

Universidad Internacional del Ecuador



Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz

Trabajo de Integración Curricular

**Artículo Investigación para la obtención del Título de Ingeniero en Mecánica
Automotriz**

**Proyecto de Normativa para Controlar el Índice de Contaminación en el Centro
Histórico de la Ciudad de Quito, D.M., por CO y CO₂ emitidos por vehículos de
combustión interna a gasolina.**

David Esteban Hidalgo Echeverría

Cristian David Santillán Torres

Director: Ing. Denny Guanuche, Msc

Quito, 2021

CERTIFICACIÓN

Por medio del presente certificado doy a conocer que el artículo presentado es la autoría de David Esteban Hidalgo Echeverría y Cristian David Santillán Torres, declaro bajo juramento que el trabajo presentado aquí es de mi propiedad intelectual, este documento no ha sido presentado anteriormente en ningún grado o certificado profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.



David Esteban Hidalgo Echeverría



Cristian David Santillán Torres

Yo, Ing. Denny Guanuche, certifico que, conozco a los Autores de la presente investigación, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y de su autenticidad, como de su contenido.



Ing. Denny Guanuche MS.c

DIRECTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico a Dios, por ser el inspirador y la fuerza para continuar en este proceso de obtención de uno de los anhelos más deseados. A mis padres, con su amor, apoyo y sacrificio, supieron enrumbarme para alcanzar y convertirme en un profesional; orgullo, privilegio de ser bendecido y afortunado hijo de unos padres maravillosos. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome a lo largo de esta etapa de mi vida. A todas las personas y amigos cercanos que me han apoyado y motivado a lo largo de la carrera y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

David Hidalgo

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano y a las empresas que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos conmigo.

Cristian Santillán

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis Padres quienes me enseñaron con su ejemplo el significado de trabajo y honradez. Agradezco a todos los amigos con los que se compartieron grandes momentos y por su motivación a lo largo de la carrera y a todos quienes nos colaboraron para realizar este trabajo. Agradezco a mi Director de Tesis, Msc. Denny Guanuche, quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación.

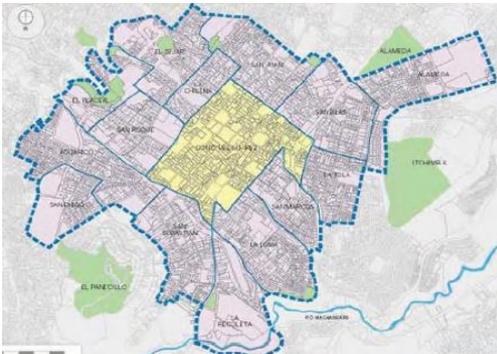
David Hidalgo

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en especial a mis padres, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo. De manera especial a mi Tutor de tesis, por haberme guiado, en la elaboración de este trabajo de titulación, y también a por haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores. Asimismo, quiero agradecer infinitamente a mis hermanos, quienes con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que puedo llegar a ser.

Cristian Santillán

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
DAVID HIDALGO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN.....	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
FIGURA 1. BARRIOS EN EL CENTRO HISTÓRICO.....	14
	
3. MATERIALES Y METODOS	16
3.1. METODOLOGIA.....	16
3.2. MATERIALES SELECCIONADOS	16
FIGURA 2. ANALIZADOR DE GASES GASBOX	16
FIGURA 3. Sonda LAMBDA	17
3.2.1. CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE GASES GASBOX AUTOPOWER.....	17
3.2.2. SECUENCIA DE LA TOMA DE MUESTRAS CON EL ANALIZADOR DE GASES.....	17
3.3. PROCESO QUÍMICO DE LA COMBUSTIÓN.....	17
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	19
TABLA 1. RESULTADO DE MEDICIÓN DE GASES	19
TABLA 2. DATOS GENERALES	19
TABLA 3. DATOS GENERALES DE EMISIONES	19
4.1. COMPARACIÓN DE LÍMITES PERMITIDOS POR LA NORMA INEN NTE 2204-2016 ...	20
FIGURA 4. LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA (PRUEBA DINÁMICA)	20
TABLA 5. CUMPLIMIENTO DE G/KM DE CO Y CO ₂	20
FIGURA 5. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE GR/KM DE CO Y CO ₂	21
TABLA 6. CUMPLIMIENTO Y CATEGORIZACIÓN DE CIRCULACIÓN EN EL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO	21

5. CONCLUSIONES.....	21
6. BIBLIOGRAFÍA.....	22
ANEXOS.....	24
ANEXOS INTRODUCCIÓN.....	24
ANEXO 1 SOLÁ, D. C., AMPUDIA VÁSQUEZ, S., PUERTAS DE LA CRUZ, C., BUSTAMANTE GRANDA, L., REINA VELASCO, C., & RÁMIREZ CEVALLOS, F. (2018). CONTAMINACIÓN DEL AIRE A FILO DE CALLE EN QUITO. <i>PERFILES REVISTA CIENTÍFICA</i> , 11(2), 90-99. ..	26
ANEXO 2 CRUZ, C. C. (2019). DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE A FILO DE CALLE EN EL CENTRO O HISTÓRICO DE QUITO Y EL VALLE DE LOS CHILLOS. (TESÍS DE PREGRADO). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, QUITO.	27
FIGURA 4. SERIE DEL TIEMPO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL CENTRO HISTÓRICO	27
ANEXO 3 ANDALUCÍA, J. D. (2004). <i>GUÍA DE ARQUITECTURA DE LA CIUDAD DE QUITO VOLUMEN 1</i> . QUITO-SEVILLA: JUNTA DE ANDALUCÍA.	29
ANEXO 4 AMT. (10 DE ENERO DE 2020). <i>465.908 VEHÍCULOS FUERON MATRICULADOS EN EL 2019</i> . OBTENIDO DE HTTP://WWW.QUITOINFORMA.GOB.EC/2020/01/10/465-908-VEHICULOS-FUERON-MATRICULADOS-EN-EL-2019/	29
ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	29
ANEXO 5 PÉREZ, C. P. (2010). GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA: EL CASO DE QUITO. QUITO.....	29
ANEXO 6 ZALAKEVICIUTE, R., LOPEZ-VILLALBA, J., & RYBARCZYK , Y. (2018). EFECTOS CONTRASTADOS DE LA HUMEDAD RELATIVA Y LA PRECIPITACIÓN EN LA PM URBANA2.5 CONTAMINACIÓN EN ZONAS URBANAS DE ALTA ELEVACIÓN. <i>SUSTAINABILITY</i> , 10(6), 10-64; DOI:10.3390/SU10060064	30
ANEXO 7 VILLACÍS, J. V. (2015). <i>CENTRO DE APOYO PARA EL HABITANTE DE LA CALLE EN EL CENTRO</i> . PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, QUITO.	31
FIGURA 5: BARRIOS EN EL CENTRO HISTÓRICO	32
ANEXO 8 DMQ, S. D. (2018). PROYECTO DE ORDENANZA METROPOLITANA PARA LA DESCARBONIZACION DEL TRANSPORTE Y FOMENTO DEL TRANSPORTE CON TECNOLOGIA LIMPIA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. QUITO: SECRETARIA DE AMBIENTE DEL DMQ.	32
ANEXO 9 ANTONIO, A. R., & MUÑOZ DOMINGUEZ, M. (2015). EMISIONES CONTAMINANTES. EN A. R. ANTONIO, & M. MUÑOZ DOMÍNGUEZ, <i>MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA</i> (PÁGS. 116-117). MADRID: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA.	35
ANEXO 10 MÜLLER, J., & LE PETIT, Y. (2019). <i>LOW-EMISSION ZONES ARE A SUCCESS - BUT THEY MUST NOW MOVE TO ZERO-EMISSION MOBILITY</i> . BRUSSELS, BELGIUM: TRANSPORT & ENVIRONMENT.	36
ANEXO 11 GROUP, C. C. (MARZO DE 2019). <i>HOW TO DESIGN AND IMPLEMENT A CLEAN AIR OR LOW EMISSION ZONE</i> . OBTENIDO DE .C40KNOWLEDGEHUB: HTTPS://WWW.C40KNOWLEDGEHUB.ORG/S/ARTICLE/HOW-TO-DESIGN-AND-IMPLEMENT-A-CLEAN-AIR-OR-LOW-EMISSION-ZONE?LANGUAGE=EN_US	37
ANEXO DE MATERIALES Y METODOS	40
ANEXO 12 INEN. (2002). GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. QUITO	40

FIGURA 6. LÍMITES, MÁXIMOS DE EMISIONES PERMITIDOS PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA. MARCHA MÍNIMA O RALENTÍ (PRUEBA ESTÁTICA)	46
FIGURA 7. LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA (PRUEBA DINÁMICA) A PARTIR DEL AÑO MODELO 2000 (CICLO AMERICANO)	46
FIGURA 8. LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA (PRUEBA DINÁMICA) A PARTIR DEL AÑO MODELO 2000 (CICLOS EUROPEOS)	47
ANEXO 13 WYLEN, G. J., & E. SONNTAG, R. (1986). <i>FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA</i> . MEXICO D.F.: LIMUSA, S.A.	47
ANEXO 14 PRUEBAS DE CAMPO	50
DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL ANALIZADOR DE GASES GASBOX AUTOPOWER	50
FIGURA 10. CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE GASBOX AUTOPOWER.....	51
PROCEDIMIENTO DE LA MEDICIÓN DE GASES CONTAMINANTES CON EL ANALIZADOR.....	52
ANEXO 15 NUÑEZ C. 2018. MEDICIÓN DE EMISIONES DE GASES. RECUPERADO DE <i>ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA</i> . AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.	55
ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI.....	55
FIGURA 11. EMISIONES DE CO EN VEHÍCULOS DEL AÑO 2000 Y POSTERIORES.....	55
FIGURA 12. EMISIONES DE CO2 EN VEHÍCULOS DEL AÑO 2000 Y POSTERIORES.....	55
FIGURA 13. RESULTADO DE ANÁLISIS DE GASES	56
.....	57
ANEXOS DE RESULTADOS	59
ANEXO 16 FOTOS DE LA PRUEBA DE ANÁLISIS DE GASES	59
FIGURA 14. PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES DE TOYOTA PRIUS CSPORT	59
FIGURA 15. PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES DE TOYOTA PRIUS CSPORT	59
FIGURA 16. PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES DE TOYOTA PRIUS CSPORT	60
FIGURA 17. PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES DE KIA PICANTO 2021.....	60
FIGURA 18. MAQUINA ANALIZADORA DE GASES GASBOX AUTOPOWER.....	61
FIGURA 20. ANÁLISIS DE GASES DE KIA PICANTO 2021.....	61
FIGURA 21. ANÁLISIS DE GASES DE TOYOTA PRIUS CSPORT.....	62
FIGURA 22. COLOCACIÓN DE LA SONDA EN EL TUBO DE ESCAPE DEL TOYOTA PRIUS CSPORT	62
ANEXO 17 TABLAS VALORES DE ANALISIS DE GASES.....	63
ANEXO 16 SELLOS DE ZONA DE BAJAS EMISIONES EN EL CENTRO HISTORICO.....	69
FIGURA 23. SELLO DE BAJO GRADO DE CONTAMINACIÓN	69
FIGURA 24. SELLO DE MEDIO GRADO DE CONTAMINACIÓN	70
FIGURA 25. SELLO DE ALTO GRADO DE CONTAMINACIÓN	70
CONCLUSIONES	71

Índice de tablas

TABLA 1. RESULTADO DE MEDICIÓN DE GASES	19
TABLA 2. DATOS GENERALES	19
TABLA 3. DATOS GENERALES DE EMISIONES	19
TABLA 5. CUMPLIMIENTO DE G/KM DE CO Y CO2.	20
TABLA 6. CUMPLIMIENTO Y CATEGORIZACIÓN DE CIRCULACIÓN EN EL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO	21

Índice de figuras

FIGURA 1. BARRIOS EN EL CENTRO HISTÓRICO.....	14
.....	14
FIGURA 2. ANALIZADOR DE GASES GASBOX	16
FIGURA 3. SONDA LAMBDA.....	17
FIGURA 4. LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA (PRUEBA DINÁMICA).....	20
FIGURA 5. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE GR/KM DE CO Y CO2.....	21
FIGURA 4. SERIE DEL TIEMPO DEL MONÓXIDO DE CARBONO EN EL CENTRO HISTÓRICO	27
FIGURA 5: BARRIOS EN EL CENTRO HISTÓRICO	32
FIGURA 6. LÍMITES, MÁXIMOS DE EMISIONES PERMITIDOS PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA. MARCHA MÍNIMA O RALENTÍ (PRUEBA ESTÁTICA).....	46
FIGURA 7. LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA (PRUEBA DINÁMICA) A PARTIR DEL AÑO MODELO 2000 (CICLO AMERICANO).....	46
FIGURA 8. LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE GASOLINA (PRUEBA DINÁMICA) A PARTIR DEL AÑO MODELO 2000 (CICLOS EUROPEOS).....	47
FIGURA 10. CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN INICIAL DE GASBOX AUTOPOWER.....	51
ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI	55
FIGURA 11. EMISIONES DE CO EN VEHÍCULOS DEL AÑO 2000 Y POSTERIORES	55
FIGURA 12. EMISIONES DE CO2 EN VEHÍCULOS DEL AÑO 2000 Y POSTERIORES	55
FIGURA 13. RESULTADO DE ANÁLISIS DE GASES	56
FIGURA 14. PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES DE TOYOTA PRIUS CSPORT	59

FIGURA 15. PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES DE TOYOTA PRIUS CSPORT	59
FIGURA 16. PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES DE TOYOTA PRIUS CSPORT	60
FIGURA 17. PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GASES DE KIA PICANTO 2021	60
FIGURA 18. MAQUINA ANALIZADORA DE GASES GASBOX AUTOPOWER	61
FIGURA 20. ANÁLISIS DE GASES DE KIA PICANTO 2021	61
FIGURA 21. ANÁLISIS DE GASES DE TOYOTA PRIUS CSPORT	62
FIGURA 22. COLOCACIÓN DE LA Sonda EN EL TUBO DE ESCAPE DEL TOYOTA PRIUS CSPORT	62
FIGURA 23. SELLO DE BAJO GRADO DE CONTAMINACIÓN	69
FIGURA 24. SELLO DE MEDIO GRADO DE CONTAMINACIÓN	70
FIGURA 25. SELLO DE ALTO GRADO DE CONTAMINACIÓN	70

Proyecto de Normativa para Controlar el Índice de Contaminación en el Centro Histórico de la ciudad de Quito, D.M.Q, por CO y CO₂ emitidos por vehículos de combustión interna a gasolina.

David Esteban Hidalgo Echeverría

Cristian David Santillán Torres

dahidalgoec@uide.edu.ec

crsantillanto@uide.edu.ec

RESUMEN

La reducción de la contaminación ambiental es importante, la afectación a la salud al filo de calle es alta, adicional al deterioro de las fachadas y monumentos del Patrimonio de la Humanidad. La propuesta que se plantea en este artículo es el uso de adhesivos para vehículos que se encuentran bajo la norma INEN 2204, que determina los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidos por vehículos automotores que emplean gasolina, a fin de reducir la contaminación por CO y CO₂, generada por los vehículos de combustión interna, autorizando su acceso al Centro Histórico de la ciudad de Quito, D.M. Para encontrar los valores determinados en la Norma que emiten los vehículos en el Distrito Metropolitano, se realizó una toma de muestra de emisión de gases utilizando el equipo GASBOX, contrastándolo con un estudio realizado en otra ciudad con características geográficas y ambientales, similares, de la sierra ecuatoriana. En base a los análisis de los resultados se determina un eventual porcentaje de reducción de contaminación en el Centro Histórico, en el orden aproximado del 25 %, este porcentaje se refiere a los vehículos que poseen un alto grado de contaminación ambiental. Adicionalmente, la renovación del parque automotor con la introducción de vehículos nuevos, y dentro de estos un número creciente de vehículos híbridos y eléctricos, reducen las emisiones de gases en un 75% con respecto a los vehículos de combustión interna de tecnología anterior, para lo cual, es necesario limitar la circulación de vehículos que no se ajusten a los límites establecidos en la Norma invocada y cumplir con los Convenios y/o Tratados Internacionales relativos a la contaminación ambiental.

Palabras claves: contaminación ambiental, INEN 2204, CO₂, CO.

ABSTRACT

The reduction of environmental pollution is important because the health impact on the street is high, in addition to the deterioration of the facades and monuments of world heritage is a problem. The proposal put forward in this article is the use of adhesives for vehicles that are within the INEN 2204 standard to allow their entry into the historic center and offer an alternative for the reduction of CO and CO₂ pollution produced by internal combustion vehicles circulating in the historic center of the city of Quito. To find the values of CO and CO₂ emitted by vehicles in Quito, a sample of gas emissions was took it using GASBOX equipment, and to generalize other brands, reference it is made to a study conducted in a city with similar geographic and environmental characteristics in the Ecuadorian highlands. Based on the analysis of the results, the possible percentage of pollution reduction in the historic center is determined to be up to approximately 25%, this percentage refers to vehicles that have a high degree of environmental pollution. Additionally, the renewal of the vehicle fleet with the introduction of new vehicles, and within these a growing number of hybrid and electric vehicles, which reduce gas emissions by 75% with respect to internal combustion vehicles of previous technology, however, it is necessary to limit the circulation of vehicles that do not meet the limits established in the standard in order for the country to comply with international commitments on environmental pollution.

Key words: environmental pollution, INEN 2204, CO₂, CO

1. INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna a gasolina que circulan en el Ecuador, y especialmente en la ciudad de Quito, producen emisiones de gases contaminantes entre los cuales el CO y el CO₂ afectan al medio ambiente y a la salud. Estudios realizados por la Universidad Católica (Solá, et al., 2018), indican que al nivel del filo de la calle se tienen niveles muy altos de estos gases que inciden en enfermedades respiratorias y pulmonares, por otro lado las estructuras arquitectónicas del Centro Histórico, que son Patrimonio Cultural de la Humanidad, también resultan afectadas por la contaminación del aire como se indica en la investigación, debido a la gran cantidad emitida de gases por los vehículos que transitan en el centro histórico de Quito. (Cruz, 2019)

El presente estudio establece una propuesta para disminuir la contaminación ambiental en el Centro Histórico, la misma se basa en mediciones y proyecciones que reflejaría en la mejora del medio ambiente y en la calidad de vida de sus habitantes, cuyo impacto en la salud, negocios y turismo es importante en la economía de la ciudad. Al verificar esta mejora mediante el monitoreo de la calidad del aire, aseguraran mantener el reconocimiento de la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad y los beneficios indicados para los habitantes. (Andalucía, Guía de Arquitectura de la ciudad de Quito Volumen 1, 2004)

La importancia de la aplicación de medidas como la que se propone es muy grande, tomando en consideración que la circulación de vehículos en la capital es muy alta, ya que, en el año 2019 se matricularon alrededor de 500.000 vehículos; constantemente se analizan alternativas para mejorar la calidad del aire por lo que las entidades de control como la Secretaría del Ambiente de la Municipalidad de Quito, así

como la CORPAIRE lo efectúan basados en la Norma INEN 2204-2016 que establece los límites de emisiones de gases contaminantes producidos por los vehículos de combustión interna a gasolina. (AMT, 2020)

El control que se propone realizar es mediante la colocación de adhesivos tipo semáforo en los vehículos que caracterizará a los mismos como AGC (alto grado de contaminación), MGC (medio grado de contaminación) y BGC (bajo grado de contaminación), la colocación se la puede realizar en los centros de revisión vehicular controlados por la CORPAIRE.

El aporte de esta investigación será de gran utilidad cuando se aplique por parte de la AMT, limitando la circulación de vehículos con altos niveles de contaminación de emisiones en el Centro Histórico, consiguiendo que se convierta en una zona de baja emisiones la cual se le denominará como en otras ciudades del mundo LEZ (low emission zones).

En forma general los resultados indican que los vehículos nuevos son fabricados con una norma más estricta, ya que por ejemplo en Europa se tiende a que las emisiones sean de un nivel muy bajo respecto a lo que se tiene aquí en el Ecuador, para lo que se realiza un análisis de correlación y mediciones experimentales en campo sobre las emisiones de CO y CO₂ con el equipo analizador de gases para las diferentes marcas de vehículos.

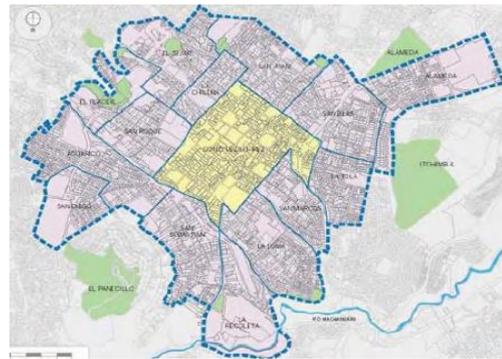
2. Fundamentación teórica

Los estudios sobre la contaminación en la ciudad de Quito, D.M.Q, señalan que una de las mayores causas, es la emisión de gases contaminantes generados por los vehículos, dada la altitud a la que se encuentra la ciudad, existe un incremento del 40 % de dichas emisiones según (Pérez, 2010). Por otro lado, la concentración de estos gases se mantiene alta por su topografía, existiendo una limitación de la circulación del viento en

la ciudad debido a su barrera natural, la cordillera de los Andes, el macizo del Guagua y el Ruco Pichincha. (Pérez, 2010) La edad de los vehículos que circulan en la ciudad es un factor importante en la emisión de los gases contaminantes, según (Zalakeviciute, Lopez-Villalba, & Rybarczyk , Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana 2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación, 2018) cuyo estudio sustenta que las ciudades que se encuentran en desarrollo y con una población menor a 5 millones de habitantes, están actualmente en las zonas de más rápido crecimiento y generalmente tienen valores altos de contaminación. Esto se debe a la falta de regulación estricta y la edad de los motores de vehículos que circulan que en gran parte son antiguos y con el combustible de mala calidad factores que inciden en la contaminación ambiental. (Zalakeviciute, Lopez-Villalba, & Rybarczyk , Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana 2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación, 2018)

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una alternativa para reducir la contaminación ambiental en el Centro Histórico de Quito, que está conformado por 15 barrios legales y 23 ilegales, en una superficie de 606 Ha con protección patrimonial, están edificadas 376 Ha y se distribuye en dos zonas: La primera de ellas es un núcleo que comprende al barrio González Suárez con 54 Ha. y la segunda de áreas periféricas con los barrios: San Sebastián, La Tola, San Diego, San Marcos, San Blas, La Alameda, El Tejar, San Roque, La Chilena, El Placer, Aguarico, San Juan, La Recoleta y La Loma que suman 322 Ha, además 230 Ha. de superficie verde. (VILLACÍS, 2015)

Figura 1. Barrios en el Centro Histórico



Fuente: INEC, censo poblacional 2010.
Elaborado por la Secretaria de Territorio y Hábitat

Es evidente que la contaminación producida por la circulación de vehículos de combustión interna, es una de las principales causas para la afectación a la salud de sus habitantes y a las estructuras físicas como fachadas y edificaciones en general, situación que se tiende a controlar con acuerdos regionales y mundiales, es así que en octubre de 2017, el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se adhirió al compromiso “Declaración de C40 por unas calles Libres de Combustibles Fósiles” por la que se compromete a tomar acciones tendientes a reducir las emisiones vehiculares, y entre estas propuestas para alcanzar ese objetivo menciona la transición de reemplazo de vehículos que usan combustibles fósiles hacia tecnologías limpias. Según esta Declaración, las ciudades deben generar una transición para reducir el uso de combustibles, mediante la adquisición de buses con tecnología cero emisiones a partir del 2025 y asegurando que determinados sectores de las ciudades sean cero emisiones netas de carbono para el 2030. (DMQ, 2018) La incertidumbre de que se cumplan los plazos por parte de la administración de la ciudad, genera preocupación en organismos y entidades como las universidades, para reducir la contaminación ambiental, específicamente en el control por las emisiones de CO y CO₂, debido a que el dióxido de carbono junto con el vapor de agua es el mayor responsable del efecto invernadero del planeta cuyo resultado es el calentamiento global. Cabe

mencionar que el CO₂ al formar parte de los ciclos vitales de la naturaleza, no todo lo que emiten las actividades del ser humano, incrementan las concentraciones de CO₂ en la atmósfera, sino que en su mayoría es reabsorbido por la propia naturaleza. (Antonio & Muñoz Domínguez, 2015) También se tiene que tener presente que las emisiones de CO₂ son siempre directamente proporcional al consumo de combustible, por lo que es prácticamente inevitable su producción, mientras se siga dependiendo de estos combustibles para la obtención de energía. Por el lado de las emisiones de monóxido de carbono, es un gas incoloro, inodoro, inflamable y tóxico que está presente en el proceso de la combustión, ya que es una especie intermedia que surge debido a la cinética química en la combustión y la combustión incompleta del combustible a base de hidrocarburos. Este gas es tóxico para la salud humana, debido a que inhabilita la absorción de oxígeno por los glóbulos rojos, produciendo la asfixia, por lo que es muy peligroso a nivel local o al filo de la calle y más aún en recintos cerrados mientras su transformación a CO₂ no ocurra. (Antonio & Muñoz Domínguez, 2015)

Se considera que las ciudades que tienen atractivo turístico al ser patrimonio de la humanidad también impactan positivamente al estar libres de contaminación por lo que tomando como ejemplo de las experiencias de otras ciudades sobre la reducción de emisiones contaminantes provenientes del tráfico vehicular y otras fuentes, lo más conveniente es llegar a ser considerada una ciudad LEZ (zona de bajas emisiones), que han desarrollado reglas o principios para ser considerada como tal en la Unión Europea. Para llegar a este estado las ciudades deben tener objetivos claros, como en algunos casos la eliminación de circulación de vehículos de combustión interna, inclusive llegando a ser zonas de cero emisiones donde solo se es permitido el ingreso a vehículos eléctricos. (Müller & Le Petit, 2019)

Debido a la densa congestión vehicular que existe en el Centro Histórico de Quito, este sector está siempre expuesto a altas emisiones contaminantes provenientes en su mayoría del tráfico vehicular, por lo que se propone que el Centro Histórico pase a ser una zona de bajas emisiones (LEZ), ya que este tipo de zonas están principalmente enfocadas en la contaminación ambiental producida por el tráfico, pero también se considera otras fuentes que generan emisiones. Las LEZ son herramientas poderosas para la ciudad al momento de tomar acciones ambiciosas, rápidas y efectivas contra las emisiones de gases, y al hacerlas en una zona específica como en este caso el Centro Histórico y no a la ciudad entera de Quito, se vuelve más aceptable por parte del público y negocios locales, teniendo en cuenta que el Centro Histórico debería tener un mayor cuidado ya que es patrimonio cultural de la humanidad. El beneficio al tener la ciudad LEZ es importante en la parte económica por reactivación de negocios relacionados con el turismo, disminución de gastos por enfermedades respiratorias y disminución de mantenimiento de las edificaciones. (Group, 2019) Para conseguir dar un paso en esa dirección, la propuesta planteada en este artículo es utilizar adhesivos de control de circulación o de ingreso al Centro Histórico solo para vehículos con bajas emisiones de CO y CO₂ bajo la norma INEN 2204 – 2016 la detección del nivel de emisiones, se la realizaría durante la revisión vehicular que está a cargo de la AMT, los vehículos que tengan niveles por debajo de la norma accederán a que se les coloque el vehículo BGC (bajo grado de contaminación). La reglamentación para la aplicación de esta norma tiene que emitir el Municipio del DMQ, de tal manera que contemple la difusión, la estrategia considerando los beneficios para la ciudad y población.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. METODOLOGIA

Para el estudio y análisis de recolección de datos se usarán equipos de medición de gases contaminantes modelo GASBOX para poder obtener los valores necesarios de CO, CO₂ y O₂ de los vehículos que circulan en la ciudad de Quito y en general, la región central de la sierra, adicionalmente los cálculos realizados de los gramos de CO y CO₂ mediante la ecuación de combustión.

Los valores de CO y CO₂ por kilómetro, se contrastarán con los indicados en la norma INEN 2204-2016 y de esta forma se determina la restricción de circulación de los vehículos que excedan los parámetros establecidos. Mediante un sello se informa a los agentes de tránsito los vehículos autorizados que son los que no sobrepasan los valores de la norma.

A fin de justificar la necesidad de establecer el control de ingreso al Centro Histórico de Quito, se utilizan los datos que genera la Red de Monitoreo del Aire del Metropolitano de Quito, administrada por la Secretaría de Ambiente DMQ, por otro lado, existen mediciones efectuadas por instituciones particulares como por ejemplo “Determinación de la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro Histórico de Quito y el Valle de los Chillos”. (Cruz, 2019) ; “Contaminación del aire a filo de calle en Quito, caso estudio Guayaquil y espejo” (Solá, et al., Contaminación del aire a filo de calle en Quito, 2018); “Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la contaminación urbana por PM_{2.5} en áreas urbanas de gran elevación” (Zalakeviciute, Lopez-Villalba, & Rybarczyk , Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM_{2.5} Contaminación en zonas urbanas de alta elevación, 2018), señalan que los valores de contaminación son más altos que los publicados por la Secretaría de Ambiente del DMQ, lo que afecta a la población del Centro Histórico de Quito volviéndola propensa a tener problemas en la salud.

En base a lo que se analiza en los párrafos anteriores, el estudio presenta mediciones que indican su característica cuantitativa, pero a la vez por la relación con la salud y mejora de la calidad del aire también tiene un componente cualitativo.

3.2. MATERIALES SELECCIONADOS

Para la medición de gases contaminantes CO, CO₂ y O₂ se utilizaron 3 autos a combustión interna los cuales son un Kia Picanto 2020 con motor 1000 cvvt de 3 cilindros, Kia Sportage R 2021 de 2.0 L MPI y un Toyota Prius C sport 2020 el cual es híbrido con un motor 1500 cc, estos tres vehículos se les realizara la prueba de gases mediante la utilización del equipo Gasbox Autopower, El funcionamiento del analizador de gases se basa en el principio de absorción de radiación infrarroja, para realizar el análisis de los gases en motores de ciclo Otto, que son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC), y de celda electroquímica (galvánica) para así poder determinar el oxígeno molecular (O₂) y opcionalmente óxidos de nitrógeno (NO_x).

Figura 2. Analizador de gases Gasbox



Fuente: Autores

Para la detección de los gases se usa una sonda de medición que viene con una grapa de fijación en los tubos de escape, un pre filtro y un tubo flexible de 5 metros, la sonda siempre debe ser colocada a la salida del tubo de escape, que para el equipo viene a ser la entrada de las emisiones de gases del vehículo que se está analizando.

Figura 3. Sonda Lambda



Fuente: Autores

El equipo se encuentra certificado por la empresa TEXA S.p.A basado en la Directiva de Mediciones de Instrumentos (MID) 2004/22/CE, también posee un número de certificación el cual es el 0036730791655. El analizador de gases Gasbox Autopower se encuentra calibrado y actualizado, para poder realizar las mediciones de gases en el taller AUTOMOTRES CM.

3.2.1. CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR DE GASES GASBOX AUTOPOWER

La calibración del equipo la realiza el mismo equipo al conectarse a una fuente de 120 voltios de corriente alterna y a una laptop, el equipo se calibra por 60 segundos, pasado este tiempo el equipo ya puede utilizarse para poder realizar la medición. Después de cada medición el equipo vuelve a calibrarse por 60 segundos, para poder iniciar la siguiente prueba, así sucesivamente.

3.2.2. SECUENCIA DE LA TOMA DE MUESTRAS CON EL ANALIZADOR DE GASES.

- Conectar el equipo a una fuente de 110 voltios
- Conectar mediante bluetooth la máquina analizadora de gases y la laptop.
- Verificar que la sonda este bien conectada en el equipo de medición.
- Conectar la sonda de ensayo de gases en el conector central de la parte frontal del equipo
- Esperar por 60 segundos que se calibre y poder realizar la medición

- Tener el vehículo prendido por alrededor de 10 minutos antes de realizar las mediciones.

- Realizar un par de aceleraciones antes de realizar la prueba y limpiar el tubo de escape de cualquier suciedad.

- Tapar el tubo de escape por alrededor de 5 segundos para así generar una presión y soltar para eliminar posibles impurezas

- Instalar la sonda del medidor de gases a la salida del tubo de escape del vehículo

- Para proceder a realizar correctamente la medición de gases, se necesita que la temperatura normal de operación haya alcanzado los 95 °C.

- Esperar que el motor se estabilice

- En la prueba de 2500 a 3000 rpm se debe dejar que el motor se estabilice para poder acelerar y mantener en las revoluciones mencionadas por 30 segundos.

- Una vez suelto el acelerador, se debe esperar a que el motor vuelva a estabilizarse para poder realizar otra medición.

- Toma de datos

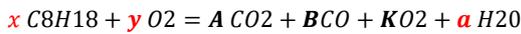
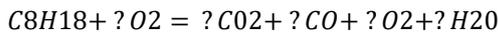
- Análisis de los resultados según la normativa siguiente

3.3. PROCESO QUÍMICO DE LA COMBUSTIÓN

Durante la combustión se genera un proceso de oxidación de los componentes en el combustible los cuales, al ser capaces de oxidarse, pueden, por lo tanto, ser representados en una ecuación química. En el proceso de la combustión las masas de cada uno de los elementos permanecen inalterable, por lo que al escribir las ecuaciones químicas y resolver problemas que comprendan las cantidades de varios componentes, el asunto se reduce básicamente a considerar la conservación de la masa de cada elemento. Si en las proporciones de los componentes de los

reactivos hay exactamente las suficientes moléculas de oxidante para lograr una reacción completa hasta formar moléculas estables de los productos, se dice que dichas proporciones son estequiométricas. (Gutiérrez Ojeda & Gomez Alarcón, 2004)

Dentro de un motor de combustión interna a Gasolina los compuestos químicos iniciales que se tomará en cuenta será la gasolina enviada desde el tanque de combustible C_8H_{18} y el oxígeno O_2 ingresado por los ductos admisión y como producto de estos elementos se obtendrá en el escape los elementos finales que serán CO , CO_2 , O_2 y H_2O .



$$\text{Igualamos los carbonos } 8x = A + B \quad x = D$$

$$\begin{aligned} \text{Igualamos los oxigenos } 2y &= 2(A) + B + 2(K)a \\ &= 2(A) + B + 2(K)a \end{aligned}$$

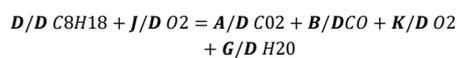
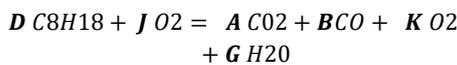
$$y = E + \frac{a}{2}$$

$$y = J$$

Igualamos hidrogenos

$$D(18) = 2(a)$$

$$a = G$$



Estos resultados se realizan para analizar la masa molecular que tiene cada elemento químico resultante con el fin de poder contrastar con el consumo que ejerce un vehículo por cada kilómetro que recorre y de esta manera obtener los gramos por recorrido que emite el mismo.

Masa molecular del C_8H_{18}

$$8(12) + 18(1) = 114 \text{ kg/mol}$$

$$C=12 \quad H=1$$

Masa molecular del CO_2

$$1(12) + 2(16) = 44 \text{ kg/mol}$$

$$C=12 \quad O=16$$

Masa molecular del CO

$$1(12) + (16) = 28 \text{ kg/mol}$$

$$C=12 \quad O=16$$

(Gutierrez, 2020)

$$\frac{\text{Densidad de la gasolina}}{\text{consumo de combustible}} \times \frac{\text{Kg de elemento}}{\text{Kg de } C_8H_{18}}$$

$$R \times Q_{1,2} = Z$$

$$\frac{\text{Densidad de la gasolina}}{\text{consumo de combustible}} = \frac{\text{kg de } C_8H_{18}}{\text{km/m}^3}$$

$$\frac{680 \text{ kg/m}^3}{X \text{ km/m}^3} = R$$

X = es una variable dependiendo del consumo

$$\frac{\text{Kg de elemento}}{\text{Kg de } C_8H_{18}} = Q$$

$$\frac{44 \text{ kg/mol} \times A}{114 \text{ kg/mol} \times 1} = \frac{\text{Kg } CO_2}{\text{Kg}} = Q_1$$

$$\frac{28 \text{ kg/mol} \times B}{114 \text{ kg/mol} \times 1} = \frac{\text{Kg } CO}{\text{Kg}} = Q_2$$

(Gutiérrez, 2020)

El resultado final (Q_1 y Q_2) de las formulas establecidas nos entregan el valor en Kg/Km de CO_2 y CO . Para poder comparar con los parámetros de la norma INEN 2204-2016 se transforma los Kilogramos a gramos.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se determina los valores medidos con la maquina analizadora de gases en vehículos que circulan en la ciudad de Quito (sin preferencia de marca) cumplen los parámetros de medición de gases en porcentajes de CO₂, CO y O₂ exigidos en la normativa INEN 2204 - 2016. (INEN, 2016)

Tabla 1. Resultado de medición de gases

	Peso (Kg)	Consumo Combustible Km/Litros	Consumo Combustible e Km/m ³	% CO ₂ (A)	% O ₂ (K)	% CO (B)
PICANTO 2021	1370	100 Km/5.9 Litros	16949	15.3	0.17	0.03
TOYOTA PRIUS 2020	1565	100 Km/ 3.2 Litros	31250	13.1	0.41	0.04
KIA SPORTAG E R 2021	2000	100 Km/ 11.8 Litros	8474.57	14.1	0.33	0.19

Fuente: Autores

Los resultados indicados en la Tabla 1 de acuerdo a la norma INEN 2204-2016 indican que estaría dentro del rango permitido, por lo que bajo el criterio las zonas de bajas emisiones estos vehículos podrían ingresar al Centro Histórico de Quito.

Con el fin de tener una mayor comparación de emisiones de otras marcas y modelos de vehículos se toma como referencia la Tabla 2 y 3 de datos generales, obtenido de la tesis de Santiago, N. P. (2018). Estos valores fueron obtenidos en la ciudad de Ambato, que por tener las mismas características y calibraciones de los vehiculos que circulan en la ciudad de Quito y en general en la sierra ecuatoriana.

Tabla 2. Datos generales

	Peso(Kg)	Consumo Km/Litros	Consumo Km/m ³
(1) Sail 2013	1485	100/5.4	15852.04
(2) Ionic 2018	1445	100/3.4	29411.76
(3) Tucson	2010	100/10.4	9614.38
(4) Citroen c3 2018	1151	100/4.8	20833.33
(5) Grand i10 2018	1430	100/6	16666.66
(6) Garnd vitara SZ	2070	100/8.9	11235.95
(7) Optra 2008	1211	100/8	12500
(8) Yaris 2018	1565	100/4	25000
(9) Picanto 2021	1370	100/5.9	16949
(10) Sportage R 2017	2000	100/11.8	8474.57
(11) Prius 2020	1565	100/3.2	31250
(12) Fortuner 2.7 2020	2600	100/10.5	9523.8
(13) Sportage R 2021	2000	100/11.8	8474.57
(14) Creta 2018	1730	100/9 L	11111.11

Fuente: Autores

Tabla 3. Datos generales de emisiones

	% CO ₂ (A)	% O ₂ (K)	% CO (B)
(1) Sail 2013	12.4	1.5	0.76
(2) Ionic 2018	14.6	0.04	0.02
(3) Tucson	14.2	0.08	0.03
(4) Citroen c3 2018	14.2	0.08	0.01
(5) Grand i10 2018	12.58	0.07	0.68

(6) Garnd vitara SZ	12.6	1.05	1.02
(7) Optra 2008	12.8	1.62	0.72
(8) Yaris 2018	14.6	0.79	0.01
(9) Picanto 2021	15.3	0.17	0.03
(10) Sportage R 2017	11.5	1.25	0.85
(11) Prius 2020	13.1	0.41	0.04
(12) Fortuner 2.7 2020	14.8	0.68	0.2
(13) Sportage R 2021	14.1	0.33	0.19
(14) Creta 2018	12.5	0.05	0.03

Fuente: Autores

4.1. COMPARACIÓN DE LÍMITES PERMITIDOS POR LA NORMA INEN NTE 2204-2016

Con el objeto de tener una mejor percepción de la contaminación en las ciudades como Quito, Ambato se analizan las tablas 2 y 3 bajo los valores límites de la norma como se indica en la figura 4. (INEN, 2016)

Figura 4. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	CO g/km	HC g/km	HC + NOx g/km	NOx	PM	Ciclos de prueba	Evaporativas g/ensayo SHED
M1		2,3	0,2	-	0,15	-		2
N1	CL1 ≤ 1305	2,3	0,2	-	0,15	-	ECE 15 + EUDC	2
	CL2 > 1350 < 1760	4,17	0,25	-	0,18	-		2
	CL3 > 1760 ≤ 3500	5,22	0,29	-	0,21	-		2

* Prueba realizada a nivel del mar.

Fuente: NTE INEN 2204:2016

En la tabla 5 se observa el cumplimiento de g/Km de CO, en la que se observa que el 21,42% de los vehículos analizados con la prueba de emisiones de gas no cumplen con los valores mínimos de restricción de la normativa INEN 2204 (Ciclos europeo)

especificado la tabla 3. Esta medida actualmente no se está tomando en cuenta al momento que un vehículo se realiza la Revisión Técnica Vehicular en Quito, por lo que, si se aplicara la norma, estos vehículos ya no deberían tener la aprobación de circulación, por otro lado, también se analiza en nuestro estudio el cumplimiento de g/Km de CO₂, que se toma como referencia el límite de la norma de la Unión Europea que se aplicó desde el año 2009 hasta el 2018, que fue de 130 g/Km, considerando que la norma ecuatoriana no tiene un valor de los g/Km de CO₂, actualmente el límite de la norma europea es de 95 g/Km. (Lemerle, 2019)

TABLA 5. Cumplimiento de g/km de CO y CO₂.

MODELO	INEN 2204 g/Km CO		COMPLIMIE MO. g/Km CO ₂ (>130)	
	CO ₂	CO	SI	NO
1	124.8	4.86	X	X
2	71.29	0.06	X	X
3	217.9	0.29	X	X
4	100.7	0.04	X	X
5	119.5	4.11	X	X
6	172.8	8.90	X	X
7	159	5.69	X	X
8	83.9	0.03	X	X
9	123.6	0.15	X	X
10	230.7	10.8	X	X
11	66.98	0.13	X	X
12	217.5	1.8	X	X
13	244.4	2.0	X	X
14	188.5	0.28	X	X

Fuente: Autores

En la figura No.5 se presenta la relación que existe entre los valores de gramos por kilómetro de CO y CO₂ correspondientes a los datos presentados en la tabla No.5, en la mencionada figura se puede observar que es variable en los diferentes vehículos, por esta

razón el coeficiente de correlación que existe entre las variables es bajo ($R^2 = 0.1626$), por la incidencia de la contaminación por estas dos variables, se determina que es necesario incluir en la normativa los dos parámetros, ya que el hecho de que un vehículo tenga un valor menor de gramos por kilómetro de CO no quiere decir que el mismo cumpla a cabalidad los gramos por kilómetro de CO₂ y viceversa.

Figura 5. Coeficiente de correlación de gr/km de CO y CO₂



Fuente: Autores

La tabla 6 comprende el resumen general del análisis de la restricción de circulación que tendría para el Centro Histórico de Quito, aplicando un planteamiento de restricción por categoría de contaminación de los vehículos objeto de la prueba, el resultado que se aprecia es de 21,42% de vehículos AGC (Alto grado de contaminación) que no podrían circular, 35,71% los vehículos MGC (Medio grado de contaminación) que solo podrían circular 2 días a la semana y un 42,86% categorizados con BGC (Bajo grado de contaminación) que serían los únicos que podrían circular los 7 días de la semana.

TABLA 6. Cumplimiento y categorización de circulación en el centro histórico de Quito

		CATEGORIA/ CIRCULA		
		AGC	MGC	BGC
MODELO		0/7 días	2/7 días	7/7 días
Sail 2013	1485Kg		x	
Ionic 2018	1445kg			x
tucson	2010kg		x	
citroen c3 feel 2018	1151kg			x

Grand i10 2018	1430kg		x
grand vitara sz	2070Kg	x	
chevrolet optra 2008	1211kg	x	
yaris 2018	1565kg		x
Picanto 2021	1370kg		x
Sportage R 2017	2000kg	x	
Prius 2019	1565kg		x
Toyota Fortuner 2.7 2019	2600kg		x
Sportage R 2021	2000kg		x
Hyundai Creta 2018	1730kg		x

Fuente: Autores

5. CONCLUSIONES

Siendo muy importante la reducción de la contaminación por CO (gas tóxico para los seres vivos) y CO₂ (causante de efecto invernadero) en el Centro Histórico de Quito (zona verde), el análisis realizado indica que es necesaria la limitación de la circulación de vehículos que no cumplan con los límites establecidos en la normativa.

Bajo el criterio de contaminación en gramos por kilómetro de CO y CO₂, se conseguiría reducir el efecto negativo en la salud y la infraestructura al aplicar limitación de circulación vehicular dentro del Centro Histórico de Quito, que de acuerdo a la muestra se encontró que se puede restringir a solo 2 días de circulación para un 28 % de la misma y el 21 % no podrían ingresar al centro histórico.

Los vehículos híbridos son los que presentan un mejor rendimiento al momento de realizar los cálculos, por esta razón no tendrían restricción vehicular.

Los vehículos nuevos tienden a tener mejor rendimiento y menor contaminación, ya que las políticas mundiales impulsan a la descontaminación del planeta siendo la combustión de hidrocarburos uno de los principales contaminantes, por esta razón los

vehículos de modelos antiguos no tienen una buena tecnología y son a los que entraría en el rango de posible restricción de circulación.

Un factor para un alto grado de contaminación, proviene de vehículos que no tienen un buen mantenimiento, siendo un ejemplo el vehículo Sportage R que se analizó entre el modelo 2017 y 2021. Estos llevan la misma tecnología, pero diferentes condiciones de desgaste

Los vehículos cuyas muestras se toman en cuenta para el estudio van desde el año 2008 hasta el 2021, lo que permite establecer que los vehículos con más antigüedad tienden a tener valores más altos de contaminación en una prueba de análisis de gases, además la tecnología con la que se fabrican los vehículos que se analizaron, es mucho más avanzada con respecto a vehículos posteriores al año 2010, siendo esto una razón por la cual el rendimiento puede verse afectado al momento de ser examinados. Por lo que se analizaron vehículos con menor tiempo de vida, misma tecnología (inyección electrónica), además se analizan los de tecnología híbrida.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AMT. (10 de Enero de 2020). *465.908 vehículos fueron matriculados en el 2019*. Obtenido de <http://www.quitoinforma.gob.ec/2020/01/10/465-908-vehiculos-fueron-matriculados-en-el-2019/>
- Andalucía, J. d. (2004). *Guía de Arquitectura de la ciudad de Quito Volumen 1* (Vol. 1). Quito-Sevilla: Junta de Andalucía.
- Andalucía, J. d. (2004). *Guía de Arquitectura de la ciudad de Quito Volumen 1*. Quito-Sevilla: Junta de Andalucía.
- Antonio, A. R., & Muñoz Dominguez, M. (2015). *Emisiones Contaminantes*. En A. R. Antonio, & M. Muñoz Domínguez, *Motores de Combustión Interna* (págs. 116-117). Madrid: universidad nacional de educación a distancia.
- Cruz, C. C. (2019). *Determinación de la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro o Histórico de Quito y el Valle de los Chillos. (Tesis de Pregrado)*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.
- DMQ, S. d. (2018). *PROYECTO DE ORDENANZA METROPOLITANA PARA LA DESCARBONIZACION DEL TRANSPORTE Y FOMENTO DEL TRANSPORTE CON TECNOLOGIA LIMPIA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. Quito: Secretaria de Ambiente del DMQ.
- El telégrafo. (6 de Abril de 2020). *Analizan los efectos de contaminación en casco colonial de Quito*. Obtenido de El telégrafo: <https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/analizan-casco-colonial-quito>
- Group, C. C. (Marzo de 2019). *How to design and implement a clean air or low emission zone*. Obtenido de .c40knowledgehub: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-to-design-and-implement-a-clean-air-or-low-emission-zone?language=en_US
- Gutiérrez Ojeda, M., & Gomez Alarcón, X. (2004). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO*. (E. P. EJÉRCITO, Ed.) Latacunga, Ecuador.
- Gutiérrez, M. (Mayo de 2020). *Formula de emisiones por recorrido*. Quito.

- Gutierrez, M. (Mayo de 2020). Relacion estequiometrica de la combustion. Quito.
- INEN. (2016). *GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES*. Quito.
- Lemerle, M. (Mayo de 2019). *New CO2 emission regulations in Europe: A perfect storm for car manufacturers?* . Obtenido de https://www.eulerhermes.com/en_global/news-insights/economic-insights/New-CO2-emission-regulations-in-Europe-A-perfect-storm-for-car-manufacturers.html
- Müller, J., & Le Petit, Y. (2019). *Low-Emission Zones are a success - but they must now move to zero-emission mobility*. Brussels, Belgium: TRANSPORT & ENVIRONMENT.
- Pérez, C. P. (2010). *GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA: EL CASO DE QUITO*. Quito.
- Santiago, N. P. (2018). *ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Solá, D. C., Ampudia Vásquez, S., Puertas de la Cruz, C., Bustamante Granda, L., Reina Velasco, C., & Ramírez Cevallos, F. (2018). Contaminación del aire a filo de calle en Quito. *Perfiles Revista Científica*, 11(2), 90-99.
- Solá, D. C., Ampudia Vásquez, S., Puertas de la Cruz, C., Bustamante Granda, L., Reina Velasco, C., & Ramírez Cevallos, F. (2018). CONTAMINACIÓN DEL AIRE A FILO DE CALLE EN QUITO. *Perfiles Revista Científica*, 11(2), 90-99.
- Solá, D. C., Ampudia Vásquez, S., Puertas de la Cruz, C., Bustamante Granda, L., Reina Velasco, C., & Ramírez Cevallos, F. (2018). CONTAMINACIÓN DELAIRE A FILO DE CALLE EN QUITO,. *Perfiles Revista Científica*, 11(2), 90-99.
- VILLACÍS, J. V. (2015). *CENTRO DE APOYO PARA EL HABITANTE DE LA CALLE EN EL CENTRO*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.
- Wyllen, G. J., & E. Sonntag, R. (1986). *Fundamentos de Termodinámica*. Mexico D.F.: LIMUSA, S.A.
- Zalakeviciute, R., Lopez-Villalba, J., & Rybarczyk , Y. (2018). Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana 2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación. *Sustainability*, 10(6), 10-64; doi:10.3390/su10060064.
- Zalakeviciute, R., Lopez-Villalba, J., & Rybarczyk , Y. (2018). Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación. *MDPI*, 10(6).

ANEXOS

ANEXOS INTRODUCCIÓN

- **Objetivo General**

Realizar el proyecto de Normativa mediante ordenanza municipal, que promueva la reducción del índice de contaminación en el centro histórico a través de un adhesivo que permita la circulación de vehículos amigables al medio ambiente en el área determinada por el DMQ.

- **Objetivos Específicos**

- Establecer los niveles máximos permitidos de emisiones contaminantes en los vehículos que puedan ingresar al centro histórico de Quito basado en la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 2 204:2002.
- Limitar zonas de circulación en centro histórico de Quito para vehículos de alto, medio y bajo índice de contaminación.
- Diseñar un adhesivo con código QR que indique la condición de vehículo libre de contaminación y que puede circular en el centro histórico de Quito.
- Establecer las proyecciones teóricas de los niveles de contaminación en el área del Patrimonio, considerando la restricción de circulación vehicular con el uso del adhesivo. Las proyecciones se calcularán para periodos de 6 meses llegando a 5 años.

- **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo se puede influir en la actualización de la norma y los organismos técnicos de control ambiental mediante el desarrollo de estudios e investigaciones en la Universidad Internacional del Ecuador?

¿la normativa técnica de control ambiental en vehículos ha generado un resultado positivo o negativo a lo largo de los años en el centro histórico de Quito?

¿Se pueden reducir los niveles de contaminación en el centro histórico, segmentando vehículos de mayor y menor contaminación?

¿En qué porcentaje se puede reducir la contaminación con la normativa de restricción vehicular a vehículos que superen el nivel de la norma INEN?

¿Considerando la posible importación de combustibles de calidad con estándares internacionales y un transporte público moderno como el Metro, será posible importar vehículos de combustión interna con norma EURO 6 o 7?

• FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

La contaminación ambiental es un problema que se combate a nivel mundial buscando formas para mantener una atmósfera limpia para que se perdure el tiempo de vida de nuestra planeta, gran porcentaje de contaminación se ha registrado debido a los gases de escape producidos por vehículos con motores de combustión interna, por lo que varios países a nivel mundial a lo largo del tiempo han implementado normativas de control ambiental y de esta manera regular de manera más eficiente los rangos de contaminación. Ecuador es un país que mantiene actualmente la normativa NTE INEN 2 204:2002 que establece los rangos de emisiones en la revisión técnica vehicular que se aplica en las ciudades más grandes del país.

En el presente trabajo se analizará el centro histórico de Quito ya que se encuentra calificado como patrimonio cultural de la humanidad, por lo tanto, el impacto de la contaminación es muy perjudicial para los monumentos y especialmente las fachadas de iglesias y casas coloniales. Uno de los principales causantes son las emisiones permitidas por vehículos de combustión interna, tanto de vehículos particulares como públicos de los gases CO y CO₂, además otra consecuencia es la afectación a la salud de los habitantes del centro histórico por la degradación del aire que se respira y que también tiene un impacto importante en el turismo, ya que las visitas del exterior son exigentes en cuanto a la calidad del aire. El proyecto tiene como objetivo plantear una normativa (ordenanza municipal) que mediante sello (adhesivo) establezca la restricción de circulación de los vehículos que excedan los parámetros establecidos en la norma INEN 2 204-2002 en el centro histórico y como proyección hacia toda la ciudad plantear un premio vía descuento de un porcentaje del valor de la revisión vehicular para los vehículos que tengan un nivel de emisión de gases mucho más bajo que la que establece la mencionada norma. La aplicación de la restricción con el adhesivo inicialmente involucraría a los vehículos particulares y con el

ingreso del funcionamiento del metro de Quito, se aplicaría al transporte público especialmente taxis. Como parte del proyecto, se realizará la proyección teórica de la disminución de la contaminación en un año, para lo que se utilizarán los índices que registra la Secretaria del Ambiente DMQ, mediante el monitoreo de la calidad del aire, así como la estadística de venta de vehículos registrados desde el 2015 que la AEADE tiene publicados y el total de vehículos matriculados en el DMQ.

- **JUSTIFICACIÓN**

Considerando que la contaminación emitida por vehículos se debe a un proceso químico que se produce en la combustión interna de un motor, mediante fórmula química de igualación del mencionado proceso e introduciendo los valores obtenidos del analizador de gases se obtienen los porcentajes de O₂, CO₂ Y CO y así se calcula el valor de gramos por kilómetros de CO y CO₂, que determina si está o no está dentro de los valores fijados en la norma INEN 2204.

ANEXO 1 Solá, D. C., Ampudia Vásquez, S., Puertas de la Cruz, C., Bustamante Granda, L., Reina Velasco, C., & Ramírez Cevallos, F. (2018). CONTAMINACIÓN DEL AIRE A FILO DE CALLE EN QUITO. *Perfiles Revista Científica*, 11(2), 90-99.

La medición de la contaminación por monóxido de carbono según el análisis realizado por parte de la universidad católica del Ecuador (2) determina que la incidencia en el aire de al hacer la medición al filo de la calle es más alta que las mediciones que se toman en las estaciones colocadas por la secretaria del ambiente del DMQ, lo que vendría a impactar en la salud de los transeúntes así como en la parte inferior de las fachadas causando el deterioro la arquitectura colonial del centro histórico, situación que podría llevar a la afectación de la imagen como patrimonio cultural de la humanidad. (Solá, et al., CONTAMINACIÓN DEL AIRE A FILO DE CALLE EN QUITO, 2018)

El pico de mayor concentración de CO se da a las 7h00 y 20h00, debido a que en ese periodo existe mayor tráfico vehicular por lo que en ese horario es cuando cientos de personas salen a sus actividades diarias y también regresan a sus hogares. En estos picos de concentración de CO y CO₂ exceden los valores permitidos por las normas nacionales e internacionales vigentes, pero en el resto del día los valores suelen estar dentro de los rangos

permisibles establecidos por la secretaria del ambiente y de la OMS. (Solá, et al., CONTAMINACIÓN DEL AIRE A FILO DE CALLE EN QUITO, 2018)

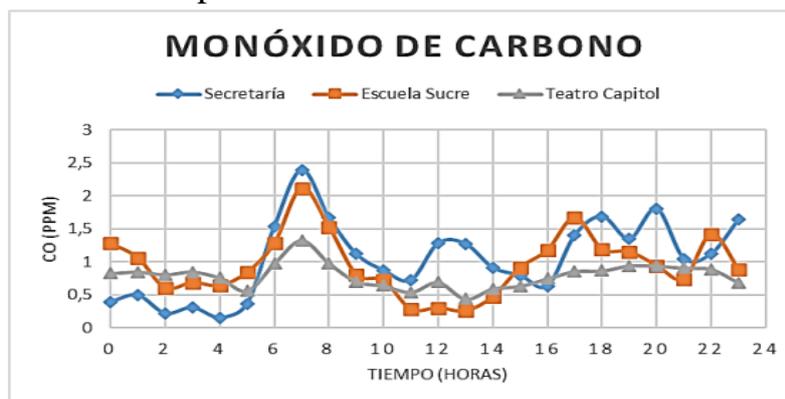
Como conclusión del artículo se encontró que al filo de la calle los niveles de CO son superiores a comparación de los niveles reportados por las estaciones regionales de la Secretaria del Ambiente DMQ, por lo que esto tendría un impacto en la salud en las personas que transitan en las calles del centro Histórico de Quito (Solá, et al., CONTAMINACIÓN DELAIRE A FILO DE CALLE EN QUITO,, 2018)

ANEXO 2 Cruz, C. C. (2019). Determinación de la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro o Histórico de Quito y el Valle de los Chillos. (Tesis de Pregrado). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.

Determinación de la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro Histórico de Quito y el Valle de los Chillos.

Como se puede observar en la figura la serie de tiempo del monóxido de carbono en el centro histórico de Quito se puede evidenciar que existe un pico de mayor concentración de monóxido de carbono entre las 5h00 a las 9h00 horas, para poder determinar la concentración de monóxido de carbono en el centro se estableció 3 puntos la cual es la secretaria del ambiente, escuela sucre y teatro capital. (Cruz, 2019)

Figura 4. Serie del tiempo del monóxido de carbono en el centro histórico



Cruz C. 2019. Monóxido de Carbono. Figura de la serie de tiempo del monóxido de Carbono en el Centro Histórico. Recuperado de *Determinación de la concentración de contaminantes del aire a filo de calle en el Centro o Histórico de Quito y el Valle de los Chillos. (Tesis de Pregrado)*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito

La presencia del monóxido de carbono se debe principalmente a la quema de combustibles en especial productos derivados del petróleo y el carbón al ser este contaminante producto de la combustión incompleta del carbono contenido en los combustibles en los automóviles, lo que es visible en la cantidad de smog que se puede apreciar a simple vista en las zonas de muestreo, además de ser las horas antes mencionadas una vez más consideradas como hora pico en el sector ya los ciudadanos se trasladan hacia sus lugares de trabajo y hacia sus hogares al finalizar la jornada laboral. Según la bibliografía prácticamente todo el monóxido de carbono troposférico (95%) después de ser producido es oxidado a CO₂ (CORPAIRE, 2009). Esto justifica la aparición de picos de concentración (producción de CO) seguidos de inmediato de valles. (Cruz, 2019)

Es importante tomar en cuenta que en el análisis de las series de tiempo de los contaminantes otros factores como la alta radiación solar que al ser absorbida por la capa de contaminación en la ciudad provoca que el aire de la atmósfera urbana se caliente más rápido que las demás capas de la misma, generando que las temperaturas se inviertan e impide que las masas de aire contaminadas asciendan. Esta capa de inversión que se forma débilmente empieza cuando se inicia el tráfico y es mayor cuando la actividad solar y el movimiento de la ciudad es máxima (a medio día). A esto se le llama “Isla de Calor”. Las llamadas “Islas de Calor se forman en las ciudades a causa del calor almacenado durante el día por: cemento, piedra, asfalto, alquitrán, etc. Acompañado de un movimiento cíclico del aire, lo que hace difícil la dispersión de los contaminantes emitidos por actividades antropogénicas en la zona urbana . (Cruz, 2019)

En una de las conclusiones se determinó que el factor que más influye en la contaminación de la ciudad es la gran circulación de vehículos y el otro es la alta radiación solar la cual provoca que ocurran ciertas reacciones atmosféricas que favorecen a la formación de contaminantes secundarios. (Cruz, 2019)

ANEXO 3 Andalucía, J. d. (2004). *Guía de Arquitectura de la ciudad de Quito Volumen 1*. Quito-Sevilla: Junta de Andalucía.

En 1978 la UNESCO nombro a la ciudad de Quito como Patrimonio de la Humanidad, este honroso título fue la primera ciudad en el mundo junto con Cracovia, y en el año 1967 el Centro Histórico de Quito fue protegido con una ordenanza municipal específica. A mediados de la década de 1980 la legislación evoluciono y se protegieron los conjuntos homogéneos y edificaciones singulares aisladas y construida hasta 1950. (Andalucía, Guía de Arquitectura de la ciudad de Quito Volumen 1, 2004)

ANEXO 4 AMT. (10 de Enero de 2020). *465.908 vehículos fueron matriculados en el 2019* . Obtenido de <http://www.quitoinforma.gob.ec/2020/01/10/465-908-vehiculos-fueron-matriculados-en-el-2019/>

El número de vehículos matriculados en el 2019 fue el más alto de los últimos 6 años. La Agencia Metropolitana de Tránsito, hasta diciembre, registró 465.908 automotores que cumplieron con este proceso obligatorio.

ANEXOS FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

ANEXO 5 Pérez, C. P. (2010). *GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA URBANA: EL CASO DE QUITO*. Quito.

Su altitud. En efecto, el estar situada a 2800 metros sobre el nivel del mar, en promedio, hace que el aire de Quito tengan naturalmente menos oxígeno, lo cual conspira contra la eficiencia de la combustión, que hace que los equipos que queman combustibles fósiles, como los generadores o incineradores industriales o los motores de los vehículos, consuman mayor cantidad de combustible y paralelamente, generen mayor cantidad de contaminantes, en comparación con proceso similares que se realizan en el llano, a nivel del mar. Para señalar algún dato más cuantitativo que ilustre esta afirmación, se anota que según las estimaciones hechas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2006), a mayores altitudes los vehículos a gasolina con carburador, emiten hasta 40% más

monóxido de carbono y hasta 20% más hidrocarburos, que cuando operan a nivel del mar, y esto considerando que en los Estados Unidos la ciudad grande que se encuentra más alto es Denver, en Colorado, a tan solo 1400 metros sobre el nivel del mar, frente a los más de dos mil de las ciudades ecuatorianas de altura. 5 - La topografía de la zona en que se asienta Quito, que presenta la forma de una cuenca que tiene en las elevaciones del ramal occidental de la cordillera de Los Andes, el macizo del Guagua y el Ruco Pichincha, una especie de barrera natural que limita la libre circulación del viento y consecuentemente, la capacidad de la atmósfera de dispersar los contaminantes. Este fenómeno común de las ciudades que están en valles; es decir su baja ventilación, hace que Quito, salvo los meses muy secos de mediados del año, tenga vientos promedio de entre uno y dos metros por segundo, bastante más bajos que los que experimentan poblaciones localizadas en amplias sabanas como Bogotá, por ejemplo, o en planicies extensas como Guayaquil.

ANEXO 6 Zalakeviciute, R., Lopez-Villalba, J., & Rybarczyk , Y. (2018). Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana 2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación. *Sustainability*, 10(6), 10-64; doi:10.3390/su10060064.

La mala calidad del combustible en el Ecuador, tiene un papel importante en la contaminación ambiental, al ser Quito una ciudad altamente motorizada con tráfico, cuyo alto crecimiento ha aportado al aumento de emisiones contaminantes más aun debido a la mala calidad del combustible. (Zalakeviciute, Lopez-Villalba, & Rybarczyk , Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana 2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación, 2018)

Las ciudades que se encuentra en desarrollo con una población menor a 5 millones de habitantes, está actualmente en las zonas de más rápido crecimiento y generalmente tienen valores altos de contaminación. Esto se debe a la falta de regulación estricta y la edad de los motores de vehículos

que circulan en la ciudad son viejos y el combustible de mala calidad juega un papel importante en la contaminación ambiental, a parte el fuerte tráfico vehicular influye en la cantidad de $PM_{2.5}$ que existe en el ambiente. (Zalakeviciute, Lopez-Villalba, & Rybarczyk , Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana 2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación, 2018)

Durante una década la ciudad de Quito ha sufrido un aumento de $PM_{2.5}$ de polución a largo plazo, debido primordialmente a las fuentes móviles que son los automóviles que utilizan combustible de mala calidad y en muchos casos poseen motores de combustión interna de tecnología, debido a que en otros países se encuentran en Norma Euro 6, el Ecuador sigue con una Norma basada en la Euro 2, es decir tiene un retraso de 20 años. (Zalakeviciute, Lopez-Villalba, & Rybarczyk , Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana 2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación, 2018)

En la ciudad de Quito existe una alta elevación que influye en la reducción de oxígeno que ingresa en la admisión de los motores de combustión interna y junto a la alta humedad relativa, ocasiona que ocurra una combustión incompleta por ende esto produce unas mayores emisiones de $PM_{2.5}$ (emisiones contaminantes) en los vehículos en general. Al haber un aumento de la humedad relativa favorece a la nucleación del ácido sulfúrico durante la dilución del escape, provocando un aumento de la formación de PM. Esto se debe a que en ciudades como Quito se comercialice combustibles con un alto contenido de azufre, ocasionando que los vehículos sea una fuente de contaminación constante en la ciudad. (Zalakeviciute, Lopez-Villalba, & Rybarczyk , Efectos contrastados de la humedad relativa y la precipitación en la PM urbana 2.5 Contaminación en zonas urbanas de alta elevación, 2018)

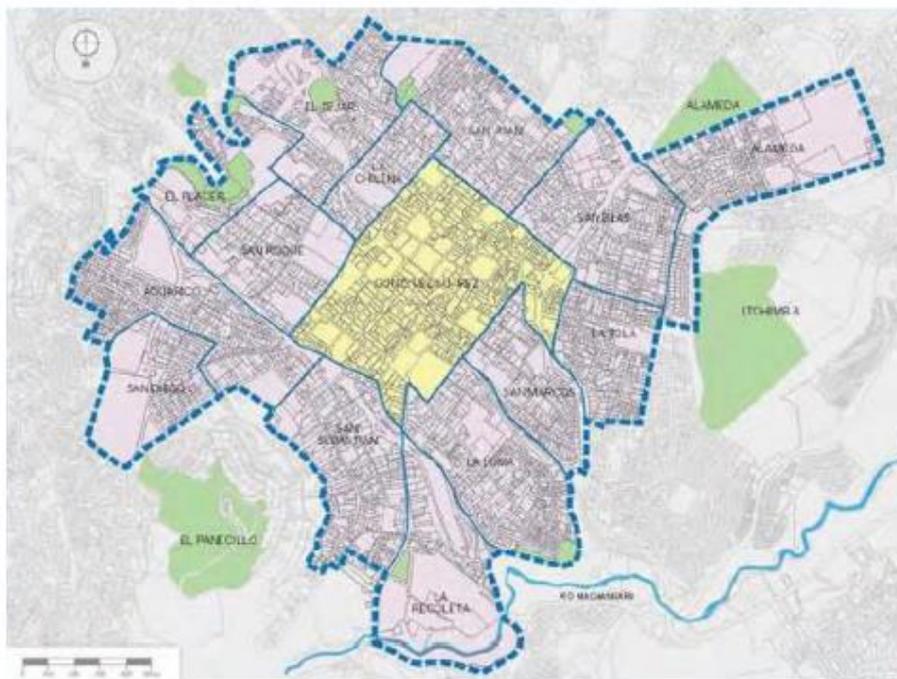
ANEXO 7 VILLACÍS, J. V. (2015). *CENTRO DE APOYO PARA EL HABITANTE DE LA CALLE EN EL CENTRO*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.

El Centro Histórico posee 15 barrios legales y 23 ilegales (Centro Histórico de Quito Plan Especial, octubre 1997), en una superficie de 606 Ha, de las

cuales están edificadas 376 Ha; con protección patrimonial. Está conformado por dos zonas: La primera de ellas es un núcleo que comprende 54 Ha. el barrio González Suárez y la segunda, de áreas periféricas de 322 Ha. con los barrios: San Sebastián, La Tola, San Diego, San Marcos, San Blas, La Alameda, El Tejar, San Roque, La Chilena, El Placer, Aguarico, San Juan, La Recoleta, La Loma, San Juan; además de 230 Ha. de superficie verde.

El 95% de las edificaciones son patrimoniales, pero la inversión económica está muy enfocada en restaurar y mejorar edificaciones monumentales que, en su 42% son arquitectura religiosa (29 edificios en total, pero sólo 6 tienen museos abiertos al público, 4 brindan acceso al turismo y 11 acceso restringido) y el 58% restante está repartido en arquitectura civil pública y privada. (VILLACÍS, 2015)

Figura 5: Barrios en el Centro Histórico



Fuente: INEC, censo poblacional 2010. Elaborado por la Secretaría de Territorio y Hábitat. Obtenido de <http://redatam.inec.gob.ec/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&BASE=CPV 2010>

Anexo 8 DMQ, S. d. (2018). PROYECTO DE ORDENANZA METROPOLITANA PARA LA DESCARBONIZACION DEL TRANSPORTE Y FOMENTO DEL TRANSPORTE CON TECNOLOGIA LIMPIA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. Quito: Secretaria de Ambiente del DMQ.

El acuerdo de Cambio climático de París, suscrito en el año 2015, es el principal compromiso vinculante suscrito en el marco de las Naciones Unidas, para responder globalmente frente a las causas y consecuencias del cambio climático. Fue asumido de forma Unánime por los países, con el objetivo de generar capacidades para enfrentar los impactos del cambio climático, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para que la temperatura del planeta no suba en más de 1,5 grados centígrados. En este marco Quito es miembro de redes internacionales de ciudades en lucha contra el cambio climático como el C40, Pacto Global de los Alcaldes por el Clima y la Energía, ICLEI y CGLU. (DMQ, 2018)

En octubre del 2017, el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se adhirió al compromiso “Declaración de C40 por unas calles Libres de Combustibles Fósiles “donde la ciudad se compromete a tomar acciones tendientes a reducir las emisiones vehiculares, y entre estas propuestas para alcanzar ese objetivo menciona la transición de reemplazo de vehículos que usan combustibles fósiles hacia tecnologías limpias. Según esta Declaración, las ciudades deben generar una transición para reducir el uso de combustibles, mediante la adquisición de buses con tecnología cero emisiones a partir del 2025 y asegurando que determinados sectores de las ciudades sean cero emisiones netas de carbono para el 2030. (DMQ, 2018)

Adicionalmente, para reforzar ese compromiso, el DMQ también es signatario de la carta de Compromiso para Planificar la Acción Climática *Fecha limite 2020: Cómo las Ciudades Harán el trabajo* (Deadline: 2020 How Cities Will Get The Job Done) para implementar el Acuerdo de París de Cambio Climático, con el objetivo de estructurar un plan de acción climática (o una serie de planes) que definan una hoja de ruta consistente y ambiciosa para un aporte local y proporcional al cumplimiento del Acuerdo de París; tanto en la necesidad de reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, como en la respuesta de adaptación a los impactos del cambio climático. El referido Plan deberá estar conformado y en marcha antes del año 2020, lograr una neutralidad local de carbono y una capacidad de resiliencia climática antes del 2050 y establecer una meta de control de estas trayectorias en el 2030. El Centro Histórico de Quito con su carácter patrimonial y ligado a la Fecha Limite 2020, pretende ser un modelo que permita planificar e implementar una movilidad sostenible que constituya un

verdadero referente replicable para otras áreas del Distrito Metropolitano de Quito. (DMQ, 2018)

Por otro lado, existe un avance importante del Sistema de Transporte Público de Pasajeros de Quito, el que es parte de la evaluación denominada NAMA de Movilidad Sostenible, que involucra a tres ciudades del país. La NAMA (Acciones Nacionales Voluntarias de Mitigación, Nationally Appropriate Mitigation Actions, por sus siglas en inglés) es un mecanismo establecido en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático para evidenciar las propuestas pragmáticas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, enfocada en el levantamiento de recursos económicos para su implementación. Esta evaluación se coordina con el Ministerio de Ambiente, e incluye las políticas de movilidad sostenible previstas para los próximos años en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca. (DMQ, 2018)

A nivel de ciudades, El Pacto Global de los Alcaldes por el Clima y la Energía, es la principal iniciativa mundial que consolida el compromiso climático de las ciudades y los gobiernos locales en la lucha frente a las causas y consecuencias del cambio climático, en el marco del Acuerdo de París. El referido Pacto es el producto de acuerdos de varias redes de ciudades que apoyan este objetivo, entre ellas ICLEI, CGLU y C40; y el soporte de importantes organizaciones como la Comisión Europa y la Agencia de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU Hábitat). El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito participa activamente en estas redes y ocupa representaciones de liderazgo. (DMQ, 2018)

Asimismo, dentro del Plan Ambiental Distrital del DMQ, se incluye el "Programa de mitigación de cambio climático del DMQ", que tiene como objetivo aportar a la meta de reducción del 5% de la huella de carbono del DMQ en relación a su crecimiento proyectado, a partir del 2019 en los siguientes sectores: movilidad sostenible, construcción sostenible, servicios públicos y compensación, y huella de carbono. En lo referente a movilidad sostenible, el programa menciona como objetivo "Reducir la huella de carbono a través del mejoramiento del Sistema Integrado de Transporte Público, el manejo de tránsito, y la promoción de medios de transporte alternativos". (DMQ, 2018)

Entre las acciones que el DMQ debe realizar para cumplir estos compromisos, es necesaria la introducción de tecnología eléctrica de

movilidad con el fin de reemplazar vehículos a combustión e ir a un proceso de descarbonización que sustituya a los combustibles fósiles por tecnologías limpias amigables con el ambiente. Los vehículos eléctricos no presentan emisiones directas al ambiente pues su impacto dependerá de la matriz energética de la cual se proveen de electricidad. Actualmente, a nivel nacional, alrededor del 60% de energía eléctrica que se produce proviene de energías renovables y según las perspectivas a futuro, las mismas representarán el 90% de la matriz energética del país, lo cual potencia el beneficio de reducción de emisiones contaminantes que se puede lograr a través de vehículos eléctricos. Estas reducciones de emisiones contribuyen tanto a las metas locales, como a las metas nacionales que conformarán la NDC de Ecuador (Contribuciones Nacionales Determinadas, en referencia a los compromisos frente al Acuerdo de París de Cambio Climático, 2016) (DMQ, 2018)

ANEXO 9 Antonio, A. R., & Muñoz Domínguez, M. (2015). Emisiones Contaminantes. En A. R. Antonio, & M. Muñoz Domínguez, *Motores de Combustión Interna* (págs. 116-117). Madrid: universidad nacional de educación a distancia.

El dióxido de carbono es un gas inocuo para la salud humana. No es una especie contaminante en sí misma ya que forma parte de la composición de la atmósfera y de los ciclos El proceso de combustión en MEP y MEC. Emisiones contaminantes 123 vitales de la naturaleza. Sin embargo, su concentración sí se ha visto alterada por la acción del hombre. La preocupación acerca de la emisión de este gas se debe a que, junto con el vapor de agua, es el mayor responsable del efecto invernadero del planeta. Por tanto, la alteración de su concentración produce modificaciones en dicho efecto, que puede dar como resultado el calentamiento del planeta, existiendo una práctica unanimidad de opinión en la comunidad científica sobre tal consecuencia. Cabe decir que, al formar parte de los ciclos vitales en la naturaleza, no todo lo emitido como consecuencia de la actividad humana incrementa la concentración de CO₂ en la atmósfera, sino que una gran parte de él es reabsorbido por la propia naturaleza. Por último, también hay que tener presente que las emisiones de CO₂ son directamente proporcionales al consumo de combustible de base de carbono, por lo que es completamente inevitable su producción mientras se continúe dependiendo de éstos para la obtención de energía.

Es un gas incoloro e inodoro, inherente a cualquier proceso de combustión, ya que es una especie intermedia que aparece debido a la cinética química de la combustión. Es tóxico para la salud humana, ya que inhibe la absorción de oxígeno por los glóbulos rojos, produciendo asfixia. Una vez en la atmósfera se transforma en CO₂ con el paso del tiempo, pero es muy peligroso a nivel local y en recintos cerrados mientras dicha transformación no ha ocurrido.

ANEXO 10 Müller, J., & Le Petit, Y. (2019). *Low-Emission Zones are a success - but they must now move to zero-emission mobility*. Brussels, Belgium: TRANSPORT & ENVIRONMENT.

La evidencia muestra que una zona de emisiones bajas bien diseñada, reduce al aire tóxico de la polución. Pero la calidad del aire de la unión europea requiere que se realice un cambio. (Müller & Le Petit, 2019)

Recientes estudios demuestran que las LEZ han reducido las emisiones contaminantes, un ejemplo es la ciudad de Madrid, la cual ha decrecido la concentración de NO₂ en un 32%. La evidencia también indica lo cuan crítico es diseñar las LEZ para su efectividad.

Pero mirando más allá, es tiempo de que las zonas de bajas emisiones se vuelvan zonas de cero emisiones (ZEZ que es unas siglas en ingles es Zero emission mobility zones) y complementarlas con políticas que promuevan un cambio a alternativas más limpias, como son el ciclismo, caminatas, la electrificación de todos los medios de transporte público como son los taxis, así mismo como los vehículos privados y camionetas de entrega. Esta transición es necesaria hacerla debido a que es requerido por objetivos del ambiente que implica una completa eliminación gradual de motores a combustión interna para mediados del 2030. Pero algunas de las grandes ciudades de Europa ya han comenzado su rumbo hacia esa fase de eliminación gradual por lo que serviría como modelo para otros. (Müller & Le Petit, 2019)

- El 67% de los europeos encuestados han demostrado que soportan las zonas de emisiones bajas.
- Más de 250 ciudades en Europa poseen zonas de bajas emisiones

- Las ciudades como Londres, Ámsterdam, Madrid, París y Bruselas han comenzado su rumbo hacia las zonas de emisiones cero.

Sin embargo, es innegable como se ha visto que Europa mejora su progreso en la calidad del aire, pero ha sido lento, debido a que un dato oficial ha arrojado que el 95% de la población en Europa sigue estando expuesta a niveles peligrosos de contaminación. El transporte sigue siendo una de las principales fuentes de niveles peligrosos de contaminación en las ciudades, por ejemplo, la agencia de medioambiente de Alemania estima que solo el transporte urbano es responsable del 60% de la concentración de NO₂ en las ciudades. En cambio, París reporta que el tráfico urbano genera 65% de emisiones de NO_x y 36% de PM₁₀⁵. (Müller & Le Petit, 2019)

ANEXO 11 Group, C. C. (Marzo de 2019). *How to design and implement a clean air or low emission zone*. Obtenido de .c40knowledgehub: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/How-to-design-and-implement-a-clean-air-or-low-emission-zone?language=en_US

Las zonas de bajas emisiones o zonas de aire limpio son en muchas ciudades el centro de esfuerzos para hacerle frente a la problemática relacionada con el tema de la contaminación del aire, emisiones de gases, efecto invernadero y la congestión. Las LEZ son herramientas poderosas ya que proporciona a la ciudad tomar acciones ambiciosas más rápidamente en cuanto se refiere a las emisiones de gases ya que se puede comunicar sobre este tema y establecer políticas sobre el tema dentro de una zona establecida, en lugar de una ciudad entera, como consecuencia es más aceptable para el público y negocios locales. (Group, 2019)

Dependiendo de la ciudad se pueden ampliar las zonas de emisiones bajas a medida que se los beneficios se vuelvan visibles. En muchos casos las zonas de emisiones bajas suelen tener ciertas dificultades en cuanto al tema político y también cierta oposición. (Group, 2019)

Hasta el día de hoy las zonas de bajas emisiones (LEZ), se centran especialmente en la contaminación producida por el tráfico. Pero tienen el potencial de también incluir políticas que puedan abordar la quema de desechos sólidos y combustibles para la cocina y emisiones industriales, un ejemplo es la estrategia de aire limpio 2018 del Reino Unido, el cual otorga poderes legales a los gobiernos locales para implementar zonas de aire limpio

enfocadas a maquinaria diésel, quema domestica además de las emisiones producidas por el tráfico. (Group, 2019)

El apoyo de las LEZ debe tener un apoyo fuerte de parte de los gobiernos municipales para poder ser implementadas, para ello los gobiernos municipales deberán abordar los temas de la congestión vehicular y los impactos en la salud que genera la contaminación del aire, para así poder llevar acabo las zonas de emisiones bajas. Dentro de los gobiernos municipales debería haber una coalición entre partidos políticos para poder lograr las LEZ, como se lo llevo a cabo en Londres donde un comité de varios partidos políticos califico al aire toxico de la ciudad como “emergencia de salud pública”, para así poder respaldar a las zonas de ultraja bajas emisiones (ULEZ). Al diseñar bien la LEZ, los resultados van a ser beneficiosos y rápidos por lo que se generara apoyo y así poder mantener las LEZ a largo plazo para poder seguir cosechando beneficios y resultados tangibles.

Otro factor importante en las LEZ es definir el alcance y el encuadre de la LEZ según estudios y evidencia local, debido a que es un tema delicado y complejo que requiere basarse en pruebas concretas. Para ello se debe considerar los principales contaminantes locales, sus fuentes, la población expuesta, la escala y la extensión del problema de la congestión y los limites urbanos. (Group, 2019)

Las LEZ deben ser implementadas en áreas donde haya una alta actividad, alta contaminación y alta densidad de población donde sea más grave la exposición a las emisiones contaminantes. (Group, 2019)

Las ciudades deben encargar la investigación y análisis de las políticas a entidades que poseen la información necesaria para comprender los beneficios y desventajas al momento de establecer las políticas requeridas para poder aplicar las LEZ. (Group, 2019)

Al enfocarse en la reducción de la congestión vehicular puede ser bastante útil en zonas donde el nivel de tráfico y las bajas velocidades sean prioridad pública. (Group, 2019)

Las LEZ están más enfocadas en la contaminación por tráfico, las políticas de LEZ probadas y comprobadas están preocupadas por definir qué tipos de vehículos entran a la zona. El enfoque dependerá de cuantos poderes disponga la ciudad. El enfoque de la ciudad puede incluir ciertas combinaciones como son:

Cerrar la zona o ciertas calles en la zona a todos los vehículos (incluidos eléctricos) para habilitar áreas peatonales, peatones, ciclistas y áreas de

transito público. En ciertas ciudades de Europa como Milán, Múnich tienen áreas libres de carros. Se puede hacer introduciendo ya sea semanalmente, al mes o al año zonas de libre circulación de coches así puede generar apoyo de otras ciudades para demostrar cómo sería una ciudad con poca afluencia de vehículos. (Group, 2019)

Negar la mayoría de vehículos contaminantes o todos los que sean de combustión interna de las calles. Para ello se necesita que las ciudades establezcan los estándares de emisiones contaminantes para así definir qué tipos de vehículos están permitidos ingresar en la zona. Estos estándares deberán ser revisados periódicamente con mayor rigor. Como por ejemplo la ciudad de Madrid en el año 2018 prohibió los vehículos viejos y más contaminantes del centro de la ciudad, así adelantándose a una prohibición total de ICE a vehículos privados para el 2025, y solo dando permiso de circulación a EV y promoviendo la adopción de este tipo de vehículos. (Group, 2019)

Otra opción es la de incluir tarifas viales para todos los vehículos o solo los vehículos más contaminantes. Esta es una política de transición muy útil ya que a la larga podría llevar a la prohibición total de vehículos combustión interna y ayuda a eliminar los vehículos que más contaminan. A su vez esto influye en la compra de un vehículo ya que toman en cuenta todas las futuras y endurecidas restricciones para aquellos vehículos que sobrepasen los valores permitidos. Al implementarse las tarifas viales se obtiene la ventaja de que se tiene un respaldo económico para cubrir los costos del plan de las LEZ, y cuando exista un excedente se pueda reinvertir en el transporte de la ciudad para ofrecer mejores alternativas para los residentes, de manera que es vital para el éxito. (Group, 2019)

Multas para vehículos encendidos mientras estén parqueados, reducir o prohibir estacionamientos en las zonas LEZ, para así redistribuir esos espacios para generar vías para los ciclistas. Trabajar cooperativamente entre el gobierno y los municipios si estos no tienen los poderes necesarios para implementar las acciones mencionadas anteriormente, y así poder evaluar que opciones son políticamente viables, teniendo siempre en mente que el objetivo es la reducción de emisiones contaminantes. Es por ello que las políticas de LEZ deben irse incorporando gradualmente y más estrictas, en lugar de incorporarlas de manera abrupta. Debido a que las empresas y residentes las aceptarían de manera amigable, con el tiempo estas zonas LEZ se pueden ir aumentando en las ciudades.

Invertir en alternativas sostenibles como la caminata, ciclismo y el transporte público. Las LEZ son parte de la estrategia para promover al uso de transporte público, ciclismo y caminata, debido a que la LEZ no trabaja de forma aislada, debido a que los residentes necesitan tener alternativas accesibles, convenientes y atractivas y estas deben ser introducidas al mismo tiempo que las LEZ. Así mismo deberían proponer opciones alternativas para las empresas locales que necesiten de vehículos para realizar su trabajo como la de un cambio a vehículos eléctricos para poder cumplir con los estándares de emisiones LEZ. Las políticas deberán apoyar y dar soporte mediante publicidad y financiación, una alternativa son las tarifas en las carreteras para así poder reinvertir en el pago de la inversión de las LEZ, un ejemplo es Londres, que ha recaudado más de 2 mil millones de Euros y todo eso se lo ha reinvertido para el sistema de transporte público. (Group, 2019)

Para que las LEZ puedan ser implementadas, se necesita consultar y una colaboración por parte de los partidos políticos o partidarios poderosos, ya que se necesita superar a las oposiciones que exista al momento de presentar las LEZ. Para ello se necesita establecer un organismo que facilite la colaboración con autoridades gubernamentales locales y grupos empresariales para diseñar las LEZ. (Group, 2019)

En el lado comerciales suelen haber ciertos rechazos a las LEZ, es por eso que deberá presentar a las empresas que utilicen flotas de vehículos las opciones viables al medio ambiente y las ventajas que obtendrán en esa área al reducirse la congestión del tráfico. Además, en la ciudad se deberá realizar consultas públicas y campañas de concientización para que la gente comprenda los beneficios y el funcionamiento de las LEZ, para disminuir los riesgos a la salud por la contaminación ambiental y mantener al día sobre los cambios que se realizaran con el tiempo. Otro enfoque que debe tener presente al momento de hacer las políticas es brindar un apoyo a las empresas quienes realizaran un cambio de vehículos de combustión interna a eléctricos. (Group, 2019)

ANEXO DE MATERIALES Y METODOS

ANEXO 12 INEN. (2002). GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. Quito

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN QUITO -
Ecuador NORMA**

TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 204:2002 (Primera Revisión)

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

1. OBJETO

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

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores, según lo definido en los numerales 3.24 y 3.25.

2.2 Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilicen combustible diferente a gasolina.

2.3 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, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1 Año modelo. Año que identifica el de producción del modelo de la fuente móvil.

3.2 Área frontal. Área determinada por la proyección geométrica de las distancias básicas del vehículo sobre su eje longitudinal el cual incluye llantas, pero excluye espejos y deflectores de aire a un plano perpendicular al eje longitudinal del vehículo.

3.3 Certificación de la casa fabricante. Documento expedido por la casa fabricante de un vehículo automotor en el cual se consignan los resultados de la medición de las emisiones de contaminantes del aire (por el escape y evaporativas) provenientes de los vehículos prototipo seleccionados como representativos de los modelos nuevos que saldrán al mercado.

3.4 Ciclo. Es el 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, es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

3.5 Ciclos de prueba. Un ciclo de prueba es una 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:

3.5.1 Ciclo ECE-15 + EUDC. Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, de diesel o gasolina, definidos en la directiva 93/59/EEC.

3.5.2 Ciclo FTP-75. Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, de gasolina o diesel, y publicado en el Código Federal de Regulaciones, partes 86 a 99.

3.5.3 Ciclo transiente pesado). Es el ciclo de prueba de estado transitorio establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para la medición de emisiones de motores diesel y gasolina utilizados en vehículos pesados y el cual se encuentra especificados en el Código Federal de Regulaciones de ese país, CFR, título 40, partes 86 a 99, subparte N.

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

3.7 Emisión de escape. Es la descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso o, de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.8 Emisiones evaporativas. Es la descarga al aire de una o más sustancias gaseosas, producto del funcionamiento normal del vehículo o de la volatilidad del combustible. Las emisiones evaporativas se desprenden desde varios puntos a lo largo del sistema de combustible de un vehículo automotor.

3.9 Equipo de medición. Es el conjunto completo de dispositivos, incluyendo todos los accesorios, para la operación normal de medición de las emisiones.

3.10 Fuente móvil. Es la 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.

3.11 Homologación. Es el reconocimiento de la autoridad ambiental competente a los procedimientos de evaluación de emisiones o a los equipos o sistemas de medición o de inspección de emisiones, que dan resultados comparables o equivalentes a los procedimientos, equipos o sistemas definidos en esta norma.

3.12 Informe técnico. Documento que contiene los resultados de la medición de las emisiones del motor, operando en las condiciones contempladas en esta norma.

3.13 Marcha mínima o ralentí. Es la especificación de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas 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 ralentí se establecerá en un máximo de 1 100 r.p.m.

3.14 Masa máxima. Es la masa equivalente al peso bruto del vehículo.

3.15 Método SHED. Procedimiento aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para determinar las emisiones evaporativas en vehículos de gasolina mediante la recolección de estas en una cabina sellada en la que se ubica el vehículo sometido a prueba. SHED son las siglas correspondientes al nombre de dicho método (Sealed Housing for Evaporative Determination). Los procedimientos, equipos y métodos de medición utilizados se encuentran consignados en el Código Federal de Regulaciones en los Estados Unidos, partes 86 y 99; o en las directivas 91/441 EEC y 93/59 EEC.

3.16 Motor. Es la principal fuente de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.17 Peso bruto del vehículo. Es el peso neto del vehículo más la capacidad de carga útil o de pasajeros, definida en kilogramos.

3.18 Peso neto del vehículo. Es el peso real solo del vehículo en condiciones de operación normal con todo el equipo estándar de fábrica, más el combustible a la capacidad nominal del tanque. 3.19 Peso de referencia. Es

el peso neto del vehículo más 100 kg. 3.20 Peso del vehículo cargado. Es el peso neto del vehículo más 136, 08 kg (300 lb).

3.21 Prueba estática. Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo a temperatura normal de operación, en marcha mínima (ralentí), sin carga, en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas).

3.22 Prueba dinámica. Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en la presente norma.

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

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

3.25 Vehículo o motor prototipo o de certificación. Vehículo o motor de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

4. CLASIFICACIÓN

Para los propósitos de esta norma, se establece la siguiente clasificación de los vehículos automotores:

4.1 Según la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), la siguiente clasificación se aplica únicamente para los ciclos de prueba FTP-75 y ciclo transiente pesado: 4.1.1 Vehículo liviano. Es aquel vehículo automotor tipo automóvil o derivado de éste, diseñado para transportar hasta 12 pasajeros.

4.1.2 Vehículo mediano. Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto vehicular es menor o igual a 3 860 kg, cuyo peso neto vehicular es menor o igual a 2 724 kg y cuya área frontal no exceda de 4,18 m². Este vehículo debe estar diseñado para:

4.1.2.1 Transportar carga o para convertirse en un derivado de vehículos de este tipo

4.1.2.2 Transportar más de 12 pasajeros

4.1.2.3 Ser utilizado u operado fuera de carreteras o autopistas y contar para ello con características especiales.

4.1.3 Vehículo pesado. Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto del vehículo sea superior a 3 860 kg, o cuyo peso neto del vehículo sea superior a 2 724 kg, o cuya área frontal excede de 4,18 m² .

4.2 Según La Unión Europea, la siguiente clasificación se aplica únicamente para el ciclo de prueba ECE-15 + EUDC. 4.2.1 Categoría M. Vehículos automotores destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas.

4.2.1.1 Categoría M1. Vehículos automotores destinados al transporte de hasta 8 personas más el conductor.

4.2.2 Categoría N. Vehículos automotores destinados al transporte de carga, que tengan por lo menos cuatro ruedas.

4.2.2.1 Categoría N1. Vehículos automotores destinados al transporte de carga con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella. Los procedimientos de evaluación base para las certificaciones serán los establecidos para los ciclos FTP 75, ciclo transiente pesado ECE 15 + EUDC, SHED (EEC 91/441 y 93/59 EEC); según las características del vehículo.

5.2 Los importadores y ensambladores están obligados a suministrar copia de la certificación de emisiones a quienes adquieran los vehículos.

5.3 La autoridad competente podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y ensambladores sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de las emisiones de escape, en condición de marcha mínima o ralentí.

6. REQUISITOS

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

6.1.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí 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.

Figura 6. Límites, máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

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

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
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	1 000	1 200

* Volumen
**Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

6.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica).

6.2.1 Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá 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 2.

Figura 7. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) a partir del año modelo 2000 (ciclo americano)

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)* a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP - 75	2
Vehículos Medianos	=< 3 860	=< 1 700	6,2	0,5	0,75		2
		1 700 - 3 860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados**	> 3 860 = < 6 350		14,4	1,1	5,0	Transiente pesado	3
		> 6 350	37,1	1,9	5,0		4

* prueba realizada a nivel del mar
** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)

6.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15+ EUDC (prueba dinámica).

6.3.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina no podrá 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

Figura 8. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos)

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos)

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia (kg)	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 ⁽¹⁾	=< 3 500		2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 ⁽²⁾ , N1		< 1 250	2,72	0,97		2
		> 1 250 <1 700	5,17	1,4		2
		> 1 700	6,9	1,7		2
* Prueba realizada a nivel del mar						
⁽¹⁾ Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas						
⁽²⁾ Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas						

7. MÉTODO DE ENSAYO

7.1 Determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí.

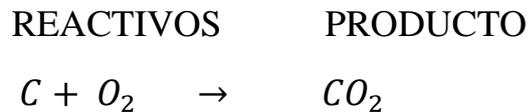
7.1.1 Seguir el procedimiento descrito en la NTE INEN 2 203.

ANEXO 13 Wylen, G. J., & E. Sonntag, R. (1986). *Fundamentos de Termodinámica*. Mexico D.F.: LIMUSA, S.A.

Proceso de la combustión

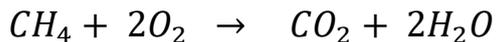
El proceso de la combustión implica la oxidación de los componentes en el combustible capaces de ser oxidados y puede, por lo tanto, ser representado por una ecuación química. Durante el proceso de la combustión, la masa de cada elemento permanece inalterable, así, al escribir ecuaciones químicas y resolver problemas que comprendan las cantidades de varios componentes, el asunto se reduce básicamente a considerar la conservación de la masa de cada elemento. (Wylen & E. Sonntag, 1986)

Consideremos, primero, la reacción del carbono con el oxígeno.



Esta ecuación nos dice que una mol de carbono reacciona con una mol de oxígeno, para formar un mol de dióxido de carbono. Esto también significa que 12 kg m de carbono reacciona con 32 kg m de oxígeno para formar 44 kg m de dióxido de carbono. Las sustancias que figuran al principio del proceso de la combustión se llaman reactivos y las que resultan de dicho proceso se llaman productos. (Wyllen & E. Sonntag, 1986)

Cuando un hidrocarburo combustible se quema, ambos, el carbono y el hidrogeno, se oxidan. Consideremos la combustión del metano como ejemplo:



En este caso, los productos de la combustión consisten en dióxido de carbono y agua. El agua puede estar en las fases de vapor, líquido o sólido, según sean la temperatura y la presión de los productos de la combustión. (Wyllen & E. Sonntag, 1986)

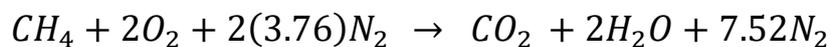
Debemos señalar que, en los procesos de combustión, puede haber varios productos intermedios formados durante la reacción. En este libro, nos interesaran solamente las sustancias al principio y al final de la reacción y no nos preocuparemos por los productos intermedios formados durante la misma; aunque la consideración de estos últimos sea muy importante en un estudio detallado de la combustión. (Wyllen & E. Sonntag, 1986)

En la mayoría de los procesos de combustión, el oxígeno está presente como uno de los constituyentes del aire, más bien que como oxígeno puro. La composición del aire en base molal, es aproximadamente 21 % de oxígeno, 78% de nitrógeno y 1 % argón. El nitrógeno y el argón no sufren cambio alguno durante la reacción (salvo la disociación que consideramos en el capítulo 13); salen a la misma temperatura que los otros productos; sin

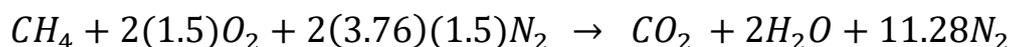
embargo, y, por consiguiente, sufren un cambio de estado si la temperatura de los productos de combustión es distinta de la del aire antes de entrar en reacción. (Wyllen & E. Sonntag, 1986)

En cálculos de combustión empleando aire, el argón se desprecia de ordinario y se considera el aire constituido simplemente por 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno en volumen. Al considerar las cosas de este modo, al nitrógeno se le dice “nitrógeno atmosférico”. Al nitrógeno atmosférico se le considera un peso molecular de 28.16 en lugar de 28.016 que le correspondería como nitrógeno puro (con lo cual compensa haber despreciado el argón). Sin embargo, en este libro, lo consideraremos como nitrógeno puro, en proporción de 79%. (Wyllen & E. Sonntag, 1986)

Suponer que el aire es una mezcla de 21% de oxígeno y 79 % de nitrógeno en volumen, nos conduce a la conclusión de que por cada mol de oxígeno entran en reacción $79/21= 3.76$ moles de nitrógeno. (Wyllen & E. Sonntag, 1986) Por consiguiente, cuando el oxígeno para la combustión del metano se suministra del aire, la reacción puede escribirse así



La cantidad mínima de aire capaz de proporcionar el oxígeno suficiente para la combustión completa del carbono, hidrogeno y cuales quieran otros elementos en el combustible susceptibles de ser oxidados, se denomina “aire teórico “. Cuando se obtiene la combustión completa con el aire teórico, no puede haber oxígeno entre los productos de la combustión. En la práctica, no es posible obtener una combustión absolutamente completa, salvo empleando aire en cantidad mayor que la teóricamente necesaria. La cantidad de aire efectivamente empleada en una combustión, se expresa en forma de porcentaje con relación al aire teórico; así, 150% de aire teórico, significa que el aire suministrado es 1.5 veces la cantidad del aire teórico necesario. (Wyllen & E. Sonntag, 1986) La combustión del metano empleando 150 % de aire teórico se escribe así



La cantidad de aire efectivamente suministrada, puede también expresarse en términos de porcentaje de exceso de aire. El exceso de aire, es la cantidad de aire suministrada sobre el aire teórico necesario. Así, 150% de aire teórico, es equivalente a 50% de aire en exceso. E el lenguaje corriente, se

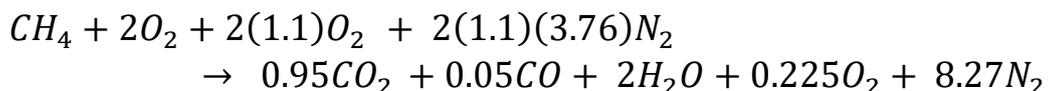
usan indistintamente ambos términos, aire teórico o aire en exceso. (Wyllen & E. Sonntag, 1986)

Dos parámetros importantes que se aplican en los procesos de combustión, son relación aire- combustible (que se expresa como AC) y su recíproco combustible – aire (que será CA). La relación aire-combustible, se expresa generalmente en masa, aunque algunos la expresan también en base molar. La razón teórica aire-combustible, es la relación entre la masa o moles de aire teórico y la masa o moles del combustible. (Wyllen & E. Sonntag, 1986)

Cuando la cantidad de aire suministrada en una combustión es menor que el aire teórico necesario, la combustión es incompleta; si el faltante es pequeño, el resultado es, que parte del carbono se une al oxígeno para formar monóxido de carbono (CO) en lugar de dióxido de carbono (CO₂). Si el aire proporcionado a una combustión de hidrocarburos es bastante menor del teórico necesario, entre los productos de la combustión encontraremos algunos hidrocarburos.

Aun cuando en una combustión haya aire en exceso del teórico, entre los productos de la combustión puede haber algo de monóxido de carbono presente, la cantidad depende de la agitación y de la turbulencia durante la combustión, entre otros factores. (Wyllen & E. Sonntag, 1986)

Así, la combustión del metano con 110% de aire teórico, puede ser como sigue:



ANEXO 14 Pruebas de campo

Las pruebas de campo para verificar la emisión de gases contaminantes CO, CO₂ y O₂ en vehículos de combustión interna, se realizan en la mecánica AUTOMOTRES CM, utilizando el equipo GASBOX de la marca AUTOPOWER, estas pruebas se realizan en 3 vehículos: Kia Picanto del año 2020, Kia Sportage R del año 2020 y Toyota Prius C sport 2020.

Descripción del funcionamiento del analizador de gases GASBOX AUTOPOWER

El funcionamiento del analizador de gases se basa en el principio de absorción de radiación infrarroja, para realizar el análisis de los gases en

motores de ciclo Otto, que son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos (HC), y de celda electroquímica (galvánica) para así poder determinar el oxígeno molecular (O₂) y opcionalmente óxidos de nitrógeno (NOX).

Para la detección de los gases se usa una sonda de medición que viene con una grapa de fijación en los tubos de escape, un pre filtro y un tubo flexible de 5 metros, la sonda siempre debe ser colocada a la salida del tubo de escape, que para el equipo viene a ser la entrada de las emisiones de gases del vehículo que se está analizando.

El equipo se encuentra certificado por la empresa TEXA S.p.A basado en la Directiva de Mediciones de Instrumentos (MID) 2004/22/CE, también posee un numero de certificación el cual es el 0036730791655 el cual se puede ver en la fotografía 1. El analizador de gases GASBOX se encuentra calibrado al día de hoy, para poder realizar las mediciones de gases en el taller AUTOMOTRES CM.

Figura 10. Certificado de verificación inicial de GASBOX Autopower

Certificato di verifica iniziale GASBOX Autopower Pagina 2 di 3

TEXA
CERTIFICATO DI VERIFICA INIZIALE
Certificate of initial verification

Numero Certificato / Certificate number: **0036730791655** Data di emissione / Date of issue: **15/07/2019**

Procedura di Verifica Iniziale / Procedure for Initial verification	
1. Controllo generale e funzionale / General and functional checking	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Controllo interdizione in riscaldamento / Check the activation of the warm-up lockout	<input checked="" type="checkbox"/>
3. Controllo curva di calibrazione con i gas / Check calibration curve with gases *	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Prova di tenuta / Leak check	<input checked="" type="checkbox"/>
5. Prova HC residui / HC residual check	<input checked="" type="checkbox"/>
6. Controllo attivazione basso flusso / Low gas flow activation check	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Controllo tempo di risposta CO e O ₂ / CO and O ₂ response time check	<input checked="" type="checkbox"/>
8. Altri controlli / Other checks	<input type="checkbox"/>

Risultati Taratura / Calibration measures

Bombola campione n° / Sample tank n°	120858		118494		240220		030731	
	Nominale / Nominal	Misurata / Measured						
CO [% vol]	0,25	0,26	3,50	3,52	0,99	0,99	0,50	0,50
CO ₂ [% vol]	3,0	3,2	13,9	13,8	10,1	10,2	6,0	6,1
O ₂ [% vol]	0,00	0,03	20,89	21,10	9,98	10,00	0,50	0,52
C ₃ H ₈ [ppm vol]	71	-	1770	-	527	-	177	-
C ₂ H ₄ [ppm vol]	39	33	982	992	292	302	98	98

Classe analizzatore / Analyser class	Tipologia di errore / Type of indication error	Errore massimo ammesso durante il processo di Verifica Iniziale * / Maximum permissible error on initial verification			
		CO	CO ₂	O ₂	HC
0	Assoluto / Absolute	± 0,03 % vol	± 0,5 % vol	± 0,1 % vol	± 10 ppm vol
	Relativo / Relative	± 5 %	± 5 %	± 5 %	± 5 %

* Scegliere la tipologia di errore, assoluto o relativo, in base a quale dei due risulta essere il maggiore. / * Absolute or relative, whichever is greater.

L'operatore / Operator
S. Scandi

//C:/Program%20Files%20(x86)/Texa%20S.p.A/Idc3/Car/gas/Default/preview.xml 04/09/2019

Fuente: Autores

Procedimiento de la medición de gases contaminantes con el analizador

Objetivo:

Realizar el procedimiento para la prueba de emisiones de gases mediante la utilización del analizador de gases GASBOX AUTOPOWER

Alcance:

El presente procedimiento es aplicable a todos los vehículos que tengan un motor de combustión interna a gasolina.

Para la evaluación de los valores obtenidos de las pruebas se toma como referencia norma NTE INEN 2204:2017 “límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina”.

Definiciones:

Sonda: es una sonda de medición con grapa de fijación. El final de la sonda debe ser siempre colocado en la entrada del gas al analizar.

Hermeticidad: es una prueba que se debe realizar al encender e equipo para asegurar que no exista fugas en la sonda de medición.

Tubo de escape: Orificio ubicado en la parte posterior de los vehículos por donde se emanan los gases producidos por la combustión.

Descripción de actividades:

1. Calibración del analizador de gases GASBOX AUTOPOWER

La calibración del equipo se realiza el mismo equipo al conectarse a una fuente de 120 voltios de corriente alterna y a una laptop, el equipo se calibra por 60 segundos, pasado este tiempo el equipo ya puede utilizarse para poder realizar la medición. Después de cada medición el equipo vuelve a calibrarse por 60 segundos, para poder iniciar la siguiente prueba, así sucesivamente.

2. Secuencia de la toma de muestras con el analizador de gases.

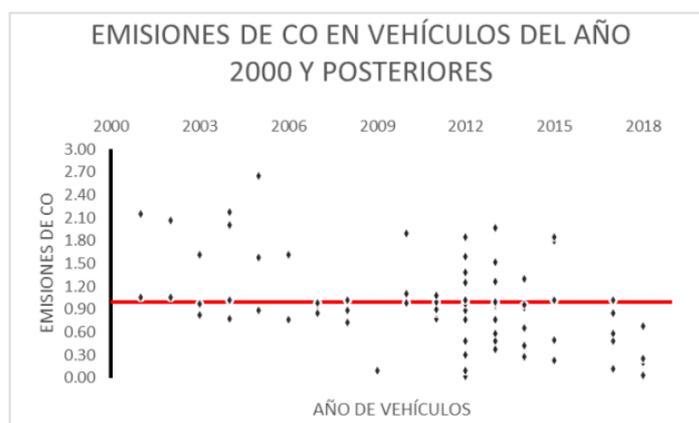
Secuencias	Actividad
Encendido	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar el equipo a una fuente de 110 voltios • Encender la laptop para conectar mediante bluetooth la maquina analizadora de gases y la laptop. • Verificar que la sonda este bien conectada en el equipo de medición.
Funcionamiento del Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Conectar la sonda de ensayo de gases en el conector central de la parte frontal del equipo • Prender el interruptor colocado en la parte frontal del equipo y en el terminal de mano • Esperar por 60 segundos que se calibre y poder realizar la medición • Tener el vehículo prendido por alrededor de 10 minutos antes de realizar las mediciones. • Verificar que el auto este en neutro • Realizar un par de aceleraciones antes de realizar la prueba y limpiar el tubo de escape de cualquier suciedad. • Tapar el tubo de escape por alrededor de 5 segundos para así generar una presión y soltar para eliminar posibles impurezas • Instalar la sonda del medidor de gases a la salida del tubo de escape del vehículo

Toma de datos	<ul style="list-style-type: none">• Para proceder a realizar correctamente la medición de gases, se necesita que la temperatura normal de operación haya alcanzado los 95° C.• Esperar que el motor se estabilice• En la prueba de 2500 a 3000 rpm se debe dejar que el motor se estabilice para poder acelerar y mantener en las revoluciones mencionadas por 30 segundos.• Una vez suelto el acelerador, se debe esperar a que el motor vuelva a estabilizarse para poder realizar otra medición.• Toma de datos• Análisis de los resultados según la normativa siguiente
---------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ANEXO 15 Nuñez C. 2018. Medición de emisiones de gases. Recuperado de *ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

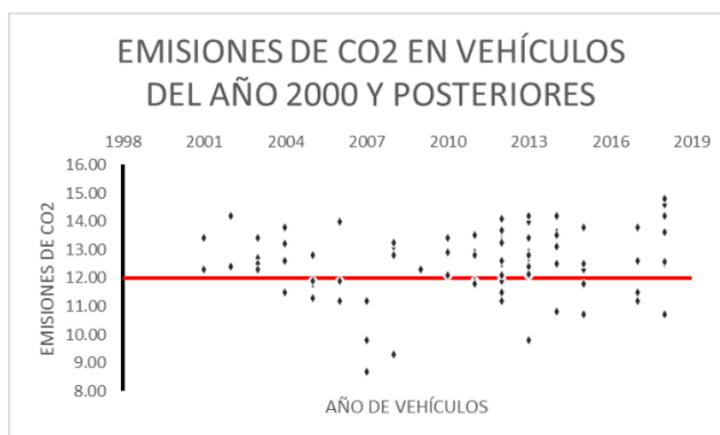
ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI

Figura 11. Emisiones de CO en vehículos del año 2000 y posteriores



Nuñez C. 2018. Emisiones de CO en vehículos del año 2000 y posteriores. Recuperado de *ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

Figura 12. Emisiones de CO2 en vehículos del año 2000 y posteriores



Nuñez C. 2018. Emisiones de CO2 en vehículos del año 2000 y posteriores. Recuperado de *ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

En el estudio realizado por la Universidad técnica de Ambato con respecto a vehículos que circulan en la sierra del Ecuador, un porcentaje elevado no cumplen la normativa técnica ecuatoriana de emisiones de gases contaminantes en el grafico 1, por lo que es necesario un control más exhaustivo con respecto a los vehículos actuales y que ingresaran al país. (Santiago, 2018)

Este estudio demuestra que es necesario crear una alternativa de control que ayude a tener una atmosfera más limpia de emisiones contaminantes para preservar el medio ambiente y la salud de las personas. (Santiago, 2018)

De la investigación del Ing. Santiago Núñez sobre las emisiones contaminantes de vehículos en la ciudad de Ambato en el año 2018, por tener características de similares a la ciudad de Quito en cuanto a combustible y altura se toma como referencia para la investigación.

Figura 13. Resultado de análisis de gases

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
		FACULTADA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
AÑO		1989 Y ANTERIORES		EQUIPO UTILIZADO:		ANALIZADOR DE GASES MAHA MGT5					
		1990 A 1999		% CO2	DENTRO DE LOS LIMITES MÁXIMOS		FUERA DE LOS LIMITES MÁXIMOS				
AÑO		2000 Y POSTERIORES		%CO2	BAJA EFICIENCIA DEL MOTOR						
AÑO	MARCA	MODELO	TIPO DE GASOLINA		MONÓXIDO DE CARBONO (%CO)	DIÓXIDO DE CARBONO (%CO2)	HIDROCARBUROS (ppm HC)	OXIGENO (%O2)	LAMBDA	RPM	
			EXTRA	SUPER							
1	1985	CHEVROLET	SAN REMO	X		3.48	10.02	1058	3.40	1.005	2800
2	1985	CHEVROLET	SAN REMO	X		3.66	9.80	1089	3.44	1.005	2600
3	1990	SUZUKI	FORZA	X		1.89	11.20	291	3.04	1.095	2850
4	1991	SUZUKI	FORZA	X		1.75	11.50	271	3.06	1.087	2600
5	1991	SUZUKI	FORZA	X		1.82	12.50	294	4.00	1.078	2800
6	1993	FIAT	WEEKEND	X		1.89	11.20	291	3.04	1.095	2900

Núñez C. 2018. Medición de emisiones de gases. Recuperado de *ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

7	1995	FORD	FESTIVA GL	X		2.03	13.25	370	2.10	1.013	2900
8	1995	SKODA	FELICIA	X		2.52	14.20	355	4.06	1.250	2800
9	1996	CHEVROLET	SAN REMO	X		2.96	9.40	1080	2.90	1.015	2700
10	2001	CHEVROLET	GRAN VITARA	X		1.05	13.40	214	2.03	1.091	2800
11	2001	NISSAN	SENTRA	X		2.15	12.30	315	3.04	1.017	2650
12	2002	CHEVROLET	ALTO	X		1.05	12.40	325	2.15	1.047	2800
13	2002	VOLKSWAGEN	GOL	X		2.06	14.20	280	2.78	1.085	2900
14	2003	CHEVROLET	CORSA	X		0.82	12.70	355	1.60	1.040	2870
15	2003	CHEVROLET	VITARA	X		0.83	12.50	235	0.96	1.058	2900
16	2003	CHEVROLET	CORSA	X		0.97	13.40	151	1.06	1.017	2870
17	2003	VOLKSWAGEN	GOL	X		1.62	12.30	225	2.89	1.025	2850
18	2004	CHEVROLET	CORSA	X		0.78	11.50	225	1.90	1.016	2800
19	2004	RENAULT	SIMBOL	X		1.02	13.20	180	2.90	1.100	2870
20	2004	VOLKSWAGEN	GOL	X	X	2.00	12.60	278	1.02	0.978	2780
21	2004	VOLKSWAGEN	GOL	X		2.17	13.80	320	2.18	1.058	2900
22	2005	CHEVROLET	ASTRA	X		0.87	11.30	315	1.45	1.058	2800
23	2005	CHEVROLET	CORSA	X		0.89	12.80	200	1.04	1.036	2870
24	2005	PEUGEOT	BERLINA	X		1.58	11.80	344	3.04	1.025	2580
25	2005	VOLKSWAGEN	GOL	X		2.65	11.90	325	3.27	1.023	2900
26	2006	HYUNDAI	ACCENT GL	X		0.75	14.00	260	0.36	1.002	2800
27	2006	CHEVROLET	NHR	X		0.76	11.20	300	1.87	1.087	2600
28	2006	KIA	PICANTO	X		1.62	11.90	250	1.35	1.017	2870
29	2007	CHEVROLET	CORSA EVOLUTION	X		0.85	11.20	160	1.52	1.058	2900
30	2007	CHEVROLET	SPARK	X		0.96	9.80	256	1.98	1.203	2900
31	2007	CHEVROLET	GRAN VITARA	X		0.98	8.70	189	0.89	1.027	2600
32	2008	CHEVROLET	OPTRA	X		0.72	12.80	182	1.62	1.069	2800
33	2008	CHEVROLET	CORSA	X		0.73	13.10	221	1.25	1.030	2900
34	2008	CHEVROLET	AVEO EMOTION	X		0.89	9.30	235	1.65	1.257	2800

35	2008	HYUNDAI	GETZ GL	X		1.02	13.25	245	0.12	1.007	2690
36	2009	RENAULT	SANDERO	X		0.09	12.30	150	3.00	1.025	2900
37	2010	CHEVROLET	GRAN VITARA	X		0.98	12.90	198	1.56	1.082	2900
38	2010	KIA	SPORTAGE	X		1.10	12.10	210	2.69	1.020	2900
39	2010	KIA	SPORTAGE	X		1.89	13.40	240	2.58	1.058	2870
40	2011	CHEVROLET	GRAN VITARA	X		0.78	12.90	210	1.60	1.096	2900
41	2011	CHEVROLET	AVEO ACTIVO	X		0.85	11.80	215	1.85	1.030	2900
42	2011	HYUNDAI	GETZ	X		0.87	11.90	210	0.14	1.000	2600
43	2011	SUZUKI	GRAN VITARA	X		0.89	11.80	215	1.02	1.095	2600
44	2011	KIA	SPORTAGE R	X		0.90	11.80	182	3.90	1.110	2590
45	2011	CHEVROLET	AVEO EMOTION	X		0.99	13.50	247	0.99	1.046	2900
46	2011	VOLKSWAGEN	GOL	X		1.08	12.80	291	3.46	1.017	2900
47	2012	CHEVROLET	AVEO	X		0.02	13.60	29	0.35	1.016	2600
48	2012	RENAULT	SANDERO	X		0.09	13.30	123	2.03	1.098	2900
49	2012	RENAULT	SANDERO	X		0.09	11.90	210	3.25	1.025	2800
50	2012	KIA	SPORTAGE	X		0.30	14.10	358	2.54	1.058	2700
51	2012	GREAT WALL	WINGLE	X		0.48	13.20	320	1.50	1.045	2850
52	2012	CHEVROLET	AVEO FAMILY	X		0.76	12.10	220	1.47	1.063	2600
53	2012	HYUNDAI	ACCENT SEDAN	X		0.89	13.25	212	0.52	1.250	2800
54	2012	CHEVROLET	SAIL	X		0.97	13.70	256	1.82	1.002	2870
55	2012	GREAT WALL	HOVER	X		1.02	11.20	215	1.05	1.025	2700
56	2012	KIA	SPORTAGE	X		1.25	12.50	185	1.80	1.005	2800
57	2012	VOLKSWAGEN	GOL	X		1.38	12.50	260	2.15	1.085	2870
58	2012	VOLKSWAGEN	GOL	X		1.59	11.50	214	3.04	1.005	2800
59	2012	MAZDA	BT-50	X		1.85	12.60	255	3.04	1.017	2850
60	2013	HYUNDAI	ACCENT	X		0.37	14.00	345	0.68	1.008	2970
61	2013	CHEVROLET	LUV D-MAX	X		0.49	12.70	209	1.03	1.012	2800
62	2013	HYUNDAI	I10 AC	X		0.58	12.90	220	0.23	1.058	2580

63	2013	CHEVROLET	SAIL	X		0.76	12.40	263	1.25	1.058	2900
64	2013	CHEVROLET	SPARK	X		0.95	13.40	200	1.05	1.024	2600
65	2013	CHEVROLET	AVEO FAMILY	X		0.97	9.80	270	2.01	1.050	2800
66	2013	SUZUKI	GRAND VITARA	X		0.99	12.80	296	2.85	1.059	2700
67	2013	KIA	SPORTAGE	X		1.26	14.20	215	2.63	1.008	2700
68	2013	KIA	SPORTAGE	X		1.52	12.80	138	2.98	1.018	2870
69	2013	TOYOTA	GT-86	X		1.96	12.10	235	1.15	1.025	2800
70	2013	FORD	ECOSPORT	X		1.97	12.14	240	1.15	1.025	2800
71	2014	RENAULT	DUSTER		X	0.28	12.50	135	2.01	1.115	2800
72	2014	KIA	RIO R		X	0.43	14.20	137	0.67	1.013	2700
73	2014	CHEVROLET	SPARK	X		0.66	13.60	280	1.37	1.052	2780
74	2014	CHEVROLET	CRUZE	X		0.92	13.10	180	1.78	1.456	2900
75	2014	CHEVROLET	AVEO FAMILY	X		0.96	10.80	210	1.23	1.017	2800
76	2014	KIA	CERATO	X		1.30	13.50	215	1.70	1.025	2900
77	2015	KIA	RIO	X		0.23	11.80	353	2.87	1.110	2600
78	2015	CHEVROLET	TRACKER		X	0.50	10.70	187	0.84	1.069	2900
79	2015	KIA	SPORTAGE	X		1.02	13.80	220	3.00	1.074	2600
80	2015	KIA	RIO R	X		1.80	12.30	175	2.52	1.015	2750
81	2015	NISSAN	VERSA	X		1.85	12.50	235	2.80	1.100	2700
82	2017	JEEP	COMPASS SPORT	X		0.12	13.80	250	0.81	1.025	2560
83	2017	CHEVROLET	D-MAX	X		0.48	11.20	40	3.62	1.005	2900
84	2017	HYUNDAI	IONIQ		X	0.58	12.60	58	0.09	1.000	2900
85	2017	KIA	SPORTAGE		X	0.85	11.50	158	1.25	1.120	2600
86	2017	SUZUKI	GRAND VITARA SZ	X		1.02	12.60	245	1.05	1.087	2800
87	2018	TOYOTA	YARIS SD		X	0.01	14.60	15	0.79	1.037	2600
88	2018	CITROEN	C3 FEEL		X	0.01	14.60	15	0.79	1.037	2800
89	2018	HYUNDAI	IONIQ		X	0.02	14.60	32	0.04	1.000	2850
90	2018	HYUNDAI	TUCSON		X	0.03	14.20	26	0.08	1.000	2950
91	2018	HYUNDAI	CRETA		X	0.03	12.50	45	0.05	1.000	2600
92	2018	CHEVROLET	SAIL	X		0.04	10.70	16	0.34	1.034	2900
93	2018	TOYOTA	NEW FORTUNER		X	0.20	14.80	40	0.68	0.980	2800
94	2018	HYUNDAI	TUCSON		X	0.25	13.60	42	0.08	1.025	2750
95	2018	GREAT WALL	WINGLE		X	0.25	12.50	85	1.15	1.500	2840
96	2018	HYUNDAI	GRAND I		X	0.68	12.58	36	0.07	1.000	2900
Realizó:		Santiago Núñez			Revisó:		Ing. Oscar Tene Ing. Vladimir Poveda Ing. Gustavo Patín		Aprobó: Ing. Alejandra Lascano		

Núñez C. 2018. Medición de emisiones de gases. Recuperado de *ESTUDIO DE EMISIONES DE GASES EN VEHÍCULOS A GASOLINA*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

ANEXOS DE RESULTADOS

ANEXO 16 Fotos de la prueba de análisis de gases

Figura 14. Pruebas de análisis de gases de Toyota Prius Csport

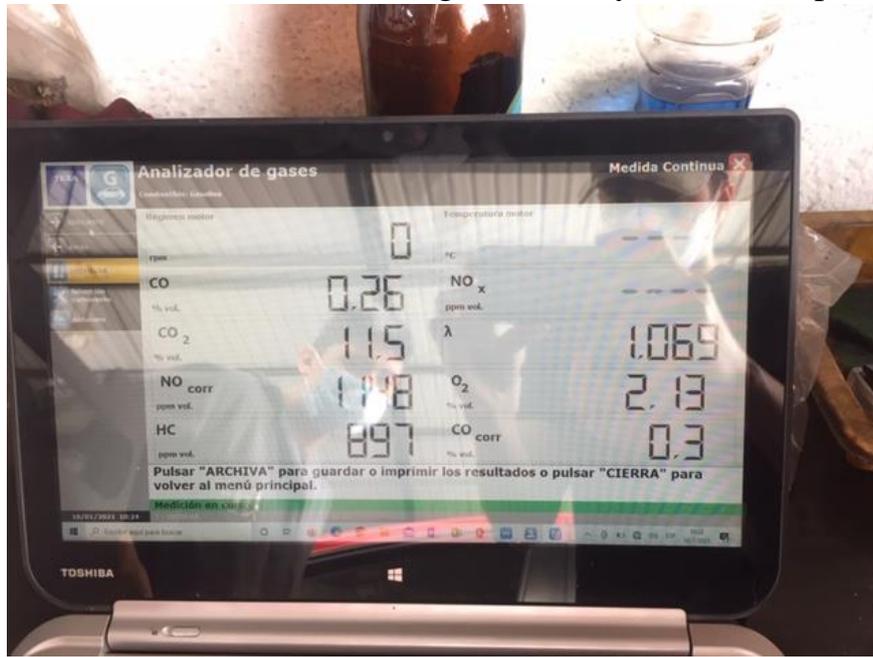


Figura 15. Pruebas de análisis de gases de Toyota Prius Csport



Figura 16. Pruebas de análisis de gases de Toyota Prius Csport

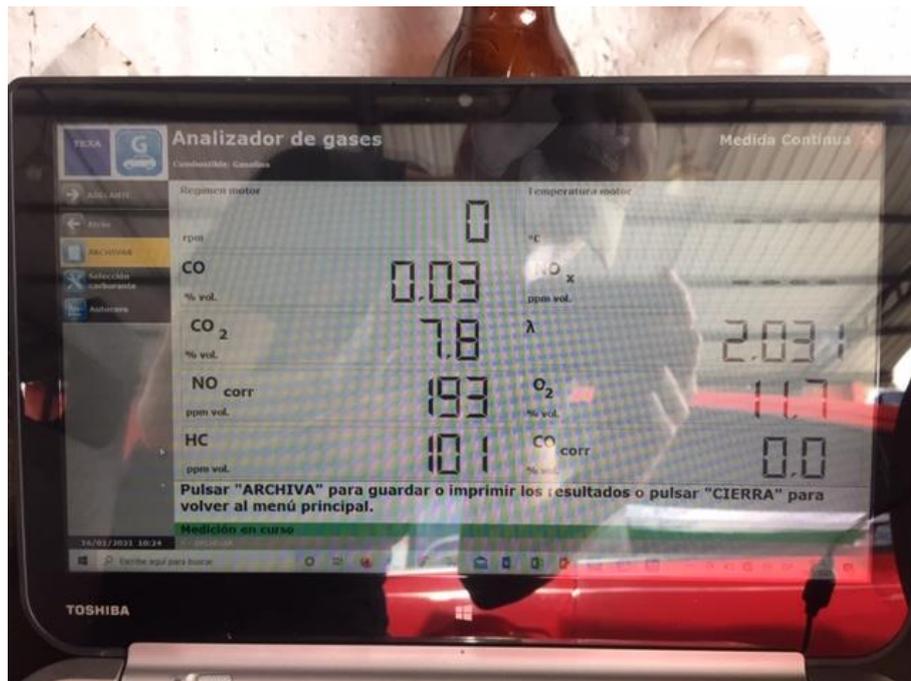


Figura 17. Pruebas de análisis de gases de Kia Picanto 2021

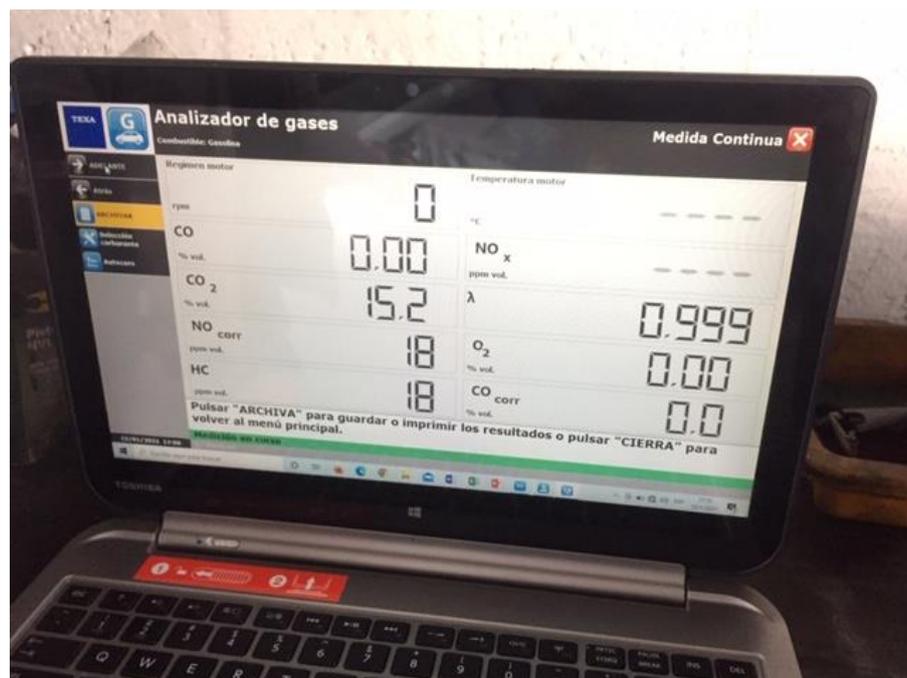


Figura 18. Maquina analizadora de gases GASBOX AUTOPOWER



Figura 20. Análisis de gases de Kia Picanto 2021



Figura 21. Análisis de gases de Toyota Prius Csport

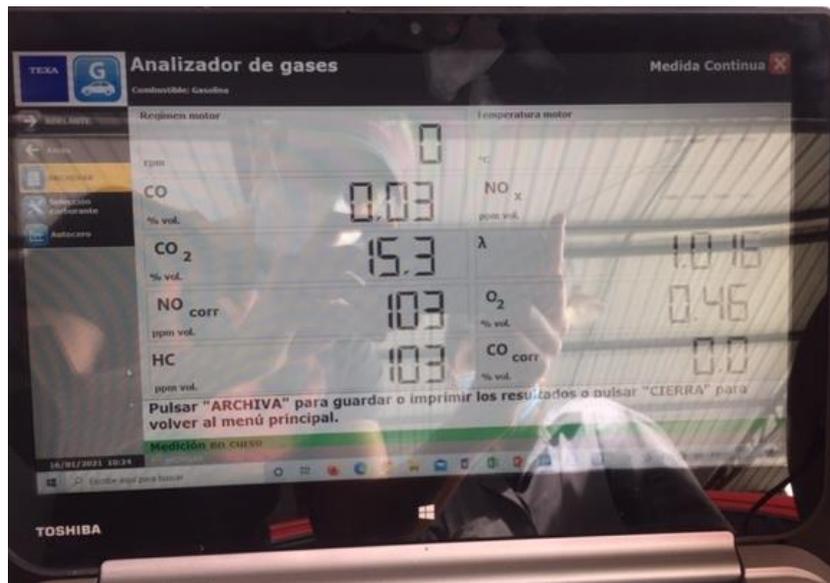


Figura 22. Colocación de la sonda en el tubo de escape del Toyota Prius Csport



ANEXO 17 TABLAS VALORES DE ANALISIS DE GASES

DATOS GENERALES						
VEHICULOS				%CO2 (A)	%O2 (K)	%CO (B)
MODELO		CONSUMO	CONSUMO km/m3			
SAIL 2013	1485 Kg	100km/5.4 litros	15852.0476	12.4	1.5	0.76
IONIC 2018	1445 kg	100km/ 3.4 litros	29411.765	14.6	0.04	0.02
tucson	2010 kg	100km/10.4 litros	9614.38	14.2	0.08	0.03
citroen c3 feel 2018	1151 kg	100km/4.8 litros	20833.33	14.2	0.08	0.01
Grand i10 2018	1430 kg	100km/6 litros	16666.66	12.58	0.07	0.68
grand vitara sz	2070 Kg	100km/8.9 litros	11235.95	12.6	1.05	1.02
chevrolet optra 2008	1211 kg	100km/8 litros	12500	12.8	1.62	0.72
yaris 2018	1565 kg	100km/4 litros	25000	14.6	0.79	0.01
Picanto 2021	1370 kg	100km/5.9 litros	16949	15.3	0.17	0.03
Sportage R 2017	2000 kg	100km/11.8 litros	8474.57	11.5	1.25	0.85
Prius 2019	1565 kg	100km/3.2 litros	31250	13.1	0.41	0.04
Toyota Fortuner 2.7 2019	2600 kg	100km/10.5 litros	9523.8	14.8	0.68	0.2
Sportage R 2021	2000 kg	100km/11.8 litros	8474.57	14.1	0.33	0.19
Hyundai Creta 2018	1730 kg	100km/9 litros	11111.11	12.5	0.05	0.03

Los valores del anexo 17 son extraídos de la prueba de análisis de gases realizado por la Universidad Técnica de Ambato y valores sacados por la maquina Gasbox, estos vehículos por sus resultados aprueban la revisión técnica vehicular hasta este punto del estudio.

IGUALACION		
$x \text{ C}_8\text{H}_{18} + y \text{ O}_2 = \text{A CO}_2 + \text{B CO} + \text{K O}_2 + \text{a H}_2\text{O}$		
X	Y	a
$8x = \text{A} + \text{B}$	$2y = 2(\text{A}) + \text{B} + 2(\text{K}) + \text{a}$	$x(18) = 2(\text{a})$
1.645	21.6825	14.805
1.8275	22.87375	16.4475
1.77875	22.299375	16.00875
1.77625	22.278125	15.98625
1.6575	20.44875	14.9175
1.7025	21.82125	15.3225
1.69	22.385	15.21
1.82625	23.613125	16.43625
1.91625	24.108125	17.24625
1.54375	20.121875	13.89375
1.6425	20.92125	14.7825
1.875	24.0175	16.875
1.78625	22.563125	16.07625
1.56625	19.613125	14.09625

En el anexo tenemos el proceso de combustión con productos igualados correspondientes a los vehículos de prueba seleccionados.

IGUALACION EQUIVALENTE		
$\text{C}_8\text{H}_{18} = (\text{A CO}_2 + \text{B CO} + \text{K O}_2 - y \text{ O}_2 + \text{a H}_2\text{O})/x$		
A	B	K
7.537993921	0.462006079	0.9118541
7.989056088	0.010943912	0.02188782
7.983134223	0.016865777	0.0449754
7.994370162	0.005629838	0.04503871
7.58974359	0.41025641	0.04223228
7.400881057	0.599118943	0.61674009
7.573964497	0.426035503	0.95857988
7.994524298	0.005475702	0.43258042
7.984344423	0.015655577	0.08871494
7.449392713	0.550607287	0.8097166
7.97564688	0.02435312	0.24961948
7.893333333	0.106666667	0.36266667
7.89363191	0.10636809	0.18474458
7.98084597	0.01915403	0.03192338

		MASA MOLECULAR		
H	1	$x \text{C}_8\text{H}_{18} + y \text{O}_2 = \text{A} \text{CO}_2 + \text{B} \text{CO} + \text{K} \text{O}_2 + \text{a} \text{H}_2\text{O}$		
C	12	C ₈ H ₁₈ (Kg/mol)	CO ₂ (Kg/mol)	CO (Kg/mol)
O	16	114	44	28

Mediante el balanceo de los compuestos químicos que interactúan en la combustión de un motor a gasolina determinamos los kilogramos / mol que existe en este proceso. Para que puedan ser utilizados en el cálculo de emisiones de gases contaminantes que emite un vehículo en su recorrido.

KG DE COMBUSTIBLE (R.)	
Densidad gasolina	
kg/m ³	680
R	
Kg C ₈ H ₁₈	0.04289667
Kg C ₈ H ₁₈	0.02312
Kg C ₈ H ₁₈	0.07072739
Kg C ₈ H ₁₈	0.03264001
Kg C ₈ H ₁₈	0.04080002
Kg C ₈ H ₁₈	0.06052003
Kg C ₈ H ₁₈	0.0544
Kg C ₈ H ₁₈	0.0272
Kg C ₈ H ₁₈	0.04012036
Kg C ₈ H ₁₈	0.08024006
Kg C ₈ H ₁₈	0.02176
Kg C ₈ H ₁₈	0.07140007
Kg C ₈ H ₁₈	0.08024006
Kg C ₈ H ₁₈	0.06120001

En el anexo se obtiene mediante el poder calorífico de la gasolina los kilogramos que existe de este elemento en la combustión de cada vehículo seleccionado para el estudio.

kg de CO ₂	
Kg /mol	A
Kg /mol C ₈ H ₁₈	1
=	2.90940116
=	3.08349533
=	3.0812097
=	3.08554638
=	2.92937472
=	2.85648041
=	2.92328454
=	3.08560587
=	3.08167679
=	2.8752042
=	3.07831985
=	3.04654971
=	3.04666495
=	3.08032651

En el anexo se obtiene los kilogramos de CO₂ que existe en el proceso de combustión de cada vehículo seleccionado para el estudio

kg de CO	
Kg /mol	B
Kg /mol C ₈ H ₁₈	1
=	0.11347518
=	0.00268798
=	0.00414247
=	0.00138277
=	0.10076473
=	0.14715202
=	0.1046403
=	0.00134491
=	0.00384523
=	0.13523688
=	0.00598147
=	0.02619883

=	0.0261255
=	0.0047045

En el anexo se obtiene los kilogramos de CO que existe en el proceso de combustión de cada vehículo seleccionado para el estudio, el resultado final (Q1 y Q2) de las formulas establecidas nos entregan el valor en Kg/Km de CO₂ y CO. Para poder comparar con los parámetros de la norma INEN 2204-2016 se transforma los Kilogramos a gramos.

RESULTADOS												
VEHICULOS				GRAMOS POR KM (g/km)		CUMPLIMIENTO				CATEGORIA/CIRCULA		
				CO ₂	CO	INEN 2204 g/Km CO	COMPLE MT. g/Km CO ₂ (>130)	AG C	M GC	BG C		
MODELO	CONSUMO	CONSUMO	g C ₈ H ₁₈ * g CO ₂	gC ₈ H ₁₈ * g CO	SI	NO	SI	NO	0/7 dias	2/7 dias	7/7 dias	
Chevrolet Sail 2013	1485 Kg	100km /5.4 litros	15852.0476	124.8036115	4.867706842	x		x			x	
Hyundai Ionic 2018	1445 kg	100km / 3.4 litros	29411.765	71.29041136	0.062146062	x		x			x	
Hyundai Tucson 2018	2010 kg	100km /10.4 litros	9614.38	217.9259189	0.292986191	x		x		x		
Citroen C3 feel 2018	1151 kg	100km /4.8 litros	20833.33	100.7122499	0.045133531	x		x			x	
Hyundai Grand i10 2018	1430 kg	100km /6 litros	16666.66	119.5185363	4.111202724	x		x			x	
Suzuki Grand Vitara SZ	2070 Kg	100km /8.9 litros	11235.95	172.8742721	8.90564432		x		x	x		
Chevrolet Optra 2008	1211 kg	100km /8 litros	12500	159.0266791	5.692432264		x		x	x		
Toyota Yaris 2018	1565 kg	100km /4 litros	25000	83.92847965	0.036581529	x		x			x	
Kia Picanto 2021	1370 kg	100km /5.9 litros	16949	123.6379857	0.154271996	x		x			x	

Kia Sportage R 2017	2000 kg	100km /11.8 litros	8474.57	230.7065561	10.85141509		x		x	x		
Toyota Prius Csport 2020	1565 kg	100km /3.2 litros	31250	66.9842399	0.130156747	x		x				x
Toyota Fortuner 2.7 2019	2600 kg	100km /10.5 litros	9523.8	217.5238666	1.870598362	x			x			x
Kia Sportage R 2021	2000 kg	100km /11.8 litros	8474.57	244.4645763	2.096311325	x			x			x
Hyundai Creta 2018	1730 kg	100km /9 litros	11111.11	188.5160015	0.287915348	x			x			x

En el anexo se puede observar que mediante los gramos de CO y CO₂ que consume un vehículo por cada kilómetro se categoriza a aquellos que no cumplen estos dos factores y aquellos que solo cumplen uno de los dos parámetros.

VEHICULOS				CATEGORIA/ CIRCULA		
				AGC	MGC	BGC
MODELO		CONSUMO	CONSUMO	0/7 dias	2/7 dias	7/7 dias
		litros	km/m3			
SAIL 2013	1485Kg	100km/5.4 litros	15852.0476			x
IONIC 2018	1445kg	100km/3.4 litros	29411.765			x
tucson	2010kg	100km/10.4 litros	9614.38		x	
citroen c3 feel 2018	1151kg	100km/4.8 litros	20833.33			x
Grand i10 2018	1430kg	100km/6 litros	16666.66			x
grand vitara sz	2070Kg	100km/8.9 litros	11235.95	x		
chevrolet optra 2008	1211kg	100km/8 litros	12500	x		
yaris 2018	1565kg	100km/4 litros	25000			x
Picanto 2021	1370kg	100km/5.9 litros	16949			x
Sportage R 2017	2000kg	100km/11.8 litros	8474.57	x		
Prius 2019	1565kg	100km/3.2 litros	31250			x

Toyota Fortuner 2.7 2019	260 0kg	100km/10. 5 litros	9523.8		x	
Sportage R 2021	200 0kg	100km/11. 8 litros	8474.57		x	
Hyundai Creta 2018	173 0kg	100km/9 litros	11111.11		x	

En el anexo se muestra los vehículos que mediante y peso y valores de contaminación de gramos por kilómetro tiene una limitación de circulación al no cumplir con la normativa, la categorización se realiza comparando los resultados con los rangos que exige la norma INEN 2204.

ANEXO 16 SELLOS DE ZONA DE BAJAS EMISIONES EN EL CENTRO HISTORICO



Figura 23. Sello de BAJO GRADO DE CONTAMINACIÓN



Figura 24. Sello de MEDIO GRADO DE CONTAMINACIÓN



Figura 25. Sello de ALTO GRADO DE CONTAMINACIÓN

CONCLUSIONES

Siendo muy importante la reducción de la contaminación por CO (gas tóxico para los seres vivos) y CO₂ (causante de efecto invernadero) en el Centro Histórico de Quito (zona verde), el análisis realizado indica que es necesaria la limitación de la circulación de vehículos que no cumplan con los límites establecidos en la normativa.

Bajo el criterio de contaminación en gramos por kilómetro de CO y CO₂, se conseguiría reducir el efecto en la salud y la infraestructura al aplicar limitación de circulación vehicular dentro del Centro Histórico de Quito, que para la muestra se encontró que de acuerdo al nivel se puede restringir a solo 2 días de circulación para un 28 % de la muestra y el 21 % no podrían ingresar al centro histórico.

Los vehículos híbridos son los que presentan un mejor rendimiento al momento de realizar los cálculos, por esta razón no tendrían restricción vehicular.

Los vehículos nuevos tienden a tener mejor rendimiento y menor contaminación, ya que las políticas mundiales impulsan a la descontaminación del planeta siendo la combustión de hidrocarburos uno de los principales contaminantes, por esta razón los vehículos de modelos antiguos no tienen una buena tecnología y son a los que entraría en el rango de posible restricción de circulación.

Otro factor para un alto grado de contaminación proviene de vehículos que no tienen un buen mantenimiento siendo un ejemplo el vehículo Sportage R que se analizó con el modelo 2017 y 2021. Estos llevan la misma tecnología, pero diferentes condiciones de desgaste.