



PROPUESTA DE NORMATIVIDAD MEXICANA PARA REGULAR EL RUIDO QUE GENERA LA OPERACIÓN DEL TRANSPORTE CARRETERO

Sandra Torras Ortiz
Miguel Antonio Flores Puente
Rodolfo Téllez Gutiérrez
Octavio A. Rascón Chávez

Documento Técnico No. 30
Sanfandila, Qro, 2003

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Propuesta de normatividad
mexicana para regular el ruido
que genera la operación del
transporte carretero**

**Documento Técnico No. 30
Sanfandila, Qro, 2003**

Este trabajo se realizó en la Coordinación de Infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte por la Ing Sandra Torras Ortiz, el Quím Miguel Antonio Flores Puente y el M en C Rodolfo Téllez Gutiérrez, Asimismo, se reconoce y agradece la valiosa colaboración del Dr Octavio Rascón Chávez, Director General del IMT, en el procesamiento estadístico de los datos, y sus observaciones a todo el trabajo, las cuales sirvieron para enriquecerlo.

Índice

Resumen	VI
Abstract	VIII
Resumen ejecutivo	X
1. Introducción	1
2. Medición del ruido generado por vehículos en carreteras mexicanas	5
2.1 Método de medición	5
3. Análisis estadístico	13
4. Medidas de mitigación	19
4.1 Legislación en la materia	19
4.2 Planeación y construcción de las vías de comunicación	19
4.3 Medidas de mitigación en vías ya construidas	20
5. Conclusiones	21
6. Referencias	23

Resumen

La intención de la presente propuesta de normatividad para regular el ruido generado por la operación del transporte carretero es la de dar a conocer los resultados de la serie de estudios que llevó a cabo el área de medio ambiente del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), la cual consistió en medir el ruido en cuatro redes carreteras: Querétaro, Jalisco, Nuevo León y Veracruz. Cada estudio corresponde a una publicación técnica del IMT [2,3,4,5] e incluyen la totalidad de los datos obtenidos en las vías con mayor carga vehicular de cada estado.

Con el análisis de los resultados respectivos se integró esta propuesta como una serie de medidas de mitigación y recomendaciones en el corto, mediano y largo plazos, y así minimizar los efectos de la contaminación por ruido en carreteras, además de un valor inicial del nivel máximo permisible de ruido en carreteras mexicanas.

El IMT, y en especial la Coordinación de Infraestructura, pretende contribuir al mejor conocimiento de impactos ambientales derivados de la construcción, operación y mantenimiento de obras de infraestructura, pero sobre todo desarrollar una cultura vehicular y concientizar al sector transportes y a la población en general de la importancia de su participación para atender las necesidades actuales en cuanto a la protección al ambiente.

Abstract

The intention of this paper is to present a normative to regulate the noise generated due to the Operation of the Highway Transport. It is intended to present the global results of the series of studies carried out by the Area of Environment of the Mexican Institute of Transportation (IMT), which consisted on the mensuring the noise generated by the highway transport in four States of the Mexican Republic, specifically Querétaro, Jalisco, Nuevo León and Veracruz. Each of this studies generated a technical publication of the IMT, published [2,3,4,5] and they include all data obtained with the mensurements of the noise at the highways with heavier vehicular load at each State.

With the analysis of the obtained results, it is presented in this paper a series of mitigation measures and recommendations to take into account in short, medium and long term, tending to minimize the negative effects of the contamination for noise in the highways of the country. Also it is included a level of maximum noise permitted in mexican highways as a proposed value

The IMT and especially the Coordination of Infrastructure, seeks with this type of works, to contribute to the best knowledge in the negative environmental impacts of the construction, operation and maintenance for infrastructure works, but mainly, to create culture and to inform to the Transport Sector and the population in general, of the importance of its active participation to assist the current necessities as for the protection to the environment.

Resumen ejecutivo

A la fecha existen en México diversas normas para el control de emisión de ruido: la NOM-079-ECOL-1994 establece los límites máximos de **vehículos automotores nuevos** en planta, expresados en dB(A), y su respectivo método de medición dinámico; la NOM-080-ECOL-1994 establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del **escape** de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, expresados en dB(A), y el método de medición, el cual es estático y debe realizarse en centros de verificación; la NOM-081-ECOL-1994 contiene los límites máximos permisibles en **fuentes fijas** y el correspondiente sistema de medición y finalmente la NOM-082-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de ruido de **motocicletas y triciclos motorizados nuevos** en planta, y su método de medición.

Se distinguen dos categorías de fuentes de ruido: las fijas y las móviles, en las primeras se consideran los equipos e instalaciones permanentes en un sitio determinado, como son máquinas, motores, sistemas de sonido, etc, las fuentes móviles son los vehículos automotores de cualquier clase. Esta clasificación resulta de la necesidad de delimitar claramente la responsabilidad de cada actor en un conflicto causado por ruido.

Es relativamente simple verificar que una fuente fija es la causante de determinado ruido, pero no es tan sencillo atribuir a un vehículo específico una responsabilidad que en realidad se distribuye entre las numerosas unidades que pasan por un lugar; es por ello que una característica singular del ruido es que la responsabilidad en una determinada situación está distribuida entre diversos vehículos simultáneos y sucesivos, resultando virtualmente imposible la identificación de los mismos.

Cuando se propone una normatividad para el ruido que genera el transporte carretero, hay que reconocer que se trata de un fenómeno colectivo, en el cual la responsabilidad está implicada entre todos los actores. Para disminuir esos niveles se requiere un enfoque integral que contemple tanto los aspectos legislativos como la planeación y construcción de las vías de comunicación.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), ha recomendado valores límites de acuerdo con el lugar y hora de exposición, basándose en los efectos del ruido en la salud. Estos valores se muestran en la tabla 1, expresados en Leq dB(A), que es el nivel de presión sonora continuo equivalente para un periodo de ocho horas, en decibeles con ponderación A. En el caso de un ambiente laboral, el tiempo de exposición máximo no deberá exceder de ocho horas. Si el nivel sonoro es mayor que el recomendado, el tiempo de exposición disminuirá en función del incremento.

Tabla 1. Valores recomendados por la OMS [7]

Tipo de ambiente	Leq dB(A)
Laboral	75
Doméstico, auditorio, aula	45
Dormitorio	35
Exterior diurno	55
Exterior nocturno	45

La Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE), teniendo en cuenta el estado actual de conocimientos técnicos y las implicaciones económicas de las políticas contra el ruido vehicular propone límites máximos a mediano plazo, es decir, en un lapso de 5 a 10 años. En la tabla 2 se identifica el valor de 70 dB(A) como el máximo aceptable para el horario diurno en una carretera ya construida, siendo deseables valores de hasta 50 dB(A) en vías nuevas durante la noche.

Tabla 2. Valores recomendados por la OCDE [8]

Niveles aceptables propuestos por la OCDE (Leq, límites en fachadas de zonas habitacionales)			
Leq (día)		Leq (noche)	
Carretera nueva	Carretera existente	Carretera nueva	Carretera existente
60+/-5 dB(A)	65+/-5 dB(A)	50-55 dB(A)	55-60 dB(A)

Con base en lo anterior, sería deseable que un nivel inicial máximo permisible fuese de 70 dB(A), valor propuesto por la OCDE para carreteras existentes, y que implica un riesgo menor para el aparato auditivo, aún cuando se escuche durante periodos mayores a ocho horas [1].

Sin embargo, si se observan los resultados de las 29 carreteras más importantes correspondientes a Querétaro, Jalisco, Nuevo León y Veracruz en la mayoría de los casos los niveles exceden cualquier normatividad vigente en el extranjero, habiéndose encontrado valores de ruido reales en algunos casos mayores a 80 dB(A).

Además, al realizar un análisis estadístico se encontró que el percentil para el cual los valores son menores o iguales a 70 dB(A) es de 3%, lo que significa que el 97% de los valores están por encima de ese valor. Siguiendo con el análisis estadístico, se encontró que la media respectiva es de aproximadamente **75 dB(A)**, lo que significa que la mitad de los resultados está por debajo de ese valor y la otra mitad por arriba del mismo, por lo que se propone que sea el nivel inicial máximo permisible.

La observancia de este valor sería más factible, a pesar de que sobrepasa valores vigentes en países como Finlandia (55), Francia (65), España (65), etc, ya que es evidente que pretender implantar un valor menor sería muy ambicioso; además, probablemente las condiciones actuales en México no permitirían su observancia, debido principalmente a la carencia de cultura ambiental y los mecanismos adecuados para la vigilancia de la normatividad existente. Es por ello que se recomienda una reducción paulatina de **un decibel anual**, para que en un lapso de **10 años** se alcancen niveles aceptables en las vías comunicación, del orden de estándares internacionales.

Una medida importante para disminuir los niveles de ruido actuales, ha sido considerada por la SEMARNAT, que a través del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en el cual participan activamente investigadores del área de medio ambiente del IMT, está redefiniendo los niveles máximos de emisión de ruido para vehículos individuales con la actualización de la NOM-ECOL-080-1994, a fin de que el ruido total, que es consecuencia de la superposición de los ruidos de varios vehículos circulando al mismo tiempo por determinada arteria, disminuya sensiblemente.

Asimismo, se propone analizar la factibilidad y conveniencia de que dentro de la supervisión de la aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas, en específico la NOM-068-SCT-2-2000, que establece las condiciones físico – mecánicas y de seguridad para la operación en caminos y puentes de jurisdicción federal, la cual es vigilada por la Dirección General de Autotransporte Federal con base en la Ley de Caminos y Puentes de Autotransporte Federal, se realice paralelamente la verificación de los niveles de ruido de acuerdo a la **NOM-080-ECOL-1994** vigente, requiriéndose únicamente un sonómetro por cada Centro SCT.

Si se logra de lo anterior, seguramente el ruido global a lo largo de las carreteras y, en cercanías a centros urbanos disminuirá considerablemente. En algunos casos podría no cumplirse con valores de la normatividad propuesta en este documento, para lo cual se sugeriría que las autoridades locales utilizaran algunas medidas de mitigación ya mencionadas, a fin de proteger al medio ambiente, y a la población afectada.

PROPUESTA DE NORMATIVIDAD MEXICANA PARA REGULAR EL RUIDO QUE GENERA LA OPERACIÓN DEL TRANSPORTE CARRETERO

Valor del nivel máximo permisible de ruido en carreteras mexicanas:

$Leq_{total} \text{ 75 dB(A)}$

Con reducción paulatina de 1dB(A)/ año.

Metodología de medición

Se deberá colocar un sonómetro de precisión sobre un tripié estándar, a una distancia de 7,5 m del hombro de la carretera y a una altura de 1,5 m respecto al eje de la misma. Se tomarán lecturas del Leq de 60 seg, de las 08:30 a las 16:00, a intervalos de 2 min. Posteriormente se integrarán estas lecturas para conformar un Leq de 7,5 hrs, obteniéndose finalmente el Leq_{total} .

En cuanto a condiciones ambientales, características del equipo y lugar de medición, se recomienda consultar el anexo a esta.

1. Introducción

Se ha observado en todo el mundo una preocupación general por alcanzar un estado en el que sea posible un desarrollo integral del ser humano y de todas sus actividades, siendo posible sólo si durante el proceso, se observan cuidadosamente las necesidades del medio ambiente. El objetivo final de las políticas ambientales y la evolución de las inquietudes socioeconómicas de las últimas décadas reflejadas en los programas de acción de las corporaciones internacionales, en particular la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización para la Cooperación Económica y Desarrollo (OCDE), y la Comunidad Económica Europea (CEE), hacen referencia a un nuevo modelo de desarrollo sostenido y equilibrado.

Aunque la evaluación y el control del impacto que puede provocar o generar la infraestructura carretera en el ambiente es un tanto reciente para los planeadores, constructores y operadores de carreteras, la tendencia mundial apunta a la incorporación de estudios de impacto con objeto de identificar y valorar los efectos negativos potenciales que futuras obras de este tipo, generarán en el medio.

Uno de los aspectos relevantes a considerar en los estudios de impacto ambiental para alcanzar un *transporte sustentable*, debido a los efectos y daños a la salud es el ruido, el cual puede definirse como cualquier sonido desagradable o molesto, que no sólo depende de la calidad de él, sino también de nuestra actitud hacia él; tiene una o varias de las siguientes características: es duradero, de fuerte intensidad, elevada frecuencia, y caótico; además interviene un componente de carácter no acústico que necesita la contribución de la fisiología, la psicología y la sociología, entre otras.

La tabla 1 proporciona diferentes valores de la presión sonora para algunas fuentes y ambientes acústicos típicos, medidas en decibeles con ponderación A. Estos valores proporcionan una medida objetiva del sonido relacionada con efectos deletéreos para la salud y la tranquilidad, así como la interferencia con diversas actividades cotidianas, por ejemplo dormir, estudiar, etc; además, no dependen del juicio subjetivo de las personas, y se han obtenido con base en estudios de la OMS.

Tabla1. Nivel de presión sonora para algunas fuentes sonoras y ambientes acústicos típicos [7]

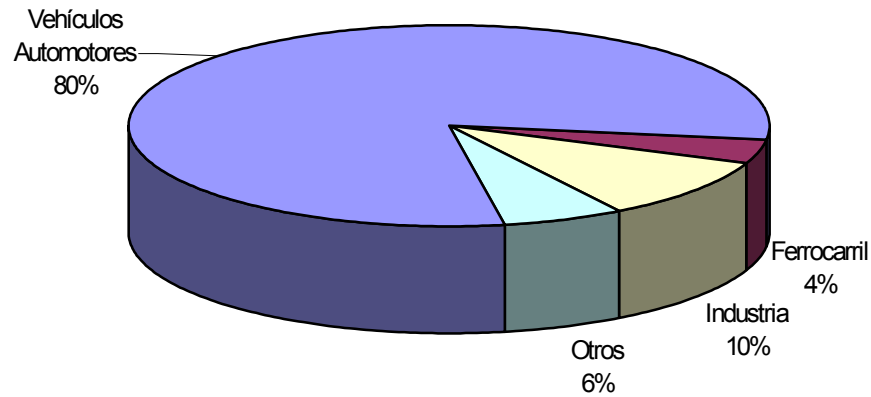
FUENTE	L_p (dBA)
Umbral de dolor	120
Discoteca a todo volumen	110
Martillo neumático a 2 m	105
Ambiente industrial ruidoso	90
Piano a 1 m con fuerza media	80
Automóvil silencioso a 2 m	70
Conversación normal	60
Ruido urbano de noche	50
Habitación interior (día)	40
Habitación interior (noche)	30
Estudio de grabación	20
Cámara sonoamortiguada	10
Umbral de audición a 1 kHz	0

El ruido es un subproducto no deseado del modo de vida moderno; es una sensación auditiva molesta y una de las perturbaciones ambientales que de manera muy importante afectan al humano (directamente a la calidad de vida), aunque éste en muchas ocasiones no es consciente de sus efectos, pues no suelen manifestarse de forma inmediata, lo hacen a largo plazo y no se percibe con claridad la relación causa – efecto.

El ruido tiene diversos orígenes. Según el Instituto del Ruido de Londres, los automotores, con sus mecanismos, motores y roce de los neumáticos con el pavimento, son los máximos responsables del ruido total, cuya globalidad según dicho Instituto tiene su origen en la energía acústica producida por los siguientes sectores, y en los porcentajes de la gráfica 1.

El ruido generado por los vehículos se convierte así en uno de los grandes problemas que afectan a la calidad de la vida del hombre, de forma más acusada en los núcleos urbanos y en las zonas suburbanas habitacionales aledañas a las carreteras.

Gráfica 1
Fuentes generadoras de ruido [10]



Hace tiempo no se contaba en México con estudios que permitiesen cuantificar los niveles de ruido vehicular en las carreteras, que permitiesen establecer la importancia de este impacto al medio ambiente; por ello, el objetivo del estudio fue tratar de definir si, dentro del impacto ambiental generado por la infraestructura carretera, los niveles sonoros producidos por el transporte son de tal magnitud que representan un problema necesario de estudiar y plantear medidas que lo minimicen.

2. Medición del ruido generado por vehículos en carreteras mexicanas

Las mediciones se realizaron en cuatro estados considerados de importancia económica: Querétaro, Jalisco, Nuevo León y Veracruz. En cada una se jerarquizaron las vías por su flujo vehicular, conforme los datos de Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA), situación topográfica y los posibles efectos sobre el usuario y la población circunvecina afectada. Con esa información, y a través de recorridos de evaluación previos, se determinaron los tramos críticos a medir.

2.1 Método de medición

Se optó por realizar una medición del ruido, ya que desde el punto de vista económico y dada la naturaleza del estudio, fue más factible y práctico hacer mediciones directas, que diseñar un modelo de previsión que represente las condiciones sonoras de las carreteras, para lo cual hubiese sido necesario determinar y analizar las características acústicas del entorno vehicular, y la capacidad fonoaislante y fonoabsorbente de los materiales que lo componen, lo cual queda fuera del objetivo planteado en esta fase del análisis.

El estudio de campo puede considerarse para fines prácticos como una medición de monitoreo conforme las siguientes consideraciones:

- Las mediciones se realizaron durante períodos continuos de 7 ½ h
- La medición del ruido puede considerarse como continua a lo largo del período de medición
- Las mediciones no se aplicaron bajo condiciones climáticas adversas como lluvia, viento o nieve, que pudieran afectar la confiabilidad de los resultados
- El grado de precisión de las mediciones no puede llegar a la exactitud; sin embargo, el rango de variación es menor a +/- 5 dB, debido a que se utiliza un sonómetro de precisión que puede hallar variaciones en la presión sonora de hasta medio decibel.

La medición se realizó colocando un sonómetro de precisión sobre un tripié estándar a una distancia de 7,5 m del hombro de la carretera y a una altura de 1,5 m respecto al eje de la misma. Para evitar interferencia por viento en la precisión, se usó una pantalla antiviento (windscreen), la cual consiste en una esfera de material sintético poroso sobre el micrófono y que absorbe el silbido del viento. Este método se empleó para la homologación de los niveles de ruido generado por la operación de las carreteras con los valores internacionales.

En los tramos considerados como críticos se eligieron los puntos de medición, los cuales no debían estar cerca de accesos o salidas de la carretera, ni en

pendientes pronunciadas o con obstáculos a su alrededor que sirviesen de amortiguamiento de las ondas sonoras. Esto para tomar mediciones en condiciones estándar de operación, sin el incremento causado por la velocidad de los vehículos, la abertura de los escapes en las pendientes pronunciadas, o un amortiguamiento provocado por cortinas de árboles o formaciones topográficas del lugar.

En estas mediciones se tomaron lecturas del Leq de 60 s, que es el nivel de presión sonora continuo equivalente para un período fijo de un minuto, en un horario de las 08:30 a las 16:00 h, a intervalos de 2 min. Posteriormente se integraron estas lecturas para conformar el Leq en períodos mayores; en este caso 7,5 h, obteniéndose finalmente el Leq_{total} , que es el nivel de presión que habría sido producido por un ruido constante con la misma energía del ruido realmente percibido durante el intervalo de medición, calculado en decibeles.

Los resultados se muestran en las tablas 2 a 4, en las mismas se incluyen los valores normativos de otros países y los recomendados por organizaciones internacionales para su comparación. También se presentan los valores percentiles L_{10} , que es el nivel de ruido sobrepasado durante el 10% del tiempo considerado y L_{50} , que corresponde al nivel de ruido sobrepasado durante el 50% del tiempo considerado, y que representa la mediana estadística.

Tabla 2. Resultados de las mediciones en el estado de Querétaro, con el Leq total de día para 7,5 h, y los percentiles 10 y 50 para la hora más ruidosa [2]

QUERÉTARO	FINLANDIA 55 FRANCIA 65 ESPAÑA 65 OCDE 65+/- CEE 65/70 OMS 75	USA 72	USA 75	JAPON 65
	TRAMO	Leq (total)	Leq (hora)	L ₁₀
México - Querétaro km 208+200 (M)	77,3	80,5	77,0	79,0
México - Querétaro km 208+000 (Q)	79,7	82,0	79,0	80,9
México - Querétaro km 193+050 (M)	81,1	83,2	80,5	81,8
México - Querétaro km 193+050 (Q)	80,6	83,0	80,5	81,5
Querétaro - San Luis Potosí km 26+200 (SLP)	76,2	79,0	76,0	77,0
Querétaro - San Luis Potosí km 26+100 (Q)	79,0	81,3	78,5	79,8
Querétaro - San Luis Potosí km 12+800 (SLP)	78,3	81,0	77,8	79,3
Querétaro - San Luis Potosí km 12+750 (Q)	78,6	80,6	78,5	79,6
Querétaro - Celaya km 10+000 (Q)	75,0	77,8	73,5	76,5
Querétaro - Celaya km 10+000 (C)	76,3	79,0	75,5	77,4

Tabla 3. Resultados de las mediciones en el estado de Jalisco, con el Leq total de día para 7,5 h, y los percentiles 10 y 50 para la hora más ruidosa [3]

JALISCO	FINLANDIA 55 FRANCIA 65 ESPAÑA 65 OCDE 65+/-5 CEE 65/70 OMS 75	USA 72	USA 75	JAPON 65
	TRAMO	Leq (total)	Leq (hora)	L ₁₀
Guadalajara-Zapotlanejo km 20+200 (G)	76,6	79,0	82,5	75,0
Guadalajara-Zacatecas km 15+000 (Z)	70,2	77,0	79,0	64,0
Lagos d Moreno-Guadalajara km 175+200 (L)	74,8	76,0	79,4	74,0
Jiquilpan-Guadalajara km 125+600 (G)	75,1	76,0	78,4	74,5
Guadalajara-Tepic km 22+000 (T)	75,5	78,0	82,2	73,5
Guadalajara-Chapala km 12+800 (Ch)	76,5	78,0	80,4	76,0
Guadalajara-Zapotlanejo km 20+200 (G)	69,5	75,0	80,5	71,0

Tabla 4. Resultados de las mediciones en el estado de Nuevo León, con el Leq total de día para 7,5 h, y los percentiles 10 y 50 para la hora más ruidosa [3]

NUEVO LEÓN	FINLANDIA 55 FRANCIA 65 ESPAÑA 65 OCDE 65+/- CEE 65/70 OMS 75	USA 72	USA 75	JAPON 65
	TRAMO	Leq (total)	Leq (hora)	L ₁₀
Monterrey – Saltillo km 54+300 (sentido Monterrey)	78,1	79,0	80,5	77,0
Libre Saltillo – Monterrey km 26+000 (sentido Saltillo)	78,1	80,9	82,0	73,0
Libre Nuevo Laredo km 28+500 (sentido N. Laredo)	71,0	81,8	83,0	70,0
Monterrey – Ciudad Mier km 29+700 (sentido Monterrey)	74,3	81,5	83,0	72,0
Ciudad Victoria – Monterrey km264+800 (sentido MTY)	71,9	79,3	81,0	73,5
Monterrey – Reynosa km 22+000 (sentido Reynosa)	75,1	79,6	80,6	75,0

Tabla 5. Resultados de las mediciones en el estado de Veracruz, con el Leq total de día para 7,5 h, y los percentiles 10 y 50 para la hora más ruidosa [4]

VERACRUZ	FINLANDIA 55 FRANCIA 65 ESPAÑA 65 OCDE 65+/-5 CEE 65/70 OMS 75	USA 72	USA 75	JAPON 65
	TRAMO	Leq (total)	Leq (hora)	L ₁₀
Poza Rica – Tuxpan km 199+050 (P.R.)	74,9	80,9	82,0	73,5
México - Tuxpan km 164+500 (T)	73,7	79,0	80,5	72,5
Cardel - Veracruz km 238+900 (C)	74,3	81,8	83,2	73,0
Paso del Toro - Acayucan km 1+100 (A)	74,0	81,5	83,0	73,0
Xalapa .- Veracruz km 3+300 (V)	73,2	79,3	81,0	72,5
San Hipólito - Xalapa km 145+010 (X)	75,4	79,6	80,6	72,0

Del análisis de las mediciones en dichos estados, se puede concluir lo siguiente:

- Se observo que los niveles de ruido se ven influenciados, sobre todo por los vehículos de carga de modelos no recientes, contrastando con las unidades ligeras o de carga nuevas, en las cuales el ruido más significativo fue el producido por el contacto llanta – pavimento, y el desplazamiento del aire por la velocidad
- La mayoría de los valores para el Leq_{total} en los 29 puntos críticos de las cuatro entidades, reportan un promedio en el nivel de ruido de 75,7 dB(A), lo cual sobrepasa los valores máximos recomendados por organizaciones como la OMS o la OCDE, así como los que tienen vigencia normativa en otros países. De acuerdo con los límites establecidos por la OMS, el que los niveles de ruido producidos por las carreteras sobrepasen los 75 dB(A) hacen comparable el ambiente sonoro en algunas carreteras con el de una fábrica. Como se puede observar la normativa finlandesa, que especifica un nivel de ruido máximo permitido de 55 dB(A) usando el Leq como índice de referencia para un período de 7,5 h, es la más estricta de todas, seguida por el rango de ruido permisible manejado por la OCDE (60 – 70)

- Se concluye con los valores aquí presentados que el ruido global por el transporte en las carreteras es una importante forma de contaminación ambiental, por lo que se deben analizar y proponer medidas de mitigación acordes con las necesidades de cada sitio en particular. Adicionalmente, es necesario hacer las previsiones correspondientes, para este rubro específico, en la construcción o modernización de nueva infraestructura carretera.

3. Análisis estadístico

Con los resultados en las 29 carreteras mencionadas, se procedió a realizar un análisis estadístico, obteniéndose los resultados que a continuación se presentan.

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico

	Población Querétaro	Población Jalisco	Población Nuevo León	Población Veracruz	Población Ruido
1	77,3	76,6	78,1	74,9	77,3
2	79,7	70,2	78,1	73,7	79,7
3	81,8	74,8	71	74,3	81,8
4	80,6	75,1	74,3	74	80,6
5	76,2	75,5	71,9	73,2	76,2
6	79	76,5	75,1	75,4	79
7	78,3	69,5			78,3
8	78,6				78,6
9	75				75
10	76,3				76,3
11					76,6
12					70,2
13					74,8
14					75,1
15					75,5
16					76,5
17					69,5
18					78,1
19					78,1
20					71
21					74,3
22					71,9
23					75,1
24					74,9
25					73,7
26					74,3
27					74
28					73,2
29					75,4

En las páginas siguientes se presentan los percentiles y la probabilidad normal de la población RUIDO (el conjunto de todos los datos). De su análisis se obtiene que el valor de la mediana es de 75,66, y la desviación estándar es de 2,85. Estos valores se toman en cuenta para determinar el valor del nivel máximo permisible de ruido por el transporte en carreteras mexicanas.

Descriptive Statistics

Variable		N	Mean	Median	TrMean
StDev	SE Mean				
QRO		10	78,210	78,450	78,250
1,997	0,631				

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
QRO	75,000	81,100	76,275	79,925

Descriptive Statistics

Variable		N	Mean	Median	TrMean
StDev	SE Mean				
JAL		7	74,03	75,10	74,03
2,94	1,11				

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
JAL	69,50	76,60	70,20	76,50

Descriptive Statistics

Variable		N	Mean	Median	TrMean
StDev	SE Mean				
NL		6	74,75	74,70	74,75
3,00	1,22				

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
NL	71,00	78,10	71,68	78,10

Descriptive Statistics

Variable		N	Mean	Median	TrMean
StDev	SE Mean				
VER		6	74,250	74,150	74,250
0,802	0,327				

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
VER	73,200	75,400	73,575	75,025

Descriptive Statistics

Variable		N	Mean	Median	TrMean
StDev	SE Mean				

QRO		10	78,210	78,450	78,250
1,997	0,631				
JAL		7	74,03	75,10	74,03
2,94	1,11				
NL		6	74,75	74,70	74,75
3,00	1,22				
VER		6	74,250	74,150	74,250
0,802	0,327				

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
QRO	75,000	81,100	76,275	79,925
JAL	69,50	76,60	70,20	76,50
NL	71,00	78,10	71,68	78,10
VER	73,200	75,400	73,575	75,025

Descriptive Statistics

Variable	N	Mean	Median	TrMean
StDev				
SE Mean				
RUIDO	29	75,666	75,400	75,693
2,906				
				0,540

Variable	Minimum	Maximum	Q1	Q3
RUIDO	69,500	81,100	74,150	78,100

Distribution Function Analysis

Normal Dist. Parameter Estimates (ML)

Data: RUIDO

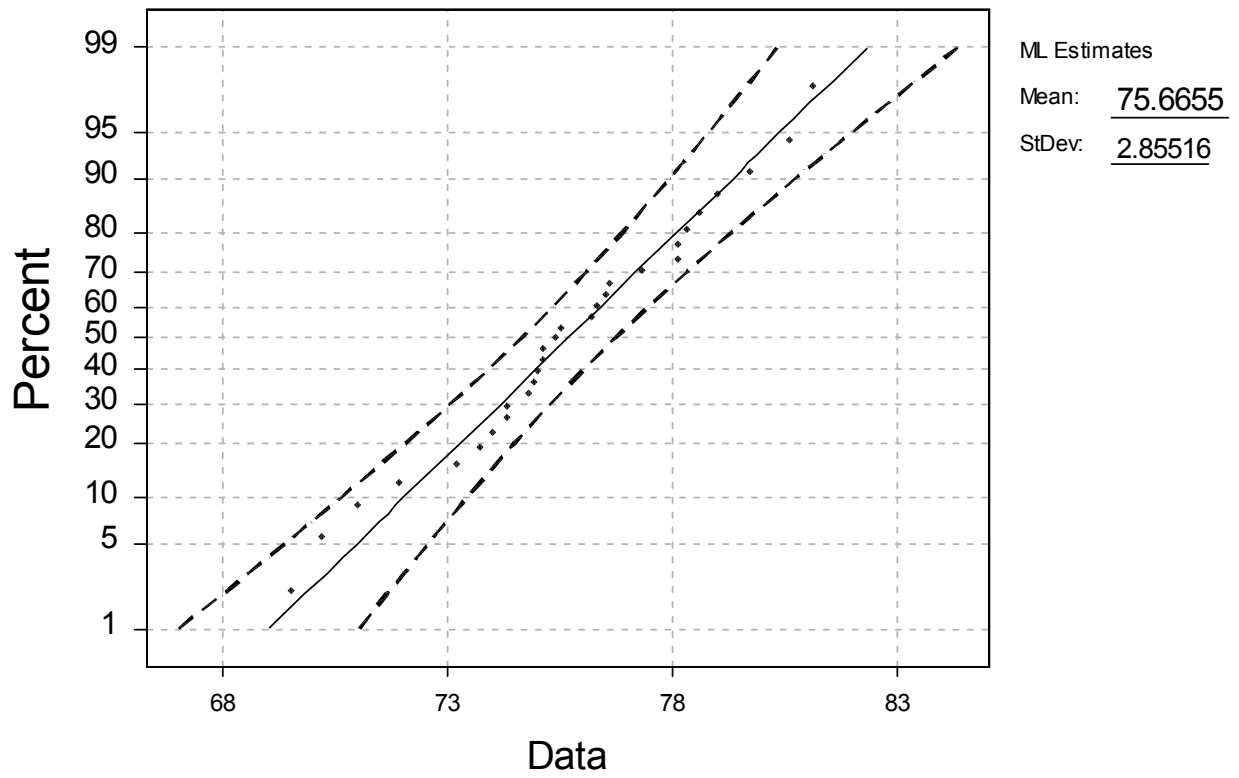
Mean: 75.6655

StDev: 2.85516

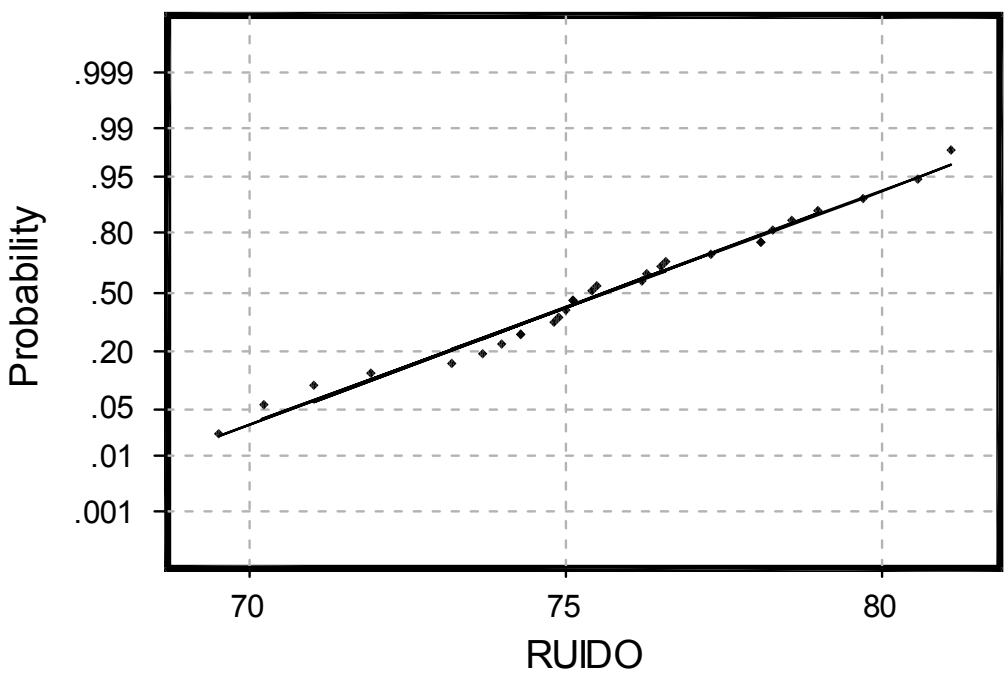
Percentile Estimates

Percent	Percentile	95% CI Approximate Lower Limit	95% CI Approximate Upper Limit
1	69.0234	67.0230	71.0239
2	69.8017	67.9695	71.6340
3	70.2956	68.5665	72.0246
4	70.6670	69.0134	72.3207
5	70.9692	69.3753	72.5631
6	71.2264	69.6821	72.7707
7	71.4519	69.9500	72.9538
8	71.6538	70.1890	73.1187
9	71.8375	70.4055	73.2694
10	72.0065	70.6041	73.4088
20	73.2626	72.0533	74.4718
30	74.1683	73.0600	75.2766
40	74.9422	73.8865	75.9979
50	75.6655	74.6264	76.7047
60	76.3889	75.3332	77.4446
70	77.1628	76.0545	78.2711
80	78.0685	76.8592	79.2777
90	79.3245	77.9222	80.7269
91	79.4936	78.0617	80.9255
92	79.6772	78.2124	81.1421
93	79.8791	78.3772	81.3810
94	80.1046	78.5603	81.6490
95	80.3618	78.7679	81.9558
96	80.6640	79.0103	82.3177
97	81.0355	79.3064	82.7646
98	81.5293	79.6970	83.3615
99	82.3076	80.3071	84.3081

Normal Probability Plot for RUIDO



Normal Probability Plot



Average: 75.6655
StDev: 2.90569
N: 29

Anderson-Darling Normality Test
A-Squared: 0.230
P-Value: 0.787

4. Medidas de mitigación

Como causas del deterioro del medio ambiente sonoro es común mencionar el rápido crecimiento de las ciudades, el elevado incremento del parque vehicular, y la participación cada vez más significativa de los vehículos pesados en el transporte de carga, entre otros. Si bien es cierto que pueden considerarse como causas técnicas, no es menos cierto que la falta de legislación y en muchos casos, del cumplimiento y vigilancia de las normas que controlan el nivel de emisión de los vehículos, así como en definitiva, la falta de una política ambiental bien definida sobre el tema, deben tomarse muy en cuenta como las causas más profundas de esa problemática.

Como se señaló, la necesidad de tener un enfoque integral de este fenómeno debe alentar al sector comunicaciones a tomar una serie de medidas en diferentes rubros, tendientes a mejorar sustancialmente el ambiente acústico del país.

Para mitigar dicha problemática se proponen diferentes medidas, agrupadas en tres aspectos básicos: legislación en la materia; planeación y construcción de las vías de comunicación, y medidas de mitigación en vías ya construidas.

4.1 Legislación en la materia

- Estricto control del uso de suelo a nivel municipal, estatal y federal, con una mejor planeación que permita crear áreas de amortiguamiento entre carretera y zonas habitacionales, escuelas, hospitales, etc
- Proveer de incentivos, basados en estudios de mercado, a aquellas actividades que contemplen reducir impactos negativos a un nivel socialmente óptimo. Instalación de aislamiento en los edificios circunvecinos a la carretera, como la colocación de dobles ventanas y materiales en muros

4.2 Planeación y construcción de vías de comunicación

- Proyecto adecuado de la vía: proyecto geométrico más amigable, alejado de zonas pobladas, con pavimentos poco ruidosos como los porosos, y evitar los adoquinados. Estos dos tipos de pavimento originan diferencias entre ambos en el nivel de ruido, del orden de 3 a 5 dB
- Creación de zonas de amortiguamiento, ubicando el cuerpo de la carretera a un nivel inferior al del terreno natural, para que el ruido se disipe verticalmente y no horizontalmente
- Limitar la velocidad en tramos críticos
- Garantizar la fluidez de circulación mediante sincronizar de semáforos, y restringir zonas en la noche
- Concentrar el tránsito en pocas vías si la capacidad de éstas lo permite

- Adecuado desarrollo urbano, que considere las vías existentes con altos niveles de ruido, para una conveniente orientación de los edificios y un porcentaje apropiado de superficie con ventanas, para mitigar los efectos nocivos.

4.3 Medidas de mitigación en vías ya construidas

- Barreras naturales, aprovechando la presencia de obstáculos naturales y la orografía existente
- Construcción de terraplenes con plantas. Reducción de 5-10 dB
- Materiales amortiguadores de ruido en los edificios habitacionales que se van a construir cercanos a las vías de comunicación con importantes flujos vehiculares. Reducción de 15-45 dB
- Empleo de pantallas acústicas anti-ruido que impidan o dificulten la transmisión de las ondas sonoras, con una reducción de 5 a 16 dB
- **Plantas ad-hoc que absorban el sonido, con lo que se puede reducir hasta 10 dB(A)**

5. Conclusiones

Proponer un mecanismo normativo para el ruido que genera el transporte carretero, implica reconocer que se trata de un fenómeno colectivo en el cual la responsabilidad se distribuye entre todos los actores. Para disminuir los niveles de ruido global se requiere un enfoque integral que contemple tanto los aspectos legislativos como la planeación y construcción de las vías de comunicación.

Con base en valores recomendados por la OMS y la OCDE, sería deseable que un nivel inicial máximo permisible de ruido en carreteras, fuese de 70 dB(A), valor propuesto por la OCDE para carreteras ya existentes y que implica un riesgo menor para el aparato auditivo, aún cuando se escuche durante periodos mayores de 8 h [1].

Sin embargo, si se observan los resultados de las 29 carreteras más importantes en Querétaro, Jalisco, Nuevo León y Veracruz, los niveles de ruido en la mayoría de los casos exceden cualquier normatividad vigente extranjera, habiéndose encontrado valores de ruido reales en algunos casos de más de 80 dB(A).

Además de lo anterior, al realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos, se encontró que el percentil para el cual los valores son menores o iguales a 70 dB(A) es de 3%, lo que significa que el 97% de los valores está por encima de ese valor. Siguiendo con el análisis estadístico, se encontró que la media es de aproximadamente **75 dB(A)**, es decir que la mitad de los resultados está por debajo de este valor y la otra mitad por arriba del mismo, por lo que se propone sea el nivel inicial máximo permisible de ruido en carreteras mexicanas.

La observancia de este valor sería más factible, a pesar de que sobrepasa los vigentes en otros países como Finlandia (55), Francia (65), España (65), etc, ya que es evidente que implantar un valor menor sería muy ambicioso y probablemente las condiciones actuales en México no permitirían su eficaz cumplimiento, debido principalmente a la carencia de cultura ambiental y de mecanismos para vigilar la normatividad existente. Es por ello que se recomienda una reducción paulatina de **un decibel anual**, para que en un lapso de **10 años** se tengan niveles aceptables de ruido en las vías comunicación y del orden de estándares internacionales.

Una medida importante para disminuir los niveles de ruido actuales, ha sido tomada por parte de la SEMARNAT, la que a través del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en el cual participan activamente investigadores del área de medio ambiente del IMT, está redefiniendo los niveles máximos de emisión de ruido admisible para los vehículos individuales con la actualización de la NOM-ECOL-080-1994, para que el ruido total, (que es consecuencia de la superposición de los ruidos de varios vehículos circulando al mismo tiempo por una arteria), disminuya sensiblemente.

Asimismo, se propone analizar la factibilidad y conveniencia de que dentro de la supervisión de la aplicación de las Normas Oficiales Mexicanas, específicamente la NOM-068-SCT-2-2000, que establece las condiciones físicas y de seguridad para la operación en caminos y puentes de jurisdicción federal, la cual es vigilada por la Dirección General de Autotransporte Federal con base en la Ley de Caminos y Puentes de Autotransporte Federal y, se realice paralelamente la verificación de los niveles de ruido de acuerdo con la **NOM-080-ECOL-1994** vigente, para lo que sólo se requeriría un sonómetro por cada Centro SCT.

Si se logra el cumplimiento de lo anterior, seguramente el ruido global en las carreteras y en cercanías a centros urbanos, disminuirá considerablemente. En algunos casos podría no cumplirse con valores de la normatividad propuesta en este documento, para lo cual se sugeriría que las autoridades locales utilizaran algunas medidas de mitigación aquí mencionadas, con el propósito de proteger al medio ambiente, en especial a la población afectada.

Valor del nivel máximo permisible de ruido en carreteras mexicanas:

Leq_{total} 75 dB(A)

Con reducción paulatina de 1dB(A)/ año.

A la luz de los estudios del ruido por el transporte carretero se concluye que ya es posible contar con información actualizada de campo que permite identificar al transporte vehicular como el principal emisor de energía sonora, por lo que consecuentemente, se debe asumir la responsabilidad de buscar soluciones, de proyectar a corto plazo trazados que consigan que los habitantes de zonas aledañas a carreteras estén expuestos a niveles aceptables de ruido, diseñar medidas protectoras suficientes, implantar el uso de pavimentos menos ruidosos y, sobre todo, vigilar la observancia de las normas existentes en la materia.

Con las recomendaciones que aquí se enumeran es factible que el problema del ruido disminuya en las carreteras y ciudades del país; sin embargo, es innegable la importancia de contar con una cultura de respeto al medio ambiente por parte del usuario del transporte vehicular en general por ello, estas acciones serían infructuosas si no van acompañadas de campañas de concientización, además de actualizar y mejorar la educación ambiental de las generaciones jóvenes.

6.Referencias

1. Berglund, B, Lindvall, T, **Community Noise**, Archives of the Center for Sensory Research, Vol 2, Issue 1, Stockholm University and Karolinska Institute (1995).
2. Instituto Mexicano del Transporte, **Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso I, Querétaro**, Publicación Técnica No 154, México (2001).
3. Instituto Mexicano del Transporte, **Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso II, Jalisco**, Publicación Técnica No 187, México (2001).
4. Instituto Mexicano del Transporte, **Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso III, Nuevo León**, Publicación Técnica No 193, México (2002).
5. Instituto Mexicano del Transporte, **Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso IV, Veracruz**, Publicación Técnica No 194, México (2002).
6. International Organization for Standarization; **Acustics-Measurement of Noise Emitted by Stationary Road Vehicles- Survey Metod**, Draft International Standard ISO/DIS 5130 (1977).
7. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras, **Reducción del ruido en el entorno de las carreteras**, OCDE, Francia (1995).
8. Organización Panamericana de la Salud, **Criterios de salud ambiental 12: El Ruido**; Organización Mundial de la Salud, México (1983).
9. Peterson, A, **ContraFlow**; Revista World Highways, Vol 9, pág 7, Reino Unido, ene/feb (2000).
10. Ruza, F, **El ruido del tráfico: Evaluación y corrección de su impacto**, Simposio sobre Impacto Ambiental de Carreteras, PIARC, España (1988).
11. Secretaría de Desarrollo Social, **Norma Oficial Mexicana NOM-080-ECOL-1994**, México (1994).

**CIUDAD DE MEXICO**

Av. Patriotismo 683
Col. Mixcoac
03730, México, D. F.
Tel (55) 56 15 35 75
55 98 52 18
Fax (55) 55 98 64 57

SANFANDILA

Km. 12+000, Carretera
Querétaro-Galindo
76700, Sanfandila, Qro.
Tel (442) 2 16 97 77
2 16 96 46
Fax (442) 2 16 96 71

Internet: <http://www.imt.mx>
publicaciones@imt.mx