

Evaluación de los Sistemas de Catalización de Vehículos a Gasolina en Condiciones de
Arranque en Frío

Ing. Edison Wilmer Calero Durango
Universidad Particular Internacional SEK

Nota del autor

Ing. Edison W. Calero Durango, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional
SEK, Director Ing. Juan Rocha M.Sc., Codirector Ing. Edilberto LLanes Ph.D

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
ecalero.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Edison Wilmer Calero Durango, con cédula de identidad 2100566807, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

EDISON WILMER CALERO DURANGO

C.I.: 2100566807

Índice

Índice	3
Lista de figuras	6
Lista de tablas	8
Lista de ecuaciones	9
Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Antecedentes.....	12
Planteamiento del problema.....	14
Justificación	14
Objetivos.....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos específicos.	15
Estado del arte	15
Monóxido de carbono (CO).	19
Hidrocarburos (HC).	19
Óxidos Nitrosos (NO_x).	20
Normativa	20
Combustibles	22
Características fisicoquímicas de los combustibles.	23
Características termoquímicas de los combustibles.	25
Bioetanol.....	26
Gasolina.....	27
Convertidor catalítico	29
Carcasa metálica.	32
Revestimiento aislante.	32
Monolitos.....	33
Los catalizadores de tres vías.....	34
Medición de emisiones vehiculares.....	36
Tipo de pruebas de emisiones.	37
Pruebas estacionarias.	37
Pruebas dinámicas.	38
Ciclos de conducción.	40
Ciclo FTP (Federal Test Procedure).....	40
Ciclo para evaluar el consumo de combustible en carretera (HWFEC).	41

Ciclo LA-92 de California	42
Ciclo de conducción NEDC.....	42
Ciclo MODO 10-15	43
Ciclo JC08.....	43
Factores de emisión	43
Método.....	49
Método de investigación	49
Ciclo básico de investigación experimental.	49
Estrategia metodológica.....	52
Primera parte de la estrategia metodológica.....	53
Caracterización de los vehículos	53
Prueba on board.	57
Sonda de gases.....	58
Analizador de gases on board.	58
Tanque de presión de combustible.	59
Conector de datos.	60
Segunda parte de la estrategia metodológica.....	60
Pruebas de protocolo.....	61
Ruta.	62
Tercera parte de la estrategia metodológica	65
Pruebas.	65
Resultados.....	67
Presentación de resultados generales de pruebas <i>on board</i>	67
Presentación de resultados de pruebas en frío con mezclas de combustible.....	74
Factores de emisión con mezcla de combustible etanol en frío.....	74
Factores de emisión con mezcla de combustible extra en frío.....	75
Análisis y discusión de resultados.....	78
Discusión de resultados.....	78
Factor de emisión de CO con combustible extra y etanol en frío.	78
Factor de emisión de HC con de combustibles extra y etanol en frío.....	80
Factor de emisión de NOx con combustibles extra y etanol en frío.	82
Conclusiones.....	85
Recomendaciones	87
Referencias bibliográficas.....	88
Anexos.....	94

Índice anexos

Anexo A.....	94
Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo CHEVR_2,0 – ECOPAIS.....	94
Anexo C.....	96
Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo MAZD_2,2-ETANOL.....	96
Anexo D.....	97
Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo MAZD_2,2-EXTRA	97
Anexo E.....	98
Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo VOLKS_1,8-ETANOL	98
Anexo F.....	99
Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo VOLKS_1,8-EXTRA.....	99
Anexo G.....	100
Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204 Segunda revisión GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA	100
Anexo H.....	108
Norma Técnica Ecuatoriana INEN 935 PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. GASOLINA. REQUISITOS	108
Anexo I.....	117
Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2478 ETANOL ANHIDRO. REQUISITOS	117
Anexo J.....	124
Resultados - Prueba con etanol y prueba con extra vehículo MAZD_2,2	124
Anexo K.....	130
Resultados - Prueba con etanol y prueba con extra vehículo CHEVR_2,0	130
Anexo L.....	136
Resultados - Prueba con etanol y prueba con extra vehículo VOLK_1,8.....	136
Anexo M.....	142
Resultados - Prueba de rango múltiple.....	142

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de las emisiones contaminantes en el escape de un MEP (Motores de encendido provocado) en función de Lambda. Fuente: (Guixot, 2011)	19
Figura 2.Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE) Fuente: (INEN 2204)	22
Figura 3.Propiedades del alcohol industrial anhidro (etanol). Fuente: (INEN 2478, 2009).....	27
Figura 4.Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON. Fuente: (INEN 935, 2015)	28
Figura 5.Perfil general de emisiones de motores a combustión interna diésel y gasolina Sistemas de control de emisiones. Fuente: (Ing. A. Portilla).....	28
Figura 6.Convertidor catalítico. Fuente: (Hidalgo, 2010).....	30
Figura 7.Ubicación del convertidor catalítico en el automóvil. Fuente: (Hidalgo, 2010).	31
Figura 8.Elementos que conforman el convertidor catalítico. Fuente: (Hidalgo Guevarra, 2010)32	
Figura 9.Carcasa del convertidor catalítico, parte superior e inferior. Fuente: (Hidalgo Guevarra, 2010)	32
Figura 10.Detalle de partes del convertidor catalítico. Fuente: (Hidalgo Guevarra, 2010)	33
Figura 11.Representación esquemática de un monolito de celdas cuadradas.Fuente: (Campbel, 1977).	33
Figura 12.Funcionamiento del convertidor CCTV. Fuente: (Campbel, 1977)	36
Figura 13.Prueba estática de emisiones. Fuente: (Vizúete, 2016)	38
Figura 14.Prueba dinámica de emisiones. Fuente: (Vizúete, 2016)	39
Figura 15.Flujograma del ciclo básico de investigación experimental. Fuente: (Riba, 2002).....	50
Figura 16.Flujograma de ciclo básico de investigación experimental aplicado	51
Figura 17.Estrategia metodológica.	52
Figura 18.Chevrolet Gran Vitara. Fuente: Autor	54
Figura 19.Mazda BT-50.....	55
Figura 20.Volkswagen Gol. Fuente: Autor	56
Figura 21.Sonda de gases. Fuente: Autor	58
Figura 22.Analizador de gases	59
Figura 23.Tanque de presión de combustible.	60
Figura 24.Caracterización de ruta.	64
Figura 25.Gas de escape CO ₂ (%) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-	

gasolina extra	68
Figura 26.Gas de escape CO(%) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra.....	69
Figura 27.Gas de escape HC(ppm) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra	71
Figura 28.Gas de escape O ₂ (%) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra	72
Figura 29.Gas de escape NO _x (ppm) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra	73
Figura 30.Valores de factores de emisión CO con mezclas de combustible etanol-extra.	78
Figura 31.Valores de factores de emisión HC con mezclas de combustible etanol-extra	80
Figura 32.Valores de factores de emisión NO _x con mezclas de combustible etanol-extra	83

Índice de tablas

Tabla 1.Emisiones del tráfico vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito y Cantón Rumiñahui, durante el año 2012	13
Tabla 2.Desarrollo evolutivo de aplicación de Norma EURO	21
Tabla 3.Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros \leq a 1305 kg(categoría N1-I), en g/Km	21
Tabla 4.Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros 1305 kg-1760Kg (categoría N1-II), en g/Km	21
Tabla 5.Transformación de los gases contaminantes a otros menos nocivos y la efectividad del proceso	30
Tabla 6.Formula molecular equivalente	44
Tabla 7.Caracterización de los vehículos.....	54
Tabla 8.Caracterización del vehículo Gran Vitara.....	55
Tabla 9.Caracterización del vehículo Mazda BT-50	56
Tabla 10.Caracterización del vehículo Wolkswagen.....	57
Tabla 11.Características técnica de equipo on board.....	59
Tabla 12. Propiedades del combustible.....	51
Tabla 13.Caracterización de ruta de prueba.....	65
Tabla 14.Valores on board con etanol en frío de MAZD_2.2	74
Tabla 15.Valores on board con etanol en frío de CHER_2,0	75
Tabla 16.Valores on board con etanol en frío de VOLK_1,8.....	75
Tabla 17.Valores on board con extra en frío de MAZD_2.2	76
Tabla 18.Valores on board con extra en frío de CHER_2,0	76
Tabla 19.Valores on board con extra en frío de VOLK_1,8.....	77
Tabla 20. Resultados del factor de emisión COO.....	80
Tabla 21. Prueba de múltiples rangos en factor de emisión de CO	82
Tabla 22. Resultados del factor de emisión HC.....	83
Tabla 23. Prueba de múltiples rangos en factor de emisión de HC	79
Tabla 24. Resultados del factor de emisión NOx.....	81
Tabla 25. Prueba de múltiples rangos en factor de emisión de NOx	83

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Reacciones de oxidación.	16
Ecuación 2. Reacciones de Reducción.	16
Ecuación 3. Fórmula molecular equivalente CH_y	44
Ecuación 4 Balance de masa para la combustión	45
Ecuación 5 Elemento Reactantes Productos Carbono	45
Ecuación 6. Elemento Recatarte Productos Hidrógeno	46
Ecuación 7. Elemento Recatarte Productos Oxígeno	46
Ecuación 8. Elemento Recatarte Productos Nitrógeno	46
Ecuación 9.Relación R_{CO}	46
Ecuación 10. Relación R_{HC}	46
Ecuación 11. Realción R_{NO}	46
Ecuación 12. Moles formados de CO por mol de combustible consumido	46
Ecuación 13Moles formados de C_3H_6 por mol de combustible consumido	47
Ecuación 14. Moles formados de CO_2 por mol de combustible consumido	47
Ecuación 15. Contaminante por gramo de CO	47
Ecuación 16. Contaminante por gramo HC.....	47
Ecuación 17. Contaminante por gramo NO_x	47
Ecuación 18. Peso molecular del combustible	47
Ecuación 19. Ecuación de factor de emisión general	47
Ecuación 20. Ecuación de factor de emisión CO	48
Ecuación 21. Ecuación de factor de emisión HC	48
Ecuación 22. Ecuación de factor de emisión NO	48

Resumen

El objetivo del trabajo presentado fue establecer las variables de contaminación en arranque en frío a través de los sistemas de catalización de los vehículos livianos en la ciudad de Quito, para la evaluación del factor de emisión en las primeras horas del día.

Se determinó los factores de emisión de los tres vehículos y dos combustibles extra y ecopaís, empleados en una prueba en ruta, en condiciones en arranque en frío, para el estudio se ha planificado realizar 30 pruebas considerando 10 pruebas por cada vehículo, y a su vez cada vehículo realizará 5 pruebas con mezcla de combustible convencional y 5 pruebas con mezcla de combustible etanol, considerando que para esta prueba los vehículos van a estar en reposo entre 10 y 12 horas para que los sistemas del motor y el catalizador se encuentren completamente fríos, como modelo experimental para evaluar los catalizadores y conocer si existen diferencias significativas en los factores de emisión al utilizar gasolina extra y gasolina ecopaís.

Los resultados obtenidos demuestran que los catalizadores no son eficientes en los primeros 90 s, permitiendo que las emisiones sean elevadas; y que el uso del combustible etanol tiene un mejor comportamiento disminuyendo las emisiones de CO y HC pero aumentando los NOx.

Basados en los resultados del estudio de los catalizadores se concluye, que entre los combustibles y los vehículos no existe diferencia significativa para los HC y NOx, mientras para CO existe diferencia significativa en el uso de combustible ecopaís y extra.

Palabras clave: catalizador, evaluación, etanol, factores de emisión, arranque en frío.

Abstract

The objective of the presented work was to establish the cold start pollution variables through the light vehicle catalytic systems in the city of Quito, for the evaluation of the emission factor in the early hours of the day.

It was determined the emission factors of the three vehicles and two extra fuels and ecopais, used in an en-route test, in conditions in cold start, for the study it is planned to perform 30 tests considering 10 tests for each vehicle, and in turn Each vehicle will perform 5 tests with conventional fuel mixture and 5 tests with ethanol fuel mixture, considering that for this test the vehicles will be at rest between 10 and 12 hours so that the engine and catalyst systems are completely cold, as experimental models to evaluate the catalysts and to know if there are significant differences in the emission factors when using extra gasoline and gasoline ecopaís.

The results obtained show that the catalysts are not efficient in the first 90 s, allowing the emissions to be high; and that the use of ethanol fuel has a better performance, decreasing CO and HC emissions but increasing NOx.

Based on the results of the study of the catalysts, it is concluded that between fuels and vehicles there is no significant difference for HC and NOx, while for CO there is a significant difference in the use of ecopais and extra fuel.

Keywords: catalyst, evaluation, ethanol, emission factors, cold start.

Introducción

Antecedentes

La contaminación del aire constituye una de las amenazas más importantes para la salud pública. En el año 2012 la contaminación atmosférica causó la muerte prematura de aproximadamente 3.7 millones de personas a nivel mundial (Vega, Ocaña, & Parra, 2015).

A nivel mundial el sector energía es el mayor contribuyente al total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). De acuerdo a las últimas estimaciones por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), las emisiones asociadas a la quema de combustibles fósiles alcanza un valor del 56,6 % del total, lo cual equivale a más de 27 GTon CO₂-eq (IPCC, 2007).

De acuerdo con los resultados del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del año 2007 (CORPAIRE, 2007) (el inventario más reciente y que diferencia las emisiones del tubo de escape, evaporativas y por abrasión) el tráfico vehicular aporta el 97.3 % del monóxido de carbono (CO) total emitido en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), el 52.3 % de óxidos de nitrógeno (NO_x), el 45.6 % del material particulado con diámetro aerodinámico menor de 2.5 micras (MP2.5), el 39.4 % de Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano (COVNM), el 26.2 % del material particulado con diámetro aerodinámico menor de 10 micras (MP10), y el 11.9 % del dióxido de azufre (SO₂) (Vega, Ocaña, & Parra, 2015).

Estos resultados sustentan la aplicación de la Revisión Técnica Vehicular (RTV) en el DMQ, como medida para controlar las emisiones de una de las fuentes más importantes de contaminación. Desde el año 1993, los vehículos al circular deben someterse anualmente a un control de las condiciones mecánicas y de las emisiones del escape, a fin de garantizar condiciones mínimas de seguridad y comprobar el cumplimiento de las normas de emisión (CO e hidrocarburos para vehículos a gasolina, opacidad para vehículos a diésel).

Una forma de controlar la emisión de NO_x, CO₂, CO al ambiente proveniente de los vehículos a gasolina, fue incorporar el Convertidor Catalítico de Tres Vías (CCTV), el cual resultó ser muy eficiente para los motores que trabajan bajo condiciones estequiométricas (Aire / Combustible = 14.6) por lo que a partir de 1990 el uso del CCTV fue obligatorio (PÉREZ, 2005).

Según Vega (2015), las mayores emisiones de contaminantes primarios corresponden al CO (102.7 kT/año, 73.3%), NO_x (20.8 kT/año, 14.9 %) y COVNM (13.2 kT/año, 9.4 %).

A continuación se presenta en la tabla. 1 las emisiones del tráfico vehicular registradas en el Distrito Metropolitano de Quito durante el año 2012.

Tabla 1
Emisiones del tráfico vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito y Cantón Rumiñahui, durante el año 2012

Tipo de emisión	NO _x		CO		COVNM		MP10		MP25		SO ₂	
	(t/año)	%	(t/año)	%	(t/año)	%	(t/año)	%	(t/año)	%	(t/año)	%
Tubo de caliente	20 492.3	98.5	88 397.5	86.1	7 990.3	60.6	1 201.9	72.6	967.5	79.9	451.1	100.0
Escape frío	315.7	1.5	14 269.9	13.9	1 077.5	8.2	1.5	0.1	1.4	0.1		
Evaporativa					4 117.9	31.2		0.0		0.0		
Abrasión							453.1	27.4	242.3	20.0		
Total	20 808.1	100	102 667.4	100	13 185.6	100	1 656.5	100	1 211.2	100	451.1	100

Fuente: (Vega, Ocaña, & Parra, 2015)

Desde el tubo de escape se producen el 100 % de las emisiones de NO_x, CO y SO₂, el 80 % de MP2.5, el 72.7 % de MP10 y el 68.8 % de COVNM. Estos porcentajes son coherentes con la literatura según Ntziachristos (2000), un 55 % de los COVNM y casi la totalidad de CO y NO_x provienen del tubo de escape). El principal aporte de las emisiones en frío corresponde al CO (13.9 %) y a los COVNM (8.2 %). Según Ntziachristos (2000), aunque las emisiones en frío ocurren en un periodo de tiempo limitado (entre 180 a 240 s), su aporte es significativo debido a que en este periodo la mezcla aire-combustible está enriquecida (hay mayores emisiones de CO y COVNM) y el catalizador no funciona adecuadamente, al no

haber alcanzado todavía su temperatura óptima de operación.

Planteamiento del problema

La evaluación de los sistemas de catalización de vehículos a gasolina en condiciones de arranque en frío con mezclas de combustibles convencional o etanol ha generado el interés a nivel mundial por el actual entusiasmo para el cuidado del ambiente, pero a pesar del interés manifestado se identifica que en Ecuador no existe la información suficiente sobre el comportamiento de catalizadores en arranque en frío con mezcla de combustible convencional (gasolina extra) o con mezcla de combustible etanol (gasolina ECOPAIS). Adicional se debe considerar que la mezcla de etanol ha sido incorporada en la región costa del país, por medio de la producción y comercialización de la gasolina ECOPAIS, proceso que comenzó a utilizarse en el parque automotor del país desde el año 2010.

Justificación

Ecuador busca reducir las emisiones de gases que contaminan el ambiente y para ello, a partir de este año, el sector automotor deberá ajustarse a las disposiciones de la norma denominada Euro 3. Esta regulación establece un conjunto de requisitos, entre ellos, los límites para las emisiones de gases de combustión interna de los vehículos. Cada cinco años las regulaciones son más fuertes, por lo que mientras más alto es el nivel de Euro mayores son las exigencias relacionadas con las emisiones. La norma Euro 3 existe en el mundo desde el 2000, pero en Ecuador se venía aplicando la Euro 1 desde 1992 hasta el año pasado. Por ello, a decir del Gobierno, era necesario realizar una mejora de la normativa. El 10 de enero pasado se publicó en el suplemento del Registro Oficial la Resolución 16529 del Ministerio de Industrias. Esta contiene el reglamento técnico 17, referente al control de emisiones contaminantes. Con ello, los motores de los vehículos ensamblados e importados en el país deben cumplir con la norma de Euro 3 (COMERCIO, 2017).

Por lo expuesto se ha planteado identificar la evaluación de los sistemas de catalización en

condiciones de arranque en frío de los motores por considerarse que los 90 segundos durante el arranque en frío pueden incrementar la generación de gases contaminantes despididos para la atmósfera por el hecho de que los sistemas de catalización no se encueran en condiciones normales de funcionamiento durante este periodo de tiempo del arranque en frío (Mendoza, 2014), siendo este nuestro problema de la investigación.

Objetivos

Objetivo General.

Establecer las variables de contaminación y el factor de emisión en arranques en frío a través de los sistemas de catalización de los vehículos livianos en la ciudad de Quito, para conocer cómo afecta en el diseño del catalizador.

Objetivos específicos.

Determinar las variables de contaminación en arranque en frío (CO_2 , CO, HC, O_2 , y NO_x), mediante pruebas on *board* para su cuantificación en una ruta preestablecida.

Determinar los factores de emisión durante el arranque en frío por medio de la ecuación de reacción del combustible, sus propiedades y proporciones de contaminantes, para la realización de comparativa estadística.

Comparar los sistemas de catalización de los vehículos liviano en la ciudad de Quito con diferentes tipos de gasolinas (extra y ecopáis) a través de los factores de emisión de cada contaminante emitido por la combustión, para la definición de la mejor variante.

Estado del arte

El gran crecimiento del parque automotor que circulan en las diferentes ciudades del mundo ha sido clasificado como la principal fuente de contaminación ambiental, por esta razón, la industria automotriz está en constante desarrollo de nuevas tecnologías, que incluyen: sistemas de control de emisiones, motores más eficientes, mejor calidad de

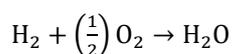
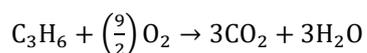
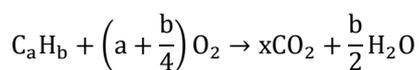
combustibles entre otros, con el afán de principal de contribuir con la reducción de los efectos contaminantes producto de la combustión en el interior de los motores, pretendiendo así reducir en un elevado porcentaje los elementos contaminantes (Hidalgo, 2010).

El catalizador empezó a ser utilizado a partir del año 1975, sufriendo considerables modificaciones en su diseño, dicha evoluciones de diseño le ha permitido la reducción de las emisiones hasta en un 90% de los gases nocivos (CONVERTERS, 2009).

Según Irawan , Purwanto, & Hadiyanto (2015) convertidor utilizado para vehículos de motor son de tipo de pellets y catalizadores monolíticos y los materiales hecho de metales nobles, como paladio (Pd), platino (Pt) y rodio (Rh).

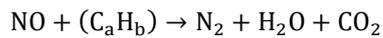
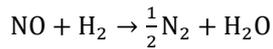
Para Bhattacharyya & Das (1999), escoger metales preciosos se debió a la necesidad de remover contaminantes en un corto tiempo del pase de gases relativo al tamaño del catalizador, con menor tiempo de reacción, además de la resistencia al envenenamiento y a la desactivación térmica, cuando es expuesto a altas temperaturas. Luego, el platino (Pt), el paladio (Pd) y el rodio (Rh) son los materiales catalíticos que más cumplen con los requisitos, haciendo que inicialmente el platino y el paladio fueran usados en los catalizadores de oxidación, y el rodio era incluido en el catalizador de tres vías por acelerar la reducción de NOx en N2. Las reacciones asociadas a los procesos de oxidación y reducción son las siguientes:

Ecuación 1. Reacciones de oxidación.



Ecuación 2. Reacciones de Reducción.





Según Irawan et al. (2015), menciona que la instalación del convertidor catalítico en el canal de escape con catalizadores de Pd, Pt y Rh con alúmina, el tampón de sílice y cerámica, son bastante caros en fabricación, difíciles de encontrar y menos adecuados en Indonesia, porque la mayor parte del combustible todavía contiene un alto Pb. Sin embargo, este tipo de convertidor catalítico puede convertir las emisiones de escape (CO, HC y NO_x) con conversión bastante alta (80-90%).

La desactivación del convertidor catalítico se produce con el envejecimiento por dos razones química o térmica. La desactivación química de un convertidor catalítico causa incrustación en la superficie de la capa de lavado, obstrucción de poro, modifica la estructura de óxido de aluminio (Al₂O₃) por fosfato de aluminio (AlPO₄), tasas reducidas de reacciones de oxidación y reducción y pérdida de eficiencia de conversión debido a la quimisorción de impurezas en la fase activa (Almeida, Nakamura, & Sodré, 2014).

Según estudios realizados por Angelidis & Papadakis (1997) Compuestos químicos presentes en combustibles y aceites lubricantes, como plomo (Pb), azufre (S), fósforo (P), zinc (Zn), calcio (Ca) y magnesio (Mg) causan desactivación química de convertidores catalíticos.

Según, Rasskazchikova, Kapustin, y Karpov (2004) “el etanol es un aditivo oxigenado que ha sido ampliamente estudiado”.

Según, Da Silva, Cataluna, Samios, y Piatnicki, (2005) “el etanol es un aditivo que aumenta el octanaje en la gasolina”.

En su estudio Espinoza y Tacuri (2016), evalúa el comportamiento del motor a gasolina cuando se utilizan mezclas de etanol E25, E50, E75, E100 y las compara con E0 y concluye que el uso de etanol en la gasolina mejora la potencia y torque del motor, en lo que respecta

al consumo de combustible se incrementa ligeramente con E25, E50, E75 pero para E100 se produce un notable incremento y finalmente sobre las emisiones de CO, HC estas disminuyen con la adición de etanol en la gasolina cuando se realizan pruebas a ralentí y pruebas a 2500 rpm, pero en lo que respecta a NO_x, los valores aumentan e incluso superan los límites establecidos por las normas EURO.

Según los estudios de Bayraktar (2005), “el etanol mejora eficiencia térmica y presión dentro de los cilindros. También se han logrado los combustibles etanol oxigenados”.

En el Ecuador existen normas: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 204 (Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina), en base a normas establecidas y desarrolladas por la Comunidad Europea y los Estados Unidos.

Según Hidalgo (2010), estas normas son aplicables a los vehículos nuevos que se comercializan en el Ecuador y que se encuentren en circulación. Los gases de escape que regulan estas normas son:

- Óxidos de Nitrógeno NO_x,
- Monóxidos de Carbono CO
- Hidrocarburos no combustionados HC
- Material particulado (Hidalgo, 2010)

Según Freire, Tinaut, y López (2013) en el caso concreto de los motores de encendido provocado, los contaminantes principales son el CO, los NO_x, los HC (hidrocarburos sin quemar), y el CO₂. Aunque casi la totalidad de motores a gasolina actualmente van equipados con un catalizador de tres vías, que exige que el motor opere con un dosado estequiométrico, es habitual analizar el efecto del dosado en las tres sustancias contaminantes principales, dicha evolución se visualiza en la figura 1.

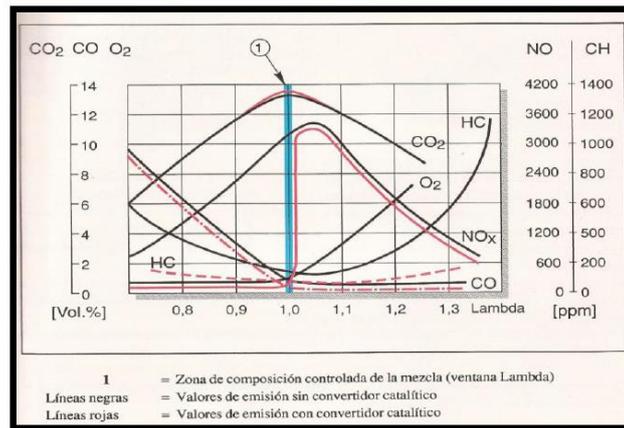


Figura 1. Evolución de las emisiones contaminantes en el escape de un MEP (Motores de encendido provocado) en función de Lambda. Fuente: (Guixot, 2011)

Monóxido de carbono (CO).

Según Rocha (2015), se puede ver que la emisión de CO aparece, principalmente, cuando la mezcla es rica. Esta emisión de hecho, está asociada a la combustión incompleta, y es precisamente en las mezclas ricas donde se da la escasez de oxígeno que impide la conservación completa de CO_2 .

Es un producto de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono y es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico (Rojas & Argoti, 2015).

La formación de monóxido de carbono (CO) es un paso intermedio en la oxidación de un hidrocarburo porque la combustión del hidrocarburo empieza con la ruptura de las moléculas de combustible para formar monóxido de carbono (CO), luego estas se oxidan para formar dióxido de carbono (CO_2), y también se considera que otro proceso de formación se debe a la disociación de las moléculas de dióxido de carbono (CO_2) a altas temperaturas (aproximadamente a partir de 2000°K) (Vizuete, 2016).

Hidrocarburos (HC).

Estos son un producto de la combustión incompleta, teniendo esta lugar en dos escenarios opuestos: en dosado rico (al no existir suficiente oxígeno para oxidar todo el combustible, una parte de este permanece sin quemar), y en dosado pobre, cercano ya al límite de

inflamabilidad (en este caso, las dificultades en la propagación del frente de llama puede provocar que ciertas partes de la mezcla queden sin quemar al tener lugar un apagado de llama) (Rocha, 2015).

Son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta, para esto se considera que la mala combustión puede ser debido a la falta de oxígeno durante la combustión (mezcla rica) o también por una baja velocidad de inflamación (mezcla pobre) (Rojas & Argoti, 2015).

Óxidos Nitrosos (NO_x).

Para que se dé la formación de NO_x hace falta, por un lado una temperatura elevada y, por otro, la exigencia de oxígeno. Las temperaturas de combustión son máximas entorno al estequiométrico, y al oxígeno es tanto más abundante, cuanto más pobre es la mezcla. Ambos hechos conducen a que la máxima formación de NO_x , tenga lugar en un dosado pobre cercano al estequiométrico (Rocha, 2015).

Los óxidos de nitrógeno se los generalizan como NO_x y se refiere en gran parte al óxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y óxido nitroso (N_2O); la formación de óxido de nitrógeno (NO) en la combustión se debe a la oxidación del nitrógeno (N_2) en temperaturas locales elevadas, formándose óxido de nitrógeno (NO) cuando existe dosados pobres o cercanos al dosado estequiométrico, una elevada presión de inyección y adelanto a la inyección (Vizúete, 2016).

Normativa

Las normas EURO han sido establecidas según la fecha de puesta en servicio del vehículo se la clasifica de acuerdo a la tabla 2 (Hidalgo, 2010).

Tabla 2
Desarrollo evolutivo de aplicación de Norma EURO

	Norma EURO	Año de aplicación
	0	Después de 1988
	I	Después de 1993
Norma EURO	II	Después de 1996
	III	Después de 2000
	IV	Después de 2005
	V	Después de septiembre de 2009
	VI	Después de septiembre de 2014

Fuente: (Hidalgo, 2010)

Además, se cuenta con los rangos máximos permisibles de emisiones emitidos, que se describe a continuación en las tablas 3 y 4:

Tabla 3
Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros \leq a 1305 kg (categoría N1-I), en g/Km

TIPO	FECHA	CO	CH	CH+NO _x	NO _x	PM
GASOLINA						
EURO I	Octubre de 1994	2,72		0,97		
EURO II	Enero de 1998	2,2		0,5		
EURO III	Enero de 2001	2,3	0,2		0,15	
EURO IV	Enero de 2006	1	0,1		0,08	
EURO V	Septiembre de 2010	1	0,075		0,06	0,005

Fuente: (Hidalgo, 2010)

Tabla 4
Normas europeas sobre emisiones para vehículos industriales ligeros 1305 kg-1760Kg (categoría N1-II), en g/Km

TIPO	FECHA	CO	CH	CH+NO _x	NO _x	PM
GASOLINA						
EURO I	Octubre de 1994	5,17		1,4		
EURO II	Enero de 1998	4		0,65		
EURO III	Enero de 2001	4,17	0,25		0,18	
EURO IV	Enero de 2006	1,81	0,13		0,1	
EURO V	Septiembre de 2010	1,81	0,13		0,075	0,005

Fuente: (Hidalgo, 2010)

En el Ecuador se encuentra en vigencia la NTE INEN 2204 Segunda revisión GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA. Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes

producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que emplean gasolina (INEN 2204).

Los rangos referenciales permisibles de emisiones según la Norma INEN 2204 se muestra en la figura 2.

Categoría	Clase	Peso de referencia (PR) kg	CO g/km	HC g/km	HC + NO _x g/km	NO _x	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.

Figura 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) (Directiva de la UE 98/69/CE) Fuente: (INEN 2204)

Combustibles

Las reservas del combustible a base de petróleo están directamente correlacionadas con la creciente demanda de humanos para la producción de energía. Con el crecimiento en la población mundial, industrias, vehículos y equipos, la demanda de energía conduce a la búsqueda del sustituto del combustible de petróleo que puede satisfacer la necesidad de las personas de hoy. Considerando la creciente crisis económica mundial, la curiosidad en el combustible alternativo es extremadamente alta (Amit , Ajay , & Roopesh , 2017).

Para este estudio la gasolina ecopais contiene 5% de volumen de etanol y 95% de volumen de gasolina base y es representada de la siguiente manera E05; de igual manera la gasolina extra se representa como E00 por tener 0% de etanol en su composición.

Se debe considerar que el contenido de etanol se escogió por ser el contenido utilizado actualmente en el país para la producción de la gasolina ecopais, además de que con esta cantidad de etanol no se necesita realizar modificaciones al vehículo para la utilización de la gasolina ecopais (Hernandez, Menchaca, & Mendoza, 2014).

Los dos combustibles utilizados dentro del estudio son comercializados en el país, identificándose que la gasolina extra se comercializa a nivel nacional y la gasolina ecopais se comercializa en la región costa.

Estudios realizados por Mosquera, Henao, y Mosquera (2010), se demostró que la utilización del “etanol mezclado con la gasolina aumenta el consumo linealmente a la mezcla utilizada y la emisión de CO₂ a la atmosfera decrece cúbicamente con el aumento de la proporción de etanol en la mezcla utilizada”.

La revisión bibliográfica realizado por Mariaca, Ladino y Sarmiento (2016), acerca del uso de etanol como combustible en motores de combustión interna de encendido provocado establece que el uso de etanol mezclado con gasolina en porcentajes mayores al 20% como combustible no presenta una disminución del rendimiento del motor. Además, esta adición si genera una disminución en las emisiones de CO, CO₂ y HC. No obstante, no se observa una tendencia para las variables de temperatura de gases y NO_x ya que algunos autores reportan disminuciones y otros aumentos de estas variables.

Características fisicoquímicas de los combustibles.

Para la caracterización del combustible es importante conocer las características fisicoquímicas más importantes, a continuación se describen las mismas según Payri (2011), densidad, octanaje y poder calorífico.

a) Octanaje

La definición de octanaje o número de octanos es una medida de la calidad y capacidad antidetonante de las gasolinas para evitar las detonaciones y explosiones en las máquinas de combustión interna de tal manera que se libere ose produzca la máxima cantidad de energía útil es decir la medida de la resistencia de un combustible a auto encenderse (Molina, 2016).

b) Densidad

Se la define como la masa por unidad de volumen del fluido.

c) Viscosidad y lubricidad

La viscosidad es una medida de la resistencia del fluido al corte cuando el fluido está en movimiento. La lubricidad indica la capacidad lubricante del combustible.

d) Inflamabilidad

La inflamabilidad está definida por varios parámetros entre los cuales se tiene:

- Límites de inflamabilidad, se conoce dos límites el superior e inferior, hacen referencia a la relación de mezcla combustible vaporizada/aire, la que permite el progreso de una llama, si esta relación está fuera de estos límites la llama se extingue.
- Temperatura de inflamabilidad.- es la mínima temperatura a la que existe peligro de inflamación de un combustible ante la proximidad de un agente exterior, a presión ambiente.
- Temperatura de auto inflamación.- es la mínima temperatura a la que un combustible se autoinflama al entrar en contacto con el aire (Molina, 2016).

e) Volatilidad

Es la tendencia de un combustible líquido a evaporarse en unas determinadas condiciones, un combustible es más volátil cuando menor es su temperatura de ebullición.

f) Presión de vapor

Es la presión a la que se establece el equilibrio líquido/vapor. Un líquido es más volátil cuanto mayor es su presión de vapor.

g) Entalpía de vaporación

Es la energía absorbida del ambiente cuando el combustible se evapora, ya que ello puede producir enfriamiento en los sistemas de alimentación e incluso durante la combustión, favoreciendo el apagado de la llama, dificultando el arranque en frío o influyendo sobre la formación de contaminantes.

h) Flujo en frío

Es la tendencia de un combustible en formar cristales, estos cristales aumentan de tamaño a medida que disminuye la temperatura, ya aumenta la atracción entre los compuestos cerosos formado entre si aglomerados, lo que pueden dificultar el paso del combustible a través de los sistemas de alimentación e inyección del motor.

i) Estabilidad

Esta propiedad cuantifica la estabilidad del combustible, es decir, su resistencia a la degradación, principalmente durante el almacenamiento, la estabilidad puede ser térmica u oxidativa, siendo esta última la que puede ser más crítica.

j) Impurezas

Entre los parámetros de calidad de un combustible, se cuantifica las impurezas derivadas de los procesos productivos o por la contaminación ocurrida en la distribución o almacenamiento de producto final.

Características termoquímicas de los combustibles.

Para la caracterización del combustible es importante conocer las características termoquímicas más importantes, a continuación se detallan las mismas según (Payri, 2011).

a) Poder calorífico

Es la energía liberada en forma de calor en la combustión estequiométrica de una unidad de masa de combustible, donde los productos quemados quedan en las mismas condiciones de temperatura y presión que los reactivos iniciales

b) Dosado estequiométrico

Relación entre la masa de combustible y la masa de aire existente en la cámara de combustión.

c) Temperatura adiabática de llama

Es la temperatura que alcanzan los productos de la combustión, cuando todo el calor de la

reacción se invierte en calentar dichos productos, es decir, el proceso de combustión se realiza de forma adiabática.

Bioetanol.

En su estudio Elfasakhany (2016), sobre el rendimiento del motor y análisis de las emisiones contaminantes utilizando mezclas ternarias de bioetanol-iso-butanol-gasolina en motores de gasolina, utilizando el motor de ignición por chispa se estudió experimentalmente utilizando diferentes porcentajes de mezclas ternarias de bioetanol / iso-butanol / gasolina y se identificó que cuando se utilizan mezclas de combustibles ternarios, las emisiones de gases de escape de HC (hidrocarburos no quemados) y CO (monóxido de carbono) indican un 15% y un 20% más bajos que los de gasolina pura y un 9% y 14% inferiores a los de las mezclas duales y con base a esto se concluye que la adición de bioetanol a mezclas de iso-butanol-gasolina mejora el rendimiento del motor y las emisiones contaminantes que las de las mezclas de iso-butanol-gasolina.

El bioetanol, conocido como etanol o alcohol etílico, cuya fórmula química es C_2H_6O proveniente de la caña de azúcar, ha sido ampliamente utilizado como combustible o como potenciador de la gasolina ya que mejora la oxidación de los hidrocarburos y con ello la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. El bioetanol utilizado como combustible data desde el año 1980, en la actualidad se cuentan con tecnologías rentables y probadas comercialmente, tanto para la producción a nivel industrial (la molienda seca, la molienda húmeda, procesamiento de los materiales lignocelulósicos, producción de etanol a partir de la biomasa) (Molina, 2016).

A continuación en la figura 3, se describe las propiedades fisicoquímicas del etanol anhidro, grado carburante utilizado para la producción de la gasolina ECOPAIS, con base a los requerimientos planteados INEN 2478 Etanol Anhidro

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Φ Contenido de etanol	%	96,3	-----	ASTM D 5501
Acidez total (Como ácido acético)	mg/100ml***	-----	3	NTE INEN 341
Conductividad eléctrica	μS/m	-----	500	ASTM D 1125
Densidad a 20 °C	kg/m ³	-----	791,5	ASTM D 4052
Contenido de Cloruros	mg/l	-----	32	ASTM D 512*
Φ Contenido de agua	%	-----	0,3	ASTM E 203
Contenido de cobre	mg/kg	-----	0,1	ASTM D 1688**
Residuo por evaporación	mg/100ml	-----	5	ASTM 381
pHe		6,5	9	ASTM D 6423
Φ Contenido de desnaturalizantes	%	2	3	ASTM D 6729
*. Utilizar el método C modificado **. Utilizar el método A modificado ***. El etanol anhidro grado carburante desnaturalizado puede contener aditivos tales como inhibidores de corrosión y detergentes que pueden afectar la acidez titulable (acidez expresada como ácido acético) del etanol anhidro grado carburante terminado. Es posible que el etanol anhidro grado carburante cumpla con las especificaciones de acidez, pero el efecto de estos aditivos puede producir una aparente acidez titulable alta en el producto desnaturalizado. Si existe alguna inquietud al respecto se debe verificar que el etanol anhidro cumpla con los requisitos de acidez del numeral 6.1.2.				

Figura 3. Propiedades del alcohol industrial anhidro (etanol). Fuente: (INEN 2478, 2009)

Gasolina.

La gasolina es una mezcla de varios hidrocarburos, que en general se evaporan o hierven a bajas temperaturas en comparación con otros hidrocarburos. Se requiere que la gasolina no detone antes que la dispere una chispa eléctrica debidamente controlada por lo que sus características de ignición son muy importantes. Las gasolinas están conformadas por la unión de varios hidrocarburos tales como: alcanos, alquenos, isoalcanos, cicloalcanos, cicloalquenos y compuestos aromáticos (Gracia, 2006).

La figura 4, presenta los requisitos de la gasolina extra E0 de 87 octanos según la norma NTE INEN 935:2015.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	87	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	189	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	60	ASTM D323
Corrosión a la lámina de cobre	--	--	No. 1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	3	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,065	ASTM D4294
Contenido de aromáticos	% ^b	--	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	1	ASTM D6277
Contenido de oleofinas	% ^b	--	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	2,7	ASTM D4815
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D5059
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura se debe considerar la ecuación descrita en la NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

Figura 4. Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON. Fuente: (INEN 935, 2015)

El perfil general de emisiones de motores a combustión interna-diésel y gasolina se describe a continuación en la gráfica 5.

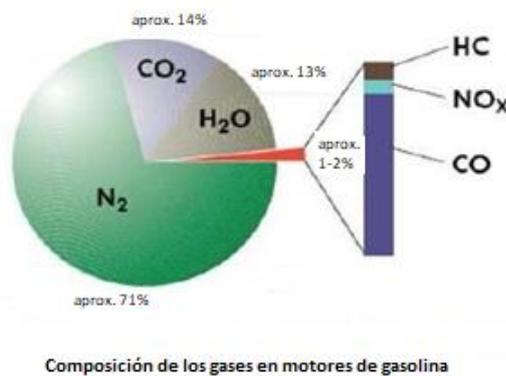


Figura 5. Perfil general de emisiones de motores a gasolina Sistemas de control de emisiones. Fuente: (Ing. A. Portilla)

Se entiende como sistema de control al conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado,

de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

Los sistemas de control de emisiones vehiculares son todas aquellas tecnologías que ha sido desarrolladas para reducir los elementos contaminantes producidos por los automóviles en el proceso de combustión, dichos sistemas son instalados en los motores en una determinada ubicación dependiendo de la función que vallan a cumplir, con esto se pretende reducir de forma significativa los elevados niveles de contaminación contenidos en los gases de escape (Hidalgo, 2010).

Dentro de lo que es el sistema de control de emisiones vehiculares destacan los siguientes sistemas:

- Sistema de ventilación positiva del cárter(PCV)
- Sistema cerrado de control evaporativo (Canister)
- Sistema de recirculación parcial de gases de escape (EGR)
- Sistema de inyección adicional de aire ducto de escape
- Sensor de oxígeno (Sonda Lambda)
- Convertidor catalítico

Convertidor catalítico

El convertidor catalítico fue desarrollado debido a la necesidad de controlar y reducir las emisiones contaminantes, su principal función es la transformación de los gases peligrosos en otros menos nocivos para el ambiente y perjudiciales para la salud.

Este dispositivo según se muestra en la figura empezó a ser utilizado a partir del año 1975, sufriendo considerables modificaciones con el paso de los años, lo que ha permitido reducir los niveles de emisiones contaminantes manteniéndolas dentro la reducción de las emisiones convirtiéndolo en un dispositivo altamente efectivo que permite reducir el 90% de los gases nocivos (CONVERTERS, 2009).



Figura 6. Convertidor catalítico. Fuente: (Hidalgo, 2010)

La siguiente tabla 5, describe el porcentaje de efectividad de los catalizadores en la transformación de los gases contaminantes:

Tabla 5
Transformación de los gases contaminantes a otros menos nocivos y la efectividad del proceso

Gas inicial	Transformado a	Efectividad
Monóxido de carbono CO	CO ₂	70%
Hidrocarburos HC	CO ₂ +H ₂ O	70%
Óxidos de nitrógeno NO _x	N ₂ +O ₂	60%

Fuente: (Hidalgo, 2010)

En su estudio sobre la reducción de emisiones usando el convertidor catalítico expone que el catalizador usado en el convertidor consiste en metales como platino, paladio y rodio. El platino se usa como catalizador de reducción y como catalizador de oxidación y otra alternativa es utilizar rodio como catalizador de reducción, mientras que se utiliza paladio como catalizador de oxidación y en algunos casos, también se utilizan cerio, hierro, manganeso y níquel, pero en este estudio se usan sulfato de amonio férrico, sulfato de amonio ferroso y cerio como agente oxidante y se utilizan dióxido de manganeso y óxido de níquel como agentes reductores. Mediante el uso de estos polvos metálicos y las pruebas realizadas en tres vehículos se concluye que la aplicación de los polvos metálicos reduce la toxicidad de los gases de escape notablemente (Shireesha, Suresh, & Rao, 2016).

En su estudio (Farrauto & Heck, 1999) sobre catalizadores: estado del arte y perspectivas

indica que las mejoras de la economía de combustible con motores de gasolina de combustión pobre aún se enfrentan a un obstáculo importante en lo referente a la reducción de NO_x , pero en ese sentido los catalizadores que puedan descomponer NO_x en un ambiente pobre son la solución ideal a futuro, aunque en ausencia de estos últimos, son muy deseables nuevos materiales catalíticos que pueden reducir selectivamente NO_x sobre un amplio intervalo de temperaturas usando hidrocarburos derivados que se encuentren a bordo porque la reducción de NO_x continúa siendo un reto importante para los nuevos materiales catalíticos y el cumplimiento de las normativas que día a día son más estrictas con las emisiones permisibles para los vehículos.

El convertidor catalítico forma parte del sistema de escape, en una posición cercana al motor, detrás de la sonda lambda, con el fin de adquirir rápidamente la temperatura de funcionamiento (250°C aproximadamente), aunque no es totalmente efectivo hasta que supera los 400°C , llegando a alcanzar 900°C en condiciones extremas de uso del vehículo que le permita funcionar bajo condiciones óptimas de trabajo (Gonzales, 2002).



Figura 7. Ubicación del convertidor catalítico en el automóvil. Fuente: (Hidalgo, 2010).

Los elementos que constituyen la conformación de los convertidores catalíticos son los que describe a continuación:

- Carcasa metálica
- Revestimiento aislante
- Monolitos

En la figura 8, se aprecia los elementos que conforman los convertidores catalíticos.

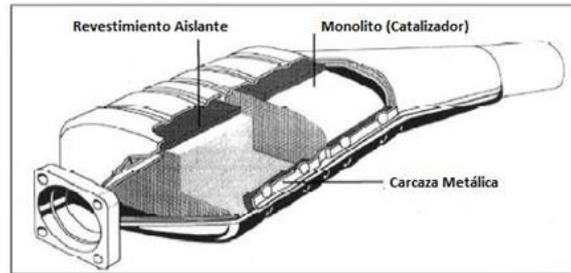


Figura 8. Elementos que conforman el convertidor catalítico. Fuente: (Hidalgo Guevarra, 2010)

Carcasa metálica.

La carcasa metálica tiene la forma muy similar a la de un silenciador, está fabricado de acero inoxidable serie 200, sellada y aislada, es la encargada de proteger a los monolitos del convertidor catalítico del exterior pues provee rigidez y fijación a los mismos, además de hermetizado y amortiguación de las posibles vibraciones, la mitad superior e inferior son completamente sólidas, con la diferencia entre ellas que la inferior se encuentra cubierta por una pantalla perforada con pequeños orificios que permiten respirar el calor generado en el interior evitando que éste se recaliente.



Figura 9. Carcasa del convertidor catalítico, parte superior e inferior. Fuente: (Hidalgo Guevarra, 2010)

Revestimiento aislante.

Es una malla metálica que envuelve al monolito con el propósito de cerrar posibles espacios dejados entre la carcasa y los monolitos, entre sus funciones está de que sirve como colchón para amortiguar las vibraciones generadas, además, aísla de las altas temperaturas

generadas en el convertidor catalítico (entre 400°C y 800°C) al exterior de éste evitando que éstas tengan un contacto directo con el medio ambiente lo que puede incluso generar incendios.

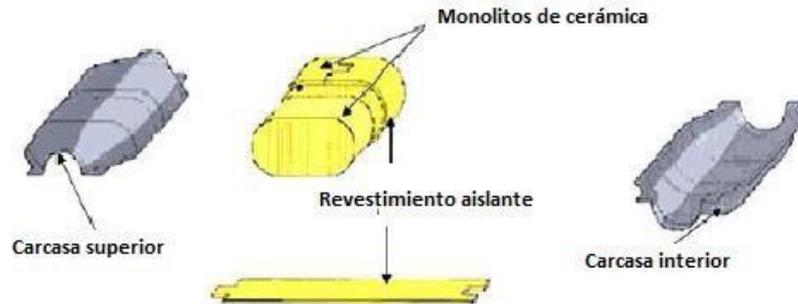


Figura 10.Detalle de partes del convertidor catalítico. Fuente: (Hidalgo Guevarra, 2010)

Monolitos.

Los monolitos son estructuras unitarias atravesadas longitudinalmente por canales paralelos constituyen una nueva concepción en el diseño de catalizadores y adsorbentes, que ha supuesto una de las principales innovaciones aparecidas en las últimas décadas en el campo de la catálisis. En la figura 11, se muestra un esquema de estos materiales cuyo empleo se ha generalizado en los procesos de descontaminación ambiental (Lachman, 1986).

Estas nuevas estructuras, también denominadas «honeycomb» por su parecido con los panales de abeja, presentan bajos valores de pérdida de carga al paso de los gases a tratar, excelentes propiedades mecánicas y reducen las limitaciones generadas por fenómenos de difusión interna (Campbel, 1977).

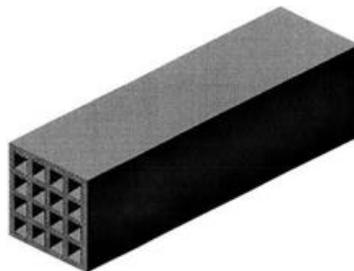


Figura 11.Representación esquemática de un monolito de celdas cuadradas. Fuente: (Campbel, 1977).

Los monolitos, en el campo de la catálisis, son utilizados principalmente en procesos de depuración de gases procedentes de automóviles y de centrales térmicas (Andersson, 1988).

Los monolitos se encuentran en el interior de la carcasa y recubiertos por la malla protectora, so de forma ovalada o cilíndrica, en su fabricación se utiliza gran variedad de materiales, en la empresa automotriz son los monolitos cerámicos, se precisa que estos poseen una alta resistencia al choque térmico, por lo cual se utiliza cordierita ($2\text{MgO} - 2\text{Al}_2\text{O}_3 - 5\text{SiO}_2$) que tiene un bajo coeficiente de dilatación térmica, mientras los monolitos metálicos son utilizados cuando la resistencia al impacto es alto.

En la siguiente figura se aprecia algunos de los materiales utilizados para la fabricación de monolitos.

Materiales	Composición
γ - alúmina	Al_2O_3
Sílice	SiO_2
Dióxido de Titanio	TiO_2
Zirconia	ZrO_2
Carburo de silicio	SiC
Nitruro de silicio	Si_3N_4
Carbón activo	C
Aluminato de magnesio	$\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$
Zeolita	$\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2$
Mullita	$3\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2$
Sepiolita	$3\text{SiO}_2.2\text{MgO}$
Cordierita	$2\text{MgO}.2\text{Al}_2\text{O}_3.3\text{SiO}$
Metálicos	Fe-Cr-Al
Titanato de aluminio	$\text{TiO}_2.\text{Al}_2\text{O}_3$

Figura 12. Materiales de fabricación de monolitos. Fuente: (Hidalgo, 2010)

Los catalizadores de tres vías.

Estos catalizadores son los más utilizados en el control de emisiones de los motores de combustión interna de los vehículos. Se denominan de tres vías, porque en ellos se eliminan simultáneamente monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx). El catalizador de tres vías se coloca en medio del tubo de escape y que consta esencialmente de un soporte (silicato de aluminio y magnesio) sobre el cual se apoya una

capa de alúmina altamente porosa. Está impregnado por metales nobles como platino, rodio o paladio, cuya función es proporcionar los sitios activos para eliminar los gases contaminantes (Birgersson, 2006).

Su mayor eficacia depende de la mezcla de los gases de admisión. Para que funcionen perfectamente los catalizadores de tres vías, es preciso que la mezcla aire-gasolina inyectada al motor tenga una adecuada composición (un kilogramo de gasolina por 14,7 kilogramos de aire). El dispositivo que controla la composición de la mezcla es la sonda lambda. Este dispositivo efectúa correcciones constantes sobre la mezcla inicial de aire y combustible, según la cantidad de oxígeno que hay en los gases de escape antes de su paso por el catalizador. Su misión es informar al sistema de alimentación sobre el factor del mismo nombre (factor Lambda), pues el catalizador sólo funcionará bien si el factor Lambda es en todo momento igual a uno. Es por ello que los modernos catalizadores de tres vías suelen incorporar también algún material con capacidad para acumular oxígeno, normalmente compuestos de Cerio (Ce) y Circonio (Zr) que le permiten almacenar oxígeno cuando no hace falta y desprenderlo en condiciones de escasez (Lambrou, 2005).

Una manera de mejorar el aprovechamiento del combustible en los autos a gasolina es usar motores que operen en condiciones oxidantes, alejados de la relación estequiométrica de aire/combustible ($A/C = 14.6$). En la figura se observa que cuando el motor opera en atmósfera oxidante se obtiene una disminución en el consumo de combustible de hasta un 15%, lo cual repercute positivamente en la economía del consumidor.

Esto produce un gas de escape rico en oxígeno, lo cual afecta la ventana de operación del convertidor de tres vías. En este caso, el Convertidor Catalítico de Tres Vías (CCTV ó TWC por sus siglas en inglés) es efectivo para la remoción de hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO), pero desafortunadamente bajo estas condiciones no lo es para la eliminación de óxidos de nitrógeno (NO_x). A continuación, en la figura 12 se ilustra en detalle el

funcionamiento del CCTV, donde se destaca en línea roja como el uso del convertidor catalítico de tres vías logra una disminución del 20 % del consumo de combustible, así como un decrecimiento de los NOx.

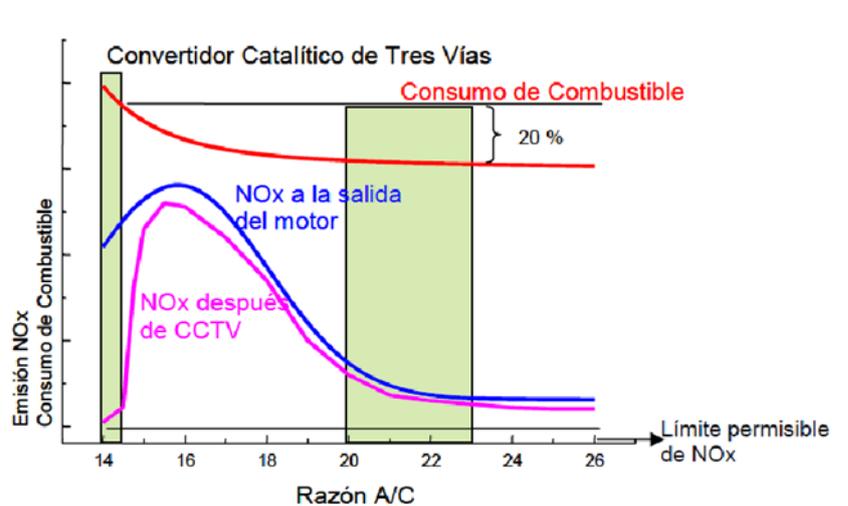


Figura 13. Funcionamiento del convertidor CCTV. Fuente: (Campbel, 1977)

En su estudio Vizuite (2016), hace referencia a la metodología de pruebas y su aplicación, para el diagnóstico de convertidores catalíticos, mediante ciclo ASM, en vehículos de encendido provocado; se desarrolla una metodología de pruebas que le permite determinar la eficiencia del convertidor catalítico utilizado en el vehículo, y esto lo realiza a través de pruebas de emisiones contaminantes antes y después del convertidor catalítico y posteriormente a los valores obtenidos se aplica la diferencia porcentual entre los promedios de las emisiones antes y las emisiones después del convertidos catalítico para conocer la eficiencia de los catalizadores de los vehículos.

Medición de emisiones vehiculares

El desarrollo de la medición de las emisiones vehiculares se efectúa mediante ensayos o pruebas que simulan el comportamiento del motor del vehículo. Las pruebas se ejecutan durante el funcionamiento del motor en ciertas condiciones de funcionamiento estacionario o en un ciclo dinámico de variación continua de par motor y régimen de giro.

Los ciclos de pruebas diamanticos utilizan un dinamómetro de chasis y el sistema de

muestreo de volumen constante para la medición de emisiones. Varias organizaciones en el mundo han desarrollado sus propios ciclos dinámicos, los cuales difieren en distancia, tiempo, velocidad promedio, velocidad máxima y otras condiciones ambientales (Vizuet, 2016).

Tipo de pruebas de emisiones.

El desarrollo de una metodología de pruebas para evaluar los convertidores catalíticos permitirá comprobar que estos se encuentren funcionando adecuadamente. Esto puede lograrse al realizar la comparación entre las concentraciones de los gases que ingresan al convertidor catalítico y los valores que salen, obteniéndose un porcentaje de reducción (como dato general los fabricantes en la especificaciones asumen que un convertidor catalítico en buenas condiciones reduce aproximadamente un 90% las emisiones contaminantes) (CONVERTERS, 2009).

Existen dos maneras de realizar pruebas de emisiones contaminantes:

- Pruebas estacionarias
- Pruebas dinámicas

Pruebas estacionarias.

En las pruebas o ensayos estacionarios el motor se estabiliza en una condición de para motor-régimen de giro y se mide la concentración de emisiones y caudal de los gases.

Se utiliza el procedimiento TSI (*Two Speed Idle*) para medir las emisiones de escape de hidrocarburos, monóxido de carbono y dióxido de carbono (figura 13). El procedimiento está establecido en dos fases:

- Inspección o prueba a altas revoluciones del motor con valores de entre 2 200 a 2 800 rpm, por al menos 30 s o hasta que el equipo de medición obtenga los datos requeridos.

- Inspección o prueba en ralentí con valores de entre 350 a 1 200 rpm, por al menos 30s o hasta que el equipo de medición obtenga los datos requeridos.

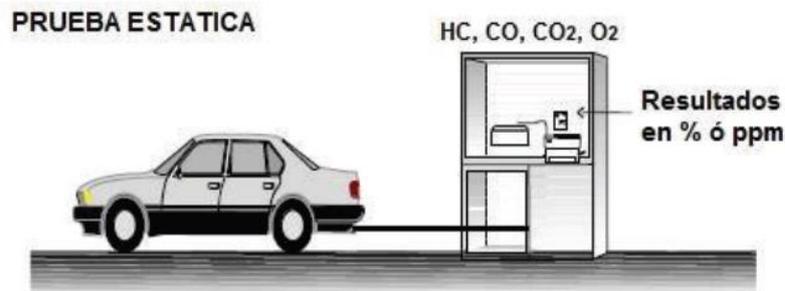


Figura 14. Prueba estática de emisiones. Fuente: (Vizquete, 2016)

La medición en las pruebas debe ser menor que los límites establecidos del modelo, año y peso bruto del vehículo (GVWR: *Gross vehicle Weight Rating*). El procedimiento TSI se aplica a los vehículos que no están equipados con el sistema de diagnóstico a bordo (OBD), generalmente son los vehículos de años 1994-1995 y anteriores.

Pruebas dinámicas.

En las pruebas o ensayos dinámicos el motor se mantiene en condiciones variables de carga y régimen de giro, es decir condiciones transitorias. Se miden las emisiones en bancos de rodillos con resistencia e inercia equivalente al vehículo y siguiendo un ciclo de conducción regulado (figura 15). Se utiliza bancos de rodillos con frenos dinamométricos acoplados a inercias mecánicas o frenos dinámicos con inercia simulada de la masa del vehículo, los cuales actúan sobre las ruedas de tracción del vehículo simulando su conducción en carretera. Los frenos dinamométricos o dinámicos simulan la resistencia al avance (aerodinámica y rodadura) y el peso del vehículo. De esta manera, el vehículo responde ante las variaciones de velocidad igual que su uso real en tráfico.

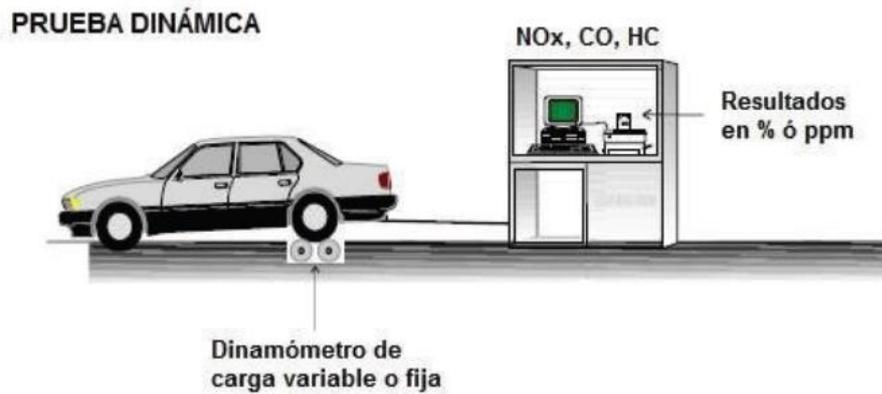


Figura 15. Prueba dinámica de emisiones. Fuente: (Vizuete, 2016)

Las pruebas en ruta se realizan con un vehículo, el cual cumple con una ruta preestablecida con determinados rangos de velocidad y de tiempo, para cada tipo de ciudad, en la que influye su topografía, altitud, entre otros.

Ciclos de manejo, es un perfil de velocidades trazado en un plano velocidad-tiempo, que representa una forma típica de conducir en una ciudad o autopista, tomando en cuenta la tecnología del vehículo, las características del tráfico, de las carreteras, características climáticas y geográficas (principalmente la altitud) y también la forma de manejar de cada conductor.

Estos ciclos de manejo tienen una gran importancia, para determinar el desarrollo de una ciudad, tecnologías de los vehículos y el inventario de las emisiones contaminantes en las grandes urbes, así como para determinar el consumo de combustible y esto permite establecer estrategias de control de equilibrio ecológico del lugar, ciudad o región.

Los ciclos de manejo simulados pueden ser realizados en pruebas de ruta o carretera, así como también se los puede realizar mediante pruebas en laboratorio a partir de la simulación de un determinado ciclo de manejo, lográndose por medio de computadoras simular las condiciones reales de operación, lo que permite cuantificar el desempeño en este caso del convertidor catalítico obteniendo valores de los niveles emitidos los que no pueden ser directamente medidas en una prueba de carretera.

Ciclos de conducción.

A continuación se presenta las características de algunos ciclos de conducción existentes para la investigación, el cual se selecciona un ciclo de conducción FTP-75.

Un ciclo de conducción es la herramienta más extendida a la hora de hacer ensayos de homologación de consumos y emisiones contaminantes (CO, HC, NO_x), 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 producido en un dinamómetro donde recopila y se analiza las emisiones en el tubo de escape de vehículo para después evaluar el porcentaje de emisiones del mismo (Restrepo, Carranza, & Tibaquira, 2007).

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 internacionales de esta misma rama, como SAE (*Society of Automotive Engineers*), han establecido diversas pruebas y procedimientos de evaluación de emisiones de los motores, bajo una normalidad que establece los niveles de emisión aceptables. Dichas normas explican los métodos usados, el equipo requerido, las condiciones de prueba y las técnicas para la medición de las emisiones contaminantes (Ramírez, 1997).

Ciclo FTP (Federal Test Procedure).

Este procedimiento es el más idóneo para la realización del experimento, 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 “LA 4”.

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

Este ciclo fue creado por la agencia *Environmental Protection Agency* (EPA) para representar un ciclo de viajes diarios de casa trabajo con una parte de conducción urbana incluyendo paradas frecuentes y una parte de conducción en autopista, conforme lo detalla a continuación:

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

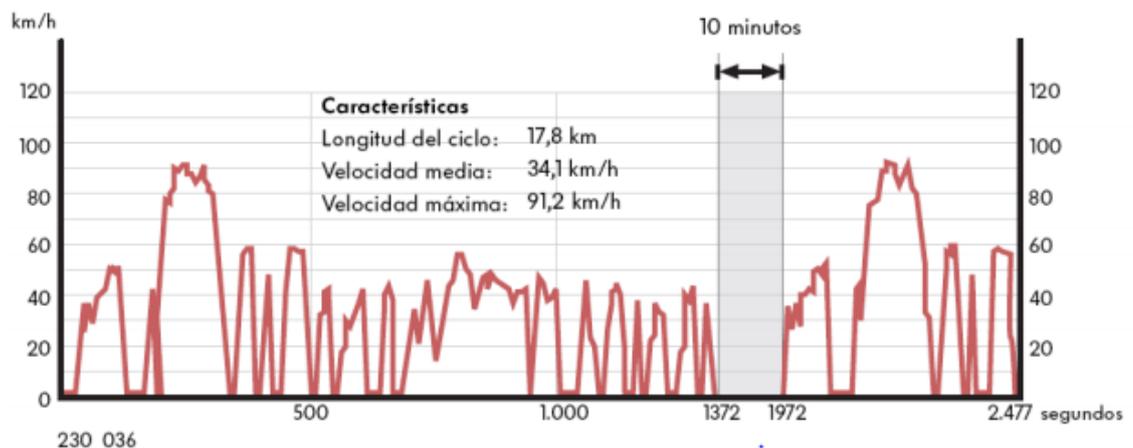


Figura 16. Ciclo de conducción FTP-75

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

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

2013).

A continuación se detalla las características del ciclo:

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

Ciclo LA-92 de California

El ciclo LA-92 fue desarrollado como herramienta de la mejora del inventario de las emisiones, y se espera que desempeñe un papel importante en esfuerzos actuales y futuros de la mejora del inventario de emisiones. Comparando al FTP 75 y el ciclo LA-92, este último tiene una velocidad superior más alta (107,8 km/h contra 91,2 km/h), una velocidad media más alta (39,9 km/h contra 31,5 km/h), menos tiempo ralenti (16,4 por ciento contra 19,0 por ciento), pocas paradas por milla (1,52 contra 2,41), y una aceleración máxima ($3,02 \text{ m/s}^2$ contra $1,48 \text{ m/s}^2$). El LA-92 tiene 15,9 km de largo; la longitud del FTP es 12 km (Austin, Carlson, Joy , & Lee, 1993).

Ciclo de conducción NEDC.

El ciclo NEDC (*New European Driving Cycle*), es utilizado como un ciclo de referencia para homologar vehículos hasta norma Euro 6 en Europa y otros países. Este es hecho de una parte urbana llamada ECE, el cual se repite cuatro veces, y una parte extra-urbana llamada EUDC (Charlie & Romain, 2013).

Las características que presenta este ciclo son las siguientes:

- Distancia 11,023 km
- Duración 1 180 s
- Velocidad promedio 33,6 km/h

Ciclo MODO 10-15

El ciclo japonés MODO 10-15 se utiliza para certificación de emisiones y consumo de combustibles en Japón. Este simula el ciclo urbano y carretera, incluyendo tiempo en ralentí, aceleraciones, desaceleraciones, entre otros. Se desarrolla la medición mientras el motor esta caliente, después de un procedimiento de calentamiento (Charlie & Romain, 2013).

El procedimiento del ciclo MODO 10-15, se caracteriza a continuación:

- Distancia 4,16 km
- Duración 660 s
- Velocidad promedio 22,7 km/h

Ciclo JC08.

El ciclo JC08 es un ciclo transitorio el cual es mucho más demandado que el ciclo MODO 10-15. El procedimiento de este ciclo se desarrolla con arranque en frío y caliente y representa la conducción en condición de tráfico congestionado, con aceleraciones y desaceleraciones fuertes (Charlie & Romain, 2013).

Durante el desarrollo del ciclo JC08 se caracteriza por:

- Distancia 8,17 km
- Duración 1 204 s
- Velocidad promedio 24,4 km/h

Factores de emisión

La cantidad de un contaminante emitido por proceso de combustión puede expresarse de distintas maneras, como porcentajes volumétrico, partes por millón, fracción molar o fracción másica. Para el caso de los vehículos lo que interesa es la cantidad del contaminante emitido durante su funcionamiento, y a esto se le llama factor de emisión, el que puede expresarse en términos de moléculas o masa por unidad de distancia recorrida. Las unidades

frecuentemente utilizadas son gr/kWh o gr/km (Caiza & Portilla, 2010).

En el estudio realizado por Caiza y Portilla (2010), determinan que el total de emisiones de un vehículo terrestre está establecida por la suma de tres fuentes diferentes, estas son:

- Emisión en caliente (por tubo de escape con motor caliente): cuando hay estabilidad térmica en la operación del motor.
- Emisión de partida en frío (en proceso de calentamiento): fase durante la cual el motor está alcanzando la temperatura para su funcionamiento óptimo.
- Emisión evaporativa del combustible (hidrocarburos evaporados).

En su estudio Urbina (2016), expone el siguiente procedimiento para el cálculo de los factores de emisión donde el punto de partida para el cálculo de los factores de emisión es desarrollar una fórmula molecular equivalente para el combustible. Por ejemplo, se asume que el combustible consiste principalmente de carbono e hidrógeno con cantidades despreciables de otros elementos para el propósito del balance de masa.

En la tabla 6, se aplica la fórmula molecular equivalente para un combustible que contiene 80 % peso carbono y 20 % peso hidrogeno, obteniéndose en este ejemplo la fórmula CH₃.

Tabla 6
Formula molecular equivalente

Componente	Lb por 100 lb de combustible	Peso molecular	Lb mol por 100 lb de combustible	Lb mol por lb mol de carbono
Carbono	80	12	6,7	1
Hidrogeno	20	1	20	3

Fuente: (Urbina Guzmán, 2016)

Se deduce que el peso molecular del combustible está dado por la

Ecuación 3. Fórmula molecular equivalente CH_y

Donde se tiene:

$$y = \left(\frac{\% \text{ peso H}}{\% \text{ peso C}} \right) \left(\frac{MW_C}{MW_H} \right) \quad (3)$$

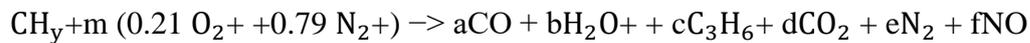
Donde:

- MWC = peso molecular del carbono
- MWH = peso molecular del hidrógeno

Se consideran como productos de combustión los siguientes: CO, H₂O, C₃H₆, CO₂ y adicionalmente los productos N₂ y NO que son en la actualidad de gran importancia en la contaminación atmosférica. En definitiva, el

Ecuación 4 Balance de masa para la combustión

Balance de masa para la combustión, despreciando el exceso de oxígeno, está dado por la ecuación 2.



(2)

Donde las variables a, b, c, d, e, f y m son coeficiente estequiométricos desconocidos y definidos como:

- m = moles de aire consumido por mol de combustible consumido
- a = moles formados de CO por mol de combustible consumido
- b = moles formados de H₂O por mol de combustible consumido
- c = moles formados de C₃H₆ por mol de combustible consumido
- d = moles formados de CO₂ por mol de combustible consumido
- e = moles formados de N₂ por mol de combustible consumido
- f = moles formados de NO por mol de combustible consumido

En vista que los átomos contenidos en la combustión no pueden ser creados ni destruidos, las ecuaciones del balance de masa se pueden escribir como:

Ecuación 5 Elemento Reactantes Productos Carbono

$$\text{Carbono } 1 = a + 3c + d \tag{4}$$

Ecuación 6. Elemento Recatarte Productos Hidrógeno

$$\text{Hidrógeno } y = 2b + 6c \quad (5)$$

Ecuación 7. Elemento Recatarte Productos Oxígeno

$$\text{Oxígeno } 0.42 m = a + b + 2d + f \quad (6)$$

Ecuación 8. Elemento Recatarte Productos Nitrógeno

$$\text{Nitrógeno } 1.58 m = 2e + f \quad (7)$$

Con el objetivo de resolver este sistema de ecuaciones, se realiza la medición de gases (concentraciones volumétricas) en pruebas dinámicas para obtener datos adicionales que nos permitan determinar las incógnitas.

Considerando que el CO_2 , es el gas predominante en los productos, se establece las relaciones de los demás productos con respecto a este gas, cuyas relaciones se determinan con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 9. Relación R_{CO}

$$R_{\text{CO}} = \left(\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2}\right) = \frac{a}{d} \quad (8)$$

Ecuación 10. Relación R_{HC}

$$R_{\text{HC}} = \left(\frac{\text{HC}}{\text{CO}_2}\right) = \frac{c}{d} \quad (9)$$

Ecuación 11. Relación R_{NO}

$$R_{\text{NO}} = \left(\frac{\text{NO}}{\text{CO}_2}\right) = \frac{f}{d} \quad (10)$$

Donde:

R_{CO} = Razón de CO con respecto al CO_2

R_{HC} = Razón de HC con respecto al CO_2

R_{NO} = Razón de NO con respecto al CO_2

De las ecuaciones anteriores se obtiene:

Ecuación 12. Moles formados de CO por mol de combustible consumido

$$a = d * R_{\text{CO}} \quad (11)$$

Ecuación 13 Moles formados de C₃H₆ por mol de combustible consumido

$$c = d * R_{HC} \quad (12)$$

Reemplazando estas relaciones en la ecuación 3 se obtiene:

Ecuación 14. Moles formados de CO₂ por mol de combustible consumido

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \quad (13)$$

Con los valores de a, c y f se puede obtener los factores de emisión (EF') en gramos de contaminante por gramo de combustible consumido:

Ecuación 15. Contaminante por gramo de CO

$$EF'_{CO} = a * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{CO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{CO}}{MW_{Fuel}} \quad (14)$$

Ecuación 16. Contaminante por gramo HC

$$EF'_{HC} = a * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{HC}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{HC}}{MW_{Fuel}} \quad (15)$$

Ecuación 17. Contaminante por gramo NO_x

$$EF'_{NO} = a * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} = \frac{R_{NO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{NO}}{MW_{Fuel}} \quad (16)$$

Considerando como base principal del combustible al octano C₈H₁₈ (equivalente CH_{2.25}), se procede a determinar el peso molecular del combustible:

Ecuación 18. Peso molecular del combustible

$$MW_{Fuel} = \frac{12g C}{mol C} \left(\frac{1 mol C}{mol Fuel} \right) + \frac{1g H}{mol H} * \left(\frac{2.25 mol H}{mol Fuel} \right) \quad (17)$$

$$MW_{Fuel} = 14.25 * \frac{g Fuel}{mol Fuel}$$

Introduciendo la densidad del combustible (kg/m³) y el consumo de combustible por distancia recorrida FC (m³/km), se puede obtener el factor de emisión en gramos de cada contaminante por kilómetro recorrido.

Ecuación 19. Ecuación de factor de emisión general

$$EF = EF' * \delta_{Fuel} * FC \quad (18)$$

Ecuación 20. Ecuación de factor de emisión CO

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{Km} = \frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (19)$$

Ecuación 21. Ecuación de factor de emisión HC

$$EF_{HC} = \frac{g_{HC}}{Km} = \frac{42 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (20)$$

Ecuación 22. Ecuación de factor de emisión NO

$$EF_{NO} = \frac{g_{NO}}{Km} = \frac{30 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left(3 \frac{\%HC}{\%CO_2}\right) + 1} * \frac{\delta_{Fuel} * FC}{0.01425} \quad (21)$$

Las ecuaciones 19,20 y 21 permiten calcular los factores de emisión de los vehículos de prueba, a partir de los valores suministrados en las pruebas *on board*.

Método

Para una adecuada investigación se necesita una metodología acorde a las circunstancias presentadas en la actualidad en Ecuador, esto permite optimizar la investigación.

La aplicación de la investigación exploratoria basada en la revisión bibliográfica, se da gracias a los conocimientos en otras investigaciones que permiten solventar muchas interrogantes sobre la investigación como conocimientos sobre los catalizadores, las emisiones contaminantes, los factores de emisión, rutas para realizar la investigación; toda esta información y más se encuentra analizada a través de tesis realizadas en el país en los últimos años y que abordan temas relacionados al estudio del presente trabajo, adicional se cuenta con la información de artículos mundiales donde se expone información relacionada al tema de forma más general.

En el estudio se aplica una investigación cuantitativa para evaluar el comportamiento de los gases producto de la combustión y la comparativa de los factores de emisión para diferentes combustibles.

Método de investigación

El método de investigación usado ayudará en el transcurso del tiempo a la realización de nuevas investigaciones relacionada al tema de evaluación de los sistemas de catalización de vehículos a gasolina en condiciones de arranque en frío.

Ciclo básico de investigación experimental.

Para usar el ciclo primero es necesario tener presente el problema, la necesidad o el desconocimiento que desea abordar para fundamentar la observación realizada y optimizar las variables analizadas (Riba, 2002).

En base a lo referenciado en el párrafo anterior se analiza el problema, necesidad y el

desconocimiento presentado en la realización de la presente investigación, este análisis complementado permite la creación del ciclo básico de investigación experimental.

A continuación, se presenta en la figura 15 el flujograma establecido por Carles Riba perteneciente al ciclo básico de investigación experimental.

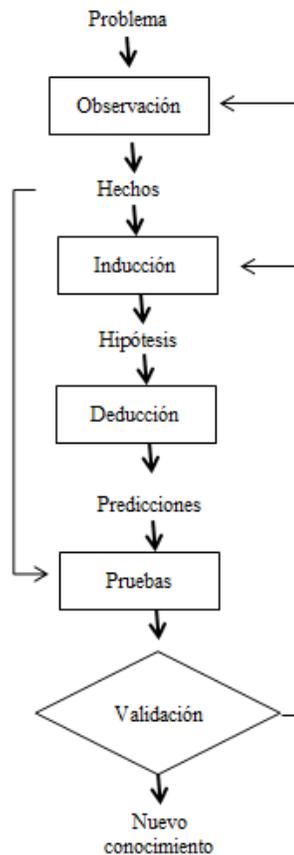


Figura 15. Flujograma del ciclo básico de investigación experimental. Fuente: (Riba, 2002)

Con base a todo lo indicado hasta el momento y con base al flujograma de ciclo básico de investigación experimental se procede a desarrollar el flujograma aplicado al presente trabajo denominado “evaluación de los sistemas de catalización de vehículos a gasolina en condiciones de arranque en frío”, en la figura 16 se expone el flujograma aplicado.

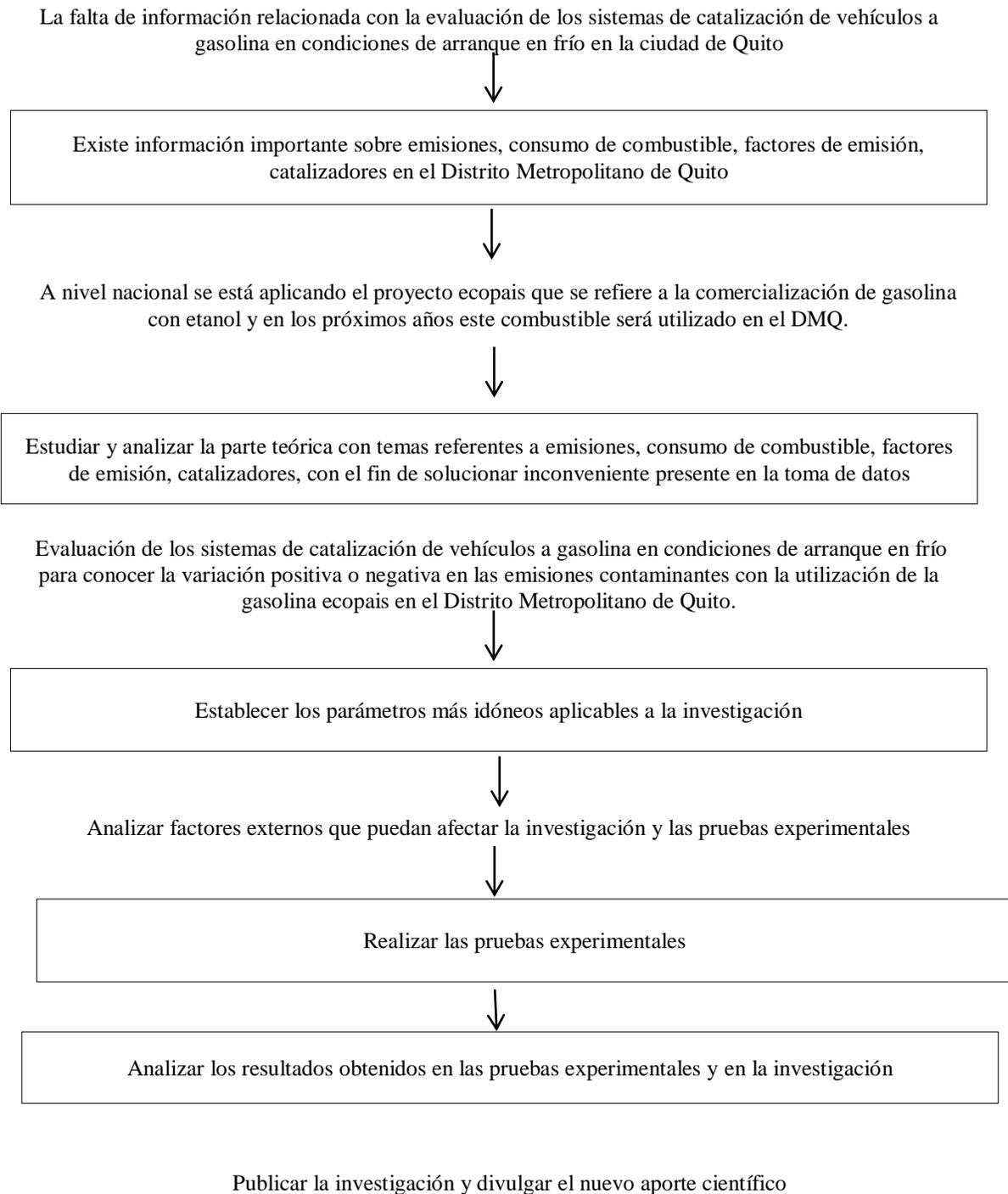


Figura 16. Flujograma de ciclo básico de investigación experimental aplicado

Estrategia metodológica

Se plantea una estrategia metodológica para el desarrollo de la investigación en tres partes enmarcada en una cadena lógica de procesos a seguir que garantice alcanzar los objetivos de la investigación. En la figura 17 se muestra la estrategia metodológica planificada.

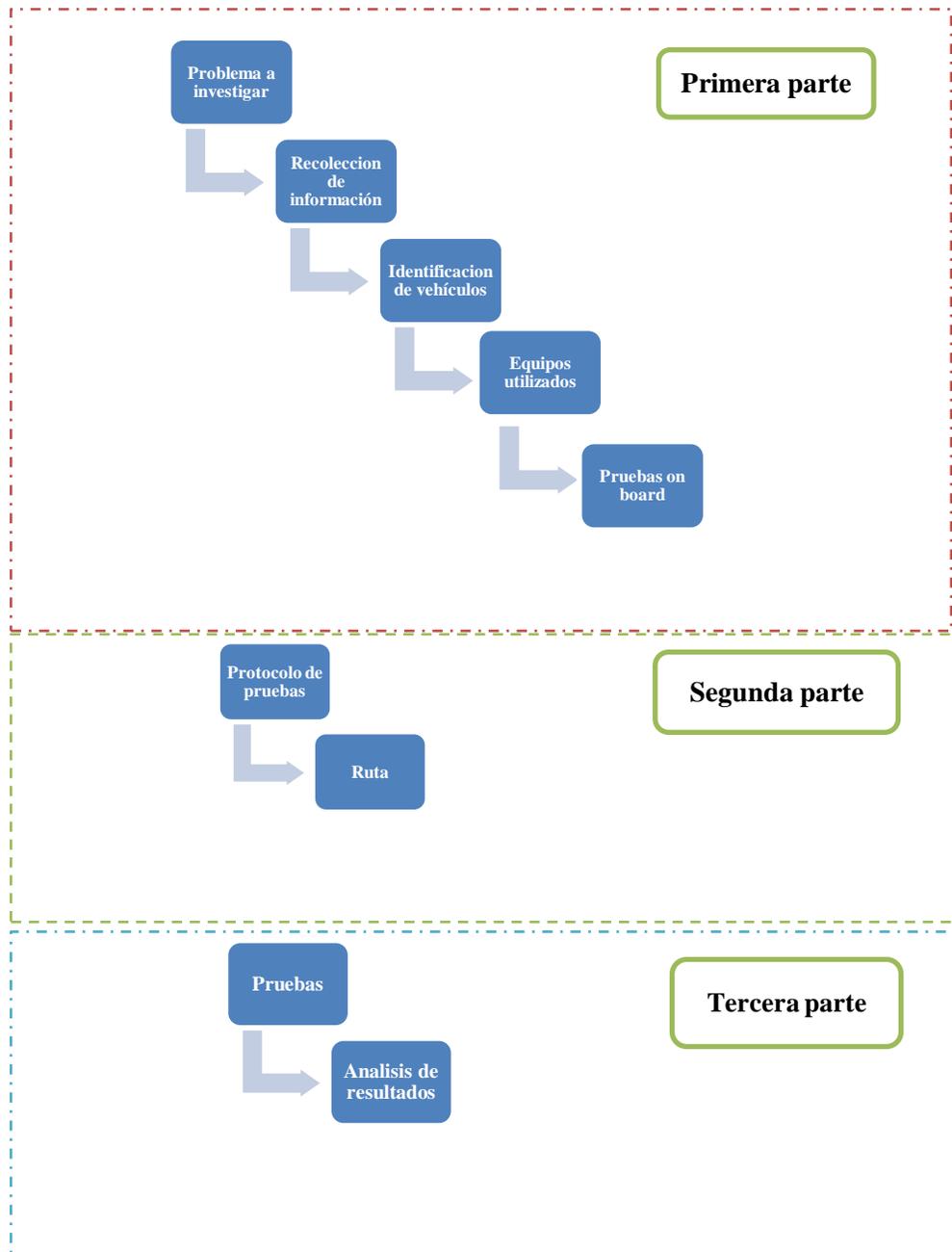


Figura 17. Estrategia metodológica. Fuente: Autor

Primera parte de la estrategia metodológica

En esta sección se detalla el problema a investigar, se caracteriza los vehículos a utilizarse, se define la prueba *on board* y los equipos a utilizarse durante la prueba.

El problema a investigar consiste en evaluar los sistemas de catalización de vehículos a gasolina en condiciones de arranque en frío con mezclas de combustible convencional y etanol mediante la realización de pruebas *on board* para conocer la variación que existe de emisiones en el Distrito Metropolitano de Quito.

Caracterización de los vehículos

Los vehículos utilizados para las pruebas son 3 y entre sus características principales pertenecen a las siguientes marcas: Chevrolet, Mazda y Volkswagen; y por categoría son 1 SUV, 1 camioneta y 1 automóvil, con cilindradas de 2 000 cc, 2 200 cc y 1 800cc respectivamente, se seleccionaron estas marcas de vehículos ya que según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) 2017 estas tres marcas están dentro de un segmento amplio de ventas en el Ecuador, en cuanto al cilindraje es diferente para tener más campo de estudio, esto nos permite tener una muestra más amplia en el experimento.

En la tabla 7, se muestran los 3 vehículos utilizados dentro del estudio, adicional se muestra la cilindrada, la marca y el modelo que es diferente para cada uno con el objetivo de tener resultados amplios del parque automotor del país, finalmente se presenta el código con el que se puede identificar al vehículo durante el estudio.

Tabla 7
Caracterización de los vehículos

Marca	Modelo	Trasmisión	Cilindraje	Potencia(hp @rpm)	Relación de compresión	Código	Año	Kilometraje (Km)
VOLKSWAGEN	Gol	manual	1,8	99 @ 5 250	10,8:1	VOLK_1,8	2001	198700
CHEVROLET	Gran Vitara	manual	2	126 @ 6000	9,3:1	CHEVR_2,0	2012	83600
MAZDA	BT-50	manual	2,2	101 @ 4500	2,210:1	MAZD_2,2	2014	114600

Fuente: Autor

A continuación, se detalla las especificaciones de los vehículos utilizados durante las pruebas realizadas.

Chevrolet Gran Vitara uno de los vehículos más utilizados donde presenta tecnología OBD II compatible con los instrumentos electrónicos de medición utilizados en la investigación, sus dimensiones y peso generan una gran aceptabilidad en el mercado nacional, y especialmente aceptabilidad en la ciudad de Quito.



Figura 18. Chevrolet Gran Vitara. Fuente: Autor

A continuación, en la tabla 8 se muestra las características del vehículo, útiles en la investigación.

Tabla 8
Caracterización del vehículo Chevrolet Gran Vitara

FICHA TÉCNICA VEHÍCULO CHEVROLET	
Marca	Chevrolet
Modelo	Gran Vitara
Cilindraje (cc)	2000
Placa	IBB-3779
No de Motor	J20A766378
Cilindros	4 Línea
Max. Potencia (HP/rpm)	1126 HP/6000 rpm
Max. Torque (Nm/rpm)	177 Nm/4000 rpm
Transmisión	Manual(5A+1R)
Kilometraje(Km)	83600

El vehículo Mazda BT-50 presenta tecnología OBD II, compatible con los instrumentos electrónicos de medición utilizados en la investigación, su estética, comodidad, transporte y alto rendimiento del motor generan aceptabilidad en el mercado nacional y su uso en la ciudad de Quito.



Figura 19. Mazda BT-50. Fuente: Autor

A continuación, en la tabla 9 se muestra las características de la camioneta doble cabina Mazda BT-50, útiles en la investigación.

Tabla 9
Caracterización del vehículo Mazda BT-50

FICHA TÉCNICA VEHÍCULO MAZDA	
Marca	Mazda
Modelo	BT-50
Cilindraje(cc)	2200
Placa	PBP-267
No de Motor	
Cilindros	4 Línea
Max. Potencia (HP/rpm)	99HP/4500 rpm
Max. Torque (Nm/rpm)	243 Nm/2000 rpm
Transmisión	Manual(5A+1R)
Kilometraje(Km)	114600

El vehículo Volkswagen Gol presenta tecnología OBD II, compatible con los instrumentos electrónicos de medición utilizados en la investigación, su economía en consumo, versatilidad, transporte y su costo en el mercado generan aceptabilidad en el mercado nacional y a su vez en la ciudad de Quito.



Figura 20. Volkswagen Gol. Fuente: Autor

A continuación, en la tabla 10 se muestra las características del vehículo Volkswagen Gol , útiles en la investigación.

Tabla 10.
Caracterización del vehículo Volkswagen

FICHA TÉCNICA VEHÍCULO VOLKSWAGEN	
Marca	Volkswagen
Modelo	Gol
Cilindraje(cc)	1800
Placa	PWM-0921
No de Motor	UDH097182
Cilindros	4 Línea
Max. Potencia (HP/rpm)	100 HP/5250 rpm
Max. Torque (Nm/rpm)	143 Nm/2500 rpm
Transmisión	Manual(5A+1R)
Kilometraje(Km)	198700

Prueba on board.

Para el presente estudio se plantea realizar pruebas *on board* y según López (2013), la prueba de medición es una aproximación deseable de la cuantificación en lo que respecta a emisiones vehiculares en condiciones reales. La tecnología utilizada en este tipo de equipos, varía en función de la aplicación y precisión de los resultados.

El mayor reto es medir de manera confiable la concentración de emisiones y el flujo de gases de escape en tiempo real para obtener resultados en masa de cada contaminante en función del tiempo, distancia recorrida y el consumo de combustible.

La ventaja de esta prueba es realizar rutas en condiciones reales de operación del vehículo, por lo que son utilizados en la determinación de factores de emisión. Su desventaja radica en la necesidad de mayor tiempo para su instalación, espacio dentro del vehículo y disponibilidad de vehículos de prueba.

En el caso de la experimentación de este tipo, se necesita un equipo analizador de gases *on board* conectado al vehículo, selección de un ciclo estándar de manejo simulado en la carretera y el conductor capacitado.

La prueba *on board*, se realiza para obtener valores reales de emisiones de vehículos como son: CO,CO₂,O₂, HC y NO_x y su ventaja es la entrega de valores reales de emisiones acorde a factores externos como tráfico de ruta, clima, límites de velocidad, etc.

A continuación, se detallan los equipos utilizados en las pruebas *on board*:

- Sonda de gases
- Analizador de gases *on board*
- Tanque de presión de combustible
- Conector de datos OBD 2

Sonda de gases.

Es aquel instrumento donde recolecta las emisiones producidas por el motor del vehículo que se encuentra en investigación y las direcciona hacia el analizador de gases, en la siguiente figura 21 se muestra el componente.



Figura 21. Sonda de gases. Fuente: Autor

Analizador de gases on board.

La principal función es medir las emisiones de gases de escape (CO,CO₂, O₂, HC, y NO_x) en tiempo real de funcionamiento del vehículo. Las características técnicas del analizador de gases se muestran en la tabla 11 y en la figura 22 se muestra el equipo a ser utilizado en las pruebas.

Tabla 11.*Características técnica de equipo on board*

Tipo	Rango de medición	Precisión	Resolución
Medición de O2 Sensor	Mayor o igual de (0,01 a 25% Vol)	Mayor o igual a +/- 0,1% abs	Mayor o igual a 0,01% Vol
Medición de CO2 NDIR	Mayor o igual de (0,001 a 10% Vol)	Mayor o igual a +/- 0,02% abs	Mayor o igual a 0,001% Vol
Medición de NOX Sensor	Mayor o igual de (0 a 4000 ppm)	Mayor o igual a +/- 25 ppm abs	Mayor o igual a 1 ppm
Medición de CO NDIR	Mayor o igual de (0,01 a 16% Vol)	Mayor o igual a +/- 0,30% abs	Mayor o igual a 0,01% Vol
Medición de HC NDIR	Mayor o igual de (1 a 15000 ppm)	Mayor o igual a +/- 4 ppm abs	Mayor o igual a 1 ppm

Fuente: Manual de usuario equipo on board, Marca GLOBAL MRV, Modelo AXION



Figura 22. Analizador de gases. Fuente: Autor

Tanque de presión de combustible.

Su función es medir la cantidad de combustible consumido por el vehículo al realizar la prueba, consta de un par de mangueras que se utilizan para ingreso y retorno de la gasolina al motor, adicional cuenta con una bomba manual cuya función es producir presión en el interior del tanque y con ello poder simular la presión producida por la bomba de combustible del vehículo y en la figura 23 se muestra el equipo.



Figura 23. Tanque de presión de combustible. Fuente: Autor

En la siguiente tabla 12, detalla las propiedades físicas química del combustible extra según la Norma Ecuatoriana INEN 935:2012.

Tabla 12
Propiedades del combustible

Propiedades del combustible	Norma NTE INEN:935:2012	Gasoline 87	Gasoline
		Octanos	Ecopaís
Número de octanos	87 min.	88,3	85,1
Gravedad específica API 60 °F	--	--	59,7
T10 – 10% evap., °C	70 max.	50	56
T50 – 50% evap., °C	77 – 121	99	105
T90 – 90% evap., °C	189 max.	163	167,5
Residuo de destilación %	98 min.	98,5	98,5
Presión de vapor de Reid, KPa	60 max.	58,6	50
Corrosión a la lámina de cobre (3h at 50°C)	1	1	1
Contenido de azufre	650 max.	169	--
Contenido de gomas (mg/cm ³)	3 max.	1	--

Fuente: (Tipanluisa , Rocha, Portilla , & Llanes , 2017)

Conector de datos.

Su función es realizar la conexión entre el equipo *on board* y el vehículo, las medidas registradas por el conector son: concentraciones volumétricas de las emisiones producidas, revoluciones y temperatura del motor.

Segunda parte de la estrategia metodológica

En esta sección se define el protocolo de pruebas y la ruta para realizar las pruebas

experimentales.

Pruebas de protocolo.

La prueba se realiza en un ciclo real de ruta en el Distrito Metropolitano de Quito, con la utilización de un equipo *on board*, el mismo que mide las concentraciones de gases CO, CO₂, HC, O₂, , NO_x, y para lo expuesto se utiliza el protocolo de pruebas establecido por Urbina Guzmán (2016), pero se realizan modificaciones necesarias para este estudio como “iniciar la prueba cuando se haya verificado la conexión del equipo con el vehículo, considerando que se requiere que el inicio de la prueba sea inmediato para no afectar las mediciones de las emisiones cuando el vehículo está en condición frío”.

A continuación, se presenta el procedimiento final aplicado para las pruebas del presente estudio:

1. Existen dos condiciones iniciales para la prueba de los vehículos: la primera es vehículo frío; es decir estar estacionado de 10 a 12 horas antes de iniciar la prueba y la segunda es vehículo caliente; es decir el motor estuvo funcionando antes de iniciar la prueba y por eso el motor y el catalizador se encuentran en su temperatura normal de funcionamiento.
2. Instalar el equipo *on board* en el interior del vehículo. La fuente de energía de este analizador es 12V.
3. Conectar el conector OBD2 desde el equipo *on board* al vehículo para registrar la información de las concentraciones volumétricas de emisiones de gases, revoluciones y temperatura del motor.
4. Colocar la sonda de gases al final del tubo de escape con un ajuste adecuado entre los dos elementos para evitar la caída de la sonda durante la prueba.
5. Instalar el tanque de presión de combustible en el vehículo, se debe utilizar una presión de

50 PSI en este tanque para poder simular el funcionamiento de la bomba de combustible del vehículo. Este equipo debe tener 5 litros de combustible como medida base de combustible y va a ser accionado por el copiloto de la prueba quien va a ser el mismo para toda la prueba y su responsabilidad es mantener mecánicamente la presión pre establecida en el tanque de presión de combustible.

6. Encender el equipo *on board* para iniciar el registro de mediciones de gases y distancias recorridas a través del equipo *on board*.
7. Iniciar la prueba cuando se haya verificado la conexión del equipo con el vehículo, considerando que se requiere que el inicio de la prueba sea inmediato para no afectar las mediciones de las emisiones cuando el vehículo está en condición frío.
8. Seguir la ruta establecida, con el conductor pre determinado y que será el mismo para todas las pruebas con el objetivo de no generar una variación en los valores obtenidos.
9. Al finalizar la prueba se debe registrar las concentraciones de emisiones de gases a través del equipo *on board* y la cantidad de combustible consumido por prueba con el tanque de presión de combustible.

Para el estudio se ha planificado realizar 30 pruebas considerando 10 pruebas por cada vehículo (3 vehículos utilizados), y a su vez cada vehículo realizará 5 pruebas con mezcla de combustible convencional y 5 pruebas con mezcla de combustible etanol, estas pruebas se realizan en frío; considerando que para esta prueba los vehículos van a estar en reposo entre 10 y 12 horas para que los sistemas del motor y el catalizador se encuentren completamente fríos para la prueba.

Ruta.

El ciclo FTP 75, escogido que representa la forma típica de conducir de la mayoría de las

personas que ingresan diariamente de regiones fuera de la ciudad (valles, otras ciudades) en un ciclo combinado es decir 50 % ciudad y el otro 50 % restante en carretera tomando en consideración las características del tráfico, de las carreteras, características climáticas y geográficas (altitud entre las más importantes) y características de los mismos conductores (Quinchimbla, 2017).

Se escoge la ruta de ciclo FTP-75 combinado donde existan condiciones de manejo en ciudad y en carretera dentro del Distrito Metropolitano de Quito, considerando una de las principales carreteras como lo es la Av. Rumiñahui y otras avenidas importantes dentro de la ciudad para complementar el ciclo y en resumen se recorre una distancia de 7 993 m de zona suburbana y 7680 m de zona urbana. Dentro del estudio se considera que en el Distrito Metropolitano de Quito al igual que en todo el país existen controles de velocidad y por ende se va a utilizar una velocidad de 50 km/h durante el estudio.

La ruta donde se realizan las pruebas contempla secciones de carretera y calles del Distrito Metropolitano de Quito para en lo posible lograr un estudio que aporte con resultados completos sobre las emisiones en el DMQ. La ruta inicia en el Puente 5 ubicado en la Av. Rumiñahui para después continuar a través de la Av. Rumiñahui, Pichincha, Gran Colombia, 12 de octubre, Patria, Pérez Guerrero, América, Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas (intersección de la Av. Colón con la 12 de octubre); recorriendo una distancia de 7 993 m de parte Suburbana y 7 680 m de parte urbana, con una longitud total de 15 673 m. En la figura 16 se muestra la ruta seleccionada y que ha sido descrita.

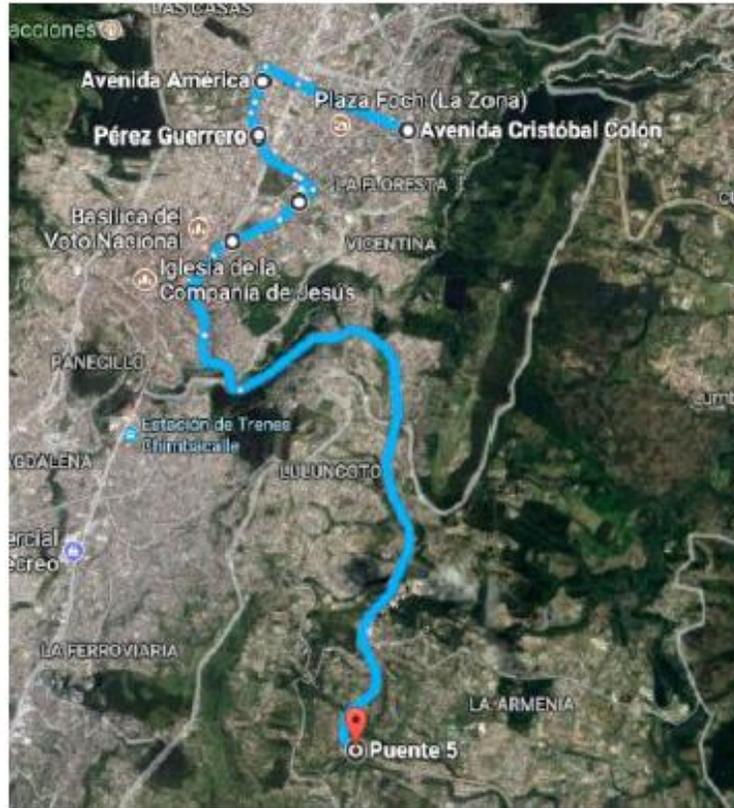


Figura 24. Caracterización de ruta. Fuente: Autor

En lo que respecta al perfil de elevación se utiliza un altímetro donde se resalta que el punto más alto está en la Av. Rumiñahui (altura del Puente que cruza la Av. Simón Bolívar sobre la Av. Rumiñahui, 2877 m), mientras que los puntos con menos altura están en el sector El Trébol, 2755 m y en la Av. Rumiñahui (Altura del puente 5 a 2619 m), el menor valor de altura es debido a que se encuentra ubicado sobre la Quebrada Machangara y al ingreso del valle de los Chillos respectivamente.

En la tabla 13, se muestran las características principales de la ruta escogida.

Tabla 13
Caracterización de ruta de prueba

Ruta carretera	Av. Rumiñahui
Ruta ciudad	Av. Pichincha, Av. Gran Colombia, Av. 12 de Octubre, Av. Patria, Av. Pérez Guerrero, Av. América, Av. Colon
Sentido	Este - Oeste
Velocidad máxima (km / h)	78,32
Número de paradas	63
Tiempo total transcurrido (s)	2 889
Distancia recorrida (m)	15 673

Tercera parte de la estrategia metodológica

En esta sección se realizan las pruebas y se analizan los resultados de las pruebas

Pruebas.

Se realizan las 30 pruebas considerando 10 pruebas por cada vehículo (3 vehículos utilizados), en la ruta pre establecido y que se encuentra dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

En la prueba *on board* se utiliza gasolina extra para 15 pruebas considerando 5 pruebas por cada vehículo (3 vehículos utilizados), y se utiliza gasolina ecopais para 15 pruebas considerando 5 pruebas por cada vehículo (3 vehículos utilizados).

Cada vehículo debe realizar 5 pruebas con el motor y catalizador en condición en frío y para esto los vehículos deben estar estacionados de 10 a 12 horas para considerarse en condición en frío.

Para las pruebas se debe utilizar el tanque de presión de combustible con 5 litros combustible.

El piloto y copiloto de los vehículos deben ser las mismas personas durante toda la prueba para evitar una variación en los resultados obtenidos.

Obtenidos los volúmenes de contaminantes, se procede a la determinación de los factores de emisión según lo referenciado en el estudio del arte. Se realizan comparativas estadística de los resultados obtenidos, para lo cual se emplea el software STATGRAPHICS Centurion XVI, formándose un diseño multifactorial, considerando 2 factores (tipo de vehículo y tipo de combustible), para evaluar el comportamiento del factor de emisión como variable dependiente y determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos conformados.

Resultados

En el presente capítulo se exponen los resultados de las pruebas *on board* de emisiones de contaminantes (CO_2 , CO, HC, O_2 , y NO_x) en arranque en frío; y con los valores obtenidos se aplican las ecuaciones desarrolladas en el capítulo I correspondiente a los factores de emisión y se obtienen los factores de emisión del CO, HC y NO_x .

Presentación de resultados generales de pruebas *on board*

Las pruebas realizadas, permiten obtener las concentraciones de gases, cuyos resultados se promedian, y se utilizan en las ecuaciones simplificadas de la combustión, conjuntamente con los valores de consumo de combustible y la densidad de la gasolina, para obtener los factores de emisión de cada contaminante.

En la figura 25, se muestra el resultado de la pruebas en frío referente al gas de emisión CO_2 en unidades de porcentaje de los tres vehículos y los dos combustibles en estudio. Según Guixot (2011), establece que el valor límite es del 13% CO_2 como el factor lambda ($\lambda=1$) hasta que el “convertidor catalítico llegue a su temperatura óptima de 400 °C” (Frey, Unal, Roupail, & Colyar, 2003). Se puede observar que en los vehículos MAZD_2,2 y CHEVR_2,0 no existe mucha variación en la etapa de catalizador frío a caliente mientras en el vehículo VOLKS_1,8 presenta un crecimiento.

Los vehículos MAZD_2,2 y ,VOLK_1,8 tienen mejores resultados y se estabilizan el en rango eficiente cercano al 13% CO_2 con el uso de los dos combustibles , mientras CHEVR_2,0 se mantiene con poca eficiencia.

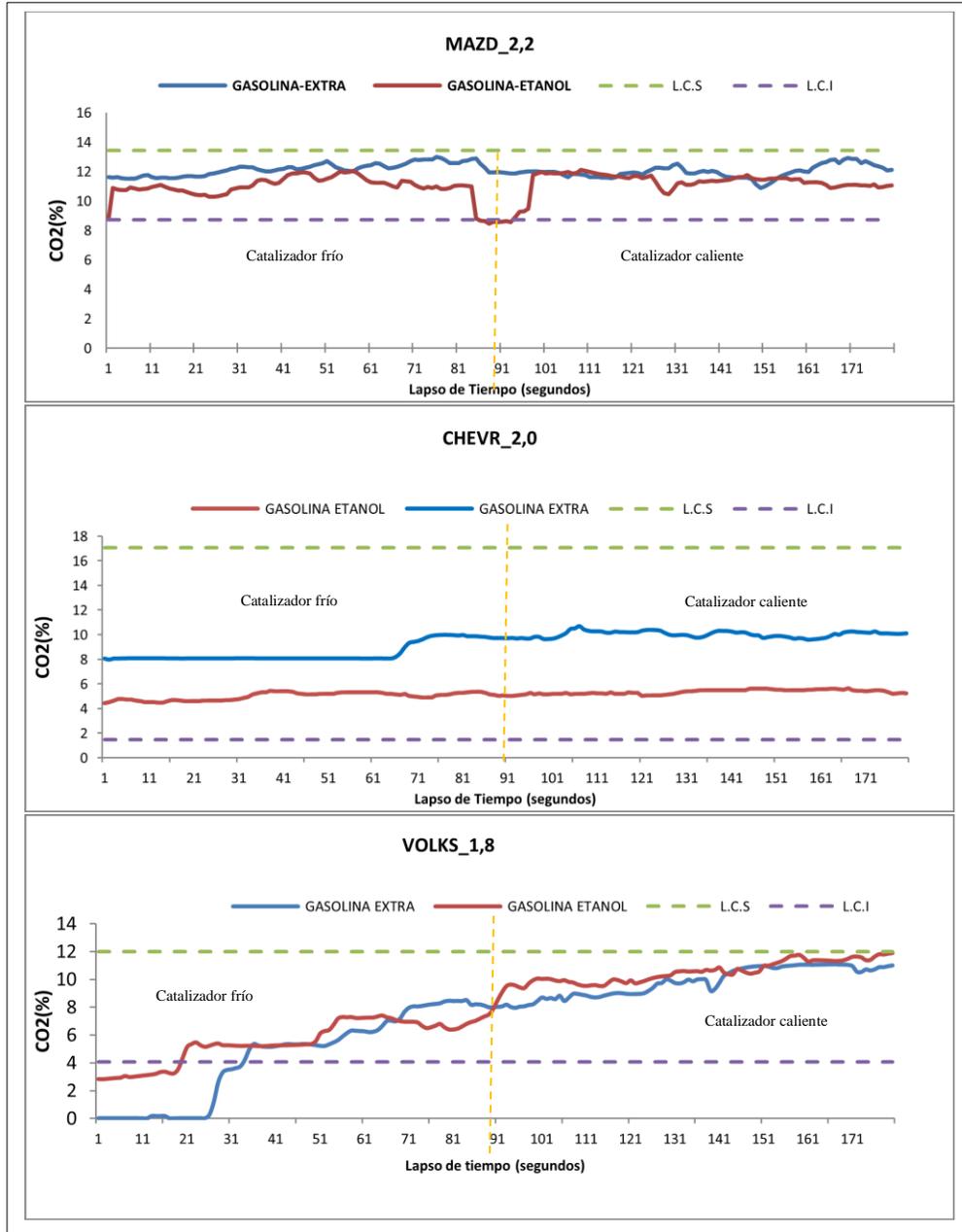


Figura 25. Gas de escape CO₂ (%) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra. Fuente: Autor

En la figura 26, se observa los resultados del gas de emisión CO, de los tres vehículos utilizados en la pruebas en frío con mezclas de combustible convencional y etanol, donde según Guixot (2011), establece que el valor CO decrece en los primeros segundos hasta 2% CO donde $\lambda=1$. Se observa MAZD_2,2 presenta una disminución del gas con combustible extra y se

estabiliza por debajo del límite mientras que con combustible de etanol presenta una disminución mínima donde se estabiliza pero sobre el 6% esto nos indica una situación de mezcla rica y es un indicador de combustión incompleta.

Los vehículos MAZD_2,2 y , VOLK_1,8 indican una situación de mezcla rica y son un indicador de combustión incompleta , atribuible al estado de mantenimiento de los vehículos, mientras el CHEVR_2,0 tiene mejores resultados en los dos combustibles .

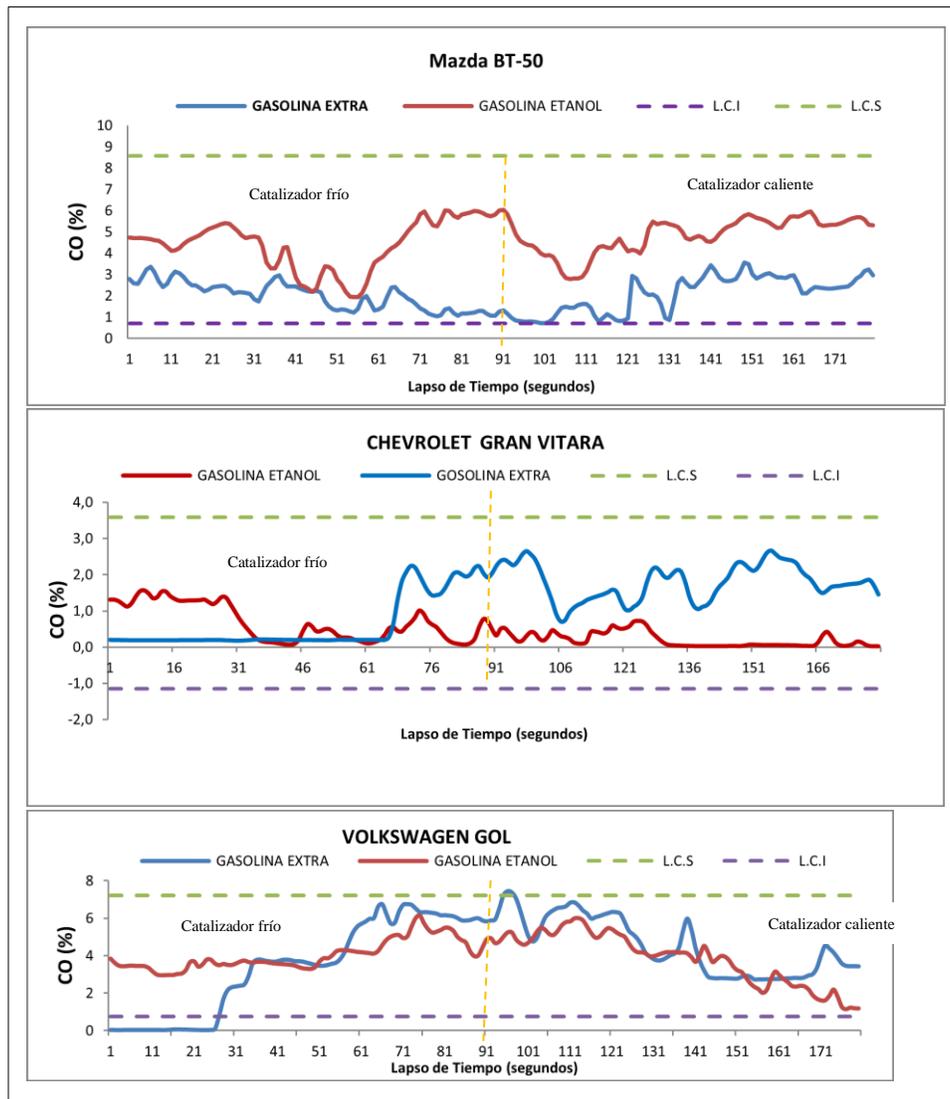


Figura 26. Gas de escape CO(%) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra. Fuente: Autor

En la figura 27 se muestra los resultados de las partes por millón de gas de escape HC, de los tres vehículos utilizados en la pruebas en frío con mezclas de combustible convencional y etanol; donde los parámetros referenciales se detallan en la figura 1 estos valores corresponden para cuando $\lambda=1$, describen que los HC debe iniciar en 600 ppm y terminar por debajo de los 200 ppm para que Lambda sea igual a 1. Se observa que en el vehículo MAZD_2,2 con gasolina etanol inicia en 800ppm que está por encima del límite inicial referencial y finalmente desciende aproximadamente a 600 ppm manteniéndose por encima del límite superior referencial de 200 ppm, mientras con gasolina extra inicia en 800 ppm siendo este valor superior a lo establecido en la gráfica 1, finalmente se establece en 600 ppm estando por encima del límite de 200 ppm de HC.

Se observa con referencia al vehículo CHEVR_2,0 que con gasolina etanol inicia por encima del valor referencial y termina manteniéndose por debajo del límite superior, mientras que con la gasolina extra inicia por debajo de los límites referenciales después finalmente termina por encima del límite superior establecido.

En el vehículo VOLK_1,8 se observa que con gasolina etanol inicia por debajo de los límites finalmente la curva crece y se mantiene por encima del límite permisible de 200 ppm de HC.

Los vehículos MAZD_2,2 y VOLK_1,8 tienen mayores cantidades esto puede asociarse con exceso de carbono que inhibe la acción del catalizador, mientras el CHEVR_2,0 tienen mejores resultados con gasolina etanol que se encuentra en un rango estable cercano al límite recomendado donde se puede mencionar una eficiencia para el motor y el catalizador

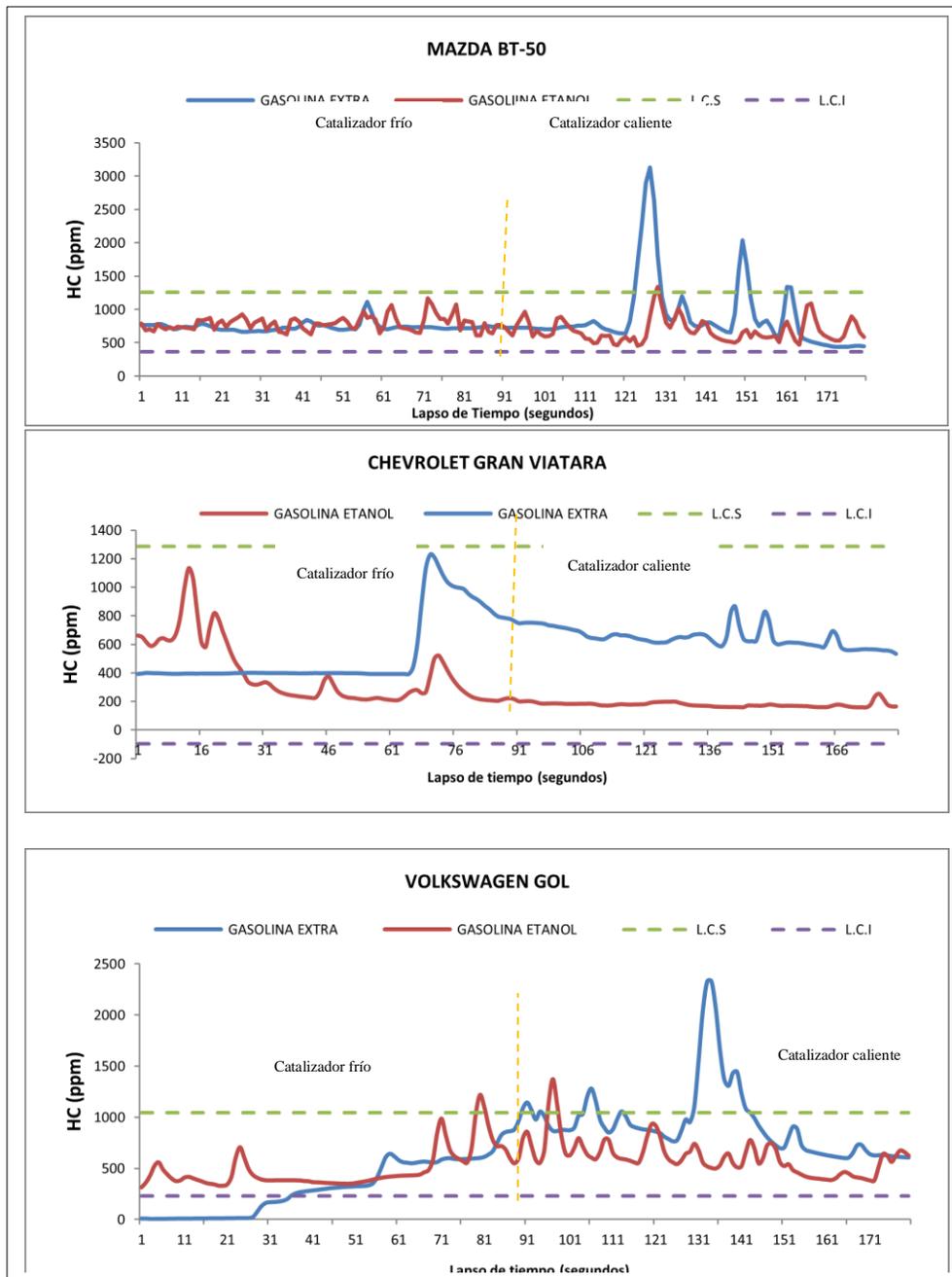


Figura27. Gas de escape HC(ppm) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra. Fuente: Autor

En la figura 28 se muestra los resultados del porcentaje de gas de escape O_2 , de los tres vehículos utilizados en la pruebas en frío con mezclas de combustible convencional y etanol; donde según Guixot (2011) en la figura 1, establece que el O_2 debe mantenerse por debajo del 2% cuando $\lambda=1$, se observa que para el vehículo MAZD_2,2 con gasolina etanol inicia por

encima del límite recomendado pero finalmente se estabiliza y se mantiene dentro los parámetros descritos en la figura 1, mientras con la gasolina tiene un mejor comportamiento manteniéndose dentro del 2% O₂. Los vehículos MAZD_2,2 y VOLK_1,8 mantienen sus niveles altos en los primeros segundos y luego estabilizándose con una mezcla rica, mientras CHEVR_2,0 presenta una mezcla pobre y se mantiene por encima del nivel recomendado del 2%.

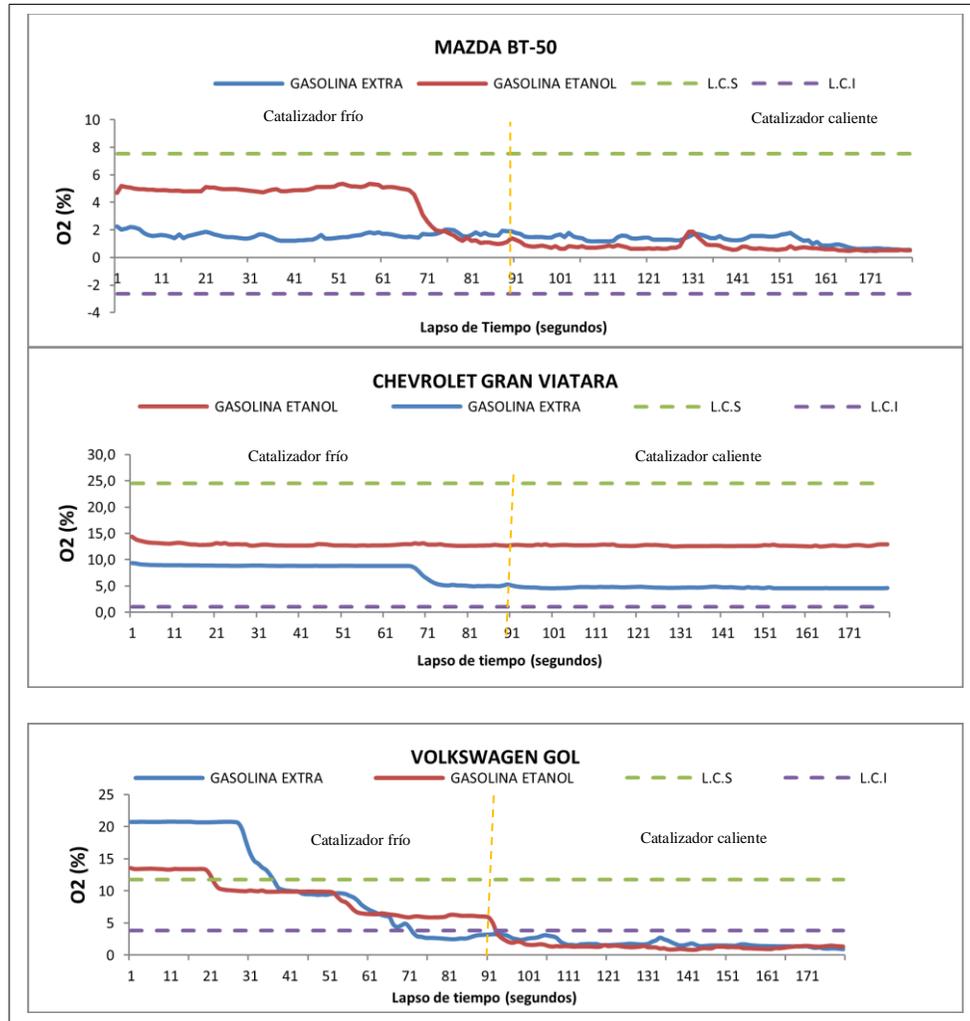


Figura 28 . Gas de escape O₂ (%) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra. Fuente: Autor

En la figura 29 se muestra los resultados de las partes por millón del NO_x , de los tres vehículos utilizados en la pruebas en frío con mezclas de combustible convencional y etanol; donde según Guixot (2011) en la figura 1, se detalla que el comportamiento del NO_x debe

mantenerse por debajo de los 100 ppm para que el valor de $\lambda=1$. En el vehículo MAZD_2,2 se observa con gasolina etanol que se encuentra por encima del límite recomendado al igual que la gasolina extra; en el vehículo CHEVR_2,0 se aprecia que la gasolina etanol que sobrepasa el límite al igual que la gasolina extra; finalmente se observa que el vehículo VOLK_ 1,8 inicia con gasolina etanol y extra por debajo del límite recomendado pero luego las curvas crecen manteniéndose sobre el límite recomendado que es el del 100 ppm de NO_x.

El vehículo VOLK_1,8 se mantiene por debajo del límite en los primeros segundos luego creciendo hasta mantenerse por encima del límite al igual que los dos vehículos más en prueba con los dos combustibles

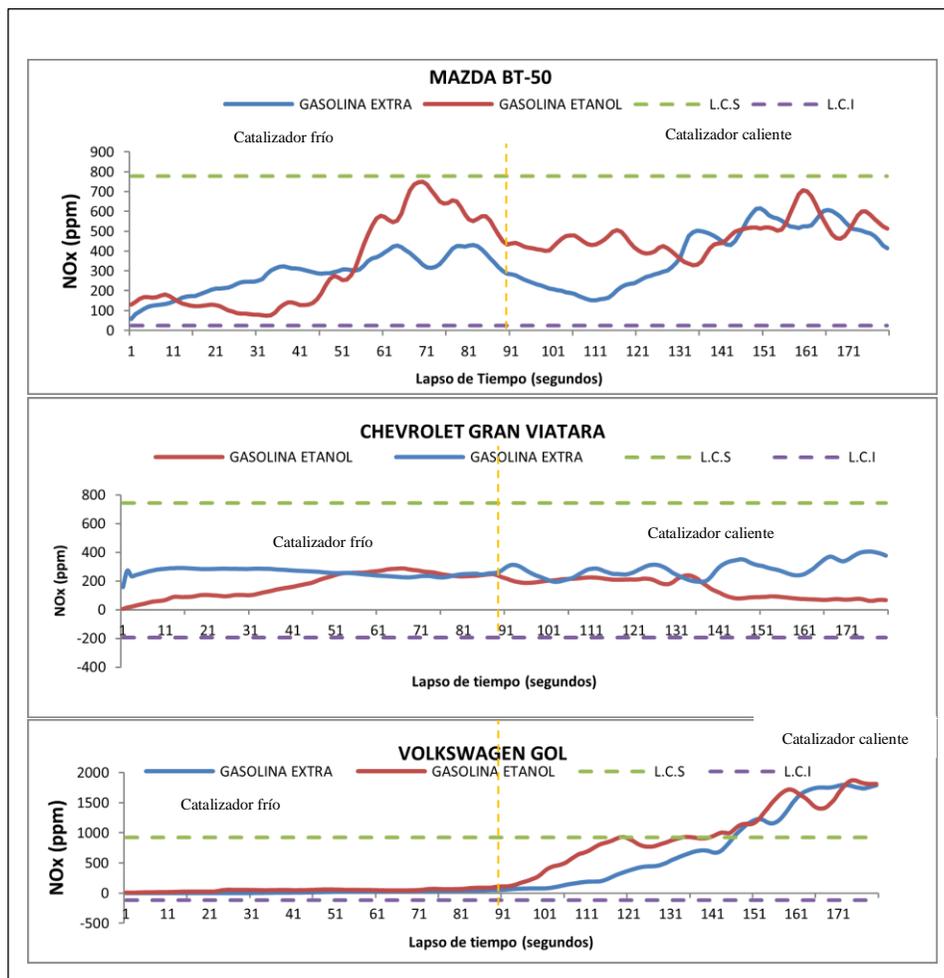


Figura 29. Gas de escape NO_x (ppm) durante la prueba en frío usando combustible de etanol-gasolina extra. Fuente: Autor

Presentación de resultados de pruebas en frío con mezclas de combustible.

Resultados de las pruebas *on board* de factores de emisión con mezclas de etanol y combustible convencional extra.

Factores de emisión con mezcla de combustible etanol en frío.

En las tablas 14, 15 y 16 se muestran los factores de emisión de las 5 pruebas realizadas a cada uno de los vehículos utilizando combustible con etanol, en lo que respecta a CO, HC y NO_x.

En la tabla 14, se observa los resultados de las cinco pruebas realizadas en arranque en frío en *on board*, donde el promedio de los factores de emisión del vehículo MAZD_2.2 al usar combustible ecopaís, el factor CO tiene un promedio igual a 33,0469 gr/km, seguido de HC=1,0715 gr/km y el de menor NO_x=0,6441gr/km.

Tabla 14
Valores on board con etanol en frío de MAZD_2.2

FACTORES DE EMISIÓN FRÍO MAZD_2.2 COMBUSTIBLE ETANOL			
Prueba	CO [gr/km]	HC[gr/km]	NO _x [gr/km]
1	36,1534	1,1198	0,6784
2	35,7650	1,4798	0,5960
3	31,8333	0,9249	0,5873
4	30,5800	0,9445	0,7513
5	30,9030	0,8885	0,6077
Promedio	33,0469	1,0715	0,6441

En la tabla 15, se observa los resultados de las cinco pruebas realizadas en arranque en frío en *on board*, donde el promedio de los factores de emisión del vehículo CHER_2,0 al usar combustible ecopaís, el factor CO tiene un promedio igual a 5,4566gr/km, seguido de HC=0,2080 gr/km y el de menor NO_x=0,3235gr/km.

Tabla 15
Valores on board con etanol en frío de CHER_2,0

FACTORES DE EMISIÓN FRÍO CHER_2,0 COMBUSTIBLE ETANOL			
Prueba	CO [gr/km]	HC[gr/km]	NOx[gr/km]
1	6,9142	0,2563	0,2387
2	4,3929	0,1735	0,2356
3	5,0253	0,1995	0,2999
4	5,9652	0,2602	0,3973
5	4,9856	0,1504	0,4462
Promedio	5,4566	0,2080	0,3235

En la tabla 16, se observa los resultados de las cinco pruebas realizadas en arranque en frío en *on board*, donde el promedio de los factores de emisión del vehículo VOLK_1,8 al usar combustible ecopaís, el factor CO tiene un promedio igual a 24,961 gr/km, seguido de HC=1,493 gr/km y el de menor NOx=1,082 gr/km.

Tabla 16
Valores on board con etanol en frío de VOLK_1,8

FACTORES DE EMISIÓN FRÍO VOLK_1,8 COMBUSTIBLE ETANOL			
Prueba	CO [gr/km]	HC[gr/km]	NOx[gr/km]
1	25,075	1,660	1,252
2	26,314	1,194	0,753
3	22,504	1,267	1,410
4	25,365	1,642	0,841
5	25,546	1,704	1,152
Promedio	24,961	1,493	1,082

Factores de emisión con mezcla de combustible extra en frío.

En las tablas 17, 18 y 19 se muestran los factores de emisión de las 5 pruebas realizadas a cada uno de los vehículos utilizando combustible extra, en lo que respecta a CO, HC y NO_x.

En la tabla 17, se observa los resultados de las cinco pruebas realizadas en arranque en frío en *on board*, donde el promedio de los factores de emisión del vehículo MAZD_2.2 al usar combustible extra, el factor CO tiene un promedio igual a 11,5556 gr/km, seguido de

HC=0,6893gr/km y el de menor NO_x=0,6723 gr/km.

Tabla 17

Valores on board con extra en frío de MAZD_2.2

FACTORES DE EMISIÓN FRÍO MAZD_2.2 COMBUSTIBLE EXTRA			
Prueba	CO [gr/km]	HC[gr/km]	NO _x [gr/km]
1	11,3077	0,5144	0,6914
2	11,6848	0,7758	0,6892
3	11,7720	0,7826	0,7021
4	11,0123	0,6753	0,7414
5	12,0012	0,6987	0,5374
Promedio	11,5556	0,6893	0,6723

En la tabla 18, se observa los resultados de las cinco pruebas realizadas en arranque en frío en *on board*, donde el promedio de los factores de emisión del vehículo CHER_2,0 al usar combustible extra, el factor CO tiene un promedio igual a 14,862 gr/km, seguido de HC=0,458 gr/km y el de menor NO_x=0,179 gr/km.

Tabla 18

Valores on board con extra en frío de CHER_2,0

FACTORES DE EMISIÓN FRÍO CHER_2,0 COMBUSTIBLE EXTRA			
Prueba	CO [gr/km]	HC[gr/km]	NO _x [gr/km]
1	15,998	0,491	0,117
2	15,326	0,422	0,113
3	14,256	0,456	0,287
4	13,682	0,423	0,250
5	15,047	0,496	0,128
Promedio	14,862	0,458	0,179

En la tabla 19, se observa los resultados de las cinco pruebas realizadas en arranque en frío en *on board*, donde el promedio de los factores de emisión del vehículo VOLK_1,8 al usar combustible extra, el factor CO tiene un promedio igual a 27,047 gr/km, seguido de HC=1,655 gr/km y el de menor NO_x=0,939 gr/km.

Tabla 19
Valores on board con extra en frío de VOLK_1,8

FACTORES DE EMISIÓN FRÍO VOLK_1,8 COMBUSTIBLE EXTRA			
Prueba	CO [gr/km]	HC[gr/km]	NOx[gr/km]
1	28,356	1,196	0,828
2	25,051	1,689	0,922
3	28,927	2,120	1,032
4	25,221	1,558	0,894
5	27,682	1,713	1,021
Promedio	27,047	1,655	0,939

Análisis y discusión de resultados

Discusión de resultados

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos para los factores de emisión CO, HC y NOx de los tres vehículos de prueba y posterior a evaluar los catalizadores en arranques en frío con mezclas de combustible convencional y etanol.

Factor de emisión de CO con combustible extra y etanol en frío.

En la figura 30, se muestra el factor de emisión CO, entre los dos combustibles y los tres vehículos de estudio, donde se aprecia que en el uso del combustible con mezclas de etanol el vehículo MAZD_2,2 tiene el valor más alto en emisiones de CO, “las lecturas elevadas de CO indican una situación de mezcla rica y son un indicador de combustión incompleta atribuible al estado de mantenimiento de los vehículos automotores” (Condori Marza , 2015), pero tiene un mejor resultado en los vehículos CHER_2,0 y VOLK_1,8 frente al uso del combustible extra.

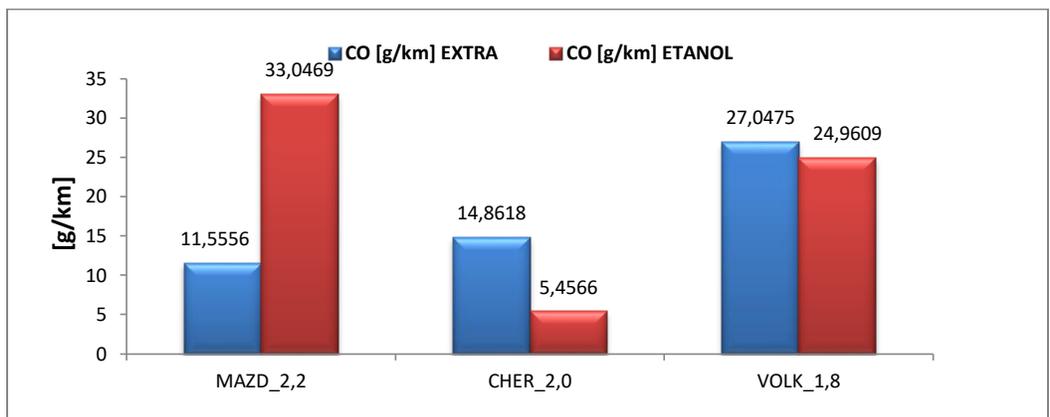


Figura 30. Valores de factores de emisión CO con mezclas de combustible etanol-extra. Fuente: Autor

En la tabla 20, se observa que catalizador del vehículo MAZD_2,2, tiene mejores resultados con uso de gasolina extra, mientras que los vehículos CHEVR_2,0 y VOLK_1,8 presentan mejores resultados al usar combustible con mezclas de etanol reduciendo las emisiones de CO,

pero que se encuentran por encima del 4,17g/km, valor referencial de la norma NTE INEN 2204; en comparación con estudios realizados Urbina et al. (2017), tienen como resultados un factor de emisión de CO en promedio de 1,847 g/km, en razón de que es un ciclo mixto, mientras que nuestro ciclo de evaluación en un ciclo de ciudad por esa razón se visualiza valores altos de los factores, y muchos más altos los factores de emisión al considerar el uso del etanol por elevamiento de temperatura en la cámara de combustión, en general los resultados están el línea con otros resultados, que encontraron que las emisiones de CO en el uso de mezclas de combustible de etanol son mayores en comparación con otros combustibles (Hernández et al., 2014), (Schifter, Díaz, Rodríguez, & Salazar, 2011) y (Balaji et al., 2010).

Tabla 20
Resultados del factor de emisión CO

FACTOR DE EMISION CO			
Vehículos	CO [g/km] EXTRA	CO [g/km] ETANOL	NORMA NTE INEN 2204 CO [g/km]
MAZD_2,2	11,5556	33,0469	4,17
CHEVR_2,0	14,8618	5,4566	4,17
VOLK_1,8	27,0475	24,9609	4,17

Con el objetivo de determinar cuáles de las medias son significativas es necesario aplicar pruebas de comparación múltiple de medias para este caso se aplica la LSD (*Least Significant Difference*).

En la tabla 21, se muestra el resultado al aplicar la prueba LSD, en referencia al factor de emisión CO, de los tres vehículos de muestra, utilizando los combustibles de etanol y extra en pruebas en frío, donde se han identificado 6 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, existiendo diferencia significativa entre los tres vehículos y los dos combustibles, estos resultados coinciden con estudios realizados por Tipanluisa et al. (2017), donde menciona que existe diferencia significativa de factores de emisión CO, en el uso de combustible de etanol

y extra.

Tabla 21
Prueba de múltiples rangos en factor de emisión de CO

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CHER_2,0 ETANOL CO	5	5,45664	X
MAZD_2,2 EXTRA CO	5	11,5556	X
CHER_2,0 EXTRA CO	5	14,8618	X
VOLK_1,8 ETANOL CO	5	24,9609	X
VOLK_1,8 EXTRA CO	5	27,0474	X
MAZD_2,2 ETANOL CO	5	33,0469	X

Factor de emisión de HC con de combustibles extra y etanol en frío.

En la figura 31, se muestran los valores de HC de la prueba en frío con mezcla de combustible etanol y extra donde se puede observar que los mejores resultados tienen los vehículos CHE_2,0 y VOLK_1,8 al usar combustible etanol con un valor inferior de emisiones de HC, mientras el vehículo MAZD_ 2,2 tiene mejor resultado al usar combustible extra.

Se aprecia que el vehículo con mayores emisiones es el VOLK_1,8 con combustible extra.

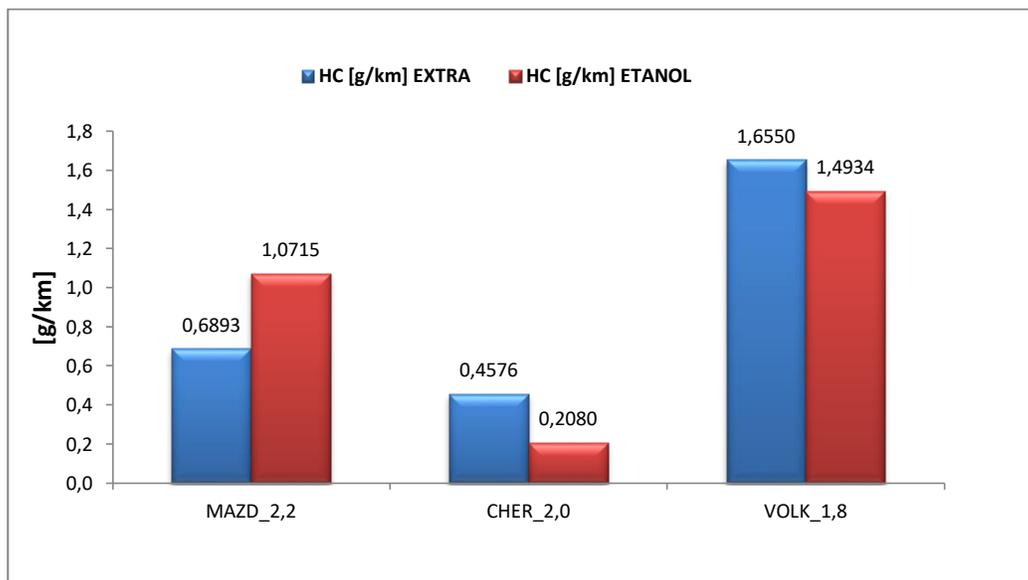


Figura31. Valores de factores de emisión HC con mezclas de combustible etanol-extra. Fuente: Autor

En la tabla 22, se observa que usando gasolina etanol los vehículos CHER_2,0 y VOLK_1,8 tienen menores emisiones de HC que en el uso de gasolina extra, mientras el vehículo MAZD_2,2 presenta mejores resultados cuando utiliza gasolina extra; en comparación con la NORMA NTE INEN 2204 HC solo el vehículo VOLK_1,8 con combustible etanol se encuentra por debajo del valor referencial de 0,25 g/km, pero estos resultados obtenidos son mayores al estudio realizado por Urbina et al. (2017), donde el factor de emisión de HC oscila entre 0,042-0,091 g/km, esto coinciden con los resultados según Hernandez et al. (2014), donde mencionan que al utiliza mezclas de etanol las emisiones de HC tienes una disminución del 25 al 35% además estos resultados son comparados con Balaji et al. (2010) y (Schifter et al. (2011).

Pero por otra parte según Condori (2015), las causas potenciales de mediciones altas de HC pueden ser: Una carga excesiva en el motor o en el vehículo, un sistema deficiente de la calidad de suministro de combustible, sensores de oxígeno desgastados, contra presión excesiva y chispa deficiente o encendido débil (Condori Marza , 2015).

Tabla 22
Resultados del factor de emisión HC

FACTOR DE EMISION HC			
Vehículos	HC [g/km] EXTRA	HC [g/km] ETANOL	NORMA NTE INEN 2204 HC [g/km]
MAZD_2,2	0,6893	1,0715	0,25
CHEVR_2,0	0,4576	0,2080	0,25
VOLK_1,8	1,6550	1,4934	0,25

En la tabla 23, se muestra el resultado al aplicar la prueba LSD, en referencia al factor de emisión HC, de los tres vehículos de muestra, utilizando los combustibles de etanol y extra en pruebas en frío, se observa que entre CHER_2,0 ETANOL HC y CHER_2,0 EXTRA HC no existe diferencia significativa, mientras para VOLK_1,8 ETANOL HC y VOLK_1,8 EXTRA HC no existe diferencia significativa este resultado se alinea a estudios realizados por Tipanluisa

et al. (2017), donde menciona que no existe diferencia significativa de factores de emisión HC, en el uso de combustible de etanol y extra, finalmente la evaluación en referencia al catalizador MAZD_2,2 EXTRA HC y MAZD_2,2 ETANOL HC si existe diferencia significativa.

Tabla 23

Prueba de múltiples rangos en factor de emisión de HC

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CHER_2,0 ETANOL HC	5	0,20798	X
CHER_2,0 EXTRA HC	5	0,45758	XX
MAZD_2,2 EXTRA HC	5	0,68936	X
MAZD_2,2 ETANOL HC	5	1,0715	X
VOLK_1,8 ETANOL HC	5	1,49336	X
VOLK_1,8 EXTRA HC	5	1,655	X

Fuente: Autor

Factor de emisión de NOx con combustibles extra y etanol en frío.

En la figura 32 se muestran los valores de NOx de la prueba en frío con mezcla de combustible etanol y extra. La emisión de NOx más baja tiene el vehículo CHE_2,0 con combustible etanol y la más alta el vehículo VOLK_1,8 con combustible etanol, por otro lado la emisión de NOx más baja con extra en frío la tiene el vehículo CHER_2,0 y la más alta el vehículo VOLK_1,8 con combustible extra.

Se observa que en uso de combustible etanol las emisiones son mayores en los vehículos CHER_2,2 y VOLK_1,8 que cuando se usa extra mientras que en el vehículo MAZD_2,2 el uso del combustible tiene una disminución.

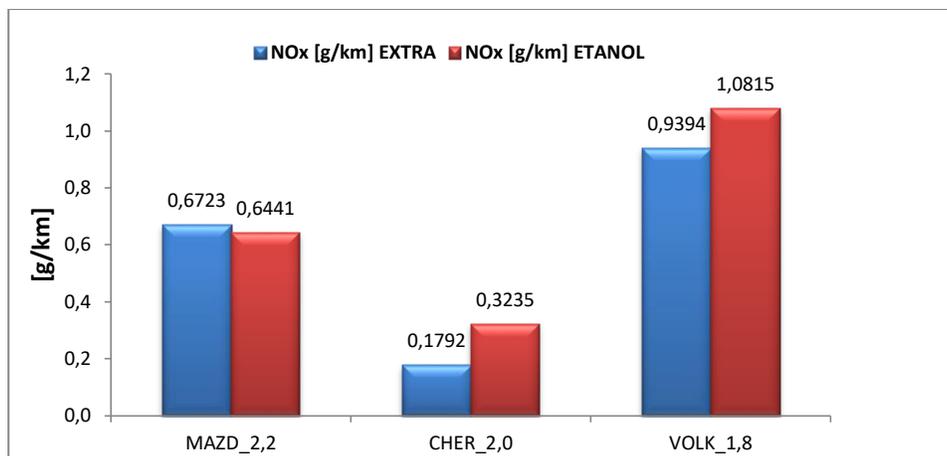


Figura 32. Valores de factores de emisión NOx con mezclas de combustible etanol-extra. Fuente: Autor

En la tabla 24, se observa que utilizando gasolina extra el catalizador el que presenta los mejores resultados es el vehículo CHEVR_2,0 tiene el menor factor de emisión 0,1792 g/km mientras que el catalizador del vehículo VOLK_1,8; mientras que el en el uso de la gasolina con etanol el catalizador del vehículo que presenta los mejores resultados es CHEVR_2,0 con 0,3235 g/km pero que se encuentra por encima del valor permisible de la norma INEN 2204, estos resultados coinciden con los estudios de Hernandez et al. (2014), donde menciona que las emisiones NOx son mayores con el uso de combustibles con mezclas de etanol en referencia al uso de otros combustibles.

Tabla 24
Resultados del factor de emisión NOx

FACTOR DE EMISIÓN NOx			
Vehículos	NOx [g/km] EXTRA	NOx [g/km] ETANOL	NORMA NTE INEN 2204 NOx [g/km]
MAZD_2,2	0,6723	0,6441	0,18
CHEVR_2,0	0,1792	0,3235	0,18
VOLK_1,8	0,9394	1,0815	0,18

En la tabla 25, se aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las

diferencias estimadas entre cada par de medias. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0. Donde se observa que el catalizador de CHER_2,0 EXTRA NO_x y CHER_2,0 ETANOL NO_x no existe diferencia significativa con el uso de los dos combustibles, mientras que MAZD_2,2 ETANOL NO_x y MAZD_2,2 EXTRA NO_x no existe diferencia significativa evaluando el catalizador según el uso del combustible y finalmente VOLK_1,8 EXTRA NO_x y VOLK_1,8 ETANOL NO_x no existe diferencia significativa estos resultados están alineados al estudio realizados por Tipanluisa et al. (2017), donde menciona que no existe diferencia significativa de factores de emisión NO_x, en el uso de combustible de etanol y extra

Tabla 25

Prueba de múltiples rangos en factor de emisión de NO_x

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CHER_2,0 EXTRA NO _x	5	0,17916	X
CHER_2,0 ETANOL NO _x	5	0,32354	X
MAZD_2,2 ETANOL NO _x	5	0,64414	X
MAZD_2,2 EXTRA NO _x	5	0,6723	X
VOLK_1,8 EXTRA NO _x	5	0,93944	X
VOLK_1,8 ETANOL NO _x	5	1,08152	X

Conclusiones

El desarrollo del presente estudio se cumplió con los objetivos planteados, mediante la evaluación de los catalizadores en arranques en frío con la utilización de combustibles tradicional y el uso del combustible ecopais.

Se considera que al aplicar el combustible ecopais influye al envejecimiento acelerado al convertido, teniendo que genera mayor cantidad de gases haciendo elevar la temperatura y desactivando el Platino y Paladio como componente activo(oxidación) y Radio y Platino (reducción) ya que la carga de CO y NOx es alto en base a los valores de factor de emisión medidos en nuestro trabajo experimental, por tanto influye en todo el sistema de escape, esto se debe tomar en cuenta en función de los nuevos diseño de este componente para nuestra realidad.

Se concluye que existe diferencia significativa en el factor de emisión CO tanto para los vehículos como entre el uso de los combustibles, mientras que los HC y NOx , no existe diferencia significativa en el uso del combustible pero si entre los vehículos.

Se determinó que el catalizador con mejores resultados entre los tres vehículos en experimento es del vehículo CHEVR_2,0 con los factores de emisión CO y HC mas bajas en el uso de la gasolina ecopais, mientras NOx fueron cuando utilizo gasolina extra.

En el estudio realizado se determinó que el combustible etanol (ecopais) tiene mejores resultados en factores de emisión CO y HC en comparación con la gasolina extra, mientras en la gasolina extra mantuvo mejores resultados en NOx.

En la evaluación de los catalizadores de los tres vehículos en arranques en frío, se determinó que el vehículo CHERV_2,0 es el mejor cuando utiliza gasolina etanol obteniendo el valor de 5,456 g/km siendo el más bajo de emisiones de CO mientras el vehículo MAZD_2,2 tiene las emisiones de 33,0469 g/km CO siendo estas las más altas cuando utiliza combustible etanol.

En la evaluación de los catalizadores de los tres vehículos en arranques en frío, se determinó que el vehículo CHERV_2,0 es el mejor cuando utiliza gasolina etanol obteniendo el valor de 0,2079 g/km siendo el más bajo de emisiones de HC mientras el vehículo VOLK_1,8 tiene las emisiones de 1,655 g/km HC siendo estas las más altas cuando utiliza combustible extra.

Se evaluó los catalizadores en arranque en frío del vehículo CHEVR_2,0, es mejor cuando utiliza gasolina con extra siendo las emisiones de NOx más bajas que cuando utiliza gasolina con etanol, no existe diferencia significativa en el uso de los combustibles.

En la evaluación de los catalizadores de los tres vehículos y los dos combustibles en arranques en frío, se determinó que el vehículo CHERV_2,0 es el mejor cuando utiliza gasolina extra obteniendo el valor de 0,1791 g/km siendo el más bajo de emisiones de NOx mientras el vehículo VOLK_1,8 tiene las emisiones de 1,0815 g/km NOx siendo estas las más altas cuando utiliza combustible etanol.

Recomendaciones

Realizar un nuevo estudio de evaluación de catalizadores en arranque en frío con catalizadores nuevos para analizar la eficiencia de los catalizadores nuevos en vehículos de similares características a las planteadas en este estudio.

Ampliar el número de vehículos evaluados, marcas y modelos para identificar los diversos comportamientos de la gasolina ecopaís y ratificar que la gasolina ecopaís reduce las emisiones de CO en los vehículos

Aplicar la investigación a vehículos ensamblados en el país para definir las características de los motores de última tecnología con la mezcla de combustible etanol y su influencia en el comportamiento de los catalizadores.

El estudio de los catalizadores y su desempeño con base al tipo de combustible utilizado es muy amplio y en este estudio solo se ha mencionado los resultados del comparativo de 2 tipos de combustibles (gasolina extra y gasolina ecopaís), con lo cual en posteriores estudios se puede ampliar el rango de % de etanol o a su vez utilizar gasolina súper y la mezcla de gasolina súper con un % de etanol.

Se puede realizar el estudio complementario de resultados de laboratorio con dinamómetro utilizando los 2 combustibles analizados (gasolina extra y gasolina ecopaís) para poder comparar los resultados obtenidos entre las pruebas *on board* y el laboratorio y poder conocer la diferencia o valor de ajuste que se necesita para igualar en lo posible los resultados de laboratorio y *on board*

Referencias bibliográficas

Aguirre, G., & Vaca, L. (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas de la gasolina extra aditivada con alcoholes, en la refinería esmeraldas. Quito: Tesis de grado.

Almeida, P., Nakamura, A., & Sodré, J. (2014). Evaluation of catalytic converter aging for vehicle operation with. *Applied Thermal Engineering* , 335-341.

Amit , K., Ajay , K., & Roopesh , M. (2017). Progress in performance analysis of ethanol-gasoline blends on SI engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 324–340.

Andersson. (1988). Monolithic catalysts for nonautomobile applications. *Catal. Rev. Sci. Eng.*, 30 (3) 341-392.

Angelidis, T., & Papadakis, V. (1997). Partial regeneration of an aged commercial automotive catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*, 193-206.

Austin, T., Carlson, T., Joy , R., & Lee, J. (1993). Characterization of driving patterns and emission from light-duty vehicles in California. *Sierra research report*.

Balaji, D., Govindarajan, P., & Venkatesan, J. (2010). Emission and Combustion Characteristics of si engine working under gasoline blended with ethanol oxygenated organic compounds. *American Journal of Environmental Sciences*, 495-499.

Bayraktar, H. (2005). Experimental and theoretical investigation of using gasoline–ethanol blends in spark-ignition engines. *Renewable energy*, 30(11), 1733-1747.

Bhattacharyya, S., & Das, R. (1999). Catalytic control of automotive NOx. *International Journal of Energy Research*, 351-369.

Birgersson. (2006). *An investigation of a new regeneration method of commercial aged three-way catalysts*.

Caiza, P., & Portilla, Á. (2010). *Determinación de la influencia de la altura en emisiones contaminantes de un vehículo con motor de ciclo otto, de inyección electrónica de gasolina.*

Quito: Tesis de Maestría.

Campbel, J. D. (1977). *Monolithic catalyst supports.* Adv. Mater.

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

COMERCIO. (2017). Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/ajuste-motores-reglaambiental-autos.html>. (2017).

Condori Marza , J. (2015). Mantenimiento, reciclaje y renovación de catalizadores de automóviles. *Revista Tecnológica.*

CONVERTERS, E. C. (2009). *Catalogo universal deconverters.*

CORPAIRE. (2007). Inventario de Emisiones del Distrito. QUITO.

Da Silva, R., Cataluna, R., Samios, D., & Piatnicki, C. (2005). Effect of additives on the antiknock properties and Reid vapor pressure of gasoline. *Fuel*, 84(7), 951-959.

Elfasakhany, A. (2016). Engine performance evaluation and pollutant emissions analysis using ternary bio-ethanol–iso-butanol–gasoline blends in gasoline engines. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1057-1067.

Espinoza Molina, F., & Tacuri Moscoso, F. (2016). *Estudio de un motor de ciclo otto de inyección electrónica respecto al grado de conectración de etanol en la gasolina extra para la ciudad de Cuenca.* Quito: Tesis Maestría.

Farrauto, R. J., & Heck, R. M. (1999). Catalytic converters: state of the art and perspectives. *Catalysis Today*, 351-360.

Freire, Tinaut, & Lopez. (2013). *Combustión en MEP.* España: Reverté.

Frey, H., Unal, A., Roupail, N., & Colyar, J. (2003). On-road measurement of vehicle tailpipe emissions using a portable instrument. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 53(8).

Gonzales, J. (2002). *Automovil y medio ambiente , anuales de la real sociedad española de quimica*.

Gracia, J. A. (2006). *Evaluación del riesgo para la salud humana asociado a la exposicion a BTEX en las gasolineras de Quito*.

Guixot, L. (2011). *Mecánica general catalizador*. Obtenido de http://mecanicageneral.wedcindario.com/info_catalizador.pdf

Hernandez, M., Menchaca, L., & Mendoza, A. (2014). Fuel economy and emissions of light-duty vehicles fueled with ethanolegasoline blends in a Mexican City. *Renewable Energy*, 236e242.

Hidalgo Guevarra, M. (2010). *Metodologia de pruebas para la evaluación de convertidores cataliticos de motores de gasolina*. Quito: Tesis.

Irawan , B., Purwanto, P., & Hadiyanto, H. (2015). Optimum Design of Manganese-Coated Copper Catalytic Converter to Reduce Carbon Monoxide Emissions on Gasoline Motor. *Procedia Environmental Sciences*, 86-92.

INEN 2204, N. T. (s.f.). *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina*.

INEN 2478, N. (2009). *Requisitos de las propiedades de etanol*.

INEN 935, N. (2015). *Productos derivados de petróleo gasolina requisitos*.

IPCC. (2007). Intergovernmental Panel on Climate Change.

Lachman, I. (1986). Ceramic honeycombs for catalysis and industrial application.

Fachberichte Sprechsaal.

Lambrou. (2005). *The effects of the use of weak organic acids on the improvement of oxygen storage and release properties of aged commercial three-way catalysts.*

López, J. L. (2013). *Evaluación de consumo de combustible de vehículos livianos en el distrito Metropolitano de Quito.* Quito: Tesis de Maestría.

Mariaca, A. G., Ladino, E. D., & Sarmiento, A. F. (2016). Internal combustion engines (ice) fuelled using ethanol-gasoline blends: review. *Cienc. Ing. Neogranad.*

Martínez, j. S. (2014). *Desarrollo de un ciclo de conduccion en sustitucion del NEDC.* Madrid: Tesis de grado.

Mendoza, M. H. (2014). Fuel economy and emissions of light-duty vehicles fueled with ethanolegasoline blends in a Mexican City. *Renewable Energy*, 236e242.

Molina, F. E. (2016). *Estudio del comportamiento de un motor ciclo otto de inyección electrónica respecto al grado de concentración de etanol en la gasolina extra para la ciudad de cuenca.* Quito: Tesis de Grado.

Mosquera, J. D., Henao, S. F., & Mosquera, J. C. (2010). Análisis de emisiones de co2 para diferentes combustibles en lapoblacion de taxis en pereira y dosquebradas. *Scientia et Technica Año XVI.*

Payri, F. (2011). *Motores de combustión interna alternativos* . Barcelona: Reverté.

PÉREZ, A. (2005). Desarrollo de trampas para controlar la emisión de nox en automotores.

PORTILLA. (s.f.). Los materiales en control de emisiones contaminantes. *Escuela Politecnica Nacional.*

Quinchimbla, F. E. (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 Distrito Metropolitano de Quito. Quito: Maestría.

Ramírez, J. L. (1997). *Propuesta de un ciclo de manejo representativo de la ZMVM, para homologar vehículos ligeros*. Tesis de maestría UNAM.

Rasskazchikova, T. V., Kapustin, V., & Karpov, S. (2004). Ethanol as high-octane additive to automotive gasolines. production and use in russia and abroad. *hemistry and technology of fuels and oils*, 40(4), 203-210.

Restrepo, A., Carranza, Y., & Tibaquira, J. (2007). Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira. *Scientia et technica*, 1-37.

Riba, C. R. (2002). *Diseño concurrente*. Jordi Girona Salgado 31, 08034 Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL.

Rocha, J. C. (2015). *Análisis del funcionamiento del motor de encendido provocado, debido a la presencia de aditivos*. Quito: Master's thesis.

Rojas, R., & Argoti, R. (2015). *Análisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas estacionaria y dinámica mediante ciclo IM-240*. Quito: Master's thesis.

Schifter, I., Díaz, L., Rodríguez, R., & Salazar, L. (2011). Assessment of Mexico's program to use ethanol as transportation fuel: impact of 6% ethanol-blended fuel on emissions of light-duty gasoline vehicles. *Environmental monitoring and assessment*, 343-360.

Schifter, I., Rodriguez, R., & Salazar, L. (2011). Evaluation of properties and emission performance in light-duty vehicles in Mexico. *Oxygenated transportation fuels*, 779-788.

Shireesha, Y., Suresh, B. V., & Rao, P. G. (2016). Emissions Reduction using Catalyst Converter. *International Journal of ChemTech Research*.

Tipanluisa , L., Rocha, H., Portilla , A., & Llanes , C. (2017). Analysis of the emission factors

on road to the city of Quito. *Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.*

Torres Meneses, A., & Valladares Quinteros, E. (2013). Estudio de factibilidad para la creación de un centro de revisión vehicular y control de emisión de gases de escape, previa a la matriculación y prevención de la contaminación ambiental . Bachelor's thesis.

TREEWAY. (s.f.). Obtenido de www.Threeway.en.alibaba.com

Urbina Guzmán, A. (2016). *Urbina Guzmán, A. J. (2016). Comparación de factores de emisión vehicular al utilizar ciclos de conducción IM240 y on board en la ciudad de Quito.* Quito: Master's thesis.

Urbina, A., Tipanluisa, L., Portilla, Á., & Cotacahi, F. (2017). Estudio de las emisiones vehiculares en pruebas con dinamómetro y en ruta. *Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares, Ecuador.*

Vega, D., Ocaña, L., & Parra, R. (2015). R. (2015). Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular en el Distrito Metropolitano. *Avances Ciencia e Ingeniería, 2.*

Vizquete, M. (2016). *Metodología de pruebas y su aplicación, para el diagnóstico de convertidores catalíticos, mediante ciclo ASM, en vehículos con motores de encendido provocado.* Quito: Master's thesis.

Anexos

Anexo A

Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo CHEVR_2,0 – ECOPAIS

	LABORATORIO DE PRUEBAS	Código CCICEV/PR	
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN EN RUTA		Rev. 1/ Página 1 de 1	
		Solicitud N° 113	
		Fecha: 06/07/2017	
Nombre de Solicitante / Empresa	José Tovar		
Técnico Responsable CCICEV	Andrés Urbina		
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
MARCA	Chevrolet		
MODELO	Grand Vitara		
N° Chasis (VIN) / PLACA	IBB3779		
N° Motor	J20A766378		
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero longitudinal	
	Cilindros	4 linea	
	Max. Potencia (HP/rpm)	126 Hp / 6000 rpm	
	Max Torque (N.m/rpm)	177 Nm / 4000 rpm	
	Combustible	Etanol Frio / Etanol Caliente	
Transmisión (manual/automática) (N°)	Manual (5A + 1 R)		
Kilometraje	83.600		
FACTORES DE EMISIÓN ETANOL CALIENTE			
PRUEBA	FCO(gCO/Km)	FHC(gHC/Km)	FNOx(gNOx/Km)
1	2,189	0,317	0,178
2	2,821	0,327	0,284
3	2,421	0,222	0,238
4	3,508	0,079	0,170
5	2,553	0,205	0,301
FACTORES DE EMISIÓN ETANOL FRIO			
PRUEBA	FCO(gCO/Km)	FHC(gHC/Km)	FNOx(gNOx/Km)
1	6,914	0,507	0,233
2	4,393	0,174	0,162
3	15,828	0,652	0,199
4	2,172	0,260	0,397
5	1,913	0,150	0,440
Observaciones: _____			
TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.	
Nombre:	Nombre:	Nombre: Andrés Urbina	
f)	f)	f)	

Anexo B

Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo

CHEVR_2,0 –EXTRA

	LABORATORIO DE PRUEBAS		Código: CCICEVLPY
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION EN RUTA			Rev. 1/ Página 1 de

	Solicitud N° 112
	Fecha: 03/07/2017

Nombre de Solicitante / Empresa	José Tovar
Técnico Responsable CCICEV	Andrés Urbina

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
MARCA	Chevrolet	
MODELO	Grand Vitara	
N° Chasis (VIN) / PLACA	IBB3779	
N° Motor	J20A766378	
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero longitudinal
	Cilindros	4 linea
	Max. Potencia (HP/rpm)	126 Hp / 6000 rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	177 Nm / 4000 rpm
	Combustible	Extra Frio / Extra Caliente
Transmisión (manual/automática) [N°]	Manual (5A + 1 R)	
Kilometraje	83.290	

FACTORES DE EMISION EXTRA CALIENTE			
PRUEBA	FCO(gCO/km)	FHC(gHC/km)	FMO(gNOx/km)
1	3,397	0,064	0,075
2	4,996	0,126	0,085
3	1,419	0,187	0,002
4	8,644	0,289	0,178
5	4,507	0,203	0,104

FACTORES DE EMISION EXTRA FRIO			
PRUEBA	FCO(gCO/km)	FHC(gHC/km)	FMO(gNOx/km)
1	15,468	0,491	0,117
2	15,328	0,412	0,113
3	10,302	0,201	0,287
4	13,682	0,473	0,250
5	15,047	0,254	0,128

Observaciones: _____

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre:	Nombre:	Nombre: Andrés Urbina
f)	f)	f)

Anexo C

Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo MAZD_2,2-ETANOL

	LABORATORIO DE PRUEBAS		Código: CCICEV/LP/RF
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN EN RUTA			Rev. 1/1 Página 3 de 8

	Solicitud N° 115
	Fecha: 13/07/2017

Nombre de Solicitante / Empresa	José Tovar
Técnico Responsable CCICEV	Andrés Urbina

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO		
MARCA	Mazda	
MODELO	BT-50	
N° Chasis (VIN) / PLACA	PBP2607	
N° Motor	---	
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero longitudinal
	Cilindros	4 línea
	Max. Potencia (HP/rpm)	99 Hp / 4500 rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	243 Nm / 2000 rpm
	Combustible	Etanol Frio / Etanol Caliente
Transmisión (manual/automática) [N°]	Manual (5A + 1 R)	
Kilometraje	114.600	

FACTORES DE EMISIÓN ETANOL CALIENTE			
PRUEBA	CO(gCO/km)	HC(gHC/km)	NOx(gNOx/km)
1	25,917	0,097	0,727
2	17,923	0,399	0,880
3	8,399	0,323	0,709
4	3,756	0,864	1,656
5	13,744	0,324	1,132

FACTORES DE EMISIÓN ETANOL FRÍO			
PRUEBA	CO(gCO/km)	HC(gHC/km)	NOx(gNOx/km)
1	36,153	1,120	0,678
2	50,174	1,680	0,329
3	51,833	0,925	0,408
4	25,585	0,944	0,751
5	24,246	0,888	0,408

Observaciones: _____

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre:	Nombre:	Nombre: Andrés Urbina
f)	f)	f) 

Anexo D

Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo MAZD_2,2-EXTRA

	LABORATORIO DE PRUEBAS REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION EN RUTA		Código CCICEV/ILP/
			Rev. 1/7 Página 3 de 3

Solicitud	Nº 114
Fecha:	10/07/2017

Nombre de Solicitante / Empresa	José Tovar
Técnico Responsable CCICEV	Andrés Urbina

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
MARCA	Mazda	
MODELO	BT-50	
Nº Chasis (VIN) / PLACA	PBP2607	
Nº Motor	---	
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero longitudinal
	Cilindros	4 linea
	Max. Potencia (HP/rpm)	99 Hp / 4500 rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	243 Nm / 2000 rpm
	Combustible	Extra Frio / Extra Caliente
Transmisión (manual/automática) [Nº]	Manual (5A + 1 R)	
Kilometraje	113.990	

FACTORES DE EMISION EXTRA CALIENTE			
PRUEBA	FCO(gCO/km)	FCI(gHC/km)	FNCO(gNOx/km)
1	14,804	0,523	0,996
2	11,306	0,283	0,447
3	6,332	0,185	0,431
4	6,552	0,168	0,481
5	37,375	0,656	0,931

FACTORES DE EMISION EXTRA FRIO			
PRUEBA	FCO(gCO/km)	FCI(gHC/km)	FNCO(gNOx/km)
1	11,306	0,514	0,691
2	11,685	0,776	0,385
3	11,772	0,783	0,387
4	26,030	0,575	0,743
5	22,445	1,213	0,537

Observaciones: _____

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre:	Nombre:	Nombre: Andrés Urbina
f)	f)	f) 

Anexo E

Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo VOLKS_1,8-ETANOL

	LABORATORIO DE PRUEBAS		Código: CCICEV/LP/RF
	REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION EN RUTA		Rev. 1/1
			Página 1 de 1

Solicitud	Nº 117
Fecha:	20/07/2017

Nombre de Solicitante / Empresa	José Tovar
Técnico Responsable CCICEV	Andrés Urbina

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
MARCA	Volkswagen	
MODELO	Gol	
Nº Chasis (VIN) / PLACA	PWM0921	
Nº Motor	UDH097182	
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero transversal
	Cilindros	4 linea
	Max. Potencia (HP/rpm)	100 Hp / 5250 rpm
	Max Torque (N.m/rpm)	143 Nm / 2500 rpm
	Combustible	Etanol Frio / Etanol Caliente
Transmisión (manual/automática) [Nº]	Manual (5A + 1 R)	
Kilometraje	198.700	

FACTORES DE EMISION ETANOL CALIENTE			
PRUEBA	FCO(gCO/km)	FHC(gHC/km)	FCOx(gCOx/km)
1	18,982	1,218	1,991
2	19,142	1,106	1,405
3	20,834	1,082	1,381
4	21,427	1,212	1,254
5	17,910	1,297	1,472

FACTORES DE EMISION ETANOL FRIO			
PRUEBA	FCO(gCO/km)	FHC(gHC/km)	FCOx(gCOx/km)
1	25,075	1,690	1,292
2	26,314	1,194	0,793
3	22,904	1,267	1,430
4	19,893	1,642	0,841
5	25,548	1,704	1,152

Observaciones: _____

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre:	Nombre:	Nombre: Andrés Urbina
f)	f)	f) 

Anexo F

Informe de pruebas de emisiones del laboratorio CCICEV. Vehículo VOLKS_1,8-EXTRA

	LABORATORIO DE PRUEBAS		Código: CCICEV/PIF
	REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION EN RUTA		Rev. 1/2
			Página 3 de

Solicitud	N° 116
Fecha:	17/07/2017

Nombre de Solicitante / Empresa	José Tovar
Técnico Responsable CCICEV	Andrés Urbina

DATOS GENERALES DEL VEHICULO		
MARCA	Volkswagen	
MODELO	Gol	
N° Chasis (VIN) / PLACA	PWM0921	
N° Motor	UDH097182	
Motor (Datos del fabricante)	Posición	Delantero transversal
	Cilindros	4 linea
	Max. Potencia (HP/rpm)	100 Hp / 5250 rpm
	Max Torque (Nm/rpm)	143 Nm / 2500 rpm
	Combustible	Extra Frio / Extra Caliente
Transmisión (manual/automática) [N°]	Manual (5A + 1 R)	
Kilometraje	198.700	

FACTORES DE EMISION EXTRA CALIENTE			
PRUEBA	FCO(gCO/Km)	FHC(gHC/Km)	FNOC(gNOx/Km)
1	33,415	1,167	1,791
2	22,962	1,169	1,500
3	17,797	1,039	1,561
4	28,402	0,885	1,328
5	29,720	1,067	1,449

FACTORES DE EMISION EXTRA FRIO			
PRUEBA	FCO(gCO/Km)	FHC(gHC/Km)	FNOC(gNOx/Km)
1	28,356	1,196	0,828
2	25,051	1,689	0,922
3	28,927	2,120	1,032
4	25,221	1,558	0,894
5	27,682	1,713	1,021

Observaciones: _____

TECNICO 1	TECNICO 2	REV. JEFE LAB.
Nombre:	Nombre:	Nombre: Andrés Urbina
f)	f)	f) 

Anexo G

*Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204 Segunda revisión GESTIÓN AMBIENTAL.
AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES
PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA*



**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**

**ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS
PRODUCED BY ROAD MOVABLE SOURCES USING GASOLINE**

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

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) que **emplean gasolina**.

Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas (vehículo automotor, vehículo prototipo).

Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilizan combustibles diferentes a gasolina.

Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, vehículos motorizados clásicos, vehículos de competencia deportiva, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2203, *Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna*

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 fuentes móviles equipadas con electroventilador, ciclo es el periodo 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.

NTE INEN 2264

2017-01

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.

3.6**fuentes móvil**

Fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

3.7**marcha mínima o ralenti**

Especificación de velocidad del motor establecida por el fabricante o ensamblador del vehículo, requerida para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralenti se establecerá en un máximo de 1100 r.p.m.

3.8**motor**

Fuente principal de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.9**peso bruto vehicular (PBV)**

Peso total del vehículo, definido como la suma total del peso en vacío (tara) más la carga técnicamente admisible declarada por el fabricante.

3.10**peso de vehículo en vacío (tara)**

Valor nominal del peso del vehículo, según lo indicado por el fabricante, incluyendo todo el equipo estándar que requiere para su funcionamiento normal (por ejemplo, extintor de fuego, herramientas, rueda de emergencia, etc.), además de refrigerante, aceites, el tanque de combustible con su capacidad a la mitad.

3.11**peso de referencia (PR)**

Peso del vehículo en marcha aumentado con un peso fijo de 120 kg. El peso del vehículo en marcha será el correspondiente al peso total en vacío con todos los depósitos llenos, salvo el del combustible, que estará solo a la mitad de su capacidad, un juego de herramientas y la rueda de repuesto.

3.12**prueba dinámica**

Medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en esta norma.

3.13

temperatura normal de operación

Temperatura que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralenti), 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.

4. REQUISITOS

4.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática)

Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralenti y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática)

Año modelo	% CO ^a		ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

^a Volumen
^b Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

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/ml)

Categoría	50,000 millas/5 años				100,000 millas/10 años ^a			
	CO g/ml	THC g/ml	NMHC g/ml	NOx g/ml	CO g/ml	THC g/ml	NMHC g/ml	NOx g/ml
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 Véase 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.

5. MÉTODOS DE ENSAYO

Para la determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí, seguir el procedimiento descrito en NTE INEN 2203.

NTE INEN 2264

2017-01

BIBLIOGRAFÍA

NTE INEN 2656, Clasificación vehicular

EURO III: Community Directive (Directive 98/96), Dir 70/220/EEC as amended by Dir 98/96/EC and 2003/96/EC, Directive 70/220/CEE

EPA Tier 1 Emission Standards for Passenger Cars and Light-Duty Trucks, FTP 75, g/mi; US: Light-duty: Emissions, disponible en: http://transportpolicy.net/index.php?title=US:_Light-duty:_Emissions#Regulatory_Documents, consultado el 2016-12-16.

Resolución 1111 de 2013. Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. Bogotá, 2013.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2204 Segunda revisión	TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL AIRE VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA	Código ICS: 13.040.50
ORIGINAL: Fecha de Iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo 2002-04-17 Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18 publicado en el Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30 Fecha de Iniciación del estudio: 2016-11-14	
Fechas de consulta pública: Del 2016-12-01 al 2016-12-16		
Comité Interno		
Fecha de Iniciación: 2016-12-16 Integrantes del Comité:		Fecha de aprobación: 2016-12-16
NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:	
BQF. Elena Larrea (Presidenta)	INEN – DIRECCIÓN EJECUTIVA	
Ing. Juan Burneo	INEN – DIRECCIÓN DE REGLAMENTACIÓN	
Ing. Evelyn Vasco	INEN – DIRECCIÓN DE METROLOGÍA	
Ing. Luis Costta	INEN – DIRECCIÓN DE METROLOGÍA	
Ing. Ximena Llano	INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN	
Dr. Hugo Ayala	INEN – DIRECCIÓN DE VALIDACIÓN Y CERTIFICACIÓN	
Ing. Eduardo Quintana	INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN	
Ing. Luis Silva (Secretario Técnico)	INEN – DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN	
Otros trámites: Esta NTE INEN 2204:2016 (Segunda revisión) reemplaza a NTE INEN 2204:2002 (Primera revisión).		
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.		
Oficializada como: Voluntaria Registro Oficial No. 919 de 2017-01-10	Por Resolución No. 16 530 de 2016-12-30	

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 – Telfs: (593 2)3 825960 al 3 825999
Dirección Ejecutiva: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec
Centro de Información: centrodeinformacion@normalizacion.gob.ec
[URL: www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)

Anexo H

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 935 PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO.

GASOLINA. REQUISITOS



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 935
Novena revisión

**PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO. GASOLINA.
REQUISITOS**

PETROLEUM PRODUCTS. GASOLINE. REQUIREMENTS

Norma Técnica Ecuatoriana	PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO GASOLINA REQUISITOS	NTE INEN 935:2015
---------------------------------	--	----------------------

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la gasolina para motores de combustión interna de encendido por chispa.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia (Incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN 2341, *Productos del petróleo. Productos relacionados con el petróleo y afines. Definiciones*

NTE INEN 2266, *Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos*

NTE INEN 2102, *Derivados del petróleo. Gasolina. Determinación de las características antidetonantes. Método research (RON)*

ASTM D86, *Standard test method for distillation of petroleum products at atmospheric pressure*

ASTM D130, *Standard test method for corrosiveness to copper from petroleum products by copper strip test*

ASTM D323, *Standard test method for vapor pressure of petroleum products (Reid Method)*

ASTM D381, *Standard test method for gum content in fuels by jet evaporation*

ASTM D525, *Standard test method for oxidation stability of gasoline (Induction period method)*

ASTM D1319, *Standard test method for hydrocarbon types in liquid petroleum products by fluorescent indicator adsorption*

ASTM D2622, *Standard test method for sulfur in petroleum products by wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry*

ASTM D3606, *Standard test method for determination of benzene and toluene in finished motor and aviation gasoline by gas chromatography*

ASTM D4057, *Standard practice for manual sampling of petroleum and petroleum products*

ASTM D4177, *Standard practice for automatic sampling of petroleum and petroleum products*

ASTM D4294, *Standard test method for sulfur in petroleum products by energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy*

ASTM D4815, *Standard test method for determination of MTBE, ETBE, TAME, DiPE, tertiary-Amyl Alcohol and C₇ to C₁₀ alcohols in gasoline by gas chromatography*

ASTM D4953, *Standard test method for vapor pressure of gasoline and gasoline-oxygenate blends (Dry method)*

NTE INEN 935

ASTM D5059, *Standard test methods for lead in gasoline by X-Ray spectroscopy*

ASTM D5185, *Standard test method for multielement determination of used and unused lubricating oils and base oils by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES)*

ASTM D5188, *Standard test method for vapor-liquid ratio temperature determination of fuels (Evacuated chamber method)*

ASTM D5191, *Standard test method for vapor pressure of petroleum products (Mini method)*

ASTM D5453, *Standard test method for determination of total sulfur in light hydrocarbons, motor fuels and oils by ultraviolet fluorescence*

ASTM D5580, *Standard test method for determination of benzene, toluene, ethylbenzene, p/m-Xylene, o-Xylene, C₉ and heavier aromatics, and total aromatics in finished gasoline by gas chromatography*

ASTM D5845, *Standard test method for determination of MTBE, ETBE, TAME, DIPE, Methanol, Ethanol and tert-Butanol in gasoline by infrared spectroscopy*

ASTM D5854, *Standard practice for mixing and handling of liquid samples of petroleum and petroleum products*

ASTM D6277, *Standard test method for determination of benzene in spark-ignition engine fuels using mid infrared spectroscopy*

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2341.

4. CLASIFICACIÓN

La gasolina de acuerdo con su octanaje se clasifica en dos tipos:

- a) gasolina de 87 octanos (RON);
- b) gasolina de 93 octanos (RON).

5. REQUISITOS

El transporte, almacenamiento y manejo de la gasolina debe realizarse de conformidad con lo establecido en la NTE INEN 2266.

La gasolina de 87 octanos y 93 octanos, ensayada de acuerdo con las normas correspondientes, debe cumplir con los requisitos establecidos en las tablas 1 y 2 respectivamente.

NTE INEN 935

TABLA 1. Requisitos de la gasolina de 87 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	–	87	–	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	–	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	–	189	ASTM D86
Punto final	°C	–	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	–	2	ASTM D86
Relación vapor – líquido a 60 °C	–	–	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	–	60	ASTM D323
Corrosión a la lámina de cobre	–	–	No. 1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	–	3	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	–	0,065	ASTM D4294
Contenido de aromáticos	% ^b	–	30	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	–	1	ASTM D6277
Contenido de oleofinas	% ^b	–	18	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	–	ASTM D525
Contenido de oxígeno	% ^c	–	2,7	ASTM D4815
Contenido de plomo	mg/L	–	No detectable	ASTM D5059
Contenido de manganeso	mg/L	–	No detectable	ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	–	No detectable	ASTM D5185

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura se debe considerar la ecuación descrita en la NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

NTE INEN 935

TABLA 2. Requisitos de la gasolina 93 octanos (RON)

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research (RON) ^a	--	93	--	NTE INEN 2102
Destilación: 10 %	°C	--	70	ASTM D86
50 %	°C	77	121	ASTM D86
90 %	°C	--	190	ASTM D86
Punto final	°C	--	220	ASTM D86
Residuo de destilación	% ^b	--	2	ASTM D86
Relación vapor - líquido a 60 °C	--	--	20	ASTM D5188
Presión de vapor	kPa	--	62	ASTM D323
Corrosión a la lámina de cobre	--	--	No. 1	ASTM D130
Contenido de gomas	mg/100 mL	--	4	ASTM D381
Contenido de azufre	% ^c	--	0,005	ASTM D4294
Contenido de aromáticos	% ^b	--	35	ASTM D1319
Contenido de benceno	% ^b	--	1,3	ASTM D6277
Contenido de oleofinas	% ^b	--	25	ASTM D1319
Estabilidad a la oxidación	min	240	--	ASTM D525
Contenido de oxígeno	% ^c	--	0	ASTM D4815
Contenido de plomo	mg/L	--	No detectable	ASTM D5059
Contenido de manganeso	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185
Contenido de hierro	mg/L	--	No detectable	ASTM D5185

^a Para determinar el número de octano Research en ciudades de altura se debe considerar la ecuación descrita en la NTE INEN 2102.

^b % corresponde a fracción de volumen expresada en porcentaje.

^c % corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.

6. MUESTREO

El muestreo se debe realizar de acuerdo con lo establecido en ASTM D4057, ASTM D4177 y ASTM D5854.

APÉNDICE Y
(Informativo)**TABLA Y1. Métodos de rutina para la gasolina de 87 octanos y 93 octanos**

Requisitos	Método de ensayo*
Presión de vapor	ASTM D4953 ASTM D5191
Azufre	ASTM D5453 ASTM D2622
Contenido de benceno	ASTM D3606 ASTM D5580
Contenido de oxígeno	ASTM D5845
* Este método se considera adecuado solamente para fines de control de calidad.	

NTE INEN 935

APÉNDICE Z

BIBLIOGRAFÍA

ASTM D4814:2015, *Standard specification for automotive spark-ignition engine fuel*

Motor gasoline technical; Chevron. [visto el 2015-10-14]. Disponible en <
<http://www.chevron.com/documents/pdf/MotorGasTechReview.pdf>>.

PROYECTO A2

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 935 Novena revisión	TÍTULO: PRODUCTOS DERIVADOS DE PETRÓLEO. GASOLINA. REQUISITOS	Código ICS: 75.080; 75.160.20
---	--	-------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2015-10-14	REVISIÓN: La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No. Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: Del 2015-xx-xx al 2015-xx-xx

Comité Técnico de: Petróleo y productos derivados de petróleo	Fecha de aprobación: 2015-xx-xx
Fecha de iniciación: 2015-xx-xx	
Integrantes del Comité:	

NOMBRES: **INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Otros trámites: Esta NTE INEN 935:2015 (Novena revisión) reemplaza a la NTE INEN 935:2012 (Octava revisión)

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como:	Por Resolución No.	Registro Oficial No.
--------------------	--------------------	----------------------

PROYECTO A2

Anexo I

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2478 ETANOL ANHIDRO. REQUISITOS



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 478:2009

ETANOL ANHIDRO. REQUISITOS.

Primera Edición

ANHYDROUS ETHANOL. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología química, productos químicos orgánicos, alcoholes, combustibles, etanol, etanol anhidro grado carburante, requisitos.

QU 03.02-408
CDU: 547.262
CIIU: 3511
ICS: 71.060.60

CDU: 547.262
ICS: 71.090.60



CIIU: 9511
QU 03.02-408

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ETANOL ANHIDRO. REQUISITOS.	NTE INEN 2 478:2009 2009-03
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el etanol anhidro.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica para el etanol anhidro grado carburante y etanol anhidro grado carburante desnaturalizado que se obtenga de procesos de fermentación utilizado en mezclas con combustibles líquidos.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Etanol</i>. Es un alcohol primario que contiene 2 átomos de carbono, de fórmula química C₂ H₅ OH.</p> <p>3.1.2 <i>Etanol anhidro</i>. Es el obtenido mediante un proceso de deshidratación.</p> <p>3.1.3 <i>Etanol anhidro grado carburante</i>. Es el etanol anhidro utilizado en mezclas con combustibles líquidos.</p> <p>3.1.4 <i>Etanol anhidro grado carburante desnaturalizado</i>. Es el etanol anhidro grado carburante al que se agrega una sustancia desnaturalizante.</p> <p>3.1.5 <i>Sustancia desnaturalizante</i>. Es la que se agrega al etanol anhidro grado carburante que lo hace inapropiado para la ingesta humana.</p> <p>3.1.6 <i>pH_e</i>. Medida o índice que cuantifica la resistencia de la acidez de un alcohol carburante.</p> <p style="text-align: center;">4. CLASIFICACIÓN</p> <p>4.1 El etanol anhidro se clasifica en:</p> <p>4.1.1 Etanol anhidro grado carburante.</p> <p>4.1.2 Etanol anhidro grado carburante desnaturalizado</p> <p style="text-align: center;">5. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>5.1 El etanol anhidro grado carburante y el etanol anhidro grado carburante desnaturalizado deben ser incoloros, transparentes, y estar libres de impurezas y de materiales en suspensión.</p> <p style="text-align: center;">6. REQUISITOS</p> <p>6.1 Requisitos específicos</p> <p>6.1.1 El etanol anhidro grado carburante debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 1.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p><small>DESCRIPTORES: Tecnología química, productos químicos orgánicos, alcoholes, combustibles, etanol, etanol anhidro grado carburante, requisitos.</small></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3699 – Baños de Moresno BB-28 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

NTE INEN 2 478

2009-03

TABLA 1. Requisitos del etanol anhidro grado carburante

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
⊕ Contenido de etanol	%	99,6	—	NTE INEN 340
Acidez total (Como ácido acético)	mg/100ml	—	3,0	NTE INEN 341
Conductividad eléctrica	μS/m	—	500	ASTM D 1125
Densidad a 20°C	kg/m ³	—	791,5	ASTM D 4052
Contenido de cloruros	mg/l	—	32	ASTM D 512 [*]
⊕ Contenido de agua	%	—	0,3	ASTM E 203
Contenido de cobre	mg/kg	—	0,1	ASTM D 1688 ^{**}
Residuo por evaporación	mg/100ml	—	5,0	ASTM D 381
* Utilizar el método C modificado				
** Utilizar el método A modificado				

6.1.2 El etanol anhidro grado carburante desnaturalizado debe cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos del etanol anhidro grado carburante desnaturalizado

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
⊕ Contenido de etanol	%	96,3	—	ASTM D 5501
Acidez total (Como ácido acético)	mg/100ml ^{***}	—	3,0	NTE INEN 341
Conductividad eléctrica	μS/m	—	500	ASTM D 1125
Densidad a 20 °C	kg/m ³	—	791,5	ASTM D 4052
Contenido de cloruros	mg/l	—	32	ASTM D 512
⊕ Contenido de agua	%	—	0,3	ASTM E 203
Contenido de cobre	mg/kg	—	0,1	ASTM D 1688 ^{**}
Residuo por evaporación	mg/100ml	—	5,0	ASTM D 381
pHe	—	6,5	9,0	ASTM D 6423
⊕ Contenido de desnaturalizantes	%	2	3	ASTM D 6729
* Utilizar el método C modificado				
** Utilizar el Método A modificado				
*** El etanol anhidro grado carburante desnaturalizado puede contener aditivos tales como inhibidores de corrosión y detergentes que pueden afectar la acidez titulable (acidez expresada como ácido acético) del etanol anhidro grado carburante terminado. Es posible que el etanol anhidro grado carburante cumpla con las especificaciones de acidez, pero el efecto de estos aditivos puede producir una aparente acidez titulable alta en el producto desnaturalizado. Si existe alguna inquietud al respecto se debe verificar que el etanol anhidro cumple con los requisitos de acidez del numeral 6.1.2.				

6.1.3 Desnaturalizantes

6.1.3.1 Para efectos de esta norma las únicas sustancias desnaturalizante autorizadas para usar en el etanol anhidro grado carburante son las gasolinas que cumplan los requisitos de la NTE INEN 935.

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 El transporte, almacenamiento y manejo del etanol anhidro grado carburante debe realizarse de conformidad con lo establecido en la NTE INEN 2 266.

(Continúa)

6.2.2 La comercialización se realizará en metros cúbicos (m³), sus múltiplos y submúltiplos, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo

7.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo a la NTE INEN 339.

7.2 Aceptación y rechazo

7.2.1 En la muestra extraída se efectuarán los ensayos indicados en la tabla 1 y 2, numeral 6 de esta norma.

7.2.2 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en la tabla 1 y 2, numeral 6 de esta norma, se rechazará el lote correspondiente.

8. ENVASADO Y ROTULADO

8.1 Cada despacho debe ir acompañado de un documento que contenga la siguiente información:

8.1.1 Nombre del producto

8.1.2 Procedencia (Planta de producción o abastecimiento)

8.1.3 Volumen (m³)

8.1.4 Cualquier información establecida en disposiciones legales

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 339	<i>Bebidas alcohólicas. Muestreo. (1ra Revisión)</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 340	<i>Bebidas alcohólicas Determinación del grado alcohólico (1ra. Revisión)</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 341	<i>Bebidas alcohólicas. Determinación de la acidez</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935	<i>Gasolina. Requisitos. (7ma. Revisión).</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 266	<i>Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos. Requisitos.</i>
Norma ASTM E 203:2001	<i>Test Methods for Water Using Volumetric Karl Fischer Titration</i>
Norma ASTM D 381:2004	<i>Test Methods for Gum Content in Fuels by Jet Evaporation</i>
Norma ASTM D 512:2004	<i>Test Methods for Chloride Ion in Water</i>
Norma ASTM D 1125:2005	<i>Test Methods for electrical Conductivity and Resistivity of Water.</i>
Norma ASTM D 1688:2002	<i>Test Methods for Copper in Water</i>
Norma ASTM D 4052:2002	<i>Test Methods for Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter.</i>
Norma ASTM D 5501:2004	<i>Standard Test Method for Determination of Ethanol Content of Denatured Fuel Ethanol by Gas Chromatography.</i>
Norma ASTM D 6423:2004	<i>Test Method for Determination of pH of Ethanol, Denatured Fuel Ethanol and Fuel Ethanol (Ed75-Ed85)</i>
Norma ASTM D 6729:2004	<i>Standard Test Method for Determination of Individual Components in Spark Ignition Engine Fuels by 100 Meter Capillary High Resolution Gas Chromatography.</i>
Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad	<i>Registro Oficial No. 26 de 1007-02-22.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ASTM D 4806:2007 *Standard Specification for Denatured Fuel Ethanol for Blending with Gasolines for Use as Automotive Spark-Ignition Engine Fuel*. The American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2007.

Norma Colombiana ICONTEC 5308, *Etanol anhidro combustible desnaturalizado obtenido a partir de la biomasa, para mezclar con gasolinas motor empleado como combustible en vehículos con motores de combustión interna de encendido de chispa*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 2004.

Norma Europea CWA 15293 *Automotive fuels. Ethanol E85. Requirements and test methods*. European Committee for Standardization, Brussels 2005.

República de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de Minas y Energía. Resolución No 0447 (Abril 14 2003). Bogotá, 2003.

Agencia Nacional Do Petróleo, Gas Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP No 36, DE 6.12.2005. DOU 7.12.2005. Rio de Janeiro 2005.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno EB-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2) 2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815
Dirección General: [E-Mail: Direccion@inen.gov.ec](mailto:Direccion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Normalización: [E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Certificación: [E-Mail: certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Verificación: [E-Mail: verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail: inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)
Regional Guayas: [E-Mail: inenaguayas@inen.gov.ec](mailto:inenaguayas@inen.gov.ec)
Regional Azuay: [E-Mail: inenazuaya@inen.gov.ec](mailto:inenazuaya@inen.gov.ec)
Regional Chimborazo: [E-Mail: inenchimbamba@inen.gov.ec](mailto:inenchimbamba@inen.gov.ec)
URL: [WWW.INEN.GOV.EC](http://www.inen.gov.ec)

Anexo J***Resultados - Prueba con etanol y prueba con extra vehículo MAZD_2,2***

Tiempo (s)	GASOLINA EXTRA				
	CO2(%)	CO(%)	HC(ppm)	O2(%)	NOx(ppm)
0	0,000	0	0	0	0
1	11,606	2,7936	767,4	2,268	56,6
2	11,576	2,5972	764	2,014	82,4
3	11,620	2,5644	762,2	2,108	95
4	11,544	2,8914	765,8	2,23	108,6
5	11,496	3,249	780,4	2,192	119,8
6	11,498	3,3606	778	2,06	126
7	11,516	3,1258	754,4	1,798	128
8	11,624	2,7014	721,4	1,628	129,8
9	11,722	2,4256	703,6	1,576	132
10	11,742	2,5788	710,6	1,612	137,8
11	11,606	2,9536	731,6	1,648	147
12	11,532	3,1462	739,2	1,606	155,4
13	11,574	3,0786	734,4	1,504	164
14	11,568	2,896	735,4	1,4	169,6
15	11,554	2,6568	764,8	1,684	173
16	11,558	2,502	788	1,402	174,2
17	11,594	2,4968	774,6	1,55	181
18	11,644	2,3816	749,2	1,638	190
19	11,678	2,2334	723,4	1,704	197,6
20	11,676	2,3024	702,2	1,81	204,4
21	11,642	2,4214	693,4	1,856	210,2
22	11,644	2,45	692	1,782	211,6
23	11,698	2,4664	692,2	1,682	212,2
24	11,826	2,459	691,4	1,596	216,6
25	11,848	2,346	679,4	1,538	224,4
26	11,932	2,124	665,2	1,5	234,2
27	12,008	2,1592	664	1,466	242,6
28	12,084	2,1652	667,2	1,434	246
29	12,170	2,1558	674	1,4	245,8
30	12,212	2,0912	675,6	1,38	245,6
31	12,302	1,8564	674,2	1,39	251,2
32	12,322	1,752	670	1,514	259,6
33	12,288	2,0962	686,8	1,66	282
34	12,294	2,4724	693,4	1,682	301,2
35	12,144	2,6816	703,4	1,574	312,2

36	12,076	2,885	722,8	1,43	319,4
37	12,008	2,9812	724,4	1,302	323,4
38	12,004	2,6328	711	1,226	317,8
39	12,060	2,4466	709	1,2	313,4
40	12,136	2,4584	737,6	1,196	312,6
41	12,176	2,4434	798,6	1,2	311
42	12,264	2,3434	838	1,234	304,2
43	12,278	2,2696	818,2	1,264	297,8
44	12,136	2,212	774,4	1,272	293,2
45	12,172	2,1992	758,2	1,282	289
46	12,244	2,256	760,4	1,406	286,2
47	12,306	2,1602	751,4	1,642	287,4
48	12,412	1,749	723,8	1,348	289,6
49	12,496	1,5326	708,4	1,378	293,6
50	12,552	1,3752	696,4	1,42	300,2
51	12,686	1,326	695	1,446	305,8
52	12,498	1,3702	701	1,464	308,2
53	12,290	1,3506	706,2	1,502	304,8
54	12,178	1,281	703	1,558	302,6
55	12,074	1,2094	773	1,596	306,8
56	12,020	1,3948	992,4	1,638	326
57	12,012	1,8786	1111,6	1,754	349,6
58	12,224	2,0054	961,8	1,83	364
59	12,332	1,6426	804,6	1,762	370
60	12,388	1,3142	739,2	1,842	379,6
61	12,432	1,3688	710,4	1,704	393
62	12,560	1,509	703,2	1,702	406
63	12,514	1,975	714,6	1,658	422,8
64	12,348	2,3862	731,4	1,59	426,8
65	12,200	2,4286	742,6	1,514	418,6
66	12,250	2,1752	741,8	1,496	403,2
67	12,328	2,054	736,4	1,512	390,8
68	12,432	1,8728	732	1,5	370,2
69	12,528	1,763	730	1,452	352,6
70	12,688	1,5982	730,6	1,718	331,2
71	12,802	1,4188	734,2	1,682	318,8
72	12,766	1,318	733,2	1,664	315,6
73	12,796	1,1768	731,6	1,718	320,2
74	12,790	1,0976	728	1,814	334,2
75	12,806	1,0404	717	2,01	359,2
76	12,984	1,0932	710,2	2,014	384,6
77	12,922	1,3614	711,4	1,968	412,6
78	12,784	1,4298	713,4	1,784	424,8

79	12,572	1,194	714,4	1,554	424
80	12,560	1,0706	713,6	1,53	421,4
81	12,554	1,172	713,4	1,648	427,8
82	12,688	1,1818	713,4	1,814	430,8
83	12,742	1,1862	713,2	1,642	424,6
84	12,834	1,2324	723,4	1,774	408,8
85	12,866	1,2902	733,8	1,626	388
86	12,540	1,2884	746,6	1,604	362,6
87	12,240	1,178	747,6	1,58	341
88	11,946	1,062	743,8	1,948	318,2
89	11,916	1,0798	737	1,924	298,4
90	11,952	1,2648	730,4	1,89	286,6
91	11,938	1,3098	727,2	1,81	282
92	11,896	1,1686	726	1,722	278,4
93	11,844	0,97	724,8	1,534	268
94	11,856	0,8564	724,4	1,484	256,6
95	11,924	0,813	725,2	1,47	247
96	11,972	0,8042	722,8	1,472	240,2
97	11,982	0,8022	721,6	1,474	232,4
98	11,984	0,798	719,8	1,452	226
99	11,982	0,7834	712,8	1,434	218,4
100	11,976	0,7164	706,6	1,588	211,6
101	11,964	0,727	703	1,658	206,8
102	11,962	0,7912	702,6	1,498	202,2
103	11,948	0,914	704	1,8	198,6
104	11,882	1,1888	716	1,538	192,8
105	11,736	1,4514	731	1,456	188,2
106	11,612	1,5046	741,8	1,416	182,8
107	11,812	1,4348	743,4	1,23	173,4
108	11,818	1,454	742,2	1,19	166
109	11,794	1,5698	752	1,164	157,2
110	11,768	1,6314	759,6	1,164	152,8
111	11,598	1,6326	763,6	1,184	151,8
112	11,616	1,4468	798,4	1,172	155,8
113	11,616	1,0624	823,8	1,198	159,2
114	11,594	0,807	789,4	1,478	166,2
115	11,580	0,9602	729	1,584	180,6
116	11,536	1,1374	702,2	1,56	203,2
117	11,600	1,0162	684	1,408	219,6
118	11,836	0,8602	666	1,364	228,4
119	11,866	0,833	649,4	1,396	233,6
120	11,896	0,8568	643,2	1,426	238,6
121	11,914	0,9466	638	1,454	248,2

GASOLINA ETANOL					
Tiempo (s)	CO2(%)	CO(%)	HC(ppm)	O2(%)	NOx(ppm)
0	0	0	0	0	0
1	8,794	4,755	786,2	4,698	131,4
2	10,874	4,72	689,4	5,196	143
3	10,756	4,7144	698,2	5,134	160,6
4	10,748	4,71	671,4	5,07	166,8
5	10,74	4,6872	778,4	5,018	166,6
6	10,902	4,6582	731	4,982	163,8
7	10,832	4,629	700,2	4,956	167,6
8	10,778	4,5968	731,8	4,938	176,2
9	10,81	4,4812	712	4,924	181,4
10	10,832	4,2898	742,2	4,902	174
11	10,944	4,1276	732	4,884	160,4
12	11,028	4,156	723	4,872	146,6
13	11,094	4,2354	717,4	4,858	136,8
14	10,932	4,4568	698,6	4,85	129,8
15	10,852	4,6036	841,2	4,834	124,4
16	10,774	4,6826	836,6	4,828	122,8
17	10,708	4,7618	849,8	4,818	122,8
18	10,7	4,8576	869,6	4,804	123,8
19	10,584	5,028	696	4,802	128
20	10,482	5,1392	795	4,794	129,8
21	10,426	5,23	832,6	5,11	128,6
22	10,372	5,304	734,4	5,068	122,4
23	10,414	5,3764	806,6	5,064	112,6
24	10,29	5,4302	846,2	5,022	102
25	10,29	5,3916	882,2	4,982	94,6
26	10,318	5,2154	924,2	4,98	88,4
27	10,374	5,0546	848,6	4,978	85
28	10,468	4,8338	714,8	4,976	83,4
29	10,752	4,7152	802,4	4,932	81,8
30	10,826	4,7712	836,8	4,89	80,4
31	10,922	4,7964	864,8	4,85	80
32	10,892	4,7476	690,4	4,808	77,2
33	10,924	4,3702	774,8	4,766	75,2
34	11,034	3,5746	821,2	4,736	75,4
35	11,364	3,2996	659	4,848	90,2
36	11,438	3,3036	651,8	4,936	114,2
37	11,396	3,6636	623,4	4,98	130,2
38	11,268	4,2686	839,4	4,824	140,4

39	11,154	4,3072	863,6	4,826	141,4
40	11,236	3,581	817,8	4,864	134,8
41	11,494	2,8652	720	4,894	128,6
42	11,736	2,528	670,4	4,894	127,4
43	11,842	2,45	622,2	4,888	129,8
44	11,848	2,355	788	4,922	139,2
45	11,912	2,1842	787,6	5,022	156,4
46	11,918	2,356	764,8	5,136	185,6
47	11,85	2,9514	774,6	5,128	226,4
48	11,588	3,397	782,4	5,116	260,2
49	11,376	3,3732	796	5,102	274,2
50	11,412	3,2148	838,6	5,142	265,6
51	11,514	2,783	873,4	5,318	254,2
52	11,612	2,5414	821,4	5,358	255,2
53	11,802	2,197	725	5,232	278,6
54	12,006	1,9814	712	5,148	314,4
55	11,926	1,9562	845,6	5,16	374,6
56	11,952	1,9392	975	5,138	432,2
57	12,018	2,1396	871,6	5,212	485
58	11,856	2,5606	892,8	5,35	529,6
59	11,664	3,1792	845,4	5,31	564,6
60	11,386	3,5698	636,6	5,292	578,6
61	11,256	3,7184	734,8	5,094	573,8
62	11,228	3,8576	962,2	5,11	555,8
63	11,232	4,0718	1068,2	5,114	546,2
64	11,238	4,2342	873,6	5,096	554,4
65	11,108	4,3452	729	5,002	589,4
66	10,986	4,509	714,8	4,96	654
67	10,926	4,7652	711,4	4,906	706,8
68	11,376	5,0464	688,4	4,584	735,6
69	11,344	5,2734	654	3,88	747,6
70	11,304	5,4596	646	3,106	750
71	11,096	5,8372	846,4	2,612	735,4
72	10,938	5,961	1169,8	2,238	707,8
73	10,824	5,613	1079,2	1,99	679
74	10,934	5,3158	952,2	1,894	650,6
75	10,886	5,267	856,8	1,912	640,4
76	10,978	5,5592	853,4	1,766	642,2
77	10,8	6,0182	788	1,586	654,8
78	10,79	6,001	917,4	1,366	649,8
79	10,86	5,765	1070,4	1,206	620,4
80	11,01	5,6814	685,4	1,446	583,2
81	11,054	5,8258	832	1,208	560,2

82	11,036	5,8778	817,6	1,264	551,6
83	11,004	5,9112	813,4	1,05	560,6
84	10,992	5,9954	609,2	1,094	574,8
85	8,802	5,9572	606,2	1,08	576,2
86	8,646	5,8872	793,4	1,01	554
87	8,628	5,7876	665,4	0,966	516,8
88	8,454	5,7416	638,4	1,012	481
89	8,596	5,8208	767,4	1,152	449,8
90	8,564	6,0152	762	1,42	434,2
91	8,574	6,054	735	1,28	439,4
92	8,64	5,838	661,8	1,136	442,2
93	8,566	5,3968	606,4	0,884	432,4
94	8,902	4,9044	767	0,814	423,4
95	9,242	4,6004	864,8	0,798	415,8
96	9,294	4,4666	961,4	0,814	413,8
97	9,474	4,3972	803	0,876	410
98	11,768	4,3788	596,2	0,792	406,2
99	11,868	4,2188	676,6	0,718	402
100	11,974	3,9986	626,4	0,812	404,6
101	11,872	3,8978	595	0,648	422,4
102	11,878	3,931	602,6	0,648	444,2
103	11,854	3,8516	630,4	0,81	463,8
104	11,86	3,5456	861,2	0,778	475,4
105	11,904	3,1048	885,6	0,762	480
106	11,952	2,8474	809,2	0,842	478,2
107	11,846	2,7932	732,2	0,714	464,6
108	11,89	2,8268	681,8	0,714	450
109	12,088	2,83	664,2	0,71	435,8
110	12,038	2,8942	638,6	0,73	430,8
111	11,95	3,1684	564,2	0,798	434
112	11,884	3,634	551,2	0,872	444,8
113	11,824	4,0542	493,8	0,79	458,4
114	11,782	4,2846	503,6	0,89	477,2
115	11,744	4,3438	608,6	0,824	496,4
116	11,686	4,2638	601,4	0,744	505,8
117	11,658	4,2448	607,4	0,64	497,2
118	11,642	4,4876	474,4	0,624	473
119	11,594	4,6848	459,4	0,622	443,6
120	11,534	4,3618	542,6	0,632	419,8
121	11,694	4,0948	581,8	0,67	404,8

Anexo K

Resultados - Prueba con etanol y prueba con extra vehículo CHEVR_2,0

GASOLINA EXTRA					
Tiempo (s)	CO2(%)	CO(%)	HC(ppm)	O2(%)	NOx(ppm)
0	0,000	0	0	0	0
1	8,058	0,2044	393,4	9,35	158,6
2	7,974	0,2004	396,4	9,276	272,6
3	8,064	0,2008	400,4	9,116	234,4
4	8,064	0,1984	399,2	9,068	242,6
5	8,072	0,1966	398,4	9,016	250,6
6	8,080	0,1952	398	8,986	259,4
7	8,084	0,1946	396,6	8,968	267,8
8	8,086	0,1942	395	8,954	273,8
9	8,088	0,1944	394	8,94	280,4
10	8,084	0,1944	393,8	8,934	283,8
11	8,084	0,1942	394,2	8,938	286,2
12	8,082	0,194	395,4	8,932	289,4
13	8,080	0,1944	395,6	8,924	290,2
14	8,082	0,1948	395,4	8,916	292
15	8,076	0,1954	395	8,908	291,8
16	8,076	0,1956	396,4	8,904	290,2
17	8,072	0,1962	395,6	8,9	288,6
18	8,066	0,1964	395,4	8,896	286,8
19	8,068	0,1972	395,6	8,884	284,8
20	8,068	0,1978	395,6	8,882	284,2
21	8,068	0,198	395,8	8,87	284
22	8,070	0,1986	396,4	8,862	284,8
23	8,072	0,1994	397,4	8,854	285,8
24	8,074	0,2002	399,4	8,848	286,6
25	8,074	0,2006	399,8	8,844	286,8
26	8,072	0,2008	400,2	8,838	286
27	8,072	0,2004	400,8	8,84	286,2
28	8,076	0,1938	401	8,856	285,6
29	8,078	0,1906	400,6	8,882	285,2
30	8,080	0,1836	400	8,892	284,4
31	8,080	0,1834	399,8	8,89	285,8
32	8,082	0,1868	399,4	8,874	287
33	8,082	0,195	399,6	8,852	287,2

34	8,082	0,2046	399,4	8,836	286,2
35	8,078	0,216	399,2	8,822	286
36	8,078	0,218	399	8,818	284,6
37	8,078	0,2168	398,6	8,824	281,4
38	8,078	0,2144	398,4	8,824	280
39	8,078	0,2116	397	8,822	278,6
40	8,078	0,2096	397,2	8,824	276
41	8,076	0,2076	397,6	8,82	273,8
42	8,076	0,2058	398,6	8,82	272
43	8,074	0,204	399	8,82	271
44	8,072	0,2024	398,6	8,824	269,6
45	8,074	0,201	398,8	8,822	268,4
46	8,070	0,2004	398,8	8,814	266,8
47	8,070	0,1998	398,8	8,814	264,8
48	8,072	0,1996	399,2	8,812	261,4
49	8,070	0,1988	399	8,818	259,4
50	8,068	0,1976	398,6	8,826	257
51	8,072	0,1962	398,2	8,836	255,4
52	8,072	0,1956	398	8,838	256,2
53	8,072	0,2008	397,8	8,832	257,2
54	8,070	0,2076	396,8	8,82	256,6
55	8,070	0,2068	394,4	8,814	255
56	8,070	0,2046	393	8,808	252,2
57	8,068	0,204	392,8	8,806	249,4
58	8,068	0,204	392,6	8,808	246,2
59	8,066	0,204	392,6	8,802	243,8
60	8,066	0,2038	392,6	8,804	240,8
61	8,068	0,204	392,8	8,804	238,2
62	8,068	0,2042	392,6	8,806	236,8
63	8,068	0,2046	393,2	8,802	235,2
64	8,066	0,2052	393,4	8,8	233
65	8,066	0,2054	393,4	8,8	231
66	8,192	0,2862	442,8	8,814	228,4
67	8,496	0,6508	607,4	8,774	226,6
68	8,978	1,316	890,8	8,446	226
69	9,330	1,8238	1135,4	7,738	227,8
70	9,412	2,0754	1229,2	6,908	231,2
71	9,486	2,2432	1210	6,358	235,2
72	9,622	2,2122	1149,6	5,824	236,4
73	9,796	2,0128	1087,2	5,45	235,4
74	9,902	1,7772	1040,2	5,236	230,8
75	9,952	1,5622	1014,4	5,128	226,8
76	9,978	1,436	1001,6	5,092	225,4

77	9,984	1,4398	996,4	5,214	228,4
78	9,980	1,478	987	5,1	235,2
79	9,958	1,624	955,8	5,092	241,4
80	9,930	1,8364	933	5,058	246
81	9,970	2,0314	916,8	4,992	249,2
82	9,872	2,0716	894,6	4,924	250,4
83	9,870	2,0058	868,2	4,99	251,6
84	9,870	1,9528	846,6	4,952	252
85	9,836	2,0236	817,8	4,992	245,6
86	9,816	2,2006	796,2	4,992	249,6
87	9,758	2,2396	789	4,964	254,6
88	9,720	2,0446	783,6	4,94	256,2
89	9,730	1,9308	777,6	5,096	261,2
90	9,718	2,0434	761,6	5,274	277,4
91	9,708	2,2496	748,4	5,1	298,6
92	9,734	2,3858	751,2	4,918	312,2
93	9,686	2,414	752,6	4,822	312,6
94	9,726	2,3364	752,2	4,756	303
95	9,684	2,2654	750,8	4,728	286,6
96	9,690	2,3772	748,6	4,708	267,8
97	9,824	2,5588	744,2	4,692	252
98	9,818	2,6556	733,6	4,6	238,6
99	9,644	2,5696	730,6	4,578	228,6
100	9,642	2,4332	724,2	4,566	216,4
101	9,672	2,1918	719	4,568	205,2
102	9,770	1,8952	714,6	4,582	196
103	9,930	1,595	707,6	4,604	195,6
104	10,122	1,269	700,2	4,624	201,8
105	10,460	0,9016	694,4	4,664	209,6
106	10,516	0,7136	678,6	4,726	217,2
107	10,690	0,747	655,8	4,786	229,8
108	10,424	0,9608	645,8	4,794	248,4
109	10,316	1,0884	642,6	4,786	264,6
110	10,270	1,1708	637,2	4,762	280
111	10,274	1,2228	636,2	4,764	286
112	10,256	1,3022	651	4,828	288,2
113	10,160	1,3506	667,4	4,78	280,8
114	10,160	1,3912	671,8	4,796	268,6
115	10,250	1,4286	663,6	4,806	258,8
116	10,208	1,4682	663,8	4,784	250,4
117	10,206	1,5194	659,2	4,746	250,4
118	10,190	1,5894	649,2	4,75	247,6
119	10,184	1,5372	640	4,78	246,4

120	10,206	1,2724	634,2	4,816	253,2
121	10,326	1,0522	629,8	4,838	263,8

GASOLINA ETANOL

Tiempo (s)	CO2(%)	CO(%)	HC(ppm)	O2(%)	NOx(ppm)
0	0,000	0	0	0	0
1	4,422	1,3164	662,4	14,372	6,4
2	4,508	1,316	651,8	13,83	16
3	4,646	1,2752	615,8	13,596	22
4	4,776	1,1906	589	13,4	29,4
5	4,784	1,1244	600,8	13,258	36,6
6	4,742	1,2114	635,6	13,204	42,6
7	4,716	1,4	643,2	13,176	50,4
8	4,624	1,5508	629,6	13,11	57,4
9	4,584	1,571	631,2	13,054	60,2
10	4,524	1,4864	675	13,046	63,2
11	4,500	1,3558	793,6	13,14	68,8
12	4,500	1,3872	996,8	13,22	81,2
13	4,458	1,5372	1134,8	13,136	90,6
14	4,492	1,5404	1065,8	13,002	90,4
15	4,590	1,4178	825,2	12,894	88,8
16	4,664	1,3408	614	12,886	89,8
17	4,670	1,2902	581,6	12,796	90,6
18	4,638	1,2822	721,4	12,81	95,2
19	4,604	1,2922	819	12,834	101,6
20	4,588	1,2934	780,6	12,908	103,4
21	4,592	1,2956	694,2	13,15	103,4
22	4,610	1,3022	616,6	13,022	101
23	4,632	1,318	538,4	13,148	99,4
24	4,630	1,2504	476,2	12,924	96,4
25	4,626	1,1912	433,8	12,918	94,2
26	4,630	1,2692	390,2	12,944	96,4
27	4,652	1,3884	338,6	12,896	102,2
28	4,664	1,3768	321,2	12,916	103,4
29	4,670	1,202	317,4	12,688	103,4
30	4,706	1,0084	325,6	12,676	102
31	4,786	0,8138	335,4	12,776	102,2
32	4,848	0,6492	324,2	12,868	106,8
33	4,934	0,5074	295,6	12,858	114,6
34	5,152	0,3706	274,4	12,788	121,4
35	5,232	0,2496	260,4	12,728	126,8
36	5,296	0,1806	251	12,7	133,4

37	5,334	0,151	244,8	12,694	141,4
38	5,448	0,1406	240,6	12,688	146,4
39	5,388	0,1328	236	12,68	151,8
40	5,408	0,1124	232,8	12,676	156,2
41	5,408	0,094	229,2	12,678	161
42	5,408	0,0766	225,4	12,69	168
43	5,364	0,0734	228	12,698	174,4
44	5,244	0,096	271,4	12,748	180,6
45	5,192	0,2136	349	12,968	186
46	5,154	0,462	376,4	12,944	196
47	5,144	0,6404	329,2	12,908	207,8
48	5,158	0,5834	275,2	12,792	218
49	5,184	0,447	245,8	12,714	226
50	5,196	0,4466	232,4	12,694	234
51	5,194	0,501	226	12,706	244,4
52	5,202	0,504	224	12,71	252,2
53	5,276	0,4356	219,2	12,682	256,2
54	5,326	0,3256	214,6	12,652	257,2
55	5,334	0,2706	214	12,708	258
56	5,314	0,2712	218	12,728	258,6
57	5,298	0,257	224	12,67	258,8
58	5,296	0,205	224,2	12,712	260,6
59	5,302	0,1786	217,2	12,722	264,8
60	5,304	0,1342	213	12,714	267,8
61	5,306	0,1058	210	12,724	271
62	5,306	0,1196	207,8	12,754	275,4
63	5,254	0,1598	215,8	12,798	281,8
64	5,190	0,2154	236,6	12,86	285
65	5,170	0,3436	261,8	12,932	286,4
66	5,134	0,5256	277,6	12,96	288,6
67	5,100	0,5552	280,2	12,924	288,6
68	5,170	0,4508	258,4	13,108	282,4
69	5,028	0,4394	266,6	13,012	278
70	4,982	0,57	378	13,122	275,4
71	4,942	0,676	500,4	12,894	270
72	4,912	0,8166	522,4	12,844	265
73	4,900	1,0126	478,4	12,846	263,6
74	4,876	0,9364	422,8	12,946	260,2
75	5,080	0,734	371,8	12,79	253
76	5,090	0,6322	330	12,73	246,8
77	5,120	0,5612	295,6	12,674	242,8
78	5,166	0,4258	269,2	12,636	238,8
79	5,218	0,2832	247,4	12,63	235,6

80	5,258	0,1768	230,8	12,634	233,2
81	5,292	0,1212	221,2	12,654	233,4
82	5,324	0,0962	214,2	12,66	234,6
83	5,336	0,0796	211	12,672	235,8
84	5,348	0,0778	208,8	12,682	237,6
85	5,336	0,1192	206,2	12,7	241,2
86	5,292	0,244	204,6	12,724	244,8
87	5,136	0,562	213,2	12,836	248
88	5,100	0,7806	221,6	12,736	248,4
89	5,018	0,719	223	12,696	239,2
90	5,058	0,4976	214,8	12,664	226,4
91	5,034	0,3264	200,4	12,764	218
92	5,030	0,5132	201,8	12,83	206,4
93	5,048	0,5276	202,6	12,792	197,4
94	5,086	0,4028	201,4	12,738	192,2
95	5,126	0,2728	194,6	12,7	188,2
96	5,284	0,1638	186,4	12,718	187,6
97	5,164	0,1804	185	12,872	189,2
98	5,224	0,3118	185,8	12,79	192,4
99	5,138	0,421	186,4	12,912	196,4
100	5,166	0,388	186,2	12,72	200,4
101	5,176	0,2368	185,4	12,74	203
102	5,190	0,1878	183	12,782	205,4
103	5,172	0,295	182,4	12,816	208,8
104	5,262	0,4716	183	12,804	213
105	5,166	0,4	183,6	12,766	214,8
106	5,174	0,3086	184	12,724	216
107	5,188	0,2804	184,2	12,73	217,2
108	5,206	0,2326	184,4	12,734	219,6
109	5,246	0,1312	180,8	12,74	223,2
110	5,256	0,1044	174,2	12,75	225,2
111	5,238	0,1004	172	12,778	225,6
112	5,210	0,15	171,4	12,846	224,6
113	5,168	0,4228	173,2	12,882	221,8
114	5,300	0,4366	178,2	12,828	217,2
115	5,168	0,4112	181	12,896	213,4
116	5,190	0,3808	179,8	12,68	210
117	5,186	0,4412	178,2	12,64	209,4
118	5,322	0,603	178,8	12,624	210
119	5,282	0,5496	179,6	12,606	210,6
120	5,280	0,5108	180,2	12,612	211,6
121	5,030	0,5268	182,6	12,662	210,6

Anexo L**Resultados - Prueba con etanol y prueba con extra vehículo VOLK_1,8**

GASOLINA EXTRA					
Tiempo (s)	CO2(%)	CO(%)	HC(ppm)	O2(%)	NOx(ppm)
0	0,000	0	0	0	0
1	0,026	0,0322	9	20,718	0
2	0,028	0,0318	9,4	20,726	0
3	0,028	0,0312	5,6	20,73	0
4	0,028	0,0318	5,4	20,736	0,2
5	0,028	0,0324	5,6	20,728	0
6	0,028	0,0334	5,6	20,724	0
7	0,028	0,0338	7,2	20,716	0
8	0,026	0,034	7,4	20,714	0
9	0,024	0,033	8	20,736	0,2
10	0,024	0,0322	8,2	20,754	0
11	0,022	0,0322	8,6	20,76	0
12	0,020	0,0322	9	20,756	0
13	0,180	0,0316	9,4	20,74	0
14	0,180	0,0312	9,8	20,74	0
15	0,180	0,0444	10,2	20,748	0,2
16	0,180	0,063	10,2	20,74	0
17	0,020	0,0646	10,8	20,688	0,2
18	0,022	0,0612	11	20,656	0
19	0,024	0,0576	11,6	20,654	0,2
20	0,026	0,0492	11,6	20,662	0
21	0,026	0,0422	12	20,672	0
22	0,026	0,0344	12,4	20,692	0,2
23	0,028	0,0284	13	20,716	0
24	0,028	0,0272	13,4	20,734	0
25	0,028	0,0382	13,6	20,736	0
26	0,256	0,1026	14,4	20,736	0
27	1,180	0,8178	24,2	20,71	0
28	2,588	1,6946	75,4	20,548	0
29	3,304	2,1584	131	19,508	0
30	3,492	2,3144	161,4	17,536	0,4
31	3,540	2,3568	168,6	15,812	0,4
32	3,628	2,3984	170,8	14,68	1,8
33	3,748	2,4684	174,8	14,242	2,4
34	4,214	2,9096	182,6	13,646	3,2
35	4,958	3,598	199,4	13,252	4
36	5,354	3,7796	234,4	12,49	5,4

37	5,256	3,7874	255,6	11,554	5,2
38	5,176	3,7296	267,2	10,504	6,2
39	5,154	3,6964	273,8	10,206	7
40	5,152	3,6756	279	10,058	7,2
41	5,202	3,7056	284	9,996	7,8
42	5,256	3,7702	288,8	9,936	7,8
43	5,336	3,7916	294,8	9,914	9
44	5,356	3,7648	300	9,584	11
45	5,328	3,7096	306,4	9,472	11,6
46	5,328	3,702	309,8	9,458	13,6
47	5,358	3,6816	313,4	9,448	15,2
48	5,352	3,6186	317,2	9,364	16,2
49	5,322	3,566	319,6	9,436	18
50	5,276	3,4952	321,4	9,372	18,8
51	5,226	3,46	324,8	9,48	19,8
52	5,214	3,4636	325,2	9,58	20,2
53	5,332	3,5064	327,4	9,65	21,2
54	5,472	3,5702	333,8	9,606	21,8
55	5,632	3,6304	353,2	9,5	22,6
56	5,890	3,8378	414,6	9,222	23
57	6,138	4,1972	510,2	8,964	23,4
58	6,322	4,7398	609,8	8,482	24
59	6,310	5,2348	642,6	7,826	24,8
60	6,292	5,5492	617	7,372	25,4
61	6,274	5,7026	580,6	7,016	26,2
62	6,214	5,82	560	6,75	26,6
63	6,242	5,9724	555,2	6,472	26,6
64	6,366	6,004	549,2	6,254	27,2
65	6,654	6,6128	554,6	6,084	27,6
66	7,006	6,7442	562,6	5,924	28,2
67	7,034	6,2184	566,2	4,74	28,8
68	6,988	5,7218	561,6	4,378	30,2
69	7,188	5,7542	556,4	4,63	30,8
70	7,674	6,3468	561,2	4,902	31,4
71	7,962	6,7146	585,6	4,322	31,6
72	8,066	6,7492	596,8	3,432	32,4
73	8,056	6,7146	599,2	2,91	33
74	8,098	6,5132	591,4	2,85	33,2
75	8,158	6,3252	588,8	2,69	34,2
76	8,208	6,3168	590,6	2,682	34
77	8,240	6,3132	592	2,676	34,6
78	8,282	6,2836	594,4	2,638	35,8
79	8,414	6,242	597,8	2,596	36,4

80	8,464	6,154	601,8	2,544	37,6
81	8,448	6,1604	612,4	2,498	39
82	8,454	6,1368	635,8	2,466	39,8
83	8,446	6,1052	669,4	2,514	40,8
84	8,514	6,0068	751,2	2,602	42,4
85	8,174	5,8856	827,6	2,56	43,8
86	8,214	5,8702	855,4	2,702	46
87	8,200	5,8982	863,6	2,906	47,4
88	8,120	5,973	880,4	3,082	50
89	7,998	5,9936	965	3,136	50,4
90	8,002	5,8766	1088,2	3,176	51,8
91	8,028	5,826	1144,2	3,196	53,4
92	8,062	5,8776	1069,6	3,25	58,6
93	8,186	5,932	977	3,248	65,6
94	8,014	6,513	1056,2	3,224	70,4
95	7,960	7,2278	1008,2	3,15	73
96	8,042	7,4406	915,4	2,922	74,6
97	8,068	7,3724	867	2,6	76
98	8,162	7,0576	865,4	2,488	76,6
99	8,214	6,4236	876,2	2,348	76,6
100	8,458	5,675	874,8	2,464	76
101	8,702	5,0186	873,4	2,6	77,6
102	8,602	4,755	898	2,662	82,8
103	8,664	4,9418	1015	2,72	94,6
104	8,582	5,5292	1033,4	2,926	107
105	8,828	6,042	1199,8	3,106	122,4
106	8,450	6,284	1280,8	3,012	138,4
107	8,680	6,4354	1156,8	2,91	150,2
108	8,962	6,5498	977,2	2,684	160,4
109	8,958	6,5744	898,8	2,084	171,2
110	8,900	6,6432	850,2	1,77	181,4
111	8,842	6,8306	882	1,592	188,2
112	8,744	6,8412	980	1,596	190,4
113	8,704	6,6716	1056,8	1,512	190,6
114	8,738	6,4116	1009,6	1,68	193,8
115	8,836	6,2482	928,2	1,706	210,8
116	8,916	5,9776	904,2	1,758	237,2
117	8,988	6,0526	891,2	1,732	270,2
118	9,022	6,1138	881,4	1,734	301,2
119	9,008	6,195	877	1,576	326,8
120	8,966	6,2638	870,8	1,542	351,4
121	8,942	6,3314	859,4	1,558	374,4

GASOLINA ETANOL					
Tiempo (s)	CO2(%)	CO(%)	HC(ppm)	O2(%)	NOx(ppm)
0	0,000	0	0	0	0
1	2,838	3,8404	314,2	13,54	8,8
2	2,828	3,6112	360,4	13,388	6,6
3	2,856	3,4628	428,6	13,406	7,2
4	2,886	3,4342	523	13,422	9,8
5	2,914	3,4502	559	13,43	12,2
6	2,936	3,4696	489,6	13,456	13,4
7	3,056	3,4508	441,6	13,43	13,6
8	2,980	3,451	401,2	13,402	14
9	3,010	3,4442	376	13,382	14,2
10	3,050	3,3614	381	13,314	15
11	3,086	3,1662	409,4	13,314	16,6
12	3,124	2,9956	417,4	13,418	18,8
13	3,162	2,9526	403	13,386	20,4
14	3,222	2,9606	388	13,388	22,8
15	3,344	2,967	374	13,39	24,4
16	3,368	2,9676	357,4	13,394	24,6
17	3,270	3,0232	348,8	13,396	24,6
18	3,244	3,0478	342,6	13,402	25
19	3,558	3,229	330,2	13,412	24,4
20	4,364	3,6532	329,6	13,228	24
21	5,144	3,691	342,2	12,41	23,4
22	5,350	3,4092	418,4	11,21	25,8
23	5,474	3,535	606,8	10,442	35,2
24	5,274	3,7934	706,4	10,238	48,4
25	5,152	3,7822	601,6	10,128	54,2
26	5,228	3,5722	492,4	10,094	54,2
27	5,336	3,4906	435	10,038	53
28	5,396	3,5586	408,2	9,992	53,8
29	5,274	3,507	390,6	9,962	53
30	5,268	3,5012	383,2	9,946	52,2
31	5,254	3,5814	381,6	10,058	50,4
32	5,232	3,6852	382,4	9,978	49,2
33	5,220	3,7382	382,8	9,946	48
34	5,222	3,6594	383,2	10,046	46,8
35	5,230	3,6256	383,4	9,866	47
36	5,226	3,673	382,8	9,858	48
37	5,206	3,6714	382,4	9,854	49,2
38	5,200	3,663	381,6	9,88	51
39	5,216	3,6192	376	9,902	49,8
40	5,246	3,588	374	9,888	49,4

41	5,254	3,5654	364,6	9,876	47,4
42	5,266	3,5516	363,6	9,874	47,4
43	5,264	3,5362	361	9,88	47,2
44	5,272	3,513	357,4	9,888	48,8
45	5,284	3,4744	355,8	9,892	52
46	5,294	3,3882	354,2	9,89	54,4
47	5,312	3,3238	351,4	9,89	57,4
48	5,330	3,3034	350,6	9,882	59
49	5,360	3,2972	349,2	9,874	59,6
50	5,562	3,3992	350,6	9,864	59,2
51	6,112	3,699	357,2	9,86	57,8
52	6,290	3,8662	364,2	9,662	56,4
53	6,364	3,859	371	9	54,6
54	6,734	4,011	379	8,452	52,8
55	7,184	4,2348	390,2	8,234	51,4
56	7,296	4,2948	399,2	7,686	52,2
57	7,276	4,2862	408	7,028	51,2
58	7,296	4,275	414,8	6,634	50,8
59	7,226	4,2438	419,2	6,5	50
60	7,226	4,202	422,8	6,418	49
61	7,246	4,1836	426,4	6,378	47,4
62	7,256	4,1602	428,6	6,358	46
63	7,258	4,1312	429,6	6,352	44,6
64	7,348	4,1114	431,4	6,504	43,4
65	7,406	4,2504	433	6,42	43,4
66	7,280	4,5636	439,4	6,332	43,4
67	7,218	4,845	462	6,268	44
68	7,088	5,01	483	6,182	44,2
69	6,998	5,094	581	6,04	45,4
70	6,962	5,0984	846,2	5,924	47,8
71	6,952	4,9378	986,8	5,87	51,2
72	6,960	5,0282	823,4	5,994	57
73	6,904	5,5464	677,8	6,04	66
74	6,652	6,0086	620,2	5,97	69,8
75	6,502	6,1386	594,2	5,904	69,2
76	6,564	5,7238	570,4	5,866	67,2
77	6,676	5,4028	556,4	5,866	63,2
78	6,806	5,2242	691,8	5,876	63
79	6,560	5,2786	1031,2	5,898	64,2
80	6,406	5,367	1219,6	5,972	66,8
81	6,404	5,4906	1098,2	6,226	68,8
82	6,462	5,4814	913,4	6,284	73,8
83	6,624	5,3284	773,6	6,222	81,2

84	6,804	4,9994	716,6	6,126	86,4
85	6,936	4,8282	718,2	6,11	87,8
86	7,024	4,7014	681,4	6,11	88
87	7,180	4,2378	597,2	6,116	86,8
88	7,336	3,977	548,4	6,056	89,6
89	7,476	4,0166	598,2	6,016	100,6
90	7,878	4,4486	795,8	5,996	108,4
91	8,518	4,877	858	5,824	109,6
92	9,076	4,9316	717,6	4,95	111,4
93	9,526	4,6688	581,4	3,43	122
94	9,628	4,751	553,6	2,742	140,4
95	9,562	5,013	680,4	2,348	166,6
96	9,424	5,2414	1134,2	2,022	187,4
97	9,374	5,2404	1373,4	1,92	208
98	9,702	4,869	1121,2	2,1	235,4
99	9,946	4,6636	815,2	2,032	263,8
100	10,060	4,5848	640,6	1,72	312,6
101	10,030	4,708	628,2	1,602	374,6
102	10,050	4,932	701,8	1,572	418,4
103	10,018	5,278	796	1,636	445,2
104	9,924	5,4936	712,2	1,69	459,4
105	9,874	5,3698	635,2	1,608	479,2
106	9,946	5,1466	604,8	1,402	509,4
107	9,822	5,1036	589,2	1,33	557,8
108	9,778	5,327	659,6	1,4	603
109	9,640	5,636	781,8	1,34	645,8
110	9,556	5,797	779,8	1,386	664,2
111	9,530	5,8306	651,6	1,37	690,4
112	9,572	5,9894	607,2	1,318	727
113	9,594	6,0026	593,6	1,322	768,8
114	9,526	5,889	587	1,332	805,6
115	9,540	5,5536	574,6	1,334	828,2
116	9,774	5,1982	558,6	1,33	847,6
117	9,992	4,96	554,2	1,314	871
118	9,960	5,0176	655,6	1,274	903,8
119	9,846	5,2734	812	1,314	925,6
120	9,730	5,471	930,8	1,566	927
121	9,930	5,4108	917,8	1,386	898,4

Anexo M

Resultados - Prueba de rango múltiple

Pruebas de Múltiple Rangos factor de emisión NOx

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CHER_2,0 EXTRA NOx	5	0,17916	X
CHER_2,0 ETANOL NOx	5	0,32354	X
MAZD_2,2 ETANOL NOx	5	0,64414	X
MAZD_2,2 EXTRA NOx	5	0,6723	X
VOLK_1,8 EXTRA NOx	5	0,93944	X
VOLK_1,8 ETANOL NOx	5	1,08152	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
MAZD_2,2 EXTRA NOx - MAZD_2,2 ETANOL NOx		0,02816	0,177696
MAZD_2,2 EXTRA NOx - CHER_2,0 EXTRA NOx	*	0,49314	0,177696
MAZD_2,2 EXTRA NOx - CHER_2,0 ETANOL NOx	*	0,34876	0,177696
MAZD_2,2 EXTRA NOx - VOLK_1,8 EXTRA NOx	*	-0,26714	0,177696
MAZD_2,2 EXTRA NOx - VOLK_1,8 ETANOL NOx	*	-0,40922	0,177696
MAZD_2,2 ETANOL NOx - CHER_2,0 EXTRA NOx	*	0,46498	0,177696
MAZD_2,2 ETANOL NOx - CHER_2,0 ETANOL NOx	*	0,3206	0,177696
MAZD_2,2 ETANOL NOx - VOLK_1,8 EXTRA NOx	*	-0,2953	0,177696
MAZD_2,2 ETANOL NOx - VOLK_1,8 ETANOL NOx	*	-0,43738	0,177696
CHER_2,0 EXTRA NOx - CHER_2,0 ETANOL NOx		-0,14438	0,177696
CHER_2,0 EXTRA NOx - VOLK_1,8 EXTRA NOx	*	-0,76028	0,177696
CHER_2,0 EXTRA NOx - VOLK_1,8 ETANOL NOx	*	-0,90236	0,177696
CHER_2,0 ETANOL NOx - VOLK_1,8 EXTRA NOx	*	-0,6159	0,177696
CHER_2,0 ETANOL NOx - VOLK_1,8 ETANOL NOx	*	-0,75798	0,177696
VOLK_1,8 EXTRA NOx - VOLK_1,8 ETANOL NOx		-0,14208	0,177696

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 12 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Pruebas de Múltiple Rangos factor de emisión HC

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CHER_2,0 ETANOL HC	5	0,20798	X
CHER_2,0 EXTRA HC	5	0,45758	XX
MAZD_2,2 EXTRA HC	5	0,68936	X
MAZD_2,2 ETANOL HC	5	1,0715	X
VOLK_1,8 ETANOL HC	5	1,49336	X
VOLK_1,8 EXTRA HC	5	1,655	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
MAZD_2,2 EXTRA HC - MAZD_2,2 ETANOL HC	*	-0,38214	0,263622
MAZD_2,2 EXTRA HC - CHER_2,0 EXTRA HC		0,23178	0,263622
MAZD_2,2 EXTRA HC - CHER_2,0 ETANOL HC	*	0,48138	0,263622
MAZD_2,2 EXTRA HC - VOLK_1,8 EXTRA HC	*	-0,96564	0,263622
MAZD_2,2 EXTRA HC - VOLK_1,8 ETANOL HC	*	-0,804	0,263622

MAZD_2,2 ETANOL HC - CHER_2,0 EXTRA HC	*	0,61392	0,263622
MAZD_2,2 ETANOL HC - CHER_2,0 ETANOL HC	*	0,86352	0,263622
MAZD_2,2 ETANOL HC - VOLK_1,8 EXTRA HC	*	-0,5835	0,263622
MAZD_2,2 ETANOL HC - VOLK_1,8 ETANOL HC	*	-0,42186	0,263622
CHER_2,0 EXTRA HC - CHER_2,0 ETANOL HC		0,2496	0,263622
CHER_2,0 EXTRA HC - VOLK_1,8 EXTRA HC	*	-1,19742	0,263622
CHER_2,0 EXTRA HC - VOLK_1,8 ETANOL HC	*	-1,03578	0,263622
CHER_2,0 ETANOL HC - VOLK_1,8 EXTRA HC	*	-1,44702	0,263622
CHER_2,0 ETANOL HC - VOLK_1,8 ETANOL HC	*	-1,28538	0,263622
VOLK_1,8 EXTRA HC - VOLK_1,8 ETANOL HC		0,16164	0,263622

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 12 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Pruebas de Múltiple Rangos de factor de emisión CO

Método: 95,0 porcentaje LSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CHER_2,0 ETANOL CO	5	5,45664	x
MAZD_2,2 EXTRA CO	5	11,5556	x
CHER_2,0 EXTRA CO	5	14,8618	x
VOLK_1,8 ETANOL CO	5	24,9609	x
VOLK_1,8 EXTRA CO	5	27,0474	x
MAZD_2,2 ETANOL CO	5	33,0469	x

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
MAZD_2,2 EXTRA CO - MAZD_2,2 ETANOL CO	*	-21,4913	2,03604
MAZD_2,2 EXTRA CO - CHER_2,0 EXTRA CO	*	-3,30618	2,03604
MAZD_2,2 EXTRA CO - CHER_2,0 ETANOL CO	*	6,09896	2,03604
MAZD_2,2 EXTRA CO - VOLK_1,8 EXTRA CO	*	-15,4918	2,03604
MAZD_2,2 EXTRA CO - VOLK_1,8 ETANOL CO	*	-13,4053	2,03604
MAZD_2,2 ETANOL CO - CHER_2,0 EXTRA CO	*	18,1852	2,03604
MAZD_2,2 ETANOL CO - CHER_2,0 ETANOL CO	*	27,5903	2,03604
MAZD_2,2 ETANOL CO - VOLK_1,8 EXTRA CO	*	5,9995	2,03604
MAZD_2,2 ETANOL CO - VOLK_1,8 ETANOL CO	*	8,08604	2,03604
CHER_2,0 EXTRA CO - CHER_2,0 ETANOL CO	*	9,40514	2,03604
CHER_2,0 EXTRA CO - VOLK_1,8 EXTRA CO	*	-12,1857	2,03604
CHER_2,0 EXTRA CO - VOLK_1,8 ETANOL CO	*	-10,0991	2,03604
CHER_2,0 ETANOL CO - VOLK_1,8 EXTRA CO	*	-21,5908	2,03604
CHER_2,0 ETANOL CO - VOLK_1,8 ETANOL CO	*	-19,5043	2,03604
VOLK_1,8 EXTRA CO - VOLK_1,8 ETANOL CO	*	2,08654	2,03604

* indica una diferencia significativa.

El StatAdvisor

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 15 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 6 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.