ING. AUTOMOTRIZ

Artículo de Investigación previa a la obtención del título de Ingeniería en Mecánica Automotriz

AUTORES:

Heydi Adriana Chushig Lincango

Cristian Javier Tumipamba Albuja

TUTOR:

MSc. Gorky G. Reyes Campaña

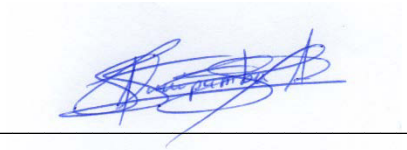
ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE UN VEHÍCULO TIPO M1 CON EL USO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN TIEMPOS PREDETERMINADOS

QUITO – ECUADOR | 2023

Certificado de autoría

Nosotros, **HEYDI ADRIANA CHUSHIG LINCANGO Y CRISTIAN JAVIER TUMIPAMBA ALBUJA**, 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.

Heydi Adriana Chushig Lincango



Cristian Javier Tumipamba Albuja

Aprobación del tutor

Yo, Gorky Reyes Campaña, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

MSc. Guillermo Gorky Reyes Campaña

Dedicatoria

Dedico este trabajo final previo a mi titulación a mis padres, Luis y María, quienes han permitido que este proceso sea posible dándome todos los consejos que me inspiraron y motivaron a continuar con mis estudios además de brindar apoyo incondicional tanto emocional como económico durante todos estos años para poder llegar a este momento. A mis hermanos Luis y Vanessa quienes me han impulsado y motivado a terminar mis estudios, brindándome apoyo emocional en todos los momentos ya sean buenos o malos. A mi enamorado Esteban, quien me acompaño y apoyo incondicionalmente en la mayor parte del proceso, siendo mi guía y motivación para culminar el trabajo final de titulación.

Heydi Adriana Chushig Lincango

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a mi madre y padre, ya que el sueño de los dos fue ver a sus hijos con títulos profesionales. Al ser su último hijo, sus sueños, sus propósitos y deseos están cumplidos y los míos comenzarán a tornarse realidad.

Cristian Javier Tumipamba Albuja

Agradecimiento

Agradezco a Dios y a mis padres Luis y María por el apoyo incondicional que me dieron para seguir adelante con mis estudios en la UIDE y la motivación para seguir saliendo adelante. A la Universidad Internacional del Ecuador por darme la oportunidad de tener un aprendizaje continuo de la mano de docentes altamente capacitados. A mi tutor de proyecto final previo a la titulación Ms.c Gorky Reyes por darme la oportunidad de emprender este paso de la mano de sus altas capacidades y conocimientos científicos en la rama. Además, agradezco a todos los docentes que compartieron todos sus conocimientos durante todos estos años.

Heydi Adriana Chushig Lincango

Agradecimiento

Agradezco a mi madre y padre, por haberme apoyado en la culminación de mis estudios universitarios, les estaré eternamente agradecido.

Agradezco a mis hermanos, Jonatan y Paulina por ser mi gran ejemplo a seguir en mi vida académica. Por último, un agradecimiento especial a la Universidad Internacional del Ecuador, a mi director de titulación, MSc Gorky Reyes y a todas las autoridades y docentes que me supieron orientar y guiarme en mis años de estudio.

Cristian Javier Tumipamba Albuja

Índice de Contenido

CERTIFICADO DE AUTORÍA ..... **V**

APROBACIÓN DEL TUTOR ..... **IV**

ACUERDO DE CONFIDENCIALIDAD ..... **V**

DEDICATORIA ..... **VII**

AGRADECIMIENTO ..... **VIIII**

RESUMEN **14**

ABSTRAC **14**

INTRODUCCIÓN **15**

MARCO TEÓRICO **16**

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL 16
VEHÍCULOS DE COMBUSTIÓN INTERNA 17
GRÁFICA POTENCIA TORQUE CONSUMO 18
Curva de Par motor *18*
Curva de potencia *18*
Curva de Consumo *18*
CONSUMO 19
HUELLA DE CARBONO 19
ACCIONES ANTICONTAMINANTES EN LOS VEHÍCULOS 20
VEHÍCULOS CON NUEVAS ENERGÍAS DE ACCIONAMIENTO 21

MATERIALES Y MÉTODOS **21**

VEHÍCULO A UTILIZAR 21
COMBUSTIBLE 23
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO A/C 24
NORMATIVA DE MEDICIÓN DE CONSUMO 24
RUTA DMQ 25
EQUIPOS DE MEDICIÓN 26

RESULTADOS Y DISCUSIONES **28**

RESULTADO DE PRUEBAS CON A/C SIN A/C 31
ANÁLISIS DE HUELLA DE CARBONO 31
ANALISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS 34

CONCLUSIONES **33**

BIBLIOGRAFÍA **34**

ANEXOS **36**

Índice de tablas

TABLA 1. ..... **17**
LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES DE MOTORES A GASOLINA. **17**
TABLA 2. ..... **23**
ESPECIFICACIONES DE LA GASOLINA EXTRA DEL ECUADOR **23**
TABLA 3. ..... **28**
VALORES INICIALES CON EL CLIMATIZADOR EN SU MÁXIMO NIVEL Y APAGADO. **28**
TABLA 4. ..... **28**
RESULTADOS OBTENIDOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE. **28**
TABLA 5. ..... **31**
CÁLCULO HUELLA DE CARBONO CON A/C **31**
TABLA 6. ..... **32**
CÁLCULO HUELLA DE CARBONO SIN A/C **32**

Índice de figuras

FIGURA 1. ..... **19**
CURVA DE POTENCIA-PAR-CONSUMO **19**
FIGURA 2. ..... **22**
COOPERATIVAS DE SERVICIO DE TAXI DMQ **22**
FIGURA 3: **23**
VEHÍCULO DE PRUEBAS **23**
FIGURA 4. ..... **25**
CICLO HWFEC **25**
FIGURA 5: **26**
RUTA ESTABLECIDA **26**
FIGURA 6. ..... **27**
MEDIDOR DE COMBUSTIBLE **27**
FIGURA 7: **27**
SCANNER ELM327 ..... **27**
FIGURA 8: **29**
REVOLUCIONES DEL MOTOR CON Y SIN A/C **29**
FIGURA 9: **30**
VELOCIDAD DEL AUTOMOTOR CON Y SIN A/C. **30**
FIGURA 10: **30**
CONSUMO DE COMBUSTIBLE CON Y SIN A/C. **30**
FIGURA 11. ..... **32**
DIFERENCIA DE GEI CON A/C Y SIN A/C **32**

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. GEI 20
Ecuación 2. Ecuación estequiométrica de la combustión ideal.....24
Ecuación 3. Relación de combustión ideal. 20
Ecuación 4. Densidad de la gasolina 91
Ecuación 5. Octanaje de la gasolina 91

ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE UN VEHÍCULO TIPO M1 CON EL USO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN TIEMPOS PREDETERMINADOS

Heydi Adriana Chushig Lincango y Cristian Javier Tumipamba Albuja
hechushigli@uide.edu.ec - crtumipambaal@uide.edu.ec

RESUMEN

Introducción. En la actualidad el precio del combustible en el Ecuador incrementó debido a las reformas gubernamentales precedidas por el actual gobierno, haciendo que el usuario promedio invierta más dinero al aumentar el consumo de combustible al activar el aire acondicionado, y generando un incremento de GEI al medio ambiente. La investigación se enfoca en analizar el incremento de consumo de combustible de un vehículo tipo M1, utilizando el aire acondicionado a los 2800 metros al nivel del mar; mediante el ciclo de conducción transitorio de carretera HWFEC, y a su vez medir el incremento de huella de carbono generado en tiempos predeterminados **Metodología**. Usando el método inductivo/deductivo, el cual establece una forma de observación, medición y análisis de datos, Esto permite desarrollar el análisis del consumo de combustible a los 2800 metros al tener el A/C activado, para poder calcular los GEI emitidos a la atmosfera. determinando así la variable cuantitativa que se obtendrá usando el ciclo de ruta en carretera HWFET. **Resultados**. Las pruebas realizadas muestran que existe un incremento de combustible del 7.7% cada 100 kilometros recorridos con el A/C encendido, y se obtiene una diferencia de 46 kg de CO_2 al mes del vehículo analizado, con A/C encendido.

Palabras claves. Huella de carbono, consumo de combustible, vehículo tipo M1, aire acondicionado, Ciclo de conducción, Contaminación Vehicular

ABSTRACT

Introduction. Currently, the price of fuel in Ecuador increased due to government reforms preceded by the current government, making the average user invest more money by increasing fuel consumption by activating the air conditioning, and generating an increase in GHG in the environment. atmosphere. The research focuses on analyzing the increase in fuel consumption of an M1 type vehicle, using air conditioning at 2800 meters above sea level; through the HWFEC transitory road driving cycle, and in turn measure the increase in the carbon footprint generated in predetermined times **Methodology.** Using the inductive/deductive method, which establishes a form of observation, measurement, and data analysis. This allows developing the analysis of fuel consumption at 2800 meters when having the A/C activated, in order to calculate the GHG emitted to the atmosphere. thus, determining the quantitative variable that will be obtained using the HWFET highway route cycle. **Results.** The tests carried out show that there is a fuel increase of 7.7% every 100 kilometers traveled with the A/C on, and a difference of 46 kg of CO2 per month is obtained for the vehicle analyzed, with A/C on.

Keywords. Carbon Footprint, Fuel Consumption, M1 Type Vehicle, Air Conditioning, Drive Cycle, Vehicle Pollutio

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el precio del combustible en el Ecuador incrementó debido a las reformas gubernamentales precedidas por el actual gobierno, haciendo que el usuario promedio invierta más dinero debido al incremento de combustible al usar el sistema de aire acondicionado. (Mario L. Ruz, 2014). Además, los dispositivos de climatización del vehículo provocan cierto incremento en el consumo de combustible, disminuyen las potencias y las velocidades finales del rendimiento óptimo del vehículo. (Castañeda. 2010). Según la AEADE del año 2021, las ventas del sector automotriz presentan un incremento acelerado en comparación al año anterior, debido al crecimiento de ventas interanual que alcanzó de 160% a un 176% de ventas de vehículos livianos con aire acondicionado en nuestro país, esto representa un mayor consumo de combustible. (Jácome, 2016). La investigación se enfoca en comparar el consumo de combustible de un vehículo tipo M1, utilizando el aire acondicionado a los 2800 metros al nivel del mar; mediante el ciclo de conducción transitorio de carretera HWFEC, para así analizar el incremento de combustible generado al tener encendido el dispositivo de climatización, y a su vez medir la huella de carbono generado en periodos predeterminados, de un mes, un año y cinco años.

Se desarrolló una búsqueda exhaustiva de la bibliografía y estudios hechos, sobre todo lo relacionado al sistema de climatización del vehículo, en especial el incremento del consumo de combustible al tenerlo accionado. Se revisa artículos y documentos científicos regionales y mundiales de estudios tanto cuantitativos y cualitativos sobre el tema. Al verificar el equipo de medición de combustible se comprobó su funcionamiento estandarizado y óptimo de acuerdo a las normas establecidas de calidad y confiabilidad (INEN ISO/IEC 17025:2017). De igual manera se estableció el ciclo de conducción HWFET “Highway Fuel Economy Cycle”, para realizar las pruebas de ruta con el sistema de aire acondicionado encendido y apagado, y compararlas mediante la tabulación de datos, para finalmente poder calcular el aumento de la huella de carbono (GEI) al tener el aire acondicionado activado en el periodo antes establecido.

Las variables temperaturas en Quito hace que el usuario promedio mantenga el uso del sistema de climatización encendido a toda hora y actualmente es parte indispensable del confort del vehículo. El consumo de combustible variará de acuerdo a la velocidad en la que se encuentre el automotor, por lo cual a bajas velocidades será

mayor el incremento a diferencia del consumo cuando se encuentra a altas velocidades (Mogro & Ignacio Huertas, 2020). En esta investigación se consideró tener las ventanas cerradas al momento de activar el A/C, y de igual manera se determinó la temperatura ambiente y de cabina al momento de realizar las pruebas de ruta.

Hasta el mes pasado se inspeccionaron 28 293 vehículos. De ellos, 20 561 tienen sistemas de de aire acondicionado de estos: el 72% fue vehículos particulares tipo M1, el 23% buses, y el resto escolares y taxis. (AEADE. 2022). Teniendo en cuenta que la mayoría de sistemas de aire acondicionado están en vehículos particulares, se ha optado hacer el estudio en un vehículo M1 con motor de 1.6lts, que es un auto muy usado en la capital, principalmente en taxis. Con ello se puede calcular la elevada huella de carbono emitida a la atmosfera por este tipo de vehículos.

La metodología a utilizar en la investigación será científica deductiva/inductiva, debido a que se basará en procesos estandarizados y comprobados en otros países, Esto permite desarrollar el análisis del consumo de combustible a los 2800 metros al tener el A/C activado, para poder calcular los GEI emitidos a la atmosfera, determinando así la variable cuantitativa que se obtendrá dependiendo del uso del aire acondicionado usando el ciclo de ruta en carretera HWFET.

MARCO TEÓRICO

Contaminación Ambiental

Según la nueva Constitución vigente de la República del Ecuador en la Asamblea Nacional Constituyente del 2008, uno de los derechos de los que gozan los ciudadanos es a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. (Palacios & Espinoza, 2014) La contaminación del aire ha sido reconocida como un problema de salud pública a nivel internacional debido a que se relaciona con problemas de salud a ciertos grupos de la población vulnerable, como es el caso de niños y adultos mayores. (Academia & Medicina, 2014)

En la actualidad, la contaminación por la combustión de hidrocarburos como la gasolina, gas y el diésel de los automotores, es el primer causante de la contaminación del aire en las ciudades de los países industrializados, mientras que las plantas industriales poco eficientes lo son para los países en vías de desarrollo. (ANMM. 2015), en el país, las estimaciones estadísticas determinan que existe una elevada incidencia de rinitis alérgica del 20% anual en recién nacidos en las principales ciudades del Ecuador,

de la cual, el área urbana representa la mayor concentración de casos con 58%. Los alérgenos contaminantes como los residuos de diésel y gasolina aumentan la incidencia y morbilidad de la rinitis, a causa de la mayor producción de inmunoglobulina E (IgE), y el proceso inflamatorio que la acompaña (Ministerio del Ambiente. 2010). En Quito que es una ciudad situada a 2800 metros a nivel del mar hay que considerar que se tiene menos oxígeno, lo cual conspira contra la eficiencia de la combustión, que hace que los equipos que queman combustibles fósiles como los automotores, los generadores o los incineradores industriales, consuman mayor cantidad de combustible y paralelamente, generen mayor cantidad de contaminantes. (Murillo, 2018)

Vehículos de combustión Interna

El motor de combustión interna es utilizado casi en su totalidad en vehículos de carretera y ciudad. En su interior se produce la combustión de gases a alta presión y temperatura que producen el movimiento del motor. En un motor de combustión interna, en una combustión ideal, se produciría; Anhídrido carbónico (CO2) y agua (H2O). En el escape se encuentra nitrógeno, procedente del aire, en su mayor parte sin ninguna transformación en el motor, ya que estos gases son tratados al momento de salir del múltiple de escape.

El automóvil es el principal responsable de la contaminación en las ciudades, los automotores actuales utilizan en su mayoría gasolinas y gasóleos como su fuente de energía. Su combustión produce principalmente por; Compuestos tóxicos, Monóxido de carbono (CO) que es letal para el ser humano y se encuentra en la gasolina, también Hidrocarburos (HC) , afecta al aparato respiratorio y son cancerígenos; hay óxidos de nitrógeno (NOx), que afecta al aparato respiratorio y la lluvia ácida que hay en todo gasóleo o Diesel, de igual manera el Hollín y otras partículas menores, afecta al aparato respiratorio son cancerígenos, y generan gran suciedad ambiental, y por último el Dióxido de carbono o CO2, no es tóxico, pero es el principal causante del cambio climático. (Armas. LaPuerta. & Sanchez, 2016)

Las normas de emisiones de vehículos son las herramientas gubernamentales técnicas primarias disponibles para mitigar las emisiones de los vehículos. Los procedimientos de prueba de emisiones para los vehículos ligeros se basan en un ciclo de transición que representa la forma de medir la contaminación vehpicular de un país en particular. Los ciclos para vehículos ligeros de servicio son FTP-75 y NEDC que se utilizan en los

Estados Unidos y los procedimientos de ensayo europeos, respectivamente (Pathak, 2016)

Tabla 1

Límites máximos de emisiones de motores a gasolina.

Categoría	**50,000 millas / 5 años**			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	Nox g/mi
Vehículos de pasajeros 2000 lbs	3,4	0,41	0,25	0,4
LLDT, LVW menor 3750 lbs	3,4	*	0,25	0,4
LLDT, LVW mayor 3750 lbs	4,4	*	0,32	0,7

Fuente: (NTE INEN 2204)

Gráfica Potencia Torque Consumo

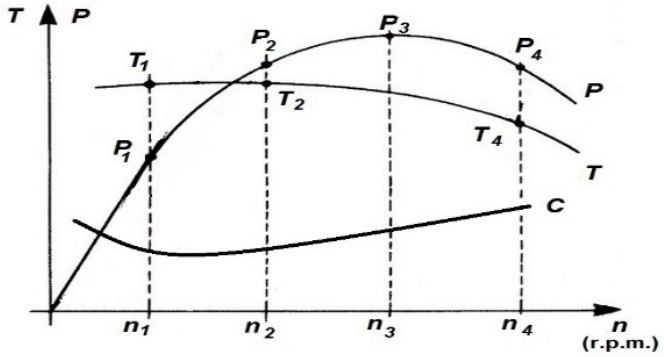
Curva de Par motor: Intuitivamente se entiende que la fuerza (F) que produce el par motor es una fuerza variable, que en el caso de un motor de 4T es máximo en el momento que se produce la combustión de la mezcla y su posterior expansión en el cilindro, siendo negativa, esto es, no genera par motor en las demás fases (expulsión de gases, aspiración o llenado y compresión de la mezcla). En consecuencia, la curva de par, que debería ser una recta horizontal, se convierte en una curva, con un tramo central casi recto que proporciona el máximo par. (Galbarro, 2008)

Curva de potencia: La potencia que puede ofrecer un motor de combustión interna aumenta conforme sube de régimen de giro. En estas condiciones, aunque se acelere más la velocidad del motor, éste no es capaz de entregar más potencia dado que la curva entra en su tramo descendente. El límite máximo de revoluciones a la que puede girar el motor lo está, establecido por las propias limitaciones de los elementos mecánicos que lo constituyen. (Mendoza, 2016)

Curva de Consumo: En general, la curva de consumo específico suele seguir un comportamiento inverso a la curva del par, es decir, en las condiciones de par máximo se consigue un consumo específico mínimo. (Galbarro, 2008)

Figura 1.

Curva de potencia-par-consumo



Fuente: (Suarez, 2007)

Consumo.

El consumo específico se define como el caudal de combustible que consume el motor por la potencia que proporciona el mismo. El consumo específico se mide en "g/kWh". El consumo específico proporciona información sobre el rendimiento del motor. Cuanto menor sea su consumo específico, mejor es su rendimiento. El rendimiento de un motor indica la proporción de energía útil empleada en mover el vehículo de la total obtenida con la combustión en el motor. (Llanes & Peralta, 2018)

En los mejores motores de gasoil, este rendimiento apenas supera el 40%, mientras que en los motores de gasolina se queda por debajo del 35%. Las causas de este rendimiento tan bajo en los vehículos actuales son debidas, entre otros factores, a que se emplea gran parte de la energía producida en el motor en aspectos como vencer la resistencia a la rodadura del vehículo sobre la carretera (rozamiento del neumático con el asfalto), pérdidas en la cadena de transmisión (embrague, caja de cambios, cojinetes), consumo de elementos auxiliares del vehículo como los sistemas de aire acondicionado. (Gaviria. Enríquez, 2016)

Huella de Carbono.

La Huella de Carbono (HdC), definida en forma muy general, representa la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios (Pandey et al., 2010; Wiedmann, 2009) En los últimos años se han desarrollado varias otras herramientas de cuantificación y metodologías para determinar el nivel de emisiones de GEI de

individuos, organizaciones y unidades administrativas o territoriales, empresas y hasta de unidades de servicio (Hertwich y Peters, 2009).

Para el cálculo de las emisiones producidas por un automotor, es necesario definir los factores de emisión de CO_2 que producen, para ello se define el tipo de energía que hace mover al vehículo, puede ser gas GLP, gasoil, gasolina y hasta eléctrico. (Ministerio para la transición ecológica, 2017) Para poder calcular la huella de carbono de un vehículo lo primero que se debe saber es el consumo que este vehículo genera en periodos normales de trabajo, de igual manera se debe saber qué tipo de combustible utiliza, para finalmente obtener el consumo en un tiempo determinado. El cálculo de las emisiones es directo, multiplicando los gramos de CO2 emitidos por litro por el consumo de combustible administrado en los kilómetros recorridos. (Ministerio para la transición ecológica, 2017)

Ecuación 1. *Relación de combustión ideal.*

La relación de combustión ideal esta dado por:

Gasolina + Oxigeno $\rightarrow$ Dióxido de carbono + Agua + Gasolina (pura) 100% O_2 + CO_2 + H_2O

Igualando la ecuación: $16CO_2 + 18H_2O \rightarrow 2C_{(8)}H_{18} + 25O_2$

Ecuación 2. *Huella de carbono*

$$GEI := \varepsilon \cdot Consumo$$

Donde:

£ = Factor de emisiones en kg CO_2 / L

Consumo = Consumo de combustible en un tiempo y recorrido determinado

Acciones anticontaminantes en los vehículos.

Desde 1988, cuando se instauró la primera normativa euro 0, el sector automotriz ha conseguido sacar al mercado vehículos mucho más limpios. Esto ha sido posible, gracias a los sistemas de reducción de emisiones. El futuro se presenta prometedor, medioambientalmente hablando, pero complejo desde el punto de vista del sector del automóvil. Aún no se conocen los límites que marcará la normativa Euro 7, que prevé su entrada en vigor para 2025. Sin embargo, sí está claro que será una

normativa que dará un paso importante en el camino hacia la eliminación de los motores de combustión prevista para el año 2035. (Francisco, 2016)

Vehículos con nuevas energías de accionamiento

La creciente conciencia ambiental define que los automóviles híbridos y eléctricos presentan grandes ventajas para el medio ambiente en disminuir gases nocivos y combatir la contaminación atmosférica, evitando que se libere monóxido de carbono (CO) (Carlos Ramírez, 2022). Así es como el vehículo eléctrico, llamado a desempeñar un doble papel, reduciendo las emisiones de gases, tanto de efecto invernadero como tóxicos para la salud, y por otra parte, como herramienta para contribuir a la gestión de la red eléctrica. Las energías renovables tienen un aliado en el vehículo eléctrico, ya que puede absorber a través de las baterías eléctricas la generación eólica nocturna en horas en las que la generación supera a la demanda (Cargacar, 2021).

MATERIALES Y MÉTODOS

El método a utilizar en esta investigación será inductivo/deductivo debido a que el método inductivo proporciona una exploración detallada de los datos, mientras que el método deductivo da una evaluación rigurosa de las hipótesis y conclusiones establecidas a partir de esos datos, ambos métodos son estrategias que permitirán que la investigación llege a una conclusión especifica durante toda la investigación ya sea iniciando de lo particular a lo general o viceversa. La utilización de ambos métodos mejora el rigor científico del artículo debido a que el método inductivo/deductivo, analiza a profundidad la calidad y el rigor de la investigación, además de aumentar la precisión de los resultados y permitir una perspectiva más en el análisis de la huella de carbono y el consumo de combustible.

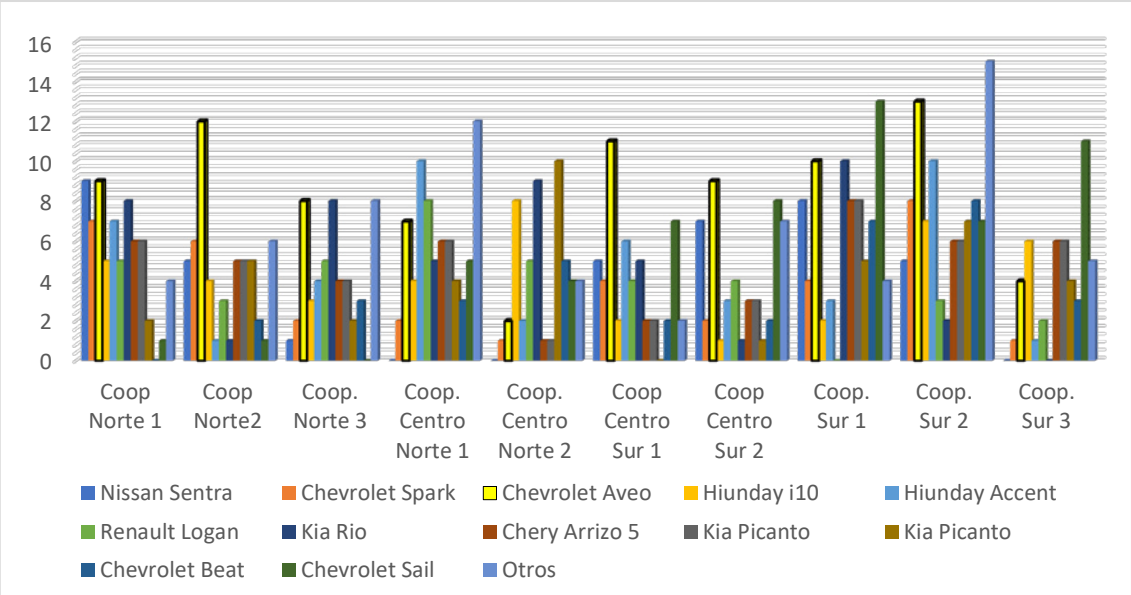
Vehículo a Utilizar

El vehículo seleccionado para el desarrollo de la investigación, es el un vehículo de fabricación coreana, muy utilizado para bridar el servicio de taxi en el DMQ. Su tiempo de vida útil al recorrer 50000 km al año antes de reparar el motor, es de aproximadamente 5 años, (Carburando. 2017). En general el modelo de este vehículo es muy utilizado como un vehículo utilitario de trabajo en la ciudad de Quito, teniendo en cuenta la investigación de campo hecha en 10 cooperativas de la capital del país, se pudo determinar que 1.45 de cada 10 de los automóviles que están en la lista de servicio

de dichas cooperativas son Aveo Emotion, dándonos un total de 85 vehículos (Fuente Propia). Según el informe de la SCPM del 2017 un total de 16.023 unidades que contempla el 54.6% son taxis legalmente constituidos en la ciudad de Quito, con un total de 283 operadoras legales que prestan el servicio (Super Intendencia de Control del Poder y Mercado. 2019). Teniendo un total aproximado de 2405 vehículos Aveo Emotion circulando como taxi legal en Quito.

Figura 2.

Cooperativas de servicio de Taxi DMQ



Fuente: Autores 2023

Medir la huella de carbono de este vehículo puede ser útil para entender la contribución de contaminación de este automotor en el DMQ a 2800 metros a nivel del mar, para en un futuro tomar medidas para reducir su impacto ambiental. Las especificaciones del vehículo son las siguientes: motor 1.6 litros, 4 cilindros en línea, manual de 5 velocidades, con una capacidad de combustible de 45 litros y un consumo de combustible de 9.5 km/l en ciudad y 14.3 km/l en carretera, siendo un vehículo tipo M1, el peso del vehículo es de 1.6 TON, más 200 kg de carga aproximadamente entre piloto, 2 copilotos y el equipo.

Figura 3:

Vehículo de pruebas

Fuente: Autores, 2023

Combustible

La norma NTE INEN 1565 establece los requisitos para el octanaje, contenido de azufre, contenido de plomo, contenido de oxígeno, contenido de etanol, densidad y poder calorífico de la gasolina extra comercializada en Ecuador. Estos requisitos están diseñados para garantizar que la gasolina comercializada en el país sea segura para su uso en vehículos utilitarios y cumpla con los estándares ambientales. (INEN, 2013)**.** Para la medición del consumo y la huella de carbono se usará gasolina extra. A continuación, se presenta una tabla de especificaciones de la gasolina extra en Ecuador, según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1565:

Tabla 2.

Especificaciones de la gasolina Extra del Ecuador

Especificación	**Unidad de medida**	**Valor típico**
Octanaje	(RON)	87
Contenido de azufre	(ppm)	Menos de 50
Contenido de plomo	(ppm)	No contiene
Contenido de oxígeno	Porcentaje en volumen	2.7 - 3.5
Contenido de etanol	Porcentaje en volumen	Menos de 10
Densidad	kg/m^3	715 - 730
Poder calorífico	MJ/kg	42.6

Fuente: (Medina, 2019)

Ecuación 1. *Ecuación estequiométrica de la combustión ideal*

Ecuación estequiométrica de la combustión ideal:

$$16CO_2 + 18H_2O \rightarrow 2C_{(8)}H_{18} + 25O_2$$

Sistema de Aire Acondicionado A/C

El Chevrolet Aveo Emotion salió de fábrica con dos opciones de aire acondicionado: aire acondicionado manual y aire acondicionado automático. El aire acondicionado con el que cuenta el vehículo para el desarrollo de pruebas es manual, debido a que es el sistema más básico y económico, en el que el usuario debe ajustar manualmente la temperatura y la intensidad del flujo de aire. El tipo de gas que utiliza el aire acondicionado es el gas refrigerante R-134a. Este gas es ampliamente utilizado en la industria automotriz debido a su bajo impacto ambiental y su eficiencia en la refrigeración de los sistemas de aire acondicionado. (GlobalEcuador CIA. LTDA, 2021).

Normativa

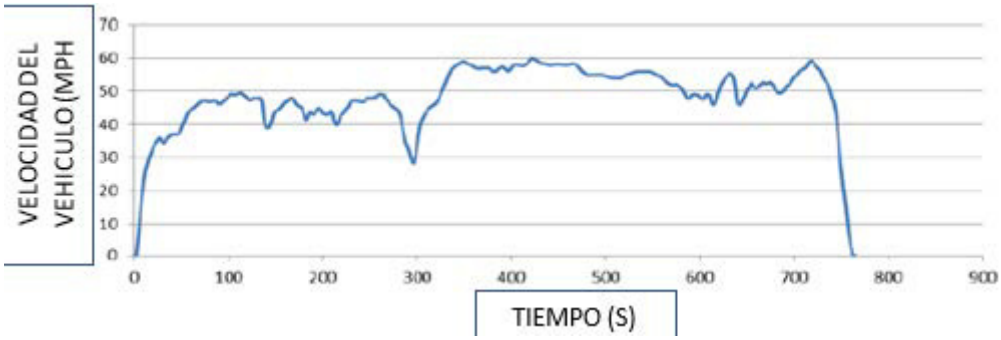
Los organismos más importantes que han desarrollado técnicas para evaluar el control y la reducción de las emisiones de un vehículo son: la comunidad europea "Europe Community CE" y la agencia de protección ambiental de los EEUU "EPA", ellos junto a la asociación de compañías automotrices SAE "Society of Automotive Engineers", han establecido procedimientos y pruebas de evaluación para las emisiones contaminantes y consumo de los motores. La velocidad las revoluciones y la temperatura de operación son factores importantes para hallar el valor del consumo de combustible de un automotor, pero la velocidad y las revoluciones es el factor más importante. (Quinchimbla & Solis, 2017).

Existen dos tipos de pruebas, la primera son las modales que son ciclos constantes en lapsos de tiempos determinados y controlados en laboratorio y la segunda son transitorios ciclos de conducción reales donde la velocidad y revoluciones varía en cada segundo (Fotouhi, 2012). Para determinar el consumo del vehículo se utilizará pruebas transitorias reales las cuales permitirán medir el consumo con dos factores principales del estudio, el primer factor es la activación del aire acondicionado y el segundo es la altura en el DMQ. Estos factores alteran el rendimiento del motor por tanto también alteraran el consumo del mismo. El ciclo transitorio para desarrollar las

pruebas es el ciclo HWFET “Highway Fuel Economy Cycle” para la conducción en carretera.

Figura 4.

Ciclo HWFEC



Fuente: (Charlie & Román. 2013).

Es un ciclo de conducción utilizado para evaluar el rendimiento y la eficiencia de los vehículos en condiciones de conducción en carretera. Consiste en una distancia de 16,503 km, con una duración de 0:12:45 min a una velocidad de 67,8 km/h. **Fuente:** (Charlie & Román. 2013).

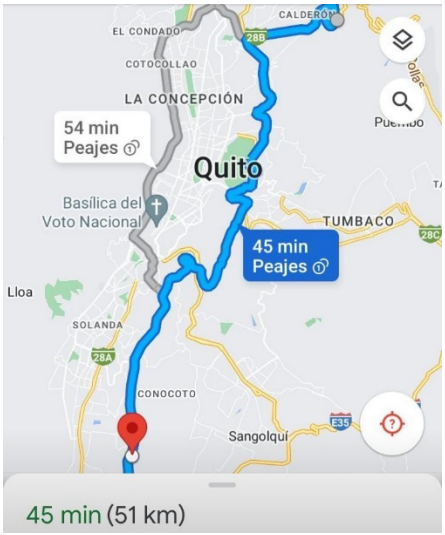
Ruta DMQ

En el Ecuador ya existen estudios de rutas de ciclos combinados para determinar las emisiones y consumo en vehículos livianos y gasolina en la ciudad de Quito, Estas pruebas tienen como objetivo determinar las emisiones contaminantes como el NOx, CO2 y los HC, y el consumo de combustible. Estos estudios determinaron que la velocidad promedio de un vehículo en Quito es de 26.1 km/h, valor que es menor al estandarizado en la HWFEC de 67.8 km/h, (Molina & Muñoz. 2006); así que la ruta escogida para hacer el estudio será una donde la afluencia vehicular este acorde a los parámetros promedio de la misma.

La hora de salida fue a las 5h45 de la mañana, donde se determinó que en este caso la velocidad y la afluencia de vehículos no será un inconveniente, ya que la prueba se realizará en la avenida perimetral Simón Bolívar del DMQ, Esta ruta escogida cumple con los parámetros del ciclo establecido, donde se recorrerá 100 km en aproximadamente 120 minutos a una velocidad entre los 60 km/h y 80 km/h.

Figura 5:

Ruta establecida



Fuente: GPS (Autores, 2023)

Equipos de Medición

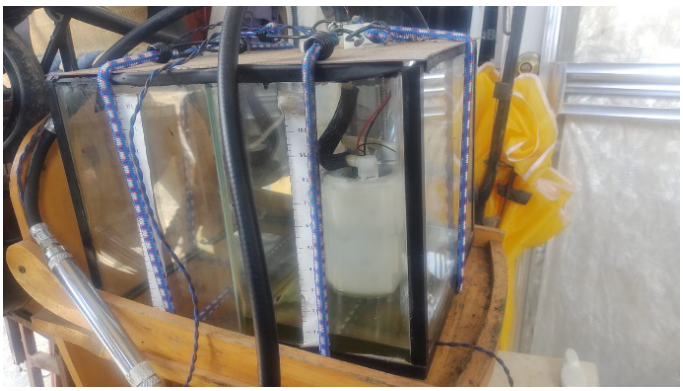
Los instrumentos y las diferentes técnicas para la medición y obtención de datos de estos ciclos están detallados por varios estudios a nivel mundial, y estos estudios considera varias variables para la obtención del consumo y emisiones, las principales son: La velocidad media medida en km/h, la aceleración medida en m/s^2, desaceleración en m/s^2 entre otros (Acevedo, Benalcazar, & Osses, 2012). En este estudio hay dos datos constantes, las pruebas se realizarán con el aire acondicionado al máximo, y a una altura de los 2800 metros al nivel del mar, y de igual manera se necesitará monitorear parámetros fundamentales como son la velocidad media, las RPM, Temperatura de funcionamiento, el consumo, caudal, Velocidad máxima en cada ruta y Velocidad mínima en cada ruta. La técnica para hallar los datos será On-Board. Donde los instrumentos de medición estarán a bordo del vehículo de prueba.

Existen pocos métodos para obtener el consumo de combustible en ruta, ya que la mayoría de pruebas de consumo están hechas en un dinamómetro de chasis y son pruebas simuladas en laboratorio para determinar dicha variable. Estas pruebas suelen tener diferentes cargas y diferentes parámetros para simular las condiciones reales (Castañeda, 2010). Existe de igual manera instrumentos especializados para este fin, como lo son sensores externos, scanners de marcas y modelos de autos específicos, que son costosos. (Murillo, 2018). Una de las mejores formas de obtener el consumo de un vehículo en forma real y optimizando recursos, son tanques externos y hasta canister,

donde el instrumento es conectado en los canales de envío y retorno de combustible, reemplazando así el tanque por uno casero, y dándonos un valor de la variable real.

Figura 6.

Medidor de Combustible

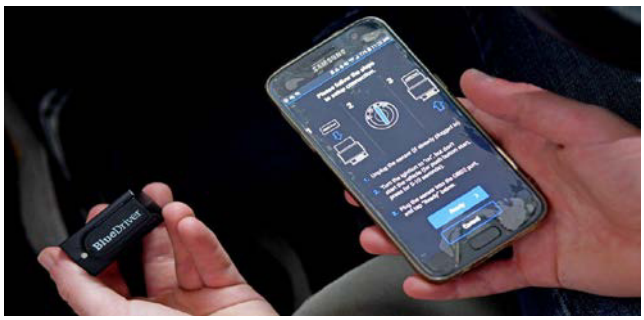


Fuente: (Autores, 2023)

Para la obtención de los parametros fundametales como las revoluciones, la temperatura de funcionamiento entre otras, se utiliza un snanner elm327,con la ISO 1423-04 de igual manera para establecer la distancia, velociad media, tiempo de recorrido la velocidad máxima y mínima. Tambien se usará un GPS para establecer la ruta la distancia y la temperatura del habitaculo. Con esto se tiene un valor acertado de nuestras variables, y la huella de carbono contribuida por el vehículo será un valor muy aproximado al real. Queda establecido que las pruebas se realizaran a 2800 metros y el A/C al máximo y con el A/C apagado en ruta de carretera con el ciclo de conducción HWFET.

Figura 7:

Scanner ELM327



Fuente: *(Autores, 2023)*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se observa los parámetros iniciales para el desarrollo de las pruebas. Además, se muestran valores iniciales de la temperatura ambiental a la que se estableció las pruebas, peso del vehículo, el recorrido, tiempo y tipo de combustible con su respectivo octanaje:

Tabla 3.

Valores iniciales con el climatizador en su máximo nivel y apagado.

Pruebas	Temperatura ambiental (°C)	Peso del vehículo (kg)	Recorrido (km)	Tiempo (min)	Combustible extra (RON)
Prueba 1 sin A/C	20	1085	100	118	85
Prueba 2 con A/C	24	1085	100	121	85

Fuente: (Autores, 2023)

En base a los parámetros iniciales se muestra la siguiente tabla con los resultados obtenidos de consumo de combustible en las diferentes pruebas en el vehículo tipo M1. En la tabla se detalla el consumo de combustible obtenido al final de cada prueba, el consumo total al recorrer los 100 km, el porcentaje de diferencia de consumo de combustible y el porcentaje del aumento de combustible, cuando está encendido el climatizador. Se obtuvo un consumo de 48.52 km/galón con el A/C encendido

Tabla 4.

Resultados obtenidos de consumo de combustible.

Prueba	Consumo de combustible km/galón	Consumo total de combustible Litros	Consumo real con medidor de consumo de combustible Litros	Porcentaje de diferencia de consumo de combustible	Porcentaje del aumento de combustible con A/C
Prueba 1 con A/C	48.52	7.8	8	**2.5%**	**7.7%**
Prueba 2 Sin A/C	52.56	7.2	7.5	**4%**	

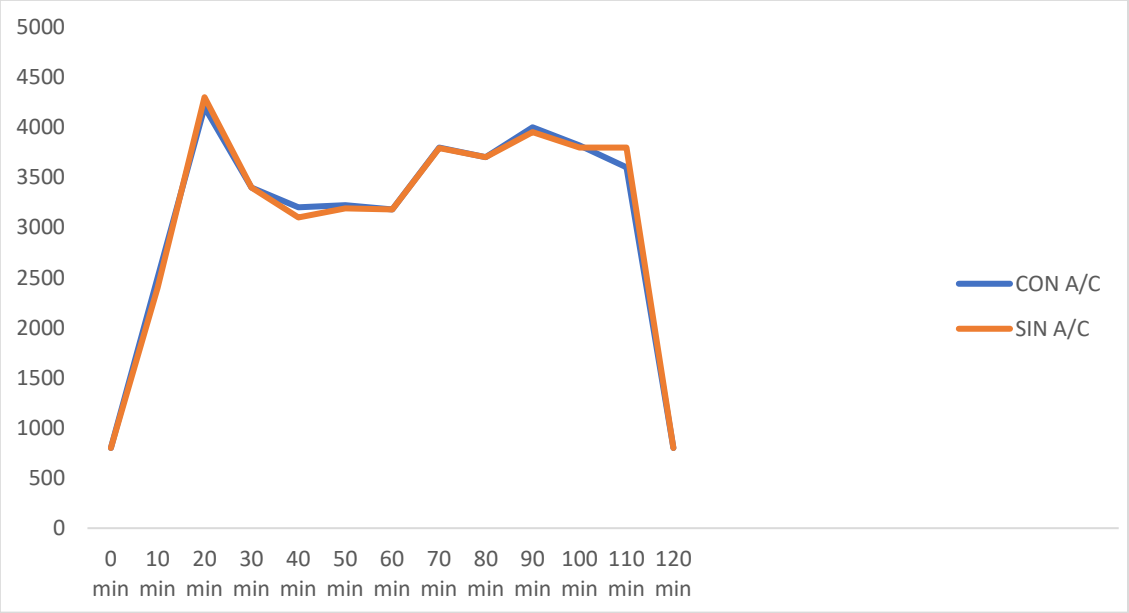
Fuente: (Autores, 2023)

En las siguientes figuras 8,9 y 10 se observa la comparación de parámetros en referencia al consumo de combustible en las diferentes pruebas realizadas en carretera, los valores presentados a continuación sobre revoluciones (RPM), velocidad (Km/h) y consumo de combustible (L) se encuentran en el eje Y en función del tiempo en el eje X. Los cuales muestran el incremento de consumo de combustible al estar encendido el climatizador en su máximo nivel, debido a que el funcionamiento del mismo presenta una carga adicional al motor, por lo cual existe una leve disminución del rendimiento de combustible.

En la figura 8 se muestra las revoluciones del motor, siendo el pico más alto 4300 RPM y el pico más bajo las 800 RPM de las dos pruebas. Los diferentes picos mostrados en la figura hacen referencia a la geografía de la ruta, debido a que en las pendientes que sean más inclinadas, el vehículo deberá hacer un esfuerzo mayor, lo que provocara que el mismo se revolucione.

Figura 8:

Revoluciones del motor con y sin A/C

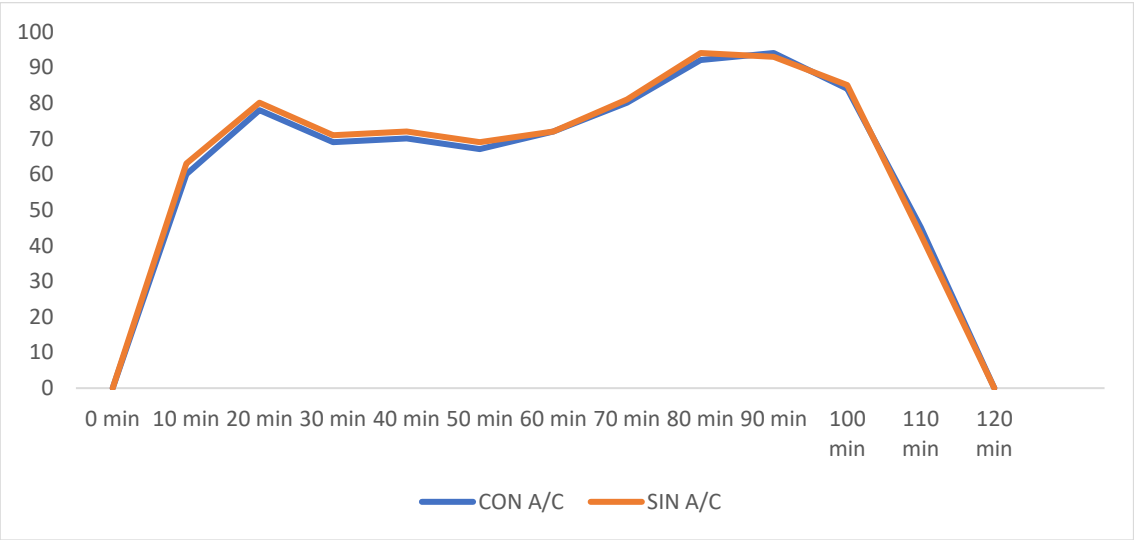


Fuente: (Autores, 2023)

En la figura 9 se muestran los valores de velocidad a los cuales estuvo sometido el automotor siendo el pico más alto 94 km y el pico más bajo 0 km en las dos pruebas. El pico más alto se muestra debido a que la trayectoria conto en su mayoría con amplias vías, y el pico más bajo muestra el inicio y el final del recorrido.

Figura 9:

Velocidad del automotor con y sin A/C.

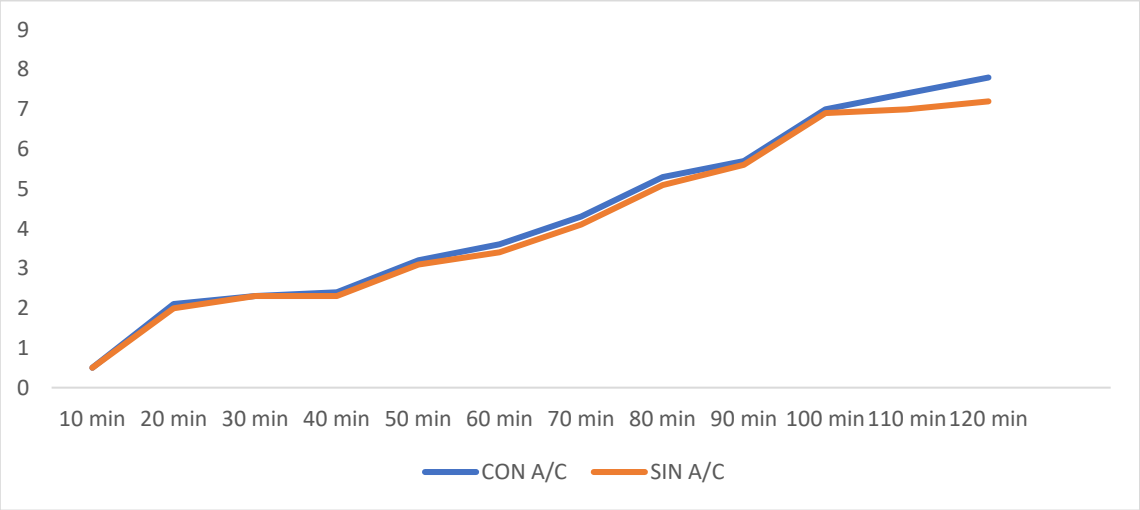


Fuente: (Autores, 2023)

En la figura 9 se muestra el consumo de combustible aplicado a las dos pruebas desarrolladas, las cuales al estar a 60 minutos de trayectoria haciendo referencia a 50 km de recorrido presentan un consumo de 3,6 litros al estar encendido el climatizador y 3,4 cuando el climatizador esta apagado. Por ende, al estar respectivamente a 118 min, y 121 minutos que equivalen a 100 km su consumo final es de 7,8 litros al estar encendido el climatizador y 7,2 cuando el climatizador se encuentra apagado, esto se debe a que se genera una carga adicional cuando se enciende el sistema de climatización.

Figura 10:

Consumo de combustible con y sin A/C.



Fuente: (Autores, 2023)

En promedio, el uso del aire acondicionado en carretera aumenta el consumo de combustible en un rango aproximado de 5% a 15%, dependiendo de las condiciones ambientales, la eficiencia del sistema de aire acondicionado y la velocidad de conducción. (Gaviria. Enríquez, 2016) Esta estimación varía según el modelo y el estado del vehículo. El vehículo tipo M1 además de ser utilizado para uso familiar, es utilizado para brindar servicio de taxi, y está en funcionamiento durante largos períodos de trabajo, y el uso del aire acondicionado es esencial para brindar comodidad a los pasajeros, esto provoca que aumente la carga de vehiculo por el uso del A/C, y su consumo de combustible aumenta, que es este caso fue de un 7.7% más que el utilizado sin utilizar el A/C.

Análisis de Huella de Carbono.

Según la ISO 14064 el factor de conversión para el cálculo de los GEI para la gasolina de un vehículo liviano tipo M1 es de 2.18 kg.CO_2 / litro. (Ministerio para la transición ecológica de España, 2017). Pero este factor de emisión es para gasolina de 95 octanos.

Cálculo de GEI del Vehículo a prueba por un periodo establecido

El tiempo del cálculo será mensual, anual y un periodo de 5 años, que es el tiempo promedio de vida útil sin reparaciones del motor de un vehículo echo para el servicio de taxi. El combustible a utilizar es la gasolina de 85 octanos con un factor de emisión de 2.361 kg CO_2 / L, y la respuesta está en Ton de CO_2 / tiempo calculado. La fórmula utilizada será la ISO 14064 de España. Esta forma de calcular la huella de carbono garantiza un valor exacto de los GEI emitidos al medio ambiente. La fórmula es la siguiente:

GEI =Consumo en litros*Factor de emisiones kgCO2/ litro(Gasolina)*0.001Ton/kg

Tabla 5

Cálculo huella de carbono con A/C

			Con A/C			
Tiempo	**Fuente**	**Combustible**	**Factor de emisiones CO2**	**Recorrido km**	**Consumo litro**	**GEI TONCO2 / Tiempo**
Mensual	Vehículo	Gasolina	2,361 kg CO2/L	3287,67	256,44	0,605
Anual				40000	3120	7,366
5 años				200000	15600	36,832

Fuente: (Autores, 2023)

Tabla 6

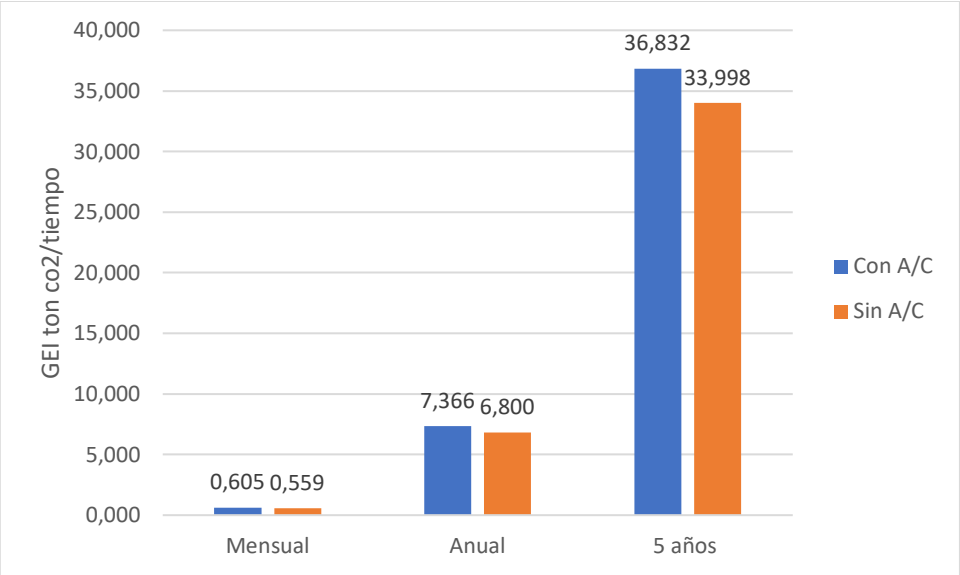
Cálculo huella de carbono sin A/C

Sin A/C						
Tiempo	**Fuente**	**Combustible**	**Factor de emisiones CO2**	**Recorrido km**	**Consumo litro**	**GEI TONCO2 / Tiempo**
Mensual	Vehículo	Gasolina	2,361 kg CO2/L	3287,67	236,72	0,559
Anual				40000	2880	6,800
5 años				200000	14400	33,998

Fuente: (Autores, 2023)

Figura 11.

Diferencia de GEI con A/C y sin A/C



Fuente: (Autores, 2023)

En la tabla 6 y en la figura 11 se observa los GEI emitidos por el vehículo de prueba, estos resultados son dados por un consumo anual de 40000 km. Un taxi promedio recorre unos 50000 km al año dando un promedio de 136.89 kilometros por día. En las pruebas se recorrio un total de 100 km lo que representa un promedio de 36500 kilometros anuales. Indicando una media que se redondeo en los 40000 km.

El vehiculo de prueba genera un total de 36.832 toneladas de CO_2 al medio ambiente en un periodo de 5 años con una gaolina de RON 87, con el sistema de aire acondicionado encendido. De igual manera genera un total de 33..998 toneladas de CO_2

con el aire acondicionado apagado, dando una diferencia de 2.833 toneladas de CO_2 a los 5 años de vida servicio del vehículo.

Si estos resultados los analizamos con el promedio aproximado del total de vehículos Aveo que trabajan legalmente en el DMQ, que son 2405, se dice que este modelo de vehículo genera en la capital un total de 17.715.999 toneladas de CO_2 al años y un total de 88.579.998 toneladas de CO_2 a los 5 años.

Las emisiones de CO_2 establecidos por el fabricante en la ficha técnica del vehículo es de 415 kg CO_2 / mes, en condiciones ideales sin A/C, da un valor muy aproximado ya que en los datos obtenidos se generan un total de 559 kg de CO_2 por mes, sin A/C.

CONCLUSIONES

Un estudio realizado por la AEDAE muestra que la mayoría de usuarios prefieren vehículos con aire acondicionado, y más aún si se lleva a cabo un servicio de taxi, para poder brindar un servicio y viaje placentero tanto para el usuario y el cliente. Los incrementos de combustible y las emisiones que estos generan han sido el mayor problema al momento de adquirir un vehículo, y en el Ecuador los precios del combustible están en alza, esto ocasiona que el usuario promedio invierta más dinero debido al incremento de precios de combustible.

Las pruebas realizadas muestran que existe un incremento de combustible del 7.7% cada 100 kilometros al estar encendido el climatizador en su máximo nivel, debido a que el funcionamiento del mismo presenta una carga adicional al motor. De igual manera se tiene un incremento de 144 kg de CO_2 al mes, con respecto a las emisiones normales del vehículo sin A/C. Y se obtiene una diferencia de 46 kg de CO_2 al mes del vehículo analizado, con A/C encendido.

Es importante considerar que los GEI, no solamente formará CO2 y Agua, se generarán otras emisiones contaminantes y además puede ocurrir otras circunstancias que van a disminuir la eficiencia y por tanto se incrementará el consumo de combustible y aumentará los GEI a la atmósfera. De igual manera la altura y el bajo octanaje de la gasolina, hará que exista una mayor emisión de CO_2 al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Mario L. Ruz, S. F. (2014). SUPERVISIÓN, MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA. *Comité Español de Automática de la IFAC (CEA-IFAC)*, 3.

Castañeda, J. E. (2010). *Evaluación del uso de aire acondicionado Automotriz en el rendimiento mecánico y.* Quito: Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas SEK.

Jácome, E. (13 de Noviembre de 2016). No usar aire acondicionado en taxis causa molestias a los quiteños. *El Comercio*, pág. 6.

Mogro, A.E. y Ignacio Huertas, J., 2020. Impact of the vehicle air conditioning on fuel consumption under real-world conditions. 2020 IEEE ANDESCON, ANDESCON 20202020. . S.l.: s.n., DOI 10.1109/ANDESCON50619.2020.9272041.

Jácome, E. (2016, Noviembre 13). No usar aire acondicionado en taxis causa molestias a los quiteños. *El Comercio*, p. 6.

Palacios, E., & Ezpinoza, C. (2014). Contaminación del aire exterior. Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca., 32(2), 6-17

Boletín de la ANMM. La contaminación del aire y los problemas respiratorios. Rev Fac Med (México). 2015

Academia Nacional de Medicina. ANMM. (2014) Enfermedades pulmonares inducidas por medicamentos y drogas. Boletín de Información Clínica Terapéutica.

Ministerio del Ambiente. Plan Nacional de la Calidad de Aire. Ecuador: Ministerio del Ambiente ;2010. http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf

Murillo, M. S. (2018). Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, vol.10 no.2.

Lapuerta M., Armas O., R. J., Sanchez C., Estudio de la altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna Parte1: Funcionamiento, Inf. Tecnológica, ISSN 0719-0764, (2016)

Pathak, S. K., Sood, V., Singh, Y., y Channiwala, S. A. Real world vehicle emissions: Their correlation with driving parameters, Transport and Environment, 2016

Galbarro, H. R. (2008). *Ingemecánica* . Sevilla - España: Barriada de la Paz, 6, 1º izda.

Carburando, R. (14 de Julio de 2017). Aire acondicionado, una comodidad que cuesta. *El comercio* , pág. 8.

Llanes-Cedeño, E., Rocha-Hoyos, J., Peralta-Martínez, P., & Celi, S. (2018). Project-based learning case of study education in automotive mechanical engineering. Revista ESPACIOS, 39(25).

Gaviria-Ríos, Jorge Enrique, Mora-Guzmán, Jorge Hernán; Agudelo, John Ramiro (2002), "Historia de los motores de combustión interna", Revista Facultad de Ingeniería, 26, pp. 68-78

Padgett, P., A. Stenemann, J. Clarke y M.A. Vanderbergh. A Comparison of Carbon Calculators, Environmental Impact Assessment Review, 28, 106-115 (2008).

Hertwich, E. y G. P. Peters. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. Environmental Science & Technology, (2009).

Ministerio para la transición ecológica. (2017). GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN. *NIPO 280-14-241-8*, 14-52.

CARGACAR. (21 de Diciembre de 2021). *CARGACAR Energías Renovables*. Obtenido de https://cargacar.com/noticias/energias-renovables

Carlos Ramirez, K. V. (30 de Junio de 2022). dspace. Obtenido de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22798/1/UPS-GT003819.pdf

Moreno, Francisco (2016), Vehículos Eléctricos. Historia, Estado Actual y Retos Futuros 2016;23(5):7-8.

Ministerio del Ambiente. Plan Nacional de la Calidad de Aire. Ecuador: Ministerio del Ambiente ;2010. http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf

GlobalEcuador CIA. LTDA. (2021). *Global Ecuador CIA. LTDA*. Obtenido de https://www.globalecuador.com.ec/producto/refrigerante-r134a/

Quinchimbla , F., & Solis, J. (2017). Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo otto en el DMQ. *Escuela Politécnica Nacional*.

Fotouhi. (2012). Tehran driving cycle development using the K-means clustering method. *Scientia Iranica*, 283-293.

Acevedo, Benalcazar, & Osses. (2012). Construcción de ciclos de conducción de Bogotá para la Estimación de factores de Emisión Vehiculares y Consumo deCombustible . *Universidad Nacional de Colombia*, 96-101.

Murillo, M. S. (2018). Impacto de la contaminación atmosférica en dos principales ciudades del Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, vol.10 no.2.

NORBEY, B. R.-R. (2022). *ANÁLISIS DEL CONSUMO ADICIONAL DE COMBUSTIBLE QUE GENERA EL USO DEL AIRE ACONDICIONADO A LOS USUARIOS EN VEHÍCULOS LIVIANOS EN UNA*

RUTA EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA. Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECÁNICA.

Bielaczyc, Woobum & Szczotka, (2016). Exhaust Emissions of Gaseous and Solid Pollutants Measured over the NEDC, FPT-75 and WLTC Chassis Dynamometer Driving Cycles. SAE International doi: 10.42712016.01.1008

Charlie & Romain (2013). Car-Engineer. Obtenido de http://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/

ANEXOS

Anexo Introducción

Anexo 1. Datos de la Fundamentación del problema – Importancia y Justificación

No usar aire acondicionado en taxis causa molestias a los quiteños

El taxi de Galo Almeida tiene aire acondicionado y lo usa regularmente. Foto: Patricio Terán/ EL COMERCIO.

Es una difícil decisión: soportar un **calor** sofocante mientras se viaja en el interior de un **taxi** o bajar la ventana para que entre el **viento**, y traiga consigo el esmog de los buses y autos que circulan cerca.

Solo quien ha transitado al mediodía por las angostas calles del **Centro Histórico**, los túneles o la Necochea, donde el pesado **tráfico** hace que todo parezca pasar en cámara lenta, sabe que el sol de la capital es capaz de convertir un **auto** en un verdadero sauna.

El dilema se da, sobre todo, cuando se viaja en taxis que no cuentan con **aire acondicionado**. El martes, en la av. Mariscal Sucre, de 12 unidades ninguna contaba con el sistema para refrescar. Al consultar a los **conductores** sobre por qué no lo usan, las respuestas fueron similares: "Es muy costoso", "el carro es básico", "el dueño prefirió ahorrarse"...

El **problema** es ese: un taxi equipado cuesta más y las personas prefieren economizar.

Galo Almeida, presidente de la cooperativa de taxis ejecutivos Pueblo Blanco, cuenta que hasta el 2012, las **unidades exoneradas** a las que podían acceder los taxistas no venían con aire acondicionado ni con airbag, lo que abarataba el **costo**.

Es a partir de ese año, gracias a un acuerdo con la Agencia Nacional de Tránsito, que las concesionarias pudieron ofrecer autos equipados al gremio.

Joselo Yáñez, quien maneja un **taxi** ejecutivo, dispone del sistema, pero lo usa únicamente cuando el **calor** es excesivo, ya que afecta sus **vías respiratorias**, y aumenta, aunque no significativamente, el consumo del **combustible**, lo que a la larga termina por sentirse en su **bolsillo**. Cada día tanquea USD 12 y como prefiere que le rinda hasta el último centavo, opta por colgar la franela en la puerta y bajar la ventana.

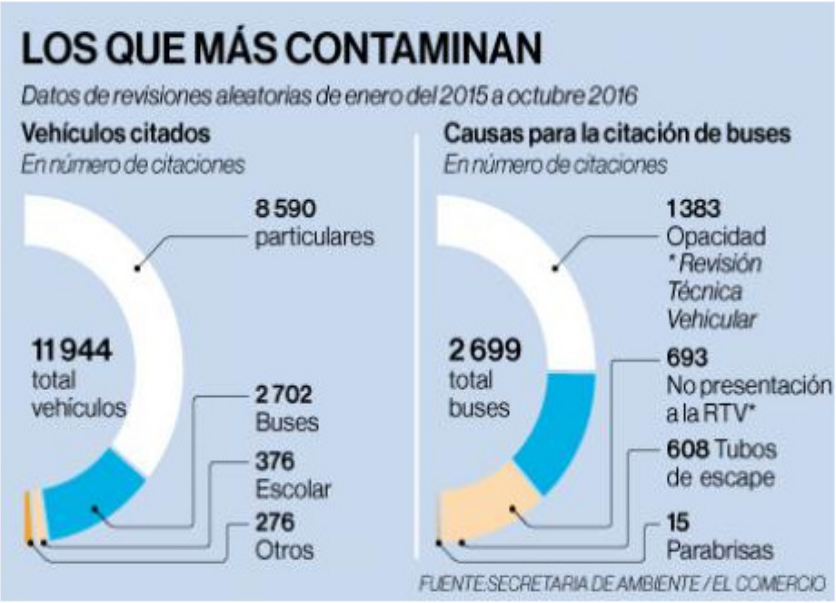
Jesús Gómez, asesor técnico de Aneta, explica que cuando la **temperatura** exterior es de 25°, el aire reduce el **rendimiento** del **combustible** en un 12%, debido a que baja la potencia del **vehículo** y obliga al conductor a acelerar más.

Así, cuando se circula en la **ciudad**, en vías congestionadas, es mejor no encender el aire para economizar combustible. Lo contrario ocurre si se viaja en **carretera**: si se abren las **ventanas**, el viento creará resistencia y consumirá más combustible, por lo que allí es mejor encender el aire.

Tragar bocanadas de **esmog** tampoco es saludable. Álex Naranjo, miembro de **Acción Ecológica,** explica que a pesar de que la **calidad del aire** de Quito está sobre los niveles permisibles, hay zonas donde aumentan los índices de **contaminación**, especialmente en aquellos sectores donde el motor de los autos se fuerza más.

Pese a que la contaminación del aire que ocasionan los **buses** es visible gracias a las grandes **emisiones** de humo negro que arrojan, los **autos particulares** son los que más daño le hacen al ambiente por ser más numerosos. Un auto lleva en promedio a 1,3 personas, mientras que un bus, a más de 60.

Naranjo explica que un agravante para este problema es el tipo de **combustible** que se usa en el país. Para que sea adecuado, debe tener 50 partes de **azufre** por millón, pero nuestro combustible tiene 300 partes. Cifra alarmante, pero aliciente si se recuerda que antes del 2007 alcanzaba hasta 5 000 partes por millón.



Quienes se ven más afectados por la contaminación son las personas que están en contacto frecuente con ese tipo de **gases**: choferes, policías, vendedores, ciclistas y peatones. Pero a la larga el daño lo recibimos todos. Según Naranjo, los contaminantes viajan a través del **viento** y al estar Quito rodeada de montañas, se acumulan.

Con la intención de reducir la **emisión de gases**, a partir de enero de 2015, la **Secretaría de Ambiente** empezó a realizar controles aleatorios de opacidad, tomando en cuenta que la mayor contaminación viene de la combustión automotriz.

Hasta el mes pasado se inspeccionaron 28 293 **vehículos**. De ellos, 11 944 fueron citados, la mayoría por problemas de opacidad: el 72% fue vehículos particulares, el 23% buses, y el resto escolares y taxis.

Para Naranjo, lo ideal es generar **políticas** que incentiven la reducción del uso de **automóviles**. De nada sirve que los taxis cuenten con aire acondicionado, si a la larga, ese sistema consume más combustible y aumenta emisiones de gases.

No hay ninguna **normativa** que exija al taxista prender el aire acondicionado. De hecho la Agencia Metropolitana de Tránsito nunca ha recibido una **denuncia** sobre este tema. En lo que va del año, se receptaron 307 denuncias: 69 por no usar el **taxímetro**, 56 por tenerlo adulterado y 182 por brindar un mal servicio.

María José Troya, directora de **La Tribuna Ecuatoriana de Consumidores**, explica que la Ley estipula que se deben ofrecer bienes y servicios en términos de calidad y seguridad y, en ese sentido, el servicio de taxis debe ser prestado bajo esos **parámetros**. Al respirar esmog existe una afección y, por lo tanto, hay la posibilidad de dejar una queja por mal servicio si se demuestra que la falta de aire acondicionado merma la calidad del servicio.

ANEXO 2 – Fundamentación de problema – Preguntas de Investigación

Boletín de la ANMM

La contaminación del aire y los problemas respiratorios

Publicado en el Boletín de Información Clínica Terapéutica de la ANMM[a]

Foto: Ruslan Guzov

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es una alteración de los niveles de calidad y pureza del aire debido a emisiones naturales o de sustancias químicas y biológicas.

En el siglo pasado, el aumento masivo de contaminantes atmosférica fue condicionado por el crecimiento económico e industrial, hecho que motivó una disminución en la calidad del aire que causó diversos padecimientos respiratorios en la población, lo que condicionó un problema emergente para la humanidad.

En la actualidad, la contaminación por la combustión de hidrocarburos (gasolinas, gas y diesel), de los automotores es el primer causante de la contaminación aérea en las ciudades de los países industrializados, mientras que las plantas industriales poco eficientes lo son para los países en vías de desarrollo. Sin embargo, no se deben subestimar otras fuentes de contaminación, ya sean de origen natural o bien causadas por el hombre; dentro de las primeras tenemos los desiertos de arena, la sal marina, incendios y ceniza volcánica, los cuales se suman al resto de partículas que contaminan el aire.

El uso de la madera como combustible para calentar el hogar, cocinar o como ornato, es otra fuente de contaminación. Aunque es menos dañina que las de emisiones gaseosas de tipo invernadero.

En algunas zonas, la presencia exagerada de polen y hongos en determinadas épocas del año puede ser considerada como un contaminante.

También existen contaminantes dentro de las instalaciones, como casas, oficinas o escuelas, que es donde los individuos pasan entre 80 y 90% de su tiempo.

Actualmente, se sospecha de decenas de miles de sustancias que pueden ser contaminantes, las cuales actúan en sinergia con otras o bien con factores ambientales, como la temperatura, la humedad, la velocidad del viento, etc., y muy pocos de ellos son monitoreados.

Dentro de las que se producen en sitios cerrados (casa, oficinas, almacenes, etc.), se puede encontrar una combinación de tóxicos químicos, irritantes, como: pinturas, adhesivos, tipo de pisos, productos de limpieza, calentadores y gas de cocina; tóxicos compuestos tales como polvo de pintura de plomo, radón y asbesto, polvos de origen vegetal, excretas animales y humanas y alérgenos.

Aunque el gran culpable es el humo del cigarrillo, el cual con sus 3,000 compuestos identificados hasta la fecha y la producción de más de 5 mil millones de partículas, es sin duda el más importante de los contaminantes relacionados con la actividad humana.

También los cambios de temperatura y presión atmosférica de las ciudades que muestran condiciones climáticas tipo invernadero con altas concentraciones de contaminantes como ozono, bióxido de sulfuro, nitritos y lluvia ácida, entre otros.

ASMA Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La degradación de la calidad del aire causada por uno o más contaminantes, cuyos niveles de concentración y tiempo de exposición puede variar, muchas veces son el origen del asma o sus exacerbaciones.

Al aire libre los niveles elevados de contaminantes se han asociado con un incremento en su incidencia, pero no se ha podido establecer su papel como causante de su aumento, ni de la prevalencia a nivel poblacional.

Estudios recientes han relacionado una mayor prevalencia de asma y sus síntomas sugestivos, ausencias escolares, visitas a urgencias y hospitalizaciones en niños que viven cerca de carretas o caminos con gran afluencia de vehículos, tanto con motores de gasolina, como de diesel, así como el inicio del asma en forma precoz. El estudio europeo APHEKOM (www.aphekom.org) calculó el número de casos de asma y de exacerbaciones agudas causados en niños que vivían cerca de una carretera con altos niveles de tráfico y contaminación. Esta exposición representó el 14% del total de cuadros de asma.

Bajo la hipótesis de que hay una relación causal entre la cercanía del tráfico, la contaminación y el asma, se determinó que en el 15% de todos los episodios de asma los síntomas eran atribuibles a la contaminación del aire. Mientras que en los que vivían lejos de las carreteras, sólo el 2% de los casos y sus síntomas fueron atribuibles a este tipo de contaminación.

[a]Academia Nacional de Medicina. Enfermedades pulmonares inducidas por medicamentos y drogas. Boletín de Información Clínica Terapéutica. 2014;23(5):7-8.
Los artículos publicados en el Boletín de Información Clínica Terapéutica son fruto de la labor de los integrantes del Comité, por ello no tienen autoría personal ni referencias bibliográficas.

ANEXO 3 – Normas INEN gestión ambiental y contaminación

Servicio Ecuatoriano de Normalización

Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 2204
Segunda revisión
2017-01

GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA

4.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 (prueba dinámica)

Toda fuente móvil que emplea gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (THC), hidrocarburos diferentes al metano (NMHC), óxidos de nitrógeno (NOx), en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 2.

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (ciclos americanos FTP-75, g/mi)

	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años[a]			
Categoría	**CO g/mi**	**THC g/mi**	**NMHC g/mi**	**NOx g/mi**	**CO g/mi**	**THC g/mi**	**NMHC g/mi**	**NOx g/mi**
Vehículos de pasajeros	3,4	0,41	0,25	0,4	4,2	-	0,31	0,6
LLDT, LVW < 3750 lbs	3,4	-	0,25	0,4	4,2	0,80	0,31	0,6
LLDT, LVW > 3750 lbs	4,4	-	0,32	0,7	5,5	0,80	0,40	0,97
HLDT, ALVW < 5750 lbs	4,4	0,32	-	0,7	6,4	0,80	0,46	0,98
HLDT, ALVW > 5750 lbs	5,0	0,39	-	1,1	7,3	0,80	0,56	1,53

[a] Vida útil 120,000 millas/11 años para todos los estándares HLDT, THC y LDT.

Abreviaturas:
PBV Peso bruto vehicular
LVW Peso del vehículo cargado (tara + 300 lbs)
ALVW LVW ajustado (promedio numérico de la tara y el PBV)
LDT Camión ligero
LLDT Camión liviano ligero (debajo de 6000 lbs PBV)
HLDT Camión ligero pesado (sobre 6000 lbs PBV)

4.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. (prueba dinámica)

Toda fuente móvil con motor de gasolina no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx), y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la Tabla 3.

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE)

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	Ciclo de prueba
M[a]	-	Todas	2,3	0,2	-	0,15	ECE + EUDC (también conocido como MVEG-A)
N1[b]	I	PR ≤ 1 305	2,3	0,2	-	0,15	
	II	1 350 < PR ≤1 760	4,17	0,25	-	0,18	
	III	1 760 < PR	5,22	0,29	-	0,21	

[a] Salvo los vehículos cuyo peso máximo sobrepase 2500 kg.
[b] Y los vehículos de la categoría M que sobrepasen 2500 Kg.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan los siguientes términos y definiciones:

3.1
año modelo
Año de producción del modelo de la fuente móvil.

3.2
ciclo
Tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuente móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

3.3
ciclos de prueba
Secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

3.3.1
ciclo ECE + EUDC
Ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.3.2
ciclo FTP-75
Ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, que utilizan gasolina.

3.4
dinamómetro
Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

3.5
emisión de escape
Descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido, gaseoso o de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.13
temperatura normal de operación
Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones, la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75 °C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador, esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

3.14
vehículo automotor
Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.15
vehículo prototipo
Vehículo de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

3.16
categoría M
Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

3.17
categoría N
Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.

3.17.1
subcategoría N1
Vehículos motorizados cuyo PBV no exceda de 3500 kg.

NOTA. En lo que respecta a la relación entre el peso de referencia del vehículo y la inercia equivalente que ha de emplearse, conviene conformar las definiciones de los pesos de los vehículos de las clases I, II y III de la categoría N1 con las de la Directiva 96/44/CE.

ANEXO 4 - Objetivos – Justificación

CONTAMINACIÓN DEL AIRE EXTERIOR. CUENCA - ECUADOR, 2009- 2013. POSIBLES EFECTOS EN LA SALUD.

Dra. Elvira Palacios Espinoza

Profesora Principal de la Universidad de Cuenca
Candidata a PhD Universidad Andina Simón Bolívar Quito
Contacto: elvira.palacios@ucuenca.edu.ec

Ing. Claudia Espinoza Molina
Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire urbano ha sido reconocida como un problema de salud pública a nivel mundial, pues se relaciona con problemas de salud de diversa índole, tanto agudos como crónicos, que afectan a grupos vulnerables de la población sobre todo en los extremos de la vida: adultos mayores y niños.

La referencia más antigua en la humanidad sobre la preocupación por temas ambientales viene desde la época de Hipócrates; existen otros reportes aislados en diferentes lugares en el siglo XIII, XIX e inicios del siglo XX sobre contaminación del aire (1).

En 1948, la Asamblea General de la ONU promulgó la Declaración Universal de los Derechos Humanos, en la que se incluye la obligación del estado de proteger la salud de los individuos, aunque no hace mención a temas sobre ambiente (2).

Los acontecimientos suscitados en Londres en diciembre de 1952, en los cuales el clima adverso sumado al uso masivo de carbón en la combustión en hogares y fábricas, produjo una gran contaminación del aire, que ocasionó 4.000 muertes en cuatro días, 12.000 fallecimientos en los tres meses posteriores, aumento de casos de neumonía en un 300% (3). Esto dio inicio a investigaciones y a partir de entonces, conferencias y cumbres a nivel mundial que revelan la preocupación por los problemas del ambiente y los efectos en la salud.

Con el objetivo de conocer la calidad de aire de Cuenca y sus posibles efectos sobre mortalidad asociada, se elaboran tablas comparativas con los datos reportados por la Red de Monitoreo del Municipio en los últimos seis años, se analizan los valores en comparación con la Norma de Calidad de Aire Ambiente del Ecuador, se revisan estadísticas de mortalidad con relación a los objetivos intermedios de la OMS y evidencias científicas sobre efectos en la salud.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE EXTERIOR Y EFECTOS EN LA SALUD

Los contaminantes de aire exterior que afectan la calidad del aire ambiente que han sido reconocidos por su potencial efecto negativo sobre la salud son seis: Ozono (O3), Dióxido de Azufre SO2, Dióxido de Nitrógeno (NO2), Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado menor a 10 micras (PM10) y Material Particulado menor a 2,5 micras (PM2,5) (3).

Los contaminantes del aire proceden de distintas fuentes y producen efectos diversos en la salud (Tabla No. 1).

Como puede observarse en el gráfico anterior, los valores promedio de PM10 en la ciudad de Cuenca, se mantienen por encima de la guía de la OMS que es de 20 ug/m3, por lo tanto estarían entre los objetivos intermedios IT2 e IT3, es decir entre 50 y 30 ug/m3, respectivamente, lo que incrementa el riesgo de muerte por enfermedad cardiopulmonar y cáncer de pulmón de entre el 9 y 3% por estar por encima de los valores mínimos recomendados en la guía.

El número de fallecimientos en el año 2012 en la ciudad de Cuenca por enfermedades cardiopulmonares y cáncer de pulmón fue de 101 (28), (Tabla No. 6) por lo tanto, de acuerdo a la guía de la OMS, tomando los reportes no ajustados por tiempo ni exposición, el número de muertes atribuibles a la presencia de material particulado PM10 sería en promedio entre 3 a 9 (16).

Tabla No. 6

Muertes por cáncer de pulmón y enfermedades cardiopulmonares. Cuenca, 2012

		N. Fallecidos	
Enfermedad	**Código**	**Mujeres**	**Hombres**
Cáncer de pulmón	C33-34	12	10
Infecciones respiratorias bajas agudas	J10-J22	3	5
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	J40-J44, J47	28	14
Enfermedades isquémicas del corazón	I20-I25	22	17
Total		55	46

Fuente: INEC 2012

En un estudio en seis ciudades de los Estados Unidos desde 1974, se realizó seguimiento de 8.111, se observó que el riesgo de mortalidad aumentó en 26% más en las ciudades más contaminadas con relación a las otras. En otro estudio de Pope et al, se evaluó a 552.138 adultos desde 1982, se analizó la mortalidad con los datos de registros de mediciones de partículas y se observó un incremento de la mortalidad de 15% más en zonas contaminadas con relación a las que tenían menos contaminación, estos estudios sirvieron entre otros para fijar los objetivos intermedios de la OMS (30).

MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA

Cuenca, con una población de 505.585 habitantes (18), es la tercera ciudad del Ecuador, ubicada al sur del país. Se encuentra a una altura media de 2.550 metros sobre el nivel del mar, localizada entre las coordenadas 78°59' – 79°01' de longitud oeste y 2°52' – 2°54'de latitud sur. La ciudad tiene un clima templado de 15 °C promedio, con pluviosidad anual de 700 a 1.100 mm y 75% de humedad relativa. El viento tiene una velocidad media de entre 4 m/s y 5,5 m/s (19,20).

A partir del año 1986 en la ciudad de Cuenca, con la participación de diversos organismos, se inició el monitoreo de la calidad del aire en forma parcial e irregular. A partir del 2007, a cargo del Municipio de Cuenca, comenzó a operar una red de monitoreo pasivo de NO2, O3 y SO2 en 18 puntos, y de material particulado sedimentable (PS) en 15 puntos de la ciudad. Desde el 2008 se cuenta con una red activa de tres unidades de monitoreo con equipos semiautomáticos de alto volumen, para medición de PM10, situadas: una en el centro histórico, otra al nororiente cerca del Parque Industrial y la última al sur de la ciudad (21).

Desde mediados de 2012 se inició la operación de una estación de monitoreo automático que mide CO, O3, NO2, SO2 y partículas PM2,5.

En el Ecuador se han realizado estudios sobre contaminación del aire en algunas ciudades del país como: Esmeraldas, Guayaquil, Ambato. En Quito se dispone de un sistema de monitoreo continuo.

En el país se realizaron estudios de monitoreo de monóxido de carbono y enfermedades respiratorias en niños escolares en Quito y Cuenca, en los que se encontró mayor morbilidad respiratoria en este grupo de edad. Los resultados del estudio en Quito, mostraron mayor incidencia de infecciones respiratorias altas en los niños procedentes de los sitios más contaminados, con un riesgo relativo de 1,6 a 2,2 (22).

Se han realizado mediciones puntuales de PM2,5, PM10 y compuestos orgánicos volátiles en Cuenca y, se encontraron valores que superaron la norma nacional y la guía de la OMS en diferentes puntos (23).

En el inventario de emisiones del año 2007, se determinó que la principal fuente emisora

ANEXO 5 – Introducción a la investigación

Ministerio del Ambiente

3.5. Gestión de la calidad del aire en el país

3.5.1. Distrito Metropolitano de Quito

En la ciudad de Quito en el año 1999, ya se habían reportado concentraciones de partículas en suspensión, superiores a la norma de calidad del aire en los sectores sur y norte de la ciudad, y un alto porcentaje de violaciones a la norma de monóxido de carbono (CO)[14].

Como resultado de la problemática de la contaminación en la ciudad, en febrero de 2004, se creó la Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito (CORPAIRE) como una organización de derecho privado, por iniciativa del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Entre las tareas a cumplir por parte de la CORPAIRE se encuentra la operación de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico (REMMAQ) y el desarrollo del Índice Quiteño de Calidad del Aire (IQCA), el cual está basado en la interacción de los cinco parámetros de calidad del aire de la red: material particulado fino (PM2.5), óxidos de nitrógeno NOx, monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO2) y oxidantes fotoquímicos expresados como ozono (O3)[15].

El IQCA es una escala entre 0 y 500 con 5 rangos de valores que expresan categorías de calidad. Las dos categorías bajo el valor de 100 indican niveles óptimo (0-50) o bueno (51-100). Los valores de este índice se reportan diariamente. Entre las principales causas del problema de contaminación del aire de Quito se identifican:

- La dificultad de muchos automotores a diesel para cumplir con la norma de opacidad.
- Los motores de tecnología inapropiada dada la altura de Quito.
- Congestión vehicular.
- La mala calidad de los combustibles.

Entre las acciones que se han llevado a cabo en Quito para la solución parcial del problema, se cuentan:

- La implementación de los sistemas de transporte masivos como el trolebús, la ecovía y el sistema de buses articulados de la avenida América.
- La implementación de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico (REMMAQ) y Vigilancia de la Calidad del Aire.
- La revisión vehicular fiscalizada por la CORPAIRE.
- La siembra de varias decenas de miles de árboles nativos, la restauración de parques y jardines, y el control de áreas verdes en épocas secas.
- El control de fuentes fijas de combustión.
- Las campañas de difusión ciudadana[16].
- Restauración de áreas erosionadas.

La ciudad de Quito, a nivel del país, es la única que dispone de datos de calidad de aire obtenidos a través de la REMMAQ.

Tabla 1
Casos registrados de Infecciones respiratorias agudas en el Ecuador

Provincia	Casos registrados de Infecciones Respiratorias Agudas
Carchi	18 360
Imbabura	30 302
Pichincha	140 005
Cotopaxi	23 092
Tungurahua	25 200
Bolívar	2 642
Chimborazo	31 764
Cañar	12 749
Azuay	41 339
Loja	36 660
Esmeraldas	51 334
Manabí	156 152
Los Ríos	60 708
Guayas	232 540
El Oro	68 190
Sucumbíos	12 734
Napo	1 390
Orellana	5 314
Pastaza	6 871
Morona Santiago	21 148
Zamora Chinchipe	11 533
Galápagos	1 717
TOTAL	991 744

Fuente: M.S.P. Anuario, 2005

ANEXO 6 – Comportamiento de los motores de combustión

Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna. Parte 1: Funcionamiento

Study of the Altitude Effect on Internal Combustion Engine Operation. Part 1: Performance

Magín Lapuerta (1), Octavio Armas (1), John R. Agudelo (2) y Carlos A. Sánchez (2)
(1) Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales,
Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real-España (e-mail: magin.lapuerta@uclm.es)
(2) Universidad de Antioquia, Grupo GASURE, Calle 67 Nº. 53-108, A.A. 1226, Medellín-Colombia

---

Resumen

En este trabajo se estudia el efecto de la altitud sobre la potencia en motores de aspiración natural y turbosobrealimentados sin sistemas correctores, en función de la presión ambiental. La altitud sobre el nivel del mar tiene un notable efecto sobre la densidad del aire y su composición. Dado que los motores de combustión interna tienen sistemas de admisión y de inyección de combustible volumétricos, la altitud modifica el ciclo termodinámico de operación, y en consecuencia las prestaciones, así como las condiciones locales de combustión, y por tanto la formación de contaminantes. Se ha obtenido una expresión que permite calcular el incremento de relación de compresión del turbogrupo, necesario para evitar cualquier pérdida de potencia al aumentar la altitud.

Palabras claves: *motores de combustión, efecto de altitud, funcionamiento de motores, potencia*

Abstract

The present study shows the effect of altitude on the performance of both naturally aspirated and turbocharged internal combustion engines without corrective systems, as a function of pressure in the environment. Altitude above sea level has a notable effect on the density of air and its composition. Given that internal combustion engines have volumetric-based fuel systems, altitude can modify their thermodynamic cycle of operation, and consequently their performance, local combustion conditions, and formation of pollutants. An expression has been obtained which allows calculation of the increase of the compression ratio of the turbogroup required to avoid power loss with increase in altitude.

Keywords: *combustion engines, altitude effects, engine performance, power*

Este resultado se ha representado en la Fig. 7 para diversas condiciones de sobrealimentación de diseño, descritas por el grado de sobrealimentación a nivel del mar (p_0), que pueden corresponder a diferentes condiciones operativas de un mismo motor o de diferentes motores. El caso de p_0=1 correspondería a un motor que al nivel del mar no sobrealimenta, y que al elevarse en altitud solo lo hace en la medida necesaria para mantener la potencia. Este resultado constituye una orientación tanto para el dimensionamiento de grupos de sobrealimentación que vayan a equipar motores que operen en altura, como de los sistemas de compensación (*waste-gate*, turbinas de geometría variable, etc.) que dichos motores requieren cuando operan al nivel del mar para no sobrepasar la potencia nominal.

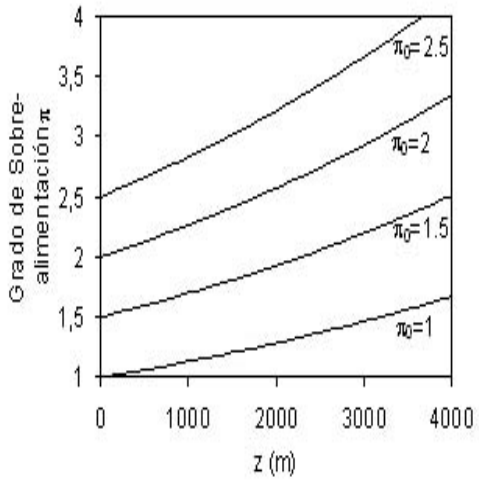


Fig. 7: Efecto del grado de sobrealimentación del compresor para un motor que no cambia su potencia indicada con la altitud

El mapa de condiciones de sobrealimentación de la Fig. 7 se utiliza para analizar los procesos de mezcla y combustión en motores diesel y los procesos de formación de contaminantes.

CONCLUSIONES

Para estimar los efectos de la altitud sobre cualquier motor de combustión interna, es adecuado utilizar la ecuación hidrostática atmosférica suponiendo un perfil triangular de temperaturas.

La altitud sobre el nivel del mar ejerce efectos tanto sobre la presión y temperatura atmosféricas como sobre la concentración de oxígeno en el aire y la composición de éste. Sin embargo, para cuantificar el efecto sobre las prestaciones del motor, basta con considerar el efecto sobre las condiciones termodinámicas.

La altitud disminuye notablemente la potencia indicada, y por tanto la efectiva, desarrollada por un motor de aspiración natural, en todo el rango de regímenes de giro. Sin embargo este efecto se reduce al turbosobrealimentar el motor, pudiendo incluso llegar a compen-sarse tal reducción a alto régimen.

Se ha obtenido una expresión que permite calcular el incremento de relación de compresión del turbogrupo, necesario para evitar cualquier pérdida de potencia al aumentar la altitud.

Las estrategias más recientes de diseño tienden a sobredimensionar el turbogrupo con el fin de evitar la pérdida de potencia a bajo régimen, limitando el exceso de potencia que éste proporcionaría a alto régimen, por medio de sistemas de compensación electrónica-mente gobernados.

ANEXO 7.

MATERIALES Y METODOS – Especificación técnica del vehículo

ESPECIFICACIONES DEL VEHÍCULO

MOTOR

Motor (1.6 DOHC)		
Tipo		4 cilindros/en línea
Tren de válvulas		DOHC 16 válvulas
Desplazamiento (cc) [in³]		1,598 [97.5]
Diámetro x carrera (mm) [in]		79.0 x 81.5 [3.11 x 3.21]
Relación de compresión		9.5 : 1
Potencia máx. (Kw/rpm) [hp/rpm]		76 / 5,800 [101.9 /
Torque máx. (Nm/rpm) [lb-ft/rpm]		5,800] 145 / 3,600 [106.9
Sistema de combustible		/ 3,600] Inyección
Octanaje		multipunto RON 91
Bujía	Tipo	BKR6E-11
	Separación (mm) [in]	1.0 ~ 1.1 [0.039 ~
Batería	Valor nominal (V-AH)	0.043] 12 - 55
	DIN CCA (Amperes de arranque en frio)	255 (SAE 510 CCA)
Alternador (V-A)		12 - 85
Motor de arranque (V-Kw)		12 - 1.2

CAPACIDADES

Capacidades	
Tanque de combustible (L) [gal]	45.0 [11.9]
Aceite de motor (L) [cuarto]	3.75 [3.96] (incluyendo filtro de aceite)
Refrigerante (L) [cuarto]	6.3 [6.7]

ANEXO 8. Normativa NTE INENE.

La calidad de **gasolinas** que se comercializan en el **Ecuador** es una de las más bajas en la región. Sus niveles de **octanaje** son compatibles con la **norma técnica Euro 3**, aplicada desde 2017, para regular las emisiones de CO_2 y disminuir el impacto **ambiental**.

No obstante, en **Europa, Estados Unidos** y en otros países desarrollados se emplean **combustibles** que cumplen con la **norma Euro 6.** Esta sirve de referencia para generar **menos contaminación** y una mayor durabilidad de los **motores.**

Al respecto, **Petroecuador** dijo este lunes 7 de marzo de 2022 que la calidad de los combustibles ecuatorianos cumplen con la Normativa Técnica Ecuatoriana **NTE INEN.** Eso en referencia a la producción en las **refinerías** de **Esmeraldas, La Libertad** y **Shushufindi**, así como los **terminales Beaterio y Pascuales**, operados por la estatal.

La empresa asegura que los productos son analizados previamente en laboratorios acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano – **SAE**, bajo la norma 17025. Además son calificados por la **Agencia de Regulación** y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.

Anexo 9. Especificaciones R-134A

Características y aplicaciones

El gas refrigerante R-134a es un HFC que sustituye al R-12 en instalaciones nuevas. Como todos los refrigerantes HFC no daña la capa de ozono. Tiene una gran estabilidad térmica y química, una baja toxicidad y no es inflamable, además de tener una excelente compatibilidad con la mayoría de los materiales. Su clasificación es **A1** grupo **L1.**

No es miscible con los aceites tradicionales del R-12 (mineral y alquilbencénico); en cambio su miscibilidad con los aceites poliésteres (POE) es completa, por lo que debe de utilizarse siempre con este tipo de aceites.

R-134a es un refrigerante alternativo al R-12 para el retrofitting de la instalación o para instalaciones nuevas. Es muy utilizado en el aire acondicionado de los automóviles y en refrigeradores domésticos. También se utiliza mucho en chillers del sector industrial y comercial además del transporte frigorífico en temperaturas positivas.

Anexo 10. Especificaciones del scanner ELM327

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

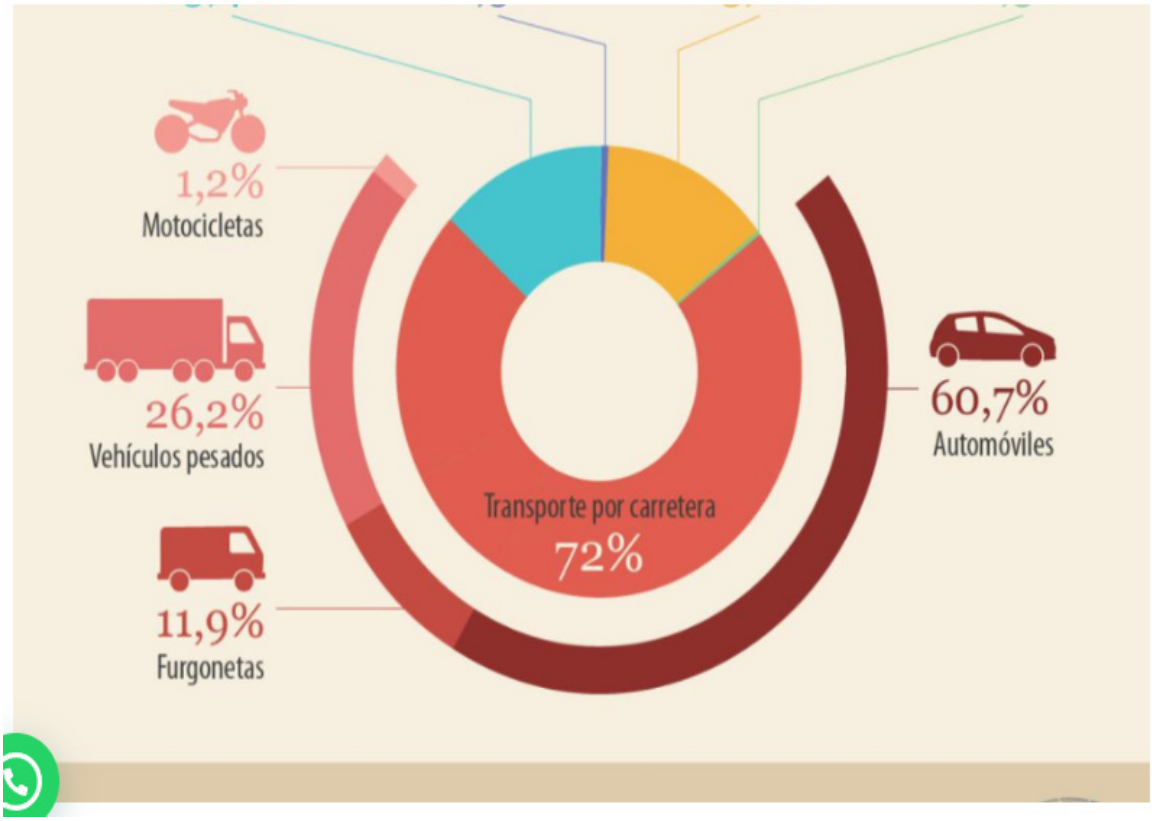
- Voltaje de Operación: 12VDC a través del puerto OBD2.
- Velocidad de muestreo: Dependiente del ECU del auto.
- Versión de firmware: 2.1.
- Chip: **ELM327**.
- Alcance: 5m.
- **Bluetooth**: 2.0.
- Frecuencia: Banda ISM de 2,4 GHz.
- Password **Bluetooth** por defecto: 0000 / 1234 / 6789.

ANEXO 11

Vehículos eléctricos y energías renovables, combinación perfecta hacia la sostenibilidad

Implantación de energías renovables

La implantación de las energías renovables debe ir acompañada obligatoriamente por un sistema de apoyo o respaldo, puesto que el mayor inconveniente que presentan es la variabilidad en su producción, que no siempre coincide con los momentos de mayor demanda, además de que depende en gran medida de la presencia de sol (en la energía solar), del viento (en la eólica) y de las lluvias (en la hidráulica).



Y aquí es donde entra en escena el vehículo eléctrico, llamado a desempeñar un doble papel: por una parte, **reduciendo las emisiones de gases**, tanto de efecto invernadero como tóxicos para la salud, **y**, por otra parte, **como herramienta para contribuir a la gestión de la red eléctrica**. Las energías renovables tienen un aliado en el vehículo eléctrico, ya que puede absorber a través de las baterías eléctricas la generación eólica nocturna en horas en las que la generación supera a la demanda.

Además, **los picos de demanda pueden minimizarse gracias a la inyección de energía que pueden realizar a la red los vehículos que estén conectados** y no necesiten cargarse más. Es la simbiosis perfecta.

La conexión bidireccional y reversible (V2G) entre la red y el vehículo eléctrico abre un nuevo horizonte a las energías renovables, que podrán superar muchas de sus limitaciones actuales. Esto además **tendrá efectos muy positivos de cara a mejorar el autoconsumo eléctrico**, de manera que pueda funcionar completamente aislado del sistema eléctrico o conectado como medida de seguridad.

Con todo, **con el aumento del número de vehículos eléctricos**, a la par que las energías renovables van ganando protagonismo en el sistema energético, **se podrá ir prescindiendo de las fuentes de energía contaminantes**, tan necesarias ahora para apoyar a las renovables.

ANEXO 12

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUTOMÓVILES HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS: SU IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE EN LA ERA DEL COVID-19.

La responsabilidad de un automóvil hibrido consiste en debilitar las transmisiones de CO2 respecto a un automóvil convencional. En los dos motores que funcionan dentro del automóvil, el mayor trabajo se lo lleva el motor de combustión, las baterías implementadas en estos automóviles son de menor capacidad en comparación a las de un automóvil totalmente eléctrico, puesto que, tan sólo almacenan la fuerza que procede del motor de combustión, de frenadas, paralizaciones o precipitaciones, y no de la acometividad energía de la red eléctrica, en lo que respecta al precio de los automóviles híbridos estos son más costosos que cualquier otro tipo de motores (Sandoval , Franco y Fernandéz, 2019).

Los automóviles eléctricos son aquellos que son impulsados por un motor, y alimentado por una fuente de energía eléctrica que posteriormente se transforma en energía cinética. El 90% de la potencia eléctrica de sus baterías recargables en circulación, permitirán que en un futuro los automóviles eléctricos sean autorrecargables. De este modo se logra reemplazar la tradicional forma de tracción a base de la calcinación de combustible y así es como estos automóviles se vuelven más competentes. Los motores que poseen este tipo de automóviles poseen un controlador eléctrico compuesto por diversos subsistemas que gestionan toda la fuerza que va hacia el motor o que sale de él, y que finalmente influyen en la decisión del automóvil (Rocha , Tipanluisa, Salvatore y Ayabaca, 2017).

Vale destacar que el automóvil eléctrico está cada vez más comercializado y tiene aceptación debido a la toma de honestidad sobre la transformación del cambio climático, y a las conveniencias que ofrece, como la reducción de las transmisiones de gases contaminantes, de igual manera representa una tecnología que se encuentra en desarrollo con la intención de incrementar la capacidad de la batería y por ente la independencia (González, 2019).

Sobre la base de las ideas expuestas, en la ciudad de Guayaquil, los estudios de la emisión de gases de efecto contaminante son casi nulo, además de que con el pasar de los años ha aumentado el tránsito vehicular, a raíz del incremento de la población y de su economía. La ciudad tiene veinticinco puntos críticos contaminantes, debido al tráfico, al excesivo claxon de automotores y a las concentraciones de dióxido de azufre y de nitrógeno, que superan los límites ambientales permisibles (Naranjo y Arellano, 2017).

De acuerdo a la situación, la declaración rápida covid-19 en el mundo, relacionada con el medio ambiente, ha creado impactos positivos como el aire y el agua, reduciendo las emisones CO2 y NO2. Sin embargo, el impacto negativo, también se presenta como un efecto de recuperación de las emisiones de gases de efecto invernadero. (Parra , 2020).

ANEXO 13 – Fundamentación teórica

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN CIUDAD, CARRETERA Y COMBINADO PARA EVALUAR EL RENDIMIENTO REAL DEL COMBUSTIBLE DE UN VEHÍCULO CON MOTOR DE CICLO OTTO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA MECÁNICA

MENCIÓN SISTEMAS DE TRANSPORTES

Ing. FREDDY EDUARDO QUINCHIMBLA PISUÑA

edu_freddy @hotmail.com

Ing. JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARÍA

jsms@hotmail.es

DIRECTOR: M.Sc. ÁNGEL ADALBERTO PORTILLA AGUILAR

angel.portilla@epn.edu.ec

Quito, Enero 2017

PRESENTACIÓN

Un ciclo de conducción es la herramienta más extendida a la hora de hacer ensayos de homologación de consumos de combustible y emisiones contaminantes (CO2, HC, NO_x), en un método normalizado, de este modo, diferentes vehículos pueden ser comparados. El ciclo de conducción puede ser reproducido en un dinamómetro donde se recopila y se analiza las emisiones en el tubo de escape del vehículo para después evaluar el porcentaje de emisiones del mismo.

El presente proyecto de titulación consta de cinco capítulos, cuyos contenidos se describen a continuación:

En el Capítulo 1 se detalla la definición, los tipos y las metodologías de elaboración de los ciclos de conducción con particular atención al método de recolección de datos, selección de la ruta representativa, ventajas y limitaciones de las técnicas de levantamiento de datos en ruta.

En el Capítulo 2 se detallan la metodología empleada para desarrollar ciclos de conducción que representan un patrón típico de conducción de la población del D.M.Q.

En el Capítulo 3 se detalla el desarrollo experimental para la obtención de los ciclos de conducción representativos del D.M.Q.

En el Capítulo 4 se detalla la validación de los ciclos obtenidos mediante pruebas de consumo de combustible, las mismas que después de un estudio de confiabilidad a fin de establecer la repetibilidad y reproducibilidad del proceso de medición, permite validar los ciclos de conducción representativos del D.M.Q.

En el Capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones relevantes obtenidas del desarrollo de los ciclos de conducción.

1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se detalla la definición, los tipos y el desarrollo de los ciclos de conducción que incluye la historia y revisión de la metodología de elaboración de cada ciclo de conducción con particular atención al método de recolección de datos, selección de la ruta representativa y el método de construcción del ciclo; también se discute las ventajas y limitaciones de las metodologías de desarrollo de ciclos de conducción.

1.1. Ciclos de conducción

Un ciclo de conducción es la herramienta más extendida a la hora de hacer ensayos de homologación de consumos de combustible y emisiones contaminantes (CO2, HC, NOx) Los resultados obtenidos de estos ciclos de conducción, suponen una gran influencia sobre las ventas de un determinado vehículo (Martínez, 2014).

Un ciclo de conducción representa un conjunto de puntos de velocidad del vehículo versus el tiempo. Este es utilizado para evaluar el consumo de combustible y emisiones contaminantes de un vehículo en un método normalizado, de este modo, diferentes vehículos pueden ser comparados. El ciclo de conducción puede ser reproducido en un dinamómetro donde se recopila y se analiza las emisiones en el tubo de escape del vehículo para después evaluar el porcentaje de emisiones del mismo (Restrepo, Carranza, & Tibaquira, 2007).

Los ciclos de conducción se pueden dividir en dos tipos: modales y transitorios. Los modales o poligonales son aquellos donde hay lapsos de tiempo prolongado a velocidad constante y los transitorios o ciclos reales muestran perfiles más complejos donde la velocidad puede variar en cada segundo. El ciclo modal se compone de secuencias poligonales teóricas como el ciclo europeo NEDC, figura 1.1, o el ciclo japonés 10-15 MODE; mientras que el ciclo transitorio refleja una variación de velocidad cada segundo como el ciclo FTP-75, figura 1.2, o el ciclo ARTEMIS. La principal diferencia es que en el ciclo modal los trayectos tomados de la ruta hacen que exista aceleración lineal con periodos de velocidad constante y no representa el comportamiento real del conductor, mientras que en el ciclo transitorio se aprecia mejor los cambios de las aceleraciones, representativo de las condiciones reales de conducción durante el recorrido. (Fotouhi, 2012).

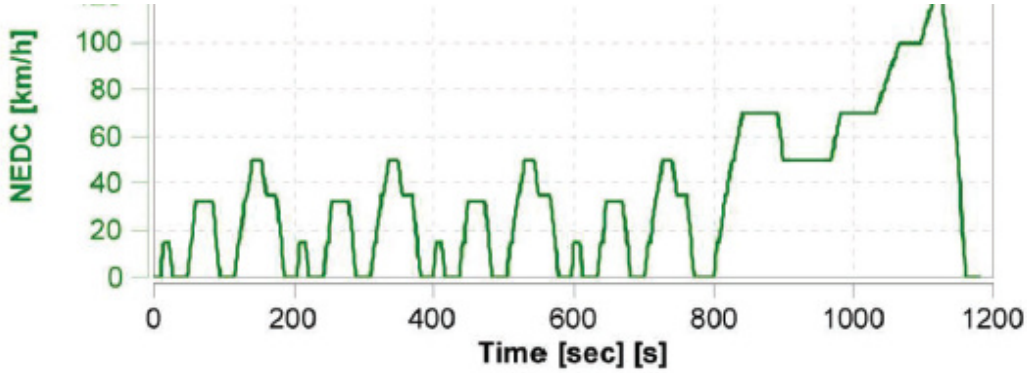


Figura 1.1. Ciclo de conducción Modal NEDC
(Fuente: Bielaczyc, Woodburn, & Szczotka, 2016)

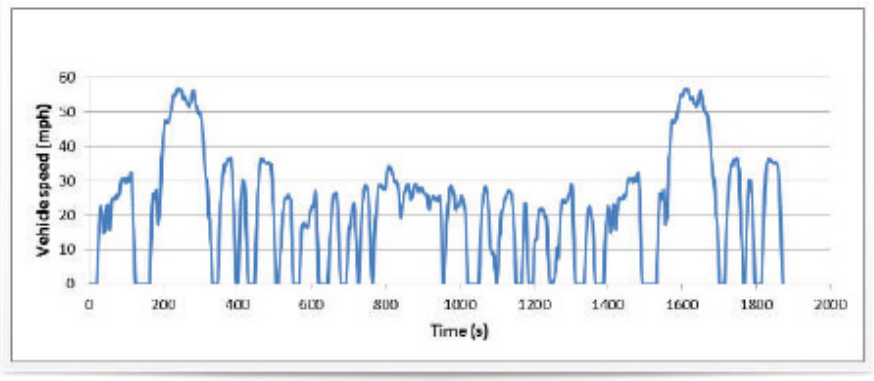


Figura 1.2. Ciclo de conducción Transitorio FTP-75
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

Los ciclos de conducción, de acuerdo a su uso, pueden clasificarse en legislativos y en no legislativos. Los legislativos indican las condiciones de referencia para el control de las emisiones vehiculares. Ejemplos de ciclos legislativos son: US 75 Cycle (Estados Unidos), ECE Cycle (Europa) y Japón 10-15 Cycle. Mientras que los ciclos de conducción no legislativos se utilizan para controlar el consumo de combustibles, un ejemplo es el ciclo de Hong Kong y Sídney. En la actualidad se estudian preferentemente los ciclos reales. Estos ciclos dependen de las características del lugar, ya sean zonas urbanas o rurales (Tong, 2011).

1.2. Ciclos de conducción en el mundo y en Ecuador

Las organizaciones más importantes que han desarrollado técnicas de evaluación para el control y la reducción de las emisiones son: la Comunidad Europea (Europe Community CE) y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de Norteamérica (Environment Protection Agency; EPA-US), así como también el Gobierno Japonés. Estas organizaciones en colaboración con las empresas automotrices y asociaciones

1.2.1. Ciclos de conducción en Estados Unidos

1.2.1.1. Evolución del ciclo FTP (Federal Test Procedure)

Este procedimiento emplea un ciclo de conducción que se obtuvo en la Ciudad de los Ángeles California, en un recorrido típico de casa al trabajo por la mañana. Se desarrolló a mediados del año 1960. En esa época el vehículo instrumentado fue un Chevrolet 1964, los parámetros medidos fueron: velocidad del vehículo, presión en el múltiple de admisión y régimen de giro del motor. La ruta seleccionada fue de 12 millas y se llamó "LA4" (SEMARNAT, s.f.).

Posteriormente se instaló en un Chevrolet 1969 otro sistema de adquisición de datos que almacenaba los valores de: distribución de velocidades, presión de vacío en el múltiple de admisión y rangos de régimen de giro del motor. Mediante un diseño de experimento se determinó la velocidad promedio y máxima de recorrido, así como de paradas efectuadas por 6 conductores diferentes. Basándose en los resultados de este experimento, se estimó que la longitud de recorrido podía ser reducida a 7,5 millas, debido a que algunas pendientes y porciones del recorrido podían ser eliminadas, de tal forma que se mantuviera el valor promedio original de la velocidad. La ruta recortada se denominó "LA4-S3", la cual se caracteriza por tener una distancia de 7,486 millas, con una velocidad promedio de 19,8 mph. A esta ruta se le hicieron ligeras modificaciones, de tal forma que no excediera la tasa de aceleración más de 3,3 mph/s, debido a limitaciones constructivas de los dinamómetros de chasis. Posteriormente se realizó una correlación de emisiones obtenidas entre el recorrido original y la versión corta, de tal forma que fue necesario hacer otras modificaciones hasta que finalmente se llegó a la versión denominada LA4-S4 con una longitud de 7,46 millas y velocidad promedio de 19,6 mph. Actualmente, este ciclo se conoce como LA4 o Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS), y se utilizó como referencia para certificar los valores de las emisiones de vehículos y camiones ligeros de modelo 1972 y posteriores. A partir de 1975, el ciclo utilizado sufre algunas modificaciones, como lo muestra la curva presentada en la figura 1.3, de tal forma que se repite una etapa inicial que dura 505 segundos, seguida de un período de 10 minutos de reposo del vehículo y este ha sido utilizado como procedimiento de prueba FTP 75 (EPA, 1998).

Desde el año 2002, el ciclo de prueba FTP 75 ha sido adoptado en Ecuador en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204 (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2002).

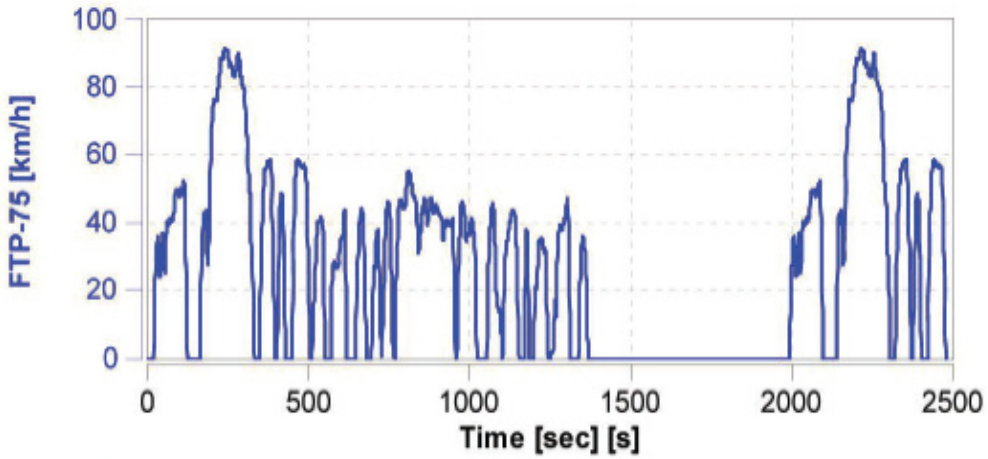


Figura 1.3. Ciclo de conducción FTP-75
(Fuente: Bielaczyc, Woodburn, & Szczotka, 2016)

Este ciclo fue creado por la agencia Environmental Protection Agency (EPA) para representar un ciclo de viajes diarios de casa a trabajo con una parte de conducción urbana incluyendo paradas frecuentes y una parte de conducción en autopista, conforme lo muestran las características del ciclo presentado en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Características del ciclo FTP-75

Distancia	11,04 millas (17,77 km)
Duración	1 874 s
Velocidad promedio	21,2 mph (34,1 km/h)

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.1.2. Ciclo para evaluar el consumo de combustible en carretera (HWFEC)

El ciclo de ensayo Highway Fuel Economy Cycle (HWFEC), figura 1.4, es utilizado para evaluar el consumo de combustible durante el ciclo de conducción en carretera (Charlie & Romain, 2013).

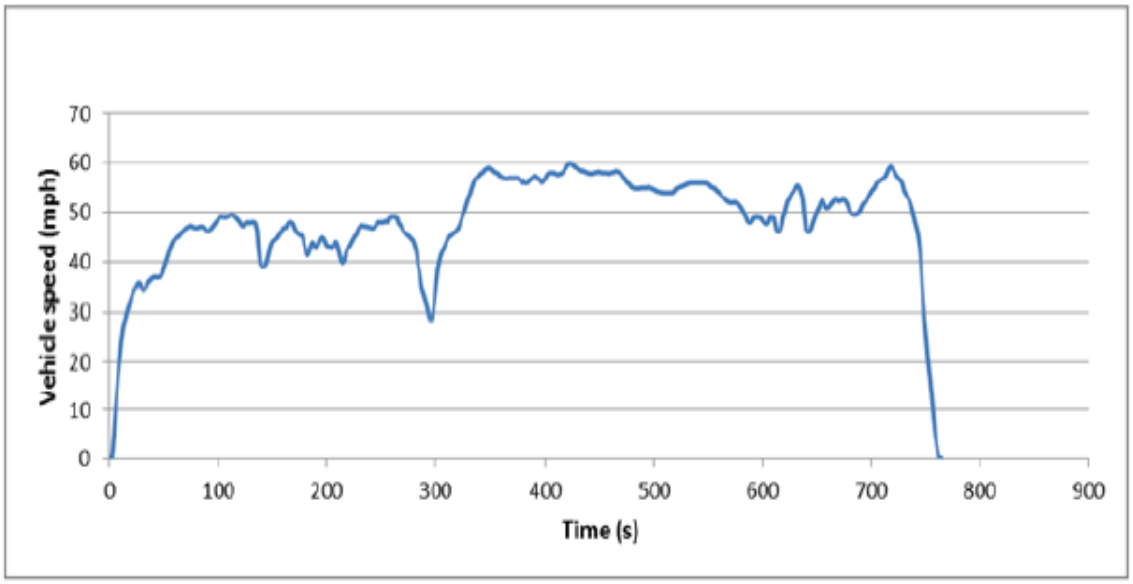


Figura 1.4. Ciclo de conducción HWFEC
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

En la tabla 1.2 se presentan los resultados de las características principales del ciclo HWFEC.

Tabla 1.2. Características del ciclo HWFEC

Distancia	10,25 millas (16,503 km)
Duración	765 s
Velocidad promedio	48,3 mph (77,7 km/h)

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.3.2. Ciclo de conducción ARTEMIS

Este ciclo se basa en un estudio de datos estadísticos realizado en Europa dentro del proyecto llamado ARTEMIS. Este está hecho de tres configuraciones diferentes, más una variante adicional, como lo muestran las curvas de velocidad versus tiempo en las figuras 1.6, 1.7 y 1.8: el ciclo urbano, ciclo rural, de autopista a 130 km/h y autopista a 150 km/h respectivamente (Charlie & Romain, 2013).

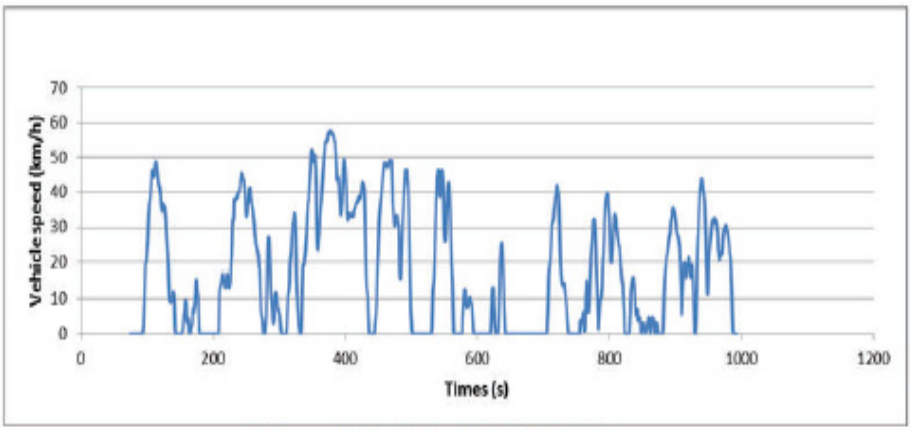


Figura 1.6. Ciclo ARTEMIS Urbano
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

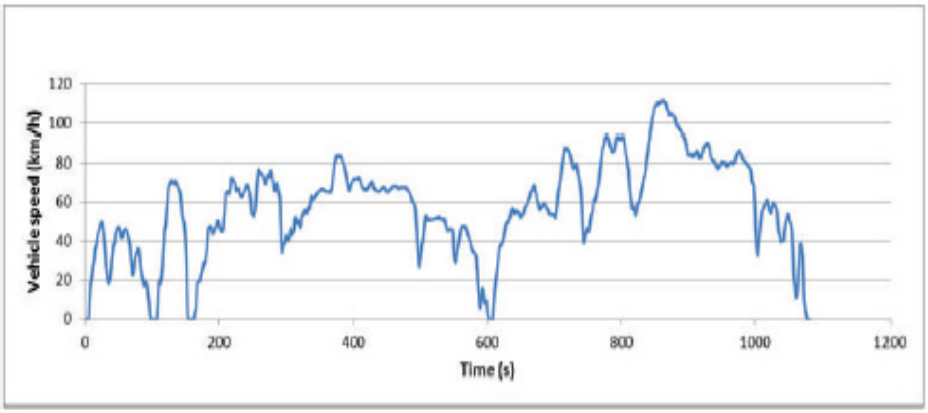


Figura 1.7. Ciclo ARTEMIS Rural
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

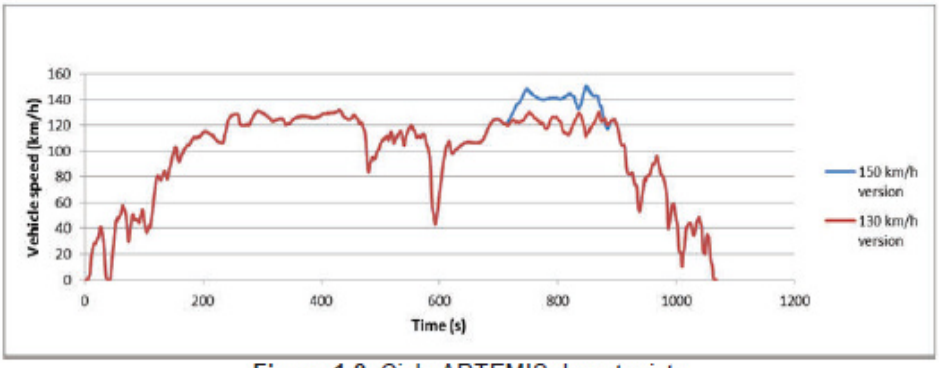


Figura 1.8. Ciclo ARTEMIS de autopista
(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

Los ciclos de conducción ARTEMIS, como se muestran los resultados en la tabla 1.4, no son utilizados para certificación de contaminantes o consumo de combustible. Sin embargo, los fabricantes de vehículos utilizan este tipo de ciclos para entender mejor las condiciones reales de conducción y para evaluar el desarrollo real de sus vehículos (Charlie & Romain, 2013).

Tabla 1.4. Características de los ciclos del proyecto ARTEMIS

	Urbano	Rural	Autopista 150 km/h	Autopista 130 km/h
Distancia	4,870 km	17,272 km	29,545 km	28,735 km
Duración	993 s	1 082 s	1 068 s	1 068 s
Velocidad promedio	17,6 km/h	57,5 km/h	99,6 km/h	96,9 km/h

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

1.2.3.3. Estudio del Instituto de Investigación en Transporte y Seguridad de Francia

Han sido diversos los métodos que se han empleado para la obtención de ciclos de conducción. Por ejemplo, en Francia, en el año de 1983 el Instituto Nacional de Investigaciones en Transporte y Seguridad (INRETS) realizó un experimento instrumentando 35 vehículos, empleando tan sólo un diseño de experimento, que implicaba que los vehículos fueran manejados única y exclusivamente por sus dueños. En el estudio del INRETS se efectuaron 3300 recorridos de 23,3 Km cada vehículo, pero muestra una carencia en la información del uso vehicular ya que fueron viajes cortos, con pocos límites de rangos de conducción, con baja temperatura de operación, debido a que no fueron siempre usados en condiciones normales de operación. Del análisis de los

1.3.1.1. Técnica On-Board

Este tipo de técnica provee un medio para recolectar información de operación del vehículo dentro de parámetros reales de funcionamiento y consiste en equipar un automotor, para que circule entre el flujo vehicular característico de la localidad de estudio, con instrumentos que permitan medir y almacenar datos tales como la velocidad y la aceleración del vehículo, tiempo de parada, distancia recorrida, etc. Este tipo de instrumentos pueden ser Datalogger, GPS, scanner vehiculares, sensores o algún otro equipo destinado para este tipo de estudio, como la denominada Quinta Rueda (Huertas, García, & Díaz, 2004).

Por ejemplo el ciclo FTP (Federal Test Procedure), figura 1.16, creado por EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos, utilizó esta metodología On-Board, para representar el ciclo de conducción, con una parte de ruta urbana (incluyendo paradas frecuentes) y una parte de la ruta en carretera. Para realizar este ciclo se empleó un vehículo Chevrolet de dos puertas del año 1962 característico de la región, el cual fue equipado con instrumentos de medición denominada la quinta rueda, la cual tiene como función de medir y registrar, distancia recorrida, velocidad media, tiempo de parada del vehículo. La prueba fue realiza en la zona centro de la ciudad de Los Ángeles, que consistía en hacer circular el vehículo de prueba en diferentes rutas de mayor flujo vehicular y empleando diferentes conductores, con el fin de obtener información real de los patrones de conducción. (Kruse & Huls, 1973). Los datos obtenidos de este ciclo se presentan en la tabla 1.9

Tabla 1.9. Características del ciclo FTP-75

Distancia	11,04 millas (17,77 km)
Duración	1874 s
Velocidad Media	21,2 mph (34,1 km/h)

(Fuente: Charlie & Romain, 2013)

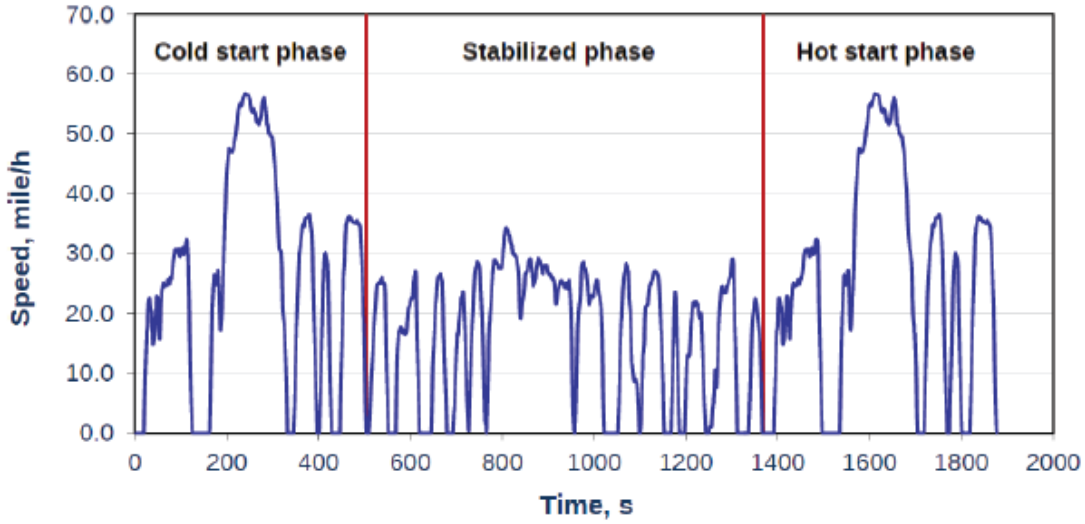


Figura 1.16. Ciclo FPT-75
(Fuente: DIESELNET, 2005)

Otros ciclos de conducción que emplearon esta técnica On-Board son:

- Ciclo HHDDT
- Ciclo Turkey UDC
- Ciclo inglés para medir el consumo de combustible
- Ciclo MODEM HYZEM
- Ciclo ARTEMIS

De los resultados obtenidos, el ciclo de conducción de ciudad representativo del D.M.Q. se muestra en la figura 3.8, cuyos datos de velocidad cada segundo se encuentran en el anexo IV.

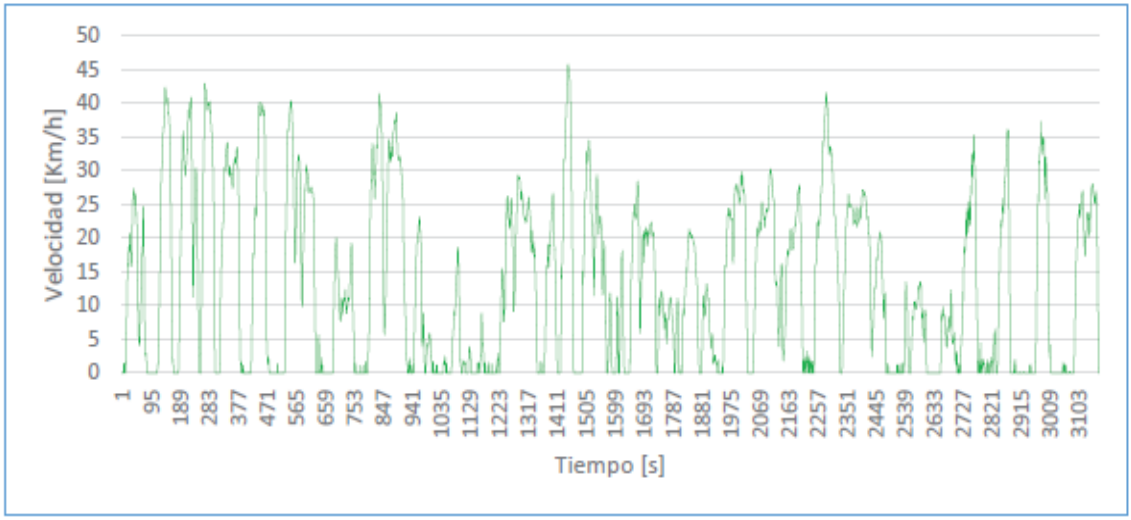


Figura 3.8. Ciclo de conducción de Ciudad representativo del D.M.Q.
(Fuente: Propia)

En la tabla 3.5 se muestra el resultado de los parámetros de conducción del ciclo ciudad representativo del D.M.Q.

Tabla 3.5. Parámetros de conducción del ciclo ciudad representativo del D.M.Q

Velocidad promedio (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo ralentí (s)	Número de paradas	Tiempo total transcurrido (s)	Distancia recorrida (m)	Aceleración promedio positiva (m/s^2)	Aceleración positiva máxima (m/s^2)	Tiempo con aceleración positiva (s)
13,261	45,771	1060	58	3169	11914,472	0,348	1,891	1266

(Fuente: Propia)

Mediante un análisis de frecuencias de velocidades, figura 3.9, se realiza una comparación para conocer el comportamiento de cada uno de ellos durante sus recorridos.

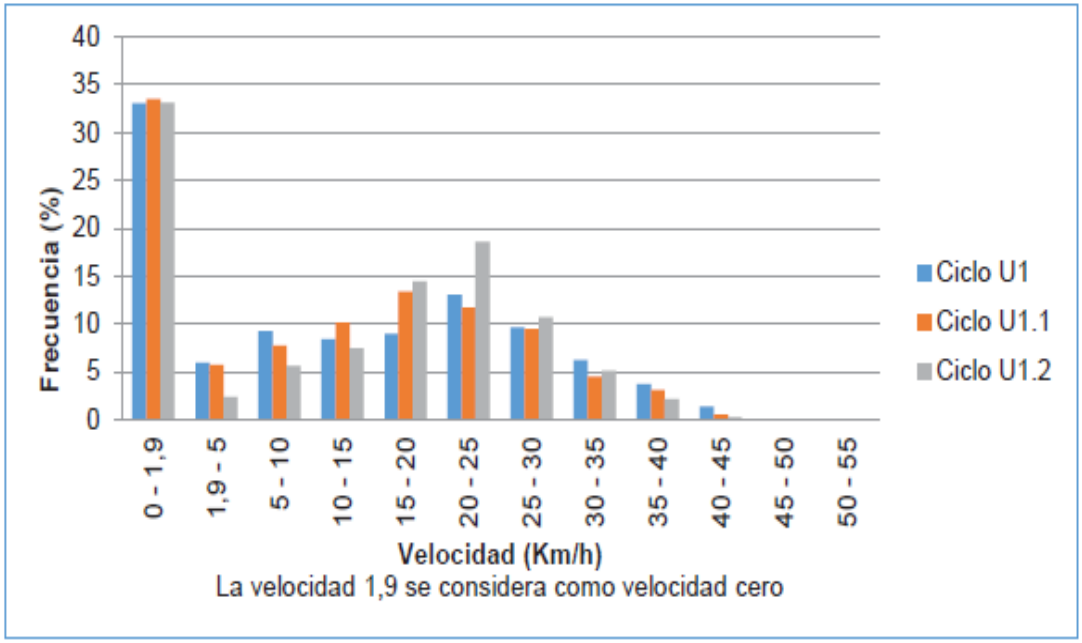


Figura 3.9. Frecuencia de velocidades del ciclo representativo y los dos ciclos más cercanos (Fuente: Propia)

La figura 3.9 presenta el número de velocidades agrupadas por su intensidad en cada uno de los casos analizados. Por medio de esté análisis se puede concluir que el ciclo de conducción de ciudad es representativo del D.M.Q. ya que existe un comportamiento patrón entre los recorridos que más se acercan al promedio de todos ellos.

A través de esta metodología no es necesario depurar el ciclo representativo mediante alguna técnica de suavizamiento como spline cúbica, regresiones polinómicas por secciones, etc. ya que el ciclo resultante es un ciclo con las condiciones reales de conducción, sin que se haya modificado en lo más mínimo, por lo que representa el comportamiento regular de conducción para el D.M.Q.

Tabla 4.17. Consumo de combustible promedio obtenido en los ciclos representativos del D.M.Q.

Chevrolet Aveo 1.4 del año 2008	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (km/L)			CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/100 km)		
	Ciclo Ciudad	Ciclo Combinado	Ciclo Carretera	Ciclo Ciudad	Ciclo Combinado	Ciclo Carretera
	8,859	10,236	13,29	11,287	9,769	7,524

(Fuente: Propia)

Se grafica los valores indicados en la tabla 4.17 y el resultado se muestra en la figura 4.16

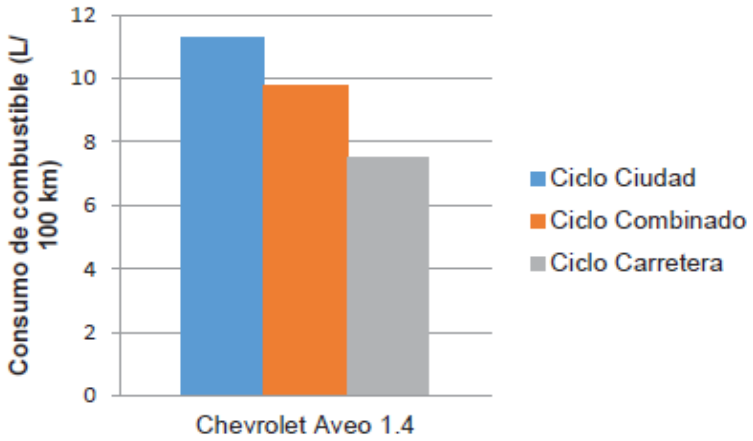


Figura 4.16. Consumo de combustible promedio de cada ciclo de conducción
(Fuente: Propia)

Tal como se presenta en otros estudios (Magaña & Organero, 2014), el consumo en ciudad es mayor, en comparación con el ciclo combinado y el ciclo carretera.

4.8.3.2. Comparación de valores de consumo de combustible

En la tabla 4.18 se muestra los valores de consumo de combustible promedio obtenidos en los ciclos representativos del D.M.Q. y los valores de consumo de combustible indicado por el fabricante del vehículo (ARPEM, 2014).

Tabla 4.18. Consumo de combustible de los ciclos D.M.Q. y ficha técnica del fabricante

Consumo de combustible Chevrolet Aveo 1.4 del año 2008			
	Ciclos D.M.Q (L/100 km)	Ficha técnica del fabricante (L/100 km)	Variación porcentual (%)
Ciclo ciudad	11,287	7,9	30
Ciclo combinado	9,769	5,90	40
Ciclo carretera	7,524	4,70	38

(Fuente: ARPEM, 2014)

5.1. Conclusiones

Como resultado de la presente investigación, se puede concluir que:

- El propósito de este estudio se ha cumplido, ya que se desarrolló los ciclos de conducción para ciudad, carretera y combinado dentro del D.M.Q, aplicando un protocolo de pruebas y teniendo en cuenta la orografía del terreno, densidad del tráfico e infraestructura vial del Distrito, los cuales permiten evaluar el consumo de combustible en vehículos con motor de ciclo Otto.
- La metodología empleada permite obtener ciclos representativos del área de estudio, por ruta, sentido y por determinadas horas en que el flujo vehicular varía considerablemente; permitiendo su aplicación en cualquier parte del mundo.
- Los ciclos de conducción han sido validados mediante pruebas en tres escenarios reales con diferentes condiciones de tráfico, demostrando ser estadísticamente repetible y reproducible, además de tener una alta confiabilidad del 99,7% de las mediciones obtenidas en cada procedimiento; por lo tanto, los ciclos obtenidos en este estudio son fiables.
- Los resultados muestran que el consumo en ciudad es mayor (11,287 L/100 km), en comparación con el ciclo combinado (9,769 L/100 km) y el ciclo carretera (7,524 L/100 km).
- Para realizar este estudio se desarrolló una comparación del consumo de combustible obtenido en los ciclos D.M.Q y los indicados por el fabricante del vehículo, obteniendo como resultado diferencias marcadas entre ambos. En promedio los valores de los ciclos D.M.Q son mayores en 36 %.
- Para la construcción de la base de datos se seleccionaron las rutas con mayor flujo vehicular del Distrito y mediante un sistema de posicionamiento global se procedió a levantar los registros de: tiempo, posición y velocidad de cada viaje realizado en cada segundo de recorrido, en total se registraron 72 viajes efectivos y se completaron 1325,84 km de recorrido y 59 horas de manejo.

ANEXO 14

Resultados y discusiones – Autores

Resultados obtenidos de RPM, Velocidad y consumo de la aplicación **CAR SCANNER**

Anexo 15: *Diferencia de combustible*

Diferencia de combustible			
Tiempo	GEI A/C	GEI SIN A/C	Aumento de GEI TON CO2/tiempo
Mensual	0,605	0,559	0,047
Anual	7,366	6,800	0,567
5 años	36,832	33,998	2,833

Anexo 16: *Analisis de gases en vehiculos de menos de 2000 lbs 2 Ton*

Categoría	**50,000 millas / 5 años**			
	CO g/mi	THC g/mi	NMHC g/mi	Nox G/mi
Vehículos de pasajeros 2000 lbs	3,4	0,41	0,25	0,4
LLDT, LVW menor 3750 lbs	3,4	*	0,25	0,4
LLDT, LVW mayor 3750 lbs	4,4	*	0,32	0,7

Anexo 17: *Análisis de campo en cooperativas*

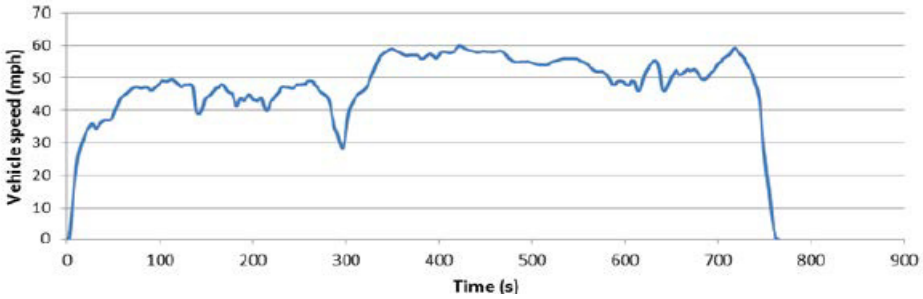
Cooperativas de taxis	**Taxis Operativos**	**Aveo Emotion**
Coop. Norte 1	63	9
Coop. Norte 2	51	12
Coop. Norte 3	48	8
Coop. Centro Norte	66	7

Coop. Centro Norte	51	2	
Coop Centro Sur	50	11	
Coop Centro Sur	48	9	
Coop. Sur 1	74	10	
Coop Sur 2	91	13	
Coop Sur 3	43	4	
Total	585		**85**

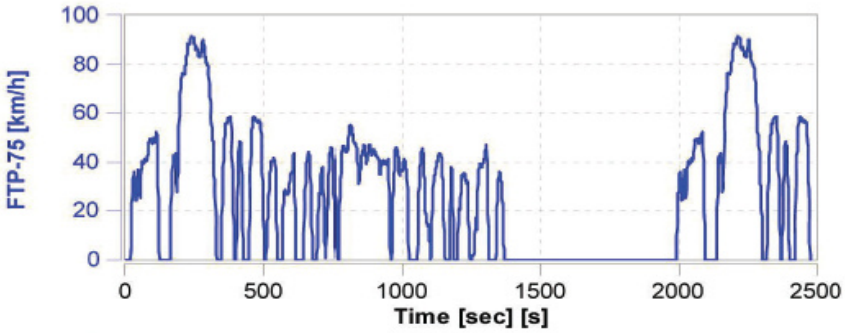
Anexo 18: *Analisis de consumo de autos de coperativas*

Modelos	Consumo Ciudad
Nissan Sentra	14 km/litro
Chevrolet Spark	14 km/litro
Chevrolet Aveo	17 km/litro
Hiunday i10	12 km/litro
Hiunday Accent	21,7 km/litro
Renault Logan	14,5 km/litro
Kia Rio	18 km/ litro
Chery Arrizo 5	14 km/litro
Kia Picanto	18 km/litro
Chevrolet Beat	19 km/litro
Chevrolet Sail	15 km/litro

Anexo 19: *Ciclos de Conducción Probados*



Distancia	**10,25 millas**	**16,503 km**
Duración	765 s	**0:12:45 min**
Media Velocidad	48,5 mph	**77,8 km/h**



Distancia	**11,0 millas**	**17,77 km**
Duración	1874 s	**00:31:20 min**
Media Velocidad	21,2 mph	**34,1 km/h**

Anexo 6: *Graficos Reales de las pruebas*

Anexo 20: *Tabla de modelos de vehículos de las cooperativas*

Marca / Modelo	Coop Norte 1	Coop Norte2	Coop. Norte 3	Coop. Centro Norte 1	Coop. Centro Norte 2	Coop Centro Sur 1	Coop Centro Sur 2	Coop. Sur 1	Coop. Sur 2	Coop. Sur 3
Nissan Sentra	9	5	1	0	0	5	7	8	5	0
Chevrolet Spark	7	6	2	2	1	4	2	4	8	1
Chevrolet Aveo	9	12	8	7	2	11	9	10	13	4
Hiunday i10	5	4	3	4	8	2	1	2	7	6
Hiunday Accent	7	1	4	10	2	6	3	3	10	1
Renault Logan	5	3	5	8	5	4	4	0	3	2
Kia Rio	8	1	8	5	9	5	1	10	2	0
Chery Arrizo 5	6	5	4	6	1	2	3	8	6	6
Kia Picanto	2	5	2	4	10	0	1	5	7	4
Chevrolet Beat	0	2	3	3	5	2	2	7	8	3
Chevrolet Sail	1	1	0	5	4	7	8	13	7	11
Otros	4	6	8	12	4	2	7	4	15	5
Total	63	51	48	66	51	50	48	74	91	43

ANEXO 21

GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN

Ministerio para la Transición Ecológica

1.1. Concepto de huella de carbono

Se entiende como huella de carbono "*la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto*".

- **Huella de carbono de una organización**. Mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo o indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización.
- **Huella de carbono de producto**. Mide los GEI emitidos durante todo el ciclo de vida de un producto: desde la extracción de las materias primas, pasando por el procesado y fabricación y distribución, hasta la etapa de uso y final de la vida útil (depósito, reutilización o reciclado).

Esta guía se centrará en el cálculo de la huella de carbono de una organización. En este sentido, conviene aclarar que el concepto de organización engloba a cualquier tipo de entidad que desee calcular su huella de carbono, ya sea una organización privada, una entidad pública, una organización sin ánimo de lucro, etc.

El análisis de huella de carbono proporciona como resultado un dato que puede ser utilizado como indicador ambiental global de la actividad que desarrolla la organización. La huella de carbono se configura así como punto de referencia básico para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía y para la utilización de recursos y materiales con mejor comportamiento medioambiental.

La huella de carbono identifica la cantidad de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad; permite identificar todas las fuentes de emisiones de GEI y establecer a partir de este conocimiento, medidas de reducción efectivas.

1.2. Huella de carbono de una organización. Alcances

Al referirnos a huella de carbono de una organización y a las fuentes emisoras que se analizan en su cálculo, recurrimos al término *Alcance*, clasificándolo en alcance 1, 2 y 3. Veamos a continuación qué significa esto.

En primer lugar, cabe indicar que las emisiones asociadas a las operaciones de una organización se pueden clasificar como emisiones directas o indirectas.

- **Emisiones directas de GEI**: son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la organización. De una manera muy simplificada, podrían entenderse como las emisiones liberadas *in situ* en el lugar donde se produce la actividad, por ejemplo, las emisiones debidas al sistema de calefacción si éste se basa en la quema de combustibles fósiles.

- **Emisiones indirectas de GEI**: son emisiones consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra organización. Un ejemplo de emisión indirecta es la emisión procedente de la electricidad consumida por una

organización, cuyas emisiones han sido producidas en el lugar en el que se generó dicha electricidad.

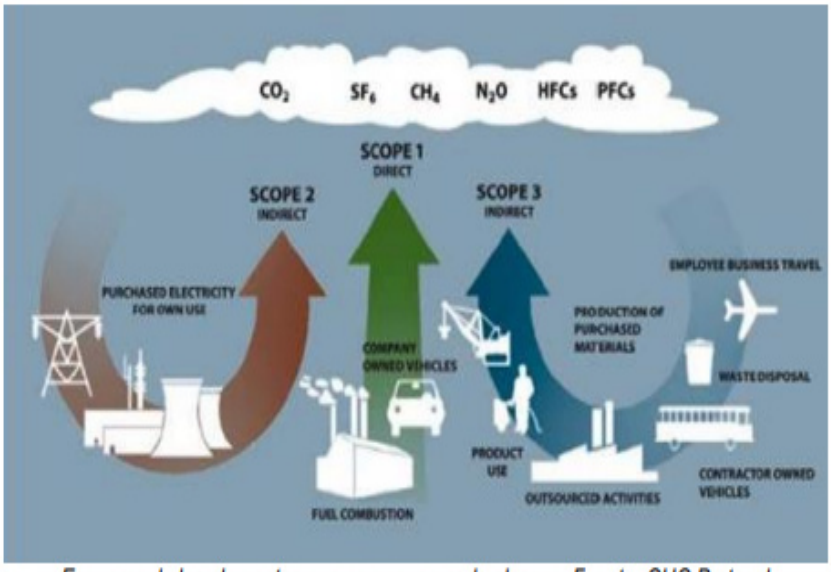
Una vez definidas cuáles son las emisiones directas e indirectas de GEI y para facilitar la detección de todas ellas, se han definido **3 alcances**:

- **Alcance 1**: emisiones directas de GEI. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad de o están controladas por la entidad en cuestión. También incluye las emisiones fugitivas (p.ej. fugas de aire acondicionado, fugas de CH_4 de conductos, etc.).

- **Alcance 2**: emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.

- **Alcance 3**: otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos de actividades de alcance 3 son la extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo a través de medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

El siguiente esquema muestra gráficamente los citados alcances y los elementos que lo componen:



Esquema de los elementos que componen cada alcance. Fuente: GHG Protocol

Como se ha comentado anteriormente, las fuentes de GEI contempladas en esta guía son aquéllas que se encuentran recogidas en los alcances 1+2.

Los alcances agrupan las fuentes emisoras de gases de efecto invernadero que puede tener una organización. Se distinguen 3 alcances: 1, 2 y 3.

En una primera aproximación puede decirse que el cálculo de la huella de carbono consiste en aplicar la siguiente fórmula:

Huella de carbono = Dato Actividad x Factor Emisión

Donde:

- El **dato de actividad**, es el parámetro que define el grado o nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en la calefacción (kWh de gas natural).

- El **factor de emisión** (FE) supone la cantidad de GEI emitidos por cada unidad del parámetro "dato de actividad". Estos factores varían en función de la actividad que se trate. Por ejemplo, en relación a la actividad descrita anteriormente (consumo de gas natural para la calefacción), el factor de emisión para 2017 sería 0,202 kg CO_2 eq/kWh de gas natural.

Como resultado de esta fórmula obtendremos una cantidad (g, kg, t, etc.) determinada de dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq).

EJEMPLO	Para un medio de transporte cualquiera: Emisiones = Combustible consumido x FE Emisiones = litros combustible x FE (CO_2eq/litro)

Las unidades en las que estén expresados los factores de emisión han de escogerse en función de los datos de la actividad de que se disponga. En esta guía se expondrán los factores de emisión referidos a las unidades que, con mayor frecuencia, definen los datos de las actividades en cada caso.

Por otro lado, cabe destacar a qué hace referencia el término **CO_2eq**, unidad utilizada para exponer los resultados en cuanto a emisiones de GEI. Los gases que se indican en el Protocolo de Kioto como máximos responsables del efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, los denominados gases de efecto invernadero (GEI), son: el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido de nitrógeno (N_2O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF_6) y, desde la COP 18[1] celebrada en Doha a finales de 2012, el trifluoruro de nitrógeno (NF_3). Sin embargo, el CO_2 es el GEI que influye en mayor medida al calentamiento del planeta, y es por ello que las emisiones de GEI se miden en función de este gas. La t CO_2eq es la unidad universal de medida que

1.3.1. ¿Qué métodos existen para calcular la huella de carbono de organizaciones?

A continuación se presentan las normas y metodologías de mayor reconocimiento internacional, aunque debemos resaltar que existen muchas otras, como queda patente en los informes de la Comisión Europea[3] donde se analizan las metodologías existentes a nivel internacional y europeo.

- *Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol)*. Desarrollado por *World Resources Institute* (Instituto de Recursos Mundiales) y *World Business Council for Sustainable Development* (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

- *UNE-ISO 14064-1*. De acuerdo con el *GHG Protocol* se desarrolla en 2006 la norma ISO 14064 que se estructura en 3 partes. La que sería de aplicación para esta guía es la 14064-1 que especifica los principios y requisitos, a nivel de organización, para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de GEI. Las otras partes de esta norma se dirigen, por un lado, a proyectos sobre GEI específicamente diseñados para reducir las emisiones de GEI o aumentar la remoción de GEI (*ISO 14064-2*) y, por otro lado, a la validación y la verificación de los GEI declarados (*ISO 14064-3*).

- *UNE-ISO 14065: 2012*. Requisitos para los organismos que realizan la validación y la verificación de gases de efecto invernadero, para su uso en acreditación u otras formas de reconocimiento.

- *UNE-ISO 14069: 2013*. Cuantificación e informe de GEI para organizaciones. Constituye la guía para la aplicación de la *ISO 14064-1*.

- *IPCC 2006 GHG Workbook*. Una completa guía para calcular GEI provenientes de diferentes fuentes y sectores, y que incluye una detallada lista de factores de emisión. Esta guía se creó con el fin de servir de orientación para cuantificar las emisiones de GEI de los inventarios nacionales, pero puede ser de gran utilidad a la hora de calcular la huella de carbono de las organizaciones. Si no se dispone de factores de emisión específicos, el *IPCC 2006 GHG Workbook* proporciona factores de emisión genéricos que pueden servir para calcular la HC de una organización.

- *Bilan Carbone (Francia)*. La *Agence d l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* (Agencia Francesa del Medio Ambiente y Gestión de la Energía), elaboró e implementó a partir de 2004 esta herramienta metodológica dedicada a la medición de emisiones de GEI. Se basa en los contenidos de GHG Protocol e ISO 14064.

- *Indicadores GRI (Global Reporting Initiative)*. Iniciativa internacional en la que participan entidades de diversos ámbitos, incluyendo empresas, gobiernos y diferentes organizaciones civiles. Su objetivo es establecer un marco de trabajo común a nivel mundial, con un lenguaje uniforme y

parámetros comunes que sirvan para comunicar de una forma clara y transparente las cuestiones relacionadas con la sostenibilidad a través de las denominadas Memorias de Sostenibilidad. Las mencionadas Memorias comprenden información de diversa índole entre la que se encuentran los Indicadores de desempeño: indicadores que permiten disponer de información comparable respecto al desempeño económico, ambiental y social de la organización.

- RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN de 9 de abril de 2013 sobre el uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida (*2013/179/UE).*

- ISAE 3410, norma internacional aprobada por el Consejo de Normas Internacionales de Auditoría y Aseguramiento (IAASB) en marzo de 2012 sobre Contratos de Aseguramiento de Informes de Gases de Efecto Invernadero.

Las numerosas metodologías reconocidas a nivel internacional están basadas en los principios de RELEVANCIA, INTEGRIDAD, CONSISTENCIA, EXACTITUD Y TRANSPARENCIA.

1.3.2. ¿Cuánto tiempo necesitaré para calcular la huella de carbono de mi organización?

El cálculo de la huella de carbono de una organización supone un análisis detallado de la actividad que lleva a cabo, variando su complejidad en base a la cantidad de fuentes emisoras de GEI consideradas para el cálculo. Teniendo en cuenta que la mayor parte de las organizaciones a las que se dirige la presente guía, cuentan con situaciones organizativas y operativas no demasiado complejas, el cálculo de su huella en general será relativamente sencillo.

Adicionalmente, y si tenemos en cuenta que el conjunto de emisiones en el que se centra este documento (alcance 1 y 2) excluye el bloque de emisiones cuyo cálculo reviste una mayor complejidad (alcance 3), la simplificación del proceso es aún mayor.

Por lo tanto, en la mayor parte de los casos, para el cálculo de la huella bastará con identificar cuáles de las fuentes emisoras que se detallan más adelante forman parte de las operaciones que realiza la organización para, posteriormente, recopilar la información necesaria sobre los datos de actividad que la definen (principalmente, consumos de combustibles y electricidad). El siguiente paso consistirá en identificar qué factores de emisión se corresponden con cada actividad y efectuar su producto.

En este apartado podrá encontrar información sobre cómo realizar el cálculo de la **huella de carbono de una organización en su alcance 1 y 2.** En primer lugar se describe cómo determinar los límites de la organización para la adecuada identificación de las fuentes emisoras que se incluirán en el estudio. A continuación, se facilita información tanto del dato de actividad del que debe disponer la propia organización, como de los factores de emisión que deberá aplicar para poder realizar el cálculo.

Las actividades emisoras que se han tenido en cuenta para estos alcances en la guía son las siguientes:

ALCANCE 1	Desplazamientos en vehículos
	Consumo de combustibles fósiles
	Fugas de los equipos de climatización y /o refrigeración
ALCANCE 2	Consumo eléctrico[5]

EJEMPLO	La empresa 123, S.A. (clasificada como pequeña empresa) decide calcular su huella de carbono. Para ello, de forma previa, recopila la siguiente información: ***DECISIONES PREVIAS*** ▪ **Tipo de huella de carbono a calcular:** de organización ▪ **Establecimiento de los límites organizacionales operativos** ○ **Límite de la organización:** incluye la totalidad de la actividad de la empresa, se escoge un enfoque de control operativo. ○ **Alcance de cálculo:** 1+2 Contempla las siguientes fuentes de emisión: sistema de calefacción (gas natural), consumo eléctrico, coche y furgoneta ▪ **Año de cálculo: 2017** ***RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN*** ▪ **Recopilación los datos de consumo:** ○ kWh de gas natural en calefacción ○ kWh de electricidad ○ Litros de gasolina y gasoil del coche y de la furgoneta

2.2. ¿Qué límites debo considerar?

Como se ha comentado, uno de los primeros pasos a seguir al abordar el cálculo de la huella de carbono de una organización, debe ser especificar claramente cuáles son los límites de la organización y de sus operaciones.

Fijar los límites de la medición significa decidir qué áreas de la empresa se incluirán en la recolección de información y en los cálculos.

Para las organizaciones de pequeña magnitud, este proceso es muy sencillo, pues, normalmente sólo disponen de un centro de operaciones. Sin embargo, para entidades algo más complejas y ubicadas en distintos lugares y/o con diferentes filiales, con regímenes de sociedades o franquicias, entre otros, se deberá definir claramente qué aspectos se incluirán en la medición y cuáles no.

2.2.1. Límites de la organización: enfoque

La organización puede estar compuesta por más de una instalación y las emisiones de GEI de cada instalación se pueden producir a partir de una o más fuentes. El límite de la organización es el que determina las operaciones que son propiedad o están bajo el control de la organización que informa.

Así, la organización debe consolidar sus emisiones de GEI a partir de uno de los siguientes enfoques:

- **Enfoque de cuota de participación accionaria**: la empresa contabiliza las emisiones de GEI de acuerdo a la proporción que posee en la estructura accionaria. Este enfoque refleja directamente un interés económico, el cual representa el alcance de los derechos que una organización tiene sobre los riesgos y beneficios que se derivan de una operación. Si el reporte de emisiones se realiza bajo este enfoque, será necesario aplicar el porcentaje de la participación accionaria que se asocia a cada operación compartida (dato que podrá proporcionar el personal a cargo de la contabilidad o de los aspectos legales de la empresa).

- **Enfoque de control**: la empresa contabiliza el 100% de sus emisiones de GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce el control. No debe contabilizar emisiones de GEI provenientes de operaciones de las cuales la empresa es propietaria de alguna participación pero no tiene el control de las mismas. El control puede definirse tanto en términos financieros como operativos.

    - *Control financiero*. Una organización tiene control financiero sobre una operación si tiene la facultad de dirigir sus políticas financieras y operativas con la finalidad de obtener beneficios económicos de sus actividades. Si existen emisiones de alianzas en las cuales existe un control financiero colectivo se contabilizan con base en el enfoque de participación accionaria.

    - *Control operativo*: en este enfoque se tienen en cuenta las emisiones procedentes de aquellas fuentes que están bajo el control operativo de la organización.

      Bajo el enfoque de control operativo, la organización que posee el control de una operación, ya sea de manera directa o a través de una de sus subsidiarias, deberá contabilizar como propio el 100% de las emisiones de la operación.

Si la organización que calcula es propietaria absoluta de todas sus operaciones, el límite de la organización será el mismo, independientemente del enfoque que se utilice. Para organizaciones que tengan operaciones conjuntas con otras organizaciones, el límite y las emisiones resultantes pueden diferir dependiendo del enfoque utilizado.

Tanto en operaciones que son propiedad absoluta de la organización como en operaciones conjuntas, la elección del enfoque puede significar cambios en la categorización de las emisiones al momento de fijar los límites operativos.

2.2.2. Límites operativos: alcances

Después de haber determinado los límites de la organización en términos de las instalaciones de las que es propietaria o tiene el control, una entidad debe establecer sus límites operativos. Esto implica identificar emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o indirectas y seleccionar cuáles serán las que incluya en el análisis de sus emisiones de GEI.

2.3. Cálculo de la huella de carbono: contabilización de emisiones

En los siguientes apartados, se aborda el cálculo de la huella de carbono según alcances para cada una de las actividades mencionadas anteriormente. Se indicará en cada caso cuál será el dato de actividad necesario y los factores de conversión y de emisión correspondientes.

2.3.1. Alcance 1

2.3.1.1. Desplazamientos en vehículos

Con el fin de simplificar los cálculos, en la metodología que se describe a continuación no se considera necesaria la contabilización de otros GEI distintos del CO_2 en las emisiones asociadas al transporte, por ser en general de un orden de magnitud sustancialmente inferior a las emisiones de CO_2. No obstante, si la organización es conocedora de las emisiones provenientes de otros GEI asociados al transporte, se alienta a su inclusión en la contabilización final de emisiones, así como a su posible inclusión dentro del plan de mejora[6].

Así, en este apartado se incluye el transporte realizado por la flota de vehículos propia y por la flota ajena respecto de la que la organización tiene control y, por lo tanto, puede incidir indirectamente en la reducción de sus emisiones. Generalmente, para la mayoría de las organizaciones este cálculo se referirá a los consumos de aquellos vehículos cuyo gasto de combustible corra a su cargo. Esto incluye, por lo tanto, turismos, motos, tractores, etc. en propiedad, *leasing*, *renting*, etc.

Cabe señalar que en este apartado no están incluidos los desplazamientos que puedan realizar los trabajadores de la organización por motivos de trabajo en medios de transporte sobre los que no tiene el control del consumo (desplazamientos en tren, avión, taxi, etc.). Por tanto, también se excluyen las emisiones que puedan generar los empleados para sus desplazamientos desde sus hogares a los centros de trabajo y viceversa. En ambos casos, estas emisiones se consideran indirectas y englobadas en alcance 3.

Dato de actividad

Normalmente los datos disponibles para realizar este cálculo se pueden presentar de dos maneras:

Opción A: se conoce el tipo y la cantidad de combustible consumido

- Tipo de combustible: gasolina, gasóleo, E10 (mezcla de un 10 % de bioetanol y el resto de gasolina), B30 (mezcla de un 30 % de biodiesel y el resto de gasóleo), GLP, etc.

  En caso de tratarse de coches eléctricos o híbridos enchufables las emisiones derivadas del consumo de electricidad deben considerarse como emisiones indirectas englobadas en el alcance 2.

- Cantidad de combustible: en función de si el vehículo es de combustión interna, eléctrico o se trata de un híbrido, los consumos se cuantifican de la siguiente manera:

    - Vehículos de combustión interna: litros de cada uno de los combustibles consumidos por los vehículos durante el periodo de cálculo.

    - Vehículos de propulsión eléctrica: la electricidad consumida por estos vehículos se contabiliza dentro del alcance 2.

    - Vehículos híbridos: en caso de ser híbridos enchufables, se contabilizan los litros de combustible consumido y los kWh de electricidad consumida en el alcance 2. Si se trata de híbridos no enchufables, únicamente habrá que considerar el dato de litros de combustible consumido ya que la electricidad la genera el propio vehículo.

  Si el dato de la cantidad de combustible no estuviera disponible en litros sino en euros gastados en combustible en ese periodo, puede realizarse la conversión a litros consumidos a partir de los precios que aparecen en el geoportal de hidrocarburos que publica el Ministerio para la Transición Ecológica[7].

Opción B: se conoce el modelo de coche, el tipo de combustible y los km recorridos

El siguiente procedimiento de cálculo es posible siempre y cuando el modelo del vehículo a considerar se encuentre entre los incluidos en la base de datos del IDAE (instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía). Será necesario conocer los siguientes datos:

- Marca y modelo de coche: tipo de motorización, categoría, segmento

- Distancia recorrida: km

Factores de emisión

Según los datos de la actividad disponibles (opción A o B) la fuente de donde se pueden obtener los factores de emisión es diferente:

Opción A: se conoce el tipo y la cantidad de combustible consumido

En el enlace factores de emisión puede encontrar los factores de emisión para cada año de los principales combustibles empleados por los vehículos. Las fuentes de donde se extraen estos factores son el *Inventario Nacional de Emisiones de España* y las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de 2006*.

Opción B: se conoce el modelo de coche, el tipo de combustible y los km recorridos

La página web del IDAE dispone de una aplicación de búsqueda por marca y modelo en la que se obienen los g CO_2/km introduciendo los siguientes datos: marca y modelo de coche: tipo de motorización, categoría, segmento.

El cálculo de las emisiones es directo multiplicando los g CO_2/km por los km recorridos.

EJEMPLO	Una empresa dispone de un equipo de aire acondicionado de HFC-125 que tiene una capacidad de 5 kg. Tras detectar un mal funcionamiento del equipo se realiza una revisión y se detecta una fuga. Tras su reparación, se recarga el equipo con 2 kg del mencionado gas. El cálculo de las emisiones de CO_2 asociadas sería el siguiente: ▪ Recarga de gas (fuga): 2 kg de HFC-125 ▪ PCG del HFC-125: 3.500 ▪ Emisiones de CO_2 = 2 kg HFC-125 x 3.500 = 7.000 kg CO_2 eq

2.3.1.5. Actividades que generan otros gases de efecto invernadero

Otros gases de efecto invernadero que incluye el Protocolo de Kioto y que se producen en distintas actividades son los perfluorocarburos (PFCs), el hexafluoruro de azufre (SF_6), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y, el gas, recientemente incluido para el segundo periodo de vigencia (2013-2020) del Protocolo, el trifluoruro de nitrógeno (NF_3).

Los HFCs, junto con los PFCs y el SF_6 constituyen los denominados gases fluorados. Estos gases presentan PCG hasta 22.800 veces superior que el del CO_2, y su uso ha aumentado alrededor de un 60% en la UE desde 1990, en contraste con el resto de GEI. Por ello, la Comisión Europea ha decidido reforzar la legislación correspondiente para tratar de reducir las emisiones de estos gases en dos tercios para 2030.

A continuación se presenta una tabla orientativa que refleja los PCG, así como las principales fuentes de emisión que originan las emisiones de estos gases:

GEI		PCG[12]	Principales orígenes en España
PFCs	Perfluorocarburos	7.390-12.200[13]	El 100% de las emisiones de PFCs son originadas por la producción de aluminio y extintores de fuego.
SF_6	Hexafluoruro de azufre	22.800	Todas las emisiones de SF_6 son emitidas por equipos eléctricos.
HFCs	Hidrofluorocarburos	12-14.800[14]	Todas las emisiones de HFCs provienen de la industria de los equipos de refrigeración aire acondicionado y de los extintores de fuego.
CH_4	Metano	25	El 61% de las emisiones de CH_4 son originadas por la agricultura y la ganadería (60% de la fermentación entérica, mayoritariamente de las vacas, y 39% de la gestión de purines), alrededor de un 31% proceden de los residuos (mayoritariamente vertido de residuos sólidos sobre el terreno), y aproximadamente un 8% de las actividades de quema de combustibles.
NF_3	Trifluoruro de nitrógeno	17.200	Fabricación de semiconductores, LCD y células fotovoltaicas.
N_2O	Óxido nitroso	298	El 74% de las emisiones de N_2O son originadas por la agricultura, el 16% por la combustión de combustibles fósiles y el 4% por la industria química y el manejo de aguas residuales.

	Factor de emisión	Unidad
Con GdO renovable	0	g CO_2/kWh
Sin GdO	Variable según compañía	g CO_2/kWh

Por último, cabe señalar que, en caso de que su organización tenga contratada la electricidad con varias comercializadoras diferentes y, en lugar de desglosar los kWh consumidos en cada una de ellas, prefiera simplificar el procedimiento y hacer la suma total, tendrá que emplear el factor de emisión correspondiente al valor medio de los factores de los mix de energía de las empresas comercializadoras sin GdO, valor que proporciona el mismo documento de la CNMC y que aparece denominado como mix de la "Comercializadora sin GdO's".

En el Anexo IV se presenta una de las páginas del documento "*Mix Comercial y Factores de Impacto Medio Ambiental*" de la CNMC y se señala dónde localizar los factores de emisión. Se incluye también en dicho anexo un ejemplo de GdO.

EJEMPLO

Supongamos un consumo eléctrico de las instalaciones de una organización para el año 2017 de 48.000 kWh. Así, los datos de partida son:

- 20.000 kWh provienen de la comercializadora 1 con factor del mix eléctrico 0,390 kg CO_2 /kWh
- 18.000 kWh provienen de la comercializadora 2 con factor del mix eléctrico 0,310 kg CO_2 /kWh
- 10.000 kWh proviene de la comercializadora 3 que ha emitido a la organización un certificado de GdO de la electricidad de origen renovable.

El cálculo de las emisiones asociadas a dicho consumo será el siguiente:

- Emisiones por comercializadora 1: 20.000 kWh x 0,390 kg CO_2 /kWh = 7.800 kg CO_2
- Emisiones por comercializadora 2: 18.000 kWh x 0,310 kg CO_2 /kWh = 5.580 kg CO_2
- Emisiones por comercializadora 3: 0 kg CO_2

Total de emisiones: 7.800 + 5.580 + 0 = 13.380 kg CO_2

En el caso de que una empresa, con dos proveedores de electricidad, decida reportar las emisiones derivadas de la T&D correspondiente a su consumo (que se incluirán en el alcance 3), las emisiones se calcularían así:

- 20.000 kWh provienen de una comercializadora 1 con mix 0,390 kg CO_2 /kWh
- 18.000 kWh provienen de otra comercializadora 2 con mix 0,310 kg CO_2 /kWh
- Factor de pérdidas: 9,6%

El cálculo de las emisiones será: Consumo de electricidad x factor de pérdidas x factor de emisión

- Emisiones T&D por comercializadora 1 = 20.000 kWh x 0,096 x 0,390 CO2 /kWh = 749 kg CO_2
- Emisiones T&D por comercializadora 2 = 18.000 kWh x 0,096 x 0,310 CO_2 /kWh = 536 kg CO_2

Total de emisiones por T&D: 749 + 536 = 1.285 kg CO_2

ANEXO 22

Para tener una idea de cómo está funcionando actualmente nuestra flota y su impacto en el medio ambiente es necesario calcular los niveles de emisiones de los vehículos que la componen, a continuación te explicamos en detalle los dos métodos más empleados para **calcular los niveles de emisiones de CO2.**

CÓMO CALCULAR LA HUELLA DE CARBONO DE TU FLOTA

Existen dos formas de calcular el impacto ambiental de una flota: mediante una estimación matemática o a través de una medición precisa empleando el consumo real y teniendo en cuenta todos los factores inherentes a la flota.

Estimación matemática

Paso 1: Calcular cuántos litros de combustible se consumen

Si sabemos cuántos litros de combustible se compran y usan cada mes, este paso es fácil. Si no disponemos de esta información, tenemos que emplear el número de millas que han recorrido los vehículos en un mes y su promedio de kilómetros

Con los kilómetros recorridos y el promedio de kilómetros por litro, podemos calcular la cantidad de litros de combustible que nuestra flota ha consumido. Vamos a ver exactamente cómo hacer este cálculo con un ejemplo.

Ejemplo

Imaginemos que gestiona una flota de 100 furgonetas. Cada mes, cada vehículo cubre 1,500 kilómetros a un promedio de 25 kilómetros por litro. Esto significa que cada vehículo quema 60 litros de combustible cada mes (1500/25). Por lo tanto el consumo total de la flota será de 6,000 litros (60 litros * 100 cien vehículos)

Paso 2: Calcular cuántos kilogramos de CO_2 genera dicho consumo

Un litro de diésel crea 2,68 kg de CO_2. Por lo tanto, simplemente podemos multiplicar la cantidad de litros que se han consumido por 2,68 para saber cuántos kilogramos de CO_2 ha emitido la flota en un mes. La mayoría de las flotas comerciales funcionan con diésel, pero si tienes una flota mixta, debes tener en cuenta que, al consumir un litro de gasolina se producen 2,31 kg de CO_2, en lugar de los 2.68 kg producidos por el diesel.

Continuando con nuestro ejemplo, y suponiendo que todos los vehículos son diesel, ya podemos calcular que un consumo total de combustible de 6,000 litros van a generar 16,080 kg de CO_2 (60 litros * 100 vehículos * 2,68). Por lo tanto cada mes nuestra flota está emitiendo 16,080 kg de CO_2 al medio ambiente.

Anexo 23

Ecuación 2. *Densidad de la gasolina*

Densidad de la gasolina

$\rho := 720 \ \frac{gr}{L}$

Ecuación 3. *Octanaje de la gasolina*

Octanaje de la gasolina

$\lambda := 87\ \% + 13\ \%$

$C_{(8)}H_{18}$ + Pentanos + Hexanos + Nonanos

$M\rho = \rho * V$

$M\rho := 720 \ gr$ ***Masa de la gasolina***

Se obtiene 87 octanos de 100

Mgasolina = 626.4 gr + 13% HC

Mgasolina = 626.4 gr + 93.6 gr

$HC := 93.6 \ gr$

Realización de su peso molecular

626.4 gr C_8H_{18}

1 molécula de C_8H_{18} = 114.232 gr

Masa C= 12.011

Masa H = 1.008

Si 1 molécula de C_8H_{18} produce 114.232 gr de C_8H_{18}

↓

626.4 gr de C_8H_{18} produce 5.484 moléculas de C_8H_{18}

Por lo tanto

$$5.484\ C_8H_{18} + XO_2 \longrightarrow XCO_2 + XH_2O$$

Igualando la ecuación:

Moléculas de CO_2 = 5.484 * C_8

Moles de CO_2 = 43.872

Moléculas de H = 5.484 * H_{18}

Moles H = 98.712

Moléculas de O_2 = (49.356 + 87.744) / 2

Moles O_2 = 68.55

Moléculas de H_2O = 98.712 / H_2

Moles H_2O = 49.356

Por lo tanto:

$$5.484\ C_8H_{18} + 68.55O_2 \longrightarrow 43.872\ CO_2 + 49.356\ H_2O$$

1 molécula de CO_2 = 44.009 gr = 1930.7628

Masa C= 12.011
Masa O = 15.999

Porcentaje de HC = 13 %

HC = aproximadamente el 13 % del CO_2 producido

HC = 250.999 gr

La gasolina de 87 octanos produce aproximadamente 1930.7628 gr CO_2 + 250.999 gr HC

Con un total de emisiones de 2.361 kg CO_2 / L