



Powered by
Arizona State University

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en
Mecánica Automotriz**

Autores: Luis Felipe Loor Benites
Bryan Danilo Izquierdo Sánchez

Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta

**Evaluación del Impacto del Ecodriving en Vehículos M1 en
Guayaquil**

Certificado de Autoría

Nosotros, Luis Felipe Loor Benites y Bryan Danilo Izquierdo Sánchez, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Luis Felipe Loor Benites

C.I.: 0926685066

Bryan Danilo Izquierdo Sánchez

C.I.: 0707036968

Aprobación del Tutor

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco a los autores del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a toda mi familia que siempre me ha dado su apoyo incondicional y me ha ayudado durante el tiempo en que realizaba este proyecto.

A mis padres quienes en todo momento de dieron su total apoyo y fueron el pilar fundamental para culminar con éxito este proyecto.

A todos quienes fueron mi apoyo para concluir exitosamente este proyecto.

Luis Loor

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico a toda mi familia y amigo, quienes siempre estuvieron ahí para apoyarme.

Dedico a mis queridos padres que me han apoyado. A mis hermanos que igualmente siempre han estado ahí junto a mí en los momentos de dificultad.

Bryan Izquierdo

Agradecimiento

Las palabras que expreso señalan mi agradecimiento profundo a las personas que me han brindado su apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Agradezco sobremanera a todos mis amigos y familiares.

Agradezco al Ingeniero Fernando Gómez Berrezueta, quien durante la realización del proyecto me orientó y ayudó a culminar con éxito el proyecto.

¡¡¡Muchas gracias!!!

Luis Loor

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Internacional del Ecuador y a todos mis profesores. Manifiesto
gratitud hacia mi hermosa familia.

Agradezco a mi tutor Fernando Gómez Berrezueta.

Y reconozco mi agradecimiento a todos quienes hicieron posible este logro.

¡¡¡Muchas gracias!!!

Bryan Izquierdo

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Agradecimiento.....	viii
Índice General.....	ix
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tablas.....	xv
Resumen.....	xvi
Abstract.....	xviii
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	4
1.2.3 Sistematización del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	5
1.4.1 Justificación Teórica.....	6
1.4.2 Justificación Metodológica.....	6
1.4.3 Justificación Práctica.....	6

1.4.4	<i>Delimitación Temporal</i>	7
1.4.5	<i>Delimitación Geográfica</i>	7
1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	7
1.5	Hipótesis	8
1.6	Variables de Hipótesis	8
1.6.1	<i>Variables Independientes</i>	8
1.6.2	<i>Variables Dependientes</i>	8
Capítulo II.....		9
Marco Referencial.....		9
2.1	Marco Teórico.....	9
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i>	9
2.1.2	<i>El Automóvil como Máquina de Consumo</i>	9
2.1.3	<i>Importancia en el Ahorro del Combustible</i>	10
2.1.4	<i>Efectos de la Conducción Ecológica en el Consumo de Combustible</i>	10
2.1.5	<i>Clases de Emisión de Gases en Vehículos</i>	11
2.1.6	<i>Eco-conducción: Concepto y Estrategias</i>	12
2.2	Marco Conceptual.....	13
2.2.2	<i>Beneficios del Ecodriving</i>	13
2.2.3	<i>Consumo de Combustible</i>	14
2.2.4	<i>Técnicas de Ecodriving</i>	14
2.2.5	<i>Vehículos de Subcategoría M1</i>	16
2.2.6	<i>Conducción Ecológica</i>	16
2.2.7	<i>Costos y Seguridad</i>	17
2.2.8	<i>Sistemas de Conducción Ecológica</i>	17
2.2.9	<i>Beneficios del Ecodriving</i>	17

2.2.10	<i>Teoría de la Conducción Ecológica basada en Reglas</i>	18
2.2.11	<i>Efectos del Ecodriving en el Consumo y las Emisiones</i>	19
2.2.12	<i>Programas de Conducción Ecológica</i>	19
	Capítulo III.....	22
	Determinar la Eficacia del Ecodriving en el Consumo de Combustible	22
3.1	Factores que Influyen en una Conducción Ecológica.....	22
3.2	Importancia del Ecodriving.....	23
3.3	Técnicas de Conducción Ecológica	27
3.4	Obtención de la Máxima Eficiencia de Combustible	36
3.5	Metodología Aplicada.....	37
3.5.1	<i>Métodos</i>	37
3.5.2	<i>Tipo de Estudio</i>	38
3.5.3	<i>Investigación Exploratoria</i>	38
3.5.4	<i>Investigación de Campo</i>	38
3.5.5	<i>Investigación Aplicada</i>	38
3.6	Descripción del Proceso de Evaluación.....	39
3.6.1	<i>Lugar de la Investigación</i>	39
3.6.1	<i>Vehículo Utilizado</i>	40
3.6.2	<i>Dispositivo de Medición Utilizado</i>	41
3.6.3	<i>Especificaciones del Rastreador Azuga</i>	41
	Características Físicas.....	42
	Certificaciones	42
	Características Eléctricas	42
3.6.4	<i>Selección de Ruta</i>	43
3.6.5	<i>La Creación del Conjunto de Datos</i>	44

Capítulo IV.....	46
Análisis de Impacto del Ecodriving.....	46
4.1 Descripción.....	46
4.1.1 <i>Cuantificación de los Impactos de la Conducción Ecológica</i>	47
4.1.2 <i>Estudio Comparativo del Consumo de Combustible</i>	47
4.1.3 <i>Condiciones del Vehículo para la Prueba</i>	49
4.1.4 <i>Preparar el Vehículo para las Pruebas</i>	50
4.1.5 <i>Formato General</i>	50
4.1.6 <i>Obtención de Muestras</i>	51
4.1.7 <i>Procedimiento</i>	53
4.2 Resultado de las Mediciones.....	55
4.2.1 <i>Presentación de Resultados</i>	56
4.2 Análisis de los Resultados.....	57
Conclusiones.....	61
Recomendaciones.....	63
Bibliografía.....	64

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ecodriving</i>	3
Figura 2 <i>Comportamiento de Conducción Ecológico</i>	4
Figura 3 <i>Conducción Eficiente y su Relación con el Consumo de Combustible</i>	11
Figura 4 <i>Proceso de Emisión de Contaminantes en Vehículos Automotores</i>	12
Figura 5 <i>Ecodriving</i>	13
Figura 6 <i>Técnicas de Conducción Ecológica</i>	15
Figura 7 <i>Vehículo MI</i>	16
Figura 8 <i>Consumo de Energía de los Cuatro Modos de Conducción</i>	18
Figura 9 <i>Componentes de un Programa de Eco-conducción de Excelencia</i>	20
Figura 10 <i>Factores Influyentes en el Consumo de Combustible</i>	22
Figura 11 <i>Ecodriving y su Influencia en el Consumo de Combustible</i>	24
Figura 12 <i>Efectos del Consumo de Combustible</i>	26
Figura 13 <i>Distancia de Frenado en un Vehículo</i>	27
Figura 14 <i>Velocidad del Vehículo</i>	28
Figura 15 <i>Reducción del Peso</i>	29
Figura 16 <i>Anticipación al Tráfico</i>	30
Figura 17 <i>Optimización de la Ruta</i>	31
Figura 18 <i>Influencia del Ralentí en el Consumo de Combustible</i>	32
Figura 19 <i>Selección Correcta de las Marchas en un Automóvil</i>	33
Figura 20 <i>Influencia de la Presión de los Neumáticos</i>	34
Figura 21 <i>Efecto del Uso del Aire Acondicionado</i>	35
Figura 22 <i>Evitar Llevar Peso Innecesario</i>	36
Figura 23 <i>Mapa del Lugar de las Pruebas</i>	39
Figura 24 <i>Dispositivo Azuga</i>	41
Figura 25 <i>Danlaw Dispositivos OBDII</i>	43

Figura 26 <i>Ubicación de la Ruta Metrópolis II – Mall del Sur</i>	44
Figura 27 <i>Obtención de Datos</i>	45
Figura 28 <i>Reducción del Uso del Transporte</i>	46
Figura 29 <i>Factores que Afectan el Consumo de Energía del Vehículo</i>	47
Figura 30 <i>Determinación del Consumo de Combustible</i>	48
Figura 31 <i>Revisión del Estado del Vehículo</i>	49
Figura 32 <i>Vehículo para las Pruebas</i>	51
Figura 33 <i>Informe de los Viajes en la Plataforma de Danlaw</i>	52
Figura 34 <i>Informe de Rutas</i>	52
Figura 35 <i>Equipos de Adquisición de Datos</i>	53
Figura 36 <i>Insertar en el Puerto de Diagnóstico del Vehículo (OBDII)</i>	53
Figura 37 <i>Registro de Datos en Ruta</i>	54
Figura 38 <i>Monitoreo de las Condiciones de Manejo</i>	55
Figura 39 <i>Análisis Comparativo</i>	58
Figura 40 <i>Análisis Comparativo</i>	59
Figura 41 <i>Porcentaje de Reducción del Consumo</i>	60
Figura 42 <i>Porcentaje de Reducción del Consumo</i>	60

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Estudios sobre Eco-conducción y Mejoras en el Ahorro de Combustible</i>	25
Tabla 2 <i>Datos del Vehículo Ford Explorer (290 CV)</i>	40
Tabla 3 <i>Características del Dispositivo Azuga</i>	42
Tabla 4 <i>Características del Dispositivo Azuga</i>	42
Tabla 5 <i>Características del Dispositivo Azuga</i>	42
Tabla 6 <i>Características del Dispositivo Azuga</i>	43
Tabla 7 <i>Resultados Obtenidos en Conducción Normal “Metrópolis II – Mall del Sur”</i>	56
Tabla 8 <i>Resultados Obtenidos en Conducción Normal “Mall del Sur – Metrópolis II”</i>	56
Tabla 9 <i>Resultados Obtenidos en Conducción Ecodriving “Metrópolis II – Mall del Sur”</i> ..	57
Tabla 10 <i>Resultados Obtenidos en Conducción Ecodriving “Mall del Sur – Metrópolis II”</i>	57

Resumen

El problema de la contaminación ambiental cada día va en aumento y es necesario plantear propuestas que ayuden a minimizar esta problemática, que asociada a las tecnologías tradicionales de ahorro de combustible que casi han llegado al límite del potencial de ahorro de combustible, la dificultad para cambiar la congestión urbana y el escaso número de vehículos con nuevas tecnologías, a corto plazo, la conducción ecológica parece ser una estrategia eficaz. manera de lograr el ahorro de energía y la reducción de emisiones en la industria del transporte. La conducción ecológica representa forma de conducir que permite usar menos combustible. Para ser un conductor ecológico, debe seguir un conjunto de reglas simples, como: subir de marcha para evitar velocidades del motor superiores a 2500 rpm, mantener una velocidad constante del vehículo, anticiparse al tráfico, acelerar y desacelerar suavemente y evitar largos tiempos de inactividad. Mediante este estudio se propone usar un estilo de conducción energéticamente eficiente como una medida que puede tener un impacto importante en el consumo de combustible. El vehículo usado para las pruebas es un Ford Explorer que corresponde a la categoría M1, se analiza el comportamiento de conducción ecológica en función de las rutas seleccionadas, en el trayecto Metrópolis II-Mall del Sur-Metrópolis II (ida y retorno), considerando las variables ambientales, condiciones del vehículo y del tráfico. Para evaluar el impacto del Ecodriving se realizaron varias pruebas, recolectando la información de manera directa a través del dispositivo Azuga, conectado al OBDII del vehículo y la plataforma Danlaw donde se almacenan los datos. Los resultados muestran que al aplicar la conducción ecológica (Ecodriving), pueden tener un impacto diferente en el consumo de combustible, si se considera un solo vehículo de prueba y el mismo conductor para las mediciones aplicando y sin aplicar el Ecodriving. Los resultados muestran que la conducción ecológica tiene un mayor impacto en condiciones de tráfico libre y normal, pero podría no ser útil cuando las condiciones de tráfico están congestionadas, en algunos casos

llegando a reducir hasta en un 17% el consumo de combustible y así realizar una cuantificación de los impactos de la conducción ecológica en Guayaquil.

Palabras Clave: Consumo de combustible, dispositivo Azuga, Ecodriving, conducción.

Abstract

The problem of environmental pollution is increasing every day and it is necessary to propose proposals that help minimize this problem, which, associated with traditional fuel saving technologies that have almost reached the limit of fuel saving potential, the difficulty to change urban congestion and the low number of vehicles with new technologies, in the short term, eco-driving seems to be an effective strategy. way to achieve energy savings and emission reductions in the transportation industry. Eco-driving represents a way of driving that allows you to use less fuel. To be a green driver, you must follow a simple set of rules, such as: shift up to avoid engine speeds above 2,500rpm, maintain a steady vehicle speed, anticipate traffic, accelerate and decelerate smoothly, and avoid long idle times. Through this study it is proposed to use an energy efficient driving style as a measure that can have a significant impact on fuel consumption. The vehicle used for the tests in a Ford Explorer that corresponds to the M1 category, the ecological driving behavior is analyzed based on the selected routes, on the Metropolis II-Mall del Sur-Metropolis II route (round trip), considering environmental variables, vehicle and traffic conditions. To evaluate the impact of Ecodriving, several tests were carried out, collecting the information directly through the Azuga device, connected to the vehicle's OBDII and the Danlaw platform where the data is stored. The results show that when applying ecological driving (Ecodriving), they can have a different impact on fuel consumption, if a single test vehicle and the same driver are considered for the measurements applying and without applying Ecodriving. The results show that eco-driving has a greater impact in free and normal traffic conditions, but may not be useful when traffic conditions are congested, in some cases reducing fuel consumption by up to 17% and thus making a quantification of the impacts of ecological driving in Guayaquil.

Keywords: Fuel consumption, Azuga device, Ecodriving, driving.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Evaluación del impacto del Ecodriving en vehículos M1 en Guayaquil.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

El presente trabajo de investigación se basa en la evaluación del impacto del Ecodriving en vehículos M1 en Guayaquil, con la finalidad de analizar la eficiencia de esta técnica de manejo en la mitigación de las emisiones de gases contaminantes que el parque automotor produce y también la reducción en el consumo de combustible en el modelo de vehículo propuesto.

1.2.1 Planteamiento del Problema

La emisión de gases de efecto invernadero, en especial la emisión de CO₂ hacia la atmósfera provoca un impacto negativo en el ambiente lo que repercute en el incremento de la temperatura media mundial, por ende, esto afecta a todos quienes habitan en ella. Estos gases son producto de actividades antrópicas y naturales, sin embargo, en la actualidad el incremento de la densidad poblacional ha traído consigo un aumento exponencial en el parque automotor, lo que genera una mayor cantidad de estos gases (Rojas Moncayo, Caraballo Núñez, Álvarez Hernández, & Vivanco Pinta, 2018).

A pesar de que hoy en día existen avances tecnológicos relacionados a la ingeniería en motores no ha sido suficiente para lograr reducir el uso de combustible y las consecuencias que esto provoca. Por esta razón, el Ecodriving o conducción ecológica es una serie de actividades encaminadas a proporcionar a los conductores una guía o consejos para lograr una conducción eficiente y con ello minimizar el uso de combustible y por ende la emisión de CO₂ (Boriboonsomsin, Vu, & Barth, 2010).

Se pretende que con la realización del presente trabajo de investigación sea de gran utilidad para contribuir con la reducción del consumo de combustible en los vehículos de categoría M1 y por ende se aporta a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en Guayaquil, mediante la implementación de mecanismos de conducción eficiente conocido como Ecodriving.

Con la contaminación del aire convirtiéndose en una gran preocupación a nivel mundial, el concepto de conducción ecológica se está volviendo bastante importante para los conductores en todos los niveles. Las estadísticas indican que 5 millones de personas en toda la UE utilizan el transporte por carretera y genera cerca del 2 % del PIB total.

Si bien las carreteras son el alma de la economía europea a través de los países, las emisiones de carbono y la eficiencia energética siguen siendo una preocupación importante.

Los gases de escape de los vehículos impulsados por combustible son uno de los principales contribuyentes al problema de las emisiones de carbono, ya que por cada litro de gasolina que se quema, se producen 2,2 kilogramos de dióxido de carbono.

El consumo de energía de los vehículos es el resultado de la acción integral de los conductores, los vehículos, los escenarios y el clima. La reducción del consumo de energía de los vehículos se puede considerar a partir de los siguientes aspectos:

(1) vehículos. La adopción de nueva tecnología de motores y de vehículos puede mejorar la economía de combustible entre un 4% y un 8% y entre un 2% y un 8%, respectivamente. Por ejemplo, el uso de nuevos materiales para neumáticos y un estilo de vehículo más aerodinámico (cada reducción en la resistencia a la rodadura del 5 % al 7 % aumenta la eficiencia del combustible en un 1 %, y la resistencia del aire se reduce de 0,08 a 0,06, lo que se espera que ahorre un 8,6 % de combustible.

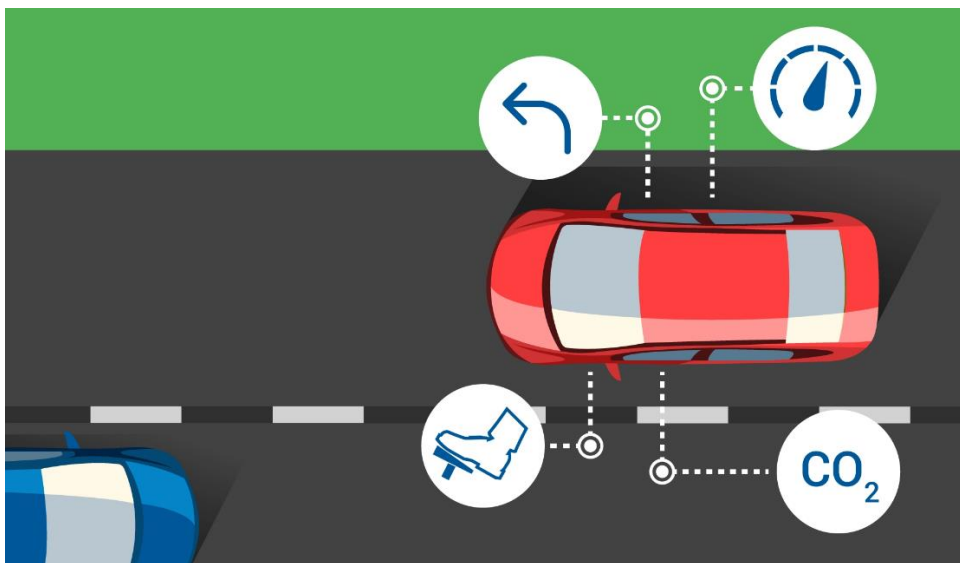
(2) Escenario. Esto incluye carreteras y tráfico. Mejorar el entorno del tráfico por carretera y reducir la congestión del tráfico es una forma eficaz de reducir el consumo de

energía y las emisiones. Elegir una ruta más larga, pero sin obstrucciones o elegir viajar durante un horario menos concurrido puede reducir efectivamente el consumo de energía y las emisiones. Además, los semáforos y la pendiente de la carretera también tienen un impacto en el consumo de energía.

(3) Clima y temperatura. Las bajas temperaturas y el mal tiempo pueden aumentar el consumo de energía. Dentro de un cierto rango de temperatura, el consumo de energía disminuirá a medida que aumente la temperatura (Figura 1).

Figura 1

Ecodriving



Tomado de: <https://gurtam.com/en/blog/eco-driving-soversenstvuem-stil-vozdenia>

La forma más sencilla de describir la verdadera conducción ecológica es viajar con la mayor suavidad posible, evitando aceleraciones repentinas innecesarias y paradas completas, para salvar el vehículo, el medio ambiente y el combustible. Más formalmente, la conducción ecológica se refiere a la adopción de un comportamiento de conducción que maximiza la eficiencia del motor del vehículo. Debe quedar claro que la noción de conducción ecológica es multidimensional, que integra el comportamiento de conducción, así como todas las decisiones directa o indirectamente relacionadas con el ahorro de combustible y la reducción de emisiones

de GEI, por ejemplo, la elección del vehículo. Un comportamiento de conducción ecológico, es decir, acelerar suavemente y mantener una velocidad constante, juega un papel muy importante (Figura 2).

Figura 2

Comportamiento de Conducción Ecológico



Tomado de: <https://navirec.com/en/what-is-eco-driving/>

Investigaciones recientes han revelado que la conducción ecológica es capaz de reducir el consumo de combustible en una cantidad que oscila entre el 15 % y el 25 % y las emisiones de GEI en al menos un 30 %. Se considera que un comportamiento ecológico general, incluida la compra del vehículo, así como su uso, y la toma de decisiones ecológicas relacionadas con la movilidad, conducen a una reducción del consumo de combustible del orden del 40-45% (Sivak, 2012).

1.2.2 Formulación del Problema

¿La implementación de técnicas de Ecodriving en vehículos M1 en Guayaquil se reflejarán en la disminución del consumo de gasolina y la disminución de los niveles de gases tóxicos que son emitidos al ambiente?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Qué mecanismos deben adoptar los conductores de vehículos M1 para lograr la eficiencia y reducir las emisiones de GEI?

- ¿Cuál es la efectividad de implementación del Ecodriving en el consumo de combustible en los vehículos M1?
- ¿Qué factores influirán para que se obtengan los resultados deseados en la ejecución del Ecodriving?
- ¿Qué características deben poseer los conductores de vehículos M1 en Guayaquil?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Evaluar el impacto de la implementación del Ecodriving en vehículos M1 en Guayaquil en una ruta mixta, considerando los factores técnicos involucrados en el consumo de combustible.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las técnicas de manejo eficiente aplicadas en vehículos M1.
- Determinar la eficacia del Ecodriving en el consumo de combustible en vehículos M1 en la ruta Mall del Sur-Metrópolis II.
- Analizar la repercusión del Ecodriving en el consumo de combustible de un vehículo M1.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

Inmediatamente definido los objetivos de la investigación, se procede a indicar las razones para la realización de la investigación propuesta y los aportes que va a brindar en lo teórico y en lo práctico, considerando que una ventaja clave de la conducción ecológica es un menor consumo de combustible y una reducción en los costos de combustible. Los cambios simples en la forma de conducir pueden tener un impacto positivo en el medio ambiente y ahorrar dinero.

1.4.1 Justificación Teórica

La técnica de manejo eficiente Ecodriving empleada como mecanismo para la reducción de emisiones de gases generados por la quema de combustible al momento de conducir un vehículo, es de gran interés y cuyo aporte brindará a los conductores especialmente de vehículos M1 que transitan por Guayaquil una herramienta y guía para lograr estos objetivos y su vez reducir sus gastos en consumo de gasolina.

Por lo mencionado anteriormente, se hace evidente la importancia de la realización del presente trabajo de investigación donde se plantea evaluar el impacto que ocasiona el Ecodriving en los vehículos M1.

1.4.2 Justificación Metodológica

La aplicación de técnicas o mecanismos que permiten a los conductores comprender los factores que influyen en la incidencia de una conducción eficiente y como estas se ven reflejadas en la reducción en el consumo de combustible, por ende, presenta disminución en las emisiones gases de efecto invernadero (GEI). Estas técnicas han sido ampliamente estudiadas a lo largo del tiempo con la finalidad de impulsar a los conductores a poner en práctica acciones de manejo eficiente. Considerando que la conducción ecológica es la implementación de una serie de estrategias, incluidas técnicas de conducción, mantenimiento del vehículo y acciones no relacionadas con la conducción, que reducen la cantidad de combustible que usa el vehículo.

1.4.3 Justificación Práctica

Es de conocimiento general que el parque automotor es uno de los sectores que presentan un alto consumo de combustibles fósiles lo cual repercute en la emisión directa de GEI que han contribuido al cambio climático global, para lo cual se han impulsado mecanismos sostenibles y eficientes que contribuyan a la reducción en la emisión de estos gases (Posso Espinosa, 2020).

El resultado de la investigación permite dar a conocer como la implementación de técnicas de conducción eficiente pueden significar un cambio en el consumo de combustible y en la disminución en las emisiones de GEI considerando los vehículos M1 en Guayaquil.

1.4.4 Delimitación Temporal

El trabajo se realiza desde julio de 2022 hasta diciembre de 2022, lapso que se desarrolla el proyecto.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El trabajo de evaluación del impacto que genere la implementación del ecodriving se lleva a cabo en una ruta seleccionada de acuerdo con parámetros técnicos en la ciudad de Guayaquil.

1.4.6 Delimitación del Contenido

En la primera parte se abordan todos los aspectos relacionados con los antecedentes del proyecto, enfocándose en la justificación del problema, los objetivos, hipótesis y variables involucradas.

Para la ejecución del presente trabajo de investigación en segunda instancia se realiza la revisión del marco conceptual, en el cual se establecen los conceptos y teoría necesarios para comprender y analizar el impacto que supone la implementación de prácticas de manejo eficiente en el consumo de combustible y las emisiones de GEI.

En la tercera parte del trabajo se establece la metodología a emplear y se detalla de manera precisa las técnicas que se realicen por parte de los conductores para lograr la conducción eficiente.

Y la última parte de la investigación estar orientado a describir los resultados obtenidos de la ejecución del Ecodriving en vehículos M1 en Guayaquil y si los objetivos planteados se cumplieron conforme a los establecido o si surgieron ciertas complicaciones que impidieron que se cumpla en su totalidad.

Al final y de manera concisa se detallan las conclusiones y recomendaciones que se obtienen después de obtener los resultados.

1.5 Hipótesis

La aplicación de técnicas de manejo eficientes denominadas ecodriving permitirá la obtención de resultados favorables relacionados al ahorro en el consumo de combustible y por ende la disminución de gases de efecto invernadero generados a consecuencia de la quema de combustible.

La ejecución del presente proyecto de investigación además pretende alcanzar los objetivos previamente planteados considerando que no será necesario una inversión significativa para lograrlo.

1.6 Variables de Hipótesis

1.6.1 Variables Independientes

- Implementación de técnicas de manejo eficiente.

1.6.2 Variables Dependientes

- Análisis de las técnicas implementadas.
- Evaluación en las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Ahorro en el consumo de combustible.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

La conducción ecológica es un estilo de conducción de vehículos que reduce el consumo de energía, maximizando el kilometraje por unidad de energía consumida (Stillwater y Kurani, 2013).

Muchos automóviles tienen indicadores de consumo de combustible y los conductores pueden ver cómo disminuye su uso de combustible al usar una o más de las estrategias. La literatura muestra una amplia gama de eficiencias como resultado de la conducción ecológica, según la selección de la ruta, las características del tráfico, la pendiente de la carretera y el método de evaluación de impacto específico.

2.1.1 *Conceptos Preliminares*

La conducción ecológica se define como una estrategia que busca principalmente cambiar los hábitos de conducción siguiendo reglas fácilmente tipificadas, es decir, utilizando la inercia del vehículo, acelerando y frenando suavemente, manteniendo una velocidad constante, cambiando de marcha a bajas revoluciones, anticipándose al tráfico, entre otros.

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del transporte han aumentado cada año desde 2014, superando en un 29 % los niveles de 1990 en 2018 como consecuencia de la creciente demanda en el transporte por carretera de pasajeros y mercancías (Förster, 2020).

2.1.2 *El Automóvil como Máquina de Consumo*

Es preciso resaltar que el motor de combustión interna funciona mediante el combustible fósil que usualmente es gasolina o diésel, este combustible es transportado desde el tanque a través de una bomba hasta ser depositado en los cilindros donde al mezclarse con

el oxígeno forma un fluido que posteriormente se quema en la cámara de combustión y eso lo que ocasiona que el vehículo esté en movimiento (Arboleda Guerrero, 2010).

2.1.3 Importancia en el Ahorro del Combustible

En el Ecuador en la actualidad el precio de los combustibles está fijado en USD 2,55 por galón de gasolina Extra y Ecopaís, en USD 1,90 el Diesel, y el precio sugerido de la gasolina Súper es de USD 3,52 (PRIMICIAS, 2022). Este incremento en el precio del combustible y la reducción de subsidios a estos combustibles ha sido un tema de gran debate y de suma preocupación en la población, razón por la cual hoy en día se considera más que nunca cualquier técnica eficiente que produzca una reducción en el consumo de combustible (Remache Chimbo, Leguisamo Milla, Guasgua, & Luskat, 2021).

2.1.4 Efectos de la Conducción Ecológica en el Consumo de Combustible

Una forma simple pero eficiente de reducir las emisiones de CO₂ y las emisiones de gases de escape en el sector del transporte es la conducción ecológica, también conocida como conducción inteligente o moderna. Este concepto puede ser aplicado por cualquier conductor en la práctica diaria con todos los vehículos y en todas las condiciones de tráfico, sin costosas inversiones en infraestructura o nuevas tecnologías de vehículos.

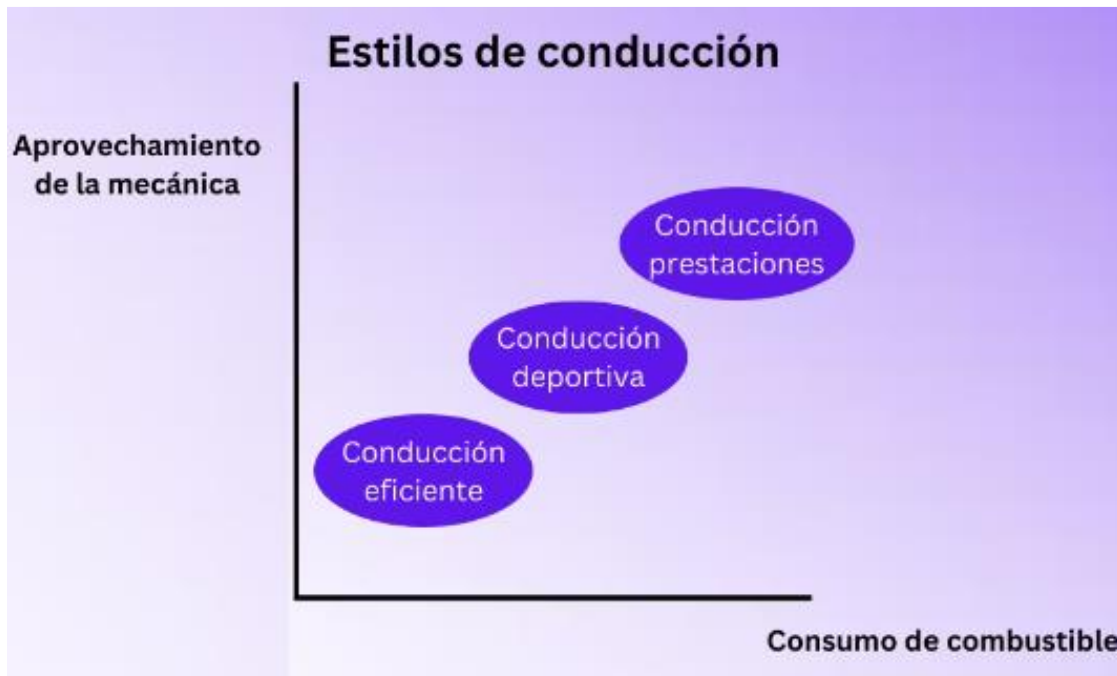
Se ha demostrado que tanto el entrenamiento de conducción ecológica como los dispositivos en el vehículo dan como resultado mejoras rápidas y significativas en el comportamiento de conducción, con estimaciones sobre mejoras en la eficiencia del combustible que varían entre 1 y 40%. La conducción ecológica ha demostrado ser una técnica de conducción muy eficiente (Figura 3) para reducir el consumo y las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Varios estudios señalan que el entorno simplificado y artificial de los estudios de laboratorio y modelos puede no reflejar adecuadamente la conducción en el mundo real y, por lo tanto, sobrestimar el potencial de ahorro de combustible. La movilidad sostenible es el

objetivo básico ya largo plazo de la política de tráfico. La conducción ecológica representa una de las 40 medidas que para 2050 deberían contribuir al 60 % de la reducción de las emisiones generadas por el tráfico (Báric, 2013).

Figura 3

Conducción Eficiente y su Relación con el Consumo de Combustible



Tomado de: <https://www.onroad.to/practico/aprender-conducir/estilos-conduccion>

2.1.5 Clases de Emisión de Gases en Vehículos

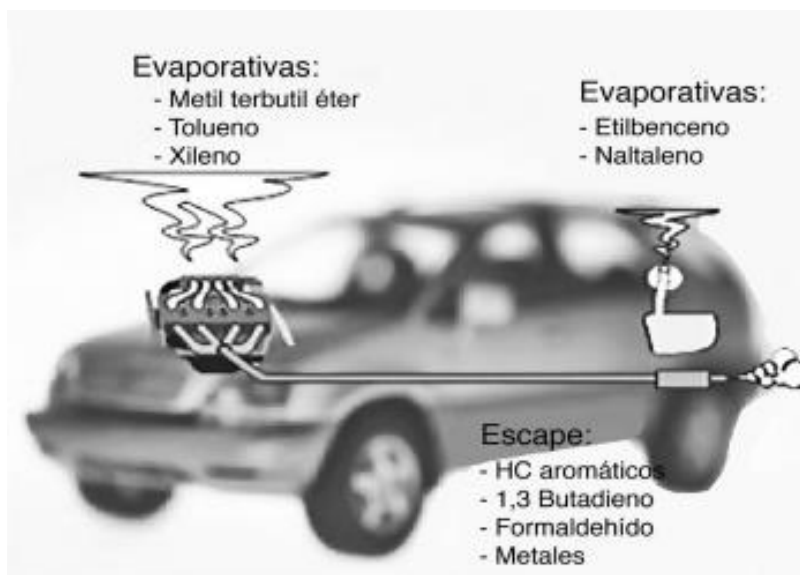
Según (Herrera Murillo, Rodríguez Román, & Rojas Marín, 2012), Los automóviles que son impulsados por motores de combustión interna generalmente presentan dos tipos de emisiones de gases tóxicos o contaminantes:

- Emisiones evaporativas: son aquellas que como su nombre lo indica son generadas por la evaporación de combustibles (ya sea que el vehículo se encuentre estacionado o en circulación) y estas dependen de varios factores como las características del vehículo, factores geográficos y meteorológicos y de manera primordial la presión del vapor del combustible.

- Emisiones por tubo de escape: estas emisiones corresponden aquellas resultantes de la quema del combustible y liberan una serie de gases contaminantes, las emisiones por tubo de escape dependen de las características del vehículo y combustible, su tecnología, además, de condiciones de mantenimiento de vehículo, la velocidad de circulación, entre otras (Figura 4).

Figura 4

Proceso de Emisión de Contaminantes en Vehículos Automotores



Tomado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n4/0379-3982-tem-28-04-00066.pdf>

2.1.6 Eco-conducción: Concepto y Estrategias

Las definiciones de conducción ecológica varían en alcance, y las definiciones más amplias abarcan factores que afectan el consumo de combustible y que pueden abordarse antes, durante o después de los viajes. Sin embargo, la mayoría de los estudios e iniciativas de conducción ecológica se centran en factores que se pueden abordar durante la conducción y que se pueden controlar directamente a través del comportamiento de conducción.

En esencia, la conducción se puede dividir en aceleración, cruceo y frenado. Durante cada una de estas etapas, el consumo de combustible se ve afectado por la forma en que el conductor opera el vehículo. En pocas palabras, la teoría de la conducción ecológica reconoce

que la mayoría de los conductores operan los vehículos de una manera que no es óptima para la eficiencia del combustible y proporciona información sobre cómo se puede mejorar el comportamiento de conducción para minimizar las pérdidas de energía del tanque a la rueda, el consumo de combustible, y emisiones (Han, 2019).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 *Ecodriving*

La técnica ecodriving (Figura 5) permite a los conductores el ahorro del combustible independientemente de la tecnología del vehículo, esta técnica se basa en aquellas variables que el conductor puede controlar y modificar como, por ejemplo: la marcha del vehículo, su velocidad y la aceleración o desaceleración de este. Se estima que la puesta en práctica de estas técnicas se puede ahorrar hasta un 25% en el consumo del combustible, además, es necesario recalcar que esto también dependerá en su mayoría de las habilidades que posea al conductor y del tipo de vehículo (Corcoba Magaña, 2014).

Figura 5

Ecodriving



Tomado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920922002218>

2.2.2 *Beneficios del Ecodriving*

Según Avalos Valverde, 2020 la implementación de técnicas de manejo eficiente presenta una serie de beneficios que se las describirá a continuación:

- Genera un ahorro de combustible.

- Disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero especialmente de CO₂, NO_x y HC.
- Brinda una mayor seguridad, mediante la modificación de ciertos patrones en la conducción.
- Genera una sensación de confort y reduce el estrés.
- Disminuye los gastos generados en el mantenimiento del vehículo.

2.2.3 Consumo de Combustible

El consumo de combustible mide la cantidad de combustible que consume un automóvil para recorrer una distancia específica. Se expresa en litros por cien kilómetros, o en países que utilizan el sistema americano, galones por 100 millas. Por ejemplo, un Volkswagen Golf TDI tiene una de las mejores calificaciones de consumo de combustible, requiriendo solo 3,17 litros para recorrer 100 kilómetros. Por lo tanto, cuanto menor sea el valor, mejor será la calificación.

2.2.4 Técnicas de Ecodriving

Según Pineda & Xie, 2021, existen varias técnicas de conducción eficiente que contribuyen a reducir el consumo de combustible, dichas técnicas tienen se basan en el encendido del motor, la velocidad, aceleración, frenado entre otras, la cuales se mencionarán a continuación:

- Para el encendido del vehículo no es indispensable calentar el motor por mucho tiempo ni usar el acelerador.
- Los conductores deben conducir el vehículo dentro del rango de mayor eficiencia. Es necesario mantener una velocidad constante en el caso de ser posible, especialmente en rutas de distancia larga, con la finalidad de ahorrar en combustible al evitar aceleraciones abruptas o desaceleraciones que aumentan el consumo o desperdicio de combustible.

- Otro aspecto importante por considerar es la planificación del viaje, ya que con antelación se puede determinar la ruta más eficiente y también se puede analizar aspectos fundamentales como es el caso del tráfico.
- Por otro lado, se debe considerar las condiciones climáticas y los peligros que derivados de estos se pueden generar. Estos riesgos se pueden prevenir mediante la utilización de neumáticos adecuados, aseguramiento, mantenimiento preventivo del vehículo entre otros.
- El frenado es otro factor por considerar, para lo cual se debe considerar mantener una distancia prudente al vehículo que se tiene en frente, emplear el uso del freno de escape, técnicas que permitirán aprovechar la inercia y de esta manera reducir el desgaste de las llantas del vehículo (Figura 6).

Figura 6

Técnicas de Conducción Ecológica



Tomado de: <https://theicct.org/publication/programas-de-eco-conduccion-de-camiones-estado-actual-en-america-latina-y-mejores-practicas-internacionales/>

2.2.5 Vehículos de Subcategoría M1

Según INEN, 2016, para la clasificación de los vehículos dentro de la Categoría M se encuentran todos aquellos que disponen de cuatro ruedas que son diseñados y construidos específicamente para el transporte de pasajeros. Dentro de esta categoría se deriva una subcategoría denominada M1 (Figura 7), la cual abarca todos aquellos vehículos que tengan una capacidad no mayor a ocho puestos, esto sin contar el asiento del conductor.

Figura 7

Vehículo M1



Tomado de: <https://www.aprendemergencias.es/seguridad-vial/sistemas-de-retenci%C3%B3n-infantil/>

2.2.6 Conducción Ecológica

La conducción ecológica es la adopción de un comportamiento de conducción (o un estilo de conducción) cuyo objetivo es ahorrar combustible y reducir las emisiones nocivas de gases de efecto invernadero (GEI).

Una estrategia potencial es la conducción ecológica, que se refiere a la conducción económica destinada a reducir el uso de combustible y el CO₂ o conducción ecológica dirigida a reducir las emisiones de contaminantes atmosféricos (Mensing et al., 2014). Normalmente, la conducción ecológica se centra únicamente en modificar los comportamientos de conducción

(Barkenbus, 2010, Huang et al., 2018). Según este alcance, la conducción ecológica requiere la modificación de las trayectorias de velocidad del vehículo (en lo sucesivo, trayectorias) (He et al., 2015, Mensing et al., 2013, Mensing et al., 2011, Xu et al., 2017, Yuan y Frey, 2020).

2.2.7 Costos y Seguridad

Ecodriving reduce no solo los costos de combustible, sino también los costos de mantenimiento y los costos de reparación de automóviles después de accidentes. El comportamiento de conducción más seguro resulta de:

- Un estilo de conducción anticipado
- Mantener una velocidad constante
- Menos exceso de velocidad
- Menos adelantamientos
- Menos estrés/agresividad:

2.2.8 Sistemas de Conducción Ecológica

Uno de los primeros programas de formación de conducción ecológica plenamente desarrollados se introdujo en el Estados Unidos en la década de 1970 por el Departamento de Energía que creó un programa de formación en sensibilización dirigido a flotas gubernamentales y grupos de conductores (Barkenbus, 2010). Si bien este esquema se abandonó en la década de 1980, en años más recientes algunos gobiernos han desarrollado esquemas de conducción ecológica en todo el mundo, enfocándose en departamentos, proveedores privados de formación de conductores ecológicos y empresas multinacionales.

2.2.9 Beneficios del Ecodriving

Además de las ventajas mencionadas anteriormente de ahorro de combustible y mayor seguridad vial, la conducción ecológica conlleva las siguientes ventajas:

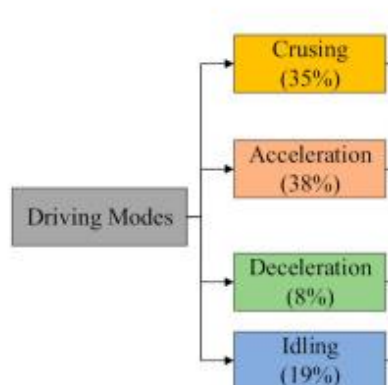
- Una reducción de costes variables (combustible, reparaciones, neumáticos, sistema de mantenimiento).
- Un aumento de la eficacia (menor tiempo de inactividad debido a trabajos de reparación y mantenimiento).
- Una disminución de los impactos ambientales negativos.
- Una disminución de los costos de seguro debido a menos accidentes debido a una conducción menos agresiva.
- Reducción del estrés para conductores, pasajeros y otros usuarios de la carretera.

2.2.10 Teoría de la Conducción Ecológica basada en Reglas

La teoría de la conducción ecológica basada en reglas se refiere al comportamiento de conducción de ahorro de energía resumido en función de la experiencia de conducción, las pruebas de manejo o la cognición teórica. El proceso de conducción del vehículo incluye principalmente los cuatro modos de conducción (Figura 8) de aceleración, desaceleración, crucero y ralentí. Investigaciones relacionadas muestran que, en condiciones urbanas, el consumo de energía de los cuatro modos de conducción representa el 38%, 8%, 35% y 19%, respectivamente (Tong, 2000).

Figura 8

Consumo de Energía de los Cuatro Modos de Conducción



Tomado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8512309/>

2.2.11 Efectos del Ecodriving en el Consumo y las Emisiones

En la conducción eficiente lo primordial es identificar los factores que influyen en el consumo de combustible. Dichas variables son tomadas como referencia en los laboratorios que se determinan el consumo de combustible.

A pesar de su popularidad, hay poca evidencia de investigación consistente con respecto a los efectos de la conducción ecológica tanto en el combustible consumo y emisiones. La mayoría de las investigaciones y proyectos sobre conducción ecológica han demostrado reducciones en el consumo de combustible (Barth & Boriboonsomsin, 2009) y emisiones (Barth & Boriboonsomsina, 2009; Carslaw et al., 2010). Otros estudios relacionados con el uso de diferentes Sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS) a diferencia de los dispositivos de conducción ecológica, no han mostrado ningún impacto (Larsson & Ericsson, 2009) o variación del consumo de combustible con el uso del sistema de Adaptación Inteligente de Velocidad (St Pierre y Ehrlich, 2008).

2.2.12 Programas de Conducción Ecológica

Existe un interés creciente, especialmente en América Latina, en implementar y expandir programas voluntarios que incluyan la conducción ecológica como un componente clave. El término conducción ecológica se refiere a una amplia gama de técnicas y prácticas de conducción que mejoran la economía de combustible de los vehículos, y los programas de conducción ecológica logran reducciones en las emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. Esto conduce a menores costos de combustible y mantenimiento y beneficios colaterales que incluyen una mejor seguridad vial.

Existen varios programas de conducción ecológica (Figura 9) para la industria del transporte de mercancías por carretera en Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, México y Perú, lugares donde existen oportunidades tangibles para la implementación o expansión de los programas de conducción ecológica (ICCT, 2023).

Figura 9

Componentes de un Programa de Eco-conducción de Excelencia



Tomado de: <https://theicct.org/publication/programas-de-eco-conduccion-de-camiones-estado-actual-en-america-latina-y-mejores-practicas-internacionales/>

Existen diferentes enfoques para la cuantificación y la evaluación de los impactos de la conducción ecológica en las emisiones y el consumo de combustible, siendo las principales estas dos:

1. cuantificación del comportamiento de conducción ("línea de base" y "conducción ecológica"); y
2. cuantificación de los impactos en las emisiones de los vehículos.

Para cada uno de estos pasos hay dos opciones básicas: medir o simular. El uso de los datos de campo tiene una clara ventaja en términos de precisión del mundo real en comparación con simulación. Sin embargo, la medición tiene sus propios problemas influidos principalmente por factores externos. La simulación generalmente tiene las ventajas de costos más bajos, mayor libertad para manipular el entorno, los vehículos y las condiciones del tráfico

para evaluar sus impactos relativos, y puede ser menos complicado en términos de cantidad de trabajo y tiempo.

Capítulo III

Determinar la Eficacia del Ecodriving en el Consumo de Combustible

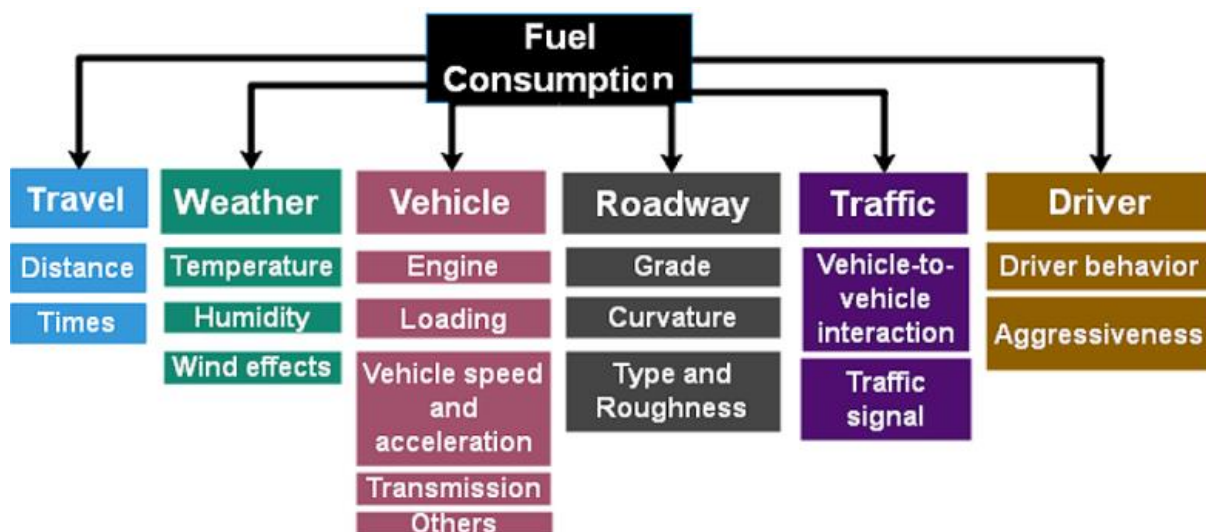
Para realizar este análisis es necesario establecer los factores que influyen en una conducción ecológica. Partiendo de su significado se puede manifestar que el primer uso del término "conducción ecológica" se atribuye a la Escuela Nacional de Conducción de Suecia en 1998. El concepto apareció luego en algunos programas de conducción europeos a principios de la década de 2000 y desde entonces se ha globalizado.

3.1 Factores que Influyen en una Conducción Ecológica

Las decisiones que tome como conductor pueden tener un gran impacto en el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Elija un vehículo con las tecnologías más eficientes en combustible. Una vez que esté en la carretera, tome la decisión consciente de usar técnicas de manejo eficientes en el consumo de combustible, sin importar el clima (Figura 10).

Figura 10

Factores Influyentes en el Consumo de Combustible



Tomado de: Kroyan, Y., Wojcieszuk, M., Larmi, M., Kaario, O., & Zenger, K. (2019). Modeling the Impact of Alternative Fuel Properties on Light Vehicle Engine Performance and Greenhouse Gases Emissions (No. 2019-01-2308).

Hay que considerar varios factores, dentro de los principales se encuentran:

- Tecnología y otras variables del vehículo.
- Factores ambientales.
- Hábitos de conducción.
- Estado mecánico del automóvil.
- Incorrecto mantenimiento del vehículo.
- Exceso de velocidad, sobrecarga y aire acondicionado.

3.2 Importancia del Ecodriving

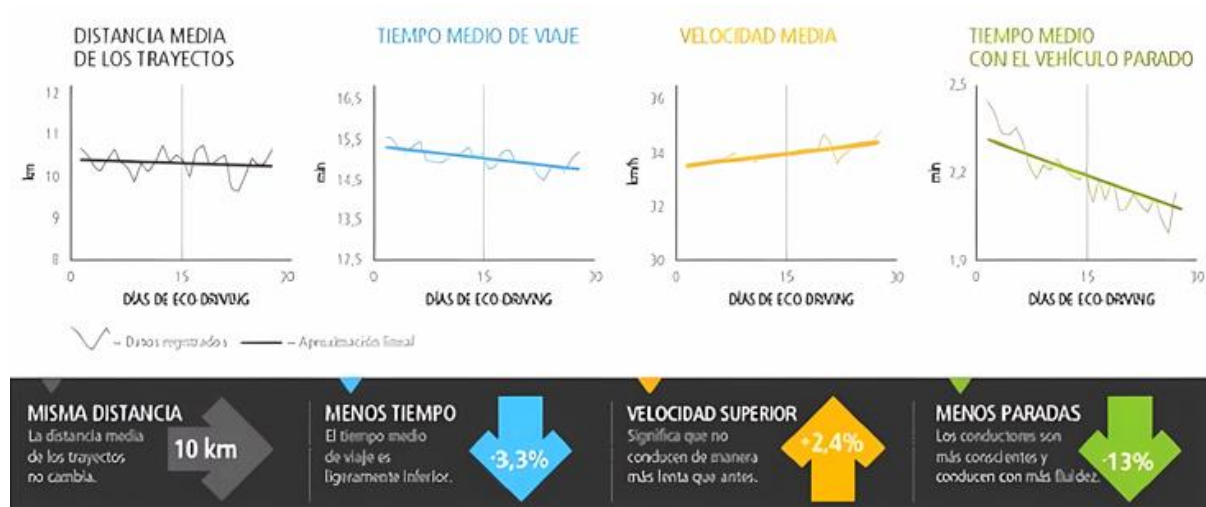
Existe un interés creciente, especialmente en América Latina, en la implementación y expansión de los programas que incluyen la conducción ecológica como un factor clave. Un informe para el Departamento de Transportes del Reino Unido de la multinacional americana AECOM define a la conducción ecológica como “una combinación de seguridad, defensa, y técnicas de conducción anticipatoria para aumentar la eficiencia del combustible, mejorar la seguridad vial, y disminuir las emisiones de carbono” (Departamento de Transporte, 2016, p.14).

En la práctica, los programas de conducción ecológica varían en términos de alcance, métodos de entrega, plan de estudios sobre conducción, técnicas, métricas y métodos de evaluación y otros elementos de apoyo. Por lo tanto, no existe una definición estándar de un programa de conducción ecológica. La conducción ecológica tiene varios beneficios colaterales, que incluyen la seguridad, la salud y el cambio climático mitigación. Un estudio que analiza las diferencias entre los conductores que han estado en una colisión y los que no habían encontrado que, en promedio, los conductores que habían estado en una colisión consumieron un 7,5% más de combustible que los que no la tuvieron (SmartDrive, 2016).

Entender los fundamentos de la eficiencia del combustible significa proporcionar una visión general de la importancia de reducir el consumo de combustible y las formas básicas de lograrlo. Esto incluye información sobre cómo se transforma, usa y pierde la energía durante la operación del vehículo, emisiones de escape y sus impactos ambientales y de salud, combustible y vehículos tecnologías, características de la carga, operación típica de los vehículos y desglose de costos, beneficios de conducción ecológica y cómo el conductor puede influir en el consumo de combustible de un vehículo (Figura 11).

Figura 11

Ecodriving y su Influencia en el Consumo de Combustible



Tomado de: <https://www.motorpasion.com/flat/flat-muestra-los-resultados-reales-de-uso-del-ecodrive>

En una revisión de la literatura sobre programas piloto y estudios de eco-conducción (Boriboonsomsin, 2015), el ahorro de combustible para las flotas de camiones varía entre el 3.5 y el 30 % (Tabla 1). Se han implementado programas de conducción ecológica en numerosos países y han demostrado ser extremadamente eficiente tanto desde el aspecto ecológico como desde el financiero. Los ejemplos de programas implementados de conducción ecológica son numerosos, así como los resultados obtenidos.

Tabla 1*Estudios sobre Eco-conducción y Mejoras en el Ahorro de Combustible*

Año	Ubicación	Método de capacitación	de	Contexto de evaluación	Cantidad de conductores	Mejora en el ahorro de combustible
2005	• Reino Unido	• Simulador de manejo	de	• Simulador de manejo	>600	• 3.5 % inmediatamente después de la capacitación
2007	• Estados Unidos	• Clases		• Circuito de manejo cerrado	36	• 33.6 a 40.5 % inmediatamente después de la capacitación
2009	• Australia	• Clases		• Ruta real predeterminada	12	• 27.3 % inmediatamente después de la capacitación; 26.9 % después de 3 meses
2010	• Países europeos	• Clase seguida de retroalimentaciones mensuales y clase de repaso periódica		• Rutas reales	322	• 9.4 % después de un período de tiempo indeterminado
2011	• Estados Unidos	• Clases personalizadas y sistema de retroalimentación en tiempo real en el vehículo		• Rutas reales	695	• 13.7 % después de 2 meses
2013	• Japón	• Clases		• Sin información disponible	-3000	• 8.7 % inmediatamente después de la capacitación
2014	• Estados Unidos	• Clases personalizadas • y devolución en tiempo • real en el vehículo		• Rutas reales	46	• 2.6 % (5.4 % con incentivos económicos) para cabina litera y 5.2 % (9.9 % con incentivos económicos) para cabina corta después de 2 meses

La investigación automotriz de la vida real realizada en el contexto de la UE ha identificado el potencial de los estilos de conducción para reducir consumo y emisiones de CO₂ (Fiat, 2010). También destaca la necesidad de proporcionar datos en tiempo real para utilizar las infraestructuras de la manera más eficiente posible. Hay muchos dispositivos y tecnologías disponibles para viajar, pero cuyo potencial aún no ha sido cuantificado para permitir un uso más eficiente de las infraestructuras de transporte (incluidas la conducción y las rutas

ecológicas). En este contexto, ha aumentado la conducción eficiente dirigida a reducir el consumo de combustible modificando el comportamiento del conductor, que ha tomado importancia desde la década de 1990. Sin embargo, esta simple definición incluye muchos conceptos y acciones estratégicas (Figura 12), dependiendo del nivel de decisión considerado (Sivak y Schoettle, 2012):

- Decisiones estratégicas: selección y mantenimiento de vehículos.
- Decisiones operativas: estilo de conducción orientado a mantener una velocidad constante, aceleración suave, etc.
- Decisiones tácticas: selección de rutas y carga de vehículos.

Figura 12

Efectos del Consumo de Combustible



Tomado de: <https://economiasustentable.com/noticias/para-que-sirve-el-modo-eco-de-los-autos-y-cuando-hay-que-usarlo>

La técnica Ecodrive o Ecodriving es un estilo de conducción predeterminado que los conductores pueden utilizar para optimizar el consumo de combustible del vehículo y reducir las emisiones de CO₂ en el medio ambiente. Combinando los resultados del análisis del estilo

de conducción con el consumo de combustible medido en otros estudios (Heijne et al., 2016) permite un análisis detallado del impacto de diferentes estilos de conducción en el consumo de combustible y emisiones. Se puede evaluar el potencial para reducir el consumo de combustible a través de la conducción ecológica. Los resultados también son analizados en función de la región de conducción y el tipo de carretera.

3.3 Técnicas de Conducción Ecológica

1. No frenar de golpe: Evitar acelerar y desacelerar demasiado rápido siempre que sea posible. En su lugar, si el tráfico lo permite, levantar el pie del acelerador y descender para reducir la velocidad (Figura 13).

Figura 13

Distancia de Frenado en un Vehículo



Tomado de: <https://www.motormundial.es/diferencias-entre-distancia-de-seguridad-de-frenado-y-de-reaccion/2022/03/11/>

2. Regular la velocidad: Según Natural Resources Canada, si se cambia la velocidad de 75 km/h a 85 km/h (alrededor de 47 mph a 53 mph) cada 18 segundos, se corre el riesgo de aumentar el consumo de combustible en un 20%. Por consiguiente, es recomendable siempre que se pueda hacer de manera segura, a la luz de las condiciones del tráfico, se debe mantener una velocidad constante y usar el control de crucero. Dejar que la velocidad disminuya

ligeramente a medida que se asciende una colina también puede ser beneficioso; se puede recuperar algo de velocidad en el otro lado.

Evitar las altas velocidades. Ya que en la mayoría de los automóviles, camionetas, camionetas y SUV son más eficientes en combustible cuando viajan entre 50 y 80 km por hora (Figura 14). Por encima de esta zona de velocidad, los vehículos utilizan cada vez más combustible cuanto más rápido van. Por ejemplo, a 120 km por hora, un vehículo consume aproximadamente un 20 % más de combustible que a 100 km por hora. En un viaje de 25 km, este aumento en la velocidad y el consumo de combustible reduciría solo dos minutos de su tiempo de viaje (Natural-resources.canada.ca, 2023).

Figura 14

Velocidad del Vehículo



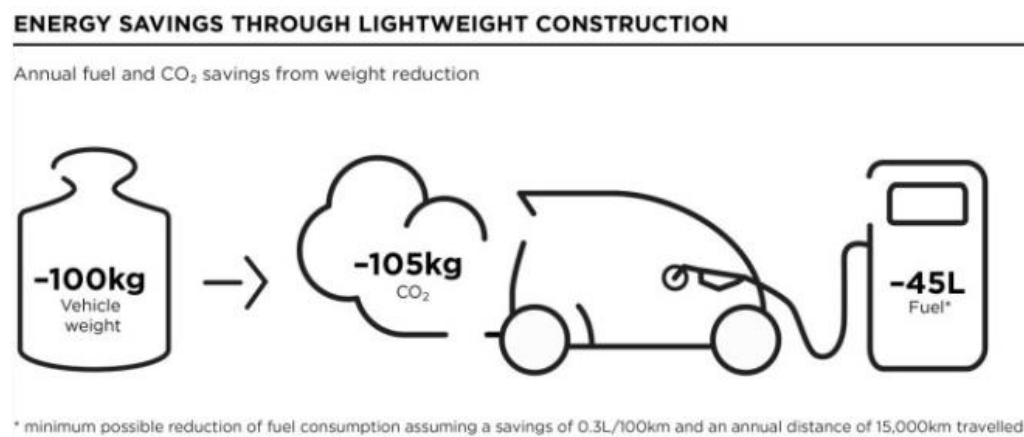
Tomado de: <https://opencontent.upct.es/>

3. Reducir el exceso de peso: Cuanto más pesado sea el vehículo, más combustible se necesita para moverlo. En los últimos años, los fabricantes de automóviles han mejorado los materiales y los diseños para reducir el peso del vehículo, pero llevar artículos y equipos pesados aún puede tener un efecto negativo en el consumo de combustible. Por tal motivo se

debe comprobar si hay equipos que se puedan quitar del interior o de la parte superior del vehículo que no necesite para el viaje. Con este fin, ya sea que los automóviles y camiones funcionen con motores de combustión interna o baterías, la reducción del peso del vehículo (Figura 15) es un factor importante para reducir el consumo de energía al aumentar la eficiencia del combustible. “La industria está impulsada por la eficiencia del combustible”, dijo David Matlock de la Escuela de Minas de Colorado, quien ayudó a desarrollar aceros avanzados de alta resistencia (AHSS) utilizados en automóviles. Una directriz útil de la industria para los vehículos ligeros es que una reducción del 10 % del peso genera una mejora del 6 % en el ahorro de combustible, o para los vehículos eléctricos, un aumento del 14 % en la autonomía (Robinson, 2019).

Figura 15

Reducción del Peso



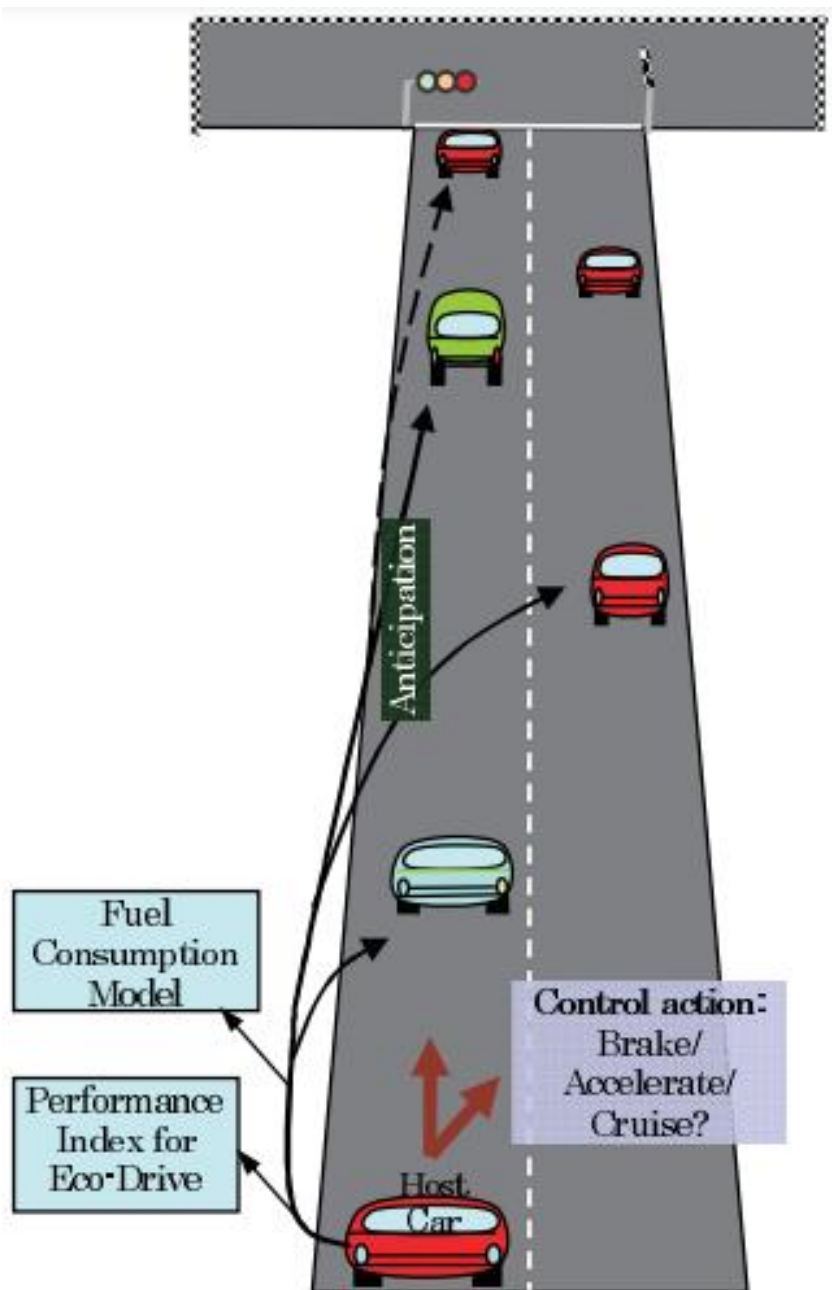
Tomado de: <https://www.linkedin.com/pulse/weight-electric-vehicles-driving-range-per-charge-rajesh/>

4. Anticiparse al tráfico: Mirar hacia adelante mientras se conduce para ver lo que se avecina. Y mantener una distancia cómoda entre el vehículo que se conduce y el que va delante (Figura 16). Al observar de cerca lo que hacen los peatones y otros automóviles, e imaginar lo

que harán a continuación, puede mantener la velocidad lo más constante posible y consumir menos combustible. También es más seguro conducir de esta manera.

Figura 16

Anticipación al Tráfico



Tomado de: Kamal, M. A. S., Mukai, M., Murata, J., & Kawabe, T. (2009, August). Development of ecological driving system using model predictive control. In *2009 ICCAS-SICE* (pp. 3549-3554). IEEE.

5. Optimizar la Ruta: Intentar combinar varios viajes en uno y planificar la ruta con anticipación. Estar atento a los informes de tráfico, tener en cuenta las áreas de obras viales y evitar rutas que atraviesen cruces o ciudades concurridas si es posible. A través de la optimización de rutas (Figura 17), se puede minimizar el ralentí, reducir el riesgo de frenadas bruscas y acortar el tiempo de conducción. Si se trata de una flota de vehículos, considerar utilizar herramientas tecnológicas que ayuden con el envío y la ruta para coordinar los recursos disponibles. Se puede planificar con anticipación siguiendo los siguientes consejos:

- Trazar la ruta, especialmente si es larga.
- Escuchar los informes de tráfico y evite accidentes, construcción de carreteras y otros lugares problemáticos.
- Evitar las carreteras que atraviesan las principales ciudades y están salpicadas de semáforos, intersecciones y peatones.
- Usar carreteras de cuatro carriles cuando se pueda.

Figura 17

Optimización de la Ruta

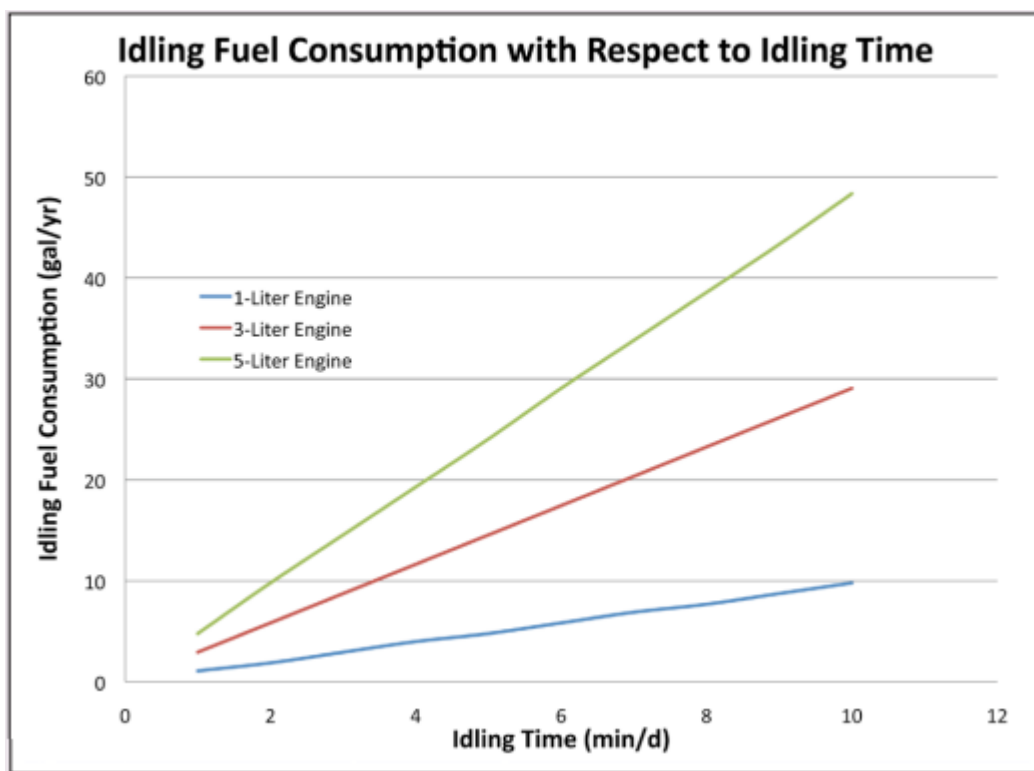


Tomado de: <https://www.paragonrouting.com/en-gb/ultimate-guides/post/the-ultimate-guide-to-route-optimization/>

6. Evitar el ralentí del vehículo: Apagar el motor cuando esté detenido por más de 60 segundos, excepto en el tráfico. El vehículo promedio con un motor de 3 litros desperdicia 300 mililitros (más de 1 taza) de combustible por cada 10 minutos que está inactivo. Dejar el vehículo al ralentí durante más de 10 segundos consume más combustible que si lo hubiera apagado y vuelto a encender (Figura 18).

Figura 18

Influencia del Ralentí en el Consumo de Combustible



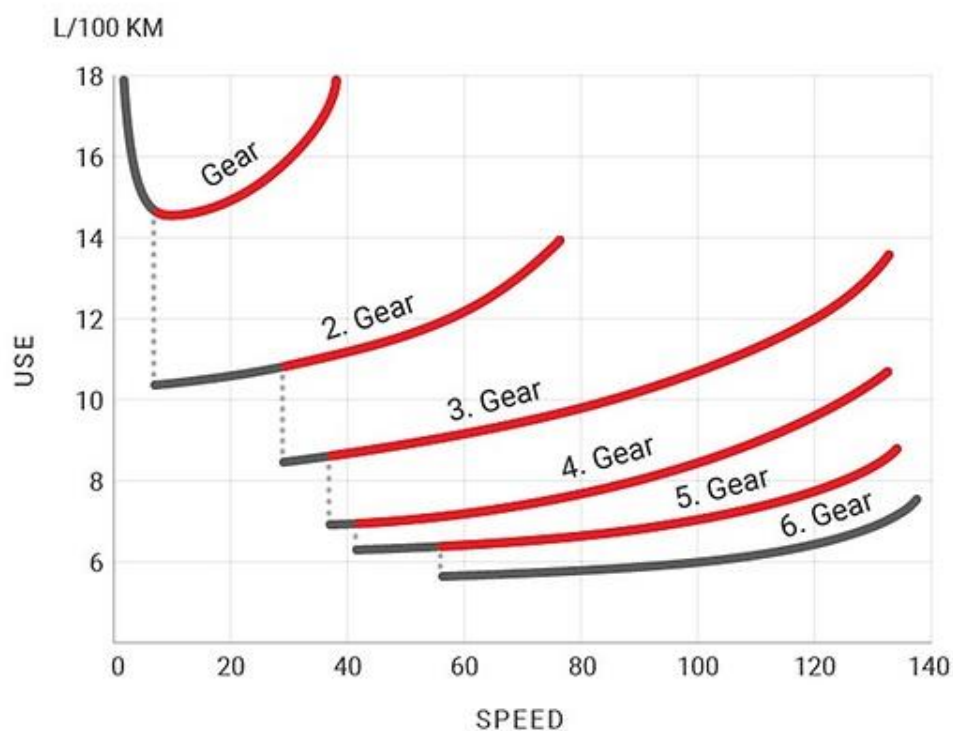
Tomado de: https://afdc.energy.gov/files/pdfs/argonne_idling_handout.pdf

7. Usar una transmisión manual correctamente: Prestar atención al tacómetro, que muestra la velocidad del motor. Usarlo para saber cuándo cambiar una transmisión manual para obtener la mejor eficiencia de combustible. Cuanto más altas son las rpm, más combustible quema el motor. Por lo tanto, se debe cambiar las marchas más bajas con suavidad y rapidez, y aumentar la velocidad en las marchas más altas. Al cambiar a la siguiente marcha, la velocidad del motor es particularmente importante. Una velocidad del motor más alta, es decir,

la extensión de la marcha o la conducción a alta velocidad aumenta su consumo de combustible. Por lo tanto, se debe mantener baja la velocidad del motor arrancando temprano. Sin embargo, si la velocidad del motor es demasiado baja, esto debería notarse en el automóvil debido a las sacudidas. Puede sentir claramente este llamado "límite de sacudidas". Simplemente se debe bajar una marcha nuevamente para continuar conduciendo sin problemas (Figura 19).

Figura 19

Selección Correcta de las Marchas en un Automóvil



Tomado de: <https://www.uniroyal-tyres.com/car/tyre-guide/driving-tips/eco-friendly-driving-tips>

8. Verifique la presión de los neumáticos: Con frecuencia al menos una vez al mes y antes de conducir a alta velocidad. Los neumáticos desinflados son peligrosos (pueden causar accidentes al aumentar las distancias de frenado y reducir la capacidad de respuesta de la dirección) y costosos, ya que pueden aumentar el consumo de combustible hasta en un cinco por ciento. Los neumáticos demasiado inflados también son peligrosos: reducen la tracción y

hacen que la banda de rodadura se desgaste más rápidamente en el centro. Averiguar cuáles son las presiones recomendadas para los neumáticos de su automóvil (busque una calcomanía en el pilar B del conductor o en el interior de la puerta de combustible) y se debe revisarlas una vez por semana (Figura 20).

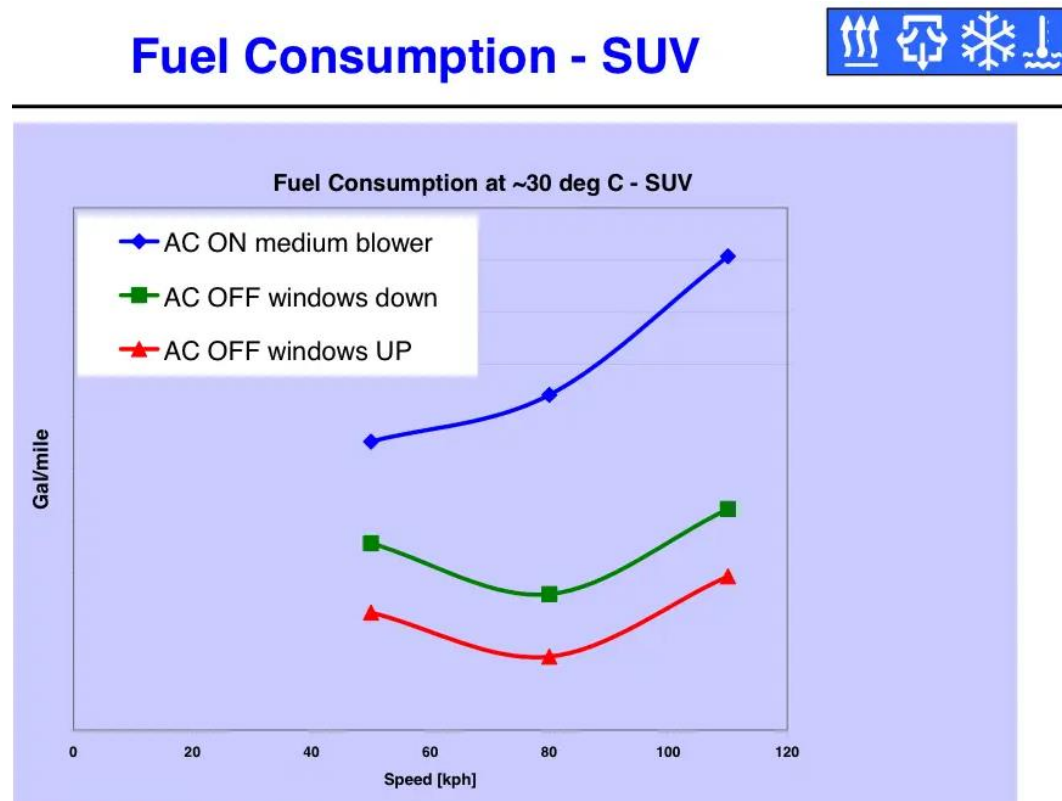
Figura 20

Influencia de la Presión de los Neumáticos



Tomado de: <https://drivemag.com/news/10-eco-driving-tips-that-will-help-you-burn-less-fuel/>

9. Usar el aire acondicionado con moderación: El aire acondicionado puede aumentar el consumo de combustible de un vehículo hasta en un 20%. Abrir las ventanas cuando se conduzca en la ciudad y se use el sistema de ventilación de flujo continuo con las ventanas abiertas en la carretera. Si se usa aire acondicionado, usar la opción de recirculación. Minimiza el impacto. Encender el aire acondicionado durante largos períodos de tiempo aumenta el consumo de combustible, especialmente cuando se conduce en tráfico intermitente. Sin embargo, al viajar constantemente a velocidades más altas, el desperdicio de combustible será menos significativo (Figura 21).

Figura 21*Efecto del Uso del Aire Acondicionado*

Tomado de: <https://www.businessinsider.com/car-fuel-efficiency-ac-air-conditioner-on-windows-down-open-2013-9>

10. No cargar peso innecesario: Cuanto menos pese, menos combustible consume el vehículo. El consumo de combustible de un automóvil mediano aumenta aproximadamente un 1% por cada 25 kilogramos de peso que transporta. Revisar la cajuela y el interior del automóvil en busca de cosas que no se necesita llevar. Optimice el vehículo quitando los portaequipajes cuando no se los esté utilizando (Figura 22).

La resistencia aerodinámica puede aumentar el consumo de combustible hasta en un 20% en la carretera.

Figura 22

Evitar Llevar Peso Innecesario



Tomado de: <https://drivemag.com/news/10-eco-driving-tips-that-will-help-you-burn-less-fuel/>

Hay principios de conducción y ciertos comportamientos que puede adoptar al conducir para reducir el consumo de combustible o electricidad. Aquí hay algunos consejos y trucos para consumir menos combustible:

3.4 Obtención de la Máxima Eficiencia de Combustible

La mejor manera de reducir el consumo de combustible es conducir menos, pero a continuación se indican algunas recomendaciones útiles el momento de conducir:

- Manténgase flexible y relajado al volante.
- Cumplir con el límite de velocidad.
- Mantener una distancia segura.
- Reducir la velocidad de antemano.
- Acelerar rápido y luego mantener una velocidad constante.
- No dudar en dejar el vehículo en modo "freewheeling" (rueda libre) al decelerar.

- Caja de cambios manual: cambiar de marcha rápidamente.
- Caja de cambios manual: cambiar hacia abajo cuando el automóvil se sienta inestable.
- Híbrido: aprender a optimizar la frenada regenerativa y la conducción eléctrica.
- Híbrido enchufable: conectarlo al punto de recarga todos los días.
- Utilizar el modo eco y/o el freno motor.
- Utilizar el control de crucero en viajes largos.
- Apagar el motor cuando esté parado durante mucho tiempo.
- Usar el aire acondicionado con moderación.
- Conducir con las ventanillas y el techo corredizo cerrados.
- No adelantar inesperadamente.
- Evitar aceleraciones excesivas en frío.
- Retirar los elementos pesados del maletero.
- Hay que asegurar de que los neumáticos estén correctamente inflados.
- Hay que asegurar de que el automóvil reciba el servicio adecuado.
- Evitar viajes innecesarios.
- Elegir una ruta adecuada.
- Anticipar a posibles atascos de tráfico.

3.5 Metodología Aplicada

3.5.1 Métodos

La realización del presente trabajo de investigación se ejecuta mediante la recopilación de artículos científicos y documentos de sitios web cuya fuente sea veraz y confiable, luego se procede al análisis de esta con la finalidad de procesar aquella información que sea útil para la

investigación que se lleva a cabo y así poder tener una base sólida para que el proyecto se ejecute con total normalidad y eficacia.

Para llevar a la práctica la investigación planteada se toma como guía la información recopilada y analizada previamente, y se analiza el impacto que ocasiona la implementación de técnicas de manejo eficiente en la disminución del consumo de combustible y la reducción de emisiones de GEI.

3.5.2 Tipo de Estudio

Para la elaboración del presente trabajo se plantea la investigación experimental, en la cual se establece que el investigador puede manipular ciertas variables en estudio para observar la conducta de dichas variables, para lo cual en investigación la causa y efecto de la hipótesis, permiten que los investigadores puedan analizar detalles a su preferencia (Guevara Alban, Verdesoto Arguello, & Castro Molina, 2020).

3.5.3 Investigación Exploratoria

Este tipo de información es de carácter informal, ya que se utiliza usualmente en aquellas investigaciones en donde no se tiene mucha información relacionada al tema planteado, para lo cual se plantean ciertas hipótesis y se busca aceptar o rechazar dichas hipótesis.

3.5.4 Investigación de Campo

Este tipo de investigación es aquella que se aplica al momento de extraer información directamente en la fuente, para lo cual se van a analizar cómo influye directamente la aplicación de técnicas de manejo empleadas por los conductores de vehículos M1 en Guayaquil.

3.5.5 Investigación Aplicada

Por medio de este tipo de investigación se puede poner en práctica lo que se ha planteado e investigado teóricamente, con el propósito de buscar una solución a un problema

planteado con la utilización de la información obtenida y de los conocimientos que se poseen al momento de realizarlo.

3.6 Descripción del Proceso de Evaluación

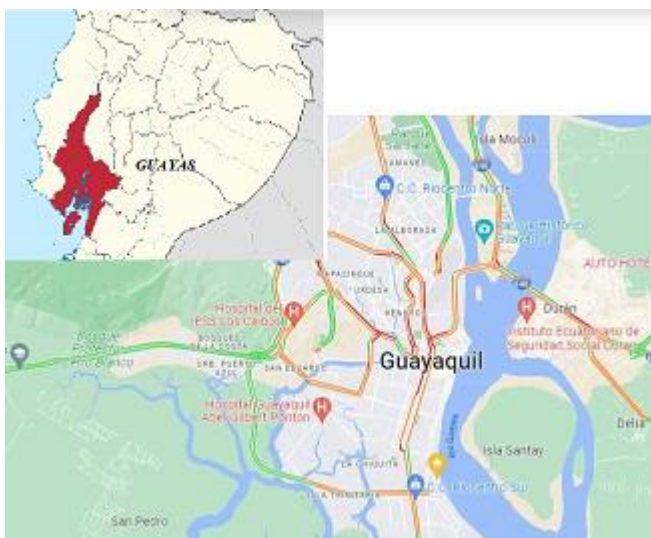
Este documento evalúa los impactos de aplicar la conducción ecológica en una ruta especificada en un vehículo M1. Las pruebas de campo se realizaron en Guayaquil, que se encuentran costa del Océano Pacífico en la región litoral de Ecuador. Las pruebas se efectuaron en un vehículo Ford Explorer, aplicando diferentes experiencias de conducción, en una ruta seleccionada y en distintos periodos de tiempo. Mediante la comparación de escenarios (antes y después de la formación en conducción ecológica), se analizaron los ahorros de combustible y su efecto según los tramos de carretera y la ruta seleccionada.

3.6.1 Lugar de la Investigación

El presente estudio tiene un diseño cuantitativo, correlacional y transversal. Fue desarrollado en la ciudad de Guayaquil (Guayas, Ecuador) (Figura 23), la cual tiene una extensión geográfica de 347 km², con condiciones ambientales de 28 °C, viento del NE a 12 km/h, humedad del 83 % (agosto-diciembre 2022, fechas de toma de datos).

Figura 23

Mapa del Lugar de las Pruebas



3.6.1 Vehículo Utilizado

El vehículo Ford Explorer con un motor 3.5 L V6 Ti-VCT con transmisión automática, debido a que se tomó como referencia la estadística de uno de los SUV's más vendidos en el Ecuador (AEADE, 2020), En las Tabla 2 se pueden observar las especificaciones técnicas del vehículo.

Tabla 2

Datos del Vehículo Ford Explorer (290 CV)

Dato	Especificación
• Marca	• Ford
• Modelo	• Explorer
• Año	• 2014
• Cilindrada	• 3497 cm ³
• Potencia Máxima	• 290 CV
• Combustible	• Gasolina
• Clase del vehículo	• M1
• Alimentación	• Inyección Secuencial Multipunto
• Consumo urbano	• 16,8 (L c/100 Km)
• Consumo interurbano	• 11,7 (L c/100 Km)

3.6.2 *Dispositivo de Medición Utilizado*

Azuga DriveSafe™ es una tecnología galardonada que utiliza el dispositivo de rastreo OBD-II de Azuga junto con la aplicación Azuga FleetMobile para monitorear e incluso impedir que los conductores usen sus teléfonos inteligentes para llamar, enviar correos electrónicos, enviar mensajes de texto, usar aplicaciones o navegar por Internet mientras conducen. Prevenir el costo exorbitante de un accidente, el impacto en su negocio y, lo que es peor, el impacto en sus conductores es lo que distingue a Azuga (Figura 24).

Figura 24

Dispositivo Azuga



Tomado de: <https://www.azuga.com/literature/drivesafe>

3.6.3 *Especificaciones del Rastreador Azuga*

La plataforma de vehículos conectados de Azuga se está utilizando de nuevas maneras para ayudar a los clientes a ahorrar aún más de las especificaciones que vienen en sus vehículos.

En las siguientes tablas se describen las características principales del dispositivo (Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6).

Tabla 3*Características del Dispositivo Azuga*

Características Físicas	
Dimensiones y peso	Ultracompacto (L = 1,7", W= 1,8", H= 1"), 31,1 g (1,1 oz)
Ambiente	IP64
Rango de temperatura	-40 °C a +85 °C (en funcionamiento) -40 °C a +85 °C (almacenamiento)
Humedad	0% a 95% (sin condensación) (SAE J1455)
Choque, vibración y calor	SAE J1455 y SAE J1211

Tabla 4*Características del Dispositivo Azuga*

Certificaciones	
Certificaciones de transportistas	FCC, PTCRB, AT&T
Certificaciones Medioambientales	RoHS

Tabla 5*Características del Dispositivo Azuga*

Características Eléctricas	
Voltaje de suministro	24V (mín. 8V a máx. 32V)
Consumo actual	< 4 mA promedio (durante el modo de suspensión) < 100 mA a 12 V CC (carga de datos)
Protección de voltaje	Sobretensión y tensión inversa, descarga de carga (J1113/11), cortocircuito, transitorios (ISO 14230), ESD (J1113/13)
Protección actual	Protección interna (2 amperios)

Se utiliza el dispositivo OBDII para reducir las emisiones del vehículo al evitar el tráfico y optimizar las rutas para impedir un tiempo de inactividad excesivo.

Tabla 6*Características del Dispositivo Azuga*

Comunicación del vehículo	
Soporte de protocolo	GMLAN, FNOS, ISO 15765, ISO-9141-2, J1850 PMW, J1850 VPW, KWP-2000, ISO-14230-4
Detección de protocolo	Reconocimiento automático del protocolo del vehículo
Detección de encendido	Activación automática desde el modo de suspensión
Detección de encendido apagado	Modo de suspensión automático en IGN OFF (ahorra energía)
Comunicación multi-CAN	HSCAN + MSCAN simultáneos (Ford y otros) o HSCAN+SWCAN simultáneos (GM)

En el dispositivo Danlaw (Figura 25), el DataLogger adquiere datos del vehículo a través del puerto OBD-II del vehículo e interactúa con el Gateway para transferir datos de manera segura a los sistemas de back-end.

Figura 25*Danlaw Dispositivos OBDII*

3.6.4 Selección de Ruta

Durante la campaña de recogida de datos, los conductores condujeron el vehículo a gasolina por las rutas preestablecidas, antes y después de asistir a la formación en ecoconducción. Se seleccionaron tres itinerarios diferentes, que cubrían varias condiciones y

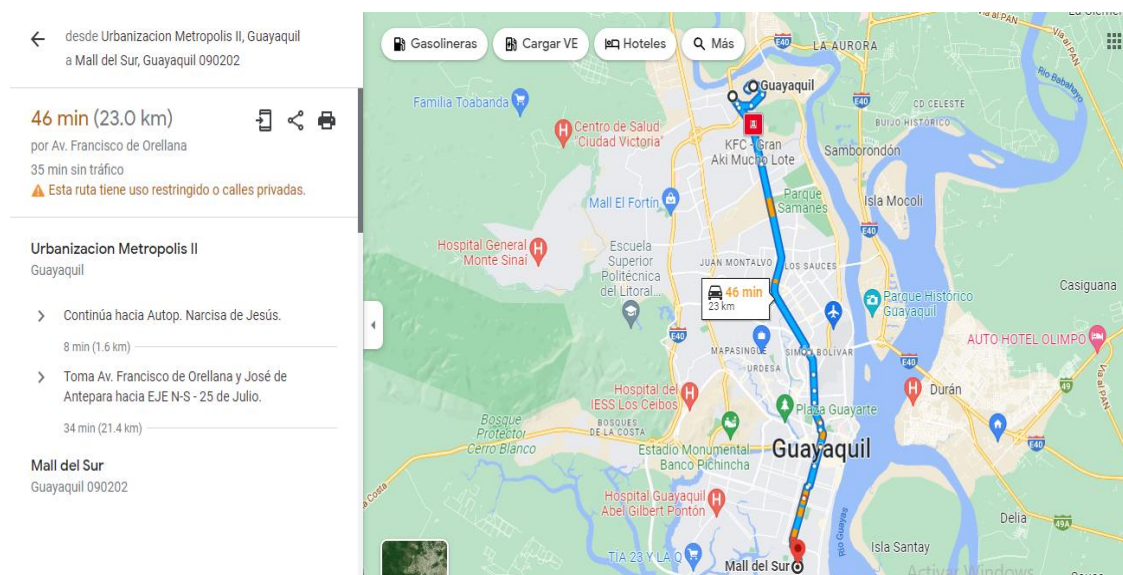
especificaciones de las vías (p. ej., zonas de tráfico, número de semáforos, tipo de vía), para la prueba de campo: cinco en sentido de ida y cinco en sentido de regreso. La figura 26 muestra la ubicación de los ensayos de campo en la ruta seleccionada.

Se escoge esta ruta debido a las facilidades que brinda para la realización de la investigación las cuales son:

- Ruta de alto tráfico.
- Gran número de semáforos a lo largo del trayecto.
- La ruta cuenta con una variación de límites de velocidad en todo el trazado delimitado.
- La ruta barca una gran distancia.

Figura 26

Ubicación de la Ruta Metrópolis II – Mall del Sur



Fuente: (Google Maps, 2022)

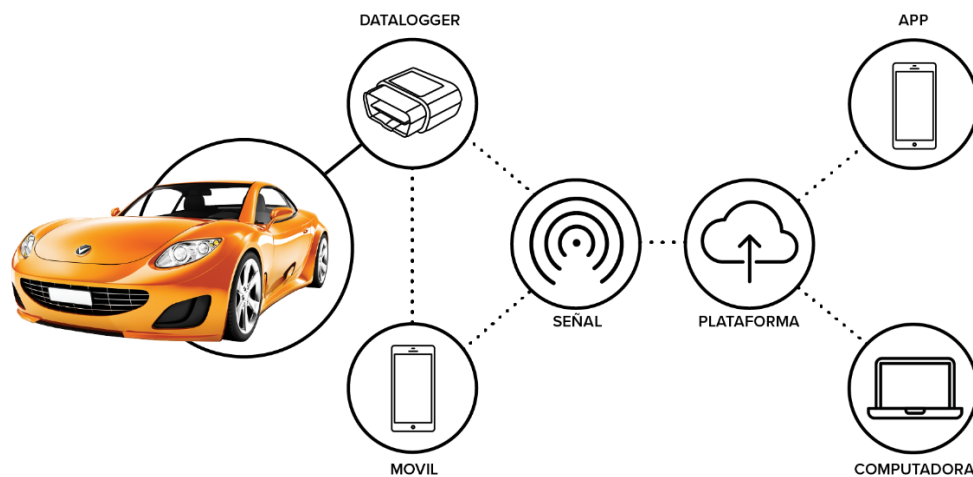
3.6.5 La Creación del Conjunto de Datos

La conducción ecológica se prueba en condiciones reales de tráfico (itinerarios flotantes). Durante la campaña de recopilación de datos, los datos se registran por segundo a través de un dispositivo de registro a bordo preinstalado en cada vehículo. Esto proporciona

los valores instantáneos de la posición del GPS, la velocidad, los parámetros del motor y las condiciones operativas durante toda la prueba. Este dispositivo se instala fácilmente en el puerto de diagnóstico del vehículo y envía los datos a un teléfono móvil y/o plataforma de Danlaw con una frecuencia de 1 Hz. Se utiliza una aplicación móvil y/o plataforma para recopilar esta información y se descargan los datos en una hoja de cálculo estándar, que luego se exportó a una computadora de laboratorio (Figura 27).

Figura 27

Obtención de Datos



Tomado de: <https://www.danlawinc.com/danlawlatam/>

Capítulo IV

Análisis de Impacto del Ecodriving

4.1 Descripción

La conducción ecológica es una forma de conducir que permite usar menos combustible. Para ser un conductor ecológico, debe seguir un conjunto de reglas simples, como: subir de marcha para evitar velocidades del motor superiores a 2500 rpm, mantener una velocidad constante del vehículo, anticiparse al tráfico, acelerar y desacelerar suavemente y evitar largos tiempos de inactividad (Figura 28).

Figura 28

Reducción del Uso del Transporte



Tomado de: <https://www.lavanguardia.com/natural/20220421/8211372/gobierno-exige-ciudades-reducir-coche-privado.html>

El tráfico es una importante fuente mundial de contaminación del aire y de emisiones de gases de efecto invernadero y su importancia es cada vez mayor. Por lo tanto, no es de extrañar que la reducción del transporte y las emisiones (tanto de contaminantes atmosféricos como de gases de efecto invernadero) ocupan ahora un lugar destacado en las agendas políticas alrededor del mundo.

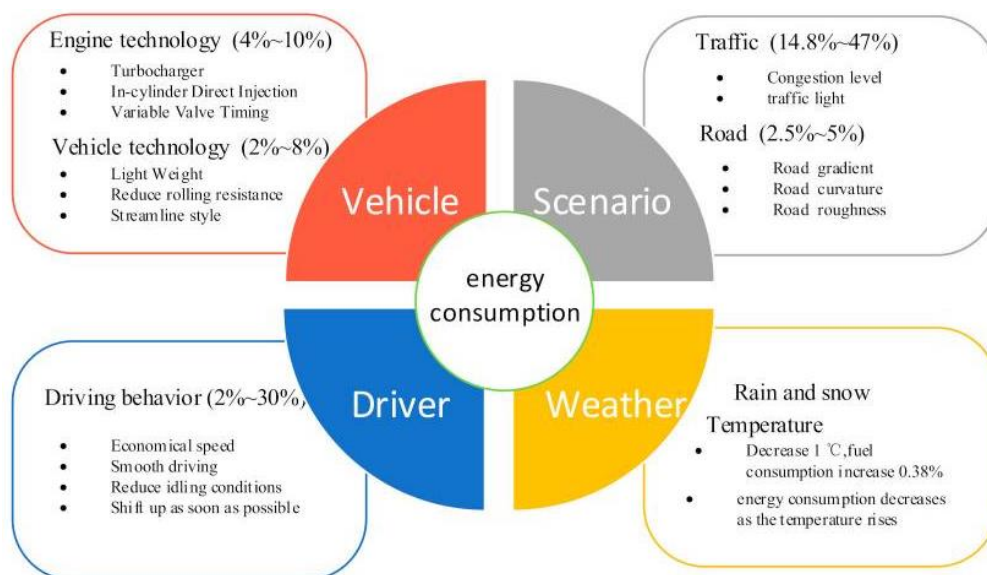
4.1.1 Cuantificación de los Impactos de la Conducción Ecológica

Cuantificación de los impactos de la conducción ecológica en el consumo de combustible y las emisiones, ahora y en el futuro, es fundamental diseñar un programa efectivo en términos de costos e impactos para la situación de los diferentes lugares del mundo, en especial donde el tráfico vaya en aumento, como es el caso de Guayaquil, reflejando tanto efectos positivos como potencialmente negativos.

Las emisiones de los vehículos y el consumo de combustible son muy sensibles a las condiciones reales de manejo y comportamiento del cambio de marchas. Como se muestra en la Figura 29, los factores del conductor deben tener prioridad entre los principales factores que afectan el consumo de energía del vehículo, y la conducción ecológica tiene un gran potencial de ahorro de energía.

Figura 29

Factores que Afectan el Consumo de Energía del Vehículo



Tomado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8512309/>

4.1.2 Estudio Comparativo del Consumo de Combustible

Para poder visualizar los valores de consumo se debe evaluar la ruta para el estudio, considerando el tráfico, condiciones ambientales y el horario de las pruebas (inicio y

finalización). Este punto es muy importante debido a que los horarios de circulación proporcionan diferentes niveles de congestión y tráfico en la zona de la ciudad escogida.

Así, se seleccionaron dos itinerarios, ambos situados en la cobertura Norte-Sur-Norte de la ciudad con diferentes tramos de carretera y alineaciones, para asegurar una variedad de características de conducción y tráfico en la muestra. Ambos itinerarios se caracterizaban por tener suaves pendientes y conectaban la Ciudadela Metrópolis II (norte de la ciudad) con el Mall del Sur (sur de la ciudad), donde cerca del 80% de los desplazamientos diarios se realizan en coche (ATM, 2020).

Inicialmente como punto de referencia y como hecho de experimentación, se procede a tomar datos de forma empírica para tener una base de donde partir, se considera el consumo con el Savy Driver del vehículo en el tablero, para lo cual se procede a llenar el depósito de combustible del vehículo y, luego, a colocar en el odómetro, el rendimiento por kilómetro ya que la ruta es de aproximadamente 50 km. Mediante estos datos es posible sacar de forma empírica el consumo de combustible del vehículo de pruebas (Figura 30).

Figura 30

Determinación del Consumo de Combustible



Tomado de: <https://autolab.com.co/blog/calcular-consumo-combustible-kilometro/omado>

Las rutas seleccionadas estaban compuestas por diferentes tramos de carretera, carreteras locales o autopistas, con diferentes perfiles longitudinales y transversales y caracterizadas por tener diferentes límites de velocidad.

4.1.3 Condiciones del Vehículo para la Prueba

Se deben considerar algunas recomendaciones (Figura 31) previo a la realización de las pruebas, dentro de las cuales se enuncian las siguientes:

- a) uso de cinturón;
- b) chequeo de luces;
- c) chequeo de la presión y estado de los neumáticos;
- d) chequeo de nivel de refrigerante y líquido de freno;
- e) conducir bajo los límites de velocidad establecidos dentro de la ciudad a 50 km/h y en las periferias a 90 km/h;
- f) voltaje de batería;
- g) chequeo de testigo de tablero.

Estas consideraciones, sumadas al uso de las listas de revisión o checklist aportan a recoger datos de experimentación importantes para el estudio.

Figura 31

Revisión del Estado del Vehículo



Tomado de: <https://www.nrspp.org.au/resources/nrspp-thought-leadership-the-interface-between-eco-driving-and-safe-driving/>

4.1.4 Preparar el Vehículo para las Pruebas

El vehículo debe estar en perfecto estado, para realizar las pruebas tanto en modo conducción normal como en modo de conducción ecológica. Las pruebas preliminares permiten familiarizarse con los equipos con los que se va a trabajar. Para poder conocer a fondo todas las funciones de cada equipo y su aplicación, de manera que permita extraer la información requerida en la investigación.

El vehículo utilizado en la presente investigación cuenta con un panel de instrumentos muy dinámico, el cual proporciona los datos de consumo de combustible en función de su modo de manejo, y a la vez permite determinar fácilmente la capacidad del tanque de combustible que este caso es de aproximadamente 72 litros.

Conociendo este parámetro se procede a repostar el tanque de combustible y se procede a realizar las pruebas en la ruta seleccionada (Metrópolis II-Mall del Sur) bajo los lineamientos definidos.

4.1.5 Formato General

- Para este trabajo sólo se consideran los vehículos de gasolina por ser “per se” el tipo de vehículo a usarse en las pruebas (Figura 32) y son los que representan el mayor porcentaje de unidades del parque automotor de la ciudad.
- Se han seleccionado 1 vehículo de gasolina de tipo medio con cambio automático, bastante nuevo (2014) y en buen estado de conservación.
- Los neumáticos deben estar en buen estado y los vehículos no presentan defectos en la parte mecánica ni electrónica.
- Por otro lado, se debe disponer de condiciones similares para realizar las pruebas con y sin la aplicación de la conducción ecológica.

- Las pruebas se realizan en horarios variados para verificar la influencia de otros vehículos que se encuentran en el tráfico normal.
- Los vehículos son conducidos por el mismo conductor y bajo condiciones definidas para reflejar la conducción real en las distintas pruebas (No sea un factor de error).
- Las pruebas se realizan con y sin aplicación de ecodriving (conducción ecológica).

Figura 32

Vehículo para las Pruebas



Tomado de: <https://www.motortrend.com/cars/ford/explorer/2014/>

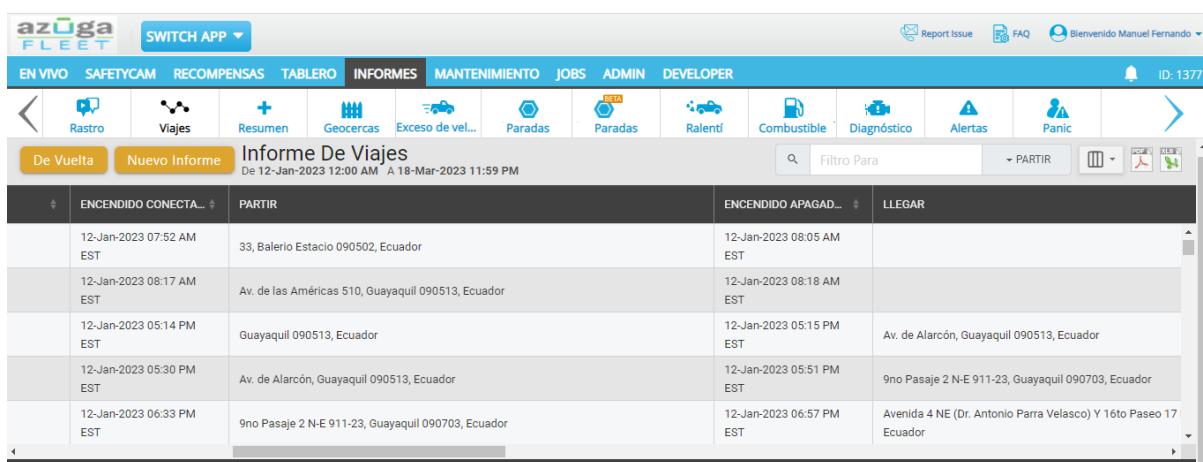
4.1.6 Obtención de Muestras

- El objetivo no es obtener valores precisos del consumo de combustible para los vehículos con MCI.
- En la fase de análisis, se descartan aquellas pruebas que presentan irregularidades o factores extraños que pueden alterar los resultados.
- Cada prueba dura entre 1 -2 horas.
- Los registros de los datos de cada uno de los viajes (Figura 33) se almacenan en línea en la cuenta registrada que pertenece al dispositivo Azuga utilizado.

- Los valores obtenidos en cada instante (rutas) de cada uno de los viajes (Figura 34) son registrados a través del dispositivo Azuga conectado al puerto OBDII del vehículo y pueden ser visualizados en tiempo real a través del portal de acceso, usando el usuario y contraseña proporcionado por los proveedores de los equipos y dispositivos de medición (DLA Latin America).
- Para recopilar esta información y permitir descargar los datos en una hoja de cálculo estándar, que luego se exporta a una computadora de laboratorio (Figura 35).

Figura 33

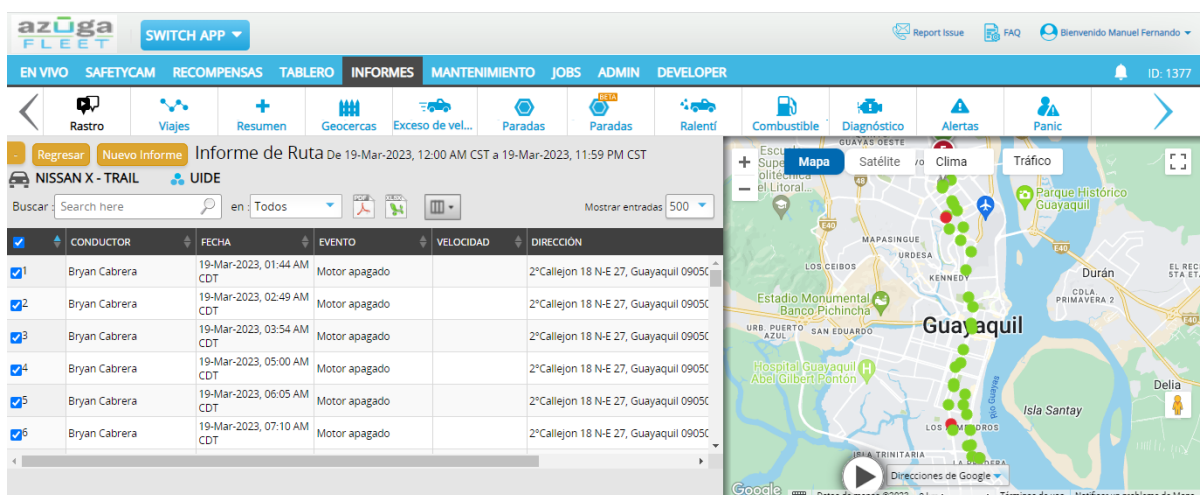
Informe de los Viajes en la Plataforma de Danlaw



ENCENDIDO CONECTA...	PARTIR	ENCENDIDO APAGAD...	LLEGAR
12-Jan-2023 07:52 AM EST	33, Balerio Estacio 090502, Ecuador	12-Jan-2023 08:05 AM EST	
12-Jan-2023 08:17 AM EST	Av. de las Américas 510, Guayaquil 090513, Ecuador	12-Jan-2023 08:18 AM EST	
12-Jan-2023 05:14 PM EST	Guayaquil 090513, Ecuador	12-Jan-2023 05:15 PM EST	Av. de Alarcón, Guayaquil 090513, Ecuador
12-Jan-2023 05:30 PM EST	Av. de Alarcón, Guayaquil 090513, Ecuador	12-Jan-2023 05:51 PM EST	9no Pasaje 2 N-E 911-23, Guayaquil 090703, Ecuador
12-Jan-2023 06:33 PM EST	9no Pasaje 2 N-E 911-23, Guayaquil 090703, Ecuador	12-Jan-2023 06:57 PM EST	Avenida 4 NE (Dr. Antonio Parra Velasco) Y 16to Paseo 17 Ecuador

Figura 34

Informe de Rutas



CONDUCTOR	FECHA	EVENTO	VELOCIDAD	DIRECCION
Bryan Cabrera	19-Mar-2023, 01:44 AM CDT	Motor apagado		2°Callejon 18 N-E 27, Guayaquil 0905C
Bryan Cabrera	19-Mar-2023, 02:49 AM CDT	Motor apagado		2°Callejon 18 N-E 27, Guayaquil 0905C
Bryan Cabrera	19-Mar-2023, 03:54 AM CDT	Motor apagado		2°Callejon 18 N-E 27, Guayaquil 0905C
Bryan Cabrera	19-Mar-2023, 05:00 AM CDT	Motor apagado		2°Callejon 18 N-E 27, Guayaquil 0905C
Bryan Cabrera	19-Mar-2023, 06:05 AM CDT	Motor apagado		2°Callejon 18 N-E 27, Guayaquil 0905C
Bryan Cabrera	19-Mar-2023, 07:10 AM CDT	Motor apagado		2°Callejon 18 N-E 27, Guayaquil 0905C

Figura 35*Equipos de Adquisición de Datos*

Conectar el equipo es muy sencillo, solo se debe insertar en el puerto de diagnóstico del vehículo (OBDII) y al hacerlo, en el panel del equipo se verá que encenderán unas luces LED de varios colores por unos segundos y luego se apagan, esto quiere decir que el equipo se está configurando; posteriormente quedará una luz verde parpadeante en el dispositivo, esta luz dejará de parpadear en dos minutos, esto quiere decir que el equipo ya está comunicado con el automóvil (Figura 36).

Figura 36*Insertar en el Puerto de Diagnóstico del Vehículo (OBDII)*

Tomado de: <https://dlalatam.com/wp-content/uploads/2020/06/Danlaw-OBDII-No-esta%CC%81-Reportando-Correctamente.pdf>

4.1.7 Procedimiento

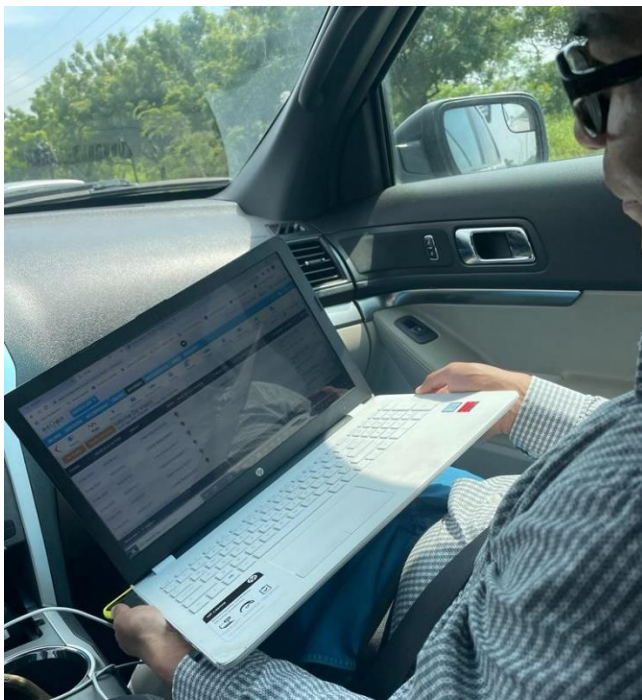
Una vez registrados todos los datos, se utiliza el modelo de análisis estadístico para estimar el consumo instantáneo de combustible del vehículo durante las pruebas. Luego, los

datos fueron procesados y los valores estadísticos fueron calculados. Antes de procesar los datos, se aplicaron una serie de filtros para detectar datos erróneos debido a desvíos no programados de rutas o por mal funcionamiento del GPS. Luego se tabulan y se representan los resultados en forma gráfica para mayor entendimiento.

- En la plataforma se registra el consumo instantáneo de combustible en litros por kilómetro.
- Se establecen todos los equipos y la ruta a utilizar.
- Se determinan los parámetros de conducción de la prueba.
- Se utilizan dos métodos de conducción diferentes para realizar un análisis comparativo (Figura 37).

Figura 37

Registro de Datos en Ruta



- Se utiliza el método llamado conducción normal donde es el típico hábito del conductor que se pone a prueba.
- Posteriormente se realiza las pruebas con conducción ecodriving.

- La toma de datos en ruta es usando el software Azuga.
- El registro y monitoreo de las condiciones de manejo es constante (Figura 38).

Figura 38

Monitoreo de las Condiciones de Manejo



4.2 Resultado de las Mediciones

Se muestran los resultados del consumo de combustible para los diferentes recorridos en las rutas seleccionadas.

La evaluación de los impactos de la conducción ecológica se centra en las diferencias en el consumo de combustible de combustible entre el periodo 2 (después de la formación en conducción ecológica) y el periodo 1 (antes de la formación en conducción ecológica). Cabe destacar que el objetivo de esta investigación no era obtener valores exactos de consumo, sino comparar la eficiencia de la conducción ecológica en una ruta seleccionada para un tipo específico de vehículo en la ciudad de Guayaquil.

Se verifica que el factor de conducción ecológica es la parte más influyente, por lo que los niveles de reducción de consumo se encuentran entre un 5 y 10 %.

4.2.1 Presentación de Resultados

Una vez realizadas las pruebas se obtienen los datos proporcionados por el receptor los cuales se obtiene en la base de datos guardados en la nube de la plataforma. Estos se presentan en las Tablas 7 y 8:

Tabla 7

Resultados Obtenidos en Conducción Normal "Metrópolis II – Mall del Sur"

Datos Trayecto "Ida" Conducción Normal	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	35	34	35	34	35
Consumo de combustible (litros)	2.34	2.43	2.33	2.3	2.31
Temperatura promedio (°C)	28	26	27	28	26.5
Velocidad promedio (km/h)	42.0	42.4	42.7	43.1	41.9
Distancia recorrida Vehículo (km)	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2
Distancia Recorrida App (km)	24.6	24	24.1	24.2	24.3
Promedio de l/100 km (Vehículo)	10.2	10.18	10.3	10.15	10.4

Tabla 8

Resultados Obtenidos en Conducción Normal "Mall del Sur – Metrópolis II"

Datos Trayecto "Retorno" Conducción Normal	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	30	29	30	30	30
Consumo de combustible (litros)	2.24	2.23	2.17	2.16	2.22
Temperatura promedio (°C)	27	27	28	28	28
Velocidad promedio (km/h)	41.0	39.4	40.7	40.1	39.9
Distancia recorrida Vehículo (km)	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1
Distancia Recorrida App (km)	20.2	20.2	20.12	20.2	20.2
Promedio de l/100 km (Vehículo)	10.14	10.14	10.13	10.05	10.11

Una vez finalizadas las pruebas con *Conducción Normal*, se necesita obtener datos con la ejecución del *Ecodriving*, para poder determinar si existe un ahorro significativo de combustible.

Para lo cual se realizan las siguientes pruebas en los mismos horarios, bajo las mismas condiciones climatológicas y siguiendo el protocolo de pruebas de conducción ecológica.

Tabla 9*Resultados Obtenidos en Conducción Ecodriving “Metrópolis II – Mall del Sur”*

Datos Trayecto "Ida" Conducción Ecodriving	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	35	34	35	34	35
Consumo de combustible (litros)	2.04	2.03	1.97	2.06	2.01
Temperatura promedio (°C)	28	26	27	28	26.5
Velocidad promedio (km/h)	42.0	42.4	42.7	43.1	41.9
Distancia recorrida Vehículo (km)	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2
Distancia Recorrida App (km)	24.6	24	24.1	24.2	24.3
Promedio de l/100 km (Vehículo)	10.2	10.18	10.3	10.15	10.14

Tabla 10*Resultados Obtenidos en Conducción Ecodriving “Mall del Sur – Metrópolis II”*

Datos Trayecto "Retorno" Conducción Ecodriving	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Tiempo de prueba (min)	30	29	30	30	30
Consumo de combustible (litros)	1.9	1.93	1.97	1.86	1.90
Temperatura promedio (°C)	27	27	27	28	27
Velocidad promedio (km/h)	42.0	40.4	41.2	41.3	40.5
Distancia recorrida Vehículo (km)	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1
Distancia Recorrida App (km)	20.2	20.2	20.1	20.2	20.1
Promedio de l/100 km (Vehículo)	9.90	9.75	9.83	9.85	9.82

4.2 Análisis de los Resultados

Se ajustaron los turnos de conducción para cubrir las horas punta según los registros de movilidad de Guayaquil.

Se seleccionaron los siguientes horarios de conducción:

- 1er periodo. Pico de la mañana: 7:30–11:30 am
- 2do período. Almuerzo: 12:00–4:00 p. m.
- 3er período. Pico de la tarde: 4:30–8:30 p. m.

Las primeras pruebas se realizaron durante los meses de agosto/septiembre de 2022 y las segundas durante el mes de noviembre de 2022, después de realizar el curso de formación en conducción ecológica.

En las Figuras 39 y 40 se muestran los resultados obtenidos.

El 100% de los datos de los viajes se registraron correctamente, aunque el consumo instantáneo de combustible fue superior al consumo real de combustible (comprobado por el registro de repostaje).

Tanto en el trayecto de ida como en el de retorno se observa una disminución del consumo de combustible al aplicar la técnica de manejo Ecodriving, llegando a obtener un valor mínimo de 1,97 litros tanto en la ruta Metrópolis-Mall del Sur como en la ruta Mall del Sur, coincidentemente ambos valores se obtuvieron en el día tres de la prueba.

Los resultados muestran que la conducción ecológica funciona mejor en las principales carreteras arteriales que en otros tipos de carreteras (rutas seleccionadas), lo que coincide con los resultados de ahorro de combustible.

Figura 39

Análisis Comparativo

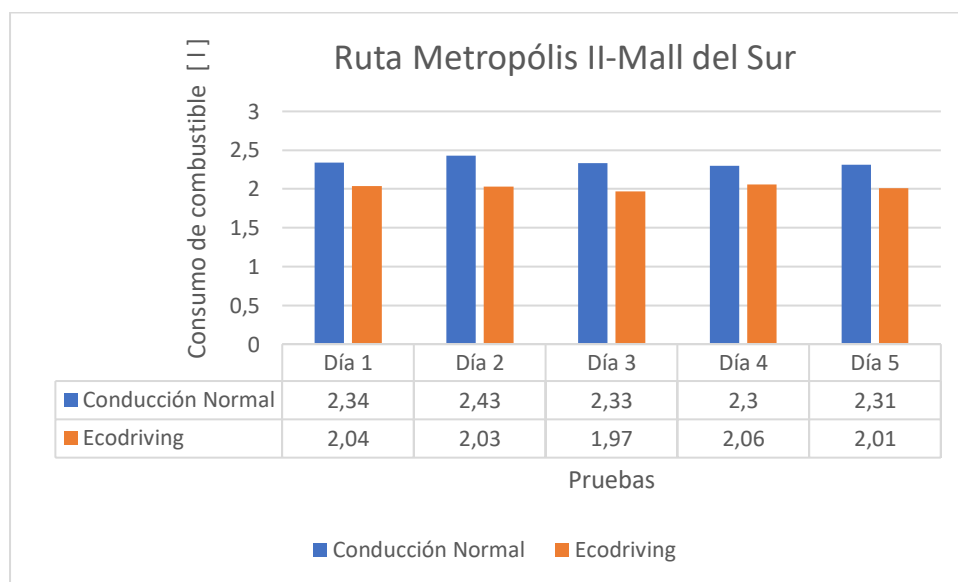
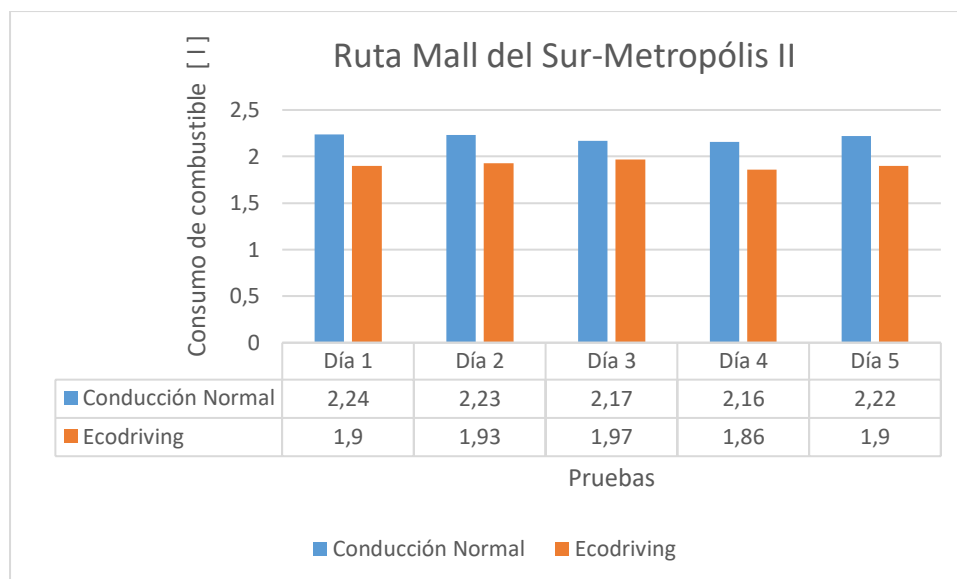


Figura 40*Análisis Comparativo*

La prueba de campo en diferentes sectores de la ruta seleccionada muestra varios resultados en términos de ahorro de combustible y cambios en los patrones de conducción. Los mayores ahorros de combustible se lograron en la ruta de Ida Metrópolis-Mall del Sur en el día dos de las pruebas (16 %). Los conductores tienen más dificultades para aplicar técnicas de conducción ecológica en carreteras con alta intensidad de tráfico. Cuando las condiciones del tráfico son favorables, la conducción ecológica tiene más éxito en itinerarios que se caracterizan por límites de velocidad más bajos y con varias rotondas; en autopistas y caminos de alta velocidad, las condiciones de flujo libre pueden fomentar un aumento en la velocidad de cruce, lo que se traduce en un mayor consumo instantáneo de combustible.

La diferencia entre los patrones de conducción normal y ecológica que se registró a lo largo de las rutas de prueba revela que factores como los límites de alta velocidad, aceleración, entre otros; no solo afectan el consumo de combustible, sino también los ahorros potenciales que podrían lograrse mediante técnicas de conducción eficiente (Ecodriving).

El porcentaje de ahorro de combustible está en la ruta de ida entre el 12% y el 16% aproximadamente (Figura 41) y en la ruta de retorno entre el 9% y el 15% aproximadamente (Figura 42).

Figura 41

Porcentaje de Reducción del Consumo

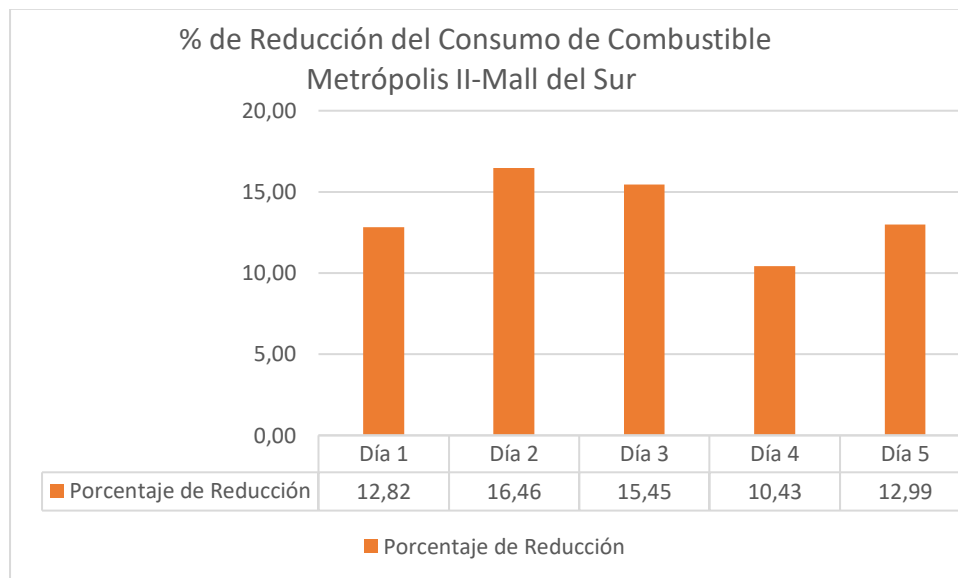
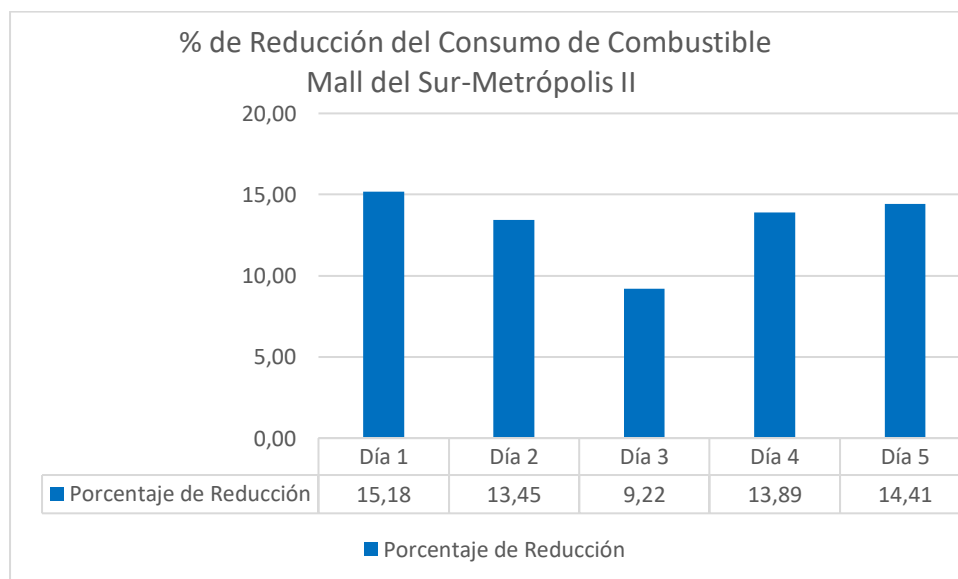


Figura 42

Porcentaje de Reducción del Consumo



Conclusiones

Al realizar este trabajo, se pudo determinar que el análisis de consumo de combustible en el vehículo al aplicar el modo de conducción normal con respecto al Ecodriving, evidenció la reducción del consumo de combustible y un aumento en el rendimiento de la distancia recorrida por cantidad de combustible consumido.

La prueba de ruta utilizando el equipo Onboard en el vehículo, permitió determinar los factores de emisión, mediante los cuales se concluye que se reducen significativamente el consumo de combustible en porcentajes entre el 9 % y 17%, en los dos trayectos de las rutas seleccionadas.

La implementación del Ecodriving en un automóvil tipo M1 en la ciudad de Guayaquil-Ecuador puede ser considerada como una estrategia para reducción de emisiones contaminantes y una herramienta para incrementar la eficiencia energética del combustible en un motor de combustión interna, considerando factores técnicos para su implementación.

Se puede concluir que el Ecodriving reduce el consumo de combustible en condición de tráfico normal (hasta en un 17%), mientras que en la condición congestionada la reducción se desvanece debido a la disminución de la velocidad media (es decir, aumento del consumo de combustible, que se debe a las diferentes velocidades que se desplaza el vehículo, este comportamiento del modo Ecodriving donde la aceleración es menor y la distancia entre vehículos es mayor en comparación con el modo de conducción normal.

Vale la pena señalar que, en general, las condiciones de "tráfico congestionado" son solo del 8 al 10% del tiempo diario; esto significa que en más del 90 % de la situación del tráfico diario, el modo de conducción ecológica puede contribuir significativamente a reducir las emisiones de gases contaminantes al consumir menos combustible.

Además de las circunstancias externas, como el clima, las condiciones de la carretera y la congestión, el comportamiento de conducción puede influir considerablemente en el

consumo de combustible del vehículo. Al ser el operador de un vehículo, un conductor puede ahorrar una cantidad significativa de combustible a través de una conducción económica (alrededor del 10 % en promedio; alrededor del 20 % puede lograrse mediante una formación integral en conducción ecológica) y, al mismo tiempo, aumentar la seguridad vial. La conducción ecológica describe la aplicación de técnicas que reducen el consumo de combustible y las emisiones que se ven afectadas por el comportamiento del conductor, sin necesariamente mejorar la tecnología del vehículo.

Se determina que la conducción ecológica es una forma de conducir que permite usar menos combustible. Para ser un conductor ecológico, debe seguir un conjunto de reglas simples, como: subir de marcha para evitar velocidades del motor superiores a 2500 rpm, mantener una velocidad constante del vehículo, anticiparse al tráfico, acelerar y desacelerar suavemente y evitar largos tiempos de inactividad, en todo el trayecto de recorrido de las rutas de pruebas propuestas.

Recomendaciones

Este documento puede ser usado como base para investigaciones futuras relacionadas, dirigidas al uso y aplicación de diferentes técnicas de manejo, enfocándose en la selección de rutas y condiciones ambientales que mejor resultado proporcionen.

Otras investigaciones han analizado el rendimiento de la conducción ecológica según el género y la experiencia de conducción. Futuras investigaciones podrían combinar estas variables con las analizadas en este trabajo, comparando tipología de vías y entorno urbano. La eficiencia de la conducción ecológica en conductores de mensajería profesionales también podría ser de interés. Por el contrario, sería necesario analizar los resultados cuando muchos conductores practican la conducción ecológica en una misma ruta, afectando las características del flujo de tráfico y la densidad vial. Si aumenta el número de eco-drivers, los efectos sobre las emisiones y el consumo de combustible podrían verse comprometidos: se deberían recomendar simulaciones y pruebas reales.

Bibliografía

- Arboleda Guerrero, M. A. (2010). Manual de conducción eficiente para el ahorro de combustible. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6618/1/07638.pdf>
- Avalos Valverde, G. V. (2020). Determinación del rendimiento de combustible de una flota de taxis de 1400 cc en la ciudad de Cuenca aplicando técnicas de Ecodriving. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10042/1/15672.pdf>
- Benedetto, P., Han, Ke, Friesz, Terry L., Yao, Tao, 2013. Estimating fuel consumption and emissions via traffic data from mobile sensors. In: Fifty-first Annual
- Berry, I.M., 2010. The effects of driving style and vehicle performance on the real-world fuel consumption of US light-duty vehicles (PhD Thesis). Massachusetts Institute of Technology.
- Beusen, B. et al, 2009. Using on-board logging devices to study the longer-term impact. *Transp. Res. Part D* 14, 514–520.
- Boriboonsomsin, K., Vu, A., & Barth, M. (2010). Eco-Driving: Pilot evaluation of driving behavior changes among U.S drivers. <https://escholarship.org/uc/item/9z18z7xq>
- Corcoba Magaña, V. (2014). Eco-driving: Ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/19981>
- FIAT ECO-DRIVE (2010) “Eco-Driving Uncovered- The benefit and challenges of eco-driving, based on the first study using real journey data” <http://www2.fiat.co.uk/ecodrive/#ecodrive/intro>.
- Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y Conocimiento*, pp. 163-173.

- Granda Jaramillo, W. O. (2021). Elaboración de un Manual de Manejo Ecodriving para Vehículos M1 en Guayaquil.
- Herrera Murillo, J., Rodríguez Román, S., & Rojas Marín, J. F. (2012). Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, pp. 54-63.
- Huang, Y., Ng, E. C., Zhou, J. L., Surawski, N. C., Chan, E. F., & Hong, G. (2018). Eco-driving technology for sustainable road transport: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 596-609.
- INEN. (2016). NTE INEN 2656 - Clasificación Vehicular. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10042/1/15672.pdf>
- IEA, 2013. CO2 Emissions from Fuel Combustion 2013, IEA, Paris. doi: http://dx.doi.org/10.1787/co2_fuel-2013-en (2014, accessed 20 February 2015).
- Joumard, R., Jost, P, Hickman, J., 1985. Influence of instantaneous speed and acceleration on hot passenger car emissions and fuel consumption. SAE Technical Paper 1995-950928.
- Kamal, M.A.S., Mukai, M., Murata, J., Kawabe, T., (2011). Ecological vehicle control on roads with up-down slopes. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 12 (3), 783–794.
- Kamal, M. A. S., Mukai, M., Murata, J., & Kawabe, T. (2009). Development of ecological driving system using model predictive control. In *2009 ICCAS-SICE* (pp. 3549-3554). IEEE.
- Kristensen, N.R., Madsen, H., Jørgensen, S.B., 2004. Parameter estimation in stochastic grey-box models. *Automatica* 40 (2), 225–237.
- Kundu, S., Wagh, A., Qiao, C., Li, X., Kundu, S., Sadek, A., Wu, C., 2013. Vehicle speed control algorithms for eco-driving. In: *2013 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)*. IEEE, pp. 931–932.

- Méndez Torres, P. W., Gómez Berrezueta, M. F., & Llerena Mena, A. F. (2020). Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca.
- Moreira-Romero, A. F. (2018). Contaminación del aire en el medio ambiente por las emisiones de gases tóxicos de empresas industriales en Ecuador. *Polo del Conocimiento*, pp. 273-280.
- Pineda, L., & Xie, Y. (Junio de 2021). Programas de eco-conducción (eco-driving) de camiones. <https://theicct.org/sites/default/files/publications/eco-driving-latam-ESP-jun2021.pdf>
- Posso Espinosa, A. P. (2020). Emisión de gases de efecto invernadero en las opciones dominantes de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7972/1/T3453-MCCNA-Posso-Emission.pdf>
- PRIMICIAS. (12 de Enero de 2022). Precio sugerido de gasolina Súper sube a USD 3,52 en enero de 2022. <https://www.primicias.ec/noticias/economia/petroecuador-gasolina-super-enero-ecuador/>
- Kroyan, Y., Wojcieszak, M., Larmi, M., Kaario, O., & Zenger, K. (2019). *Modeling the Impact of Alternative Fuel Properties on Light Vehicle Engine Performance and Greenhouse Gases Emissions* (No. 2019-01-2308).
- Robinson, A. L., Taub, A. I., & Keoleian, G. A. (2019). Fuel efficiency drives the auto industry to reduce vehicle weight. *MRS Bulletin*, 44(12), 920-923.
- Remache Chimbo, Á., Leguisamo Milla, J., Guasgua, A., & Luskat, A. (2021). Conducción ecológica: Evaluación de los parámetros operacionales del Motor de Encendido Provocado (MEP) en una ruta mixta de la ciudad de Quito. *Revista Científica y Tecnología UPSE*, pag. 18-24.

- Rojas Moncayo, M. V., Caraballo Núñez, M. A., Álvarez Hernández, O. H., & Vivanco Pinta, S. (2018). Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *Revista del Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonía*, pp. 23-29.
- Tong, H. Y., Hung, W. T., & Cheung, C. S. (2000). On-road motor vehicle emissions and fuel consumption in urban driving conditions. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 50(4), 543-554.
- Velepucha-Sánchez, J. M., & Sabando-Piguabe, L. F. (2021). Emisiones de gases contaminantes en vehículos livianos a gasolina. *Revista Científica Ingeniar*, pp. 78-95.
- Xu, N., Li, X., Liu, Q., & Zhao, D. (2021). An overview of eco-driving theory, capability evaluation, and training applications. *Sensors*, 21(19), 6547.
- Zhou, M., Jin, H., & Wang, W. (2016). A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 49, 203-218.

