



Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
Fecha: 06 de Septiembre de 2021

C. Luis Alejandro Moreno Mayorga

Pasante del Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:
“Casos Típicos de Evaluación de Ruido en Ciudades de Alto Nivel”

En la modalidad de: Curso Especial de Titulación

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. Juan Antonio Villanueva Hernández

Dr. Carlos Manuel García Lara

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Firmas:





Ccp. Expediente



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

CURSO ESPECIAL DE TITULACIÓN

TRABAJO DOCUMENTAL

**CASOS TÍPICOS DE EVALUACIÓN DE
RUIDO EN CIUDADES DE ALTO NIVEL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTA:

LUIS ALEJANDRO MORENO MAYORGA

DIRECTOR:

DR. RUBÉN ALEJANDRO VÁZQUEZ SÁNCHEZ



TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

SEPTIEMBRE 2021

ÍNDICE

<i>INTRODUCCIÓN</i>	3
<i>OBJETIVO GENERAL</i>	6
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	6
<i>METODOLOGÍA</i>	7
<i>DESARROLLO</i>	9
<i>CONCLUSIONES</i>	17
<i>RECOMENDACIONES</i>	18
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	19

INTRODUCCIÓN

Los sonidos son una forma de energía mecánica que se propaga a través de movimientos ondulatorio y se traduce en una sensación auditiva al causar cambios en la presión del aire. El ruido es un sonido, o la mezcla de varios, que nos resultan molestos; se le puede definir como un sonido molesto e intempestivo que produce efectos fisiológicos y psicológicos no deseados en una persona; dado que no todos poseemos el mismo grado de sensibilidad, existen diversas posturas con respecto a él debido a que pueden o no ser considerados como una perturbación, esto dependerá de las condiciones del receptor y del contexto en el que se encuentre. (Orozco & Sánchez, s/f).

La contaminación acústica es el exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. Por lo que se diferencia de otros contaminantes ambientales por ser el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido. Es complejo de medir y cuantificar. No deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero puede tener efecto acumulativo en el hombre. Tiene un radio de acción menor que otros contaminantes ambientales, localizándose en espacios muy concretos. (Amable, et al., 2017).

El ruido se determina a través de un medidor del nivel de sonido llamado sonómetro, que utiliza una base logarítmica cuya unidad es el decibel (dB); su escala va de 0 a 140-160. A partir de los 80 dB, la molestia es importante y puede generar trastornos psíquicos y físicos. Todo ruido que sobrepase los 90 decibeles puede alterar el sentido del oído del hombre; un valor de 120 dB se considera como muy perjudicial y doloroso, y uno de 140 dB produce un daño inmediato. (Galarza, 2006).

En el siguiente cuadro se presenta la escala de referencia de decibeles así como los efectos posibles que pueden producir esos niveles sobre las personas.

dB(A)	Características
130	Es el nivel percibido a unos 10 metros de distancia de un avión, el ruido es absolutamente insoportable y doloroso.
120	Se hace muy peligroso y se necesita alguna protección del oído. Este ruido es el emitido por el reactor de un avión volando a 50 metros.
110	Resultan peligrosos y muy molestos. Son habituales en una discoteca, en un concierto de rock y a 100 metros de un avión aterrizando.
100	suponen un riesgo muy grave si la audición es prolongada. Este nivel es frecuente en muchos ambientes laborales industriales, como los rotativos de un diario o los martillos neumáticos.
90	Representa un ambiente muy ruidoso y resultan peligrosos si la exposición se produce por largo tiempo. Es el nivel de ruido característico de un vehículo pesado circulando a 60 km/h y percibido a unos 10 metros.
80	Corresponde a ambientes bastante ruidosos, como el de una calle con tránsito intenso o algunos electrodomésticos como aspiradoras o lavadoras.
70	suponen un ambiente ruidoso, habitual en zonas comerciales y muchos bares, en el interior de un tren o de un coche.
60	equivalen a un ambiente poco ruidoso y es el nivel habitual de sonido de la voz en una conversación normal.
50	representan un ambiente tranquilo, aunque todavía interfieren en el sueño. Es el nivel habitual de una sala de estudio.
40	Ambiente de calma y admisibles para mantener el sueño.
Menor o igual a 30	Ambiente silencioso

Fuente: García Sanz, 2003.

Para enriquecer la tabla anterior, se presenta una escala en la que se consideran ciertos sonidos característicos, por otro lado el nivel de ruido producido y, finalmente el impacto que genera hacia el ser humano.

NIVELES SONOROS Y RESPUESTA HUMANA		
En decibelios (dBA)		
Sonidos característicos	Nivel de presión dBA	Efecto
Zona de lanzamiento de cohetes	180	Pérdida auditiva irreversible
Sirena antiaérea	140	Trauma acústico agudo
Trueno	130	
Despegue de aviones	120	Máximo esfuerzo vocal
Claxon automóvil	120	
Martillo neumático	110	Extremadamente fuerte
Concierto de rock	110	
Camión de basura	100	Muy fuerte
Petardos	100	
Camión pesado	90	Muy molesto. Daño auditivo
Tránsito urbano	90	
Reloj despertador	80	Molesto
Secador de cabello	80	
Restaurante ruidoso	70	Difícil uso del teléfono
Tránsito por autopista	70	
Oficina de negocios	70	
Aire acondicionado	60	Silencio
Conversación normal	60	
Tránsito de vehículos ligeros	50	
Dormitorio	40	
Oficina tranquila	40	
Biblioteca	30	Muy silencioso
Susurro a 5 metros	30	
Estudio de radiodifusión	20	
	10	Apenas audible
	0	Umbral auditivo

Fuente: García Sanz, 2003.

Un estudio realizado por la empresa Mimi Hearing Technologies, la OMS y SINTEF (2018) presenta a los principales países del mundo que generan mayor contaminación acústica, los cuales son: China, India, Egipto, Turquía, España, México y Francia.

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Comparar los niveles de ruido generados en ciudades metropolitanas de México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar las principales fuentes generadoras de ruido.
- ✓ Indagar cuales son las ciudades que generan mayor cantidad de ruido.
- ✓ Recopilar los métodos existentes implementados para reducir la generación de ruido en las ciudades.

METODOLOGÍA

Esta investigación esta diseñada con un enfoque cualitativo de acuerdo a Hernandez Sampieri (2014), ya que es una recopilación de diferentes estudios por un motivo en particular puesto que esta enfocado en la contaminación acústica. Los pasos utilizados para realizar la investigación son los siguientes:

- ✓ Delimitación del lugar de estudio: La limitación del tema se realizó debido a que en México hay ciudades más pobladas que otras y por lo mismo generan mayor contaminación, en este caso el enfoque fue a ciudades metropolitanas, como la CDMX, Jalisco y Nuevo León, con poblaciones de más de cinco millones de habitantes, según datos publicados por el INEGI (2020).
- ✓ Investigación documental: Se utilizó un método de investigación bibliográfica, utilizando como fuente de información, publicaciones de otros autores; por ejemplo: Datos estadísticos de INEGI, artículo de opinión “Contaminación ambiental por ruido” de la Dra. Isabel Amable Álvarez, Artículo científico “ Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable” de la Autora Miriam Alfie Cohen, Publicación de la Procuraduria Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. “Contaminación por ruido y vibraciones”, Nota técnica del Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco “ El ruido en Guadalajara como fuente de contaminación ambiental y su efecto en la salud humana”, Estudio del Arte realizado por la Academia de Ingenieria de México “ Impacto ambiental por ruido producido por el transporte carretero” Realizado en Carreteras de Nuevo León, etc.

- ✓ **Análisis del contenido:** Para la selección de la bibliografía, se tomaron en cuenta ciertos temas de interés, como son: Niveles de generación de ruido, actividades que se estudiaron, como se realizaron los estudios, comparación de los resultados con la legislación vigente, consecuencias a una alta exposición a la contaminación acústica.
- ✓ **Comparación de la bibliografía:** Ya que se seleccionó el contenido a estudiar, se compararon los diferentes casos de estudios, tomando en cuenta el número de habitantes y el lugar de toma de mediciones, para poder determinar que ciudad era la mayor generadora de contaminación acústica y que actividad era la causante de la misma
- ✓ **Elaboración de conclusiones:** Las conclusiones se realizaron de acuerdo a los objetivos planteados al inicio de la investigación, definiendo la información más importante y dando una recomendación general acerca de la contaminación acústica.

DESARROLLO

El ruido se puede definir como un sonido no deseado, este se origina por las vibraciones de algún objeto, que a su vez establece una sucesión de ondas de compresión o expansión a través del medio que las soporta (aire, agua y otros). Los sonidos pueden ser transmitidos no solo por el aire o los líquidos, también por sólidos como las estructuras de maquinarias mecánicas.

El sonido es todo lo que oímos los seres humanos y los animales, resultado de los desplazamientos moleculares. Se transmiten en formas de ondas, y depende de las características del medio en el que se propaga.

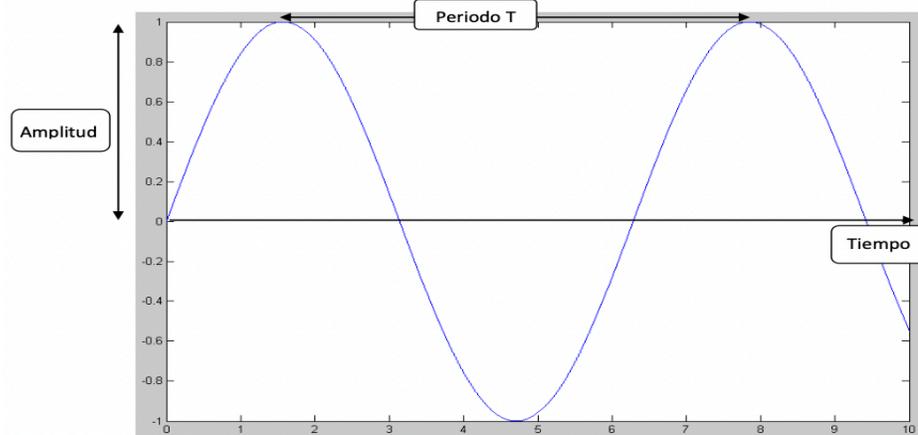
Una característica muy importante del sonido es su naturaleza como movimiento armónico, que se describe en ciclos idénticos en tiempos iguales respetando amplitud y fuerza. Un ejemplo claro para comprender lo antes descrito es el de un resorte sujetado en un extremo a una superficie horizontal (un techo por ejemplo) y en el otro extremo a una pelota. Cuando el resorte se encuentra estático se dice que está en posición de reposo. Si se aplica una fuerza que haga que se desplace la pelota del punto A al A' en un eje vertical, el resorte presentará un movimiento armónico (oscilatorio).

El tiempo que transcurre entre el paso de la pelota dos veces por el mismo punto se denomina periodo T y se expresa en segundos. La frecuencia f es el número de veces que la pelota pasa por el mismo estado de oscilación en la unidad de tiempo, esto es 1 segundo. Por

tanto :

$$f = \frac{1}{T} [Hz]$$

Ilustración 1.- representación de una



Fuente: Sierra, M., 2011.

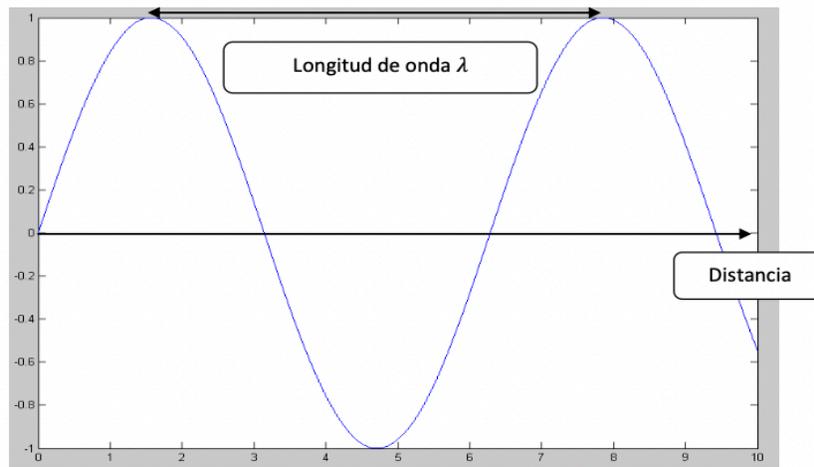
En otras palabras, el tiempo que tarda en finalizar una onda es el periodo. Se mide en unidades de tiempo, normalmente en segundos y se representa por la letra T.

La frecuencia se define como el número de ondas que hay en un segundo. Éstas son las vibraciones que se producen en las moléculas. La unidad de medida de frecuencia es el Hertz (Hz).

La amplitud de una onda es indicativa del nivel de potencia en el que se han producido las oscilaciones. Cuando mayor sea, el sonido será más fuerte.

Para completar las partes de una onda sonora es importante destacar la longitud de onda, es el espacio necesario para que se complete un ciclo de perturbación en su totalidad, si no se dispone de este espacio, la onda no podrá generarse de forma completa. En otras palabras, la longitud de onda es la distancia en la que se repite la onda senoidal (cresta a cresta, valle a valle, inicio de onda a inicio de onda). Figura 2.

Ilustración 2.- Longitud de onda.



Fuente: Sierra, M., 2011.

En las ciudades son muchas las actividades productoras de contaminación auditiva, siendo una de las más importantes el transporte motorizado, principalmente los automoviles, las motocicletas, el transporte ferroviario y aéreo. Otras fuentes incluyen las construcciones, las obras públicas, el ruido industrial y el ruido propio de vecindarios. (Berglund, p. 66, citado por Alfie, 2017).

Una de las tres ciudades con mayor contaminación acústica es la Ciudad de México, siendo uno de los lugares con mayor número de población con una cifra de 9,209,944 habitantes según datos estadísticos publicados por el INEGI (2020). Por lo cual, la actividad con mayor generación de ruido es el transporte, ya que en el Centro Histórico se llegaron a registrar en algunos puntos más de 70 dB, nivel superior al propuesto por la OMS y la Norma Oficial del Distrito Federal. (Alfie *et al*, 2017).

Alfie y Castillo (2017) proponen una solución para el problema de la Ciudad de México, en donde se basaron en un estudio de ruido elaborado por la Procuraduría Ambiental

y del Ordenamiento Territorial (PAOT), Esta solución es una propuesta de una ciudad caminable, en donde el objetivo es introducir más corredores peatonales e impulsar el uso de la bicicleta, para poder minimizar el uso de automoviles que son la principal fuente de generación de ruido en esta ciudad.

El tráfico aéreo constituye otra fuente de contaminación ambiental de gran impacto, aunque su incidencia se da de manera localizada en la zona que rodea al aeropuerto de la Ciudad de México y a lo largo de las rutas de salida y arribo de aeronaves. El Programa de Protección Ambiental del Distrito Federal 2002-2006, cita que en un estudio de la *Comisión de Ecología del Distrito Federal*, efectuado en 1985 en 14 Delegaciones, se destaca que el área que circunda al aeropuerto tiene altos niveles de ruido, alcanzándose presiones acústicas hasta de 150 dB. (PAOT, s/f).

Como segundo lugar, se encuentra la ciudad de Jalisco, con una población de 8,348,151 habitantes según datos estadísticos publicados por el INEGI (2020), en donde la actividad que más genera contaminación acústica es el tráfico vehicular, ya que en un estudio realizado en el año 2017 indicó que los residentes de la ciudad están expuestos a niveles superiores a los recomendados por la OMS y la Norma Oficial Mexicana NOM-081-ECOL-1994, ya que se registraron niveles de los 55 a los 86.5 dB. Por otra parte, está la industria de la manufactura, que son fuentes fijas de contaminación acústica, que generan niveles de ruido por encima de lo recomendado en la Norma Oficial Mexicana, NOM-081-SEMARNAT-1994. (iTerritorial, 2013).

Como tercer lugar, la Ciudad de nuevo León, cuenta con una población de 5,784,442 habitantes según datos estadísticos publicados por el INEGI (2020), en donde la principal

actividad que genera un mayor impacto ambiental por ruido es el transporte carretero, para determinar el nivel de ruido se realizó un estudio en una de las carreteras más importantes del país, la carretera México-Nuevo León, en donde se usó un sonómetro de precisión marca Brüel & Kjaer modelo 2238, con un rango de 20 a 100 dB. El sonómetro fue colocado sobre un tripié estándar a una distancia de 7,5 m del hombro de la carretera, y a una altura de 1,5 m con respecto al eje de la misma. Se tomaron lecturas cada 60s para medir el ruido generado por la operación de transporte, en un horario de las 09:00 am a las 15:00 pm, en un lapso de 6h de duración, registrando los datos cada minuto.

Los niveles de ruido alcanzados en dicho estudio fueron de un promedio de 76.40 dB, por lo cual excede los límites establecidos por las normas internacionales al respecto, y esto se va incrementando con el tiempo. (AIMéxico, s/f).

De acuerdo con los estudios antes mencionados se puede observar que la principal actividad que genera altos niveles de ruido es el transporte terrestre, superando los límites establecidos en Normas Oficiales Internacionales y Mexicanas, teniendo como consecuencias los siguientes puntos:

- Aumento de quejas y denuncias al gobierno.
- Dificultad para concentrarse.
- Daño auditivo.
- Efectos sobre la conducta.
- Efectos sobre la memoria
- Aumento en accidentes automovilísticos y laborales.
- Transtornos del sueño.

Las recomendaciones que se propusieron en estos estudios para controlar la generación de ruido en sus actividades son las siguientes:

- ✓ No superar los límites máximos permisibles que establecen las Normas Oficiales Mexicanas.
- ✓ Impulsar otros tipos de transporte, como la bicicleta y reducir el uso de vehículos.
- ✓ Aplicar medidas de contención del ruido en fuentes fijas.
- ✓ Emitir multas y sanciones a todo aquel que supere los límites de emisión de ruido.
- ✓ Mejorar las políticas públicas existentes.

A continuación se realizó una comparación de los anteriores estudios de México con dos casos internacionales, realizados en Europa y Chile, para así darnos una idea del camino que estamos siguiendo en la regulación de la contaminación acústica.

La contaminación acústica en Europa es un grave problema ambiental y de salud pública. El principal responsable de esta contaminación es el tráfico rodado, afectando a 125 millones de personas, el 24% del total de la población europea, con niveles de ruido superiores a 55 dB. Este tipo de contaminación provoca en Europa unos 43,000 ingresos hospitalarios y al menos 10,000 muertes prematuras cada año.

El objetivo europeo es disminuir el ruido de forma significativa para el año 2020, acercándose a los valores recomendados por la OMS. En el Estado español los valores límites

se han fijado en 65 dB durante el día y 55 dB durante la noche para zonas residenciales. Según la directiva de ruido europea en este estudio, estos indicadores de ruido se miden a partir de 55 dB. (Martínez, 2015).

Por otro lado, se realizó un estudio por Platzer & Iñíguez (2007), en la Ciudad de Santiago de Chile, tomando mediciones entre las 16:00 y las 20:00 horas para conocer la cantidad de ruido generado en la ciudad. Se utilizó un sonómetro integrado tipo 2, debidamente calibrado, cumpliendo con las exigencias establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional. Los resultados de las mediciones se expresaron en dB.

Se evaluó el ruido ambiental emitido en zonas que afectan la rutina del ciudadano común, como en centros recreacionales, discotecas, parques, calles concurridas, y se tomó en consideración el transporte.

Al evaluar las fuentes de emisión fija de ruido, se encontró que el barrio residencial de Pedro de Valdivia norte presentaba niveles de ruido promedio de 57,5 dB, lo que es superior al máximo permitido para una zona residencial.

En relación a la principal calle de Santiago, Avda. Bernardo O'Higgins (Alameda), el nivel de ruido se mantiene en general constante en los diferentes puntos de medición, siendo el promedio de 82 dB, con un rango de 79-87 dB. Dentro de las mediciones efectuadas al transporte público de Santiago, el Metro fue el que tuvo los niveles de ruido más altos: para un viaje dentro del vagón de línea 1 se obtuvo un valor promedio de 87,1 dB y para mediciones en el andén de las estaciones, el nivel de ruido fluctuaba entre 80-85 dB.

Como podemos ver, los niveles de emision de ruido en todas las situaciones expuestas son muy similares (muy alto), aunque en México las Normas Oficiales son más estrictas, manejando rangos límites de 55 dB en el dia y 50 dB en la noche, en zonas residenciales.

CONCLUSIONES

- La intención de este trabajo fue mostrar la importancia de la contaminación por ruido, ya que es un determinante de la calidad de vida de sus habitantes, dado los efectos que tiene para la salud y bienestar de las personas. Es necesario contar con mejores regulaciones normativas, así como formular proyectos de investigación y divulgar los resultados para poder crear conciencia del control de este contaminante, es un reto que deben de asumir las autoridades y la sociedad.
- Como se pudo observar, en los tres casos de estudio se genera un ruido mayor a los decibeles establecidos en las Normas internacionales como nacionales, siendo el transporte la principal actividad que genera ruido, seguido por el tráfico aéreo y las obras de construcción.
- Tomando en cuenta varios factores, como la densidad de población, lugar de estudio (Centro de la ciudad, carreteras federales, etc.), tiempo de exposición de las personas, se pudo determinar que el transporte en el Centro Histórico de la CDMX genera un alto nivel de ruido, superando los 70 dB, más de lo permitido en las NOM's, y más que en los otros casos de estudio.

RECOMENDACIONES

- Considerar la calidad acústica en las ciudades como una prioridad, al que se le destinen recursos y se le otorgue un esquema igual de importante que a las otras formas de contaminación ambiental, conducirá a un entorno acústico más saludable y a una sociedad más solidaria.
- Impulsar otros métodos de transporte, como la bicicleta, o proponer más andadores en los centros de las ciudades, y no solo enfocarse en el automóvil, ayuda a reducir la contaminación acústica, generando una ciudad más tranquila y con menos problemas sociales tanto como de salud.
- Es de mucha importancia respetar los horarios y límites de generación de ruido que establecen las autoridades Mexicanas, enfocándose mayormente en el giro de la construcción, ya que por el uso de maquinaria pesada generan muy altos niveles de ruido durante las actividades, así se estarían evitando problemas con la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Academia de Ingeniería de México. (s/f.). *Impacto ambiental del ruido producido por el transporte carretero*. Julio 20, 2021., de Academia de Ingeniería de México. Sitio web: https://www.ai.org.mx/sites/default/files/7_impacto_ambiental_del_ruido_producido_por_el_transporte_carretero.pdf
2. Alfie, M. & Salinas, O.. (2017). *Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable*. Julio 20, 2021, de ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS Y URBANOS Sitio web: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102017000100065
3. Amable, I., Méndez, J., Delgado, L., Acebo, F., de Armas, J., & Rivero, M. (2017). *Contaminación ambiental por ruido*. Julio 20, 2021, de Revista Médica Electrónica Sitio web: <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/2305/3446>
4. Galarza, A. (2006). *El ruido, ese sonido despreciable* (Vol. 1). Nueva Época.
5. Hernandez, R.. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
6. INEGI. (2020). INEGI. *Senso de Población y Vivienda, 2020*. 19 de Julio 2021, de Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática Sitio web: https://inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Poblacion Poblacion 01_e60cd8cf-927f-4b94-823e-972457a12d4b
7. iTERRITORIAL. (2013). *El ruido en Guadalajara como fuente de contaminación ambiental y su efecto en la salud humana*. Julio 20, 2021, de Gobierno del Estado de Jalisco. Sitio web: https://iieg.gob.mx/ns/wpcontent/uploads/2019/10/iterritorial_notatecnica_08_2013.pdf

8. Martínez, J. & Peters, J.. (2015). *Contaminación acústica y ruido*. 31-08-2021, de ecologistas en acción.
9. Orozco, J., & Sánchez, A. (s/f). *La percepción social del ruido como contaminante*. Recuperado el 23 de junio de 2021, de Gob.mx website:
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/670/cap10.pdf>
10. PAOT. (s/f). *Contaminación por ruido y vibraciones: Implicaciones en la salud y calidad de vida de la población urbana*. Julio 20, 2021, de Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F. Sitio web: <http://paot.org.mx/centro/paot/ruido02-05.pdf>
11. Platzer M, Usbeth, Iñiguez C, Rodrigo, Cevo E, Jimena, & Ayala R, Fernanda. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 67(2), 122-128.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162007000200005>
12. Sierra Tabla, Mario Abraham. (2011). *Sistema caracterizador de equipos de audio (SCEA)*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, UNAM. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3507091>