

CAPÍTULO III

Obtención de los principales parámetros de diseño para la realización de mapas acústicos por medición en Uruguay

Obtention of the main design parameters to build acoustic maps by measurements in Uruguay

  Alice Elizabeth González¹

Pablo Gianoli Kovar¹

Ignacio Suárez Dores¹

Héctor Campello Vicente²

¹Departamento de Ingeniería Ambiental – IMFIA, Facultad de Ingeniería, Udelar, Uruguay

²Universidad Miguel Hernández, Elche, España

González, A., Gianoli, P., Suárez, I. & Campello, H. (2025). Obtención de los principales parámetros de diseño para la realización de mapas acústicos por medición en Uruguay. Lazarte, H. *Acústica. Una visión interdisciplinaria. Reflexiones y soluciones para una sociedad más saludable*. Fondo Editorial UCV. <https://doi.org/10.18050/acustica3>

Resumen

Uruguay es un pequeño país de América Latina, con unos 3 400 000 habitantes. Su legislación ambiental aún está incompleta; por ejemplo, no existe una regulación nacional sobre ruido sino sólo Ordenanzas departamentales en cada uno de sus 19 Departamentos. Si bien es sabido que son muy buenas herramientas de gestión, los mapas de ruido no son obligatorios en Uruguay. El Grupo de Investigación en Ruido Ambiental de la Universidad de la República ha desarrollado un proyecto de investigación que busca la mejor metodología práctica para construir mapas de ruido a través de mediciones manuales. El trabajo de campo incluyó la determinación del tiempo de estabilización de mediciones de ruido, la comparación entre mediciones de largo y corto tiempo, la comparación entre mediciones tomadas a 1,20 m y 3,50 m, y la obtención de una curva nacional de personas altamente molestas (% HA) con base en mediciones de campo y encuestas de opinión simultáneas realizadas en sitio. En este artículo se presentan los resultados de estos trabajos y la metodología propuesta para la construcción de mapas de ruido en Uruguay.

Palabras clave: Acústica, Ruido, Mapas acústicos, Uruguay, Molestia por ruido.

Abstract

Uruguay is a small country in Latin America, with around 3 400 000 inhabitants. Its environmental legislation is still incomplete; for example, there is no national regulation on noise but only departmental Ordinances in each of its 19 Departments. Although it is well-known that they are very good management tools, noise maps are not mandatory in Uruguay. The Research Group on Environmental Noise at Universidad de la República has developed a research project that seeks the best practical methodology to build noise maps through manual measurements. The field work included the determination of the stabilization time of noise measurements, the comparison between long- and short-time measurements, the comparison between measurements taken at 1.20 m and 3.50 m, and the obtention of a national curve of highly annoyed people (%HA) with basis in the field measurements and simultaneous survey carried out on site. In this paper we present the results of these works and the proposed methodology for building noise maps throughout the country.

Keywords: Acoustics, Noise, Acoustic maps, Uruguay, Noise annoyance.

Introducción

En este capítulo se complementa la ponencia que se expuso durante el evento *Día internacional de conocimiento de los problemas del ruido*, INAD2024-Perú, que se realizó el viernes 26 de abril de 2024 en el auditorio «Los Caynas» del Campus Los Olivos, de la Universidad César Vallejo (UCV), organizada en conjunto por el Instituto de Acústica y Vibroacústica del Perú (INPAVAC) y la UCV.

La construcción de mapas acústicos por medición es una práctica usual en muchos países en los que los datos para implementar una modelación por software, en particular en lo referente a las características como tipologías de fachadas o coeficientes de absorción de los materiales que las componen. En Uruguay, esta información no se dispone siquiera para la capital del país, mucho menos aún para ciudades de menor porte. En todo caso, aun cuando los mapas acústicos se realicen por aplicación de software especializado, la realización de mediciones que permitan validar sus resultados sigue siendo imprescindible, en especial cuando las ecuaciones de predicción del modelo no han sido previamente contrastadas con la realidad local.

Asegurar la representatividad de las mediciones para construir un mapa acústico (o eventualmente validar los resultados de un modelo) significa, entre otras cosas, garantizar que la duración de las mediciones haya sido adecuada, es decir, que se haya alcanzado el tiempo de estabilización; que las mediciones se hayan realizado a una altura acorde con la realidad que se desea representar y que la ecuación que relaciona la densidad de tránsito clasificado con los niveles de presión sonora sea válida en

el sitio. La selección de puntos de medición con miras a identificar/caracterizar áreas homogéneas implica realizar un reconocimiento inicial del lugar para no omitir zonas o puntos singulares, por lo que es también un aspecto que no debe descuidarse en la realización de mapas acústicos.

Este capítulo se basa en las actividades y resultados de un proyecto de investigación llevado adelante por el equipo del Departamento de Ingeniería Ambiental (DIA-IMFIA) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. Su objetivo era definir una metodología aplicable a la realización de mapas acústicos estratégicos en Uruguay. En el trabajo que se presenta aquí se ha considerado lo concerniente a la obtención de los mapas acústicos a partir de mediciones manuales. Se apoya en un trabajo de campo realizado en tres ciudades del interior del país y en Montevideo; los datos se procesaron con vistas a obtener diferentes resultados de interés. En las siguientes secciones se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos al procesar los datos de campo en relación a los principales aspectos de la metodología. Por último, se sintetizan los aspectos centrales de esa metodología, con un breve análisis crítico de sus principales limitaciones.

Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó adelante con dos sonómetros de clase 1 propiedad del DIA-IMFIA: un Brüel & Kjær 2250® y un Casella CEL-63X®, ambos con pantalla anti-viento y trípode. Ambos registran niveles con escala de ponderación A y en bandas de tercios de octava. Además, se empleó un mástil telescópico para mediciones

en altura, de modo de realizar registros simultáneos a dos alturas diferentes durante las mediciones de larga duración (12 horas).

Para el trabajo de campo se seleccionaron tres puntos con tipologías diferentes en la ciudad de Montevideo y tres ciudades diferentes en el interior del país. Estas últimas se eligieron entre las capitales departamentales, y se dio preferencia que tuvieran diferente población y perfil socioproductivo. Así, Maldonado (capital del Departamento homónimo), es la segunda ciudad más poblada del interior del país y la que presenta mayor tasa de crecimiento poblacional en todo el país; forma un conurbano con el balneario Punta del Este y tiene una gran actividad turística que se

procura desestacionalizar. Minas es la capital del Departamento de Lavalleja; es una pequeña ciudad en una zona de serranías dedicada principalmente a la forestación; tiene también algunas industrias. Rocha (capital del Departamento de Rocha) es una pequeña ciudad del Este del país que tiene poca actividad productiva propia y un decaimiento sostenido en su población; económicamente depende del turismo estival en la pintoresca costa oceánica del Departamento, pero con las restricciones climáticas de la zona geográfica en que se encuentra.

Las principales características de estas ciudades se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.
Características de las ciudades seleccionadas

Ciudad	Montevideo (Montevideo)	Minas (Lavalleja)	Maldonado (Maldonado)	Rocha (Rocha)
Habitantes según censo 2011	1 318 800	38 400	87 000	25 400
Superficie aproximada (km ²)	417	8,2	25	8
Tránsito horario promedio medido (veh/hora)	--	196	350	367

Nota. No se define un valor de tránsito promedio diario para Montevideo por la gran heterogeneidad de la ciudad.
Fuente de datos propios.

En las cuatro ciudades se efectuaron mediciones de 12 horas de duración y de 1 hora de duración. Simultáneamente, se realizaron conteos de tránsito clasificado en cuatro categorías (vehículos livianos

o de pase, camiones, ómnibus y motos) y sondeos de opinión siguiendo un formulario elaborado previamente. En la Tabla 2 se resumen los principales datos del trabajo de campo realizado.

Tabla 2.*Resumen del trabajo de campo realizado*

	Montevideo	Maldonado	Minas	Rocha
Mediciones de 12 horas	3	1	1	1
Mediciones de 1 hora	8	28	20	26
Sondeos de opinión	240	80	78	82

Nota. Fuente de datos propios**Selección de puntos de muestreo**

La selección de los puntos de muestreo respondió a criterios diferentes en Montevideo y en las ciudades del interior del país.

En Montevideo se buscaron puntos con diferentes tipologías de calle, edificación, densidad y composición del tránsito. Las mediciones de 12 horas de duración se hicieron sobre las calles Ellauri, Uruguay y Rivera. El punto sobre Ellauri se encuentra en una zona residencial de poder adquisitivo medio alto, cercano a un colegio de enseñanza primaria y secundaria; el flujo vehicular es relativamente bajo y el pasaje de camiones y autobuses es escaso. El punto sobre Avenida Uruguay se ubica en una calle ancha, con edificaciones antiguas de una sola planta a ambos lados de la calle y alto flujo de autobuses y camiones; es una vía de entrada de gran parte de los servicios de transporte de pasajeros provenientes de diferentes zonas del Área Metropolitana de Montevideo. El punto sobre Avenida Rivera está en un barrio de clase media y tiene

alto flujo de tránsito de todo tipo, desde vehículos livianos a autobuses de líneas de transporte urbano de pasajeros.

En las ciudades del interior del país, los puntos para las mediciones de 12 horas de duración se eligieron de modo de trabajar en calles de una sola mano, próximas al centro comercial de las ciudades y con acceso a corriente eléctrica para asegurar la continuidad de los registros de medición. Los demás puntos se eligieron en función de la ubicación de centros de salud, escuelas, liceos y otras singularidades, de modo de dejar áreas más o menos homogéneas entre puntos de medición. Se tomaron siempre puntos alejados de los cruces de calle, es decir, puntos en la mitad de la cuadra, para evitar las complejidades que se generan en las intersecciones de calles, tanto en lo relativo a asignación de fuentes como a los fenómenos de propagación acústica.

La cantidad de puntos elegidos en cada ciudad del interior permite obtener las relaciones que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3.

Resumen de las características de los puntos de muestreo en las ciudades del interior del país.

Ciudad	Minas, Lavalleja	Maldonado, Maldonado	Rocha, Rocha
Habitantes según censo 2011	38 400	87 000	25 400
Superficie aproximada	8,2 km ²	25 km ²	8 km ²
Puntos de registro 1 h	20	28	26
Densidad media de puntos (puntos/km ²)	2,4	1,1	3,3
Densidad media de puntos (puntos/1000 hab.)	0,52	0,32	1,02

Nota. Fuente de datos propios

Altura de las mediciones

Salvo en algunos lugares particulares, en que la realización de mediciones manuales debe realizarse a 4 m de altura por imposición de la normativa (por ejemplo, así lo prevé la Resolución 0627 de 2006 de la República de Colombia), las prácticas más generalizadas muestran que las mediciones manuales se suelen realizar a una altura de 1,20 m sobre el nivel del suelo en tanto las mediciones para alimentación de modelos de simulación se deben tomar a 4 m de altura, que es la altura considerada por la amplia mayoría de los programas computacionales especializados.

Sin embargo, medir a alturas diferentes representa realidades diferentes, por más que los valores numéricos que se obtienen para el valor del L_{Aeq} sean muy similares. Esto se corroboró también en el marco de este estudio, para considerar la posibilidad de emplear mediciones tomadas indistintamente a alturas diferentes.

Así, durante las mediciones de 12 horas de duración se tomaron registros simultáneos a dos alturas diferentes: 1,20 m y 3,50 m, con

el objetivo de corroborar si efectivamente los resultados obtenidos a alturas diferentes son ‘intercambiables’. Se consideraron las series de valores de $L_{Aeq,1\min}$ y se compararon estadísticamente los registros a ambas alturas, aplicando la prueba de Mann & Whitney (Sachs, 1980). Se trata de una prueba estadística no paramétrica (cabe recordar que las muestras de ruido urbano son mayoritariamente no normales o, en el decir de Don and Rees (1982), “anything but Gaussian”) que permite comprobar si dos muestras pertenecen o no a una misma población, con un cierto grado de confianza que se ha asumido en el 95%.

Las comparaciones ratificaron el resultado obtenido por Jaramillo *et al.* (2009) en la ciudad de Medellín, Colombia: Aunque los niveles sonoros continuos equivalentes arrojen valores muy próximos, las realidades que describen las series de niveles sonoros obtenidos en un mismo punto a diferentes alturas, son diferentes. En la Tabla 4 se presenta una síntesis de los resultados obtenidos.

Tabla 4.

Cantidad de mediciones simultáneas comparables y no comparables a dos alturas diferentes en un mismo punto, durante un total de 12 horas de medición en cada caso

	Comparables	No comparables
Montevideo – Calle Ellauri	11	1
Montevideo – Av. Uruguay	12	0
Montevideo – Av. Rivera	0	12
Maldonado	1	11
Minas	7	5
Rocha	5	7

Nota. Fuente de datos propios.

Como puede verse, la cantidad de resultados no comparables es no despreciable. En consecuencia, si se desea evaluar la situación a nivel de calle, corresponderá tomar mediciones a 1,20 m de altura y no a 4 m, como se requiere para mapas acústicos obtenidos por aplicación de herramientas de software. Esto vale también a la inversa: las mediciones en altura no son representativas de la exposición sonora ambiental de los peatones o trabajadores a nivel de calle.

Determinación del tiempo de estabilización de las mediciones

El tiempo de estabilización de las mediciones ambientales de niveles de presión sonora es un concepto presentado por González (2000). Se refiere al tiempo t^* que es el tiempo mínimo a partir del cual el L_{A,eq,t^*} y el $L_{A,eq,T}$ del tiempo estudiado (en este caso, 1 hora) difieren en menos de una tolerancia ϵ predeterminada, que puede fijarse en función de la aplicación que se propone realizar.

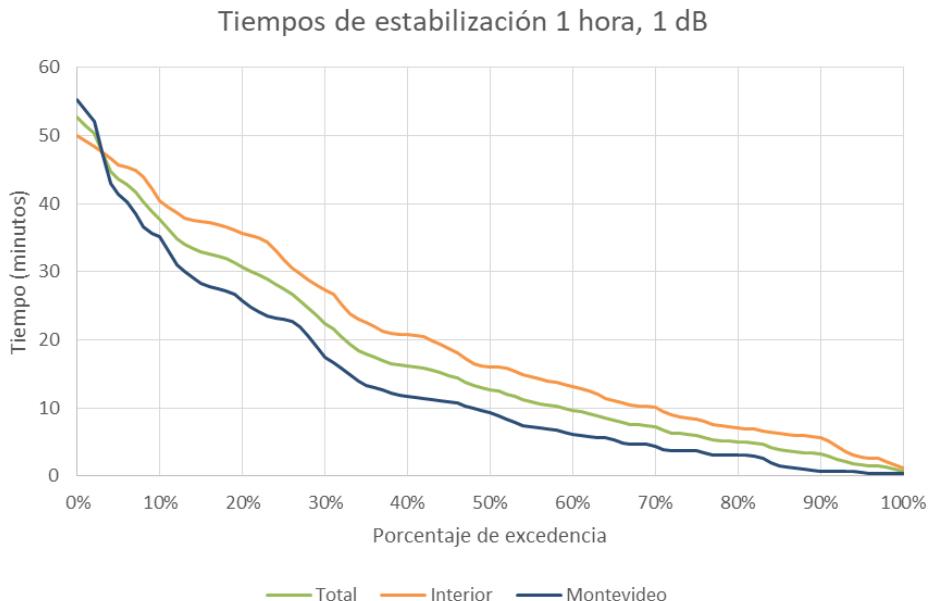
Para seleccionar un tiempo de medición representativo del nivel de presión sonora de 1 hora, se efectuaron 6 mediciones de 12 horas de medición en puntos diferentes: tres de ellas se realizaron en Montevideo, en puntos elegidos por su diferente tipología y densidad de tránsito, y las otras en las tres ciudades del interior del país mencionadas previamente. Los resultados se sintetizan en la Fig. 1.

Cuanto menor es la población de la ciudad, mayores son los tiempos de estabilización obtenidos. Pero esto no quiere decir que los tiempos de estabilización en Montevideo sean mucho más breves: esto depende fuertemente del flujo y tipología del tránsito. En general, puede verse que no es recomendable tomar un tiempo de medición inferior a 45 minutos si se desea trabajar con una tolerancia de 1 dB y lograr estabilizar el 95% de las mediciones; para mantener la misma tolerancia pero estabilizando un 90% de las muestras, el tiempo de medición puede bajarse a 40 minutos.

También es preciso mencionar que, cuando se toman mediciones de no menos de 40 minutos de duración, la probabilidad de estar representando adecuadamente los niveles sonoros del período de 8 a 20 horas en el punto considerado es del 95%.

Figura 1.

Tiempos de estabilización medios para Montevideo e interior, para mediciones de 1 hora con tolerancia de 1 dB



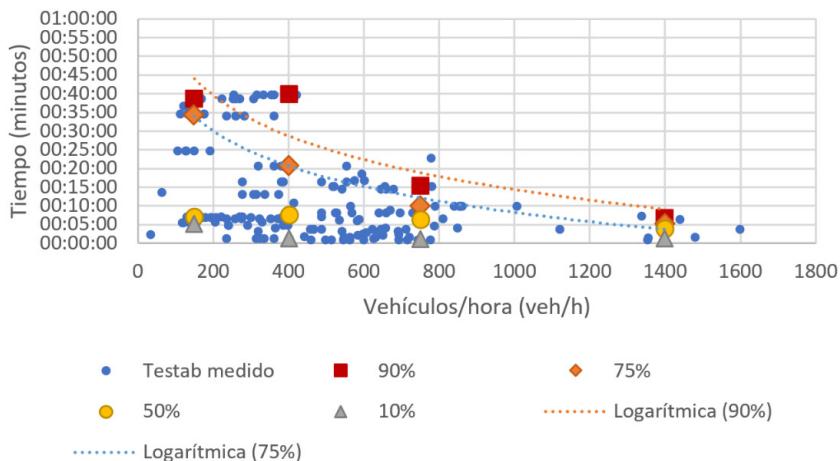
Nota. Fuente de datos propios

La relación entre el tiempo de estabilización y el tráfico horario total (considerando todos los datos generados en el proyecto) se presenta en la Fig. 2. Puede verse que si fuera suficiente con estabilizar el 50% de las muestras, un tiempo de muestreo de 10 minutos podría ser adecuado; sin embargo, con una exigencia mayor, ese tiempo podría

aplicarse solamente para lugares con un flujo vehicular de por lo menos 1 000 veh./hora. Para estabilizar el 75 % de las muestras, con hasta 500 vehículos hora no sería recomendable medir menos de 20 minutos y con menos de 200 veh./hora, se requeriría medir aproximadamente 35 minutos.

Figura 2.

Tiempo de estabilización medidos, para diferentes % de muestras y tolerancia ± 1 dB, en función del tránsito horario total



Nota. Fuente de datos propios

Para conocer la opinión de la población con relación al ruido ambiental e intentar construir una curva de niveles de molestia en relación con el nivel de presión sonora, se diseñó y aplicó un formulario de diez (10) preguntas, más otras cinco (5) tendientes a obtener datos acerca del encuestado (edad, sexo, ocupación, nivel educativo, horas de trabajo semanal). Se priorizó que fuera un formulario de respuestas rápidas, aunque esto pudiera conducir a relegar otros aspectos.

El formulario se aplicó en forma simultánea con la medición de niveles de presión sonora, lo que permitió asignar luego un nivel sonoro ambiental a cada formulario (Ramírez González, 2012). En Montevideo, los formularios se recogieron durante las mediciones de 12 horas. En las demás ciudades, se recogieron durante todas las mediciones (no solamente las de 12 horas).

Se procuró que las preguntas fueran induciendo progresivamente al encuestado a pensar sobre el ruido ambiente, comenzando por una consulta acerca de los problemas ambientales de su barrio que consideraría más urgentes a solucionar.

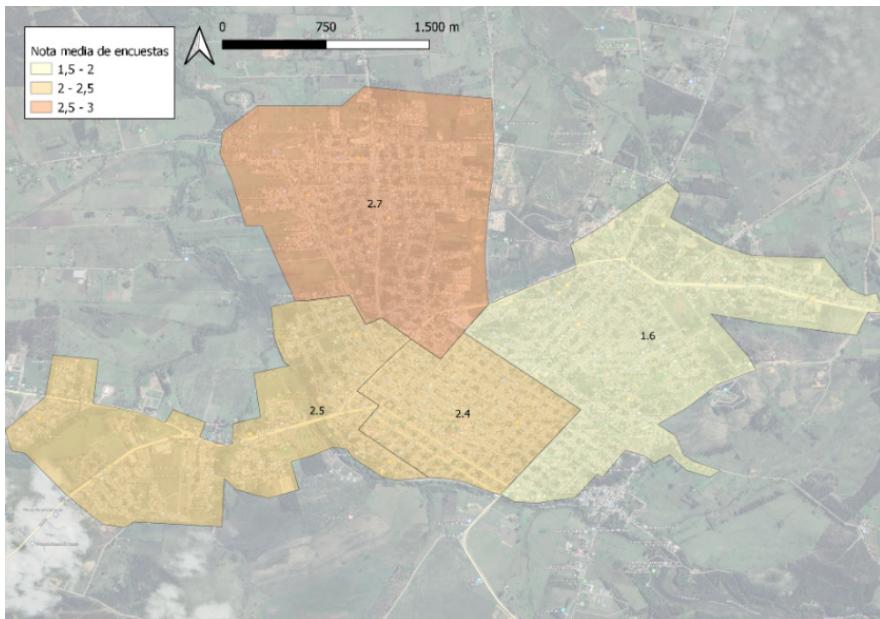
En primer término, cabe indicar que la contaminación sonora no apareció como un problema ambiental relevante en la amplia mayoría de las respuestas: menos del 10% de los encuestados lo consideró como un problema urgente a resolver.

En cuanto a las principales fuentes asociadas a la contaminación sonora, en Montevideo el tránsito aparece como la principal fuente de molestia en cerca de un 50% de los casos, pero en ninguna de las tres ciudades del interior en que se trabajó supera el 20%. Dentro de las componentes del ruido de tránsito, en los seis puntos de muestreo resultó que lo más molesto son las motos y los escapes libres.

Asimismo, siguiendo la metodología propuesta por Ramírez González (2012), se correlacionaron los niveles de presión sonora medidos y el nivel de molestia instantánea manifestado por los encuestados («¿Cómo califica usted el ruido que siente en este momento, aquí y ahora? »). Esto permitió

trazar mapas de nivel de molestia en una escala de 1 a 5, donde 5 es extremadamente molesto y 1 es nada molesto. A modo de ejemplo, el mapa de nivel de molestia correspondiente a la ciudad de Minas se presenta en la Fig. 3.

Figura 3.
Mapa de nivel de molestia instantánea en la ciudad de Minas



Nota. Fuente de datos propios.

Pese a que la cantidad de encuestas no es grande, resultó suficiente para trazar una curva de $L_{Aeq,12h}$ y población altamente molesta (% HA), como se muestra en la Fig. 4. Si bien el parámetro de comparación no es el que se usa convencionalmente (L_{DN}) para estas curvas, puede entenderse como una primera aproximación para un caso en

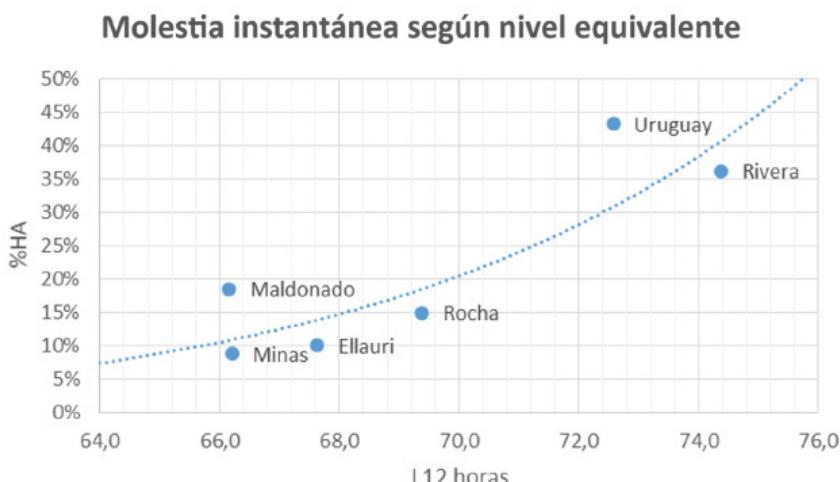
que no se dispone de registros de suficiente duración como para obtener el valor de L_{DN} . Los puntos del gráfico corresponden a cada una de las mediciones de 12 horas realizadas. Una posible interpretación de los resultados es que la población sometida a mayores niveles de ruido ambiental desarrolla una mayor tolerancia, como puede verse en los

puntos que representan a Av. Uruguay y Av. Rivera. Asimismo, se ve que en las ciudades del interior la mayor tolerancia al ruido

aparece en Rocha, donde ciertamente hay un mayor nivel de preocupación por asuntos vinculados a empleo y economía local.

Figura 4.

Porcentaje de población altamente molesta en función del $L_{Aeq,12h}$ medido



Nota. Fuente de datos propios.

Cuando se preguntó a los encuestados cuáles eran sus sugerencias para mejorar la calidad acústica de la ciudad, las respuestas se volcaron mayoritariamente al control y fiscalización de los escapes libres en las motocicletas.

de salud, locales de enseñanza, grandes superficies comerciales, locales industriales, etc. De acuerdo con los resultados obtenidos y las orientaciones resultantes del trabajo de campo dadas en la Tabla 3, se sugiere utilizar el valor mayor entre 4 puntos por km^2 o un punto cada 1 000 habitantes. Las mediciones se deben realizar en puntos alejados de las intersecciones con las calles transversales, procurando la mayor representatividad de la ubicación elegida dentro de la cuadra (por ejemplo, si en general se trata de veredas angostas, evitar tomar la medición en un punto en que ocasionalmente es ancha; o si en general hay jardines al frente y retiro frontal de las edificaciones, evitar elegir un punto en que ocurra lo contrario). Siempre debe realizarse un croquis

Metodología propuesta

La metodología propuesta para construir mapas acústicos por medición en Uruguay incluye los siguientes aspectos:

Selección de puntos de medición: Deseablemente se deben cubrir las diferentes realidades de la ciudad, sin omitir los puntos singulares, como puntos cercanos a centros

del lugar, anotar frente a qué número de puerta se ha colocado el sonómetro y describir los principales elementos del lugar. En forma simultánea con el registro de niveles sonoros, se debe realizar conteo simultáneo de tránsito clasificado y registro horario e identificación de los eventos anómalos que pudieran ocurrir (bocinazos, ladridos, alarmas, etc.).

Altura de medición: salvo que se persiga un objetivo diferente, para caracterizar los niveles sonoros y la molestia a nivel de los peatones, las mediciones se realizarán a 1,20 m de altura. Si el objetivo perseguido es otro, la altura de medición se ajustará según las recomendaciones correspondientes o en busca de captar lo más directamente posible la realidad que se desea representar.

Duración de las mediciones: en ciudades uruguayas, salvo que se disponga de mejor información específica del lugar, las mediciones de niveles sonoros en la vía pública deben durar un mínimo de 45 minutos para ser representativas de los niveles de presión sonora de una (1) hora de duración. Si se dispone de datos de tráfico horario total, la duración podrá ajustarse en función de ese valor, tomando como mínimo la duración que corresponde a la estabilización del 90 % de las muestras en la Fig. 2. Se recomienda elegir una duración múltiplo de 5 minutos (es decir, en vez de 13 minutos tomar 15, en vez de 38 minutos tomar 40, etc.).

Modelo predictivo: Es deseable que la ecuación predictiva que se emplee para complementar la información medida haya sido por lo menos validada en el lugar en que se realiza el mapa acústico. Es bastante común emplear ecuaciones desarrolladas para describir realidades disjuntas de la que se estudia, con el consiguiente incremento del margen de error.

Evaluación de la población altamente molesta: para evaluar el porcentaje de personas altamente molestas, en una primera aproximación se sugiere emplear la curva de la Fig. 4 y los niveles de presión sonora diurnos del lugar. Si se desea evaluar el porcentaje de población residente altamente molesta, se sugiere considerar los datos de densidad de población del Censo Oficial de Población y Viviendas más reciente y reducir los niveles de presión sonora medidos en acera en 5 dB (Cuadro, 2023).

Principales limitaciones de este estudio

Sin dudas, disponer de más información de campo hubiera permitido lograr mejores aproximaciones para los tiempos de estabilización de las mediciones y para el número de puntos en función del tamaño de la ciudad.

Sin embargo, se considera que esta aproximación metodológica permitirá construir mapas de ruido por medición directa razonablemente bien descriptos y con un costo accesible.

Conclusiones

La realización de mapas acústicos a través de mediciones manuales sigue siendo usual en muchos lugares. Las pautas que se presentan en este artículo a propósito del diseño del trabajo de campo, en particular en lo que hace a la selección de puntos de muestreo, la altura y duración de las mediciones, pueden ser de interés para otros investigadores o gestores de la contaminación sonora en ambiente

urbano. Más importante aún es poder mostrar nuestra metodología para obtener esa información que, en definitiva, hace no solamente a la duración y costo del trabajo de campo sino, por sobre todo, a la confiabilidad y representatividad de los resultados.

Agradecimientos. Los autores quieren agradecer al Dr. Joel Acuña Zavaleta, Director del Centro de Difusión Científica y Cultural de la UCV, por la invitación a participar de este libro. Asimismo, agradecen a CSIC-UdelaR por la financiación del proyecto I+D que da origen a la información presentada en este capítulo.

Responsabilidad. Los autores declaran que no hay conflictos de intereses y siempre se mencionan las fuentes de los datos.

Jaramillo, A., González, A., Betancur, C., Correa, M. (2009) Estudio comparativo entre las mediciones de ruido ambiental urbano a 1,5 m y 4 m de altura sobre el nivel del piso en la ciudad de Medellín, Antioquia – Colombia. *Revista Dyna*, 157, 71-79.

Ramírez González, Alberto (2012). *Caracterización y modelación micro y macroscópica del ruido vehicular en la ciudad de Bogotá*. [Tesis para optar al título de Doctor en Estudios Ambientales y Rurales] Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Colombia.

República de Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible (2006). *Resolución 0627, por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental*.

Sachs, Lothar (1980). *Estadística aplicada*. Labor.

Referencias

Cuadro, V (2023). *Comunicación personal*.

Don, C.G. & Rees, I.G. (1985) Road traffic sound level distributions, *Journal of Sound and Vibration*, 100(1), (1985), 41-53.

González, A.E. (2000). *Contaminación Sonora en Ambiente Urbano: Optimización del tiempo de muestreo en Montevideo y desarrollo de un modelo predictivo en un entorno atípico*. [Tesis para obtener el grado de Doctora en Ingeniería (Ingeniería Ambiental). Facultad de Ingeniería] Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.