



**ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE DE
VEHÍCULOS MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA.**

**ANALYSIS OF VEHICLE EXHAUST
GASES THROUGH THE STATIC TEST.**

ANÁLISIS DE GASES DE ESCAPE DE VEHÍCULOS MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA.

ANALYSIS OF VEHICLE EXHAUST GASES THROUGH THE STATIC TEST.

Zhigui Loja Carlos Alfredo¹, Jiménez Negrón Nader Agustín², Espinoza Castillo Erick Fernando³.

¹ Instituto Superior Tecnológico El Oro, Ecuador, czhigui@institutos.gob.ec¹

² Instituto Superior Tecnológico El Oro, Ecuador, njimenez@institutos.gob.ec²

³ Instituto Superior Tecnológico El Oro, Ecuador, erickespinoza_1997@hotmail.com³

RESUMEN

En las principales ciudades del Ecuador ya están operando los centros de Revisión Técnica Vehicular, pero esto no ocurre a nivel nacional, como es el caso de la Ciudad de Zaruma, provincia de el Oro, donde los transportistas de servicio público desconocen del proceso y que parámetros se revisan, uno de estos es el cumplimiento de las emisiones de gases contaminantes, además la Agencia Nacional de Transito dispuso plazos para que los Gobiernos Autónomos Descentralizados realicen la Revisión Técnica, por tal motivo el presente artículo tiene como objetivo analizar las emisiones de los motores a gasolina, para esto se utiliza la Norma INEN 2203 y la Norma INEN 2204. Las respectivas pruebas se realizaron a una altura de 1250 msnm, en la ciudad de Zaruma. Los vehículos a los que se les ejecutó las mediciones, pertenecen a la cooperativa de taxis "Zaruma Urcu", los cuales fueron sometidos a pruebas estáticas. Se concluye que a medida que el parque vehicular es más antiguo, las emisiones de HC y CO son altas, mientras la flota vehicular es más actual sus valores disminuyen. Además, el 77.59 % de la flota vehicular, cumple con la Norma INEN 2204 y de los vehículos no aprobados el 78% corresponde a los HC y el 22 % le corresponde al CO.

Palabras clave: Emisiones; Motor encendido por chispa, Análisis de gases, INEN 2203, INEN 2204

ABSTRACT

Vehicle Technical Review centers are already operating in the main cities of Ecuador, but this does not happen at the national level, as is the case in the City of Zaruma, province of El Oro, where public service carriers are unaware of the process and what parameters are reviewed, one of these is compliance with polluting gas emissions, also the National Transit Agency established deadlines for the Decentralized Autonomous Governments to carry out the Technical Review, for this reason, this article aims to analyze the emissions of gasoline engines, for this the INEN 2203 Standard and the INEN 2204 Standard are used. The respective tests were carried out at a height of 1250 msnm, in the city of Zaruma. The vehicles on which the measurements were carried out belong to the taxi cooperative "Zaruma Urcu", which were subjected to static tests. It is concluded that as the vehicle fleet is older, the emissions of HC and CO are high, while the vehicle fleet is more current its values decrease. In addition, 77.59% of the vehicle fleet complies with the INEN 2204 Standard and of the unapproved vehicles, 78% correspond to HC and 22% correspond to CO.

Keywords: Emissions, Spark ignition engine, Gas analysis, INEN 2203, INEN 2204.

Recibido: (dejar en blanco) Aceptado: (dejar en blanco)

Received: Accepted:

1. INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna funcionan transformando la energía química del combustible a energía calorífica y esta a su vez en energía mecánica (movimiento) utilizada para suministrar potencia a una maquina o equipo. Esta energía es aprovechada para beneficio al poner en movimiento el automóvil, y también se generan productos dañinos a la atmósfera [1]. Debido a los cambios que ocurren durante el proceso de combustión, es difícil obtener una combustión perfecta, por esto se generan otros componentes como monóxido de carbono, hidrocarburos no combustionados, óxidos de nitrógeno, los cuales reaccionan de forma dañina con el medio ambiente [2].

Los principales contaminantes emitidos por los motores de combustión interna son hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas (PM). Cada una de estas emisiones tiene un impacto significativo en la salud humana y el medio ambiente, por eso se han promulgado estrictas regulaciones de emisiones en todo el mundo [3].

Una característica importante del parque vehicular es la antigüedad de los mismos, esto debido a que los vehículos más antiguos son en general más contaminantes por la tecnología que utilizan [4]. Sin embargo existen otros factores que influyen directamente en la generación de emisiones contaminantes tales como; el estado de las vías, la edad del parque automotor y la tecnología del vehículo [5].

Estudios de análisis de gases se han desarrollado en la ciudad de Quito, donde esta implementando la Revisión Técnica Vehicular, donde investigaron el comportamiento de los gases contaminantes generados por un vehículo nissan sentra en prueba estática, y pruebas dinámicas según el protocolo ASM y el IM 240, y las comparaciones respectivas entre cada una de las pruebas y su factor de emisión, donde concluyen que el sistema de inyección del vehículo trabaja de forma incorrecta en la prueba estática, con un factor lambda que oscila entre 1.18 y 1.79 lo que afecta la operación normal del motor por exceso de aire en la mezcla; mientras que en el sistema de prueba dinámica se acerca a la condición del factor lambda 1,

parámetro ideal para la formación de la mezcla estequiométrica [6].

Se han realizado investigaciones donde han determinado la relación entre la calidad de la gasolina que se expende en el Ecuador y el grado de las emisiones contaminantes producidas por el mismo vehículo de prueba, a una altura de 2500 metros sobre el nivel del mar, donde establecieron que con una gasolina de 92 octanos se obtiene una mejor combustión y una menor emisión de gases contaminantes [3].

El método de ensayo de la prueba estática, se describe en la sección cinco, Método de Ensayo de la norma NTE INEN 2203:2000 [7], con el vehículo de prueba en ralentí y a una revolución constante de 2500, a una temperatura del aceite del motor constante de 94 °C, el proceso de medición se repite en tres pruebas para obtener valores promedio de las emisiones.

En la Ciudad de Zaruma, provincia de El Oro se realiza las inspecciones vehiculares denominadas revisiones visuales, pero según Resolución N.- 030-ANT-DIR-2019 [8], se establece plazos a los Gobiernos Autónomos Descentralizados para implementar la revisión técnica vehicular, una de las pruebas que deben aprobar es la de emisiones contaminantes generadas por los motores a gasolina, por este motivo los socios de la Cooperativa de taxis "Zaruma Urcu", indican su preocupación al no conocer el procedimiento de la revisión de gases y cuantos vehículos de su cooperativa aprobarían la revisión.

El presente trabajo se plantea determinar el porcentaje de vehículos que cumplen la normativa ecuatoriana NTE INEN 2204: Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina [9], en la Cooperativa de taxis "Zaruma Urcu" y además establecer el o los gases contaminantes que predominan para no aprobar la Norma NTE INEN 2204, mediante la prueba estática, y utilizando equipos que cumplen los requerimientos establecidos en la norma NTE INEN 2349: Revisión técnica vehicular. Procedimientos [10].

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

La investigación de campo es de carácter descriptivo experimental, limitándose a medir los

niveles de emisiones de gases contaminantes, generados por los vehículos de propiedad de la Cooperativa de taxis Zaruma "Urcu", ubicada en la ciudad de Zaruma que está a 1250 msnm, a una temperatura promedio de 22°C y una humedad relativa del 70%. [11].

Las pruebas estáticas se realizaron con un analizador de gases marca Brain-Bee AGS-688 que cumple las características técnicas requeridas en la Norma INEN 2349:2003 y permite medir el monóxido de carbón (CO), Dióxido de carbono (CO₂), Oxígeno (O₂), hidrocarburos (HC) y el valor lambda.

Las pruebas se realizan en base a la norma NTE INEN 2203:2000, se efectuaron a una velocidad de giro del motor de ralenti, y posteriormente a 2500 revoluciones por minuto. Para cada prueba, el motor del vehículo debe estar a temperatura de funcionamiento y la transmisión del mismo debe encontrarse en neutro.

El tiempo de medición es aproximadamente 30 segundos en cada prueba, para asegurarse de que el vehículo esté estable. La medición estática de gases se realizó para cuatro parámetros que son hidrocarburos no combustionados HC (ppm), monóxido de carbono CO (%V), dióxido de carbono CO₂ (%V) y oxígeno O₂ (%V).



Fig.1: Mediciones de gases de escape.

Los resultados se analizaron bajo la norma NTE INEN 2204 sobre los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a gasolina, evaluando los gases CO y HC.

A través de la entrevista con los dueños o conductores de los taxis de la cooperativa, para obtener información sobre la ¿Marca y modelo del taxi?; ¿Año de la fabricación del vehículo?; ¿tipo de combustible empleado? De esta última pregunta el 100% del parque vehicular emplea combustible "EXTRA", y los modelos de vehículos oscila entre 2008 al 2020.

El método de recopilación de datos primarios y secundarios, es de forma cualitativa y cuantitativa, considerando variables independientes; como, modelo, marca de taxi y tipo de combustible; y como variable dependiente el porcentaje de vehículos que cumplen Norma INEN 2204.

3. RESULTADOS

Se realizó las pruebas basándose en el proceso de la norma INEN 2203, a los vehículos de la Cooperativa de taxis "Zaruma Urcu", con el objetivo de determinar si el 100% de vehículos de la cooperativa de taxis "Zaruma Urcu" cumplen los límites permitidos de emisiones según la Norma INEN 2204.

En la figura 2 se muestra el porcentaje del parque vehicular de la cooperativa de taxis por año, de estos datos se obtiene que la edad promedio del parque vehicular, es de seis años; que se considera un parque automotor nuevo, esto implica que los vehículos tienen incorporados tecnologías de innovación en su seguridad y optimizan el uso de combustible, lo que significa, que son más amigables con el medio ambiente. [12].

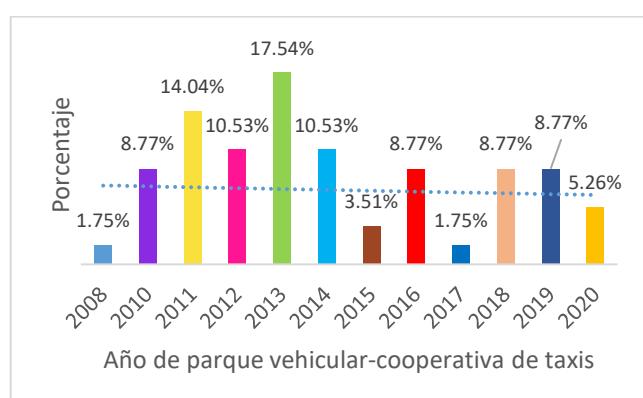


Fig.2: Porcentaje del parque vehicular de la cooperativa por año

CUMPLIMIENTO DE LAS EMISIONES DE LOS GASES DE ESCAPE SEGÚN NORMA INEN 2204

En la figura 3, se indica el porcentaje de vehículos que aprueban y No aprueban según la Norma NTE INEN 2204. dando como resultado que aprueban 77,59 % y reprueban el 22,41%.

RESULTADO DE LAS EMISIONES DE LOS HC EN RALENTÍ Y 2500 RPM, DE LOS VEHÍCULOS QUE CUMPLEN LA NORMA INEN 2204.

Del porcentaje de vehículos que cumplen las emisiones según la Norma INEN 2204 referente a Hidrocarburos no combustionados HC, se indica en la figura 4 el promedio por año de estas emisiones de la flota de vehículos, de estas mediciones se observa que el valor más alto es de 137 ppm, que les corresponden a los vehículos del año 2008, y a medida que los vehículos son más actuales la tendencia es reducir esos valores.

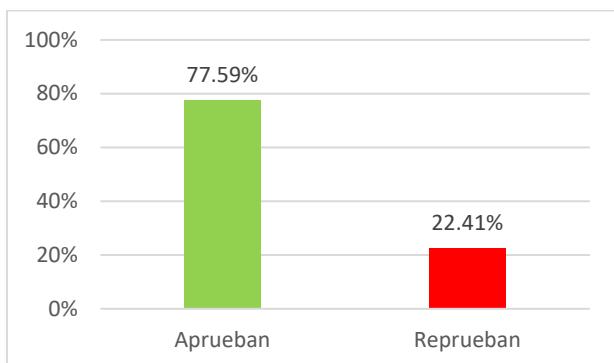


Fig.3: Porcentaje de vehículos que aprobaron y reprobaron

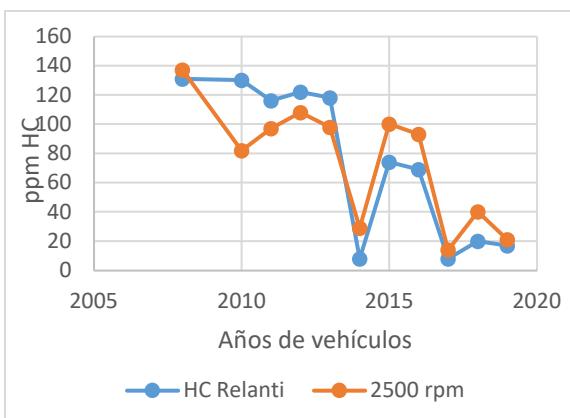


Fig.4: Variación de los HC en vehículos aprobados en función del año

RESULTADO DE LAS EMISIONES DE LOS HC EN RALENTÍ Y 2500 RPM, DE LOS VEHÍCULOS QUE NO CUMPLEN CON LA NORMA INEN 2204

En la figura 5 se muestra la tendencia del HC en vehículos que no aprueban la norma NTE INEN 2204, en función del año, se evidencia que los automóviles más antiguos presentan valores altos en condiciones de ralentí y 2500rpm, de 400 a 249 ppm, respectivamente; y en el rango de vehículos desde el 2010 al 2014, estos valores van disminuyendo.

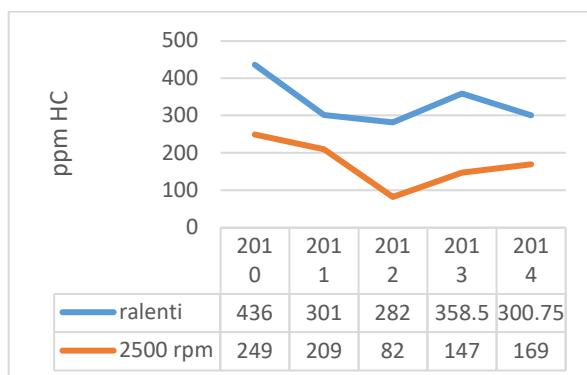


Fig.5: Variación de los HC en vehículos no aprobados en función del año.

RESULTADO DE LAS EMISIONES DEL CO EN RALENTÍ Y 2500 RPM, DE LOS VEHÍCULOS QUE CUMPLEN LA NORMA INEN 2204

Del porcentaje de vehículos que cumplen las emisiones según la Norma INEN 2204 referente a Monóxido De Carbono CO, se indica en la figura 6 el promedio por año de estas emisiones de la flota de vehículos, del total de aprobados en condiciones de CO a ralentí y 2500 rpm, donde los modelos más antiguos están en valores de 0.47% y los más actuales en valores promedio de 0.02 % de CO, aunque los valores más altos de CO (0,52 %) corresponden a los vehículos del año 2013.

RESULTADO DE LAS EMISIONES DEL CO EN RALENTÍ Y 2500 RPM, DE LOS VEHÍCULOS QUE NO CUMPLEN LA NORMA INEN 2204

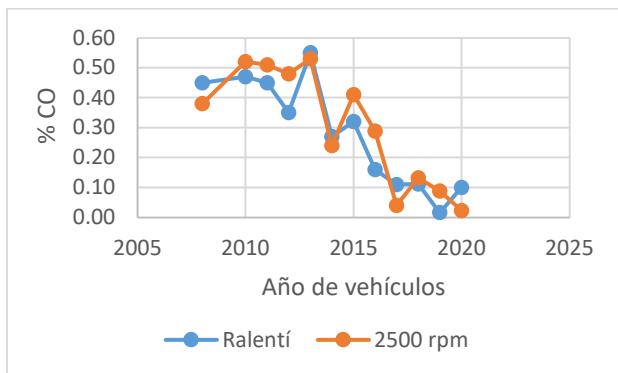


Fig.6: Variación del porcentaje de CO en vehículos aprobados en función del año.

En la figura 7 se muestra la tendencia del CO en vehículos que no aprueban la norma NTE INEN 2204, en función del año, el límite que establece la Norma es del 1% en volumen y se observa que los vehículos del año 2010 son los que poseen porcentaje se reduce según el año del vehículo.

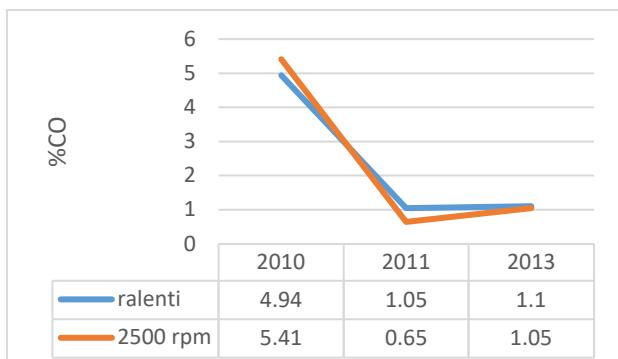


Fig.7 Variación del porcentaje de CO en vehículos no aprobados en función del año

De las mediciones realizadas se obtienen el porcentaje de gases que predominan en el incumplimiento de las emisiones según la Norma INEN 2204, dando como resultado que el mayor porcentaje se encuentra en los Hidrocarburos no combustionados HC %.

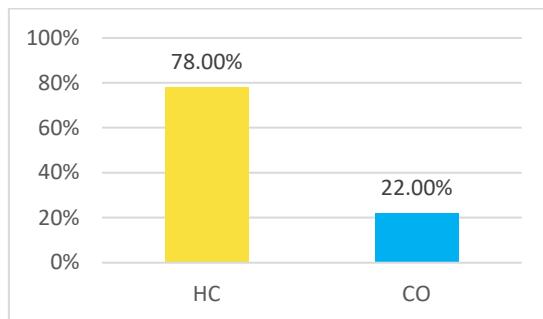


Fig.8: Porcentaje de gases contaminantes en los vehículos no aprobados.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los valores medidos de la variación de las emisiones de HC y CO en vehículos aprobados y no aprobados en función de su año de fabricación, se obtiene que a medida que el parque vehicular es más nuevo los valores de emisiones son menores, a esta conclusión también se llegó en el estudio realizado por la Universidad Técnica de Ambato [13] donde indican que mientras el vehículo sea más actual o nuevo las emisiones de CO serán mucho menor, así también los hidrocarburos no combustionados (HC) disminuyen a medida que el año de los vehículos incrementa. Esto también se complementa con la realizada por [14], que las concentraciones promedio de emisiones de CO, HC y NO para los vehículos de gasolina agregados son inversamente proporcionales a los años del modelo.

Así también en el estudio de [15], sobre emisiones contaminantes sobre una Cooperativa de taxis, realizada en la Ciudad de Huaquillas ubicada a 11 msnm, muestra que el 48% reprueba por HC y en CO reprobaban el 52 %; mientras en la ciudad de Zaruma ubicada a 1250 msnm, se evidencia que el porcentaje de reprobados en HC es de 78% y 22% de vehículos reprobados en CO, es decir hay un aumento del 30% en cuanto a emisiones de HC y una reducción de emisiones de CO en un 30%.

Al comparar las mediciones realizadas en [6], con respecto a la prueba estática concluyen que el mayor gas contaminante es el HC, prueba realizada en Quito a un altura de 2810 msnm.

Al comparar la investigación realizada con [6] se evidencia el comportamiento del gas HC con respecto a la altura, puesto que en las ciudades de Zaruma y Quito este gas posee mayor porcentaje, pero si se compara con la ciudad de Huaquillas el gas que mayor porcentaje es el CO. El gas HC se genera cuando no todo el combustible se quema dentro de la cámara de combustión, esto es provocado por una deficiencia en el sistema de encendido y se puede relacionar, con unas de siguientes fallas, cuando no se coloca la bujía recomendada por el fabricante, hasta que el sistema de inyección no está corrigiendo el ángulo de avance al encendido en función de la altura que se encuentre el vehículo, si bien existen investigaciones realizadas sobre el comportamiento de los gases de escape en función de la altura, pero es necesario considerar en una investigación futura si el sistema de inyección está realizando el ajuste del avance correcto en función de la altura.

5. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos exponen que la edad del parque automotor influyen en los parámetros de gases contaminantes es decir, vehículos desde el 2010 al 2014 evidencia niveles de HC altos así como del 2010 al 2013 en CO; mientras los modelos de vehículos más actuales de la cooperativa sus valores de emisiones contaminantes decrecen de forma considerable; y de forma general, la cooperativa al tener un parque vehicular en promedio de seis años muestran valores de 77.59% de aprobados, contra un 22.41% de vehículos reprobados.

Del parque vehicular aprobado se concluye que, a medida que los modelos son más actuales los valores disminuyen en HC de 17 ppm de las 200 permitidas y en CO valores promedio de 0.02 % del 1 % permitido, estos datos dependen también del mantenimiento preventivo y correctivo realizado a las unidades.

De las mediciones realizadas el gas de escape que domina es el HC es por ello que para trabajos futuros es necesario establecer que sistema de la inyección electrónica de los motores provocan este aumento en las emisiones, para establecer un procedimiento de diagnóstico y con ello preparar a los vehículos para que cumplan con la Norma INEN 2204.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. González Velasco, Energías renovables, México: Reverté, 2009.
- [2] O. Özener, L. Yüksek, A. T. Ergenç y M. Özkan, «Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics,» *Fuel*, vol. 115, pp. 875-883, 2012.
- [3] L. E. Tipanluisa , A. P. Remache, C. R. Ayabaca y S. W. Rein, «Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades,» *Información Tecnológica* , vol. 28, nº 1, pp. 3-12, 2017.
- [4] A. Pareja, M. Hinojosa y M. Luján, «Inventario de Emisiones Atmosféricas Contaminantes de la Ciudad de Cochabamba, Bolivia, año 2008,» *Acta Nova*, vol. 5, nº 3, pp. 344-374, 2012.
- [5] J. F. Antamba Guasguia, G. G. Reyes Campaña y M. E. Granja Paredes, «Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina,» *Enfoque UTE*, vol. 7, nº 3, pp. 110-119, 2016.
- [6] J. Rocha Hoyos, D. Zambrano, Á. Portilla, G. Erazo, G. Torres y E. Llanes Cedeño, «Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas,» *Revista Ciencia UNEMI*, vol. 11, nº 28, pp. 97-108, 2018.
- [7] Servicio Ecuatoriano de Normalización., «NTE INEN 2203:2000. Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones de escape en

condiciones de marcha mínima o "ralenti". Prueba estática.,» INEN, Quito, 2000.

- [8] Agencia Nacional de Transito, «Expedir el procedimiento para la aplicación del régimen técnico de transición de revisión técnica vehicular,» Quito, 2019.
- [9] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «NTE INEN 2204:2002. Límites permitidos de emisiones producidos por fuentes móviles terrestres a Gasolina,» INEN, Quito, 2002.
- [10] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «NTE INEN 2349:2003. Revisión técnica vehicular. Procedimientos,» INEN, Quito, 2003.
- [11] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, «Boletín meteorológico de la Provincia de el Oro,» 2014.
- [12] Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, «Un parque automotor nuevo trae más beneficios,» Grupo el Comercio C.A, 2016.
- [13] C. S. Nuñez Pérez, «Estudio de emisiones de Gases en Vehículos a Gasolina,» Ambato, 2018.
- [14] G. Hui, Q.-u. Zhang, Y. Shi, D.-h. Wang, S.-y. Ding y S.-s. Yan, «Characterization of on-road CO, HC and NO emissions for petrol vehicle fleet in China city,» *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*, vol. 7, pp. 532-541, 2006.
- [15] V. A. V. Oviedo, «Estudio de los vehículos que cumplen con la Norma INEN 2204,» Machala, 2019.