

Percepción y efectos del ruido de tráfico en el distrito de Miraflores, Perú

Perception and effects of traffic noise in Miraflores District, Perú

Letisa Saavedra Ramírez¹, Celso Llimpe Quintanilla²

Recibido: 18/03/2021 - Aprobado: 10/12/2021 – Publicado: 30/06/2022

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar la percepción y los efectos del ruido en una comunidad específica, para lo cual utilizamos encuestas estructuradas sobre ruido y mediciones de niveles de presión sonora. El tráfico vehicular fue la principal fuente de ruido y de molestia, seguido por las obras de construcción. La perturbación del sueño fue el efecto más negativo causado por el ruido. A través del Índice de Ruido de Tráfico, se determinó que el 100% del área evaluada está por encima de los límites prohibitivos de ruido.

Palabras claves: encuestas sobre ruido; contaminación sonora; efectos del ruido.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the perception and effects of noise in a specific community, for which we used structured noise surveys and measurements of sound pressure levels. Road traffic was the main source of noise and annoyance, followed by building activities. Sleep disturbance was the most negative effect caused by noise. Through the Traffic Noise Index, it was determined that 100% of the evaluated area is above the prohibitive noise limits.

Keywords: noise surveys; noise pollution; noise effects.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado, Maestría en ciencias ambientales. Lima, Perú.

E-mail: letissaavedra@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4680-8091>

2 Pontificia Universidad Católica del Perú, Sección Física, Departamento de Ciencias, Laboratorio de Acústica. Lima, Perú.

E-mail: cllimpe@pucp.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9039-5234>

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene por objetivo, evaluar la respuesta de la población del distrito de Miraflores frente al ruido, para este fin utilizamos encuestas de percepción de ruido y mediciones de niveles de presión sonora.

La contaminación sonora es un componente de la contaminación atmosférica, cuyo incremento es acelerado debido al auge industrial y económico de los países desarrollados y principalmente de aquellos que están en vías de desarrollo (World Health Organization. Regional Office for Europe, 2011); (Herrera, 2002).

Los estudios acústicos sobre percepción subjetiva del ruido no son nuevos en el mundo (Piccolo et al., 2005), por la importancia que tienen este tipo de trabajos para los planes y medidas de lucha contra el ruido en las zonas urbanas (Practitioner Handbook for local noise action plans [SILENCE], 2008), (LIFE PROGRAMME, 2005) estos deben ser parte del planeamiento territorial sobre contaminación (Ricardo Ramírez, 2004).

La Organización Internacional de Estandarización recomienda métodos y procedimientos para diseñar este tipo de encuestas International Standardization Organization ISO 15666 (2003). Es de conocimiento general, que los efectos del ruido producen alteraciones psicológicas, pero también es importante mencionar, que pueden ocasionar enfermedades, muerte y pérdidas económicas (World Health Organization. Regional Office for Europe, 2011).

Investigar sobre la percepción y los efectos de la contaminación sonora en el distrito de Miraflores nos permitió entender cómo reaccionan los individuos de forma muy particular a un mismo evento sonoro, confirmando que no todos escuchamos y percibimos de manera similar.

Las encuestas estaban compuestas de varias preguntas, con opciones de respuestas cerradas, de cinco escalas verbales. Determinamos que la principal fuente de ruido es el tráfico vehicular y que la principal fuente de molestia es el ruido generado por el tráfico vehicular.

Los resultados de los indicadores de ruido medidos también han permitido cuantificar y establecer que el tráfico es la fuente más ruidosa. Los cálculos de la combinación de los percentiles sonoros (L_{90} y L_{10}), a través del Índice de Ruido de Tráfico (TNI), permitió determinar que el 100% del área evaluada está por encima de los límites prohibitivos de ruido

1.1 Indicadores para mediciones de ruido

Existen muchos indicadores para medir ruido, aquí describimos brevemente aquellos que hemos utilizado (International Standardization Organization, 2017).

Filtros de ponderación en frecuencia. Estos filtros no son indicadores, pero son importantes en la instrumentación utilizada. Las ponderaciones son filtros electrónicos que ajustan el modo de medición de sonido (ponderan), las más conocidas son A, C y Z, utilizados en el sonómetro para medir los niveles sonoros que representen

aproximadamente lo que oímos en un ancho de banda entre 20 Hz y 20 KHz.

Nivel de presión sonora equivalente (L_{eq}). El nivel de presión sonora equivalente L_{eq} , se define como el nivel de presión sonora constante, que, en un periodo de tiempo determinado, tiene la misma energía total que el ruido real fluctuante. L_{eq} es la integración de la suma energética expresada como:

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P^2(t)}{P_0} dt \quad (1)$$

Donde: P es la presión sonora medida en tiempo real y P_0 es la presión de sonido de referencia que equivale a 20 μPa (micro Pascales).

Nivel de presión sonora continuo equivalente ($L_{Aeq,T}$). Es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, expresada en decibeles (dB), determinado sobre un intervalo temporal de T segundos, definido en la norma (International Standardization Organization, 2017). En estos casos se debe considerar:

Si $T = d$, entonces $L_{Aeq,d}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período día, desde las 07:00 h hasta las 19:00 h (12 horas);

Si $T = e$, entonces $L_{Aeq,e}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período tarde desde las 19:00 h hasta las 23:00 h (4 horas);

Si $T = n$, entonces $L_{Aeq,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, determinado en el período noche, desde las 23:00 h hasta las 07:00 h (8 horas).

Para efectos prácticos utilizaremos los términos simplificados L_d , L_{ec} y L_n . Por otro lado, el indicador que permite cuantificar el promedio energético del ruido medido en los tres periodos horarios es el índice de ruido día-tarde-noche (L_{den}) asociado a la molestia global, se calcula con la siguiente formula:

$$L_{den} = 10 \log_{10} \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{ec}+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \text{ [dB]} \quad (2)$$

Niveles percentiles de ruido (L_{10} y L_{90}). El ruido de tráfico es dependiente del tiempo, su función de distribución se realiza analizando los datos de nivel de ruido con métodos estadísticos, todos son ponderados con el filtro A, en nuestro caso hemos utilizado los siguientes percentiles:

Percentil L_{10} : Es el nivel sonoro que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de medición. Indica los niveles máximos o el nivel de ruido intrusivo (dB).

Percentil L_{90} : Es el nivel sonoro que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de medición. En casos prácticos indica el nivel de sonido de fondo (dB)

Nivel máximo y mínimo de presión sonora (L_{Fmax} y L_{Fmin}). Representan el valor máximo y mínimo del nivel de presión sonora registrado durante un periodo de medida,

son ponderados en frecuencia con el filtro A y en el tiempo con el tiempo F (Fast) se expresa en decibeles (dB).

Nivel de contaminación por ruido (L_{NP}) El índice L_{NP} se desarrolló para estimar la insatisfacción provocada por el ruido del tráfico rodado, por lo tanto, es una forma objetiva de evaluación del ruido. El término $(L_{10} - L_{90})$ es conocido como clima de ruido. En la fórmula (3) El primer término es una medida del nivel de ruido continuo equivalente (L_{Aeq}) y el segundo representa el incremento de la molestia causado por las fluctuaciones del ruido.

$$L_{NP} = L_{Aeq} + (L_{10} - L_{90}) \text{ dB} \quad (3)$$

Índice de ruido de tráfico (TNI). Es un índice de evaluación de ruido de tráfico obtenido a partir de una combinación de niveles de ruido, que proporciona una mejor correlación con la insatisfacción, esto también es una forma objetiva de evaluación del ruido sin la intervención de encuestas.

$$TNI = 4 \cdot (L_{10} - L_{90}) + (L_{10} - 30) \text{ dB} \quad (4)$$

II. MÉTODOS

Miraflores es un distrito muy importante de la provincia de Lima, con un área de 9,2 km², debido a su ubicación y su desarrollo socioeconómico, es uno de los lugares preferidos para vivir y visitar. La distribución de los puntos de medición se hizo sobre el plano urbano de Miraflores (Municipalidad de Miraflores, 2016, p. 32), como se muestra en la Figura 1.

Una característica importante de este distrito es que no existen actividades industriales, por lo tanto, toda el área, está dentro de zonas residenciales y zonas mixtas.

2.1 Mediciones de niveles de presión sonora

Para las mediciones se utilizó un sonómetro de clase 1, con certificación de calibración internacional y se siguieron los protocolos internacionales recomendados (International Standardization Organization, 2017). Hemos medido niveles de presión sonora en diferentes franjas horarias, luego mediante una suma logarítmica hallamos los índices de ruido L_d, L_e, L_n y el índice de ruido global día-tarde-noche (L_{den}) utilizando la ecuación (2). Adicionalmente medimos los percentiles sonoros (L_{90} y L_{10}), también los máximos y mínimos del nivel sonoro (L_{Fmax} y L_{Fmin}).

2.2 Determinación del tamaño de la población encuestada

Las encuestas fueron elaboradas de acuerdo con las recomendaciones de la Organización Internacional de Estandarización (International Standardization Organization, 2003). La estructura de las preguntas permitió obtener datos sociológicos, percepción de la capacidad auditiva, percepción de molestia, fuentes de ruido y efectos del ruido. Para la determinación del número de muestras (n) se aplicó la siguiente fórmula (Herbert Arkin & Raymond R. Colton, 1970):

$$n = \frac{4NPQ}{\delta^2(N-1) + 4PQ} \quad (5)$$

Donde: n tamaño de la población en estudio, N es el tamaño de la muestra, P porcentaje con el que se verifica el fenómeno en estudio, Q porcentaje complementario y δ error absoluto máximo.

Considerando el tamaño de la muestra $N = 99\ 337$ (población de Miraflores), margen de error $\delta = 5\%$, grado de confianza del 95% y la variancia poblacional $P = Q = 50\%$. El tamaño de la población de estudio resultante fue

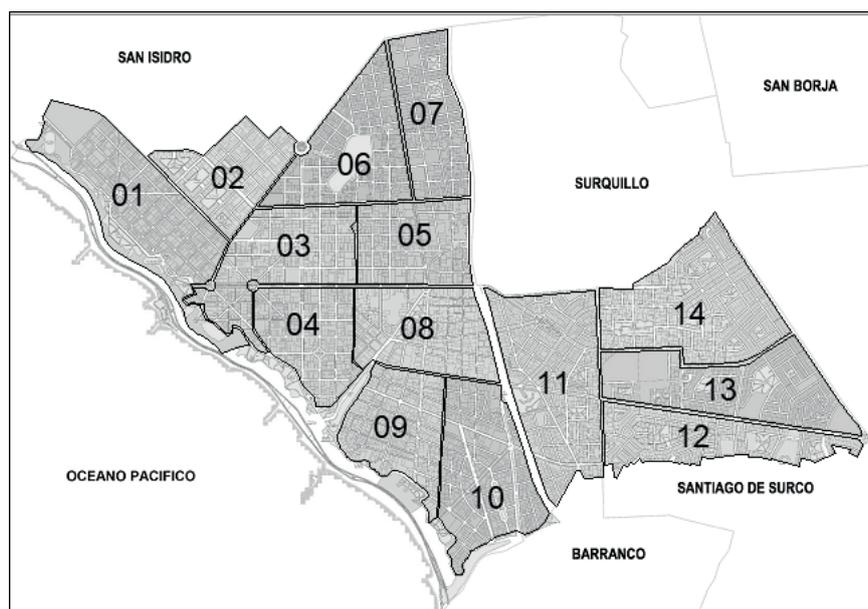


Figura 1. Plano urbano distrital de Miraflores distribuido por zonas (Municipalidad de Miraflores, 2016, p. 32)

$n = 398$. Se descartaron 58 encuestas porque no habían sido respondidas adecuadamente, estas pérdidas no influyeron en la calidad ni la representatividad de los resultados.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados de los niveles sonoros y de las encuestas aplicadas son expuestos y discutidos en esta parte. A partir de los niveles sonoros medidos también determinamos el índice de contaminación por ruido (L_{NP}) y el índice de ruido de tráfico (TNI).

3.1 Resultados de las mediciones sonoras

En la Tabla 1, desde la segunda hasta la cuarta columna, podemos observar los índices de ruido L_d , L_e y L_n . En la quinta columna tenemos los índices globales de ruido promedio energético, conocido como índice día-tarde-noche (L_{den}), que es el ruido acumulado durante las 24 horas.

De acuerdo con la zonificación, Miraflores está dentro de una zonas residenciales y zonas mixtas, entendiéndose que la mayor parte son zonas residenciales, que comparten el espacio con áreas comerciales. La ordenanza Municipal de Miraflores N° 364:2008, ordena que en las zonas residenciales y mixtas no se debe superar los 60 dBA durante día y los 50 dBA durante la noche.

Por simple inspección de la Tabla 1, se observa que casi en todas las zonas se superaron los niveles de ruido normados, excepto en la Zona 13 en el periodo tarde, que está por debajo de los 60 dBA, y la Zona 06 y Zona 13 en el periodo noche, que están por debajo de los 50 dBA exigidos por la Ordenanza. En muchos casos el nivel de ruido supera en más de 10 dBA las exigencias de la Ordenanza. Desde el punto de vista de la percepción, 10 dBA significa que las personas perciben más del doble de ruido de lo normal, además de acuerdo con las investigaciones llevadas a

cabo por la World Health Organization. Regional Office for Europe (2011), que demuestran que el ruido de tráfico es dañino a partir de los 65 dBA. Se determina entonces, que Miraflores tiene un ambiente acústico peligroso y complicado.

En la Tabla 2, tenemos el máximo (L_{Fmax}) y mínimo (L_{Fmin}) del nivel de presión sonora medidos en los tres periodos horarios. Si bien es cierto que estos no están normados en nuestro país, sin embargo, nos dan una idea objetiva de los eventos sonoros aleatorios, es decir aquí se cuantifican principalmente los bocinazos (L_{Fmax}), el sonido emitido por las ambulancias y otros elementos de emergencia. Por otro lado, L_{Fmin} cuantifica el valor mínimo de la fluctuación del sonido. Considerando que el sonido de un claxon debe tener un mínimo de 105 dBA, medidos a una distancia de 7 metros, se puede decir que, en todas las zonas, hay cierto respeto por parte de los conductores al no uso indiscriminado de este sistema de emergencia.

En la Tabla 3, tenemos los percentiles sonoros L_{90} y L_{10} , medidos para cada periodo del día, y promediados para las 24 horas. Asumiendo que el percentil L_{90} es el sonido residual, podemos evaluar la molestia a través del índice de contaminación sonora (L_{NP}) y el índice de ruido de tráfico (TNI). Además L_{90} sirve para verificar la valides de las mediciones, dado que nunca debe superar al valor medido de L_{Aeq} . Podemos ver entonces que los niveles percentiles son índices de valoración del ruido.

Para confirmar objetivamente, si el tráfico vehicular es la fuente que más contribuye a la contaminación sonora, es necesario verificar si se cumple la condición ($L_{den} - L_{90} \geq 10$ dB), que también se conoce como la corrección por sonido residual, en nuestro caso utilizamos valores promediados energéticamente por 24 horas. En la Tabla 4, tenemos los resultados que confirman que el tráfico vehicular es la principal fuente de ruido, excepto en las Zona 06 por un escaso margen y en la Zona 08 solo por 3 dBA.

Tabla 1. Promedios energéticos de los indicadores de ruido medidos para el día, la tarde, la noche y el índice global día-tarde-noche

| Ubicación | Índices de ruido [dBA] | | | |
|-----------|------------------------|-------|-------|-----------|
| | L_d | L_e | L_n | L_{den} |
| Zona 01 | 76,9 | 71,1 | 59,6 | 86,0 |
| Zona 02 | 68,3 | 59,5 | 47,8 | 76,5 |
| Zona 03 | 68,9 | 65,5 | 51,4 | 78,9 |
| Zona 04 | 72,6 | 65,7 | 54,8 | 81,3 |
| Zona 05 | 69,1 | 61,8 | 51,7 | 77,7 |
| Zona 06 | 68,8 | 62,3 | 45,9 | 77,5 |
| Zona 07 | 66,8 | 62,3 | 51,7 | 76,5 |
| Zona 08 | 71,6 | 71,9 | 71,4 | 86,7 |
| Zona 09 | 66,7 | 65,7 | 60,7 | 79,1 |
| Zona 10 | 65,7 | 65,7 | 60,9 | 78,9 |
| Zona 11 | 74,7 | 63,3 | 57,9 | 82,6 |
| Zona 12 | 71,4 | 65,1 | 63,8 | 81,6 |
| Zona 13 | 61,6 | 58,6 | 49,2 | 72,1 |
| Zona 14 | 61,9 | 74,6 | 67,6 | 86,1 |

Tabla 2. Promedios energéticos de máximos y mínimos de niveles de presión sonora con ponderación A

| Ubicación | Niveles sonoros máximos y mínimos [dBA] | | | | | |
|-----------|---|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | Periodo día | | Periodo tarde | | Periodo noche | |
| | L_{Fmax} | L_{Fmin} | L_{Fmax} | L_{Fmin} | L_{Fmax} | L_{Fmin} |
| Zona 01 | 92,9 | 59,2 | 86,2 | 50,4 | 79,0 | 35,4 |
| Zona 02 | 87,3 | 52,8 | 75,5 | 44,3 | 72,8 | 31,8 |
| Zona 03 | 89,3 | 51,3 | 82,2 | 49,4 | 70,2 | 38,1 |
| Zona 04 | 86,0 | 51,9 | 87,5 | 46,2 | 73,4 | 33,5 |
| Zona 05 | 87,0 | 55,2 | 76,6 | 49,1 | 68,3 | 37,3 |
| Zona 06 | 79,1 | 55,1 | 79,0 | 45,3 | 67,4 | 31,4 |
| Zona 07 | 85,8 | 49,2 | 80,9 | 47,9 | 71,7 | 42,8 |
| Zona 08 | 90,3 | 59,7 | 84,5 | 61,8 | 96,5 | 62,4 |
| Zona 09 | 83,3 | 45,5 | 95,5 | 48,0 | 75,7 | 41,0 |
| Zona 10 | 78,9 | 52,9 | 76,4 | 52,1 | 81,8 | 41,9 |
| Zona 11 | 93,5 | 56,3 | 76,9 | 47,1 | 76,7 | 45,2 |
| Zona 12 | 91,0 | 50,2 | 80,2 | 37,8 | 81,6 | 35,0 |
| Zona 13 | 75,2 | 50,8 | 76,6 | 42,0 | 67,4 | 40,7 |
| Zona 14 | 74,3 | 50,7 | 93,3 | 55,5 | 83,5 | 43,0 |

Tabla 3. Promedios energéticos de los percentiles sonoros, medidos en tres periodos del día

| Ubicación | Percentiles sonoros [dBA] | | | | | | | |
|-----------|---------------------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|----------|----------|
| | Periodo día | | Periodo tarde | | Periodo noche | | 24 horas | 24 horas |
| | L_{90} | L_{10} | L_{90} | L_{10} | L_{90} | L_{10} | L_{90} | L_{10} |
| Zona 01 | 65,1 | 80,0 | 56,9 | 74,2 | 37,7 | 60,1 | 73,3 | 89,0 |
| Zona 02 | 54,5 | 70,0 | 46,4 | 62,9 | 33,7 | 44,9 | 62,8 | 78,5 |
| Zona 03 | 54,7 | 73,3 | 52,5 | 70,3 | 40,1 | 49,8 | 65,5 | 83,5 |
| Zona 04 | 58,7 | 75,1 | 53,5 | 69,2 | 35,1 | 57,7 | 67,9 | 84,1 |
| Zona 05 | 57,0 | 70,0 | 53,2 | 66,0 | 41,2 | 55,0 | 66,9 | 79,9 |
| Zona 06 | 60,1 | 72,4 | 48,3 | 66,0 | 32,9 | 42,9 | 67,7 | 81,1 |
| Zona 07 | 51,7 | 69,4 | 50,0 | 65,0 | 43,9 | 48,4 | 63,4 | 78,9 |
| Zona 08 | 63,7 | 75,0 | 64,4 | 74,8 | 64,9 | 73,0 | 79,7 | 89,1 |
| Zona 09 | 54,8 | 68,6 | 53,1 | 66,4 | 43,0 | 64,6 | 66,0 | 81,1 |
| Zona 10 | 55,1 | 69,6 | 55,5 | 69,1 | 45,1 | 63,1 | 67,7 | 82,2 |
| Zona 11 | 62,8 | 76,8 | 48,9 | 67,8 | 47,2 | 60,8 | 70,5 | 85,1 |
| Zona 12 | 58,3 | 72,8 | 49,0 | 69,5 | 42,8 | 67,5 | 66,6 | 84,5 |
| Zona 13 | 47,7 | 64,9 | 44,3 | 61,2 | 42,5 | 50,6 | 59,4 | 74,9 |
| Zona 14 | 53,0 | 65,4 | 61,4 | 78,5 | 49,6 | 71,8 | 72,3 | 90,1 |

Tabla 4. Corrección por sonido residual, para el tráfico vehicular

| Ubicación | Corrección por sonido residual [dBA] | | | Observación |
|-----------|--------------------------------------|----------|--------------------|-------------|
| | L_{den} | L_{90} | $L_{den} - L_{90}$ | |
| Zona 01 | 86,0 | 73,3 | 12,7 | Confirmado |
| Zona 02 | 76,5 | 62,8 | 13,6 | Confirmado |
| Zona 03 | 78,9 | 65,5 | 13,5 | Confirmado |
| Zona 04 | 81,3 | 67,9 | 13,4 | Confirmado |
| Zona 05 | 77,7 | 66,9 | 10,8 | Confirmado |
| Zona 06 | 77,5 | 67,7 | 9,8 | No |
| Zona 07 | 76,5 | 63,4 | 13,0 | Confirmado |
| Zona 08 | 86,7 | 79,7 | 7,0 | No |
| Zona 09 | 79,1 | 66,0 | 13,1 | Confirmado |
| Zona 10 | 78,9 | 67,7 | 11,2 | Confirmado |
| Zona 11 | 82,6 | 70,5 | 12,1 | Confirmado |
| Zona 12 | 81,6 | 66,6 | 15,0 | Confirmado |
| Zona 13 | 72,1 | 59,4 | 12,7 | Confirmado |
| Zona 14 | 86,1 | 72,3 | 13,8 | Confirmado |

3.2 Índice de contaminación sonora (L_{NP}) e Índice de ruido de tráfico (TNI)

También podemos entenderlos como la molestia cuantificada por los efectos combinados del nivel promedio energético y las variaciones del ruido durante un evento (Agarwal & Swami, 2009). En la Tabla 5, se tiene los niveles recomendados para estos índices, donde cada valor de está relacionado a una escala verbal de molestia.

Donde:

Escala 2: sensación ligera de molestia

Escala 3: sensación de molestia leve

Escala 4: sensación de molestia alta

Escala 5: representa el límite superior de tolerancia de cualquier sonido

Para los cálculos de L_{NP} y TNI , hemos utilizado las fórmulas 3 y 4, como datos de cálculo fueron el indicador L_{den} y la suma energética de los percentiles sonoros L_{90} y L_{10} para un periodo de 24 horas (ver Tabla 6). Estos resultados fueron contrastados con los límites de la Tabla 5.

De la Tabla 6, se pudo establecer que 64,2% de las zonas tienen un índice de contaminación sonora (L_{NP}) dentro del límite deseable con una sensación de molestia leve y el 35,8% de las zonas están dentro del límite prohibitivo con una sensación de molestia alta. Por otro lado 100% de las zonas tienen un índice de contaminación por ruido de tráfico (TNI) que excedieron los límites prohibitivos, donde el 9% de las zonas están por encima el límite superior de tolerancia de cualquier sonido y el 7,1% experimenta sensación de molestia alta.

3.3 Resultados de las encuestas

Aquí se presentan los resultados y análisis 92 de las encuestas.

3.3.1. Datos sociológicos

Estos resultados no son subjetivos. Del total de los encuestados, el 18,5% fueron adultos entre 50 a 60 años, el 7,1% jóvenes entre 20 a 30 años, solo el 6,2% fueron menores de 20 años. Este resultado nos indica, que la población de Miraflores está compuesta de personas adultas y principalmente de adultos mayores (ver Figura 2).

El sexo femenino representaba el mayor porcentaje de encuestados (57%), el sexo masculino el 41% y el 2% no sabía o no contestó. En cuanto a la educación, solo el 1,8% tenía educación primaria, el 19,7% educación secundaria, el 19,1% carrera técnica, el 46,8% estudios universitarios y el 10,6% con estudios de postgrado (ver Figura 3), estos resultados indican que los vecinos de Miraflores en su mayoría son personas con buen nivel de estudios y por lo tanto son más sensibles al ruido (World Health Organization. Regional Office for Europe, 2011).

3.3.2. Capacidad auditiva

Aquí, tratamos de determinar cómo los encuestados perciben su capacidad auditiva. Así, del total de los encuestados, el 45% consideraba que su capacidad auditiva era muy buena, el 42,6% buena, mientras que el 10,3% respondió que su capacidad auditiva era regular y solo el 2% consideraba que su capacidad auditiva era mala (ver Figura 4). Este resultado es discutible, considerando que

Tabla 5. Límites superiores de niveles de ruido, para niveles deseables y prohibitivos de índices de ruido para tráfico vehicular

| Índices de ruido | Límites superiores para indicadores de molestia [dBA] | | | |
|------------------|---|----------|--------------|----------|
| | Deseables | | Prohibitivos | |
| | Escala 2 | Escala 3 | Escala 4 | Escala 5 |
| L_{NP} | 69 | 82 | 97 | 111 |
| TNI | 61 | 76 | 87 | 98 |

Tabla 6. Índices de contaminación sonora y de ruido, relacionada con la escala de molestia

| Ubicación | L_{NP} [dBA] | Límite L_{NP} | TNI [dBA] | Límite TNI |
|-----------|----------------|-----------------|-------------|--------------|
| Zona 01 | 101,7 | Prohibitivo | 121,8 | Prohibitivo |
| Zona 02 | 92,2 | Deseable | 111,4 | Prohibitivo |
| Zona 03 | 96,9 | Deseable | 125,4 | Prohibitivo |
| Zona 04 | 97,6 | Prohibitivo | 119,2 | Prohibitivo |
| Zona 05 | 90,7 | Deseable | 101,7 | Prohibitivo |
| Zona 06 | 91,0 | Deseable | 104,8 | Prohibitivo |
| Zona 07 | 92,0 | Deseable | 110,9 | Prohibitivo |
| Zona 08 | 96,1 | Deseable | 96,8 | Prohibitivo |
| Zona 09 | 94,3 | Deseable | 111,7 | Prohibitivo |
| Zona 10 | 93,4 | Deseable | 110,1 | Prohibitivo |
| Zona 11 | 97,2 | Prohibitivo | 113,5 | Prohibitivo |
| Zona 12 | 99,5 | Prohibitivo | 126,3 | Prohibitivo |
| Zona 13 | 87,6 | Deseable | 107,1 | Prohibitivo |
| Zona 14 | 103,8 | Prohibitivo | 131,1 | Prohibitivo |

más del 70% de la población está por encima de los 40 años, donde ya existe un declive progresivo de la capacidad auditiva, tanto en mujeres y hombres. La única forma de afirmar o desmentir es a través de una audiometría.

3.3.3. *Percepción y molestia del ruido de tráfico vehicular*

En esta parte es importante tener en cuenta que la pregunta fue: ¿Cómo se escucha los siguientes ruidos y en qué medida le molesta?, las respuestas están dados en escalas

verbales. Así, del total de los encuestados el 28,4% percibía que el ruido de tráfico se escuchaba muy fuerte, el 28,1% fuerte y el 25,1% percibía que el ruido de tráfico era regular, La abreviatura NSE significa no se escucha (ver Figura 5). Por otro lado, el 25,6% de los encuestados percibían que el ruido del tráfico les molestaba mucho, el 25,3% les molestaba bastante y el 21,5% regular (ver Figura 6). De estos resultados se pudo determinar, que el sonido generado por el tráfico vehicular es la fuente sonora que más se escucha y también es la fuente de ruido que más molestia genera.

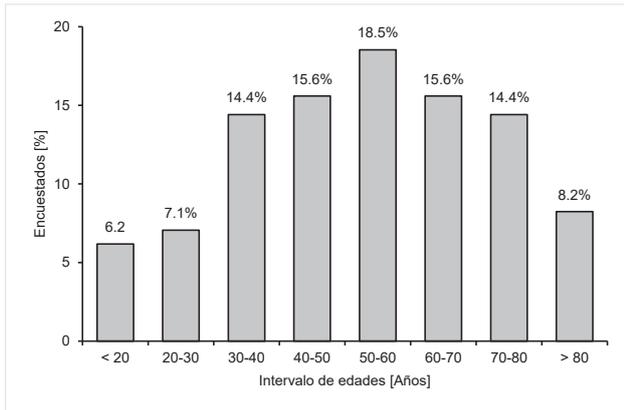


Figura 2. Intervalo de edades.

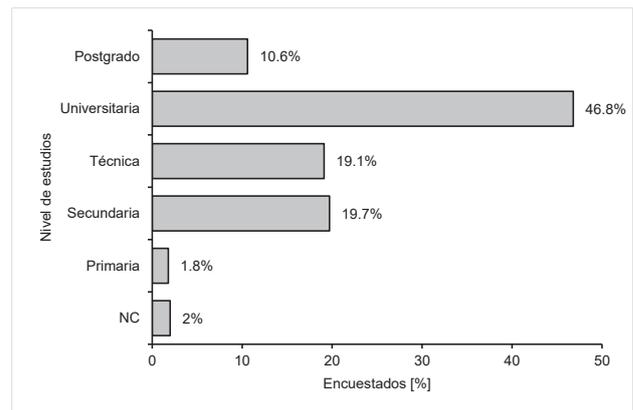


Figura 3. Nivel de estudios.

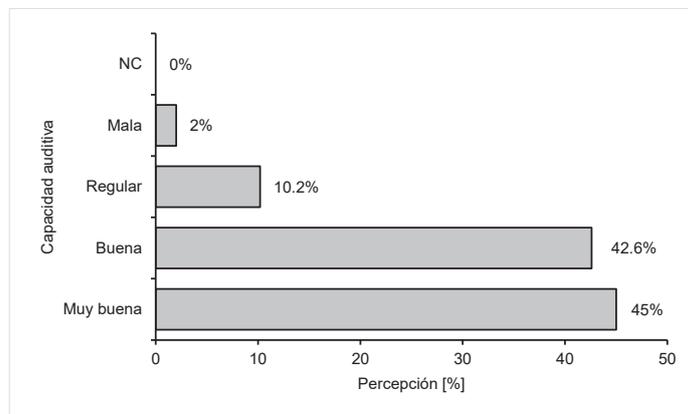


Figura 4. Percepción de la capacidad auditiva de los encuestados (%)

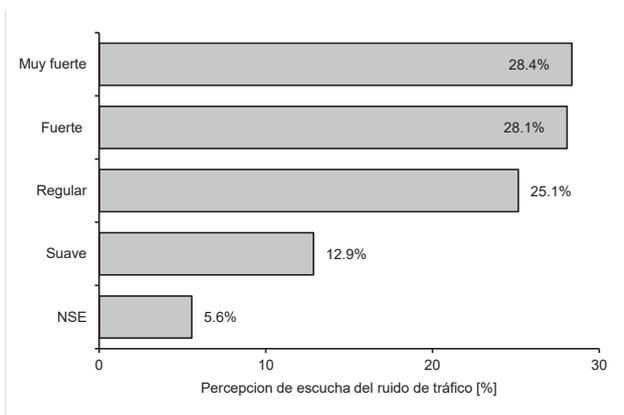


Figura 5. Percepción de escucha del ruido de tráfico vehicular.

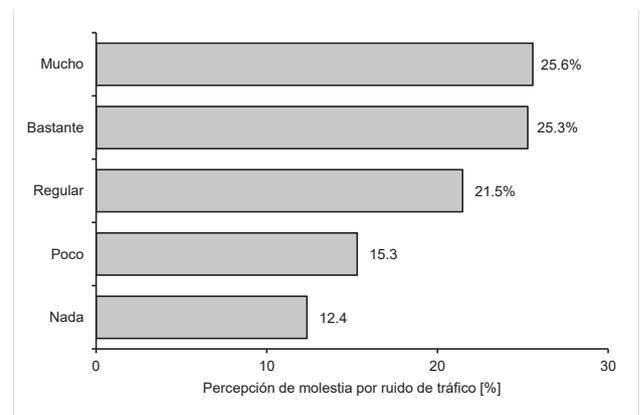


Figura 6. Percepción de molestia debido al ruido del tráfico vehicular.

3.3.4. Percepción de la variación del ruido en el tiempo

Con la percepción de la variación del ruido en el tiempo, nos referimos a como los encuestados perciben los cambios del ruido en diferentes días de la semana y en las estaciones del año. El 25% de los encuestados percibieron que el ruido en el vecindario era igual todos los días, el 16,8% consideraba que los viernes eran los días en que el ruido era más molesto (ver Figura 7). Por otro lado, según el 83,5% de los encuestados, el ruido se mantenía igual de molesto en todo el año, para el 10% el verano era la estación del año en que el ruido era más molesto y solo un 6,4% percibía que el ruido era más molesto en el invierno (ver Figura 8). Está claro entonces que Miraflores, el ruido está presente todos los días del año.

3.3.5. Percepción y molestia de otras fuentes de ruido

En este punto determinamos la percepción de ruido por tipo de fuente sonora, es decir que tanto se escuchan por

su nivel de sonido (amplitud), clasificándoles en las escalas verbales recomendados (International Standardization Organization, 2003). El resultado fue que, además del ruido de tráfico el ruido de las construcciones y obras es una fuente importante de ruido (ver Tabla 7). Esto se explica tomando en consideración, que en muchas zonas de Miraflores se están desarrollando muchos proyectos de construcción, remodelación y demolición.

3.3.6. Efectos del ruido

De una lista de efectos generados por el ruido, los encuestados podían seleccionar una, varios o todos. En general la perturbación del sueño es el principal efecto que experimentaron los encuestados, seguido del estrés, el susto, nerviosismo y bajo rendimiento (ver Tabla 8). Estos resultados no son buenos, porque están asociados principalmente a las actividades que requieren la aplicación de conocimientos, el uso lógico del pensamiento y la elaboración de conclusiones,

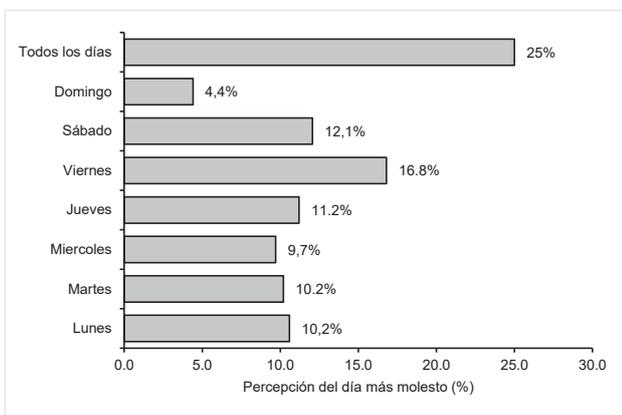


Figura 7. Percepción del día en que el ruido es más molesto

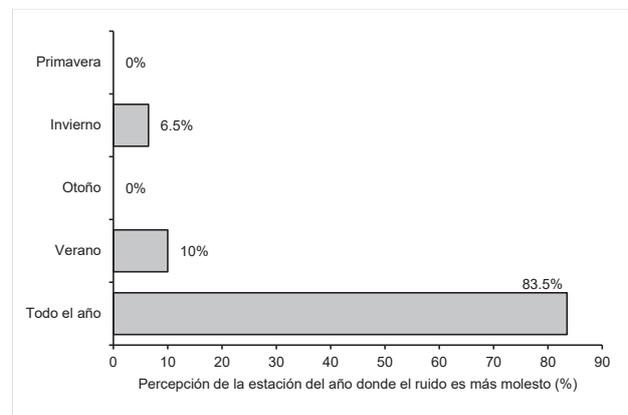


Figura 8. Percepción de la estación del año en que el ruido es más molesto.

Tabla 7. Percepción del ruido generado por otras fuentes sonoras

| Fuente de ruido | Escala verbal de percepción de ruido | | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------|---------|-------|---------------|
| | Muy fuerte | Fuerte | Regular | Suave | No se escucha |
| Tráfico vehicular | 28,4% | 28,1% | 25,1 | 12,9% | 5,6% |
| Locales de diversión | 4,7% | 4,4% | 8,5% | 8,5% | 74,0% |
| Establecimientos comerciales | 1,2% | 2,3% | 5,0% | 11,1% | 80,4% |
| Establecimientos de servicios | 4,7% | 7,3% | 11,1% | 8,5% | 68,4% |
| Vecindario | 8,5% | 14,6% | 28,7% | 18,1% | 30,1% |
| Construcciones y obras | 23,1% | 18,7% | 16,4% | 7,6% | 32,2% |

Tabla 8. Efectos del ruido que más experimentaron los encuestados en Miraflores

| Efectos del ruido | Valoración de los efectos del ruido | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------|---------|-----------|-------|
| | Muy Frecuente | Frecuente | A veces | Raramente | Nunca |
| Aumento de la agresividad | 5,8% | 8,5% | 16,1% | 13,7% | 55,8% |
| Nerviosismo | 6,1% | 10,5% | 22,2% | 16,1% | 45,0% |
| Disminución de la capacidad auditiva | 5,6% | 9,4% | 12,6% | 13,5% | 59,1% |
| Susto o sobresalto | 7,6% | 12,9% | 24,0% | 14,0% | 41,5% |
| Estrés | 13,5% | 19,0% | 22,2% | 8,5% | 36,8% |
| Baja concentración/bajo rendimiento | 7,0% | 15,5% | 17,5% | 10,5% | 49,4% |
| Insomnio | 11,1% | 11,1% | 13,7% | 11,7% | 52,3% |
| Perturbación del sueño | 13,2% | 16,4% | 20,5% | 14,3% | 35,7% |

que involucran el uso del razonamiento y la memoria a corto y largo plazo (Weinstein, 2016).

IV. CONCLUSIONES

- Prácticamente en todas las zonas y en todos los periodos horarios, los niveles de ruido en exceden los límites exigidos por Ordenanza Municipal de Miraflores, esto ha sido comprobado con los resultados de los indicadores sonoros L_d , L_e y L_n (ver Tabla 1). Por otro lado, la exigencia del cumplimiento de los límites de ruido es responsabilidad de la propia municipalidad.
- Los niveles de sonido intrusivo cuantificados por el máximo de nivel de presión sonora (L_{max}) no son tan elevados (ver Tabla 2), esto significa que los conductores evitan el uso del claxon, porque en este distrito está prohibido y se sanciona con multas.
- Realizando las correcciones por sonido residual, que involucran a los percentiles sonoros L_{90} con los niveles sonoros equivalente L_{den} (ver Tabla 4), se comprobó que el tráfico vehicular es la principal fuente de ruido en Miraflores (ver Tabla 4),
- A través del índice de contaminación sonora L_{NP} se determinó que el 64,2% de las zonas tienen un índice de contaminación sonora dentro del límite deseable con una sensación de molestia leve y el 35,8% de las zonas están dentro del límite prohibitivo con una sensación de molestia alta (ver Tabla 6).
- A través del Índice de Ruido de Tráfico (TNI), se tiene que el 100% de las zonas están contaminadas por ruido de tráfico, a tal punto que se excedió los límites prohibitivos, donde el 92,9% de las zonas están por encima del límite superior de tolerancia de cualquier sonido y el 7,1% experimenta sensación de molestia alta (ver Tabla 6).
- Los encuestados perciben que su capacidad auditiva es buena (42,6%) y muy buena (45%), esto hace una suma de más del 87%, considerando que más del 70% de los encuestados están por encima de los 40 años se puede concluir que solo una audiometría podría confirmar este resultado (ver Figura 4).
- Los resultados de las encuestas confirman que el sonido generado por el tráfico vehicular es la fuente sonora que más se escucha y también es la fuente de ruido que más molestia genera (ver Figura 5 y 6).
- En cuanto a la variabilidad del sonido en el tiempo, el 25% de los encuestados afirman que el ruido es igual todos los días (ver Figura 7). Por otro lado, el 83,5% sostiene que el ruido es igual de molesto todo el año (ver Figura 8).

- En general la perturbación del sueño es el principal efecto que experimentaron los encuestados, seguido del estrés, el susto, nerviosismo y bajo rendimiento. Estos efectos pueden interferir con el desarrollo de las actividades diarias, que implican el uso de sus capacidades mentales y físicas (ver Tabla 8).

V. REFERENCIAS

- Agarwal, S., & Swami, B. L. (2009). Noise Annoyance under Interrupted Traffic Flow Condition for Jaipur City. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 7, 159.
- Herbert Arkin, & Raymond R. Colton. (1970). Statistical Methods. In A Barnes and Noble Outline (Ed.), (*A Barnes and Noble Outline*) - Paperback - 5th Barnes & Noble Ed 1970 - (Fifth Edition). <https://www.biblio.com/book/statistical-methods-fifth-edition-barnes-noble/d/417143206>
- Herrera, B. (2002). Las cumbres mundiales de la Tierra. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 5(10), 75–76. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v5i10.3059>
- International Standardization Organization. (2003). *Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*. ISO/TS 15666:2003. <https://www.iso.org/standard/28630.html>
- International Standardization Organization. (2017). *Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels*. ISO - ISO 1996-2:2017. <https://www.iso.org/standard/59766.html>
- LIFE PROGRAMME. (2005). *Sustainable Mobility Initiative for Local Environment*. SMILE on LIFE Public Database. European Climate, Infrastructure and Environment. <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/details/1780>
- Municipalidad de Miraflores. (2016). *Plano urbano distrital de Miraflores 2016–2026*. <https://www.miraflores.gob.pe/Gestorw3b/files/pdf/10299-25442-capitulosii.pdf>
- Piccolo, A., Plutino, D., & Cannistraro, G. (2005). Evaluation and analysis of the environmental noise of Messina, Italy. *Applied Acoustics*, 66(4), 447–465. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X04001136?via%3Dihub>
- Practitioner Handbook for local noise action plans [SILENCE]. (2008). *Recommendation from the silence project*. https://www.polisnetwork.eu/wp-content/uploads/2019/06/silence_handbook_local-noise-action-plans-2.pdf
- Ricardo Ramírez. (2004). El ordenamiento territorial municipal: una aproximación desde Colombia. *Revista Del Instituto de Investigación FIGMMG. Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 7(13), 31–36. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/514/437>
- Weinstein, C. S. (2016). Modifying Student Behavior in an Open Classroom Through Changes in the Physical Design. *American Educational Research Journal*, 14(3), 249–262. <https://doi.org/10.3102/00028312014003249>

World Health Organization. Regional Office for Europe. (2011). Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe. *World Health Organization. Regional Office for Europe*, xvii, 1–106. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424>

Contribucion de autoria:

- Conceptualización, Administración del proyecto, Supervisión : Celso Edgar Llimpe Quintanilla.
- Curación de datos, Análisis formal, Investigación: Letis Saavedra Ramírez y Celso E. Llimpe Quintanilla.
- Adquisición de fondos, Visualización, Redacción - borrador original: Letis Saavedra Ramírez.
- Metodología, Redacción - revisión y edición: Celso E. Llimpe Quintanilla y Letis Saavedra Ramírez.
- Recursos: se aprovechó un proyecto de la Sub Gerencia de Medio Ambiente de la Municipalidad de Miraflores, cuyo objetivo principal fue generar una Ordenanza Municipal. Adicionalmente fue necesario equipos de medición (sonómetros), para lo cual se contó con el apoyo del laboratorio de Acústica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, además de fondos propios de los autores (Letis Saavedra Ramírez y Celso E. Llimpe Quintanilla), que cubrían mínimamente la movilidad y la alimentación en los días de campaña de mediciones.
- Software: No se utilizó ningún software especializado, solo aquellos comerciales, principalmente EXCEL, la sistematización y procesamiento estuvo a cargo de Letis Saavedra Ramírez.
- Validación: La validación de las encuestas se realizó con la aplicación de mini encuestas previas al estudio, donde se corrigió la mayor cantidad de errores posibles. En este tipo de estudios, la validación se realiza así por recomendaciones internacionales, dado que es un tema estadístico, es decir se valida con datos obtenidos en campo. Todo este análisis, estuvo a cargo principalmente de Celso E. Llimpe Quintanilla (por la experiencia de otros estudios), secundada por Letis Saavedra Ramírez.