

# Determination of harmful environmental noise zones in non-operating military air base facilities

## Determinación de zonas de ruido ambiental dañino en instalaciones no operativas de bases aéreas militares

Eduardo Sánchez-Domínguez,<sup>1\*</sup>Fabian de Jesús Cruz-Pérez.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Secretaría de la Defensa Nacional, Hospital Central Militar, Ciudad de México, México.

**Correspondencia:** \* Eduardo Sánchez Domínguez. Hospital Central Militar, Boulevard Manuel Ávila Camacho S/N esq. Av. Ejército Nacional y Periférico, Col. Lomas de Sotelo, Miguel Hidalgo, C.P. 11200, México, D.F., Correo electrónico: hulillo@hotmail.com

**Citación:** Sánchez-Domínguez E., Cruz-Pérez F. *Determinación de zonas de ruido ambiental dañino en instalaciones no operativas de bases aéreas militares. Rev. Sanid. Milit.* 2022;76(3):pp 1-16

### Abstract:

**Introduction:** Noise is an unpleasant sound that affects health and is a risk factor for hypertension and ischemic heart disease. Aviation generates noise and air pollution that damages hearing and is a problem worldwide and for the general population and for those who work in airports, so it must be analyzed. Various works have been published on the subject, however, there are few studies carried out in areas surrounding air bases and little preventive care is provided to the population that works within them.

**Objective:** Determine the existence of harmful environmental noise levels in non-operational work installations of military air bases.

**Material and Methods:** Ambient noise was measured in work shifts for 7 days, at the air bases of Santa Lucía and Zapopan, with Extech® Mod. 407732, class 2 environmental sound level meter, ANSI and IEC 651 Type 2 standards and 407766 gauge of 94 or 114 dB, in áreas exposed to noise near the runway at peak hours air activit

**Results:** No satisfactory and dangerous harmful noise was found between 68 dB and 82.06 dB of noise equivalent noise level (LEQ), out of the norm for ambient noise.

**Conclusions:** The noise found does not meet what is established for the levels of exposure of environmental noise in the community, it must have means of protection and preventive programs to prevent hearing loss.

**Keywords:** Environmental noise, equivalent sound level, air bases, noise pollutio.



## Resumen

**Introducción:** El ruido es un sonido desagradable que afecta la salud y que es factor de riesgo para hipertensión y cardiopatía isquémica. La aviación genera ruido y contaminación del aire que daña la audición y es un problema a nivel mundial y para la población en general y para quienes trabajan en los aeropuertos, por lo que debe ser analizado. Sobre el tema se han publicado trabajos diversos, más sin embargo son pocos los estudios hechos en zonas aledañas a bases aéreas y brindándose poca atención preventiva a la población que labora dentro de ellas.

**Objetivo:** Determinar la existencia de niveles de ruido ambiental dañino en instalaciones de trabajo no operativas de bases aéreas militares.

**Material y métodos:** Se midió el ruido ambiental en turnos laborales por 7 días, en las bases aéreas de Santa Lucía, y Zapopan, con sonómetro ambiental Extech® Mod. 407732, clase 2, normas ANSI y IEC 651 Type 2 y calibrador 407744 de 94 ó 114 dB., en áreas expuestas al ruido cercanas a la pista de aterrizaje en horas de máxima actividad aérea.

**Resultados:** Se encontró ruido dañino no satisfactorio y peligroso entre los 68 dB y 82.06 dB de nivel equivalente sonoro de ruido (LEQ), fuera de norma para ruido ambiental.

**Conclusiones:** Los niveles de ruido encontrado se salen de los parámetros aceptables de exposición al ruido ambiental en la comunidad, por tanto resulta nocivo y se debe contar con medios de protección y programas preventivos para evitar la pérdida de la audición.

**Palabras clave:** Ruido ambiental, nivel sonoro equivalente, bases aéreas, contaminación acústica.

## INTRODUCCIÓN

Las causas principales de contaminación auditiva son las relacionadas con actividades humanas tales como el transporte, actividades de la industria, construcción de edificios y obras públicas; así como las que provienen de fuentes móviles como motos, trenes, aviones y vehículos en general. La actividad humana provoca que más del 60% de la población se exponga a niveles de ruido constantes de acuerdo con lo publicado por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en el año 2009.<sup>(1)</sup>

La hipoacusia neurosensorial ocurre por la exposición crónica a ruido ocupacional peligroso y prolongado por más de 8 horas al día, es la cuarta causa de morbilidad profesional en edad económicamente activa que a largo plazo precede a la pérdida total de la audición. Los grupos vulnerables son obreros y militares, por lo que es un problema de salud pública que afecta notablemente a los trabajadores.<sup>(2)</sup>

En México la incapacidad laboral por hipoacusia inducida por ruido industrial en trabajadores del IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social), se encuentra dentro de los primeros lugares de enfermedades del trabajo, este instituto reporto entre el año 1999 a 2002, cerca de 12 743 casos de hipoacusia inducida por ruido, que inicia en la cuarta década de la vida como parte de un proceso degenerativo natural, exacerbándose por la presencia de ruido.<sup>(3)</sup>

Para llevar a cabo una evaluación correcta del ruido, se utiliza un instrumento denominado sonómetro, el cual mide la intensidad del ruido mediante filtros que captan sonidos al igual que lo hace el oído humano, determinando el nivel de presión acústica en decibelios (dB) y abarcando las frecuencias del sonido en el rango de los 10 a los 20 000 Hz. Los hay de dos clases: para medidas de campo precisas y para medidas generales.<sup>(4)</sup>

En 1999, la OMS elaboró las guías de control del ruido en la comunidad, donde se define el límite superior deseable de tolerancia al ruido en 50 dB; si la exposición es mayor a 60 dB causa un aumento en la presión arterial, dolor de cabeza, taquicardias, aumento de la respiración y del pulso; si es superior a 85 dB causa aumento de la secreción gástrica, del colesterol y aumento del riesgo cardiovascular.

El “umbral de la audición” es la cantidad mínima de sonido requerido para que este sea percibido por el oído humano, un sonido de 70 dB produce efectos psicológicos negativos en tareas que requieren concentración y atención, mientras que entre los 80 y 90 dB pueden ocasionar estrés, cansancio y alteración de sueño. Los ruidos entre 100 y 110 dB son el llamado “umbral tóxico” que causa lesiones del oído medio, los ruidos superiores a 120 dB entran en el “umbral del dolor” como ruidos insoportables con sensación de dolor en el oído y es en este nivel en donde se desarrollan las operaciones aéreas, que inclusive llegan a rebasar el ruido de los 150 dB, rango que sale de toda cuantificación establecida por la OMS.<sup>(5)</sup>

La pérdida de audición ocupacional por ruido (NIHL, por las siglas en inglés *noise induced hearing loss*) está presente entre el 7 y 21% de las pérdidas de audición en trabajadores. Los grupos ocupacionales en alto riesgo de NIHL son militares, trabajadores de la construcción, agricultura y otros con alta exposición.<sup>(6)</sup>

En nuestro país, existen dos normas oficiales mexicanas que regulan los aspectos del ruido, la NOM-011-STPS-2001 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido”, identifica el nivel máximo permisible de exposición en la jornada de trabajo mediante el nivel sonoro A (NSA) igual o superior a 80 dB (A), para evitar que ningún trabajador se exponga prolongadamente

al mismo y que en ningún caso la exposición sin equipo de protección personal auditiva sea mayor de los 105 dB (A), recomendando se implemente un programa de conservación de la audición y la NOM-081-ECOL-1994 “Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición”, describe el método de medición, los límites máximos que alteran el bienestar del ser humano y los daños que produce.<sup>(7,8)</sup>

La calidad del sonido se clasifica como sonido de muy buena calidad, de buena calidad, calidad satisfactoria, calidad no saludable y peligrosa, previo a su valoración de la diferencia el nivel sonoro equivalente de ruido día y noche, conforme a estándares y criterios ambientales para la disminución y control del ruido de la OMS. El nivel de ruido máximo en áreas residenciales, hospitales y establecimientos educativos es de 65 dB (A), la calificación de la calidad de ruido emitido hacia la comunidad está en función de los efectos que puede tener en determinado momento en dicha población por la exposición al ruido ambiental excesivo.<sup>(9,10)</sup>

La agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) identificó los niveles de ruido al aire libre que afectan la “salud y bienestar”, y fijo el rango de los 70 dB (en un periodo de 24 horas de exposición) como el nivel superior de ruido ambiental que puede ser tolerado sin presentar ninguna pérdida de audición cuantificable durante toda la vida.

El aumento de los niveles de sonido ambiental dentro de las comunidades ocasionados por ruido de tráfico, industrialización, el ahorro de trabajo por uso de maquinaria y otras fuentes de ruido, causan que el nivel de ruido en la comunidad sea peligrosamente alto, en la aviación principalmente la contaminación del aire por ruido emitido por los aviones proviene de los motores del avión. Por lo tanto, en términos de salud pública y laboral, el determinar de manera práctica los niveles de exposición al ruido y su correspondiente impacto en la salud, resulta útil para comprender la contribución relativa de este estresor ambiental dentro de áreas de trabajo no operativo del personal aeronáutico y administrativo quienes laboran en las bases aéreas militares en la Fuerza Aérea Mexicana y la población en general que se ubica alrededor de las mismas ya que actualmente se carece de información confiable sobre este tema.<sup>(11,12)</sup>

Hasta la fecha se desconoce el rango de exposición real del ruido generado en dicha población, las áreas con mayor peligro de ruido dañino y la evidencia de como contribuye el ruido ambiental generado por el tránsito en carreteras, el paso de ferrocarriles y las salidas y llegadas de aviones como factor que daña a la salud, con repercusión directa en el ser humano al estar relacionado como una forma de contaminación del aire, con alto riesgo profesional y laboral para el trabajador expuesto de manera directa y por largos periodos de tiempo en sus actividades diarias, situación que de igual manera afecta indirectamente a la población cercana que vive a inmediaciones de las bases aéreas militares.

Derivado de lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar la existencia de niveles de ruido ambiental dañino en instalaciones de trabajo no operativas en dos bases aéreas militares de la Fuerza Aérea Mexicana ubicadas en Santa Lucia, Estado de México y Zapopan, Jalisco, mediante la medición de ruido ambiental e identificar zonas de ruido con mayor exposición dentro de sus instalaciones y en áreas cercanas a las mismas, para crear un programa preventivo de protección a la audición con medidas de protección auditiva, al definir áreas seguras e inseguras en las que se afectaría la salud del trabajador, esto para lograr mejorar sus condiciones de trabajo del personal que labora en ellas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue de tipo observacional, transversal, descriptivo y con seguimiento, realizado dentro de la Base Aérea Militar No. 5 de Zapopan, Jalisco, del 3 al 30 de junio de 2019 en 20 zonas críticas de ruido y en la Base Aérea Militar No. 1 de Santa Lucía, Estado de México del 1 de julio al 25 de agosto de 2019, en 23 zonas críticas de ruido detectadas.

Las zonas seleccionadas de estudio fueron aquellas donde se desarrollan actividades de tipo administrativo, logístico, educativo, hospitalario, asistencial y de mantenimiento cercanas a la pista de aterrizaje, mismas que no están implicadas directamente en las operaciones de vuelo, por lo tanto no cuentan con medidas de amortiguamiento o protección acústica y labora personal de manera habitual.

Para ello se utilizó en la medición del ruido ambiental un sonómetro marca Extech® Modelo 407732, tipo 2, con normatividad OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) y especificaciones de la IEC (*International Electrotechnical Commission*) 61672-1, 60651/60804 Tipo 2 y ANSI (*American National Standards Institute*) S1.4 Tipo 2, con rangos de 30 a 130 dB y precisión  $\pm 1.5$  dB (ref 94dB@1KHz), con escalas de ponderación A y C, más medición SPL (nivel sonoro promedio), SPL MIN/MAX, SEL (nivel Sonoro Equivalente) y LEQ (nivel sonoro continuo equivalente).

En un croquis se identificó a la fuente emisora principal de ruido en ambas bases aéreas, señalizando en un mapa los puntos con mayor tránsito y actividad de personal así como las áreas de rodamiento, vialidades y estacionamientos para definir áreas con probable ruido ocasionado por tránsito vehicular, una vez identificadas las zonas críticas se enumeraron como ZC1, ZC2, ZC, procediendo a evaluar el nivel de intensidad del ruido ambiental en cada una de ellas para determinar zonas de medición a estudiar, mediante los procedimientos de medición establecidos en la NOM-081-ECOL-1994.

Procedimiento de medición. Se midió la intensidad de ruido ambiental en las horas de mayor actividad aérea durante una semana de lunes a domingo, diariamente en cada punto seleccionado de la base aérea, calibrando el sonómetro a 94 dB previo a la medición, sosteniéndolo posteriormente con la mano y apuntando directamente hacia la fuente emisora de ruido a una altura de 1.20 metros, tomando 35 mediciones cuando menos, con espacio de 5 segundos cada una, en un periodo de 15 minutos para determinar áreas críticas y 3 minutos para evaluar las áreas de medición, se utilizó un tripié en áreas restringidas o de difícil acceso y en presencia de viento intenso se cubrió el micrófono con una membrana protectora.

### *Procesamiento de los datos*

Una vez obtenidas mediciones de ruido ambiental se descargaron en una hoja de cálculo por cada punto medido para realizarles promedio y desviación estándar, determinándose el nivel de intensidad acústica en cada zona critica para definir áreas de medición y poder marcarlas en el mapa con caracteres alfabéticos A, B, C, D, posteriormente se realizó el mismo procedimiento de medición en cada una de las áreas previamente designadas, tomando determinaciones de ruido ambiental en un periodo de medición de 7 días en turnos laborales matutino, vespertino y nocturno en el horario de mayor actividad aérea y laboral, promediando las mediciones y calculando la desviación estándar de cada punto para

determinar el nivel LEQ (nivel sonoro continuo equivalente) que es el nivel de ruido que afecta a la población en un periodo de tiempo establecido, en cada una de las áreas de medición se calcularon los percentiles N10, N50 y N90, el nivel de contaminación sonora (NCS), índice de ruido por tránsito (IRT) y el valor de la diferencia del ruido en el nivel día-noche (LDN), como indicadores del ruido y de sus consecuencias directas que afectan a la comunidad dentro de la población estudiada.

Una vez que se calculó el valor LEQ (nivel sonoro continuo equivalente) se procedió a compararlo, verificando si el valor supero los máximos permisibles para mediciones al aire ambiente y hacer el registro correspondiente.

## RESULTADOS

Se encontraron 20 áreas críticas en la Base Aérea Militar de Zapopan, Jalisco y 23 en la Base Aérea Militar de Santa Lucía, Estado de México, de acuerdo con su nivel de intensidad del ruido ambiental registrado. (Cuadros 1 y 2), de ellas se seleccionaron 7 áreas de medición en cada base aérea (Figuras 1 y 2) midiéndose en ellas la intensidad del ruido ambiental en dB para poder calcular el nivel LEQ (nivel sonoro continuo equivalente) (Figuras 3 y 4), y el nivel sonoro promedio día (LD), nivel sonoro promedio noche (LN), y la diferencia del ruido en el nivel día-noche (LDN), (Cuadros 3 y 4) y poder determinar la calidad del ruido ambiental en la comunidad, los valores de índice de ruido de tráfico (TNI), el nivel de contaminación sonora (NCS) y los percentiles de ruido N10, N50 y N90, como los valores de ruido que afectan directamente a la población. (Cuadros 5, 6, 7 y 8) y que son predictores del daño que produce la exposición directa en sus áreas de recreación y vivienda.

**Cuadro 1. Ruido ambiental promedio en zonas críticas B.A.M. No. 5**

<i>Zona crítica</i>	<i>Denominación</i>	<i>Intensidad del ruido ambiental dB</i>	<i>Zona crítica</i>	<i>Denominación</i>	<i>Intensidad del ruido ambiental dB</i>
ZC1	C.G. V Región Militar	45.4	ZC11	C.G. 14/a. Z.M. la Mojonera, Jal.	42.9
ZC2	Hospital Militar Zona Zapopan.	51.2	ZC12	Guardia acceso norte.	36.7
ZC3	Oficina de vuelos E.M.A.	58.1	ZC13	Unidad habitacional militar zona norte.	41.9
ZC4	Hangares de la E.M.A.	38.2	ZC14	Baldío centro de la pista aterrizaje.	41.5
ZC5	Estadio de la E.M.A.	38.7	ZC15	Aulas de clases de la Escuela Militar Aviación.	39.2
ZC6	Explanada de la E.M.A.	37.3	ZC16	Área noreste B.A.M. No. 5.	41.5
ZC7	Guardia prevención de la E.M.A.	45.5	ZC17	Área noroeste B.A.M. No. 5.	46.1

*Continúa...*

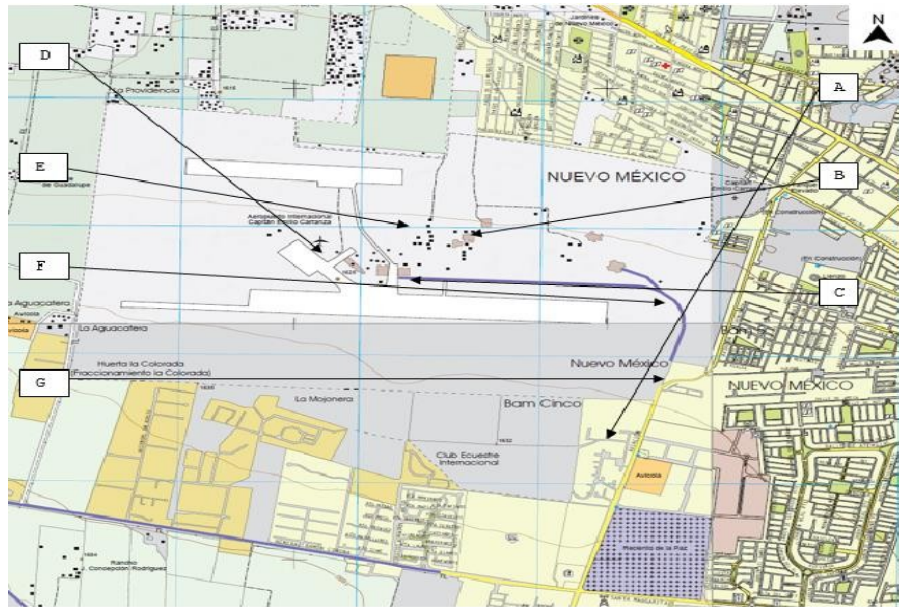
ZC8	Guardia acceso sur B.A.M. No. 5.	45.5	ZC18	Área Oeste B.A.M. No. 5.	32.0
ZC9	Comandancia Base Aérea Militar No. 5.	49.1	ZC19	Pista aterrizaje cabecera oeste B.A.M. No. 5.	42.3
ZC10	Escuela Militar de Clases de Transmisiones.	46.5	ZC20	Unidad habitacional militar zona sur	44.6

**Cuadro 2. Ruido ambiental promedio en zonas críticas B.A.M. No. 1**

<i>Zona crítica</i>	<i>Denominación</i>	<i>Intensidad del ruido ambiental dB</i>	<i>Zona crítica</i>	<i>Denominación</i>	<i>Intensidad del ruido ambiental dB</i>
ZC1	Guardia principal Base Aérea No. 1.	46.6	ZC13	Cabecera sur de la pista de aterrizaje.	48.9
ZC2	Plaza Sedena.	51.3	ZC14	Complejo Logístico del Ejército.	37.8
ZC3	Hospital Militar Zona, Santa Lucía, Edo. Mex.	48.1	ZC15	2/a. Brigada de Policía Militar.	41.8
ZC4	C.G. de la 37/a. Zona Militar.	40.7	ZC16	Zona sur del campo militar.	46.6
ZC5	Centro Entrenamiento Esp. de la Fuerza Aérea.	41.5	ZC17	Edificio de Medicina de Aviación.	47.1
ZC6	Esc. Mil. Tropas Esp. de la Fuerza Aérea.	52.9	ZC18	Ex Hacienda de Santa Lucía.	53.2
ZC7	C.G. Base Aérea No. 1.	44.5	ZC19	Escuela Militar de Materiales de Guerra.	44.6
ZC8	Hangares de ala rotativa.	58.5	ZC20	Zona este (colindancia con el IMSS).	38.9
ZC9	Hangares de ala fija.	51.4	ZC21	Unidad Habitacional Militar.	42.7
ZC10	Acceso norte puerta No. 9.	46.8	ZC22	Centro de desarrollo infantil.	44.2
ZC11	3/er. Batallón de Ingenieros de Combate.	45.6	ZC23	Área central del campo militar.	31.7
ZC12	Cabecera norte de la pista de aterrizaje.	49.4			



**Figura 1** Mapa de zonas de medición en la base aérea No. 5, Zapopan, Jalisco



\* A, B, C, D, E, F, G=Zonas de medición. Fuente: Carta EE. UU. MM. Esc. 1:20,000, Hojas F13D55e, F13D55f, F13D65b, F13D65c, INEGI 2007-2015.

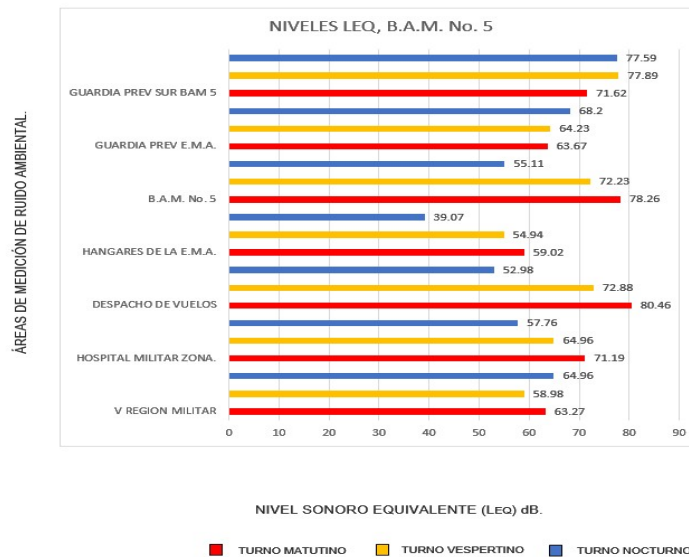
**Figura 2.** Mapa de zonas de medición B.A.M. No. 1, Santa Lucía, Estado de México



\* A, B, C, D, E, F, G=Zonas de medición. Fuente: Carta EE.UU.MM. Esc. 1:15,000, hojas 14 q-h (70), 14 q-h (71), 14 q-h (90), 14 q-h (91), Secretaría de la Defensa Nacional, Dirección General. Cartografía Ed. 2003.

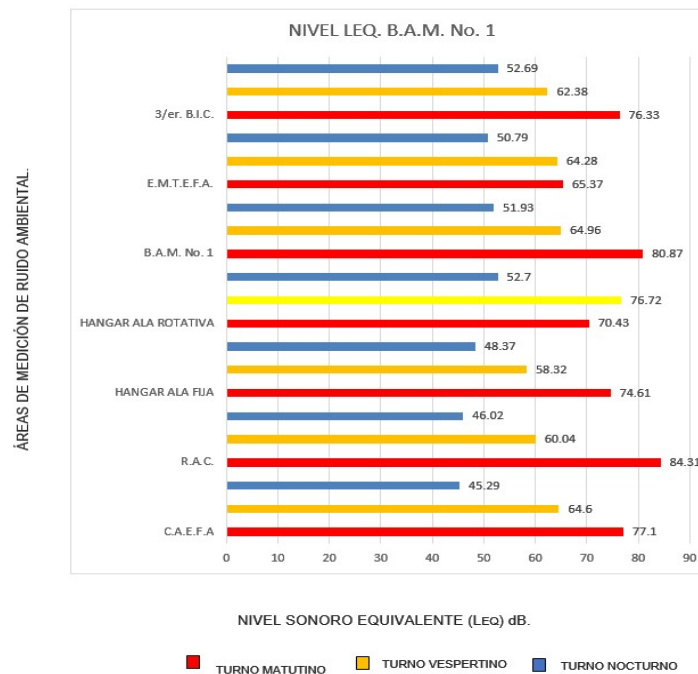


**Figura 3. Nivel sonoro equivalente (LEQ), B.A.M. No 5, Zapopan, Jalisco**



Promedio de nivel sonoro equivalente obtenidos en cada una de las zonas de medición durante una semana en 3 turnos laborales, que en gran parte rebasan los límites establecidos por las normas nacionales e internacionales de ruido ambiental. Fuente: Directa.

**Figura 4. Nivel sonoro equivalente (LEQ), B.A.M. No 1, Santa Lucía, Estado de México**



Promedio de nivel sonoro equivalente obtenidos en cada una de las zonas de medición durante una semana en 3 turnos laborales, que en gran parte rebasan los límites establecidos por las normas nacionales e internacionales de ruido ambiental. Fuente: Directa.

**Cuadro 3. Características del ruido base aérea No. 5, Zapopan, Jalisco**

Área	Lugar	LEQ	Promedio	LD	LN	LDN
A	V Región Militar.	Mañana 63.27 Tarde 58.98 Noche 64.96	40.30	65.57+	63.52	70.28+
B	Hospital Militar Zona Zapopan	Mañana 71.19+ Tarde 64.96 Noche 57.76	41.10	73.20+	68.15+	69.88+
C	Despacho de vuelos.	Mañana 80.46+ Tarde 72.88+ Noche 52.98	43.40	80.86+	76.99+	77.99+
D	Hangares de la E.M.A.	Mañana 59.02 Tarde 54.94 Noche 39.07	32.70	61.57	56.03	68.97+
E	B.A.M. No. 5.	Mañana 78.26+ Tarde 72.23+ Noche 55.11	43.90	79.95+	75.01+	76.08+
F	Guardia prevención E.M.A.	Mañana 63.67 Tarde 64.23 Noche 68.20+	41.90	70.28+	66.18+	73.96+
G	Guardia prevención sur B.A.M. No.5.	Mañana 71.62+ Tarde 77.89+ Noche 77.59+	48.50	72.37+	74.96+	82.91+

**Cuadro 4. Cuadro de características del ruido B.A.M. No.1, Santa Lucía, Mex.**

Área	Lugar	LEQ	Promedio	LD	LN	LDN
A	C.A.E.F.A.	Mañana 77.10+ Tarde 64.60 Noche 45.29	39.90	76.10+	73.99+	74.97+
B	R.A.C.	Mañana 84.31+ Tarde 60.04 Noche 46.02	40.60	82.06+	80.99+	81.96+
C	Hangar ala fija.	Mañana 74.61+ Tarde 58.32 Noche 48.37	38.70	72.56+	71.00+	72.02+
D	Hangar ala rotativa.	Mañana 70.43+ Tarde 76.72+ Noche 52.70	42.70	81.91+	67.05+	68.35+
E	B.A.M. No. 1.	Tarde 64.96 Mañana 80.87+ Noche 51.93	42.20	78.56+	76.99+	77.99+
F	E.M.T.E.F.A.	Mañana 65.37+ Tarde 64.28 Noche 50.79	38.50	70.56+	62.12	63.71
G	3/er. B.I.C.	Mañana 76.33+ Tarde 62.38 Noche 52.69	40.90	74.88+	73.00+	74.06+

**Cuadro 5. Calidad del ruido en la B.A.M. No. 5, Zapopan, Jalisco**

Área	Lugar	Exposición al ruido en el día		Exposición al ruido en la noche	
		LD	Calificación del ruido	LN	Calificación del ruido
A	V Región Militar.	65.57	Satisfactorio.	63.52	Satisfactorio.
B	Hospital Militar Zona Zapopan.	73.2	Satisfactorio.	68.15+	No satisfactorio.
C	Despacho de vuelos.	80.86+	No satisfactorio.	76.99+	Peligroso.
D	Hangares de la E.M.A.	61.57	Satisfactorio.	56.03	Satisfactorio.
E	B.A.M. No. 5.	79.95+	No satisfactorio.	75.01+	Peligroso.
F	Guardia prevención. E.M.A.	70.28	Satisfactorio.	66.18+	No satisfactorio.
G	Guardia. prevención Sur B.A.M. No 5.	72.37	Satisfactorio.	74.96+	No satisfactorio.

+ = Valor elevado de calidad del ruido. Fuente: Directa

**Cuadro 6. Descriptores del ruido (DB), base aérea militar No. 5, Zapopan, Jalisco**

No.	Áreas Medición.	Mañana					Tarde					Noche				
		NCS	TNI	N10	N50	N90	NCS	TNI	N10	N50	N90	NCS	TNI	N10	N50	N90
A	Cuartel General de la V Región Militar.	29.1	36.9	34.8	40.5	48.7	31.3	20.6	34.9	38.9	43.4	32.3	26.7	36.6	41.6	47.7
B	Hospital Militar Zona Zapopan.	32.8	35.8	39.2	45.6	54.2	35.0	14.0	38.0	41.6	45.3	28.6	22.3	32.1	36.0	40.3
C	Zona de despacho de vuelos.	40.3	25.9	45.2	49.7	58.8	34.9	44.9	37.3	46.7	54.7	22.9	41.1	28.3	33.9	41.5
D	Hangares de la Esc. Mil. Avn.	27.1	48.0	30.7	37.8	36.7	25.4	35.1	29.8	35.2	41.4	19.4	26.5	22.0	25.0	28.2
E	Comandancia de B.A.M. No. 5.	37.3	38.7	42.6	50.1	59.7	34.0	42.4	38.5	46.3	55.5	28.0	25.4	30.8	35.3	39.5
F	Gdia. Prev. Esc. Mil. Avn.	30.6	30.0	35.6	40.8	47.4	31.3	28.0	36.2	41.1	47.6	34.5	21.9	39.4	43.7	49.8
G	Gdia. acceso sur B.A.M. No. 5.	35.5	27.7	40.1	45.9	52.7	40.5	19.4	44.5	49.9	55.7	38.0	28.3	43.7	49.7	57.7

+ dB= Decibeles. Fuente: Directa

**Cuadro 7 Calidad del ruido en la B.A.M. No. 1, Santa Lucía, Estado de México**

Área	Lugar	Exposición al ruido en el día		Exposición al ruido por la noche	
		$L_d$	Calificación del ruido	$L_N$	Calificación del ruido
A	C.A.E.F.A.	76.10+	No satisfactorio.	73.99+	No satisfactorio.
B	R.A.C.	82.06+	No satisfactorio.	80.99+	Peligroso.
C	Hangar ala fija.	72.56	Satisfactorio.	71.00+	No satisfactorio.
D	Hangar ala rotativa.	81.91+	No satisfactorio.	67.05+	No satisfactorio.
E	B.A.M. No. 1.	78.56+	No satisfactorio.	76.99+	Peligroso.
F	E.M.T.E.F.A.	70.56	Satisfactorio.	62.12	Satisfactorio.
G	3/er. B.I.C.	74.88	Satisfactorio.	73.00+	No satisfactorio

+= Valor elevado de calidad del ruido.Fuente: Directa.

**Cuadro 8.Descriptores Del Ruido (dB), B.A.M., No. 1. Santa Lucía, Estado de México**

No.	Áreas Medición.	Mañana					Tarde					Noche				
		NCS	TNI	N10	N50	N90	NCS	TNI	N10	N50	N90	NCS	TNI	N10	N50	N90
A	C.A.E.F.A.	39.2	24.3	43.3	49.4	55.8	31.9	28.4	36.0	41.4	47.5	22.3	28.2	25.3	29.0	33.1
B	R.A.C.	42.5	23.7	47.8	54.0	61.6	29.0	33.0	32.5	38.5	44.3	23.5	23.7	26.2	29.5	32.9
C	Hangar ala fija.	36.5	38.0	39.6	47.8	55.5	27.8	32.6	32.1	37.4	43.6	24.6	27.3	26.7	31.0	34.7
D	Hangar ala rotativa.	31.7	67.0	33.8	45.1	57.4	37.5	37.5	41.1	49.1	57.3	27.0	22.5	30.3	33.8	37.9
E	B.A.M. No. 1.	42.5	18.6	46.5	51.8	58.2	28.8	55.4	32.7	41.6	52.0	26.5	24.9	29.2	33.3	37.3
F	E.M.T.E.F.A.	32.0	29.9	36.1	41.9	48.1	29.1	46.9	33.0	41.2	49.7	26.3	22.7	28.9	32.5	36.1
G	3/er. B.I.C.	38.7	23.8	43.4	48.9	55.8	9.5	34.9	33.8	40.0	46.6	27.5	22.9	29.6	33.7	37.2

+ dB= Decibeles. Fuente: Directa

Se verifico la precisión en la medición de los datos obtenidos en diferentes momentos y lugares dentro del estudio, obteniéndose en la B.A.M. No. 5, Zapopan, Jalisco, valores de desviación estándar de la media de LEQ (nivel sonoro continuo equivalente) en la mañana de  $44.34 \text{ dB} \pm 4.7678$ , en la tarde de  $42.81 \text{ dB} \pm 5.0881$  y la noche de  $37.89 \text{ dB} \pm 7.9401$ , coeficiente de varianza de 0.09222017 en la mañana, 0.06306443 por la tarde y 0.10751055 en la noche, así como valores de error estándar en la mañana, tarde y noche de 1.8020, 1.9231 y 3.0011 respectivamente para los valores medidos.

En tanto para la B.A.M. No. 1, Santa Lucía, Estado de México, se obtuvieron valores de desviación estándar de la media de LEQ (nivel sonoro continuo equivalente), en la mañana de  $48.40 \text{ dB} \pm 4.0388$ , tarde  $41.29 \text{ dB} \pm 3.8083$  y noche de  $31.82 \text{ dB} \pm 2.0069$ , valores de coeficiente de varianza de 0.083435 en la mañana, 0.09222017 por la tarde y 0.06306443 en la noche; error estándar en la mañana, tarde y noche de 1.5265, 1.4394 y 0.7585, respectivamente para los valores medidos.

En las mediciones de cada punto dentro en el periodo de estudio, se aprecia que las diferencias entre valores son muy pequeñas, cerradas entre sí y son comparables, indicando que la precisión con la que se obtuvieron los datos corresponde al método de evaluación propuesto para el mismo, que fue correcto,

preciso y simple al ser uniforme en las áreas registradas y evaluadas en todos los horarios empleados en el estudio.

Para determinar si existía diferencia entre los datos registrados en cada área observada, se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) de factor único, con distribución F de Fisher, en los descriptores del ruido N10 y N90 por ser los que tienen menos variación en los rangos de medición, encontrándose en la B.A.M. No. 5, qué para el nivel N10, el valor F de Fisher de 1.49027781 con 2 grados de libertad y un valor crítico F de 3.554557146 y valor estadístico F obtenido de 0.251825484 y para el nivel N90, el valor F de Fisher de 1.884771205 con 2 grados de libertad, un valor crítico F de 3.554557146 y con un valor estadístico F obtenido de 0.180637886. Lo que indica que los valores de sonido ambiental obtenidos en las diferentes áreas guardan similitud entre sí respecto del método de medición utilizado, al no ser diferentes entre ellos, independientemente de la hora, día o lugar de la obtención de los datos.

Para la B.A.M. No. 1, para el nivel N10, el valor F de Fisher de 23.1179221 con 2 grados de libertad, valor crítico F de 3.554557146 y valor estadístico F obtenido de 1.06526 y para el nivel N90, el valor F de Fisher de 51.3978947 con 2 grados de libertad, un valor crítico F de 3.554557146 y valor estadístico F obtenido de 3.62232. Observando que los valores de sonido ambiental obtenidos guardan gran similitud entre sí conforme al método de registro, ya que aun cuando rebasan el límite crítico de F, también rebasan el valor estadístico establecido de  $p < 0.05$ , por lo que no hay diferencias en la obtención de datos entre los grupos estudiados.

Los resultados del análisis de varianza de factor único (ANOVA) de los descriptores de ruido N10 y N90 en las diferentes áreas de estudio, no fueron lo suficientemente amplios como para ser estadísticamente significativos, por no encontrarse diferencias entre el método empleado de medición en cada área en diferentes días y horarios del estudio, pues los descriptores analizados superan el valor estadístico establecido de  $p < 0.05$ , traduciendo que el método empleado de medición es uniforme y sin diferencias entre las áreas estudiadas en el estudio realizado en ambas bases aéreas.

Se concluye que en los diferentes valores obtenidos en las áreas de estudio no existe diferencia entre el método empleado en la obtención del ruido ambiental y los grupos examinados ya que los datos medidos por el sonómetro son similares y consistentes con la fuente generadora de ruido en los diferentes periodos respecto de la técnica utilizada, ya que no fueron afectados por la presencia de factores externos, siendo los resultados de estos cálculos confiables para calcular el nivel de LEQ (nivel sonoro continuo equivalente) que afecta a la población, motivo del presente estudio.

## DISCUSIÓN

El nivel LEQ (nivel sonoro continuo equivalente) obtenido en turnos laborales dentro del periodo semanal de estudio en cada zona de medición, en su mayoría rebasa el límite establecido por las normas nacionales e internacionales de ruido ambiental de la OMS, siendo intermitente, acumulativo y dañino para la población y los trabajadores de la base aérea, aun en áreas ajenas a las operaciones de vuelo, que puede conducir a generar pérdidas auditivas en la población expuesta de manera crónica provocando probables efectos perjudiciales a la salud a mediano y largo plazo. Siendo identificadas como las áreas más expuestas al ruido ambiental dañino las instalaciones próximas a la pista de aterrizaje con constante exposición al ruido.

En dichas áreas se encontraron niveles elevados de ruido tanto en áreas administrativas, de recreación y deportivas que comparados con estudios de evaluación para determinar el nivel de daño auditivo inducido por ruido (NIPTS), establecido por la OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) en el rango de 70 dB en base a los estudios de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA); adoptadas a nivel mundial por la OMS dentro de las guías de control de ruido en la comunidad de 1999 y en la revisión que determina el riesgo de pérdida de audición asociada a ruido recreacional y ambiental de 2017, se observa en base a lo anterior que algunas áreas superan esta recomendación, inclusive en sitios hospitalarios y de educación encontrándose niveles de hasta de 73.2 dB de exposición con riesgo para la población, particularmente la infantil a la que puede inducir a una hipoacusia temprana, afectando a la población escolar de planteles ubicados en los alrededores y a los habitantes de áreas habitacionales, ya que todos ellos deben tener una mejor calidad de sonido ambiental menor de 60 dB de exposición de manera diaria.

La calidad del ruido para la población en base al promedio de diferencia del ruido en el nivel día-noche (LDN), indica que en el día la mayoría de los puntos revisados se cuenta con niveles satisfactorios de ruido en las áreas administrativas, mantenimiento, educativas y hospitalarias en ambas bases aéreas estudiadas pero muy cerca de cambiar su nivel a no satisfactorio principalmente por la noche.

Se encontró que dicha calidad no fue la adecuada puesto que llega en ocasiones a valores no aceptables en algunas zonas y que pueden repercutir en el desempeño de actividades escolares y administrativas al generar niveles de distracción o estrés ya que hubo pocos lugares con niveles aceptable de ruido como fueron algunas áreas de mantenimiento más alejadas de la pista de aterrizaje en la base aérea No. 5, principalmente en los turnos matutino y vespertino presentando niveles satisfactorios, pero convirtiéndose en no satisfactorios por ser afectadas por la relación día-noche al realizarse operaciones de vuelo nocturnas.

En general la calidad del ruido obtenida en algunas zonas evaluadas tuvo características no satisfactoria y en algunos lugares inclusive fue peligrosa en determinado momento, principalmente las más cercanas a la pista de aterrizaje como área de despacho de vuelos o hangares de ala fija o rotativa, lo que puede interferir con las tareas habituales y puede provocar molestias asociadas al ruido, mayormente en los niveles encontrados en la noche que deberían de ser menores para favorecer el descanso y relajación, lo cual no fue así al encontrarse valores elevados de ruido en ese horario.

La aviación como medio de transporte, comparado con otros medios, genera niveles de ruido similares a los encontrados dentro de estudios como el del metro de Teherán, Irán, donde el ruido es constante y maneja un nivel promedio LEQ (nivel sonoro continuo equivalente) de hasta de 82.1 dB. El nivel encontrado en el estudio del índice de ruido de tráfico (TNI) dentro de las áreas analizadas en las bases aéreas, el cual se emite hacia la población está cerca de las medidas residenciales con niveles de 30 a 60 dB, en comparación con estudios de vialidades de grandes ciudades donde es muy elevado con rangos hasta de 121 dB, como en los estudios llevados a cabo en Puerto Harcourt, Nigeria y el estudio realizado sobre el ruido por tráfico vehicular en la Ciudad de México, por la Universidad Autónoma Metropolitana en 2011 donde se encontró en horas de tráfico intenso niveles superiores a 75 dB en vialidades primarias, incluyendo las que están cerca del aeropuerto internacional de la Ciudad de México.



## CONCLUSIONES

Se concluye que los efectos del ruido dañino detectado son de carácter acumulativo que pueden producir trastornos físicos o psicológicos, ocasionando probable daño a la audición por rebasar el nivel del umbral del daño permanente inducido por ruido (NISPT), establecido en 70 dB para ruido ambiental y que pueden provocar pérdida auditiva asociada a la actividad laboral (NIHL), al acercarse al valor crítico de 90 dB estipulado en la norma oficial mexicana NOM-011-STPS-2001 para un turno laboral de 8 horas aun contando con equipo de protección auditiva.

Se encontraron lugares con gran exposición al ruido ambiental en áreas exteriores y los alrededores de hangares, centros de trabajo y de mantenimiento, pero también en instalaciones ajenas a la aviación como son las áreas de acceso y periferia de hospitales, guarderías, cuarteles, áreas de adiestramiento, áreas educativas y recreativas cercanas a la fuente principal emisora de ruido, demostrándose niveles dañinos de ruido para la población y los trabajadores.

Es recomendable que se realice un estudio donde se hagan mediciones en el interior de áreas críticas de hospitales, centros escolares y guarderías en la hora de mayor afluencia de población comparándose con mediciones en los alrededores y exteriores, para que con base en los resultados se implementen medidas de ingeniería ambiental y mitigación del ruido en cada una de ellas mediante la colocación de barreras acústicas, vidrios con doble protección para aislar el ruido, material de construcción sonoamortiguado e inclusive de ser necesario poder proponer la reubicación de la instalación afectada, también se recomienda que se estudie a las áreas habitacionales para determinar si es recomendable que se encuentren cercanas en el perímetro de las bases aéreas como lo están actualmente.

Las instalaciones militares deben garantizar a quien trabaja en ellas las mejores condiciones de seguridad e higiene laboral dentro de un ambiente peligroso como es la aviación, para disminuir la exposición al ruido dañino, que como bien sabemos es uno de los estímulos laborales más nocivos y que produce bajas laborales e incapacidad por hipoacusia.

Las áreas seguras de baja exposición al ruido detectadas deben ser consideradas para asignar personal o instalaciones en ellas de manera preventiva, verificar la cultura de la protección auditiva y su vigilancia que disminuya los efectos del ruido, realizar investigación para mejorar los equipos de protección eficientes para las personas que se encuentran en lugares cercanas a los aeropuertos.

Por último, el presente estudio, nos obliga a revisar y actualizar el programa de prevención del ruido existente, con medidas profilácticas, de supervisión, control y tratamiento, mediante un seguimiento y valoración médica continua con toma de audiometrías, que permitan dar un correcto seguimiento del estado de salud a la totalidad de los trabajadores expuestos al ruido de manera crónica y no solo a personal de pilotos y técnicos, como actualmente lo establecen las normas de laborales en la aviación, no debiendo pasar por alto que dentro de las bases aéreas también trabaja personal administrativo, de cocineros, seguridad, médicos, de la salud, ingenieros y docentes entre otros, a los cuales no se les realiza esta clase de estudios, para de esta manera lograr una prevención integral a la comunidad que labora diariamente en las bases aéreas.

## FINANCIACIÓN

No se recibió patrocinio de ningún tipo para llevar a cabo este artículo.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

1. **Barrera Aristizábal SE.** El ruido aeronáutico: realidad que enfrenta el Aeropuerto Internacional el Dorado y sus comunidades aledañas. Colombia: Universidad Militar de Nueva Granada.; 2014. Available from: <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11805>
2. **Gómez Martínez M, Jaramillo García J J, Luna Ceballos Y, Martínez Valencia A, Velásquez Zapata M A, Vásquez T E.** Ruido Industrial: Efectos en la salud de los trabajadores expuestos. CES Salud Pública. 2012;3(2):174–3. doi: <https://doi.org/10.21615/2146>
3. **Loera-González, M A, Salinas-Tovar S, Aguilar-Madrid G, Borja-Aburto V H.** Hipoacusia por trauma acústico crónico en trabajadores afiliados al IMSS, 1992-2002 Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social,. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social. 2006;44(6):497–504.
4. **Lie A, Skogstad M, Johannessen HA, Tynes T, Mehlum IS, Nordby K-C, et al.** Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. Int Arch Occup Environ Health. 2016;89(3):351–72. doi: <https://doi.org/10.1007/s00420-015-1083-5>
5. **Berglund B, Lindvall T, Schwela DH,** World Health Organization Occupational and Environmental Health. Guidelines for community noise. United Kingdom: World Health Organization; 1999. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>
6. **Basner M, Brink M, Bristow A, de Kluizenaar Y, Finegold L, Hong J, et al.** ICBEN review of research on the biological effects of noise 2011-2014. Noise Health. 2015;17(75):57–82. doi: <https://doi.org/10.4103/1463-1741.153373>
7. **Diario Oficial de la Federación.** Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001 2002.
8. **Diario Oficial de la Federación.** Límites máximos permisibles de emisión de ruido de fuentes fijas y su método de medición. Norma Oficial Mexicana NOM-081-ECOL-1994 2003.
9. **Anomohanran O.** Evaluation of environmental noise pollution in abuja, the capital city of Nigeria. International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences. 2013;14:470–6.
10. **Anomohanran O, Iwegbue C M, Oghenerhoro O, Egbai J C.** Investigation of Environmental Noise Pollution Level of Abraka in Delta State, Nigeria. Trends in Applied Sciences Research. 2008;3(4):292–7. doi: <http://dx.doi.org/10.3923/tasr.2008.292.297>
11. **Moudon AV.** Real Noise from the Urban Environment. American Journal of Preventive Medicine. 2009;37(2):167.
12. **Stansfeld SA.** Noise Effects on Health in the Context of Air Pollution Exposure. Int J Environ Res Public Health. 2015;12(10):12735–60. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph121012735>