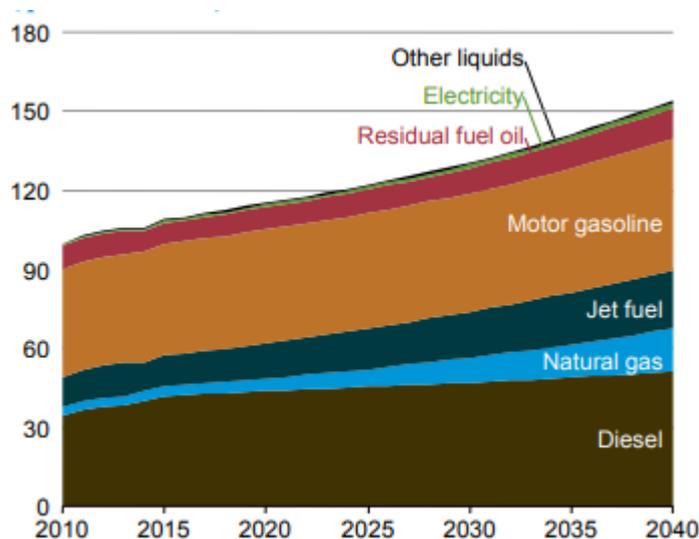


Figura 1. Consumo de energía mundial por fuente
Fuente: Energy Outlook 2016 (IEO2016)

Según el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035 (PLANEE), en Ecuador los principales sectores de consumo identificados fueron: sector Transporte, correspondiente a 42% del total del consumo energético nacional; sector Industrial (18%) y sector Residencial (12%).

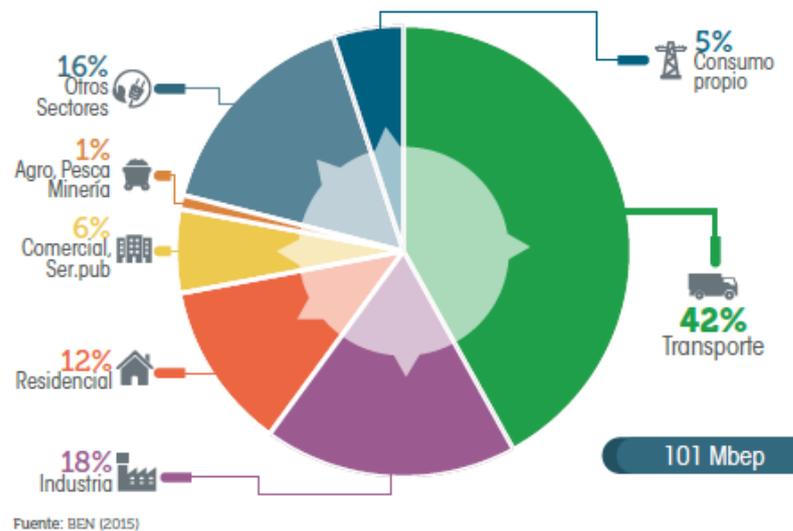


Figura 2. Estructura del consumo de energía por sectores
Fuente: PLANEE, 2016-2035

La energía está presente en casi todas las actividades indispensables para la vida, entre las que se encuentran: cocción, iluminación, calefacción, enfriamiento y transporte. El transporte es muy importante para la realización de actividades cotidianas es considerado como un servicio básico para el desarrollo comercial e industrial, el desarrollo del mismo ha acortado las distancias y reducido los tiempos de traslado. Sin embargo su uso depende excesivamente de recursos naturales no renovables, elevados niveles de contaminación ambiental, saturación de las redes viales y congestión en las rutas de traslado, entre los más importantes.

El consumo energético a nivel mundial ha experimentado un importante aumento, ocasionado principalmente por el uso de combustibles fósiles para transporte, lo que también ha incrementado el impacto ambiental.

Esta actividad es considerada la de mayor demanda mundial de energía, con un 50%, según datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés).

En todo el mundo, el petróleo y otros combustibles líquidos son la fuente principal de energía para el transporte, aunque su participación en la energía total de transporte disminuye durante el período de proyección IEO2016, del 96% en 2012 al 88% en 2040.

La participación del gas natural como combustible de transporte crece del 3% en 2012 al 11% en 2040. Según el International Energy Outlook 2016, en 2012, los oleoductos representaron el 66% del uso de gas natural en el sector del transporte, los vehículos ligeros el 28% y los autobuses el 4%.

Como resultado de una economía de combustible favorable, se utiliza una proporción cada vez mayor de gas natural para modos de transporte de transporte distintos de los gasoductos.

La electricidad sigue siendo un combustible menor para el uso mundial de energía para el transporte, aunque su importancia en el transporte ferroviario de pasajeros sigue siendo alta: en 2040, la electricidad representará el 40% del consumo total de energía ferroviaria para pasajeros.

La cuota de electricidad del consumo total de energía de los vehículos ligeros crece hasta el 1% en 2040 en el caso de referencia, ya que las crecientes ventas de nuevos vehículos eléctricos enchufables penetran en el stock total de trabajo liviano.

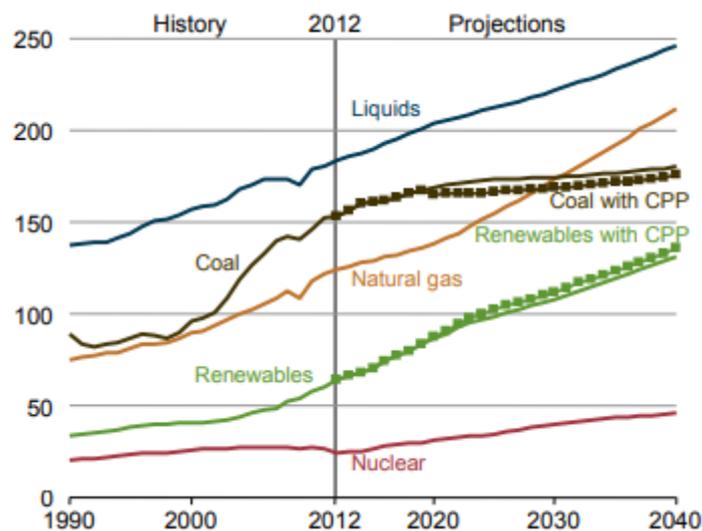


Figura 3. Consumo mundial de energía 1990 -2040
Fuente: Energy Outlook 2016

1.1. INTENSIDAD ENERGÉTICA

Mide la cantidad de energía que beneficia a la economía. Este valor se calcula tomando la relación entre el uso total de energía primaria (todos los combustibles y flujos que un país utiliza para obtener energía) y el PIB (el dinero total generado en un país). Esta cantidad (medida MJ / \$) se utiliza para indicar la eficacia con la que una determinada economía está utilizando sus combustibles y flujos. Cuando un país reduce la energía desperdiciada se vuelve más eficiente.

Actualmente la eficiencia energética es una parte vital de la estrategia energética para una nación. En el sector del transporte este indicador proporciona una visión del efecto que genera un cambio del nivel de bienestar sobre el consumo energético para el transporte.

La intensidad energética es un indicador que permite medir la relación entre el consumo energético del sector transporte y el producto interno bruto. Su objetivo es calcular la cantidad de energía usada por cada 1000 dólares producidos en el sector transporte. La intensidad energética del transporte es definida como la relación entre el consumo final de energía y el valor agregado a precios constantes. Una intensidad energética elevada refleja un uso ineficiente de energía para la generación de riqueza, mientras que una intensidad energética baja sugiere un uso eficiente de energía para la generación de riqueza.

Actualmente en Ecuador se tiene datos de consumo energético por el sector transporte de forma global, mas no de manera local, por provincia o ciudad lo cual es muy importante para establecer políticas y estrategias para disminuir el consumo energético en este sector y ser más eficientes. Esta investigación pretende determinar la situación actual del parque automotor de Santo Domingo y posteriormente establecer como se consume la energía por vehículos livianos particulares.

Para hacer frente a este desafío, los responsables de las políticas públicas existen diversos aspectos que deben ser medidos y estudiados, en este sentido, la medición de datos de Kilómetros Vehículo Recorridos (KVR) es de suma importancia, pues representa un indicador que tiene múltiples usos para diferentes tipos de políticas.

Este indicador generalmente se define como la cantidad de kilómetros-o millas- recorridos en un determinado periodo de tiempo, (por ejemplo, día, año, etc.) por un determinado vehículo o flota de vehículos o población.

1.2. EL SECTOR DEL TRANSPORTE EN EL ECUADOR

En Ecuador, el transporte ha sido el sector de mayor demanda y crecimiento en las últimas 5 décadas, representa más de la mitad del consumo final energético del país, siendo el sector consumidor de mayor peso y a la vez, el que posiblemente muestra más ineficiencias.

De acuerdo con el Objetivo 7 del PNBV (Lineamiento estratégico 7.7, literal c), el Estado promoverá la reducción gradual del uso de combustibles fósiles en el transporte y la sustitución de vehículos convencionales, mediante el fomento de una movilidad sostenible.

Durante el periodo 2007-2015, se mejoró la infraestructura de las redes vial, aeroportuaria y marítima, para el transporte de carga y pasajeros, de manera que se contribuyó a la reducción del uso de combustibles y a la optimización de los tiempos de desplazamiento.

A partir de 2008, se ha incentivado la adquisición de vehículos híbridos y eléctricos mediante la exoneración de aranceles. Hasta diciembre de 2014, se registró un total de 4 055 unidades híbridas y 35 eléctricas.

Desde 2010, se puso en marcha el proyecto de Producción de Biocombustible Ecopaís (formulación de gasolina extra con 5% de etanol anhidro), que permitió potenciar un sector importante de la agroindustria y contribuyó a la disminución de la importación de nafta de alto octano y de la emisión de GEI. Según la ANE 2016-2040, el consumo de gasolina Ecopaís representa 9% a nivel nacional.

En cuanto a la calidad de los combustibles, desde el año 2011, EP Petroecuador redujo el contenido de azufre del diésel, de 7 000 ppm a menos de 500 ppm, permitiendo importar vehículos con mejores características.

Según fuentes del INNER e información del Banco Central en el Ecuador la intensidad energética en el sector transporte del 2000 al 2012 fue de alrededor de 0.082. El PLANNE ha desarrollado ciertos escenarios a futuro considerando la ejecución de proyectos de eficiencia energética que generen beneficios en el sector, basados principalmente en la Propuesta de Política Pública y su regulación en materia de transporte terrestre sostenible y sustentable. De esta marea muestra la evolución de la intensidad energética para el Eje Transporte, en el periodo de estudio.

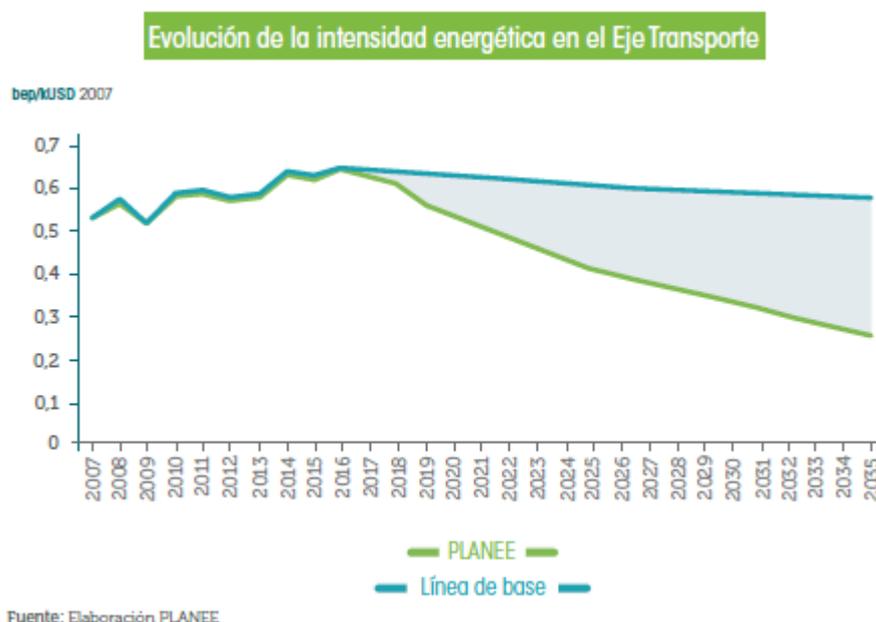


Figura 4. Evaluación de la intensidad en el Eje transporte
Fuente: (PLANEE,2016)

Según el balance energético nacional 2016, en el año 2015 el Ecuador presentó un consumo energético de 94.682 Kbeb de los cuales el 46% fue

destinado a este sector. La composición del consumo energético en el transporte y la desagregación por categorías del transporte terrestre se muestran en la Figura siguiente.

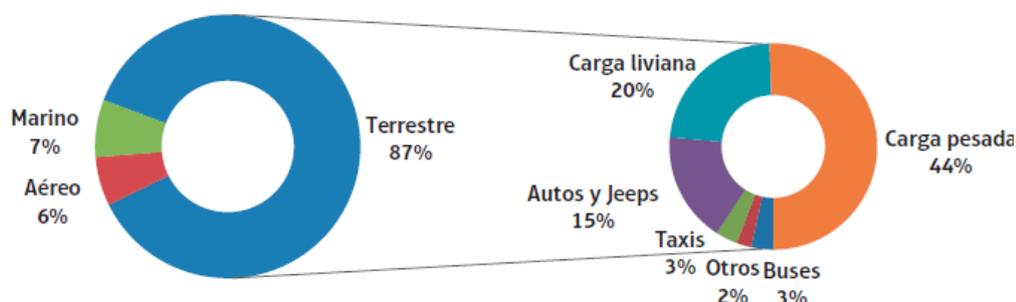


Figura 5. Consumo por tipo de transporte
Fuente: MICSE, 2017

Se puede concluir que los vehículos de carga pesada representan el grupo con mayor consumo dentro del transporte (44% del consumo global en transporte y más del 50% con respecto al consumo en transporte terrestre), y componen a penas 5,8% del parque automotor nacional (INEC, 2016).

Los combustibles fósiles han predominado como la energía mayor consumida en el país, con una participación cercana al 80% durante todo el periodo entre 2000 hasta el 2015. De éstos, el diésel y la gasolina tienen la mayor participación, los cuales aumentaron su demanda en 86% y 131% entre 2000 y 2015, respectivamente.

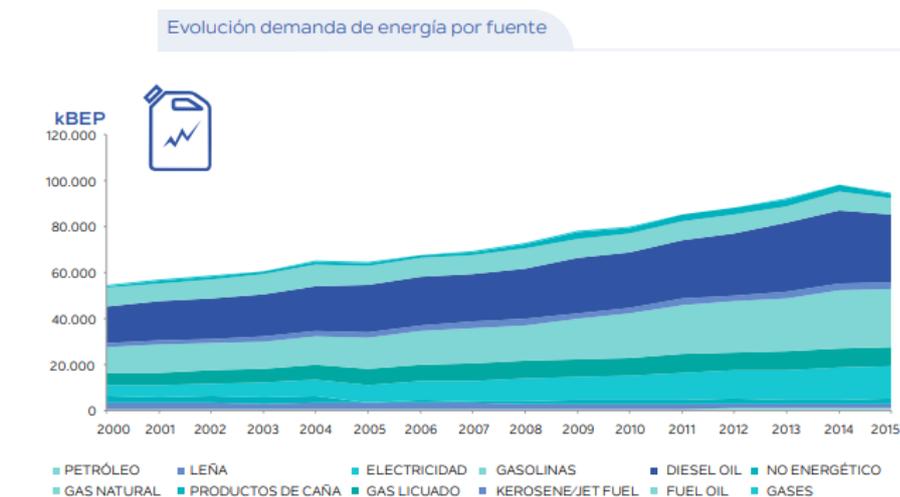


Figura 6. Evolución demanda de energía por fuente
Fuente: INEC, 2017

Referente al consumo de gasolinas por tipo de vehículo se evidencia la predominancia de consumo en automóviles de pasajeros individuales (46%). En el caso de diésel, los vehículos de carga pesada (73%) son los principales consumidores.

Consumo de gasolinas por tipo de vehículo

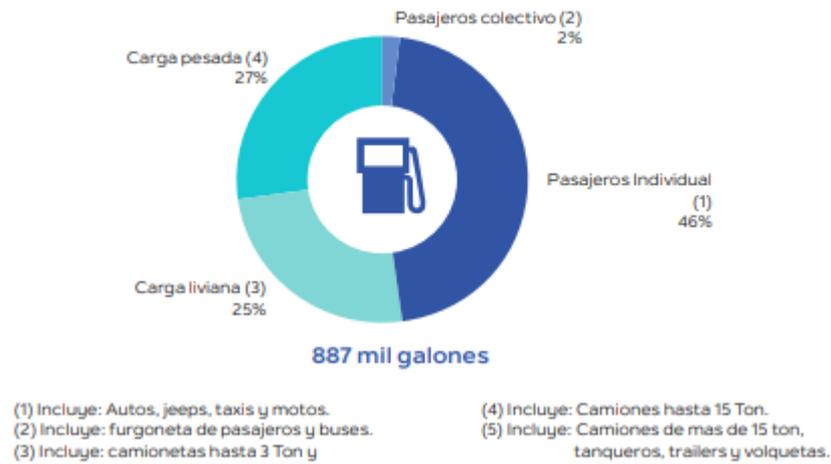


Figura 7. Consumo de gasolinas por tipo de vehículos

Fuente: INEC, 2017

1.3. INDICADOR KVR

El indicador de tránsito, Kilómetros Vehículo Recorridos (KVR) “cuantifica los kilómetros recorridos por un determinado tipo de vehículo o flota vehicular en un área de estudio, misma que puede ser desde una vialidad hasta un país o región”. Los datos generados por los KVR proporcionan información crucial sobre el volumen de tráfico y su crecimiento; es la primera aproximación de la cantidad de viajes realizados en una determinada vía o área de estudio. Es decir, su medición está en función del número de viajes observados y la distancia de los mismos.

Son muy utilizados para generar estadísticas con propósitos de planeación en los temas de accidentes carreteros, asignación de fondos para infraestructura carretera, extrapolación de tendencias para conocer el probable futuro de la actividad de transporte, tanto mercantil como de personas. (Góngora J., 2012).

Además, son especialmente usados para observar las tendencias en la intensidad del uso energético en el sector transporte en el largo plazo y para realizar estimaciones de emisiones de gases contaminantes de los vehículos automotores. Esto último debido a que, en combinación con los índices de contaminación por distancia recorrida, representa una estimación de la cantidad total de contaminación vehicular en un período determinado de tiempo.

El indicador de KVR es un dato clave para evaluar el consumo energético del sector transporte, sin este dato las evaluaciones del funcionamiento del transporte son especulativas. En Ecuador durante mucho tiempo no se ha logrado contar con datos precisos sobre los recorridos promedio.

1.4. RELACIÓN ENTRE EL INDICADOR KVR Y LOS CONSUMOS ESPECÍFICOS DE COMBUSTIBLE

Se verifica una relación directa entre el indicador KVR y los consumos de energía para transporte considerando que las distancias de recorrido promedio aumentan con relación a las necesidades de movilización de la población y la motorización, es así que en los países en desarrollo el incremento del parque automotor, crecimiento de la mancha urbana, la centralización de los servicios y la migración de zonas rurales a la ciudad, han hecho que los recorridos en vehículos motorizados también aumenten.

1.5. VARIABLES RELACIONADAS CON LA ESTIMACIÓN DEL KVR

Dependiendo de las necesidades de información algunas variables para generar datos sobre KVR deben ser recogidas o utilizadas en relación con la distancia recorrida por vehículo para mejorar las estimaciones y diagnósticos. Se pueden considerar las siguientes variables:

Tabla 1. Variables para generar datos sobre KVR

Relacionadas con:	Variables
Vehículo	<ul style="list-style-type: none">• Tipo de vehículos: autos, SUV (vehículos deportivos utilitarios por sus siglas en inglés), camionetas, camiones, etc.• Edad del vehículo.• Tipo de combustible• Peso bruto del vehículo• Potencia del motor• Eficiencia
Uso del vehículo	<ul style="list-style-type: none">• Motivos para su uso• Consumo de combustible
Usuario	<ul style="list-style-type: none">• Edad• Género• Experiencia de conducción• Permiso de conducir• Ingresos
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none">• Tipo de carretera• Tipo de vialidad
Ubicación del parque vehicular	<ul style="list-style-type: none">• Dentro y fuera de las áreas urbana o rural

Fuente: (Góngora J. 2016)

Como objetivo general de la presente investigación se determinó el consumo de energía generado por el sector del transporte particular en Santo Domingo, para llegar a obtener el consumo se cuantificó el parque automotor de vehículos terrestres de Santo Domingo, se estimó el consumo de energía para el sector del transporte en Santo Domingo y por último se determinó el valor de kilómetros de los vehículos recorridos mediante ecuaciones lineales con el método de Hardy Cross.

2. METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

2.1. METODOLOGÍAS PARA LA ESTIMACIÓN DEL KVR

La medición de los KVR no es tan sencilla como parece, en realidad lo que se suele calcular es una estimación del indicador, no una medida real directa. Sus estimaciones se dividen en dos categorías, que a su vez se dividen en dos sub categorías como muestra la Figura 7.

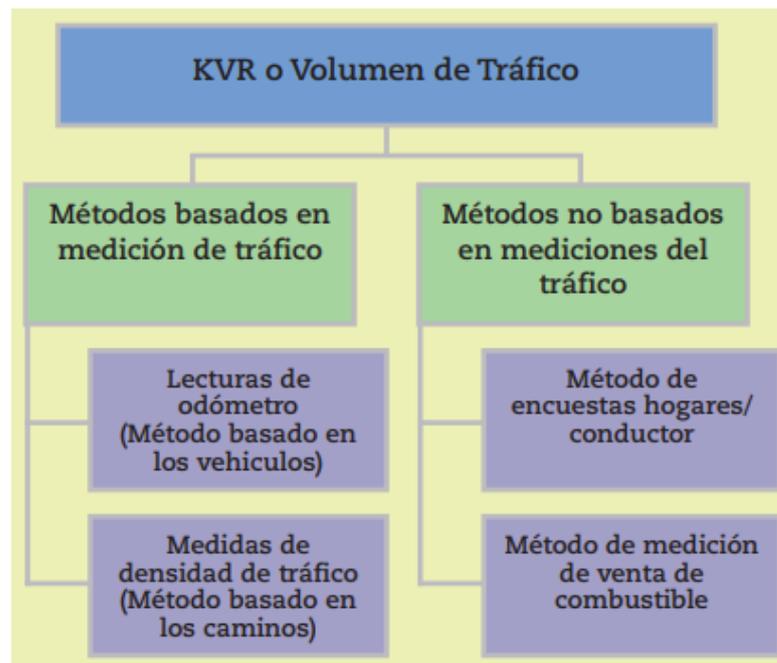


Figura 8. Métodos de estimación del indicador KVR
Fuente: Australian Bureau of infrastructure, 2015

La recolección de la información necesaria para recabar información sobre los KVR es problemática, no existen criterios uniformes para la recopilación de los mismos. Los métodos son diferentes y dependen con frecuencia de las fuentes de datos disponibles, debido a que para cada región tiene fuentes de información diferentes.

En ciertos casos en los cuales no se cuenta con toda la información estadística para la utilización de métodos ya existentes, es necesario desarrollar una metodología específica mediante la construcción de un modelo multicriterio desarrollado específicamente para la región estudiada, estos criterios de evaluación están determinados por la información disponible en la región de análisis, por ejemplo:

- Parque automotor y clasificación vehicular,
- El consumo específico vehicular y
- Los despachos de combustible para uso automotriz.

2.2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

2.2.1. LECTURAS DE ODÓMETRO

Este método se basa en la toma de lecturas de los medidores de distancias recorridas de los vehículos de una muestra. Por lo tanto, genera el cálculo de un número más exacto de kilómetros recorridos en un momento determinado. Para obtener el valor de KVRs totales es necesaria la inspección periódica de los vehículos de una muestra, a fin de determinar una media de la distancia recorrida y multiplicarla por el número total de vehículos.

2.2.2. DENSIDAD DE TRÁFICO

La metodología de estimación de KVRs basada en conteos de tráfico utiliza los datos recogidos de una muestra de sectores de carreteras monitoreadas por medio de cámaras o, más comúnmente, por sensores, para estimar el valor de KVR de toda la red. El flujo de tráfico por lo general se representa por el promedio anual de tráfico diario (AADT, por sus siglas en inglés), y por la longitud de los sectores de carreteras de la muestra, siendo estas las variables principales. Para anualizar la variable, sólo basta con multiplicar por el número de días en un año. Estimar el total de KVR por este método implica suponer que un vehículo contabilizado en una sección del camino recorre el total de la distancia de dicha sección, aunque algunos vehículos no son contabilizados dependiendo de si cruzan o no los lugares de conteo.

2.2.3. MÉTODOS DE ENCUESTAS

Los métodos no basados en mediciones de tráfico utilizan mediciones tales como datos socioeconómicos, ventas de combustible, comportamiento de los viajeros, tamaño de los hogares, niveles de ingreso familiar, tamaño de la población, número de conductores con licencia, y empleo. Uno de los métodos más utilizados en esta clasificación es el de encuestas a hogares o conductores.

En esta metodología se envía un cuestionario cada año a miles de hogares que poseen uno o más automóviles. En este cuestionario se solicita y obtiene información variada, en la que se incluye la cantidad de kilómetros recorridos por cada vehículo durante el año. A partir de estos resultados, se supone que los conductores tienen un patrón de conducción constante por un período determinado, por ejemplo, de cinco o seis años. Después, sólo se requiere el cambio anual en los conductores con licencia o de la población de los hogares para estimar el valor de KVR. Esto al multiplicar la media de kilómetros anuales recorridos por la cantidad de conductores con licencia.

2.2.4. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE VENTAS DE COMBUSTIBLE

Este método de cálculo se basa en la información sobre el suministro de combustible y su consumo, así como en las estimaciones de kilómetros recorridos por litro de combustible para los tipos de vehículos más comunes. A partir de estos datos se realizan cálculos estadísticos (regresiones econométricas) para la estimación de KVR en una determinada zona geográfica. Más comúnmente, se derivan de la división del número de litros de combustible vendidos entre el rendimiento de gasto de combustible, es decir:

$$KVR = Ef \left[\frac{km}{gal} \right] * Ed[gal] \quad [1]$$

Donde Ef es el consumo específico o eficiencia del vehículo analizado en kilómetros por galón y Ed son los despachos que se expresan en galones, por lo que el consumo de combustible se puede expresar como una función de la eficiencia (consumo específico) del parque automotriz analizado.

$$Ed(Ef) = \frac{KVR}{Ef} \quad [2]$$

Sin embargo, la estimación de la intensidad de uso de combustible de la flota vehicular depende a su vez de diversas variables como son: la edad de los vehículos, sus condiciones, patrones y hábitos de conducción, el clima, la topografía, la pérdida de combustible por evaporación o derrames, etc. De igual forma, los avances tecnológicos suelen afectar la medición de la eficiencia. Incluso, los fabricantes declaran que la eficiencia estimada puede no ser representativa debido a los patrones de conducción individual y los factores ya mencionados.

2.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DEL KVR

Tabla 2. Ventajas y desventajas entre los métodos de estimación del KVR

Método	Ventajas	Desventajas
Lecturas de Odómetro (método basado en vehículo)	Proporciona un registro más preciso.	<ul style="list-style-type: none"> • Método muy intensivo en uso de recursos. • No permite asociación respecto a datos geográficos en donde se realizan los recorridos • Posibilidad de errores de lectura, anotación, transcripción y alteración de odómetros. • Los vehículos inspeccionados pueden llegar a ser abandonados o desusados, disminuyendo así el tamaño de la muestra y la cantidad de observaciones.
Densidad de Tráfico (método basado en caminos)	Genera datos desagregados por tipo de camino, características de los vehículos, períodos de tiempo y regiones geográficas.	<ul style="list-style-type: none"> • No proporciona estimaciones por tipo de conductor y por motivos de viaje. • Estimaciones basadas en una muestra espacial y temporal determinadas, por lo que existen riesgos de errores de muestreo e instrumentación, así como otros errores comunes de conteo.
Método de encuestas hogares/conductor	Es posible llegar a un nivel de detalle y flexibilidad de los resultados dependiendo de la calidad de los datos obtenidos en las encuestas.	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de bajos porcentajes de respuesta, inconsistencia en los datos, errores de muestreo, sesgo en las respuestas, errores de estimación y altos costos de implementación.
Método de medición de venta de combustible	Proporciona una estimación anual. No requiere datos de distancias de viaje.	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de múltiples fuentes de datos. • Varios supuestos en la estimación del consumo medio de combustible. • Depende de la exactitud de los datos de venta de combustible y del cálculo problemático del rendimiento vehicular.

Fuente: Australian Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics (2011)

2.4. ESTIMACIÓN DEL INDICADOR KVR EN OTROS PAÍSES

2.4.1. ESTADOS UNIDOS

En el caso de los EEUU, el indicador utilizado son Millas-Vehículo Recorridas (MVR) y representa la cantidad real de viajes realizados en varios sistemas carreteros de la flota total de vehículos. La Ley de Equidad en el Transporte del Siglo 21 publicada en 1998, la Ley de Eficiencia del Transporte Intermodal de Superficie de 1991, y el Acta de Enmiendas de Aire Limpio de 1990 ordenan a los Departamentos de Transporte de los estados a estimar con precisión la cantidad de viajes en las carreteras bajo su jurisdicción.

Estas estimaciones son necesarias para el seguimiento de la normativa ambiental vigente, para controlar y reducir las emisiones vehiculares a niveles tolerables, y para determinar la cantidad de recursos asignados para la construcción y mantenimiento de las vías de comunicación terrestre en cada uno de los estados. Las estimaciones se realizan de acuerdo a lo siguiente:

$MVR = \text{Longitud de carreteras} \times \text{ADDT}$

(Annual Average Daily Traffic – Promedio anual de tráfico diario)

$\text{ADDT} = \text{Volumen total de tráfico de vehículos en el camino en un año} / 365$

2.4.2. CANADÁ

Canadá es uno de los países que más esfuerzos ha realizado para disminuir los efectos negativos del uso de los vehículos automotores. A través del Ministerio de Medio Ambiente, ha impulsado y patrocinado diversos estudios con el fin de estimar las emisiones de gases contaminantes de los vehículos residentes de cada una de sus provincias, siendo una de las variables clave en las estimaciones los KVRs. Las fuentes más utilizadas y tradicionales para construir el indicador en Canadá han sido encuestas, mientras a nivel regional se ha recurrido a lectura de odómetros, al uso de software (“Translink”) y a métodos de interpolación (“Metrovan”).

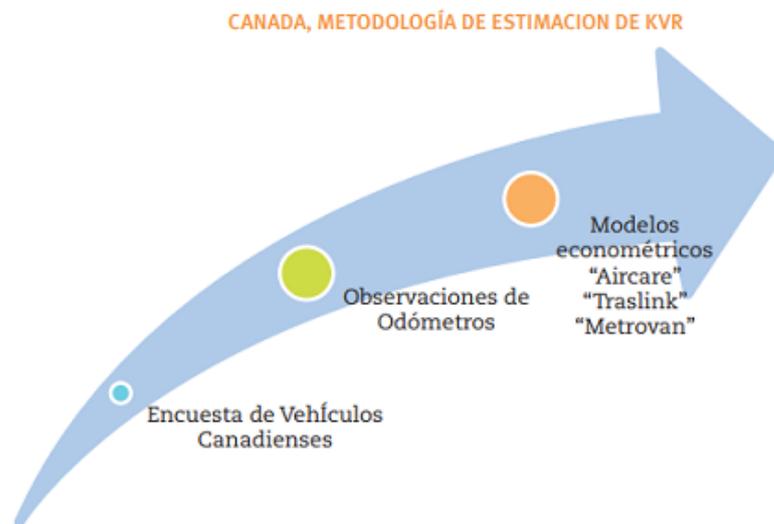


Figura 9. Canada, Metodología de estimación de KVR

Fuente: Australian Bureau of infrastucture, 2015

2.4.3. AUSTRALIA

Australia es uno de los países con mayor tradición en lo que respecta a planificación del uso del transporte, pues durante largo tiempo ha utilizado el

indicador KVR como una importante medida del tráfico vehicular. También utiliza el indicador para realizar la estimación de emisión de gases contaminantes, el cómputo de consumo de energía, así como para evaluar los efectos del tráfico y la seguridad vial.

La estimación del factor KVR está definido como el número de kilómetros recorridos en un país por todos los vehículos durante el período de un año:
 $KVR \text{ (Volumen de tráfico)} = \text{Número de Vehículos} \times \text{Distancias recorridas}$

2.5. ANÁLISIS DE INDICADORES DE TRANSPORTE PARA LA PROVINCIA DE SANTO DOMINGO

2.5.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas es una provincia de la República del Ecuador y forma parte de la Región Costa, tiene de superficie 3.857 km² a una altitud de 625 msnm, se encuentra a 120 km, de distancia del mar. Pertenece a la zona de Planificación 4 – Pacífico (SEMLADES,2015), limita al norte y al este con Pichincha, al noroeste con Esmeraldas, al oeste con Manabí, al sur con Los Ríos y al sureste con Cotopaxi. Tiene una población de 270 875 habitantes, la cuarta ciudad más poblada del país, está constituida por 2 cantones, de las cuales se derivan 8 parroquias urbanas y 10 parroquias rurales.



Figura 10. Provincia de Santo Domingo de los Tsachilas
Fuente: Gobernación de Santo Domingo, 2019

2.5.2. PARQUE AUTOMOTOR DE SANTO DOMINGO

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC en el año 2017 el parque automotor de santo domingo comprendía 68051 vehículos matriculados, del total del grupo principalmente está compuesto por cuatro

tipos de vehículos, el grupo mayor son las motocicletas estas representan casi el 41% del total de vehículos matriculados en la Provincia.

Seguido se encuentran los vehículos automóviles con una participación del 19%, a la par aparecen las camionetas con un 18% y por último los jeep con un 12%. Estos tipos de vehículos son los preferidos por los habitantes de la provincia.

Tabla 3. Vehículos preferidos por habitantes de la provincia

Tipo de vehículo	Cantidad	Porcentaje
MOTOCICLETA	27625	40,6%
AUTOMOVIL	13099	19,2%
CAMIONETA	12450	18,3%
JEEP	8136	12,0%

Fuente: ANT, 2018

La grafica siguiente muestra la clasificación del parque automotor por tipo de vehículos.

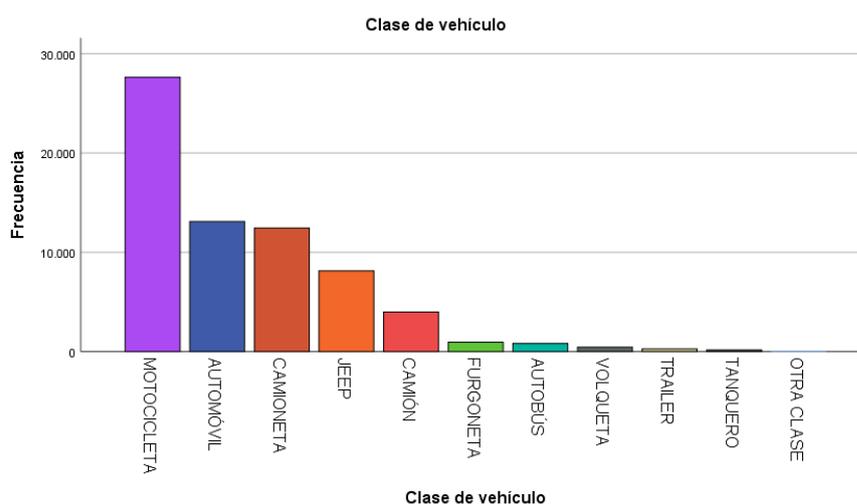


Figura 11. Clasificación del parque automotor por vehículos

Fuente: ANT, 2018

Entre las marcas comerciales de vehículos de carga liviana más representativas del parque automotor de Santo Domingo están Chevrolet, Mazda, Hyundai, Kía y Toyota, como se muestra en la figura. En este caso se obviara la participación de las motocicletas y se analiza el grupo de los automóviles, camionetas, y jeeps.

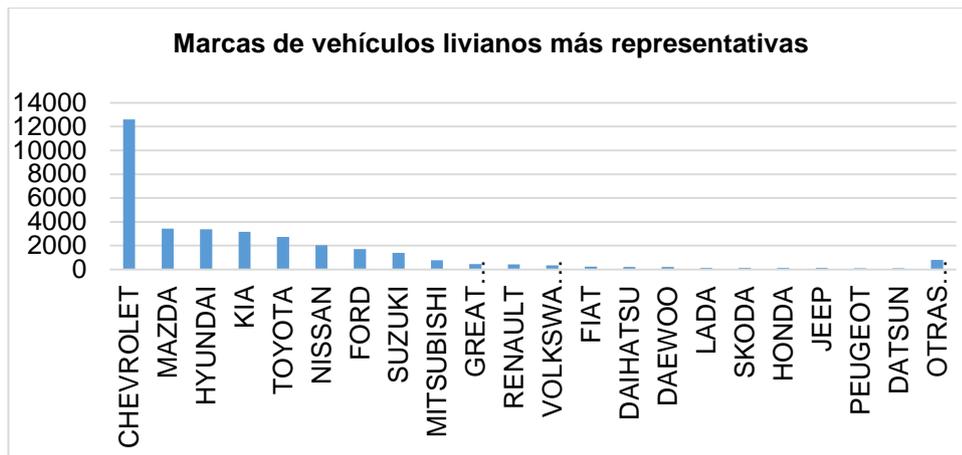


Figura 12. Marca de vehículos livianos más representativas Santo Domingo de los Tsachilas
Fuente: ANT, 2018

Para vehículos de carga pesada las marcas más representativas son Hino, Chevrolet, Mitsubishi y Hyundai. Como lo muestra la gráfica siguiente.

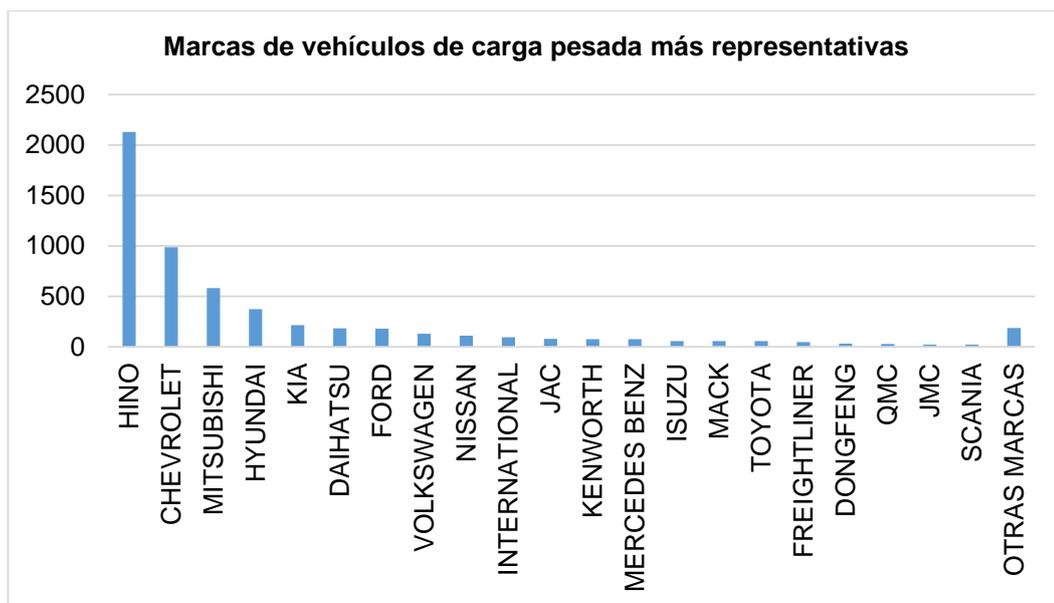


Figura 13. Marca de vehículos de carga pesada más representativas Santo Domingo
Fuente: ANT, 2018

2.6. POBLACIÓN VS PARQUE AUTOMOTOR

Existen dos factores que tienen una incidencia decisiva en el comportamiento energético y la explotación del recurso transporte los cuales son el crecimiento demográfico y el tamaño del parque automotor que integran una región.

Según datos de del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC santo domingo en 2017 tenía una población de 434849 habitantes y con un parque

automotor de 68051 vehículos matriculados como se observa en la Figura 13; entre los años 2010 y 2017 la población de Santo Domingo ha aumentado un 14.6% mientras que el parque automotor entre los mismos años creció un 99%, estas cifras indican que el crecimiento de parque automotor es mucho más acelerado que el incremento de la población, además dejan en claro que el crecimiento del parque automotor no necesariamente responde al crecimiento poblacional, dejando al descubierto una problemática de incremento de casi el doble de consumo energético para el sector del transporte de la provincia de Santo Domingo.

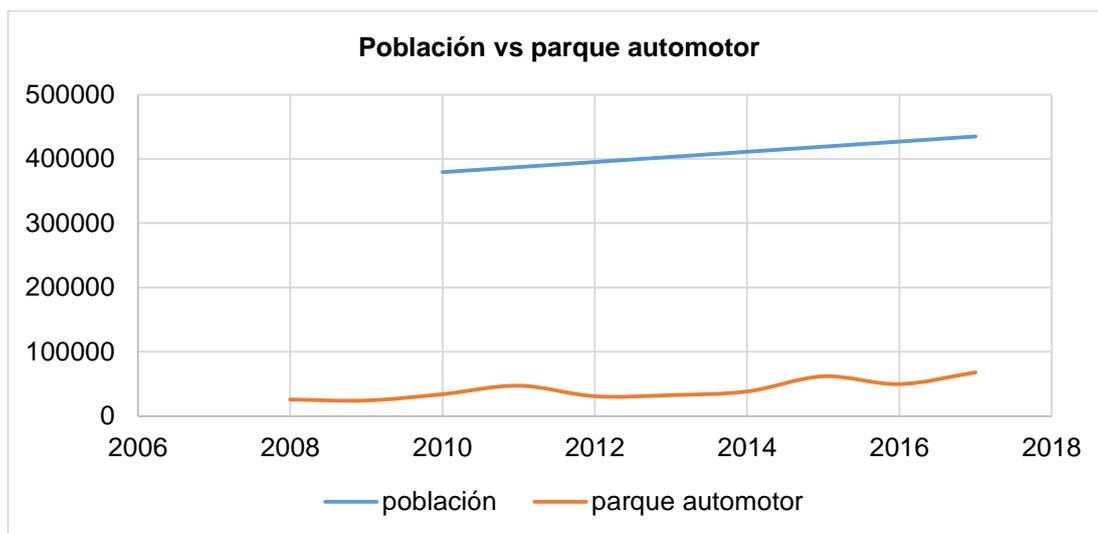


Figura 14. Población vs parque automotor
Fuente: INEC, 2017

Para el 2017 el factor de motorización en la provincia de Santo Domingo es de 156 vehículos matriculados por cada mil habitantes según datos del INEC reportados en su Anuario de Estadísticas de Transporte 2017, dato que está por arriba del valor del país que es de 133.

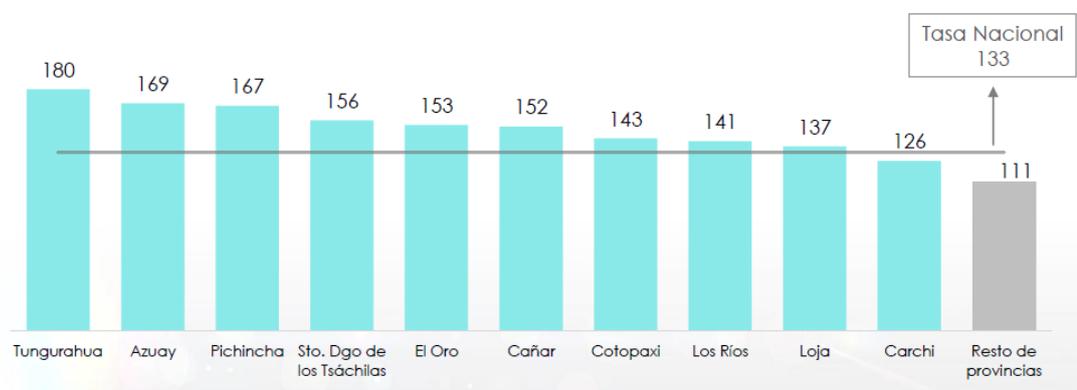


Figura 15. Factor de motorización en la provincia de Santo Domingo
Fuente: INEC, 2017

Según (CEPAL,2007) el incremento de la motorización en Latinoamérica es resultado de una combinación de fenómenos entre los que se destacan:

- Aumento de los niveles de ingreso per cápita registrados en la región durante los últimos años.
- Mayor acceso a financiamiento automotriz.
- Aumento de la capacidad vial y estacionamiento gratuito.
- Disponibilidad de combustible subsidiado.
- Viajes más largos debido a la expansión urbana y deficiencias en transporte público.
- En algunos países se ha importado tecnología barata de otras regiones, que facilita la compra de automotores.
- Cultura que privilegia al automóvil como símbolo de estatus.

2.7. DESAGREGACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR

El análisis inicial y principal es la desagregación del parque automotor de la provincia en grupos más homogéneos para lograr cuantificar la cantidad de energía de cada grupo, caracterizar su consumo de energía y su eficiencia.

En Ecuador existen varias instituciones nacionales que han clasificado el parque automotor, entre ellas: INEC, INEN, MTOP, AEADE sin embargo, estas clasificaciones no se han estandarizado, esto puede llevar a inconsistencias en los resultados si se utiliza alternadamente cada clasificación para los cálculos de consumos de energía y recorridos.

La norma INEN 2656 hace una desagregación completa del parque automotor, en base a una clasificación internacional europea, pero los anuarios oficiales disponibles sobre el parque automotor matriculado, elaboradas por el INEC desde 1998 hasta la actualidad, no están elaborados según la norma INEN 2656. De esta manera se utilizará la desagregación del INEC (ver figura 15) ya que es la fuente oficial nacional de estadísticas y censos.

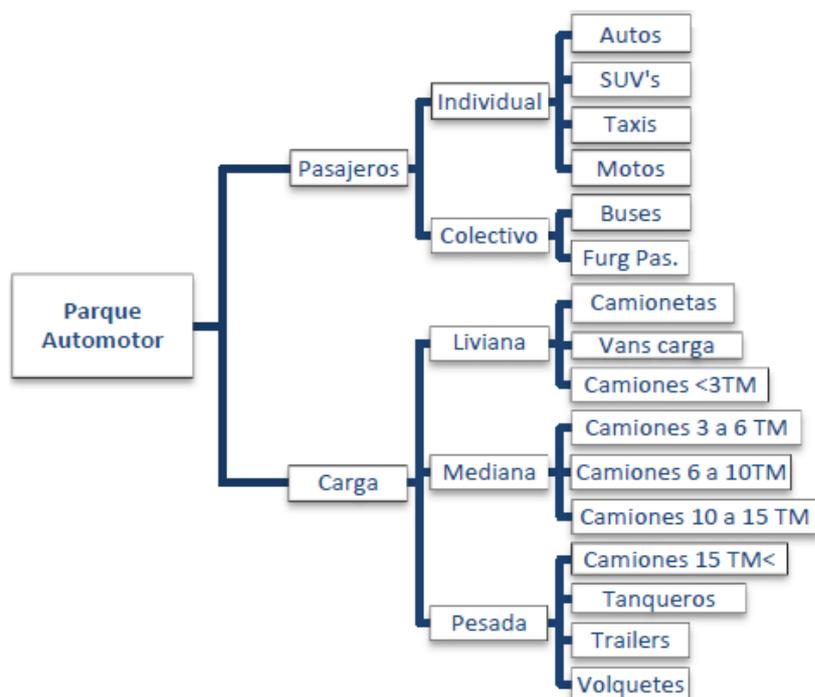


Figura 16. Desagregación del parque automotor de la provincia de Santo Domingo
Fuente: INEC, 2017

En base a esta clasificación y según los datos de número de vehículos matriculados en la provincia de Santo Domingo del INEC para el 2017 el parque automotor queda desagregado con forme a la tabla siguiente.

Tabla 4. Desagregación del parque automotor

	GLP	GASOLINA	DIESEL	HIBRIDO	ELÉCTRICO
AUTOS	1	8304	35	51	1
SUVS	0	7882	237	17	0
TAXIS	0	4705	0	2	0
MOTOS	2	27620	1	2	0
FURG. P	0	548	222	0	0
BUSES	0	7	809	0	0
CAMIONETAS	0	9826	2621	2	1
FURG. C	0	11	168	0	0
<3 TM	0	81	851	0	0
3 1/4 A 6 TM	0	62	1759	0	0
6 1/2 A 9TM	0	10	643	0	0
10 A 15 TM	0	3	471	0	0
15 TM<	0	0	112	0	0
TANQUEROS	0	4	165	0	0
TRAILERS	0	3	276	0	0
VOLQUETES	0	11	448	0	0
OTRA CLASE	0	8	69	0	0
TOTAL	3	59085	8887	74	2

Fuente: INEC, 2017

Éste cálculo se lo ha realizado usando la base de datos del INEC para los vehículos matriculados en el año 2017, esta base de datos tiene formato .sav y para filtrar la información se usó el software SPSS de IBM.

Se evidencia que existe un número mayoritario de vehículos de transporte individual de pasajeros (Motocicletas, Automóviles, SUV's, y taxis) que corresponden al 71,8% del parque automotor; únicamente un 2,3% del total del parque de la provincia de Loja corresponde a transporte pasajeros colectivo (transporte masivo o público); el 25,9% restante corresponde a vehículos de carga tanto liviana, mediana y pesada.

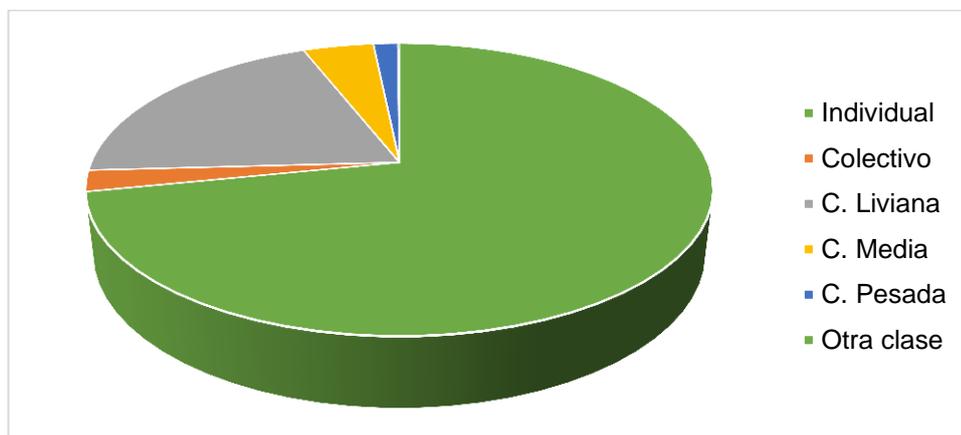


Figura 17. Parque automotor según uso

Fuente: INEC, 2017

En la figura 17 se indica una desagregación vehicular y el tipo de combustible que el grupo vehicular utiliza, como se puede observar los vehículos con tecnología híbrida, GLP y vehículos eléctricos no son representativos para el cálculo de la investigación.

El parque automotor de transporte particular (automóviles) está conformado principalmente por vehículos con motor a gasolina, y el parque automotor que realiza actividades de transporte público y transporte de carga está conformado en su mayoría por vehículos a diésel.

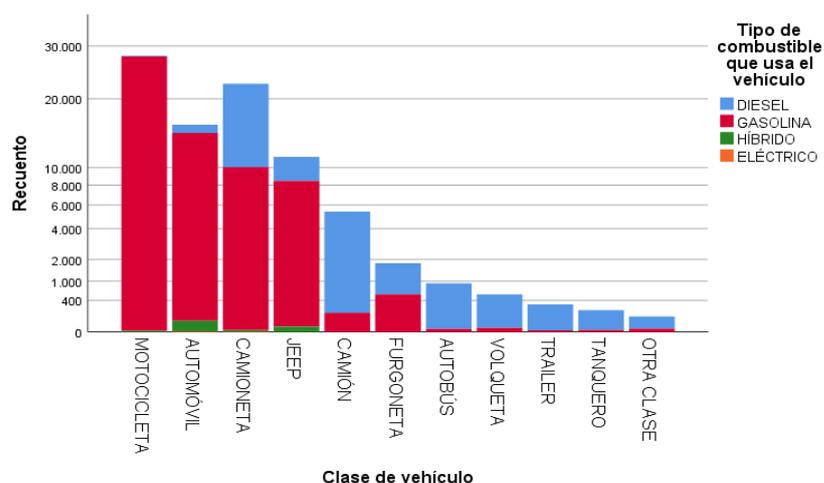


Figura 18. Barras apiladas, recuento de Clase de vehículo por tipo de combustible

Fuente: INEC, 2017

En la Figura 18 se observa la conformación del parque automotor según el tipo de combustible que utiliza, así casi el 87% son vehículos a gasolina, el 13% usan diésel, y únicamente un 0,11% (GLP, híbridos, eléctricos) usan fuentes de energía o tecnologías distintas a las convencionales.

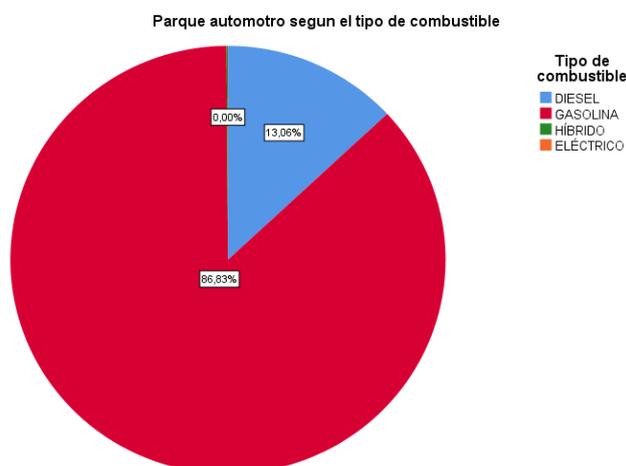


Figura 19. Parque automotor según el tipo de combustible
Fuente: INEC,2017

2.8. ANTIGÜEDAD DEL PARQUE AUTOMOTOR

La antigüedad del parque automotor es un factor muy importante para analizar ya que las consecuencias de un parque de vehículos antiguo son muchas, todas ellas negativas. Entre las consecuencias negativas más importantes a analizar de un parque automotor envejecido están:

- A mayor antigüedad del vehículo mayor riesgo de accidente
- Mayor gravedad de las lesiones en caso de accidente
- Mayor consumo de energía (menos eficiente)
- Mayor contaminación

En base a esto podemos afirmar que el factor de antigüedad juega un papel muy importante a la hora de calcular el consumo de energía de una flota. La Figura siguiente muestra la edad promedio del parque automotor de la provincia.

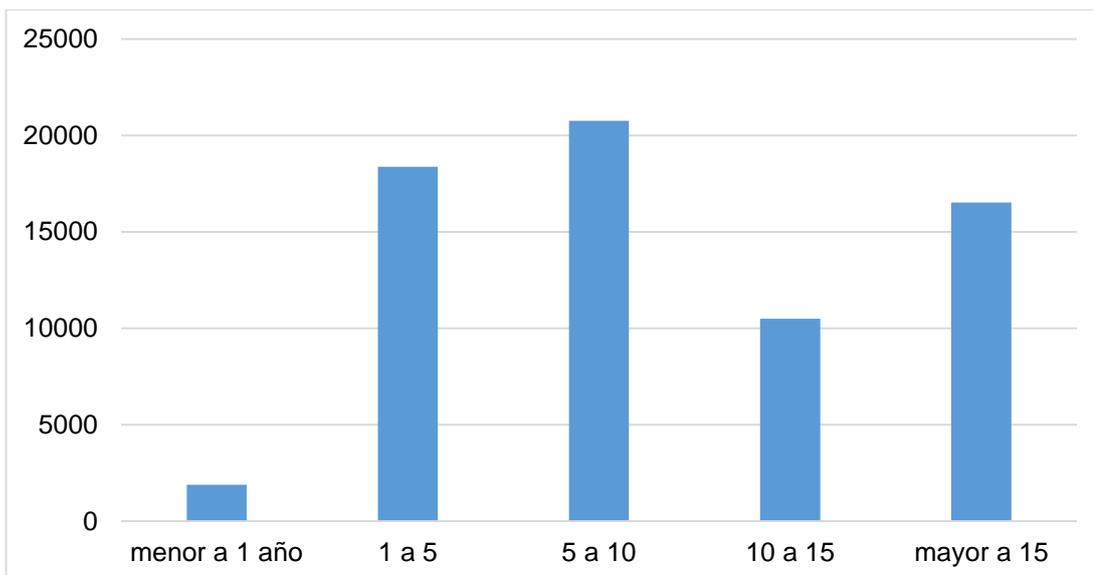


Figura 20. Distribución de antigüedad del Parque de la Provincia
Fuente: INEC, 2017

Según el INEC para el año 2017 el parque automotor de la provincia tiene una edad media considerable, para ese año el porcentaje de vehículos con una edad menor a 5 años es del 27%, para una edad entre 5 y 10 años un 30.5% y de igual manera el parque con una edad mayor a 15 años corresponde al 24.3% casi la cuarta parte del parque automotor es antigua. Para este mismo año el INEC establece la antigüedad de parque automotor de la provincia, esta vez clasificado por año, de esta forma se puede observar que los vehículos cuyo año de fabricación es anterior al 2003 es el grupo mayoritario.

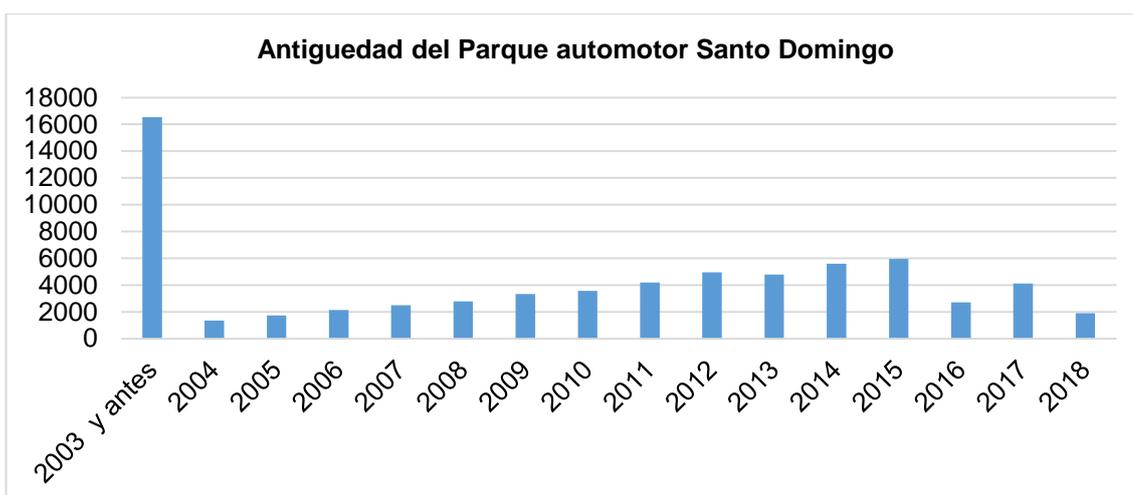


Figura 21. Antigüedad del parque automotor de Santo Domingo
Fuente: INEC, 2017

Según datos estadísticos los vehículos de trabajo o alquiler (carga o pasajeros) generalmente recorren más kilómetros al año que un vehículo

privado por ende el servicio que presta el vehículo y segmento al que pertenece influye en el indicador KVR.

Para esto es necesario analizar la cantidad de vehículos de la Provincia según el servicio que prestan, esto se lo puede apreciar en la figura siguiente donde se observa que entre los años 2016 y 2017 la mayoría de vehículos del parque automotor de Santo Domingo es de uso particular, el segmento de camiones a pesar de ser mayoritariamente vehículos particulares también realizan actividades económicas de transporte (alquiler). El número de vehículos automóviles y camionetas de servicio de alquiler, corresponderían al sector taxis y carga liviana, que también cumplirían actividades económicas de transporte, recorriendo más kilómetros al año consecuentemente.

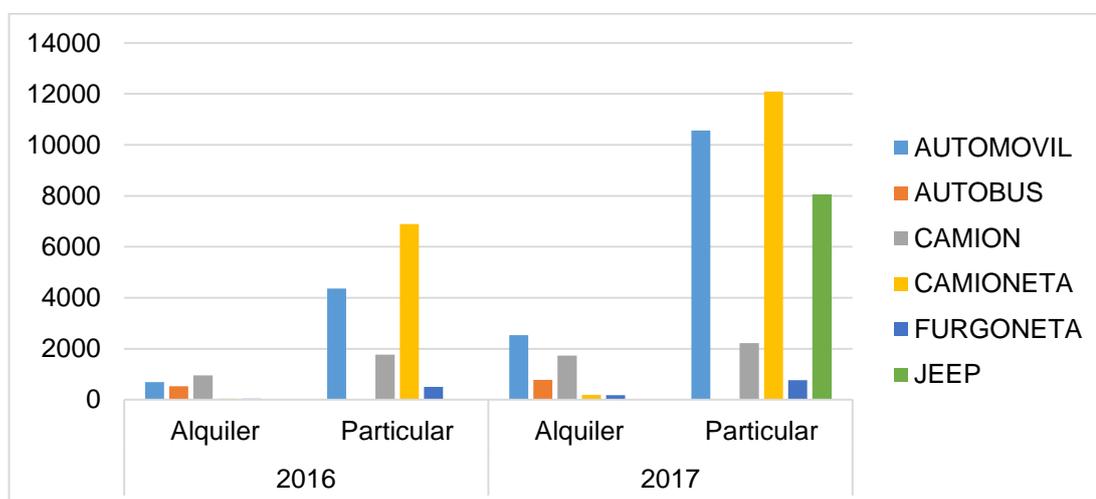


Figura 22. Distribución del parque automotor según segmento y uso

Fuente: INEC, 2017

2.9. EFICIENCIA DEL PARQUE AUTOMOTOR

En el documento “International comparison of light-duty vehicle fuel economy: Evolution over 8 years from 2005 to 2013”, presentado por la Global Fuel Economy Initiative GFEI muestra los resultados para los grupos de países OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), los países No-OECD, y un dato global.

Según este estudio en el periodo analizado, el mejoramiento de eficiencia energética de los vehículos, se ha incrementado a una tasa 2% a nivel mundial (Korner, Cazzola, & Cuenot, 2014).

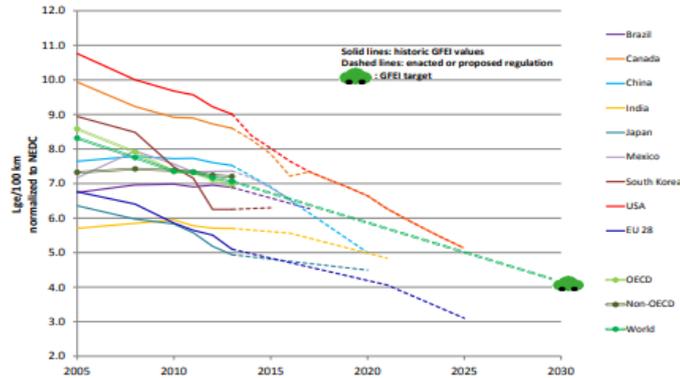


Figura 23. Promedio de la nueva evolución de la economía del combustible
Fuente: Korner, Cazzola, & Cuenot, 2014

Los valores de eficiencia del parque automotor ecuatoriano está determinado en el informe de clasificación por consumo y eficiencia energética por modo de transporte generada, desarrollado por INER (Díaz et al., 2014), la tabla siguiente muestra el resumen de dicho informe en el cual indica que:

Tabla 5. Rendimientos según tipo de vehículos, Ecuador

	GASOLINA	DIESEL	HÍBRIDO
	Km/gal	Km/gal	Km/gal
Autos	40	45	63
SUV	35	43	35
Taxis	38	44	
Motos	30	35	
Furg P.	35	42	
Buses	20	30	
Camionetas	32	42	35
Furg. C.	25	30	
<3 TM	20	25	
3 ¼ a 6 TM	18	22	
6 ½ a 9TM	15	20	
10 a 15 TM	13	17	
Tanqueros	4	9	
Trailers	6	10	
Volquetes	4	9	

Fuente: Díaz et al., 2014

Para los años 2012 y 2014 se ha incluido en análisis en el reporte de GFEI la evaluación de varios países latinoamericanos como Perú, Chile, México, Argentina, Brasil los mismos que se muestran en la Tabla 4, junto con una comparación con Ecuador, calculados a partir de mejoramiento global.

Tabla 6. Incremento de eficiencia varios países Latinoamérica

	Rendimiento Promedio (Lge/100km)		Ventas de vehículos X1000		Tasa de mejora rendimiento (%)	Crecimiento de mercado (%)
	2012	2014	2012	2014	2012-2014	
Perú	6.20	6.10	91	88	-1.0	-3.60
Chile	7.10	7.10	255	288	-1.0	13.00
México	7.30	7.40	645	690	0.2	7.10
Argentina	6.70	6.80	616	720	0.3	16.90
Brasil	7.00	6.90	3114	3040	-1.0	-2.40
Ecuador	9.45	9.26	140	122	-2.0	-12.85

Fuente: GFEI, 2012

Si aplicamos la mejora del 2% en la eficiencia del parque automotor nacional, significaría de la misma manera una mejora de rendimiento para el parque provincial de Santo Domingo. Se usan los datos nacionales debido a que representan la fuente más cercana a la provincia de Santo Domingo, y en consecuencia, confiable para los cálculos. Uno de los datos más relevantes para identificar el consumo específico del parque automotor nacional se refiere al reporte del CCICEV-EPN (Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares de la Escuela Politécnica Nacional).

El CCICEV presenta un registro de pruebas realizadas en 2012 sobre el consumo y emisiones del parque automotor de lo cual se obtiene un promedio de 35 km/gal, el mismo que se realizó en un recorrido urbano y combinado (urbano-autopista) en Quito (CCICEV, 2012a). Con la información revisada, se presenta en la Tabla 5 de consumos de energía actualizada, la cual incluye los datos de prueba del CCICEV, y las valoraciones hechas a partir del informe de (Korner et al., 2014).

Tabla 7. Eficiencia Parque Automotor Nacional

	GASOLINA Km/gal	DIESEL Km/gal	HÍBRIDO Km/gal
Autos	44.10	45.00	63.00
SUV	31.74	43.00	35.00
Taxis	44.10	44.00	
Motos	30.00	35.00	
Furg P.	35.00	42.00	
Buses	20.00	30.00	
Camionetas	34.16	42.00	35.00
Furg. C.	25.00	30.00	
<3 TM	20.00	25.00	
3 ¼ a 6 TM	18.00	22.00	
6 ½ a 9TM	15.00	20.00	
10 a 15 TM	13.00	17.00	
15 TM	6.00	12.00	
Tanqueros	4.00	9.00	
Trailers	6.00	10.00	
Volquetes	4.00	9.00	

Fuente: (Korner et al., 2014)

2.10. ANÁLISIS DE VENTAS DE COMBUSTIBLE

Para el análisis de ventas y consumo de combustible se usa al criterio de OLADE sobre las ventas de combustible, el cual indica que: “Lo comprado es consumido”(OLADE, 2004a). Los despachos de combustible en las estaciones de servicio son mayoritariamente utilizados en usos automotrices.

Se ha obtenido información referente a cantidad de venta de combustible para la provincia de Santo Domingo en el año 2017. En la Tabla 6 se puede observar los despachos mensuales por tipo combustible en BEP en 2017; de ésta manera, el 46.1% de despachos se refiere a diésel con 862.4 BEP, gasolina Extra un 48.3% con 902.5 kBEP y solo un 5.6 % de gasolina Súper con 105.4 kBEP:

Tabla 8. Despachos mensuales por tipo de combustible

2017	DIESEL PREMIUN	GAS. EXTRA	SUPER	TOTAL
ENE	70985,6	74234,03	9368,554	154588,2
FEB	67019,4	69467,78	7680,718	144167,9
MAR	67912,6	73352,09	7861,753	149126,4
ABR	67995,2	71280,77	8382,628	147658,6
MAY	72340,8	76240,97	8337,688	156919,5
JUN	64590,4	70117,65	7135,433	141843,5
JUL	72108,4	76738,08	8408,303	157254,8
AGO	77760,2	78820,73	10721,33	167302,3
SEP	75413,8	78619,28	9827,18	163860,3
OCT	77578,2	79263,38	9954,976	166796,6
NOV	71646,4	74205,69	8014,112	153866,2
DIC	77131,6	80138,95	9681,993	166952,5
TOTAL	862.483	902.479	105.375	1870337

Fuente: BEP, 2017

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la presente investigación hace referencia a la estimación de distancias de recorrido del parque automotor, análisis de consumo energético del parque automotor nacional y las variables que intervienen en el cálculo de los recorridos.

Para esto se revisó información de varias fuentes nacionales relacionadas con el transporte y el uso de energía como los anuarios de transporte del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), los datos nacionales de despachos de combustible proporcionados por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero ARCH en el periodo 2017 de la región estudiada. Existen limitantes para implementación directa del método, entre ellas está por ejemplo la diferencia de eficiencia y rendimientos de vehículos por tipo o clase, en algunos casos no hay información de eficiencia para todos los tipos de vehículos.

Santo domingo no cuenta con el dato KVR, por lo que para obtener este valor se analizarán los datos desde los despachos de combustible, se realizan las operaciones de estimación y se llega al indicador KVR como resultado.

Para la solución de ecuaciones lineales se usará el software Excel, en el cual se incluyen una hoja de cálculo que contiene los datos de despachos anuales, el crecimiento del parque automotor y el consumo específico de cada grupo vehicular de la región analizada.

Para la presente investigación usara el método de despacho de combustible para la estimación del indicador KVR, al no poseer información estadística específica de en qué cantidades cada tipo o grupo vehicular consume energía se vuelve imprescindible la búsqueda de una alternativa de cálculo que permita llenar esos vacíos de datos para esta investigación.

La metodología a usar hace referencia a los siguientes supuestos:

- El combustible despachado en las diferentes estaciones de servicio de la provincia de Santo Domingo son usados por el parque automotor como energía útil, en ese sentido los despachos pueden ser considerados como el consumo de energía del parque automotor provincial, alineado al criterio de OLADE de “Lo comprado es consumido” (OLADE, 2004a).
- El combustible despachado en las estaciones de servicio también tiene ciertos usos que no necesariamente significan aplicaciones de transporte terrestre, como pueden ser:

- Usos en talleres automotrices de mecánica (lavado de partes, maquinaria).
- Aplicaciones en tareas del hogar.
- Pérdidas o derrames al transportar el combustible o en el despacho.
- Contrabando.

De esta manera todo el combustible que no se usa para el trabajo útil de transporte, se los considera como consumos no justificados CNJ de energía o como Energía No Útil.

- Los recorridos promedio e indicadores KVR estimados para regiones cercanas al Ecuador son una referencia para el inicio de iteraciones de cálculo.
- El consumo de energía de los grupos de vehículos eléctricos y GLP en la Provincia de Loja, son despreciables para el cálculo y en la aplicación del flujo de energía, debido al reducido número de unidades (0,24% del total de vehículos).
- Se plantea la existencia de una analogía entre el análisis de flujo en conductos de Cross Hardy (1936), con el flujo de energía para el sistema de transporte (balance energético).

La metodología utilizada en esta investigación se muestra en el diagrama de flujo de la Figura, en el que se indican las etapas de análisis de la investigación y la implementación la analogía entre el método Hardy Cross (Cross, 1936) de flujos en tuberías y el flujo energético del sistema de transporte.

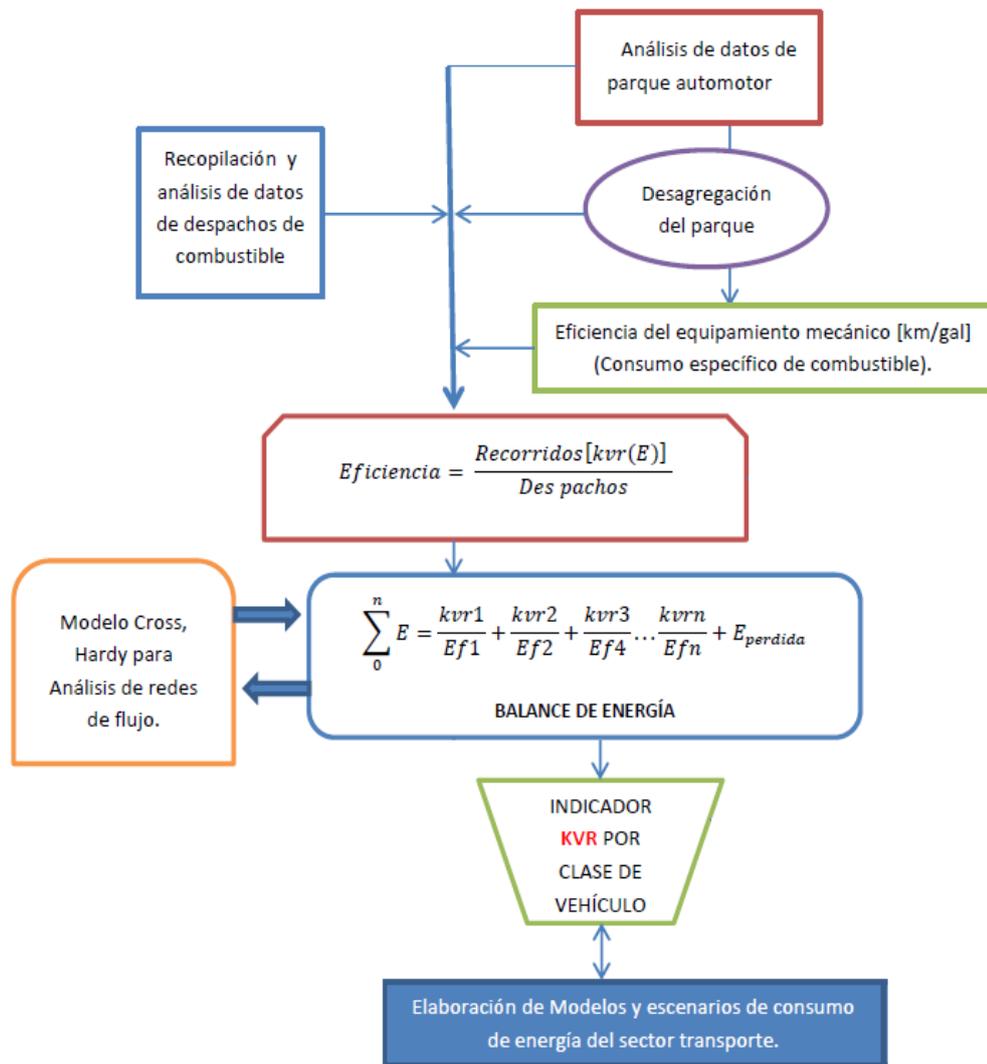


Figura 24. Elaboración de Modelos y escenarios de consumo de energía del sector del transporte

Fuente: Cross, 1936

En primer lugar se realiza un conteo del parque automotor vehicular de la provincia del año 2017, así mismo se evalúa el consumo específico de cada grupo vehicular.

Luego se revisan los despachos de combustible automotrices, considerando el mejoramiento de la eficiencia global y la desagregación de los grupos vehiculares.

Seguidamente se desarrolla un balance energético con la suma de consumos energéticos por grupo vehicular para armar el sistema de ecuaciones que permitirá la aplicación del método Hardy Cross.

Una vez resuelto el sistema de ecuaciones lineales se realizan las iteraciones necesarias hasta lograr un error no mayor al 5% entre despachos calculados y la información real de despachos.

Finalmente, el dato de KVR estimado se lo utiliza para cuantificar los consumos energéticos del parque automotor de la provincia de Santo Domingo.

3.1. BALANCE DE ENERGÍA DEL SECTOR TRANSPORTE.

Después de haber analizado la información de población, parque automotor y despachos, para la estimación de indicador KVR se plantea un balance de energía útil para el combustible despachado para usos automotrices.

$$E_{entrada} - E_{salida} = (Q_{entrada} - Q_{salida}) + (W_{entrada} - W_{salida}) = \Delta E \quad [3]$$

Donde E es la energía del sistema, Q es la transferencia de calor del sistema, W es el trabajo realizado dentro del sistema.

Para el caso de estudio, la ecuación que se analiza quedaría así:

$$E_{despachada} = (W_{entrada} - W_{salida}) + E_{perdida} \quad [4]$$

Donde $E_{despachada}$ es el combustible despachado en las estaciones de servicio, $W_{entrada} - W_{salida}$ es el trabajo realizado por los vehículos para realizar sus desplazamientos de transporte utilizando la energía suministrada y $E_{perdida}$ es la energía no justificada, es decir no usado para transporte.

3.2. MÉTODO HARDY CROSS

El método Hardy Cross, es un método iterativo para determinar el flujo en sistema de tres o más tuberías, donde las entradas y las salidas de caudal son conocidas, pero se desconoce los valores de los flujos dentro de la red, por lo que aplica un balance hidráulico, es decir se supone que el caudal de fluido que entra y es igual a fluido que sale del sistema.

Se utiliza una estimación inicial que satisface la continuidad del flujo en cada unión y luego equilibra los flujos hasta que se consigue también la continuidad del potencial sobre cada bucle en el sistema, esto debido a que el sistema de ecuaciones como tal no tiene solución pues existen mayor número de incógnitas que de ecuaciones esto se lo solventa utilizando las aproximaciones sucesivas.

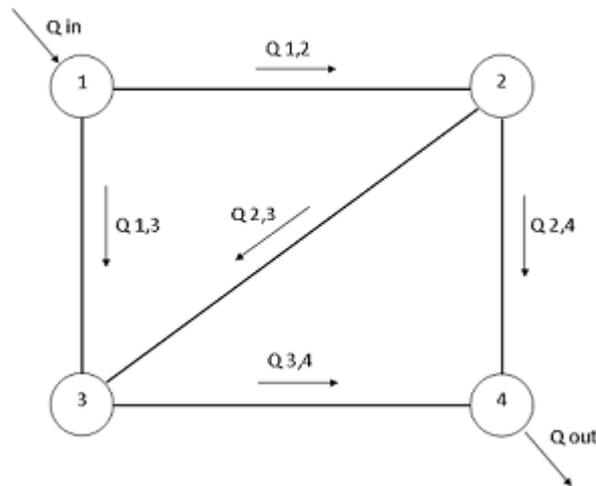


Figura 25. Bucle del sistema

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Hardy_Cross_method

Para usar el método Cross se considerará el trabajo de los grupos vehiculares desagregados como flujos ficticios de energía, de manera que el método permita resolver el sistema cuando faltan ecuaciones lineales para la matriz, y de esta manera suplir las ecuaciones faltantes con iteraciones de cálculo.

Es viable utilizar esta analogía porque la energía puede idealizarse como un flujo, ya que es conocido el volumen energético entrante al sistema de transporte. Además, teniendo en cuenta que la energía no se pierde en el sistema, también es conocida la cantidad de energía de salida (trabajo más pérdidas).

El resultado esperado se da una vez que se obtenga un error menor al 5%.

Las ecuaciones que se plantean para el balance de caudales con líquidos son:

$$\sum r(Q_0 + \Delta Q)^n = \sum r(Q_0^n + nQ_0^{n-1}\Delta Q + \dots) = 0 \quad [5]$$

$$hf = k * Q^n \quad [6]$$

Donde Q es el caudal en cada tubería, k es la resistencia equivalente al flujo para toda la tubería, h es la pérdida de la cabeza de altura, es decir la diferencia de alturas de los sistemas de tubería.

En nuestro caso para el flujo de energía que usa el sector del transporte se conoce: la entrada de energía, la salida en forma de trabajo de la maquinaria sumado a las pérdidas, pero la cantidad de energía usada en procesos internos de consumo y de conversión de energía en trabajo son

desconocidos, por lo que pueden ser resueltas con iteraciones a partir de un balance de energía, como ya se indicó.

De esta manera, el total de combustible despachado en las estaciones de servicio sería la energía de entrada. Para la construcción de la matriz de cálculo se recurre a las siguientes ecuaciones:

$$\sum_0^n E_{total} = \sum \frac{kvr1}{ef1} + \frac{kvr2}{ef2} + \dots \frac{kvrn}{efn} + E_{perdidas} \quad [7]$$

$$kvr_{vehiculos} = \frac{E*ef}{N_{vehiculos}} \quad [8]$$

$$\sum_0^n E_{total} = (ED_{autos} + ED_{suv} \dots + EG_{autos} + EG_{suv} \dots + E_{perdidas}) \quad [9]$$

Donde es la energía del sistema analizado la cual se asemeja al comportamiento de caudal Q de la Ecuación 5, *ef* es la eficiencia promedio de un grupo vehicular y es similar a la resistencia k de la Ecuación 5 y *N_{vehiculos}* es el número de vehículos de la región.

En la Ecuación 9, ED es la energía en forma de diésel y EG es la energía en forma de gasolina, los subíndices (*EG_{autos}* + *EG_{suv}*) se refieren a la Energía calculada para cada grupo vehicular.

En este cálculo el flujo por las tuberías indicado en (Cross, 1936) se convertiría en el flujo imaginario de energía a través de las líneas en la figura 25 siguiente.

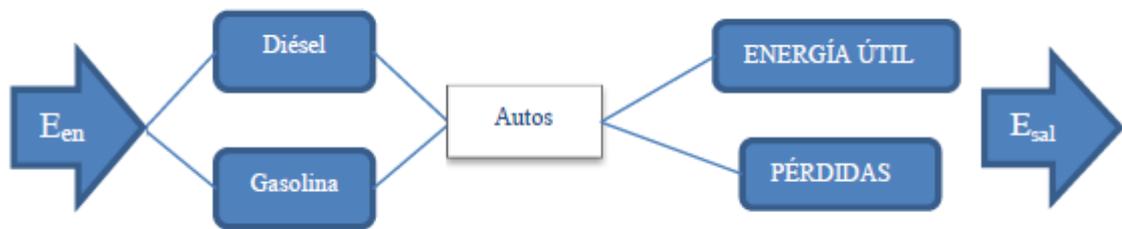


Figura 26. Flujo imaginario de energía
Fuente: Cross, 1936

Por ejemplo, en el caso de la energía utilizada por los autos (Figura anterior), el flujo inicia con energía despachada que es igual a la energía de entrada *E_{en}*; ésta se divide en dos flujos gasolina y diésel, que a su vez genera un flujo al grupo vehicular “Autos”. Luego éste se divide en energía útil (*W_{util}*) y pérdidas que al sumarlos otorgan la energía de entrada.

3.3. CÁLCULO MEDIANTE EL MÉTODO PLANTEADO

Se han planteado dos matrices para solución de las ecuaciones lineales mediante el método Hardy Cross, que contienen las ecuaciones 8 y 9 para relacionar el indicador KVR con la eficiencia promedio del grupo vehicular y los despachos de combustible por grupo vehicular. La nomenclatura usada para las ecuaciones de cálculo son las siguientes.

Tabla 9. Nomenclatura usada para las ecuaciones

Tipo de vehículo	Nomenclatura
Autos	AU
SUV*	SV
Taxis	TX
Motos	MT
Furg P.	FP
Buses	BS
Camionetas	CM
Furg. C.	FC
<3 TM	T1
3 ¼ a 6 TM	T2
6 ½ a 9TM	T3
10 a 15 TM	T4
15 TM	T5
Tanqueros	TQ
Trailers	TR
Volquetes	CQ
Otros	OT

*SUV: Vehículo utilitario deportivo

Fuente: Cross, 1936

Como ejemplo para la elaboración de la ecuación de consumos de gasolina de autos, se hace el reemplazo de los datos que se tienen sobre Ecuación 2 del documento:

$$EG_{AU} = \frac{kvr(n)}{ef} = \frac{AU(n)}{ef} = \frac{8304 * kvr_{AU}}{44.1} = 188.3 kvr_{AU} \quad [10]$$

Con lo indicado a continuación se indican las 16 ecuaciones para el consumo de Gasolina en función del KVR de cada grupo vehicular:

$$\begin{aligned} 188.3 kvr_{AU} &= EG_{AU} \\ 248.3 kvr_{SV} &= EG_{SV} \\ 106.7 kvr_{TX} &= EG_{TX} \\ 920.7 kvr_{MT} &= EG_{MT} \\ 15.7 kvr_{FP} &= EG_{FP} \\ 10.4 kvr_{BS} &= EG_{BS} \\ 287.6 kvr_{CT} &= EG_{CT} \\ 0.4 kvr_{FC} &= EG_{FC} \\ 4.1 kvr_{T1} &= EG_{T1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
3.4 \text{ kvr}_{T2} &= EG_{T2} \\
0.7 \text{ kvr}_{T3} &= EG_{T3} \\
2.8 \text{ kvr}_{VQ} &= EG_{VQ} \\
2.0 \text{ kvr}_{OT} &= EG_{OT} \\
EG_{AU} + EG_{SV} + EG_{TX} + EG_{MT} + EG_{FP} + EG_{BS} + EG_{CT} + EG_{FC} + EG_{T1} + EG_{T2} \\
&+ EG_{T3} + EG_{VQ} + EG_{OT} = 42269399,27
\end{aligned}$$

La primera matriz (Tabla 10) contiene las ecuaciones EC.1 – EC.14 para los recorridos de vehículos a gasolina.

Tabla 10. Recorrido vehículos a gasolina

	AU	SV	TX	MT	FP	BS	CT	FC	T1	T2	T3	VQ	OT	ETG
EC. 1	188,3													EG 1
EC. 2		248,3												EG 2
EC. 3			106,7											EG 3
EC. 4				920,7										EG 4
EC. 5					15,7									EG 5
EC. 6						0,4								EG 6
EC. 7							287,6							EG 7
EC. 8								0,4						EG 8
EC. 9									4,1					EG 9
EC. 10										3,4				EG 10
EC. 11											0,7			EG 11
EC. 12												2,8		ED 16
EC. 13													2,0	ED 17
EC. 14	188,3	248,3	106,7	920,7	15,7	0,4	287,6	0,4	4,1	3,4	0,7	2,8	2,0	42269399

Las ecuaciones para la solución del sistema de consumo de diesel en función de los KVR de cada grupo vehicular a diésel son los siguientes:

$$\begin{aligned}
0.78 \text{ kvr}_{AU} &= ED_{AU} \\
5.51 \text{ kvr}_{SV} &= ED_{SV} \\
5.29 \text{ kvr}_{FP} &= ED_{FP} \\
26.97 \text{ kvr}_{BS} &= ED_{BS} \\
62.4 \text{ kvr}_{CT} &= ED_{CT} \\
5.6 \text{ kvr}_{FC} &= ED_{FC} \\
34.04 \text{ kvr}_{T1} &= ED_{T1} \\
79.95 \text{ kvr}_{T2} &= ED_{T2} \\
32.15 \text{ kvr}_{T3} &= ED_{T3} \\
27.71 \text{ kvr}_{T4} &= ED_{T4} \\
9.33 \text{ kvr}_{T5} &= EG_{T5} \\
18.33 \text{ kvr}_{TQ} &= ED_{TQ} \\
27.6 \text{ kvr}_{TR} &= ED_{TR} \\
49.78 \text{ kvr}_{VQ} &= ED_{VQ} \\
7.67 \text{ kvr}_{OT} &= ED_{OT} \\
ED_{AU} + ED_{SV} + ED_{FP} + ED_{BS} + ED_{CT} + ED_{FC} + ED_{T1} + ED_{T2} + ED_{T3} + ED_{T4} + ED_{T5} \\
&+ ED_{TQ} + ED_{TR} + ED_{VQ} + ED_{OT} = 36172520,24
\end{aligned}$$

La segunda matriz (Tabla 11) contiene la información EC.1–EC.16 de vehículos a Diesel.

Tabla 11. Recorrido vehículos a Diesel

	AU	SV	FP	BS	CT	FC	T1	T2	T3	T4	T5	TQ	TR	VQ	OT	ETD
EC. 1	0,78															ED 1
EC. 2		5,51														ED 2
EC. 3			5,29													ED 5
EC. 4				26,97												ED 6
EC. 5					62,40											ED 7
EC. 6						5,60										ED 8
EC. 7							34,04									ED 9
EC. 8								79,95								ED 10
EC. 9									32,15							ED 11
EC. 10										27,71						ED 12
EC. 11											9,33					ED 13
EC. 12												18,33				ED 14
EC. 13													27,60			ED 15
EC. 14														49,78		ED 16
EC. 15															7,67	ED 17
EC. 16	0,78	5,51	5,29	26,97	62,40	5,60	34,04	79,95	32,15	27,71	9,33	18,33	27,60	49,78	7,67	36172520

De esta manera el modelo matemático para calcular el KVR según el sistema de ecuaciones lineales es el siguiente:

$$\sum_0^n EC = \sum_{ij} \frac{kvr_{ij}N_{ij}}{ef_{ij}} \quad [11]$$

$$kvr = \frac{E*ef}{N} \quad [12]$$

Donde EC el consumo total de energía en el año 2017, KVR es el kilometraje recorrido por los vehículos en de tipo i con combustible j, N es el número de vehículos de tipo i, con combustible j, Ef es la eficiencia del grupo vehicular de tipo i con combustible j. Para iniciar el cálculo iterativo se resolvió la matriz usando los recorridos (KVR) que se habían calculado en el estudio de (Díaz et al., 2014) que son datos nacionales. Los recorridos utilizados para las tres primeras iteraciones son los siguientes:

Tabla 12. Recorrido vehículos a Diesel

Tipo de vehículo	INER 2014 (km)
Autos	20000
SUV*	20000
Taxis	86109
Motos	7300
Furg P.	27990
Buses	70000
Camionetas	38500
Furg. C.	27990
<3 TM	30500
3 ¼ a 6 TM	48000
6 ½ a 9TM	71000
10 a 15 TM	71000
15 TM	102000
Tanqueros	15000
Trailers	275000
Volquetes	270000

Fuente: INER, 2014

3.4. RESULTADOS DATOS INER 2014

Se realizó el cálculo del flujo de energía consumida por cada grupo vehicular medico en galones de combustible consumidos, usando la data de KVR del estudio (Díaz et al., 2014) del INER, dan como resultado los despachos en la tabla siguiente:

Tabla 13. Cálculo del flujo de energía consumida

	KVR	DIESEL	GASOLINA
AUTOS	20000	15555,56	3765986,39
SUVS	20000	110232,56	4966603,65
TAXIS	86109	0,00	9186912,59
MOTOS	7300	0,00	6720866,67
FURG. P	27990	147947,14	438243,43
BUSES	70000	1887666,67	24500,00
CAMIONETAS	38500	2402583,33	11074385,25
FURG. C	27990	156744,00	12315,60
<3 TM	30500	1038220,00	123525,00
3 1/4 A 6 TM	48000	3837818,18	165333,33
6 1/2 A 9TM	71000	2282650,00	47333,33
10 A 15 TM	71000	1967117,65	0,00
15 TM<	102000	952000,00	0,00
TANQUEROS	15000	275000,00	0,00
TRAILERS	275000	7590000,00	0,00
VOLQUETES	275000	13688888,89	756250,00
OTRA CLASE	20000	153333,33	40000,00
	SUBTOTAL	36505757,31	37322255,24
	TOTAL DESP.	36172520,24	42269399,28
	ERROR	0,92%	11,70%

Fuente: Díaz et al., 2014

Como se puede observar la variación entre el cálculo y despachos de Diesel es de 0,92 % que es aceptable, sin embargo el error para el caso de la Gasolina es de 11,70% por lo que para estos recorridos no se aplican a la realidad de la región analizada.

3.5. RESULTADOS MÉTODO PROPUESTO

A continuación se muestran los resultados al realizar las iteraciones necesarias hasta generar un error global menor al 3%. La tabla 11 muestra los resultados finales de consumo de combustible que coinciden con los datos de despacho de (ARCH, 2014b).

Tabla 14. Iteraciones con un error global menor al 3%

	KVR	DIESEL	GASOLINA
AUTOS	18707	14549,89	3522515,37
SUVS	18707	103106,02	4645512,73
TAXIS	74948	0,00	7996152,83
MOTOS	15334	0,00	14117502,67
FURG. P	32144	169904,00	503283,20
BUSES	75320	2031129,33	26362,00
CAMIONETAS	38842	2423925,76	11172760,30
FURG. C	57376	321305,60	25245,44
<3 TM	69996	2382663,84	283483,80
3 1/4 A 6 TM	112198	8970740,09	386459,78
6 1/2 A 9TM	59422	1910417,30	39614,67
10 A 15 TM	55058	1525430,47	0,00
15 TM<	69639	649964,00	0,00
TANQUEROS	53229	975865,00	0,00
TRAILERS	189364	5226446,40	0,00
VOLQUETES	188711	9393614,22	518955,25
OTRA CLASE	15518	118971,33	31036,00
SUBTOTAL		36218033,26	43268884,04
TOTAL DESP.		36172520,24	42269399,28
ERROR		0,13%	2,36%

Fuente: ARCH, 2014b

Como podemos observar la diferencia entre el consumo calculado y la energía despachada tienen un error menor a 5% tanto para los vehículos a Gasolina como para Diesel. Los recorridos promedio ingresados en la matriz de cálculo en cada ecuación lineal, son los más cercanos a la realidad de consumo de energía para cada grupo. De esta manera la solución propuesta es la que se muestra en la tabla 12:

Tabla 15. Iteraciones con un error global menor al 3%

	KVR
AUTOS	18707
SUVS	18707
TAXIS	74948
MOTOS	15334
FURG. P	32144
BUSES	75320
CAMIONETAS	38842
FURG. C	57376
<3 TM	69996
3 1/4 A 6 TM	112198
6 1/2 A 9TM	59422
10 A 15 TM	55058
15 TM<	69639
TANQUEROS	53229
TRAILERS	189364
VOLQUETES	188711
OTRA CLASE	15518

Fuente: ARCH, 2014b

3.6. CÁLCULO DE USOS NO JUSTIFICADOS EN EL FLUJO DE ENERGÍA

Cabe recalcar que la solución de la las tablas anteriores no contempla los gastos energéticos generados por pérdidas de energía en el flujo, es decir, estos recorridos suponen que todos los vehículos están trabajando los 365 días del año sin parar, lo que en realidad no es así, pues los vehículos tienen paros debido a diversas circunstancias previstas e imprevistas, tales como: mantenimiento, vacación, accidentes, etc.

Esta variación entre la energía usada y las pérdidas, está directamente relacionada con la intensidad de uso de los vehículos, es decir, cuantos días al año los vehículos están parados. Para esto hay que plantearnos un escenario supuesto referente a tiempo anual de operación de los vehículos.

Debido a que no se tiene información local se usara datos del estudio (Ferreira, 2014), el cual plantea que el uso promedio de la operación de los vehículos en año es de 320 días para vehículos de uso familiar y de 350 días para vehículos de trabajo, teniendo en cuenta que todos los vehículos en algún momento tienen periodos de paro ya sea por mantenimiento, vacaciones o simplemente los usuarios utilizan otros medios de movilización. En términos de tiempo se calcula un factor de uso de toda la flota de vehículos en un 0,88 para vehículos de uso familiar y 0,96 de trabajo (Tabla 12).

Tabla 16. Factor de uso por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Factor de uso
Vehículos de trabajo	0,88
Vehículos particulares	0,88
Vehículos comerciales	0,96
Promedio	0,90

Fuente: Ferreira, 2014

Se aplica el factor de uso de la siguiente manera: 0,88 para autos, SUV's y motos; para taxis, furgonetas, buses y camiones livianos y medianos 0,96; y finalmente se aplica el promedio a camionetas y a los vehículos de carga pesada 0,92. Con esta modificación el gasto energético queda calculado de la siguiente manera.

Tabla 17. Cálculo del gasto energético

		KVR	DIESEL	GASOLINA
PASAJEROS INDIVIDUALES	AUTOS	16462	12803,77778	3099783,401
	SUVS	16462	90732,4186	4088011,468
	TAXIS	71950	0	7676298,186
	MOTOS	13494	0	12423476
PASAJEROS COLECTIVOS	FURG. P	30858	163106,5714	483148,1143
	BUSES	72307	1949878,767	25307,45
CARGA LIVIANA	CAMIONETAS	35735	2230034,167	10279043,03
	FURG. C	55081	308453,6	24235,64
	<3 TM	67196	2287351,84	272143,8
CARGA MEDIA	3 1/4 A 6 TM	103222	8253068,091	355542,4444
	6 1/2 A 9TM	54668	1757576,2	36445,33333
	10 A 15 TM	50653	1403386,059	0
	15 TM<	64068	597968	0
CARGA PESADA	TANQUEROS	48971	897801,6667	0
	TRAILERS	174215	4808334	0
	VOLQUETES	173614	8642119,111	477438,5
	OTRA CLASE	14277	109457	28554
		SUBTOTAL		33512071,27

Los consumos no justificados o pérdidas están representadas por la diferencia entre la magnitud de energía total calculada E_{tc} menos el producto de la energía total calculada por el factor de uso fu . Por consiguiente la estimación de las pérdidas responde a la siguiente expresión:

$$L = E_{tc}(1 - fu) \quad [13]$$

En la tabla siguiente se muestra el resultado de la cantidad de energía despachada cuyo uso no está justificado, en el cual podemos observar que existe un 7,5% de pérdidas o energía no justificada para el consumo de Diésel y un 9,2% de pérdidas en consumo de Gasolina, estos porcentajes fueron calculados con referencia a los resultados de consumos del método propuesto:

Tabla 18. Cantidad de energía despachada no justificada

	DIESEL	GASOLINA
AUTOS	1745,99	422701,84
SUVS	12372,72	557461,53
TAXIS	0,00	319846,11
MOTOS	0,00	1694100,32
FURG. P	6796,16	20131,33
BUSES	81245,17	1054,48
CAMIONETAS	193914,06	893820,82
FURG. C	12852,22	1009,82
<3 TM	95306,55	11339,35
3 1/4 A 6 TM	717659,21	30916,78
6 1/2 A 9TM	152833,38	3169,17
10 A 15 TM	122034,44	0,00
15 TM<	51997,12	0,00
TANQUEROS	78069,20	0,00
TRAILERS	418115,71	0,00
VOLQUETES	751489,14	41516,42
OTRA CLASE	9517,71	2482,88
Subtotal	2705948,79	3999550,86
E_tc	36218033,26	43268884,04
% Perdida	7,5%	9,2%

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Generalmente existen dos grupos de metodologías para determinar el funcionamiento energético del sector transporte, las basadas en mediciones de tráfico y las no basadas en mediciones de tráfico, en función a la cantidad disponible de información en este trabajo de investigación para el cálculo del indicador KVR se utilizó un método basado en despachos de combustible, consumos específicos y flota automotriz.
- La analogía propuesta para el uso del modelo Hardy Cross, el cual idealiza en el sistema de transporte como un balance energético), es una metodología muy útil que nos ayuda a generar los datos de KVR y a partir del cual se puede calcular los consumos energéticos para este sector. En este método los datos de entrada son el tamaño y clasificación de parque automotor, consumo específico de cada grupo vehicular, y los despachos globales tanto de gasolina como de diésel, el cual permite la estimación del KVR.
- Se determinó que el crecimiento del tamaño del parque automotor no obedece al aumento demográfico de la ciudad de Santo Domingo, este último es menor por lo que demuestra la gravedad de la problemática actual de consumo de energía en el sector del transporte y evidencia que sin acciones de eficiencia energética este problema se podría agravar con mucha facilidad y en muy poco tiempo.
- La metodología usada es muy completa ya que considera las pérdidas y el factor anual de uso de los vehículos, es decir muestra una alternativa apropiada para el cálculo de consumos no justificados en el sistema energético del transporte.
- La metodología presenta ciertas limitaciones como por ejemplo; El factor de uso automotriz fue tomado del estudio (Ferreira, 2014) que a pesar de ser la información más cercana puede ser mejorada con el levantamiento de la información en las regiones estudiadas, No toma en cuenta el incremento de la densidad urbana, no se cuenta con información estadística por lo que es necesario contar con información estadística base en cada región analizada.
- Al aplicar la metodología de cálculo, se obtuvieron los consumos de energía y uso final. De esta manera se ha identificado que un 42.72% de

la energía es destinada para transporte de vehículos diesel y el 50.06% está destinada transporte de vehículos a gasolina, con un 7.22% de consumo de combustibles no justificados. La energía total calculada por el método frente a la despachada presentaron un error máximo del 2.36 %, el cual es menor al planteado en la hipótesis (5%).

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda determinar valores de eficiencia y rendimientos nacionales del parque automotor. Esto se puede lograr creando registros de eficiencia y rendimiento de los vehículos en laboratorio. Estos datos permitirían aproximar de manera correcta el comportamiento energético de cada tipo de vehículo, por antigüedad, tecnología y uso.
- Contar con un registro de valores de recorridos promedio anuales de cada tipo de vehículo; esto se lo puede obtener mediante encuestas, levantamiento de información de origen y destino de viajes, lo que nos resultara en una mayor exactitud al cuantificar el consumo energético y afinar los datos de recorridos promedio.
- Es muy importante desarrollar información de indicadores de recorridos promedio anual, realizar estudios sobre la expansión urbana en las ciudades ecuatorianas y sus efectos sobre el consumo de energía en el sector transporte

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- AEADE (2017). Anuario 2017. Cifras Balance del año 2017. Recuperado de: <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2018/04/anuario%202017%20final%20web.pdf>
- AEADE (2019). 32 % del parque automotor del país tiene más de 12 años. Recuperado de: <http://www.aeade.net/32-del-parque-automotor-del-pais-tiene-mas-de-12-anos/>
- Afework B., Hanania J., Heffernan B., Jenden J., Stenhouse K., Toor J. & Donev J.(2018). Energy Education - Energy intensity [Online]. Recuperado de: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Energy_intensity.
- Agencia de regulación y control de electricidad (2016). Balance energético nacional 2016. Recuperado de : <https://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/Balance-Energetico-Nacional-2016-ilovepdf-compressed.pdf>
- Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero | ARCH (2016). Boletín estadístico 2016. Recuperado de: http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/BOLET%C3%8DN-ESTAD%C3%8DSTICO-2016_11.pdf
- Alcaide, S. M. (2010). Influencia De Los Parámetros De Inyección Y La Recirculación De Gases De Escape Sobre El Proceso De Combustión En Un Motor Diesel. España: Reverté.
- Alonso Pérez, J. M. (2013). Motores. PARANINFO.
- Álvarez Flórez, J. A. (2010). Motores alternativos de combustión interna. Catalunya: Politext.
- ARCH (2017). Informe rendición de cuentas año 2016. Recuperado de: http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/Rendicion-de-cuentas/2016/informe/Informe-Rendicio%CC%81n-de-Cuentas-ARCH-2016_25-04-2017-Ciudadani%CC%81a.pdf
- ARCH. (2014b). DESPACHOS DE COMBUSTIBLE 2013-2014. Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero.
- Bautista Paz, E., Muñoz Sanz , J., & Echavarrí Otero, J. (2014). Problemas de mecanismos. DEXTRA.
- BITRE. (2012). Road vehicle-kilometeres travelled: estimation from state and territory fuel sales. Retrieved from.
- Cadengo M., Casanova W. & Mendoza A. (2018). Desarrollo de metodología para la estimación de los vehículos-kilómetro recorridos anualmente, a nivel nacional. Recuperado de secretaría de comunicaciones y transporte: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt517.pdf>

- Casellas , J. (2011). Curso de mecánica. S.A EUNSA. EDICIONES UNIVERSIDAD DE NAVARRA.
- Concepcion, M. (2011). Pruebas de Accionadores Automotrices y Sistemas EVAP . Createspace Independent.
- D'Addario, M. (2017). Manual de mecánica del automóvil: Fundamentos, componentes y mantenimiento Versión Kindle. Italia: Createspace Independen.
- Denton, T. (2016). Sistema Mecánico y Eléctrico del Automóvil. Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos. Reino Unido: Marcombo.
- DEORMALIZACIÓN, I. E. (09 de 2017). CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES. Quito: USGovernmentDocuments.
- EDUARDO ÁGUEDA CASADO, J. L. (2014). Mecánica del vehículo. España: Paraninfo.
- EIA (2016). International Energy Outlook 2016. Recuperado de: [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2016\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2016).pdf)
- EP PETROECUADOR. (2018). Precios de venta a nivel de terminal para las comercializadoras calificadas y autorizadas a nivel nacional. Recuperado de: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/ESTRUCTURA-DE-PRECIOS-JULIO-2018-MENSUAL-SNI-05-AL-11-JULIO-2018.pdf>
- Escudero Fernández, S., Gonzáles, J., Rivas, J. L., & Suárez , A. (2011). Motores. MACMILLAN.
- Felipe Blanch, J. J. (2015). Modelización de funcionamiento termomecánico de un motor otto . Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya .
- Formación, E. (2013). Libro de UF1217 Mantenimiento de Sistemas Auxiliares del Motor de Ciclo Diesel. Granada: Euroinnova Formación.
- Franco, M. C. (2012). Caracterizacion de Emisiones de Particulas En Motores Diesel. España: Editorial Academia Espanola.
- GAD Provincial Santo Domingo (2019). Datos Generales. Recuperado de: <http://www.gptsachila.gob.ec/index.php/la-provincia/datos-generales>
- GARZA, O. A. (2015). Estudio de los efectos de la cavitación en toberas de inyección diesel. España: Reverte.
- Gongora Juan (2012). Indicador Kilómetros-Vehículo Recorridos (KVR) Métodos de cálculo en diferentes países. Recuperado de: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/MedicionKVR.pdf>
- Gonzáles Calleja , D. (2011). Motores: Transporte y mantenimiento de vehículos, electromecánica de vehículos automóviles. PARANINFO.
- Gonzáles Calleja, D. (2015). Motores térmicos y sus sistemas auxiliares. S.A EDICIONES PARANINFO.
https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Santo_Domingo_de_los_Ts%C3%A1chilas
- Ibáñez, S. P. (2012). Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo diésel. Malaga: IC Editorial.

