



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i3.1890>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículos de investigación

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

Analysis of the incidence of decibels in the rooms of category m1

Análise da incidência de decibéis nos quartos da categoria m1

Guillermo Gorky Reyes-Campaña ^I
gureyesca@internacional.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7133-9509>

Carlos Andrés Páez-Cajas ^{III}
capaezca@uide.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2022-3968>

Fernanda Paulina Vizcaino-Imacaña ^{II}
pvizcaino@uide.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9575-3539>

Diego Fernando Terán-Pazmiño ^{IV}
diteranpa@uide.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9593-4548>

Correspondencia: gureyesca@internacional.edu.ec

***Recibido:** 16 de marzo de 2021 ***Aceptado:** 22 de abril de 2021 * **Publicado:** 10 de mayo de 2021

- I. Ingeniero Mecánico Especialidad Automotriz, Magíster Sistemas Automotrices, Coordinador Investigación Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II. Ingeniera Informática, Máster en Administración de Negocios M.B.A, Coordinadora - Investigadora Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III. Estudiante de la Escuela de Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- IV. Estudiante de la Escuela de Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

Resumen

Debido a los altos niveles de contaminación acústica y el alto tránsito vehicular en la ciudad de Quito, tres vehículos categoría M1 de diferentes procedencias de fabricación fueron analizados. El objetivo fue determinar la incidencia de ruido dentro del habitáculo al transitar por los túneles del DMQ. Se realizaron pruebas de medición bajo la norma ISO 5130:2019, OMS, Ordenanza Metropolitana N° 123, las cuales determinan los niveles máximos y mínimos tolerables para los usuarios. Los mediciones mostraron que el 25% de incremento de ruido se debe al cambio de condiciones y variables propuestas, la diferencia entre los vehículos M1 K, M1 J y M1 C es del 10% determinando los materiales del vehículo y escenarios propuestos representan distintas capacidades de absorción de ruido. Los valores máximos obtenidos durante la medición alcanzan picos de 95 a 100 dB sobrepasando los niveles de distintas normativas. En los análisis realizados se determinó que el vehículo M1 J se encuentra en condiciones óptimas referentes a los valores establecidos para cada normativa. Asegurando así una adecuada exposición frente al ruido y evitando una afectación a corto y largo plazo para los usuarios.

Palabras clave: ISO 5130:2019; habitáculos categoría M1; contaminación acústica; decibeles; ordenanza municipal.

Abstract

Due to the high levels of noise pollution and the high vehicular traffic in the city of Quito, three M1 category vehicles of different manufacturing origins were analyzed. The objective was to determine the incidence of noise inside the passenger compartment when driving through the tunnels of the DMQ. Measurement tests were performed under ISO 5130:2019, WHO, Metropolitan Ordinance No. 123, which determine the maximum and minimum tolerable levels for users. The measurements showed that 25% of noise increase is due to the change of conditions and proposed variables, the difference between vehicles M1 K, M1 J and M1 C is 10% determining the vehicle materials and proposed scenarios represent different noise absorption capacities. The maximum values obtained during the measurement reach peaks of 95 to 100 dB, exceeding the levels of different regulations. The analysis determined that the vehicle M1 J is in optimal conditions with respect to the values established for each regulation. Thus ensuring an adequate exposure to noise and avoiding a short and long term affectation for the users.

Keywords: ISO 5130:2019; M1 category cabins; noise pollution; decibels; municipal ordinance.

Resumo

Devido aos altos níveis de poluição sonora e ao alto tráfego de veículos na cidade de Quito, três veículos da categoria M1 de diferentes origens de fabricação foram analisados. O objetivo era determinar a incidência de ruído no interior da cabine ao passar pelos túneis DMQ. Os testes de medição foram realizados de acordo com a ISO 5130: 2019, OMS, Portaria Metropolitana nº 123, que determina os níveis máximo e mínimo toleráveis para os usuários. As medições mostraram que o aumento de 25% no ruído é devido à mudança nas condições e variáveis propostas, a diferença entre os veículos M1 K, M1 J e M1 C é de 10%, determinando os materiais do veículo e os cenários propostos representam diferentes capacidades de ruído absorção. Os valores máximos obtidos durante a medição atingem picos de 95 a 100 dB, superando os níveis de diferentes regulações. Nas análises realizadas, determinou-se que o veículo M1 J está em ótimas condições referentes aos valores estabelecidos para cada regulagem. Garantindo assim a exposição adequada ao ruído e evitando efeitos de curto e longo prazo nos usuários.

Palavras-chave: ISO 5130: 2019; cabines da categoria M1; contaminação acústica; decibéis; portaria municipal.

Introducción

El parque automotor según la AEADE (Asociación de empresas automotrices del Ecuador); más del 35% de vehículos vendidos en Pichincha son de gama M1 (AEADE, 27); es decir que hay más de 790.686.4 automóviles que circulan en el DMQ. Esta creciente demanda de circulación ha apuntado a que la red vehicular se encuentre saturada causando estragos en varios puntos de la ciudad. El DMQ ha identificado que las zonas con mayor afluencia de vehículos son los corredores o también llamados túneles. (Quito, 2005)

Tabla 1: Participación de ventas por marca de vehículos livianos

Vehículos	% De demanda
KIA	23%
CHEVROLET	19%
GREAT WALL	7%
HYUNDAI	7%

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

TOYOTA	7%
OTRAS	23%

Fuente: (AEADE, 2020)

De esta manera los usuarios tienen diferentes percepciones del ruido que ingresa en el interior del automóvil ya sea debido al tráfico generado u otros factores; esta exposición al ruido por ciertos periodos de tiempo prolongados causa afectaciones a los usuarios de manera que el presente estudio tiene como finalidad analizar la incidencia de ruido que se filtra dentro de la cabina de un vehículo en el distrito metropolitano de Quito

Esta investigación analizó los vehículos más vendidos en la ciudad de Quito para estudiar las diferentes percepciones de ruido que existe en la cabina de un automóvil debido a variables externas, en escenarios con condiciones reales donde se llevará a cabo pruebas de campo utilizando un equipo de diagnóstico calibrado bajo la normativa IEC651 tipo 2 y ANSIS 1.4 con la finalidad de realizar una comparativa según los niveles que establece la OMS.

Según el estudio realizado por la Secretaria de Movilidad en el año 2014 (Secretaría de Movilidad, 2014), en el DMQ se han determinado varios puntos focalizados donde los niveles de ruido sobrepasan los estándares normalizados; para lo cual en la ordenanza metropolitana N° 123, en el artículo 26 refiere al nivel de ruido permitido para los automotores los cuales en este caso no deben sobre pasar de los 88 a 90 decibeles. (Ordenanza Metropolitana, 2004)

Un estudio realizado sobre el ingreso de ruido hacia la cabina del automotor indica que, en la ciudad de Quito, el 51% de los automóviles que circulan son de procedencia nacional (López del Corral, Estudio de los ruidos en las carrocerías en vehículos utilitarios., 2018), por esta razón hay que considerar si en la fabricación se respetan los estándares inhibición de ruido exterior hacia el interior de la cabina. Es importante identificar las diferencias que existe entre los materiales aislantes de las distintas gamas de vehículos que circulan en la ciudad, considerando su procedencia sean nacional o importados.

Basado en la investigación de incidencia de ruido en la cabina de un automóvil según los materiales aislantes, los automóviles deben tolerar un margen de 100 a 3200 Hz conforme consta en la normativa ASTM E 1050 (López del Corral, Estudio de los ruidos en las carrocerías en vehículos utilitarios., 2018), la misma que según la percepción de los usuarios esto no se cumple y permite que un alto grado de ruido ingrese a la cabina.

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

De acuerdo con el estudio sobre el ingreso de ruido a la carrocería de un vehículo utilitario (López del Corral, Estudio de los ruidos en las carrocerías en vehículos utilitarios., 2018); Enfatiza que, la inhibición de ruido está directamente relacionado con los materiales aislantes utilizados según el valor o gamma vehicular, los cuales se rigen a la misma normativa de control, cabe destacar que, a mayor porcentaje de cancelación de ruido, mayor será el confort del auto.

Fundamento teórico

Congestión vehicular

Los embotellamientos vehiculares es uno de los principales factores de demanda vial en prácticamente todas las ciudades del mundo, el continuo crecimiento demográfico y de urbanización a puesto a las ciudades en un panorama de movilidad que cambia rápidamente, por lo cual el transporte ya no solo es vital sino una necesidad para que las personas se trasladen de un punto a otro.

Según un estudio realizado por la compañía INRIX - Global Traffic Scorecard en el año 2018 – 2019 llevo a cabo un ranking de las 25 ciudades con mayor congestión vehicular posicionando a Quito en el puesto número 20 con 144 horas perdidas al año por atascos. (INRIX, 2020) Reconociendo que el promedio de viajes diarios permanece constante en todas las ciudades del mundo y que los usuarios no están dispuestos a pasar más de una hora al día viajando.

Tabla 2: Ranking de las ciudades con mayor congestión vehicular y las horas perdidas por los atascos vehiculares

2019 Impact Rank (2018 IMPACT)	Urban Area	Hours Lost in Congestion (Rank 2019)
1	Bogotá	191
2	Rio de Janeiro	190
3	México City	158
4	Estambul	153
5	Sao Paulo	152
20	Quito	144

Fuente: (INRIX, 2020)

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

Estos embotellamientos que se crean en las distintas ciudades del mundo se deben a un conjunto de factores como vehículos, ciudadanos, condiciones climáticas, carreteras, departamentos de transporte, incidentes entre otros, de modo que estos atascos generan ciertos tipos de contaminación como son ambientales, luces, olores, radiaciones y auditivas provocando una repercusión en las personas.

Contaminación

El espacio público ocupado por el parque automotor difiere con las repercusiones presentes en las personas al usar un vehículo esta contaminación es continua y afecta de alguna manera no solo a los usuarios de los automóviles, sino también a los que residen en estas áreas urbanas debido a los diferentes contaminantes que el automotor genera como fue demostrado en un estudio en el 2018 (Brian C. McDonald, 2018) donde la contaminación proviene del aire, suelo, agua y productos químicos.

Tabla 3: Tipos de contaminantes producidos por el automóvil

Tipos	Contaminantes del vehículo
Aire	Producto de los gases producidos como: óxidos nitrosos, monóxidos de carbono, dióxido de carbono, Compuestos de plomo
Suelo y agua	Residuos de las llantas en las calles, Perdida de líquidos de los vehículos (Aceites, aguas, refrigerantes)
Acústicos	Contaminación sonora producidos por la variación de decibeles (Tubos de escape, motores, alarmas, bocina, radios)
Productos Químicos	Productos químicos de uso cotidiano entre ellos (Agentes de limpieza, adhesivos, tintas, recubrimientos, disolventes orgánicos)

Fuente: Autores,2020

Contaminación acústica

Esta contaminación generada por los atascos en el tráfico vehicular dentro de la ciudad genera secuelas en las personas debido a las variaciones de los decibels del ruido que existe en el ambiente. Según una revista europea sobre el tráfico y la seguridad vial, la cantidad de decibelios que soporta una persona al día están por encima de lo que el ser humano lo categorizaría aceptable y con la exposición continua o repetitiva a estas variaciones de ruido llega a causar afectaciones a la salud

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

como estrés, irritabilidad y problemas físicos como es la hipertensión (Palomo, El tráfico, la principal fuente de ruido sobre ruedas, 2020) consiguiendo así que estos estímulos de los usuarios sean perturbados en el día a día de las personas.

La OMS se basa en un mapa del ruido que existe en el día, tarde y noche para tener un nivel de referencia de la presión acústica equivalente a las horas al aire libre expuestas desarrolladas en la siguiente fórmula. (OMS (World Health Organization) , 2011). Lo que esta información será de gran importancia para el análisis del ruido

$$L_{den} = 10 * 1g \frac{1}{24} (12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}}{10} + 5} + 8 * 10^{\frac{L_{night}}{10} + 10})$$

[EC. 1]

Donde:

L day = Tiempo expuesto en el día

L evening = Tiempo expuesto en la tarde

L night = Tiempos expuesto en la noche

Afectaciones a La Salud

Según la OMS el ruido generado por el tráfico es la segunda causa de enfermedad por motivos medioambientales resaltado que el tráfico no genera trauma acústico más que en aquellos casos donde la exposición es continua (OMS(Organizacion Mundial de la salud) , 2015). Estos decibeles están entre un rango de 55 a 65 dbs y el máximo recomendable permitido no debe superar los 70 a 85 dbs durante las 24 horas del día

Tabla 4: Efectos del ruido en la salud

Entorno	Tiempo (h)	Nivel de sonido dB(A)	Efecto sobre la salud
Exterior de viviendas	16	50-55	Molestia
Interior de viviendas	16	35	Interferencia
Dormitorios	8	30	Interrupción del sueño
Aulas escolares	Duración de la clase	35	Perturbación de comunicación
Áreas industriales, comerciales y de tráfico	24	70	Deterioro auditivo
Música en auriculares	1	85	Deterioro auditivo
Actividades de ocio	4	100	Deterioro auditivo

Fuente: (Organization, 2018)

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

La exposición prolongada al ruido tiende a que la persona sufra ciertos desequilibrios en su salud llevando a desencadenar una serie de afectaciones como perturbaciones del sueño, ansiedad, problemas en su salud mental e incluso en el sistema inmunológico (OSMAN) dando como resultado un deterioro sobre el rendimiento de la persona.

Materiales Aislantes

Los materiales aislantes, son elementos de tipo natural o sintéticos capaces de proteger viviendas, locales, automóviles y más; generando protección contra agentes externos como factores climatológicos, sean estos: la lluvia, el calor, el frío, la humedad y los ruidos. (Roriguez, 2015). Son utilizados según la necesidad de la industria donde se la requiera, por tal motivo un material aislante contra el temporal se refiere a un material más denso tal como es el ejemplo de acero, aluminio, entre otros. Por otro lado, si el objetivo es absorber elementos no visibles como ondas sonoras, se utilizará materiales porosos y menos densos, por ejemplo, caucho o poliuretano. (Jové, 2017) Los materiales aislantes comparten en su gran mayoría propiedades como la inhibición de calor o ruido.

Gráfico 1: Materiales aislantes



Fuente: (Jové, 2017)

Aislantes vehiculares

En la industria automotriz es de vital importancia reducir los niveles de ruido producidos por el funcionamiento del motor y las vibraciones que este produce al resto de componentes del

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

automóvil. Es por esta razón que cada material aislante debe aminorar la energía sonora según los siguientes factores:

Tabla 5: Tipos de materiales aislantes de ruido vehicular.

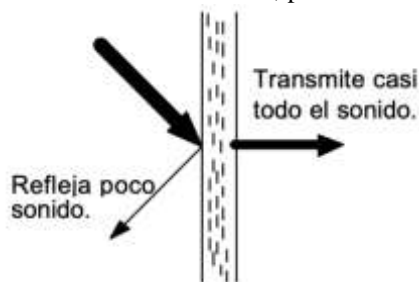
Tipo de material aislante de ruido vehicular	Caracterización
Absorción	Materiales absorbentes en putos selectivos de emisión de ruido, como ejemplo los resonadores de escape de motor.
Reflexión	Elementos físicos capaces de reflejar las ondas sonoras producidas por el motor, este material se encuentra en el capot del vehículo.
Difusión	Material aislante capaz de dispersar de manera uniforme y en múltiples direcciones la energía sonoro-emitada por el motor o de igual forma de agentes externos.

Fuente: (Oña & Bayas, 2011)

En la actualidad, el sector automotriz pretende reducir el ingreso y emisión de ruido, por lo cual cataloga la reducción de ruido como sinónimo de confort. (Constante, 2020). Un vehículo de alto confort refiere al automotor que reduce sustancialmente las ondas sonoras del exterior y de igual manera las ondas producidas por el motor, brindando al usuario un ambiente insonorizado y neutro. Es importante mencionar que los ruidos producidos dentro de la cabina del automóvil deben neutralizarse para evitar el incremento de la contaminación sonora hacia el medio ambiente.

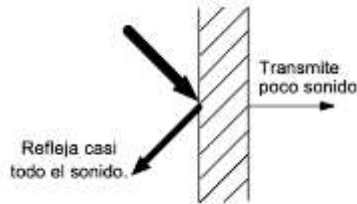
Como se observar en la imagen N°2, los materiales con alto porcentaje de porosidad como la fibra de vidrio permite el paso del sonido en mayor medida en lugar de realizar la reflexión de este. Sin embargo, en la imagen N°3 los materiales solidos como aluminio, caucho o poliuretano al no tener porosidad permiten reflejar el ruido, reduciendo el paso de este por el material.

Gráfico 2: Materiales absorbentes, pero no aislantes



Fuente: (Vitoria, 2001)

Gráfico 3: Materiales aislantes, pero no absorbentes



Fuente: (Vitoria, 2001)

Vehículos

El mundo automotriz se caracteriza por la gama de automóviles que se ofrecen según las necesidades del mercado, se encuentran vehículos pequeños, medianos, grandes, altos, bajos, cortos o largos. Teniendo en cuenta que los vehículos mantienen su división según el propósito de funcionamiento; por ejemplo, un vehículo particular de circulación en ciudad o de igual manera automotores como maquinaria agrícola. Por tal motivo la división de automóviles está regulada en la Unión Europea según la normativa UN N° 678/2011 (Union Europea, 2011), en la cual existe una división de tipos vehiculares en base al transporte de pasajeros, transporte de mercancías y remolques.

Normativas

El uso de herramientas de medición al igual de niveles estandarizados de ruido permiten a la organización de salud establecer valores mínimos apropiados al ser humano al momento de tener exposición al ruido, de forma tal que se estableció a la presión sonora o presión acústica, como una medición de presión ejercida por las ondas sonoras la cual se mide en pascuales (Pa).

La presión sonora media soportable para el oído humano está dada por $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, sin embargo, esta medida resulta ser muy pequeña para lo cual se estableció una relación logarítmica relativa a nivel de referencia con la medida de decibelios (dB).

La presión sonora se establece por la fórmula:

$$Lp = 20 * \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

[EC. 2]

Donde:

P: Es la presión acústica actual en Pa

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

Po: Presión acústica referencial dada como valor medio $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Para la recepción de ruido no existen regulaciones, sin embargo, entidades de salud como la OMS han determinado que los valores promedio son de 85 decibelios de exposición durante un máximo de 8 horas para no tener riesgos auditivos (Organización Mundial de la Salud, 2015), de igual manera se menciona que en el transcurso del día se mantiene exposiciones medias de 55 a 65 decibelios. En el Distrito Metropolitano de Quito, según la Ordenanza N° 123 el valor máximo permitido de emisión de ruido de un vehículo durante su funcionamiento es de 88 decibelios. (Distrito Metropolitano de Quito, 2004 - 2008)

Basado en estos valores nominales, es importante denotar que al reunir varios automotores estos niveles se incrementaran, teniendo como referencia el tráfico vehicular en horas pico, la exposición al ruido por parte de las personas será superior. Razón por la cual, se busca la relación de inhibición de ruido existente en los vehículos según el material aislante utilizado en las distintas gamas vehiculares.

Según el estudio realizado de los daños por exposición auditiva, el ser humano adquiere daños en el oído una vez se supere el umbral de dolor que corresponde a los 120 dB, el cual se compara a la salida de la bocina de una ambulancia, a continuación, se detalla una tabla con el tiempo máximo previo a sufrir una lesión auditiva según los niveles de ruido.

Tabla 6: Tiempo de exposición al ruido antes de que se produzca un daño.

Ruido en Decibeles	Tiempo de Exposición para daño
85 db	5 h./día
90 db	2 h./día
95 db	1 h./día
100 db	30 min. /día
105 db	15 min. /día
110 db	5 min. /día
120 – 140 db	+/- 1seg. /día

Fuente: (Revista tráfico y seguridad vial, 2016)

Materiales y métodos

Método

El método que se utilizó para la presente investigación fue de tipo analítico deductivo con base bibliográfica, proceso que facilitará el desarrollo de la hipótesis de la investigación, la misma que

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

fue enfocada a la incidencia de ruido considerado en la cabina y las repercusiones a la salud de los ocupantes.

Se analizó diferentes tipos de variables dependientes e independientes para los respectivos análisis teniendo en cuenta la realidad en la que los vehículos circulan por las diferentes calles del DMQ. Se elaboró una comparativa de los automóviles con filtración ruido a la cabina a través de tablas dinámicas proporcionadas por la información recolectada del equipo de diagnóstico calibrado y normado bajo la normativo IEC651 tipo 2 y ANSIS4 tipos 2, de esta manera el análisis será de una manera cuantitativa comparando los decibeles mínimos y máximos de ruido dentro de un vehículo M1 según la normativa nacional y la OMS.

Materiales

Vehículo

Para la presente investigación, se utilizó la categoría M1 que tiene como características principales ser un vehículo de 8 plazas como máximo adicionales al puesto del conductor, vehículo que ha sido diseñado y fabricado para el transporte de pasajeros.

Gráfico 4: división de vehículos categoría M1

M ₁	
M ₂	
M ₃	
M	Especial 

Fuente: (Union Europea, 2011)

El mercado automotriz a nivel nacional presenta gran variedad de vehículos para la elección del usuario. Se observa en el gráfico N° 5, la subdivisión vehicular M1 tiene gran participación en el mercado automotriz, en el cual las 3 marcas más representativas del mercado tienen como procedencia de fabricación

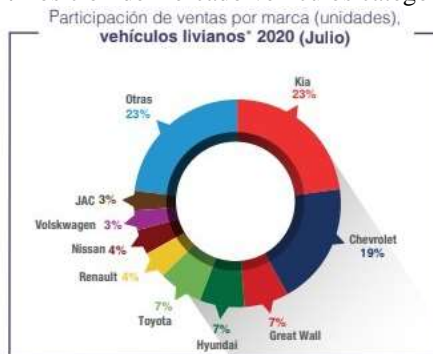
- Sur Corea – M1 K
- Colombia – M1 C

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

- Japón – M1 J

Cada uno de los modelos corresponden a los vehículos de una gama baja y alta del mercado teniendo una participación importante de acuerdo con la relación de materiales a utilizar para la producción de cada uno de los modelos al reducir el ingreso de ruido al interior de este.

Gráfico 5: Posición de mercado vehículos categoría M1



*Vehículos livianos: automóviles, camionetas, SUV

Fuente: (Union Europea, 2011)

Lugar de prueba

Las diferentes zonas que serán puestas a prueba es la Av. Mariscal Sucre hasta la Gran Alberto Enríquez que son los dos corredores que conectan el centro norte y sur de la ciudad por medio de los túneles: San Juan, San Roque y San Diego.

Según la (EPMMOP) Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Publicas uno de los tantos puntos críticos de congestión se registra a lo largo de la Mariscal Sucre citando que: “el tráfico es insoportable a horas pico”. sobre todo, en horarios diurnos. (Macías)

Gráfico 6: Mapa de la ruta Av. Mariscal sucre hasta Av. Gran Alberto Enríquez



Fuente: Autores, 2020

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

El sector analizado se encuentra en la parte centro-norte y sur de la ciudad comenzando por la avenida Mariscal Sucre hasta el cementerio de San Diego, aquí se encuentran 2 principales túneles que conectan con la ciudad que son los túneles de San Juan y San Roque debido a que en estas partes están localizados mercados, museos y cementerios donde existen embotellamientos que causa una molesta espera entre los diferentes usuarios que transitan por ese sector.

Equipo de medición

Para la presente investigación se realizó pruebas de campo utilizando un equipo de diagnóstico calibrado bajo la normativa IEC651 tipo 2 y ANSIS 1.4, el mismo que brinda lecturas precisas en referencia a los niveles de ruido que el usuario así disponga. Por esta razón, se establecieron pruebas de recepción de ruido al interior de la cabina del automóvil, tomando en consideración diferentes escenarios en base a las normativas establecidas.

Gráfico 7: Instrumento de medición



Fuente: Autores, 2020

Normativa

El margen de referencia para el análisis de la investigación son las normativas, las mismas que determinan valores base para generar comparativas y comprender las afectaciones a la salud que se generan, adicional a esto se discute si las normativas aplicadas puedan reformarse.

Tabla 7: Comparativa de decibeles entre normativas nacionales e internacionales

Normativas de referencia al Ruido	Nivel de ruido en db.
ISO 5130:2019	93 db
OMS	70 db
Ordenanza Metropolitana N° 123	88-90 db

Fuente: Autores, 2020

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

Escenarios

Los diferentes escenarios puestos a prueba fueron definidos por las variables externas e internas que fueron contempladas desde un principio de la investigación, entre ellos se identificaron varios escenarios tales como:

- **Escenario 1:** Las diferentes horas de tráfico transitado incluyendo horario matutino con alto y bajo tráfico en sentido norte – sur y sur – norte.
- **Escenario 2:** Utilización de los diferentes accesorios del vehículo como la radio, ventilaciones y ventanas
- **Escenario 3:** Afluencia vehicular debido a condiciones climáticas, factores de congestión provocado por elementos aledaños al sector (mercados, paradas de buses, entras a museos, transeúntes, accidentes) entre otros.
- **Escenario 4:** El instrumento de medicion estará en posición a más de 1 metro del suelo y a la altura de los hombros del pasajero

Por tanto, se tomó en cuenta las variables a examinar como: la radio, ventanas, ventilaciones del automóvil, factor climático, tráfico y horario para seguir con un proceso de prueba en donde se detectará en que puntos de la cabina se filtra más el ruido.

Tabla 8: Tabla tentativa para la recolección de datos de los diferentes escenarios

Variables	Horario Matutino			
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Trafico alto en trayectoria	x	x	x	x
Trafico bajo en trayectoria	x	x	x	x
Ventanas arriba	x	x	x	x
Ventanas abajo	x	x	x	x
Radio	x	x	x	x

Fuente: Autores, 2020

Resultados y discusión

Para el desarrollo de las distintas mediciones, se estandarizo los valores de entrada considerando las variables externas como: temperatura, clima, altura, horarios de medición en sentido Sur – Norte y Norte – Sur desde la entrada del túnel de San Juan hasta la salida del túnel de San Roque, método, ruido ambiental base y accesorios del vehículo como condiciones similares para cada uno de los automóviles.

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

Tabla 9: Datos de entrada

Datos estandarizados	DMQ
Temperatura	(11-17) °C
Clima	Soleado - Húmedo
Altura	2850 m.s.n.m
Horarios de medicion	Diurno
Método	Doble medicion por ruta
Ruido ambiental base	(64 - 67) db
Accesorios	Apertura de ventanas y uso de radio
Ponderación de frecuencia de medicion	A
Estándar de medicion	NIOSH

Fuente: Autores, 2021

Los automóviles utilizados para las diferentes pruebas fueron adecuados a las estandarizaciones de medición de los valores de entrada para los diferentes escenarios propuestos.

Tabla 10: Escenarios de medicion para las distintas gamas de vehículo M1

	Variables	Ventanas arriba	Ventanas abajo	Radio
MI C	Muestra 1	x	-	x
	Muestra 2	-	x	x
MI K	Muestra 3	x	-	x
	Muestra 4	-	x	x
MI J	Muestra 5	x	-	x
	Muestra 6	-	x	x

Fuente: Autores, 2021

Se realizaron varias pruebas piloto en el sector determinado para dar seguimiento a los parámetros establecidos a los datos de entrada en condiciones similares para el monitoreo de las variables mencionadas presentes en las pruebas de campo, con la finalidad de identificar las mejores circunstancias para la recolección de datos.

Valoración Diurna Vidrios Abiertos

Para la realización de la prueba N°1 se ubicaron los tres automóviles de forma continua para mantener las mismas condiciones de pruebas y que los resultados brinden valores reales de diferenciación para minimizar las variables dependientes e independientes que se obtengan si se realizan en diferentes momentos. De acuerdo con varias fuentes, entrevistas a personas locales y

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

estudios realizados, en el horario diurno existe una mayor afluencia de vehículos, por eso importante analizar en esta trayectoria las condiciones de ruido que se genera durante y después de los túneles en función de los escenarios propuestos.

Tabla 11: Horario Diurno Prueba N°1

Datos estandarizados	DMQ
Temperatura	(11-17) °C
Clima	Soleado - Húmedo
Altura	2850 m.s.n.m
Método	Doble medicion por ruta
Ruido ambiental base	(64 - 67) db
Accesorios	Apertura de ventanas y uso de radio
Ponderación de frecuencia de medición	A
Estándar de medición	NIOSH

Fuente: Autores,2021

Una vez estandarizado los valores de entrada se recolecto datos aleatorios con una duración del trayecto entre 2 a 1 min por pruebas con los vidrios abiertos.

Gráfico 8: Valoración Diurna con vidrios abiertos



Fuente: Autores, 2021

Los resultados que se obtuvieron en la valoración diurna con los vidrios abiertos y el uso de la radio muestra un exceso de ruido generado en las diferentes normativas propuestas, los valores se clasifico en 3 etapas al trayecto para la compresión de los datos siendo estos los siguientes:

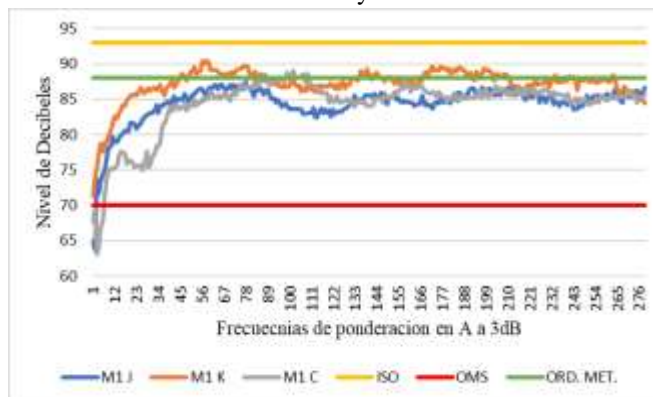
- *Etapa 1 – Túnel San Juan*

Como se observar en la gráfica 9, los valores corresponden al transcurso de 706 metros longitud del túnel de San Juan mostrando elevadas cifras con un promedio de 90 decibeles muy cercanos a

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

la normativa. Analizando esta información se determinó que estos valores son mayores debido a la longitud del túnel, por lo que causa un mayor encierro del ruido.

Gráfico 9: Medicion de Db en la trayectoria del túnel de San Juan

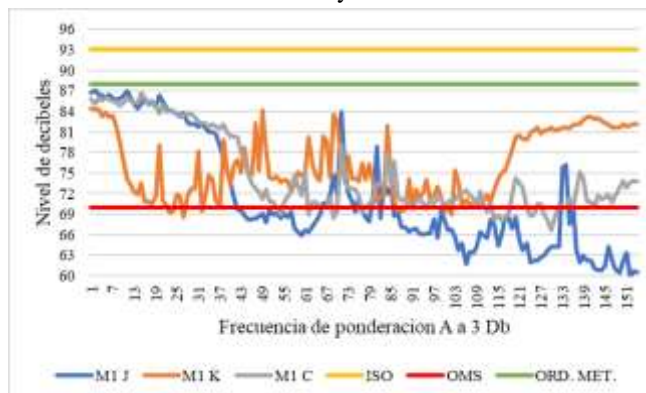


Fuente: Autores, 2021

- *Etap 2 - Punto Intermedio Entre Túnel San Juan Y San Roque*

Al salir del túnel de San Juan, los valores promedio de 75 decibeles; sin embargo, al avanzar se encontró con paradas de buses y puntos de venta ambulantes que generan picos máximos de ruido de hasta 85 decibeles.

Gráfico 10: Medición de db en la trayectoria intermedia de los túneles



Fuente: Autores, 2021

En este punto se encontró la mayor cantidad de variables no controladas por la mayor afluencia de personas y vehículos por la presencia de un mercado popular del DMQ.

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

• *Etapa 3 – Túnel San Roque*

Nuevamente al ingresar por el túnel de San Roque, los valores rondan los 85 decibeles siendo este un valor diferente al túnel principal en este punto se recorrió una distancia de 456 metros, donde la longitud es una influencia importante para la concentración de ruido.

Gráfico 11: Medición de dB en la trayectoria del Túnel de San Roque



Fuente: Autores, 2021

En base a un estudio realizado por la Universidad de Málaga sobre el “acondicionamiento de un túnel” se menciona que los materiales y las dimensiones de construcción de este llega a tener un impacto de absorción de ruido donde, la longitud determina un incremento o reducción de las ondas sonoras dentro de la estructura (Corral, 2015)

Valoración Diurna Vidrios Cerrados

En la prueba N°2 los datos tomados fueron con los mismos parámetros y condiciones de la prueba N°1, con la diferencia de que las ventanas para los 3 vehículos permanecerán cerradas de forma permanente.

Tabla 12: Horario Diurno Prueba N°2

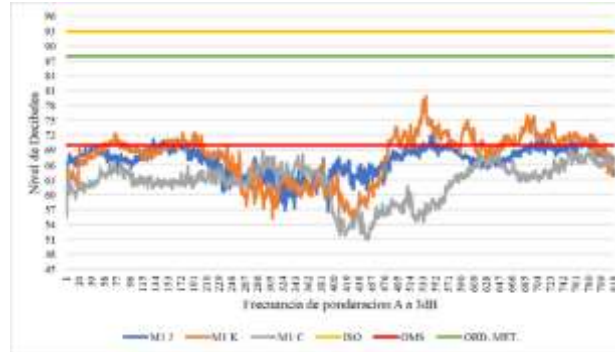
Datos estandarizados	DMQ
Temperatura	(11-17) °C
Clima	Parcialmente nublado
Altura	2850 m.s.n.m
Método	Doble medición por ruta
Ruido ambiental base	(64 - 67) db
Accesorios	Cierra de ventas y uso de radio
Ponderación de frecuencia de medición	A
Estándar de medición	NIOSH

Fuente: Autores,2021

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

Para la aplicación de la prueba, se cerró al 100 % las ventanas del automóvil con el uso de la radio en nivel moderado, este escenario recopiló información desde la entrada del túnel de San Juan hasta la salida del túnel de San Roque.

Gráfico 12: Valoración diurna vidrios cerrados



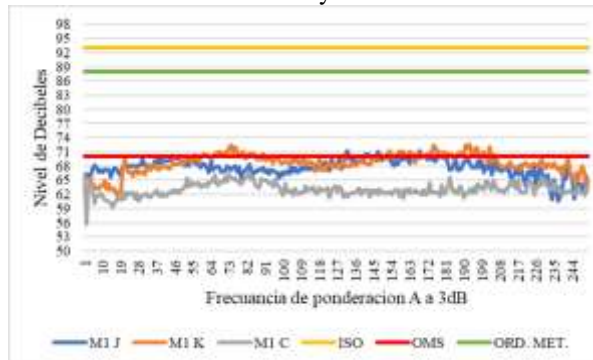
Fuente: Autores, 2021

Para un análisis más detallado para facilitar la comprensión de las pruebas se dividió la totalidad del trayecto en 3 etapas, siendo estos los siguientes:

- *Etapa 1 - Túnel San Juan*

Para la etapa N°1, en base a los datos se observó que los valores se reducen en un valor promedio del 25% en comparación con la condición de vidrios abiertos. Los valores promedio al transitar por el túnel de San Juan rondan los 69 decibeles, alcanzando el valor recomendado por la OMS para evitar daños si se expone a esta audición.

Gráfico 13: Medición de dB en la trayectoria del Túnel de San Juan



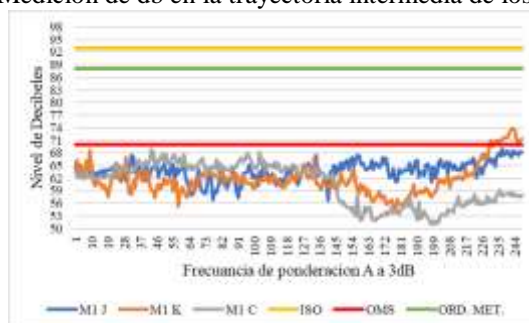
Fuente: Autores, 2021

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

- *Etapa 2 – Punto Intermedio Entre Túnel San Juan Y San Roque*

En la gráfica N°14, los valores en la prueba se reducen en un promedio estable alcanzando un 15% de reducción de ruido del exterior al ingresar hacia la cabina. Los valores muestran cifras inferiores a los recomendados por la OMS, siendo que en circulación libre los niveles de ruido cumplen los estándares de calidad de ruido y no comprometen la integridad de sus ocupantes.

Gráfico 14: Medición de db en la trayectoria intermedia de los túneles

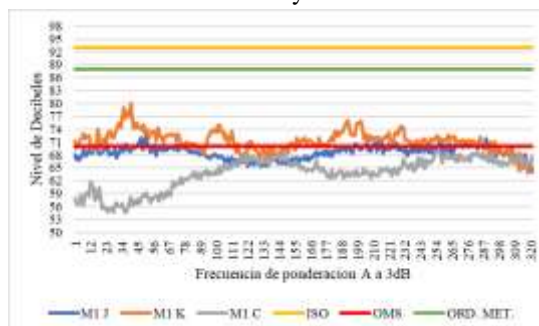


Fuente: Autores,2021

- *Etapa 3 – Túnel San Roque*

Finalmente, en la tercera etapa los valores al ingresar al túnel de San Roque mostraron un incremento en los decibeles con un promedio base de 70 dB; Si se compara con la etapa 1 de vidrios cerrados, se maneja una tendencia de absorción de ruido de forma que al interior del automóvil los valores recomendados de ruido soportable para el ser humano dado por la OMS.

Gráfico 15: Medición de dB en la trayectoria del Túnel de San Roque



Fuente: Autores, 2021

En base a los datos se determinó que, al tener diferentes procedencias de ensamblajes de carrocerías los valores de absorción de ruido promedio están entre los 10 decibeles, incluso cuando los vidrios

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

se encuentran cerrados debido a los factores como materiales utilizados en la fabricación e incluso las dimensiones y materiales de construcción del túnel.

A nivel de fabricación se consideran que los vehículos M1 C y M1 K son los más comercializados a nivel nacional en donde registran los valores más bajos de absorción de ruido y no cumplen con los niveles mínimos establecidos para daño auditivo establecido por la OMS.

Durante las pruebas se visualizó gran cantidad de usuarios que circulaban con las ventanas bajas siendo esto, un punto importante a tratar ya que los valores alcanzan picos máximos de 95 hasta 100 decibeles, los cuales en determinado tiempo de exposición pueden generar daños auditivos a corto plazo.

Conclusiones

La Empresa Metropolitana De Movilidad Y Obras Públicas cuentan con un sistema de circulación de gases y control de luces llamado SCADA que busca una solución en la salud de los usuarios ya que minimiza los gases contaminantes y el efecto de luz al entrar y salir del túnel, sin embargo hay que considerar que este sistema es uno de los principales causantes de las emisiones de ruido durante el trayecto del túnel, de esta manera se lograría una mejor viabilidad si se buscaran nuevas alternativas de circulación de gases o a su vez incrementar los mantenimientos a estos equipos para garantizar menos emisión de ruido por parte de los mismos.

Se determinó picos máximos de ruido de 95 a 100 dB, que sobrepasan en un 5 a 10 % los valores establecidos por la norma ISO; Al comparar con la normativa de la OMS los valores sobrepasan en un promedio de 25%. A su vez se demostró que los materiales del vehículo M1 J en el habitáculo tiene una diferencia de absorción de ruido del 10% manteniendo un bajo estándar de absorción de ruido de los valores permisibles de las normativas frente a los otros vehículos. Durante la prueba realizada, se determinó que el trayecto entre ambos túneles presentan un incremento porcentual del 15 a 20 % de ruido debido a la combinación de ruido emitida por los vehículos y los motores eléctricos de los ventiladores de circulación de gases; los valores no son similares comprendiendo que las características como la longitud y construcción de un túnel representan un factor importante para la mitigación o amplificación de ruido.

Uno de los puntos más fuertes de emisiones de ruido son los ventiladores de circulación de gases ya que están ubicados en varios puntos dentro del túnel, sin embargo, el tiempo de exposición de

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

los usuarios al ruido dependerá de factores como la circulación vehicular y condiciones climáticas los cuales incrementan las lecturas de medición.

Referencias

1. AEADE. (27 de 08 de 2020). Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. Recuperado el 11 de 04 de 2020, de <https://drive.google.com/drive/folders/1WqPkRShZgnU1MJU9rf3p2ah8JEVdYREm>
2. AEADE. (27 de 08 de 2020). Asociaion de Empresas Automotrices del Ecuador . Recuperado el 11 de 04 de 2020, de <https://drive.google.com/drive/folders/1WqPkRShZgnU1MJU9rf3p2ah8JEVdYREm>
3. AEADE. (2020 de 08 de 27). AEADE.NET. Recuperado el 17 de 10 de 2020, de <https://www.aeade.net/>
4. Brian C. McDonald, J. A.-T.-W.-V. (16 de 02 de 2018). Volatile chemical products emerging as largest petrochemical source of urban organic emissions. Science, 6. Recuperado el 11 de 11 de 2020, de <https://science.sciencemag.org/content/sci/359/6377/760.full.pdf>
5. C.A. EL UNIVERSO . (22 de 08 de 2019). La congestión vehicular en horas pico colapsa en Quito . Recuperado el 28 de 11 de 2020, de <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/08/22/nota/7481736/congestion-vehicular-horas-pico-colapsa-circulacion-quito>
6. Consejo Metropolitano . (10 de 10 de 2005). Quito.gob.ec. Recuperado el 11 de 09 de 2020, de https://www.quito.gob.ec/documents/Portal_tributario/Normativa/1.5xml/ORDM-157_AV._OSWALDO_GUAYASAMIN-TASAS.pdf
7. Constante, S. (Abril de 2020). ¿QUÉ ES EL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE UN COCHE? Recuperado el Noviembre de 2020, de <https://www.carglass.es/blog/coche-a-punto/que-es-aislamiento-acustico-un-coche/>
8. Corral, I. A. (2015). ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA. Recuperado el 04 de 04 de 2021, de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ESTUDIO%20ACUSTICO%20T%C3%9ANEL%20ALCAZABA%20-%20IN%C3%89S%20ARAG%C3%9CEZ%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ESTUDIO%20ACUSTICO%20T%C3%9ANEL%20ALCAZABA%20-%20IN%C3%89S%20ARAG%C3%9CEZ%20(2).pdf)
9. Distrito Metropolitano de Quito . (06 de 05 de 2004 - 2008). Concejo Metropolitano de Quito . Recuperado el 12 de 11 de 2020, de

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

- http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORDM-123%20-%20RUIDO%20-%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf
10. INRIX. (03 de 2020). Inrix Research - GLOBAL TRAFFIC SCORECARD. Recuperado el 11 de 11 de 2020, de <https://inrix.com/scorecard/>
 11. Jové, F. (Noviembre de 2017). Aislantes e Impermeabilizantes. Recuperado el 2020 de Noviembre de 12, de [https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/27436/C3T10_Materiales%20Aislantes%20e%20Impermeabilizantes_Jov%20F\(2017\).pdf?sequence=1](https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/27436/C3T10_Materiales%20Aislantes%20e%20Impermeabilizantes_Jov%20F(2017).pdf?sequence=1)
 12. L, I. N. (2015). ESTUDIO ACÚSTICO DE ACONDICIONAMIENTO DEL TÚNEL DE LA ALCAZABA. Recuperado el 04 de 04 de 2021, de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ESTUDIO%20ACUSTICO%20T%C3%91NEL%20ALCAZABA%20-%20IN%C3%89S%20ARAG%C3%9CEZ%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/ESTUDIO%20ACUSTICO%20T%C3%91NEL%20ALCAZABA%20-%20IN%C3%89S%20ARAG%C3%9CEZ%20(2).pdf)
 13. López del Corral, B. C. (Febrero de 2018). Estudio de los ruidos en las carrocerías en vehículos utilitarios. Recuperado el Noviembre de 2020, de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2511>.
 14. López del Corral, B. C. (Febrero de 2018). Estudio de los ruidos en las carrocerías en vehículos utilitarios. Recuperado el Noviembre de 2020, de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2511>.
 15. Macías, A. G. (s.f.). 70 cruces transversales tienen más tránsito. Recuperado el 12 de 08 de 2020, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/70-cruces-transversales-mas-transito.html>
 16. OMS (World Health Organization) . (2011). Burden of disease from environmental noise. Recuperado el 11 de 11 de 2020, de https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf
 17. OMS(Organización Mundial de la salud) . (09 de 2015). Escuchar sin riesgos . Recuperado el 11 de 11 de 2020, de https://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_lowres_for_web.pdf
 18. Oña, D. F., & Bayas, G. T. (Junio de 2011). Diseño y construcción de un prototipo de cabina aislante sonora para un grupo electrógeno de 7kW de potencia. Recuperado el Noviembre de 2020, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3973/1/CD-3727.pdf>

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

19. Ordenanza Metropolitana. (05 de 07 de 2004). Concejo Metropolitano de Quito. Recuperado el 22 de 10 de 2020, de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORDM-123%20-%20RUIDO%20-%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf
20. Ordenanza Metropolitana. (05 de 07 de 2004). Concejo Metropolitano de Quito. Recuperado el 22 de 10 de 2020, de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORDM-123%20-%20RUIDO%20-%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf
21. Organización Mundial de la Salud. (2015). Escuchar sin riesgos. Recuperado el Noviembre de 2020, de https://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_lowres_for_web.pdf
22. Organization, W. H. (2018). Euro WHO web site. Recuperado el 30 de 10 de 2020, de https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf
23. OSMAN. (s.f.). Observatorio de Salud y Medio Ambiental. Recuperado el 11 de 12 de 2020, de https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfdded&groupId=7294824
24. Palomo, A. G. (2020). El tráfico, la principal fuente de ruido sobre ruedas. *Trafico y Seguridad Vial*, 26(3), 68.
25. Palomo, A. G. (2020). El tráfico, la principal fuente de ruido sobre ruedas. *Trafico y Seguridad Vial*, 26(3), 68.
26. pareja, D. b. (04 de 06 de 2010). AEADE. Recuperado el 23 de 04 de 2019, de <http://aeade.net/wp-content/uploads/2016/11/ANUARIO-2009.pdf>
27. Parikh, Y. C. (1 de Noviembre de 2006). Reducing Automotive Interior Noise with Natural Fiber Nonwoven Floor Covering Systems. Obtenido de Reducing Automotive Interior Noise with Natural Fiber Nonwoven Floor Covering Systems
28. Quito, E. C. (10 de 10 de 2005). Quito.gob.ec. Recuperado el 11 de 09 de 2020, de https://www.quito.gob.ec/documents/Portal_tributario/Normativa/1.5xml/ORDM-157_AV._OSWALDO_GUAYASAMIN-TASAS.pdf
29. Revista tráfico y seguridad vial. (Mayo de 2016). Ruido del tráfico: niveles y daño. Recuperado el Noviembre de 2020, de

Análisis de la incidencia de los decibeles en los habitáculos de categoría m1

- <http://revista.dgt.es/es/multimedia/infografia/2016/0517-Ruido-niveles-y-danos.shtml#.X7XehNNKi1s>
30. Roriguez, M. V. (Noviembre de 2015). Materiales aislantes sostenibles. Recuperado el Noviembre de 2020, de http://dehesa.unex.es/static/flexpaper/template.html?path=/bitstream/handle/10662/4159/TF_GUEX_2015_Velazquez_Rodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=40
 31. Secretaría de movilidad. (30 de Octubre de 2014). Diagnóstico de la movilidad en el distrito metropolitano de Quito para el plan metropolitano de desarrollo territorial. Obtenido de Municipio del Distrito Metropolitano de Quito: <https://drive.google.com/drive/folders/1WqPkRShZgnU1MJU9rf3p2ah8JEVdYREm>
 32. Secretaría de Movilidad. (30 de Octubre de 2014). Diagnóstico de la movilidad en el distrito metropolitano de Quito para el plan metropolitano de desarrollo territorial. Obtenido de Municipio del Distrito Metropolitano de Quito: <https://drive.google.com/drive/folders/1WqPkRShZgnU1MJU9rf3p2ah8JEVdYREm>
 33. Teran, D. (25 de 10 de 2020). Survey Monkey. Recuperado el 25 de 10 de 2020, de https://es.surveymonkey.com/analyze/Su6QzoKBpfbk8fMC1DNQwgCGxVk5Ew61RyDldcx_2B4Fo_3D
 34. Union Europea. (2011). REGLAMENTO (UE) No 678/2011 DE LA COMISIÓN. Recuperado el Noviembre de 2020, de <https://www.boe.es/doue/2011/185/L00030-00056.pdf>
 35. Vitoria. (2001). Criterios acusticos en el diseño de centros docentes . Recuperado el Noviembre de 2020, de http://zaharra.steilas.eus/dok/arloak/lan_osasuna/udakoikas/acust/acus4.pdf

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).