



**46º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA  
ENCUENTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA  
EUROPEAN SYMPOSIUM ON VIRTUAL ACOUSTICS  
AND AMBISONICS**

**LA AUSENCIA DE NORMATIVIDAD SOBRE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN  
LAS EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE MÉXICO.  
EL CASO DE UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA**

PACS 43.50.Sr

Rodríguez-Manzo, Fausto\*; Ponce-Patrón, Dulce R.; García-Martínez, Silvia G.; Garay-Vargas, Elisa; Lancón-Rivera, Laura A.  
Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento de Procesos y Técnicas de Realización. Av. San Pablo 180 Edificio S 1º piso, Col. Reynosa-Tamaulipas, CP 02200, Azcapotzalco, México, Distrito Federal.  
Teléfono (52) 55 53189000 ext. 2236, ladac@correo.azc.uam.mx

**ABSTRACT**

Recently Mexico City has begun to raise awareness about environmental noise. Today a noise map exists as well as a local regulation related to noise stationary sources. However, it has not yet effectively regulated the impact of environmental noise in sensitive spaces and urban land use areas of the city. As part of this research, a case study related to a higher education institute building is described, in which the absence of proper regulations has had a significant impact on environmental noise. Noise maps, acoustic measurements and a diagnostic study are presented.

**RESUMEN**

Hasta hace poco es que la ciudad de México comienza a hacer conciencia en relación al ruido ambiental, cuenta ya con un mapa de ruido y una normatividad relacionada con fuentes fijas, sin embargo, aún falta regular la incidencia del ruido ambiental en los espacios y usos sensibles de la ciudad. En esta investigación se describe un caso de estudio relacionado con una institución de educación superior que ante la ausencia de una normativa se ha visto afectada por la incidencia del ruido proveniente del exterior. Se presentan mapas de ruido, mediciones acústicas y un diagnóstico de la situación.

**INTRODUCCIÓN**

El ruido ambiental es un problema similar en todas las grandes ciudades y la ciudad de México no es la excepción. En términos de protección acústica las autoridades de las ciudades pueden emitir normas de carácter obligatorio para proteger a los ciudadanos, tanto en los aspectos urbanos como en los referidos a las edificaciones. Así, existen normas enfocadas en evitar las altas emisiones de ruido provenientes de las fuentes que generan sonido desde establecimientos privados o públicos, como también normativas y reglamentos que buscan proteger a los edificios del ruido ambiental y así regular la construcción como una forma de mitigar el impacto del ruido ambiental en sus ocupantes.

Muchos países cuentan con una reglamentación para la protección acústica de los edificios, generalmente conocidas como normas o códigos técnicos de edificación, sin embargo, en la actualidad, en México no existe ninguna ley, norma o reglamento, que obligue a los promotores, arquitectos, ingenieros y constructores al aislamiento acústico de los edificios y sus espacios tanto del ruido proveniente del exterior, como del interior; esto tiene un efecto importante en edificios donde se ubican espacios sensibles.

Los edificios que están expuestos a la influencia de las vialidades son altamente propensos a ser invadidos en su privacidad y en sus actividades por los niveles sonoros, provenientes ante todo del tráfico vehicular, llegando a afectarlos seriamente. Esto hace imprescindible que se cuente con una protección de aislamiento acústico mínima para asegurar que toda actividad quede apartada de esta influencia.

Este trabajo muestra el problema de la ausencia de una normatividad con respecto al ruido ambiental y el aislamiento acústico de los edificios en México, a través de las particularidades de un caso de estudio específico.

## MARCO GENERAL

Hoy día en la ciudad de México muchos de los edificios con espacios sensibles, como los hospitales, las escuelas y las viviendas, quedan expuestos a la contaminación acústica, ya que además del ruido por tráfico vehicular, el aeropuerto se localiza al interior, en la zona oriente de la ciudad, generando que las rutas de aterrizaje y despegue la crucen desde o hacia el poniente; además algunas vías de ferrocarril de carga afectan a las personas a su paso, sobre todo al accionar la bocina; la línea de ferrocarril rápido, de carácter urbano, que va del centro de la ciudad al norte del área metropolitana, está presente en la zona conurbada. Por otro lado algunas líneas del Metro son elevadas y superficiales, la mayoría utiliza sistemas de rodamiento de neumáticos, con excepción de la línea 12 que presenta rodamiento metálico sobre vía metálica, que genera un ruido molesto e importante en zonas habitacionales. La ciudad cuenta además con industria localizada y dispersa, obras de construcción pública y privada, y fuentes provenientes de zonas de esparcimiento y ocio, así como los sonidos propios de los vecindarios.

Ante este panorama las autoridades de la ciudad han intentado atender el problema de ruido ambiental, generando primero en 2006 una norma ambiental NADF-005-AMBT-2006, que se actualizó en 2013 [1], ésta se aplica únicamente a las fuentes fijas en establecimientos y no contempla el ruido de fuentes móviles. Posteriormente, entre 2009 y 2011, se construyó el Primer Mapa de Ruido para la ZMVM<sup>1</sup>, como instrumento básico para el seguimiento del problema del ruido ambiental en la ciudad y concretamente el problema del ruido por tráfico vehicular. Se instaló también, por parte de las autoridades ambientales, una red piloto de monitoreo de ruido con el fin de establecer un sistema de monitoreo asociado con el problema de contaminación ambiental de la ciudad. Hasta ahí ha quedado, al momento, la intervención gubernamental.

El estudio del ruido ambiental se ha desarrollado en los últimos años con mayor presencia dentro del ámbito académico que del gubernamental, donde se distingue a la UAM-A<sup>2</sup>, de la cual han surgido estudios e investigaciones que muestran que las zonas que son sensibles al ruido como las de vivienda, las mixtas con vivienda, y el equipamiento urbano, como los

---

<sup>1</sup> ZMVM son las siglas para la Zona Metropolitana del Valle de México, que representa el área conurbada de la ciudad de México.

<sup>2</sup> UAM-A, son las siglas para la Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Azcapotzalco, donde el Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico desarrolló el Primer Mapa de Ruido para la ZMVM, en vinculación con la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad.

hospitales y las escuelas, son las tipologías más afectadas por los niveles y presencia del ruido ambiental [2].

Por otro lado, la planeación urbana de la ciudad a cargo de las instancias dedicadas al desarrollo urbano y a las obras públicas, generan los programa de desarrollo urbano (delegacionales y parciales, entre otros), donde quedan plasmados los usos del suelo. Cabe resaltar que aspectos que tienen que ver con una planeación basada en la protección ante fenómenos como la contaminación y concretamente la contaminación acústica, no están incluidos.

### **La normatividad acústica en México**

De las normas que se relacionan con la acústica en México, las normas oficiales y las ambientales relacionadas con el ruido ambiental que existen, se enfocan en el ruido generado por fuentes fijas; NADF-005-AMBT-2013 [1] y NOM-081-SEMARNAT-1994 [3], y ninguna de ellas hace referencia a la necesidad de aislamiento acústico en las edificaciones.

La norma NMX- 060-SCFI-2014, de carácter comercial y no obligatorio, es la más orientada a la protección acústica de los edificios ante el fenómeno del ruido ambiental y en ella se “. . . establecen las propiedades de las ventanas, puertas y cerramientos a fin garantizar a los usuarios la calidad y seguridad de estos productos en territorio nacional” [4]. Ésta considera, entre otras cosas, el aislamiento acústico haciendo referencia a niveles de confort en tipologías arquitectónicas así como requerimientos de atenuación acústica con relación a la intensidad de ruido exterior en componentes de fachada. Sin embargo esta norma solo es aplicable a la fabricación y evaluación de productos arquitectónicos.

### **MARCO ESPECÍFICO DEL PROBLEMA**

Se presenta como caso de estudio una Institución de Educación Superior, ubicada al nororiente de la ciudad de México, la cual cuenta con aproximadamente 2000 usuarios (alumnos, profesores y personal administrativo) que desarrollan sus actividades al interior de los espacios destinados a aulas, laboratorios, biblioteca y oficinas.

Se trata de un edificio localizado en un predio que colinda con dos vialidades primarias (10 carriles) y una secundaria (8 carriles), de gran afluencia vehicular donde dos de ellas son vialidades en pendiente. Es además muy cercano al Aeropuerto Internacional de la ciudad y está frente a una estación del Sistema de Transporte Colectivo-METRO.

Con este entorno, que provoca elevados niveles de ruido, se afectan las condiciones de los usuarios en sus actividades dentro de las instalaciones, aspecto no considerado desde la planeación del inmueble, como lo muestran las imágenes de la figura 1, donde las vialidades y el METRO, ya eran parte de la estructura urbana antes de su construcción.



*Figura 1.* Evolución de la estructura urbana del sitio de estudio posterior al emplazamiento del inmueble (del año 2000 al 2012). Fuente: Google Earth [5]

## METODOLOGÍA

El objetivo de este trabajo de investigación es la evaluación cualitativa y cuantitativa del problema en la edificación para demostrar su vulnerabilidad acústica. Para ello se realizó por un lado la evaluación de la percepción y la molestia de los usuarios por la intrusión del ruido ambiental en aulas (durante horarios hábiles) aplicando una encuesta y por el otro se elaboraron mapas de ruido por medio de un *software* de simulación (CadnaA) con base en aforos vehiculares obtenidos en campo en tres horarios representativos durante una semana (7:00 hrs, 13:00 hrs y 19:00 hrs). Finalmente se realizaron mediciones de las condiciones acústicas al exterior del edificio con el equipo Noise Tutor (Modelo 0163) y las condiciones acústicas al interior con un equipo Nor-140 de Norsonic, de acuerdo a lo estipulado en la ISO 140-5<sup>3</sup>. Para el análisis se consideraron normas internacionales, las que se estipulan en cada caso.

## Evaluación cualitativa – Aplicación de encuesta

Se aplicó la encuesta, con la finalidad de conocer la percepción que tienen los alumnos y académicos acerca del problema de ruido en el Instituto, de cuyos resultados se destaca que:

- El 43% considera que el ruido proveniente del exterior se genera por el tráfico vehicular.
- El 65% considera como “Muy molesto” el ruido proveniente de los exteriores y un 35% son “Indiferentes”.
- El 56% considera que “Muy frecuentemente” se le dificulta entender la clase o alguna conversación y el 39% considera que solo “en algunas veces”.
- El 72% evitan el ruido cerrando puertas y ventanas (lo cual genera problemas de ventilación y sobrecalentamiento en aulas ocupadas). Mientras los demás ignoran el ruido, escuchan música o utilizan audífonos.
- El 42% mencionan que el ruido les genera irritabilidad “muy frecuentemente”, seguido del 34% en un nivel “regular”, y el 29% en un nivel “poco, muy poco y nunca”.
- El 36% de los encuestados coincidió que después de su jornada escolar se siente cansado, mientras que el 17% presenta dolor de cabeza, siguiéndole en un 16% de los encuestados con irritabilidad.

En la siguiente figura (Fig. 2) se muestra gráficamente un resumen de los principales resultados de la aplicación de esta evaluación.

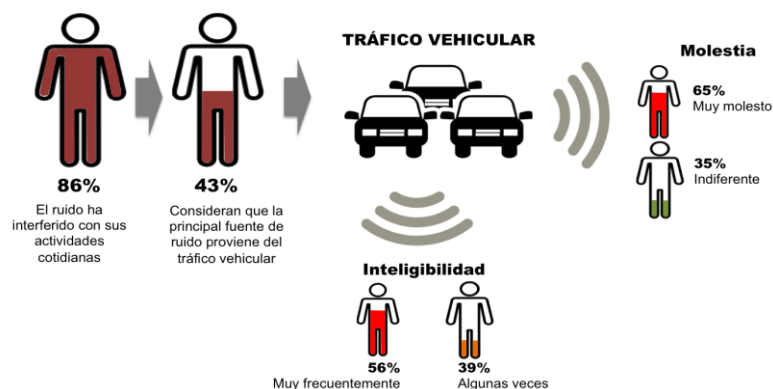


Figura 2. Resultado de percepción sonora de los usuarios, obtenido a través de las encuestas. Fuente: Propio

<sup>3</sup> ISO 140-5 *Measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements- Part 5: Field measurements or airborne sound insulation of facade elements and facades.*



**Evaluación acústica: evaluación urbana y de la edificación.**

**a) Evaluación urbana**

Para realizar la evaluación urbana se construyeron mapas de ruido de la zona con objeto de conocer el impacto real del entorno acústico del tráfico vehicular en el edificio. Los resultados obtenidos (Figura 3a y 3b) muestran que el Instituto en promedio se encuentra inmerso entre los 70 y 80 dBA. Los grandes aforos vehiculares de las vialidades que llegan a ser hasta de 5,500 vehículos por hora, afectan la totalidad del predio, teniendo niveles muy por arriba del límite establecido para su uso [6]. La configuración espacial también es importante, ya que se puede observar que la zona donde se ubica el edificio, se encuentra rodeada de vialidades, con una configuración aislada y sin barrera alguna, afectando esto la totalidad del espacio.

Por otra parte los niveles sonoros presentes alrededor del terreno a lo largo del día son estables y puede considerarse (por la forma del terreno y la cercanía que éste tiene con las vialidades aledañas) que el impacto sonoro sobre el edificio es directo por cada uno de sus flancos, así los niveles sonoros equivalentes en áreas exteriores del edificio (áreas verdes) son de entre 75 y 70 dBA (Figura 3b).

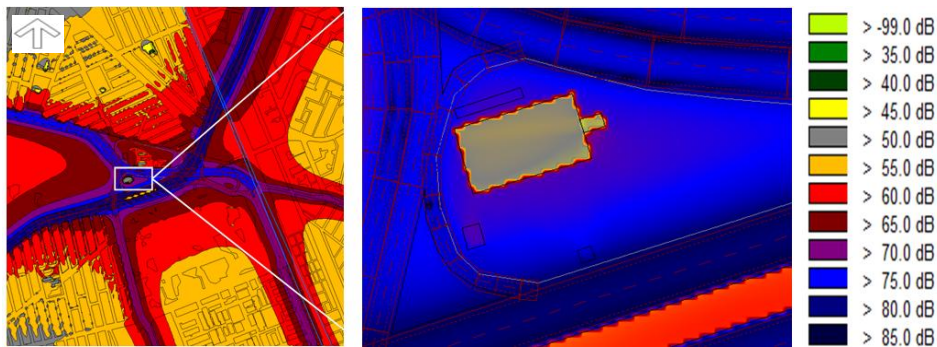


Figura 3. Mapa de ruido a) área de estudio, b) Terreno y edificación. Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó un análisis que muestra que los niveles sonoros de día ( $L_d$  en dBA) sobrepasan el límite establecido para el uso de suelo (Habitacional, Educación y Cultura) en el que se encuentra el edificio, siendo el límite ideal de 43 dBA [5]. La figura 4a muestra los niveles que exceden el límite establecido y en la ilustración 4b el mismo caso pero agregando una barrera acústica a todo el perímetro del terreno.

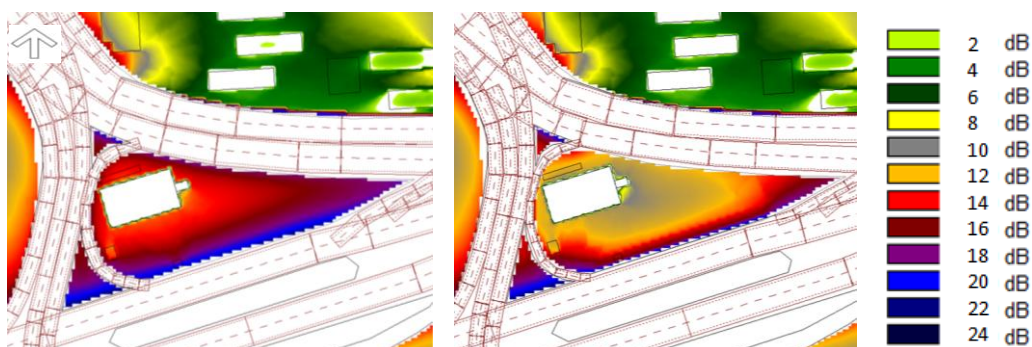


Figura 4. Mapa de ruido a) área de estudio sin barrera, b) área de estudio con barrera. Fuente: Propio.

Esta comparación muestra que al agregar una barrera acústica, el ruido ambiental disminuye hasta en 4 dBA, sin embargo este cambio no es suficiente para que las condiciones del edificio mejoren y se acerquen a las condiciones ideales para un edificio cuyo uso es la educación.

## b) Evaluación del edificio

La calidad acústica, centrada en el mensaje oral, adquiere mayor importancia en este caso debido al uso de los espacios del edificio, principalmente destinados a la enseñanza, por lo que podría considerarse al edificio y su conjunto como de "USO PROTEGIDO".

Las normas internacionales que dictan los requerimientos para el diseño acústico de escuelas [7] establecen que el nivel de ruido de fondo recomendado al interior es de 35 dBA y la reverberación entre 0.6 o 0.7 s. Normas nacionales como la NMX-R-060-SCFI-2013 [4] para especificaciones en ventanas "sugiere" que el nivel interior máximo recomendado para aulas es de 40 dBA.

Esta norma sugiere también que la atenuación acústica ( $R_A$ ) (requerida en ventanas) de acuerdo al  $L_d$  del sitio (más de 70 dBA y menor de 75 dBA) debe ser de 35 dBA para aulas y 30 dBA para oficinas, misma que concuerda con la norma europea [8] que establece que las condiciones de aislamiento en fachadas (como compuesto) entre un recinto protegido y el exterior ( $D_{2m,nT,Atr}$ ) en función del  $L_d$  en el sitio será de 37 dBA.

Al considerar las condiciones externas del edificio y al compararse con la situación medida en sitio, puede observarse que la diferencia entre las condiciones simuladas (Figura 3b) y las medidas en sitio (Tabla 1) son cercanas, lo mismo sucede con los valores percentiles, ya que entre los valores máximos como el  $L_{A10}$  y los valores de ruido de fondo  $L_{A50}$  existe una diferencia apenas perceptible (3 dBA).

En las mediciones en sitio puede observarse que la fachada SE es la que menor impacto tiene con relación a las demás (esto se relaciona por el horario en que se efectuó la medición 13:00 horas) ya que el impacto sobre esta fachada es por la mañana (7:00 a 9:00 hrs debido al sentido del flujo del tráfico) aun así las fachadas restantes presentan poca variación (alrededor de 2 dBA) por lo que se podría afirmar que son similares y estables a lo largo del día.

Valores de nivel sonoro <sup>1</sup> promedio medido en sitio													
Mediciones en exteriores <sup>2</sup>					Medición en interior								
					Cancel cerrado				Cancel abierto				
$L_{Aeq}$	$L_{A10}$	$L_{A50}$	$L_{A90}$		$L_{Aeq}$	$L_{A10}$	$L_{A50}$	$L_{A90}$	$L_{Aeq}$	$L_{A10}$	$L_{A50}$	$L_{A90}$	
Fachada frontal SE	69.2	70.9	68.8	67.1	Planta baja	51.6	53.4	49.3	46.7	60.8	61.8	58.5	55.7
Fachada lateral derecha E	71.4	73.3	70.0	68.1	Primer nivel	52.7	54.4	51.7	49.7	64.1	65.7	62.9	60.6
Fachada trasera NO	71.1	73.5	69.2	66.6	Segundo nivel	53.3	55.1	52.1	49.7	64.9	66.6	64.1	61.4
Fachada lateral izquierda O	72.0	73.4	70.5	67.6	Tercer nivel	56.5	57.5	54.9	52.8	66.0	67.8	65.4	62.3

<sup>1</sup> En ponderación A. <sup>2</sup> Medido a 2m de fachada a 4m de altura.

**Tabla 1.** Valores de niveles sonoros promedio medidos en sitio.

Al interior del edificio se puede observar que el impacto sonoro aumenta con relación a la altura, de acuerdo a esto la planta baja será la de menor impacto y el tercer nivel el de mayor impacto (6 dBA mayor); así el impacto sonoro será de entre 52 y 57 dBA con ventanas cerradas y de entre 61 y 66 dBA promedio en condición de ventanas abiertas (que es como generalmente se utiliza el espacio debido a las condiciones térmicas que éste presenta). Al compararse estos datos con los límites permisibles antes mencionados [4][7][8] puede deducirse que los niveles de ruido de fondo sobrepasan los valores recomendados para ruido de fondo en instalaciones educativas.

### Medición de aislamiento acústico a ruido aéreo (por tráfico vehicular)

Al analizar las propiedades de la fachada se consideró para el estudio un aula tipo de la edificación con las siguientes características: recinto de 163.30 m<sup>3</sup> expuesto a ruido aéreo por transmisión directa; a través de un sistema de fachada (cancel y celosía de rejilla metálica) de 18.79 m<sup>2</sup>.

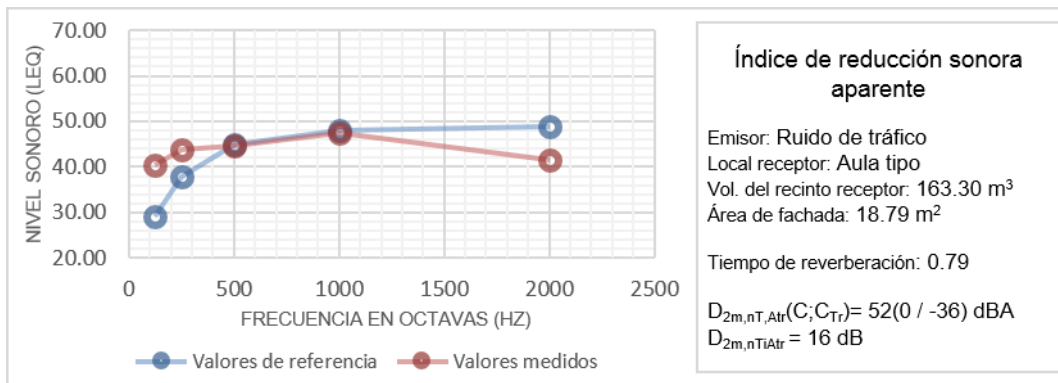


Figura 5. Índice de reducción sonora aparente de acuerdo con la Norma ISO 140-5 y Norma 717-1<sup>4</sup>

Al realizar la comparación de los valores de aislamiento acústico en fachada mediante el parámetro  $D_{2m,nT,Atr}$ <sup>5</sup> con los niveles deseables según normas internacionales [6] y de acuerdo al  $L_d$ , de entre 70 y 75 dBA, el nivel calculado debiera ser mayor o igual a 42 dBA, mientras que en el sistema de fachada actual el nivel de reducción sonora es únicamente de 16 dBA (Figura 5), por lo cual se infiere que no cumple las características básicas de protección al usuario y existe una interferencia con la calidad acústica de los espacios.

## CONCLUSIONES

El caso de estudio presentado es una muestra clara del problema que existe en México debido a la ausencia de una normativa encauzada a la protección acústica de los edificios. Donde se presentan dos ausencias trascendentales:

- La de **un criterio adecuado para la planeación y selección de la ubicación** de una institución educativa.
- La de **criterios urbano-arquitectónicos adecuados** para el diseño de una edificación destinada a la educación en un entorno acústicamente hostil.

De esto se desprende que es necesario:

- Desarrollar una normativa de carácter urbano que integre el análisis de entornos acústicos, a la planeación y el diseño de edificaciones en general, y en especial de equipamientos urbanos sensibles.
- Desarrollar una normativa clara, proveniente de las instituciones públicas relacionadas con los sectores sustantivos (salud, educación y vivienda), que se enfoque en criterios de diseño y evaluación de sus edificios e instalaciones, considerando la contaminación acústica.

<sup>4</sup> La curva de referencia de espectro N°2.

<sup>5</sup> Que establece la diferencia de presión acústica ponderada en fachadas y cubiertas a ruido de tráfico y aeronaves

- Incluir dentro de los reglamentos de construcción la obligatoriedad de aislar acústicamente todas las edificaciones, que así lo requieran, para la obtención de niveles de salud y bienestar, en especial en edificaciones de alta sensibilidad acústica como son los hospitales, las escuelas y la vivienda.

Así, se puede decir que la principal problemática sobre las regulaciones en México en materia de ruido es la falta de legislación y de una política ambiental, así como la ausencia del cumplimiento y vigilancia de las normas existentes que regulan emisiones de ruido.

Es de suma importancia la creación y la actualización de reglamentos y normas, que incluyan medidas estrictas y consideren estrategias de vigilancia para asegurar condiciones sonoras que no dañen a la salud y el bienestar de las personas, y los seres vivos en general.

Falta aún mucho por hacer en materia de ruido ambiental en la ciudad de México y en general en el país, aun así no se debe olvidar que existen herramientas ya elaboradas (como normas [1][3][4] y el mapa de ruido), las cuales deben continuar su desarrollo para lograr una política general que enfrente este problema, que como ya se ha comprobado, afecta seriamente a la población.

### Agradecimientos y créditos

\*El autor agradece a CONACYT el apoyo a la investigación denominada “El ruido ambiental en el espacio urbano de la ciudad de México: problemas y modelos de solución”, a través del Fondo Sectorial de Investigación para la Educación, de la que este trabajo es uno de sus productos, en una primera etapa.

Se agradece también la participación de autoridades, alumnos y profesores del ITGAM en el levantamiento de encuestas y de aforos vehiculares para el caso de estudio, así como del equipo de alumnos y profesores del Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico de la UAM Azcapotzalco, en las mediciones acústicas realizadas.

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] **NADF-005-AMBT-2013** (2013). *Norma Ambiental para el Distrito Federal*. Gaceta Oficial del Distrito Federal. Recuperado en febrero 2015 de: [http://www.consejeria.df.gob.mx/portal\\_old/uploads/gacetas/004f4d61c8a192fb8005549ab4ef0f5b.pdf](http://www.consejeria.df.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/004f4d61c8a192fb8005549ab4ef0f5b.pdf)
- [2] **Rodríguez-Manzo, Fausto; Garay-Vargas, Elisa; Lancón-Rivera, Laura** (2013). *Estudio de impacto del ruido por tráfico vehicular en las delegaciones y barrios de la ciudad de México: el caso de la Delegación Azcapotzalco*. España. Tenciástica.
- [3] **NOM-081-SEMARNAT-1994** (1994). *Norma Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición*. Recuperado en agosto 2015 de: <http://www.semarnat.mx/leyes-y-normas/nom-ruido>
- [4] **NMX-R060-SCFI-2013** (2013). *Ventanas y productos arquitectónicos para el cerramiento exterior de fachadas – clasificaciones y especificaciones*. Secretaría de Economía, México.
- [5] **Google Earth (2015)**. Recuperado en julio de 2015 en: <https://earth.google.com>
- [6] **Berglund, B.; Lindvall, T.; Schwela, D.**, (1995). *Guidelines for community noise*. Estocolmo: Organización Mundial de la Salud (OMS).
- [7] American **National Standard (ANSI)**, (2002). *Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools*. Acoustical Society of America, E.U.A.
- [8] **Documento Básico HR** (2009). *Protección frente al ruido: 2-4*. Recuperado en julio de 2015 de: [www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/0155F82F-4091-40A0.../15.pdf](http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/0155F82F-4091-40A0.../15.pdf)