

## UN ANÁLISIS URBANO-ACÚSTICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO. EL CASO DE LOS DISTRITOS CENTRALES

PACS: 43.50.Sr

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

**PALABRAS CLAVE:** Zonificación acústica, ruido ambiental, acústica urbana

### ABSTRACT

Mexico City's noise map shows that traffic noise affects the sound environment of the central districts, a region characterized by the greater population and type of activities. Mexico City has been described as the most congested in the world, synonymous of noise pollution. In this study an acoustic urban analysis of the central districts is carried out, characterizing acoustic zones, conflictive spaces, sensitive spaces and areas of tranquility. This analysis is based on a spatial, demographic and land use study, with the use of acoustic cartography.

### RESUMEN

El mapa de ruido de la CDMX, muestra que el ruido del tráfico vehicular afecta el ambiente sonoro de los distritos centrales, región que se caracteriza por la mayor población y tipo de actividades. Se ha descrito a la CDMX como la más congestionada del mundo, sinónimo de contaminación acústica. En este estudio se realiza un análisis urbano acústico de los distritos centrales, caracterizando zonas acústicas, espacios conflictivos, espacios sensibles y áreas de tranquilidad. Este análisis se basa en un estudio espacial, demográfico y de uso del suelo, con el empleo de cartografía acústica.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las principales fuentes de ruido ambiental en las grandes ciudades como la Ciudad de México (CDMX) son el tráfico vehicular, la aviación, los ferrocarriles, la industria, la construcción y el comercio. De acuerdo a la OMS [1] el tráfico vehicular es la principal causa de los problemas de salud por contaminación en las grandes ciudades: la contaminación del aire y la contaminación acústica. Ambos afectan severamente el área metropolitana de la Ciudad de México (AMCM) con más de 20 millones de habitantes y más de 5 millones de vehículos en circulación.

La planificación urbana de la ciudad se basa principalmente en la organización de usos de suelo. Las vialidades y el transporte adolecen de una planeación urbana estricta y hasta ahora no hay relación en el uso de suelo y la planeación de vialidades y transporte. Esta situación ha influido en los niveles generales de ruido ambiental que afectan sobre todo los usos sensibles del suelo y el equipamiento urbano como son las viviendas, los hospitales y las escuelas. La planificación

urbana no incluye el enfoque acústico, debido a la ausencia de regulaciones relacionadas a mitigar y controlar la contaminación acústica existente, así como la falta de información sobre los efectos de la contaminación acústica en la salud de la población.

En 2011 se desarrolló un mapa de ruido [2] que muestra la importante influencia de las vialidades principales en el entorno sonoro de la ciudad. Este mapa representa un importante antecedente pero requiere de estudios para caracterizar el espacio urbano acústico en áreas específicas de la ciudad.

Esta investigación presenta una clasificación acústica y análisis de los distritos con mayor actividad y población de la CDMX: Miguel Hidalgo (MH), Cuauhtémoc (CH), Venustiano Carranza (VC) y Benito Juárez (BJ).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Antecedentes

Existen importantes estudios en Europa [3] que han propuesto una clasificación acústica de áreas urbanas, particularmente en España [4][5], Alemania [6] e Italia [7], mismas que se han utilizado como antecedentes para esta investigación.

### 2.2 El caso de la CDMX

La Ciudad de México (CDMX) está dividida en 16 distritos (Fig. 1a), el estudio se realiza en cuatro distritos centrales, debido a la escala e importancia de sus condiciones físicas, densidad poblacional, uso de suelo y vialidades principales con gran aforo vehicular, entre otras. Se considera importante realizar un análisis urbano - acústico que permita caracterizar el espacio urbano y así desarrollar una zonificación acústica de las áreas más representativas de los distritos seleccionados: MH, CH, VC y BJ (Fig. 1a y 1b).

Se determinan las características generales de las áreas representativas de los distritos centrales, basándose en los planes de desarrollo urbano [8]. Se realiza un análisis cartográfico urbano y acústico, con la finalidad de realizar una zonificación acústica, que responda a las particularidades propias de la CDMX.

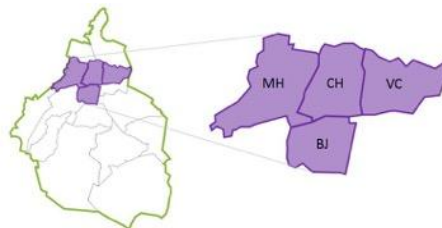


Figura 1. a) División política de la Ciudad de México (CDMX) y los distritos centrales. Fuente: Elaboración propia.  
b.) Distritos centrales MH-Miguel Hidalgo, CH-Cuauhtémoc, VC-Venustiano Carranza, BJ-Benito Juárez. Fuente: Elaboración propia.

### 2.3 Los distritos centrales de la Ciudad de México

La mayoría de las vialidades principales de la ciudad cruzan por estos distritos con un gran aforo vehicular, lo cual se traduce en contaminación acústica, que entre otras situaciones afectan al equipamiento sensible, como vivienda, escuelas y hospitales.

Algunos aspectos relevantes y contrastantes a considerar de estos distritos son: en VC, se albergan las 2 terminales del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en MH se encuentra el bosque de Chapultepec con una superficie aproximada de 678ha, corredores urbanos, zonas de oficinas y vivienda de nivel socioeconómico alto. En CH se encuentran zonas de uso mixto, comercial y habitacional, así como el centro histórico y cultural de la ciudad. También se encuentran los edificios gubernamentales que dan servicio a toda la ciudad. En BJ predomina un uso de suelo mixto, un gran índice de uso habitacional y un alto nivel socio-económico.

## 2.4 ANÁLISIS URBANO

### Uso de suelo

La clasificación por uso de suelo juega un papel importante en la definición de la estructura y la dinámica urbana. Actualmente existe una mezcla de usos de suelo con la intención inicial de reducir los desplazamientos. Según información de los programas urbanos [8], alrededor del 50% se destina al uso habitacional, 12% al equipamiento, 24% al mixto, 4% industrial, 9% a espacios abiertos y áreas verdes y 1% otros usos.

De los distritos seleccionados (Fig. 2) y de acuerdo a su superficie, en MH se destina el 49% al uso habitacional y 21% a áreas verdes y abiertos; en CH se destina el 48% a usos mixtos y 34% al habitacional; en VC se destina el 37% al habitacional y 30% a equipamiento y en BJ el 39% al uso habitacional y 42% al mixto (Tabla 1).

Distrito	Superficie total Ha	Uso Habitacional %	Uso Mixto %	Áreas verdes y abiertos %	Equipamiento %	Industria %
Miguel Hidalgo	4,699.64	49.85	7.58	21.28	13.31	7.98
Cuauhtémoc	3,244	34	48	3	11	4
Venustiano Carranza	3,342	37	25	6	30	2
Benito Juárez	2,663	39	42	4	13	2

Tabla 1. Uso de suelo por distrito [8]

Actualmente la Ley de Desarrollo Urbano de la CDMX [8] permite la flexibilidad de usos de suelo, mediante la modificación de los programas de desarrollo urbano y también autorizando cambios de uso de suelo, teniendo como consecuencia impactos negativos en la distribución de los recursos, planeación urbana y por ende en la contaminación atmosférica y acústica.



Fig. 2. Mapa de uso de suelo. Fuente: Elaboración propia con base en PDU [8][9][10][11][12]

### Densidad de población

El censo 2015 de la Ciudad de México registró una densidad poblacional de 5,967 personas por kilómetro cuadrado. Siendo el 99.5% de la población urbana y el restante 0.5% rural, con un total de 8,918,653 habitantes [13]. Los distritos centrales (Fig. 4), representan el 20% del total de la población de la CDMX, encabezando CH (532,553 hab.), seguido de VC (427,263 hab.), posteriormente BJ (417,416 hab.) y finalmente MH (364,439 hab.).

La figura 3 presenta la concentración de la población en los distritos centrales donde la mayor densidad poblacional se da en los distritos de CH y BJ. Por el contrario en MH, las zonas habitacionales, ubicadas al sur-poniente con nivel socioeconómico alto, se presenta el menor índice de densidad poblacional.

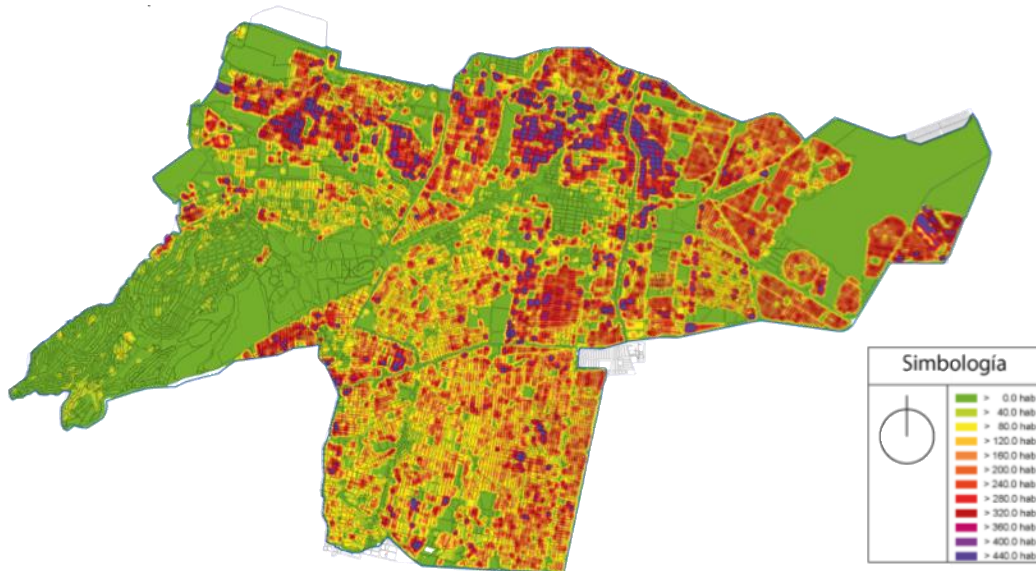


Fig. 3. Mapa de densidad poblacional. Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI [13]

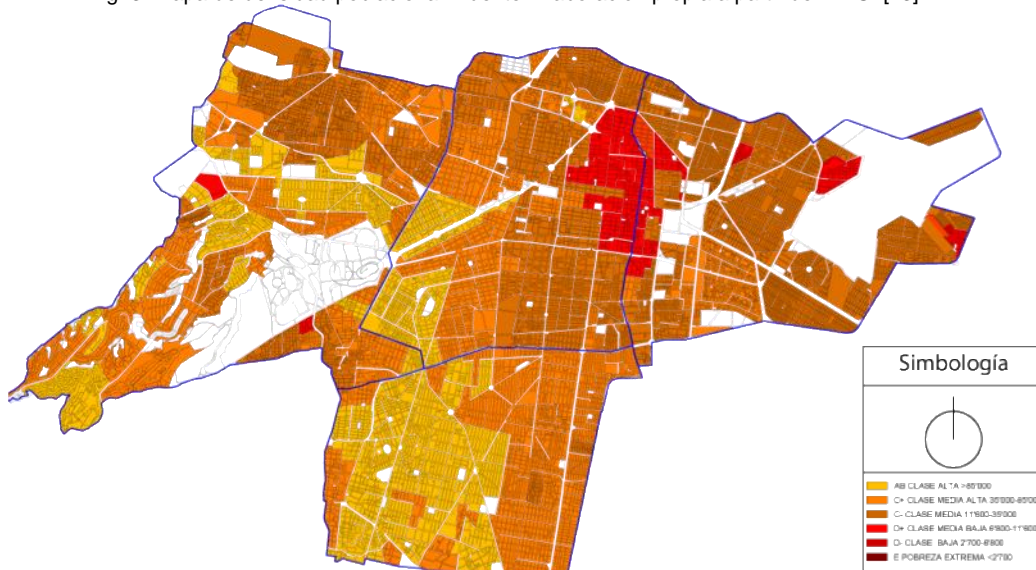


Fig. 4. Mapa Socioeconómico. Fuente: elaboración propia a partir de DOT [14]

### Estado socioeconómico

La figura 4 muestra que en el distrito MH (sur-poniente) se encuentra concentrado el nivel socioeconómico alto, esta zona corresponde a una menor densidad poblacional, edificios corporativos que han incrementado su ubicación en este distrito, sobre todo en las zonas de Bosques de las Lomas y Av. Palmas, en donde predomina el uso de suelo de oficinas con un alto valor de renta. En BJ y CH, existen zonas de nivel socio-económico medio alto, principalmente zonas habitacionales, zonas de oficinas y zonas con valor histórico y cultural. Por el contrario, en VC predomina el nivel socioeconómico medio y medio bajo, y por lo tanto existen un mayor número de zonas de conflicto en los usos de suelo y vialidades, por mencionar algunas.

## Vialidades

El crecimiento de la Ciudad ha propiciado mayor flujo de personas y mercancías, por lo tanto los sistemas de redes viales han crecido en correspondencia a las necesidades de la ciudad. Para el año 2003 [8] se consideraba que existía un déficit de más de 410 km de vialidades primarias y de 120 km de vías de acceso controlado, lo cual contribuyó al aumento exponencial de vialidades que hoy ya están saturadas.

La Ciudad de México se ubica en el primer lugar en el ranking de mayor tráfico vehicular a nivel mundial, la velocidad promedio alcanzada es de 21 km/h. Es en las vialidades principales de los distritos centrales en donde se ubican los puntos con mayor retardo al circular, y una mayor congestión de tráfico vehicular [16].

En la figura 5 se muestran los principales corredores urbanos como: Av. Paseo de la Reforma, Insurgentes, Revolución, División del Norte, Tlalpan y Zaragoza, y las vialidades de acceso controlado como: Periférico, Circuito Interior, Viaducto, Río San Joaquín, Av. Constituyentes, entre otras.



Fig. 5. Mapa de vialidades. Fuente: Elaboración propia a partir [8][9][10][11][12].

## 3. ANÁLISIS ACÚSTICO – MAPA DE RUIDO

El mapa de ruido, constituido por aforos vehiculares de vialidades de acceso controlado, primarias, secundarias y algunas terciarias representativas (Fig. 7), muestra que en las vialidades de acceso controlado es en donde se generan los mayores niveles sonoros, excediendo los 80 dBA, en donde transitan grandes aforos vehiculares, tomado en horas de mayor conflicto en el día y tarde. Al considerar que el nivel de ruido aceptable de acuerdo a Berglund [17] es de 55 dBA, la mayoría de los distritos sobrepasan este límite, aun estando en zonas habitacionales y de oficinas.

La figura 6 muestra que en CH se presentan en general niveles “tolerables” de 55-65 dBA, vialidades principales como Av. Paseo de la Reforma e Insurgentes muestran niveles “molestos” que van de 65 a 75 dBA e “inaceptables” mayores a 75 dBA. En MH se muestran valores “inaceptables” en vialidades primarias y de acceso controlado como Av. Paseo de la Reforma, Palmas, Periférico, Calz. Legaria, Río San Joaquín y Marina Nacional. En BJ predominan los valores “aceptables” y niveles molestos, principalmente en vialidades como Viaducto Miguel Alemán, Av. División del Norte, Calz. de Tlalpan, Eje Central Lázaro Cárdenas, entre otras. Y por último en VC predominan niveles “molestos” y los “inaceptables” en vialidades como Calz. I. Zaragoza, Circuito Interior, Río Churubusco, Periférico, entre otras. Es importante destacar que estos niveles corresponden al tráfico vehicular, sin embargo tanto en BJ como en VC debe

considerarse que se proyecta la influencia de las rutas de aterrizaje de los aviones en su trayectoria hacia el aeropuerto internacional ubicado en VC.

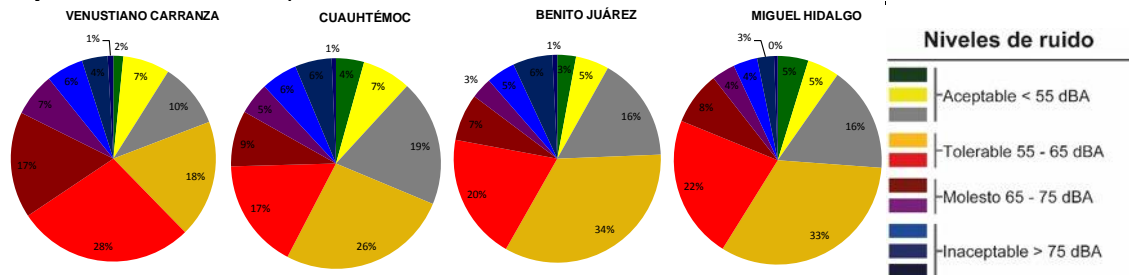


Fig. 6. Gráficas de porcentajes por áreas de ruido por distrito. Fuente: Elaboración propia.

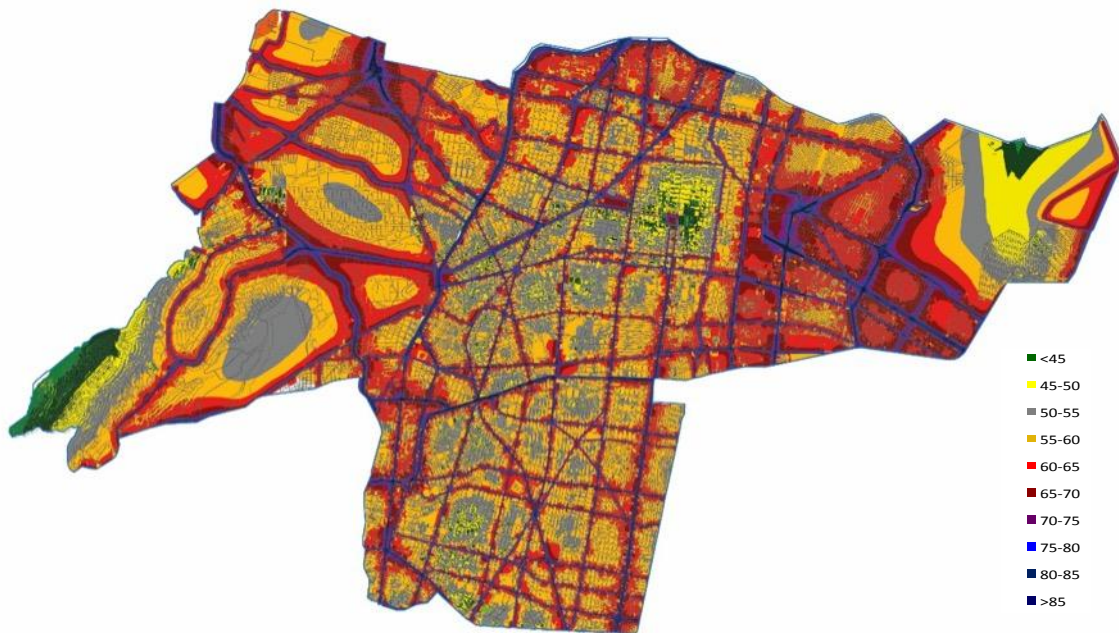


Fig. 7. Mapa de ruido de los distritos centrales de CDMX. Fuente: Elaboración propia.

#### 4. CLASIFICACIÓN ACÚSTICA

Para definir las áreas acústicas de los distritos centrales de la CDMX y retomando el análisis urbano previo, la clasificación se basó en usos de suelo de las zonas más representativas de los distritos. La Tabla 2 [15], muestra la clasificación acústica general, que considera aspectos establecidos por Berglund [17] y una propuesta de límites máximos de niveles sonoros ( $L_{dn}$  dBA) adecuados, así como un contraste con los límites reales en la columna derecha. Es importante destacar que generar una zonificación acústica de estos distritos busca entre otras situaciones, establecer parámetros de protección a los equipamientos sensibles de la ciudad, tales como vivienda, hospitales y educación.

Áreas	Uso de suelo	Límites máximos adecuados $L_{dn}$ (dBA)	Límites reales $L_{dn}$ (dBA)	
A	Áreas protegidas	Áreas naturales exteriores, escuelas y hospitales	45/40	55/50
B	Áreas tranquilas	Vivienda, áreas abiertas, vialidades, zonas peatonales, parques.	50/45	60/55
C	Áreas de ruido moderado	Áreas mixtas de vivienda, oficinas y comercio.	55/50	65/60
D	Áreas de ruido intenso	Áreas mixtas de vivienda, oficinas, áreas comerciales, hoteles, museos, bibliotecas y teatro. Pequeña industria y talleres.	60/55	70/65
E	Áreas especiales de ruido	Áreas industriales, centros de transporte y vialidades de tránsito pesado.	65/60	75/70

Tabla 2. Clasificación Acústica por usos de suelo. Fuente: Elaboración propia.

## 5. ZONIFICACIÓN ACÚSTICA DE LOS DISTRITOS CENTRALES

El mapa de zonificación acústica (Fig. 8) de los distritos centrales de la CDMX, muestra que el centro de la ciudad, el distrito CH, es el que presenta la necesidad de mayores niveles sonoros debido fundamentalmente a la intensa actividad comercial. El distrito VC, aunque muestra una amplia área de uso habitacional, y por tanto una zona sensible al ruido ambiental, se ve afectada por la presencia de vialidades de alta velocidad según se muestra en el mapa de ruido (Fig. 7), además de su cercanía al aeropuerto internacional. En BJ, aunque mayormente habitacional la existencia de un gran número de vialidades, de acuerdo al mapa de ruido, le generan un nivel de ruido de fondo de tráfico vehicular, que es perceptible en la mayor parte de él. Finalmente en MH se encuentra la zona acústica con uso habitacional menos afectada de los cuatro distritos: las Lomas de Chapultepec que a la vez constituye el área de mayor nivel socio-económico. Por otro lado dentro de este mismo distrito se encuentra la mayor área protegida: el Bosque de Chapultepec.

La clasificación acústica propuesta muestra cinco categorías como sigue:

**A** – que corresponde a las áreas protegidas ya sean áreas naturales o usos de suelos sensibles como las escuelas y los hospitales.

**B** – las áreas tranquilas representadas por las áreas habitacionales.

**C** – las áreas de ruido moderado donde se encuentran usos de suelo mixtos de vivienda, oficinas y comercio.

**D** – las áreas de ruido intenso correspondiente a zonas de vivienda, en combinación con oficinas, comercio y áreas públicas con alta actividad urbana.

**E** – corresponde a zonas especiales de ruido donde se concentran las centrales de transporte, industria y vialidades muy transitadas.

Si bien en la tabla 2, se muestran los límites sonoros adecuados, la realidad es que estos niveles actualmente están superados en 10 dBA promedio en cada categoría de la clasificación.

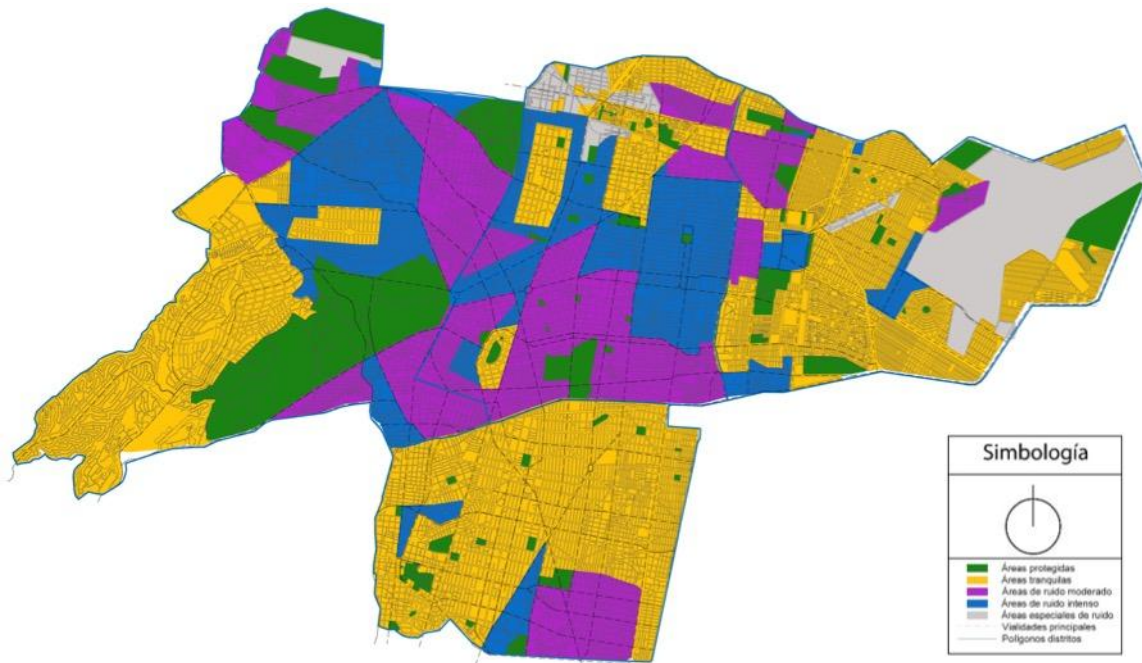


Fig. 8. Mapa de zonificación acústica de los distritos centrales de la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

La zonificación acústica propuesta pretende ir acercándose a los problemas de ruido ambiental de la ciudad para un ordenamiento urbano-acústico. Estudiar las ciudades desde el punto de

La vista acústica es una necesidad que puede ayudar a la mejor planeación urbana de las mismas. La Ciudad de México debido a la mezcla de los usos de suelo existentes, con la existencia de vialidades sin un perfil de planeación, presenta una zonificación acústica general que omite en gran parte detalles que afectan ejes importantes, por lo que una zonificación por zonas y barrios específicos es deseable, así como por corredores viales.

Este acercamiento a una clasificación acústica busca planear y regular la problemática de ruido ambiental en los principales distritos, para buscar los modelos de solución pertinentes que entre otras situaciones permita además proteger las áreas sensibles y limitar aquellas áreas que generen y sobrepasen los límites permisibles y que contaminen el espacio urbano.

## AGRADECIMIENTOS

\*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, siendo este trabajo uno de sus productos. Se agradece también la participación del equipo de alumnos y profesores del Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico de la UAM-Azcapotzalco.

## REFERENCIAS

- [1] WHO, 2011. World Health Organization. Burden of disease from environment noise-quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen, Dinamarca: Oficina Regional para Europa.
- [2] SMAGDF-UAM-A, 2011. Primer Mapa de Ruido para la Zona Metropolitana del Valle de México, Secretaría del Medio Ambiente. UAM-Azcapotzalco, Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico, México.
- [3] Directive 2002/49/CE. The Environmental Noise Directive 2002/49/EC (2002). Recuperado en Abril 2016 de: <http://ec.europa.eu/environment/noise/directive.htm>
- [4] Real Decreto, 1367/2007 de 19 de octubre, por el que se desarrolla la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Gobierno de España, España. Recuperado en Abril 2016 de: [http://www.fomento.gob.es/mfom/lang\\_castellano/direcciones\\_generales/ferrocarriles/\\_informacion/normativa/3impacto/rd\\_1367\\_2007.htm](http://www.fomento.gob.es/mfom/lang_castellano/direcciones_generales/ferrocarriles/_informacion/normativa/3impacto/rd_1367_2007.htm)
- [5] Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, España. Recuperado en Abril 25, 2016. <http://www.juntadeandalucia.es/boja/2003/243/boletin.243.pdf>
- [6] DIN 18005-1. Noise abatement in town planning, Alemania. Recuperado en Abril, 2016 de: <http://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=97&p2=3.1.2.1>
- [7] DPCM 14/11/97 in Gazzetta Ufficiale - Serie generale n. 280 del 1/12/97. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Italia. Recuperado en Abril 25, 2016 <http://www.isprambiente.gov.it/files/temi/dpcm-14-11-97.pdf/view>
- [8] Federal, G. O. D. D., 2003. Programa de Desarrollo urbano del Distrito Federal, México.
- [9] Federal, G. O. D. D., 2012. Plan Parcial de Desarrollo urbano para zona patrimonial de Tacubaya, delegación Miguel Hidalgo, versión 2012, Distrito Federal, México,.
- [10] Federal, G.O.D.D., 2005. Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Venustiano Carranza del Distrito Federal, versión 2005, Distrito Federal, México.
- [11] Federal, G.O.D.D., 2008. Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Cuauhtémoc del Distrito Federal, versión 2008, Distrito Federal, México.
- [12] Federal, G.O.D.D., 2005. Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para la Delegación Benito Juárez del Distrito Federal, versión 2005, Distrito Federal, México.
- [13] INEGI, 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Recuperado en enero 2017 de: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/densidad.aspx?tema=me&e=09>
- [14] DOT DF, 2017. Desarrollo Orientado al Transporte. Mapa de polígonos estadísticos "Nivel Socioeconómico". Recuperado junio 2017 de: <http://dotdf.mx/#map>
- [15] Rodríguez, *et al*, 2016. Towards an acoustic categorization of urban areas in Mexico City. InterNoise 2016 Hamburgo, Alemania
- [16] TomTom, 2017. Traffic Index. Recuperado en junio de 2017 de: [https://www.tomtom.com/en\\_gb/trafficindex/list?citySize=LARGE&continent=ALL&country=ALL](https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/list?citySize=LARGE&continent=ALL&country=ALL)
- [17] Berglund, et al. 1999. Guidelines for Community Noise. World Health Organization, Geneva.