

ACÚSTICA URBANA
Convenio MVOTMA - UdelaR (DINAMA - Facultad de Ingeniería)
República Oriental del Uruguay

Ruido urbano: tránsito, industria y esparcimiento¹

Federico Miyara

1. Introducción

En las ciudades modernas existen diversas fuentes de ruido que contribuyen cualitativa y cuantitativamente al ruido urbano. Entre ellas se encuentran el ruido del tránsito vehicular, el ruido de la industria, y el ruido originado en actividades de esparcimiento. Describiremos y analizaremos brevemente cada uno de ellos e indicaremos la forma de medirlos y caracterizarlos.

2. Ruido del tránsito

El ruido del tránsito está determinado por una serie de factores. a) el ruido de los vehículos individuales; b) el flujo vehicular; c) La composición del tránsito; d) La pendiente de la vía; e) el tipo de perfil.

El ruido de los vehículos individuales depende del tipo y tamaño, de la velocidad y de la relación de transmisión (marcha o cambio). Las fuentes principales del ruido vehicular son el motor y la transmisión, el escape, la rodadura y las turbulencias aerodinámicas. Los ruidos del motor y el escape dependen fundamentalmente de la velocidad angular del rotor (revoluciones por minuto), la cual depende del estado de carga. El ruido de rodadura depende de la velocidad del vehículo y del tipo de pavimento, y se origina en la compresión y liberación de pequeñas burbujas de aire atrapadas entre la cubierta y el pavimento y es mayor para pavimentos muy lisos que para pavimentos porosos. En éstos el mecanismo de atenuación es doble: se reduce el aire aprisionado y la porosidad actúa absorbiendo parte del ruido. El ruido aerodinámico aumenta mucho con la velocidad y con las superficies angulosas, presencia de canales de goteo, etc. Para velocidades de 80 km./h o más es el ruido predominante.

Las legislaciones de casi todos los países contemplan límites de emisión según la categoría y porte del vehículo que se verifican mediante mediciones con metodología normalizada (ver sección 4.1).

El flujo del tránsito (o intensidad del tránsito), es decir, la cantidad de vehículos por hora, tiene una incidencia directa en el ruido. Para flujos no saturados (es decir, donde los vehículos pueden circular en forma más o menos independiente entre sí) se cumple que por cada aumento al doble del flujo hay un incremento de 3 dB en el nivel

¹ Texto ordenado de la exposición realizada el 22/07/04 por el autor en el Taller sobre “Ruido del tránsito. Ruido industrial. Ruido de locales de entretenimiento ” dirigido a inspectores y personal técnico de las intendencias, realizado en el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) de la República Oriental del Uruguay, organizado por la Dirección de Medio Ambiente (DINAMA) y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (UdelaR) (Uruguay) como cierre de la primera etapa del convenio MVOTMA - UdelaR.

de ruido. Cuando se alcanza la saturación, las dificultades de maniobrabilidad hacen que la velocidad media disminuya, lo cual produce un incremento menor del nivel de ruido.

Otro aspecto importante del flujo es el tipo de régimen. Tenemos el flujo continuo, característico de una ruta, el flujo pulsante continuo, típico de una calle urbana, y el flujo interrumpido o pulsante desacelerado o acelerado, característico de calles semaforizadas, puestos de peaje, etc.

La composición del tránsito puede expresarse como proporción o porcentaje de cada categoría de vehículos con respecto al total. Los diferentes vehículos pueden clasificarse en dos o más categorías, por ejemplo, motocicletas, automóviles, colectivos y camiones. En muchos casos es suficiente una clasificación en dos grandes categorías: pesados y livianos. Los vehículos pesados son aquéllos en los que al menos un eje tiene cuatro ruedas. La composición del *tránsito* puede diferir de la composición del *parque automotor*² y puede ser específica de cada arteria específica. Por ejemplo, por una calle por la que no pasen líneas de colectivos el porcentaje de vehículos pesados es mucho menor. Dentro de los vehículos pesados cabe distinguir los de transporte de personas (ómnibus, buses o colectivos) y de cargas. Se verifica que los destinados al transporte de personas son bastante menos ruidosos que los automóviles particulares a igual cantidad de personas transportadas.

La pendiente de la vía de circulación, especialmente si es mayor de unos pocos grados tiene una incidencia muy grande en el ruido resultante, debido a que obliga a bajar la relación de transmisión para una determinada velocidad, lo cual aumenta la velocidad angular del motor y el ruido del escape. Esto es especialmente cierto para los vehículos pesados

El perfil de la vía puede ser de tres tipos: abierto, en L y en U. El perfil abierto se tiene cuando no hay superficies reflectantes cercanas. El perfil en L, cuando sólo hay un plano de fachadas (por ejemplo en una calle con edificación en uno de sus lados y una plaza en el otro). El perfil en U corresponde a dos planos de fachadas y es el típico de las calles urbanas. El perfil en L puede aumentar en hasta 3 dB el nivel cercano a la fachada. El perfil en U puede aumentar algo más inclusive, produciendo además un efecto reverberante. Cuando las superficies son irregulares, con presencia de balcones, porches, etc. (reflexión difusa), el ruido se puede ver algo reducido con respecto al caso en que el plano de fachadas es uniforme (reflexión especular).

2. Ruido industrial

El ruido industrial puede considerarse desde dos puntos de vista: el ruido dentro de una planta industrial y el ruido que la planta emite hacia el exterior de la misma. El ruido interno tiene importancia laboral y pueden considerarse dos aspectos: la preservación de la salud auditiva y las condiciones de confort requeridas para determinadas actividades, particularmente las relacionadas con procesos intelectuales (análisis, diseño, proyecto, planificación, preparación de informes, capacitación, reuniones, etc.). Las condiciones requeridas para la salud auditiva equivalen en casi todos los países a un nivel equivalente diario (8 h) no mayor de 85 dBA. Las condiciones para el confort dependen de la actividad a realizar, pero generalmente están muy por debajo.

El ruido externo incide en la comunidad vecina a la planta. Se rige en general por límites de tipo ambiental, que se ubican en un nivel intermedio entre los niveles anteriores. Un factor importante lo constituyen los factores de propagación. En ausencia de

² El parque automotor está constituido por la totalidad de los vehículos empadronados en determinada jurisdicción.

condiciones meteorológicas particulares y de obstáculos importantes, el ruido de fuentes puntuales o concentradas se propaga en forma rectilínea y se reduce unos 6 dB por cada duplicación de la distancia entre la fuente y el receptor. En el caso de fuentes lineales (por ejemplo un conjunto de fuentes similares alineadas a lo largo de una distancia bastante mayor que la de la fuente más cercana al receptor) la disminución es de sólo 3 dB.

A distancias de varios cientos de metros o más, comienza a hacerse apreciable una disminución de nivel debido a la absorción del propio aire. Ésta absorción depende de la temperatura y la humedad y, en general, es mayor para los sonidos más agudos (alta frecuencia).

En presencia de gradientes térmicos (variaciones de temperatura) con la altura el ruido deja de propagarse en línea recta y pasa a propagarse a lo largo de una trayectoria curva. Si, como es más habitual, la temperatura se reduce con la altitud, las trayectorias divergen (es decir, se curvan) hacia arriba. A distancias considerables se forma una sombra acústica ya que el sonido emitido hacia el receptor se curva hacia arriba, y el que se dirige hacia el terreno se refleja en el suelo y luego también se curva hacia arriba.

En ciertos horarios (por ejemplo en las primeras horas de una noche clara) el suelo se enfría (por radiación de calor) antes que el aire y se produce una inversión de temperatura. Esto significa que en los primeros 100 m de altura la temperatura puede aumentar con la altitud en lugar de disminuir, por lo cual el sonido se curva hacia abajo, reflejándose en el suelo, luego volviéndose a curvar hacia abajo y volviendo a reflejarse, y así sucesivamente hasta llegar al receptor. El resultado neto es que la propagación a grandes distancias se ve favorecida.

Otro factor meteorológico importante es el viento. Cuando el viento sopla a favor, las ondas sonoras se curvan hacia abajo, mientras que cuando sopla en contra se curvan hacia arriba. En el primer caso se produce un refuerzo, en tanto en el segundo se producen sombras acústicas. Por ello las fuentes distantes se perciben muy claramente cuando hay viento a favor y, en cambio, pueden tornarse inaudibles con viento en contra.

Las condiciones de propagación se encuentran detalladas en dos normas internacionales, la ISO 9613-1 y la ISO 9613-2.

3. Ruido de locales de esparcimiento

Igual que en el caso del ruido industrial, es posible medir y analizar el ruido interno y el externo. A diferencia del caso industrial, el ruido interno puede alcanzar, con características potencialmente perjudiciales, no sólo al personal (que debe ser considerado bajo el imperio de la legislación laboral) sino también a los asistentes, quienes al no estar protegidos laboralmente no tienen requisitos de ninguna especie en cuanto a exámenes periódicos, audiometrías, etc. La OMS establece como criterio que sólo se puede asistir a conciertos a 100 dBA durante 4 horas 4 veces por año, cuando en una discoteca es habitual tener 105 dBA durante 4 horas y cerca de 50 veces por año, suponiendo una asistencia por semana.

Los niveles más altos se dan en general cerca de los altoparlantes, que normalmente están cerca de la pista. Como criterio, los parlantes no deberían estar a menos de 2 m de las personas más cercanas. Debido a que muchas veces las discotecas funcionan en edificios reciclados sin las adecuadas condiciones acústicas, la reverberación es alta lo cual lleva a sufrir varios inconvenientes: a) Una reverberación muy alta. b) Baja inteligibilidad de la música (y casi nula de la palabra). c) Incremento del nivel sonoro para una potencia dada con respecto al que se tendría en un ambiente menos reverberante. d) Uniformidad en el nivel sonoro en casi todos los puntos del ambiente, incluyendo los

puntos alejados de la pista como la barra, las mesas, etc. e) Un mayor nivel en los servicios auxiliares (baños, boleterías). f) Una mayor trascendencia del ruido hacia edificios vecinos.

En cuanto a los ruidos que trascienden hacia el vecindario, ellos tienen dos causas. La primera es el ruido de la música, gritos, sistemas de ventilación y aire acondicionado producidos por la actividad dentro del local de entretenimiento inadecuadamente atenuado por medios de aislamiento acústico o controles de ruido y vibraciones. La segunda es el ruido de la actividad que se suscita fuera del local, en la vía pública o en las proximidades del área de acceso al local. Esta actividad incluye la permanencia de muchas personas esperando para ingresar, descansando del ambiente pesado, conversando a los gritos, etc. a lo que se agrega el incremento en la cantidad de vehículos circulando por el lugar, dejando o recogiendo gente, estacionados con el motor encendido, entre otros.

Los ruidos generados internamente son responsabilidad directa del empresario y deben controlarse mediante técnicas específicas: paredes dobles y vidrios dobles, accesos con hall de entrada y doble puerta (cancel), pisos flotantes (sobre todo en la pista de baile), tratamientos absorbentes, circuito de ventilación y acondicionamiento de aire con silenciadores en el circuito de entrada y salida y una renovación horaria de aire adecuada según el tamaño y cantidad de asistentes.

Los ruidos externos son de responsabilidad distribuida, si bien debería ser obligación del empresario de crear condiciones para evitar la acumulación de personas afuera, por ejemplo, celeridad en la venta de entradas, buena ventilación y acondicionamiento de aire, variedad de ambientes interiores rompiendo la monotonía y la sensación de reclusión; por ejemplo, ambientes en los que sea posible conversar o consumir bebidas y alimentos.

4. Técnicas de medición

Las técnicas de medición dependen del objeto de la medición y de los medios disponibles, así como de las características de las fuentes, del tipo de ruido y de las condiciones ambientales. En todos los casos es preciso establecer protocolos de medición que garanticen la *reproducibilidad* de los resultados, vale decir, que realizada la medición por personas diferentes e instrumentos diferentes se obtengan los mismos *resultados*. Dichos protocolos suelen responder a normas técnicas de procedimiento nacionales o internacionales que establecen no sólo las condiciones y metodologías de medición sino también el instrumental a utilizar. Debe aclararse que el *resultado* de una medición no es un solo valor numérico sino un valor y su *incertidumbre*, que expresa el intervalo dentro del que se encuentra el valor real³ de la magnitud medida.⁴

³ El valor real es un concepto difícil de precisar. La longitud de una mesa, por ejemplo, podría depender de condiciones ambientales como la temperatura y la humedad, del tiempo que dichas condiciones han permanecido invariables, del material de la mesa, etc. Pero además, si pretendiéramos aumentar la precisión de la medición llegaríamos eventualmente a las dimensiones atómicas, donde, por un lado, nos encontraríamos con los límites establecidos por el principio de indeterminación y con la vibración térmica aleatoria que haría imposible establecer la ubicación de los extremos de la mesa. En el caso del ruido el problema es todavía más complejo, porque al ser un fenómeno que se desarrolla en el tiempo, una vez ocurrido no es posible reproducirlo exactamente para efectuar una nueva medición.

⁴ En algunos casos dicha incertidumbre debe expresarse en la forma de un *intervalo de confianza*, es decir el intervalo dentro del que el resultado estará con una probabilidad establecida, por ejemplo 95%. Esto significa que el 95% de las veces que se realice la misma medición el valor obtenido estará en dicho intervalo.

En líneas generales las mediciones pueden estar orientadas a la caracterización de una *fente* o a la caracterización de un *ambiente*. En el primer caso se mide la *emisión* de ruido y en el segundo la *inmisión*. Cuando la fuente incide directamente en su entorno (por ejemplo un vehículo que transita por la vía pública o una máquina supervisada por un operario expuesto a su ruido) se suele medir la emisión de la fuente y compararla con límites exigidos o recomendados. Cuando la acción de la fuente está mediatizada por multitud de factores (efectos de propagación, obstáculos, aislamiento, absorción acústica) se mide, en cambio, la inmisión, que también se comparará con los máximos establecidos. Es el caso del ruido al vecindario. El ruido de inmisión se asocia con un punto receptor, que puede ser un punto al aire libre, un ambiente interior o el oído de un oyente.⁵

4.1. Ruido vehicular

Debido a que el ruido de los vehículos individuales tiene una incidencia primordial en el ruido urbano, la legislación contempla límites máximos admisibles. Es casi imposible caracterizar el ruido de los vehículos individuales en todas las condiciones particulares de conducción, por lo cual se utiliza un protocolo de ensayo (normalizado por norma internacional ISO 362) que pone en juego los mecanismos básicos de generación de ruido. El mismo, denominado generalmente *método dinámico*, consiste en medir el ruido del vehículo a máxima aceleración a partir de una velocidad de 50 km/h, circulando por una pista horizontal al aire libre, sin obstáculos dentro de un radio de 25 m y sin superficies reflectantes dentro de los 50 m. La medición se toma con el sonómetro a 1,2 m sobre el suelo y a 7,5 m de la trayectoria del vehículo, y se registra el máximo.⁶

El resultado obtenido no puede interpretarse como el ruido que producirá el vehículo en condiciones normales de circulación, pero puede emplearse para comparar diversos vehículos y configuraciones de vehículos y para autorizar un vehículo particular para su circulación.

Debido a las dificultades para realizar este tipo de ensayo, en general sólo se lo utiliza para homologar un modelo para su comercialización o en caso de graves litigios. Las verificaciones rápidas utilizan otro tipo de ensayo, conocido como método estático. Éste consiste en medir el ruido del escape y del motor con el vehículo detenido, en condiciones especificadas de potencia, con el sonómetro a 45° del eje del escape y a 50 cm de la salida de gases, a cielo abierto y sin obstáculos a 2 m del vehículo. Se puede hacer en la vía pública. La norma correspondiente es la ISO 5130.

4.2. Ruido del tránsito

La medición del ruido del tránsito difiere de la del ruido de vehículos individuales en que se trata de una medición de ruido de *inmisión*. Aunque existe una pequeña proporción de la población circulando a pie por las veredas de la ciudad, la mayor parte de

⁵ Es interesante destacar que lo que se mide es *siempre* un ruido de inmisión: la inmisión en el micrófono del sonómetro. Cuando las condiciones de medición en relación con la fuente (posición, distancia, régimen de funcionamiento) están perfectamente establecidas, el ruido medido es *representativo* o *característico* de la fuente y puede tomarse como un indicador de su emisión. Para fines de ingeniería de control de ruido la emisión se expresa en términos de potencia sonora, en lugar de presión sonora. La potencia sonora puede calcularse a partir de mediciones normalizadas para cada tipo de fuente.

⁶ Las descripciones de los métodos de medición expuestas son sólo resúmenes. Los procedimientos completos contienen muchos más detalles y se recomienda consultarlos antes de realizar mediciones según las respectivas normas.

los habitantes de una ciudad se encuentra realizando actividades o descansando en el interior de edificios (viviendas, oficinas, comercios, escuelas, etc.). Ello haría pensar que las mediciones tendrían que efectuarse en interiores. Hay tres razones para evitarlo. a) La gran variedad de ambientes interiores, fachadas, aberturas, etc., y la consecuente dificultad de normalización. b) La dificultad logística para gestionar autorización para ingresar en los domicilios en los horarios requeridos. c) La disponibilidad de métodos para evaluar los efectos en la población (molestia, interferencia con el sueño) a partir de mediciones en exteriores. En consecuencia, salvo para estudios o investigaciones muy específicas, las mediciones del ruido del tránsito se hacen en exteriores

Hay tres formas aceptadas para medirlo, que se diferencian en la posición del micrófono. La primera es en la vereda, a 1,5 m de altura sobre el piso y a 2 m de la fachada. La segunda es a 4 m de altura, también a 2 m de la fachada y la tercera, utilizada en Gran Bretaña a 4 m de altura y 1 m de la fachada.

La distancia a la fachada tiene una influencia significativa en los valores medidos. A distancias menores de 2 m el efecto de las reflexiones empieza a ser notorio, sobre todo en baja frecuencia.⁷ Así, al ras de una fachada muy reflectante se puede alcanzar un nivel hasta 6 dB superior al que se tiene a 2 m. Sólo se pueden realizar comparaciones apropiadas si todas las mediciones se realizan a la misma distancia.

La selección de la altura de medición depende de la valoración de las ventajas y desventajas. Medir a 4 m de altura es más seguro pues el micrófono no está accesible a los viandantes, implica menor impacto en el resultado de la medición de situaciones particulares como gritos, bocinas, aceleradas (menor casuística), admite estaciones permanentes para monitoreos continuos o prolongados. Como contrapartida, requiere mayor infraestructura (trípodes elevados, cables costosos) y tiempo de instalación.

Medir a 1,5 m, por su parte, es más sencillo y económico pero requiere más vigilancia, atrae la atención y por lo tanto es más susceptible a interferencias intencionales o no intencionales.

Es preferible medir lejos de las bocacalles, para reducir la influencia de los vehículos que circulan por las calles transversales.

Debido a que el tránsito es muy variable, se mide siempre el nivel equivalente. El tiempo de medición debe ser tanto mayor cuanto menos vehículos por hora circulen. A menudo es necesario medir en varios horarios, debido a que el flujo es fluctuante a lo largo del día e, inclusive, estacionalmente.

Es recomendable complementar las mediciones con un conteo manual o automático de los vehículos y, en casos de interés, realizar encuestas entre los vecinos. Existen encuestas normalizadas o en vías de normalización (véase el borrador ISO 15666) que permiten la ulterior comparación de los resultados con trabajos similares efectuados en otras jurisdicciones.

4.3. Mapas de ruido

Los mapas de ruido son registros georreferenciados de los niveles sonoros u otra información acústica pertinente obtenidos en un área geográfica determinada. Pueden obtenerse por medición, por simulación, predicción o cálculo, o en forma mixta, midiendo algunos valores y calculando otros por extrapolación e interpolación a partir de modelos matemáticos o físicos.

Cuando se miden sirven como relevamiento o herramienta diagnóstica para detectar problemas a corregir o zonas a proteger. Cuando se calculan, los mapas de ruido

⁷ Las bajas frecuencias son importantes pues el ruido del tránsito tiene alto contenido de baja frecuencia.

permiten realizar estudios prospectivos de impacto acústico, lo cual es útil para la planificación urbana, los proyectos de urbanización y de infraestructura vial, etc.

Una consideración muy importante a la hora de planificar la elaboración de un mapa de ruido es la selección de puntos de medición. Debido a que el trabajo de campo correspondiente a cada punto tiene un costo considerable (personal, instrumental, seguros), conviene que la cantidad de puntos sea la mínima imprescindible para el tipo de relevamiento requerido. Existen varios criterios posibles para la selección de puntos: a) Emplear una cuadrícula uniforme, por ejemplo un punto cada 500 m. La distancia entre puntos sucesivos depende del presupuesto disponible y del área a representar. b) Emplear una cuadrícula cuya densidad de puntos sea proporcional a la densidad poblacional. c) Emplear una cuadrícula tal que los valores sucesivos difieran en más de un adecuado diferencial (por ejemplo, 3 dB o 5 dB). d) Clasificar todos los puntos potencialmente medibles según sus características acústicas, flujo vehicular, composición del tránsito, pendiente, etc. y medir en un punto de cada clase. Por ejemplo una clase podría estar constituida por todas las cuadras que tienen entre 200 y 250 vehículos livianos por hora, entre 20 y 30 vehículos pesados por hora, perfil en U y pendiente horizontal. De todos los puntos de medición que cumplen con esas condiciones se elegiría uno y en él se mediría.

Debido al elevado costo que implica el realizar un mapa de ruido, conviene hacerlo actualizable, para lo cual se debe realizar también una evaluación del flujo y composición del tránsito. Esto permite obtener un modelo que permita corregir los valores a partir de cambios futuros en las condiciones de servicio (incremento del tránsito).

4.4. Medición del ruido originado en actividades de entretenimiento

La medición dentro de un local de esparcimiento puede realizarse en tres condiciones. La primera, sin público y sin proyección de música. Tiene por objeto medir el ruido de fondo. La segunda, sin público y con proyección de música al máximo nivel que se utilizará en la práctica. Esta medición tiene la ventaja de que puede realizarse sin precauciones por la presencia de público y por lo tanto admite una mayor flexibilidad en cuanto a ubicaciones del micrófono. La tercera, con público y música. Permite una determinación en condiciones más reales, incluyendo los gritos y las conversaciones en alta voz, pero ofrece ciertas dificultades para lograr que la presencia de personas no interfiera con la medición (dificultades de localización y condiciones de seguridad del instrumento, repetibilidad de la medición, etc.)

Las mediciones en domicilios vecinos deben realizarse en los ambientes más expuestos, particularmente si éstos están destinados a actividades muy sensibles, como el descanso o el trabajo intelectual. Si hay ventanas debe considerarse la situación más perjudicial para el afectado. No siempre la peor situación es con la ventana abierta, ya que si el ruido trasciende a través de una pared medianera u otra vía estructural (y no por vía aérea), podría suceder que al abrir la ventana el ruido ambiente enmascare al ruido proveniente del local vecino. Esto es particularmente cierto en aquellos casos en que el criterio para determinar la molestia es diferencial, es decir, cuando se determina a partir de la diferencia entre el nivel de ruido total y el nivel de ruido de fondo.⁸ En estos casos, abrir la ventana implica un aumento del ruido de fondo, lo cual podría llevar a que el ruido del local se calificara como no molesto.

En general conviene realizar varias mediciones en diversas posiciones dentro de la habitación (al menos tres), evitando los puntos de simetría y los puntos demasiado cer-

⁸ Un ejemplo de tal criterio lo constituye la norma argentina IRAM 4062 sobre ruidos molestos al vecindario.

canos a una superficie reflectante. El resultado final se obtendría promediando los valores obtenidos en los diversos puntos. En general se mide el nivel equivalente en intervalos que pueden variar entre 15 minutos y 1 hora, aunque a consideración del experto dichos valores se pueden reducir si el ruido presenta una uniformidad o escasa variabilidad a lo largo del tiempo.

4.5. Vicios en las mediciones de ruido

Las mediciones acústicas tratan magnitudes cuya percepción intuitiva es dificultosa o imposible, por lo que es fácil cometer errores que no se advertirán fácilmente a la hora de procesar o analizar los resultados. Por ello es importante estar advertidos de los vicios más frecuentes que pueden inutilizar o restar confiabilidad a una medición de ruido.

4.5.1. Selección inadecuada de la escala o rango

Existen dos límites para la validez de una medición: la saturación y el piso de ruido propio del instrumento. La saturación o sobrecarga (*overload* en inglés) en la práctica se corresponde con el límite superior de la escala, más conocido como *fondo de escala* o *alcance*. Sin embargo, cuando se obtiene un nivel equivalente (promedio energético), a menudo el instrumento es capaz de procesar correctamente valores instantáneos ligeramente mayores que el fondo de escala. Por ejemplo si el fondo de escala es 100 dB, picos de 103 dB y en algunos casos hasta de 106 dB serán en general manipulados correctamente. En los instrumentos más modernos existe algún indicador de sobrecarga que avisa si en una medición de nivel equivalente se ha producido una sobrecarga. Las mediciones con sobrecarga en general deben descartarse porque son poco confiables. En efecto, un ruido impulsivo que sea quizás poco llamativo auditivamente por su escasa duración, como una puerta que se cierra de golpe, puede tener suficiente energía como para alterar significativamente el valor medido. La sobrecarga hará que el instrumento lo subestime, promediándolo con el resto como si fuera un valor válido.

Similarmente, un fondo de escala demasiado alto para el nivel de los ruidos característicos del ambiente a medir puede hacer que muchos valores sean sobrestimados por el instrumento. Por ejemplo, si el límite inferior de la escala se establece en 70 dB, cualquier ruido inferior a 70 dB será interpretado como 70 dB (en algunos casos un poco menos, por ejemplo 65 dB). Así, si el ruido ambiente real es de 50 dB, el instrumento indicará un nivel equivalente cercano a 70 dB (por ejemplo 65 dB)

4.5.2. Presencia de fuentes interferentes

Durante las mediciones pueden presentarse algunas fuentes de ruido que pasan inadvertidas para el operador, ya sea porque tienen poca relación con el ruido principal objeto de la medición o porque no son claramente audibles a pesar de ser tomadas por el instrumento. Dentro de los primeros pueden aparecer ruidos de animales, por ejemplo perros, pájaros o grillos. A veces el cerebro filtra subjetivamente estos ruidos, creando la sensación de que no están o no son importantes a pesar de lo cual pueden afectar significativamente la medición.

Dentro de los segundos está el ruido del viento y, muy especialmente, el ruido que produce el viento en el propio micrófono. Éste es un ruido de baja frecuencia que puede llegar a ser tan intenso como para saturar al instrumento, a pesar de que no se lo percibe.

Este ruido se reduce enormemente mediante protectores de viento constituidos por una bocha esférica de espuma de poliuretano, utilizados de acuerdo con las indicaciones y eventuales correcciones dadas por el fabricante.

En las mediciones en domicilios particulares es muy frecuente la presencia de ruidos de origen humano como conversaciones (aun si son en voz baja), radio o televisión, electrodomésticos, reactancias de tubos fluorescentes, bombas de agua, pérdidas de agua, carga de depósitos de inodoros, actividades culinarias o gastronómicas (líquidos hirviendo, uso de cubiertos y otros enseres), campanillas de telefonía fija o celular. En estos casos el inspector o perito debería informar a los ocupantes al respecto y solicitarles la suspensión total de tales actividades durante la medición.

También es posible que el ruido del tránsito contamine la medición de un ruido proveniente de un domicilio vecino. En este caso, de ser posible puede convenir seleccionar un ambiente que, sin estar tan expuesto al ruido de la calle, evidencie la influencia de la contaminación sonora bajo evaluación. En casos severos habría que evaluar la posibilidad de interrumpir transitoriamente la circulación, aunque esto puede causar otros ruidos todavía peores, como un incremento en el uso de las bocinas.

Por último, existen otros ruidos inaudibles generados por interferencia electromagnética. Por ejemplo, los intercomunicadores (handys) producen una interferencia que puede ingresar por el micrófono o cables contaminando la medición.

Una solución para detectar y evitar estos problemas es grabar la señal de audio que produce el sonómetro⁹ y posteriormente escucharla. La presencia de ruidos extraños salta inmediatamente y permite descartar una medición.

4.5.3. Selección incorrecta de la ponderación (A, C, plana)

La mayoría de las mediciones se realizan con ponderación A. Puede suceder, sin embargo, que por distracción se configure el instrumento incorrectamente para otra ponderación. Para evitarlo es conveniente tener un procedimiento escrito que estipule revisar la configuración antes de realizar mediciones.

4.5.4. Selección incorrecta de la respuesta temporal (I, F, S)

La respuesta temporal se relaciona con la posibilidad de detectar eventos de corta duración. Así, la respuesta impulsiva (I) permite detectar correctamente ruidos muy breves como golpes, detonaciones, colisión entre objetos, etc. La respuesta rápida detecta ruidos menos abruptos pero puede provocar errores de hasta 11 dB por defecto en la medición de ruidos de muy corta duración como es el caso del ruido de armas de fuego. La respuesta lenta está indicada para la mayoría de los ruidos urbanos pero en casos en que prevalezcan los ruidos impulsivos o de impacto los niveles medidos subestimarán considerablemente el nivel real.

4.5.5. Presencia de modos normales

Los modos normales son resonancias de los ambientes acústicos y se caracterizan por una frecuencia que es reforzada por efecto reverberante más que otras. Además de ser esta cualidad perceptible auditivamente, los modos normales tienden a producir distribuciones muy irregulares de los niveles sonoros, encontrándose puntos en los que el

⁹ La mayoría de los instrumentos modernos tienen una salida de audio calibrada para su uso con filtros y graficadores externos. Esta salida es compatible con los niveles de señal de entrada de la mayoría de los grabadores analógicos y digitales.

nivel es muy bajo y otros en los que es muy alto. No es difícil encontrar diferencias de hasta 10 dB o más, por lo que es preciso estar muy atentos. Lamentablemente, salvo en el caso de ruidos constantes como el de motores o bombas de agua, no es fácil detectarlos simplemente desplazándose a otro punto porque lo más probable es que el nivel cambie porque cambió el ruido.

Este problema se da generalmente en habitaciones pequeñas (dormitorios, baños, comedores), sobre todo cuando las superficies no son muy absorbentes (por ejemplo, dos paredes opuestas con revoque pintado, o azulejos, o cielorraso de yeso o revoque y piso de baldosas o cerámicos. Las frecuencias involucradas son en general las bajas frecuencias (menores de unos 200 Hz).

La mayoría de los ruidos que atraviesan paredes, tabiques o que se propagan por vía aérea siguiendo trayectorias no rectilíneas son de baja frecuencia (ya que las altas frecuencias son fácilmente controladas), por lo que el problema es real y puede desvirtuar una medición.

La solución es procurar alejarse de puntos de simetría (el centro geométrico de la habitación) o de las superficies reflectantes (paredes, muebles) y medir en varios puntos de la habitación para luego promediar. Cada medición es en realidad un nivel equivalente, por lo cual el sonómetro debe permanecer en cada punto el tiempo que corresponda.

4.5.6. Tiempo de integración insuficiente

En las mediciones de nivel equivalente es fundamental seleccionar un adecuado tiempo de integración (tiempo durante el cual se realiza el promedio). El criterio a seguir es que la lectura se estabilice al menos a la mitad del intervalo de incertidumbre de la medición. Así, si se requiere un resultado ± 1 dB, el valor leído debe fluctuar en menos de $\pm 0,5$ dB. No hay una regla única e infalible para seleccionar el tiempo de integración, ya que depende enormemente de la variabilidad del ruido. Así, por ejemplo, para la medición de ruidos constantes (el ruido de una caldera o de una máquina) a menudo es suficiente 1 ó 2 minutos. Para ruido del tránsito de una avenida muy circulada, suele ser suficiente promediar durante 5 a 10 minutos, para calles céntricas, 15 minutos y para calles poco circuladas, 30 minutos.

Un tiempo insuficiente puede traducirse en el riesgo de tomar un ruido no representativo de la situación a largo plazo.

5. Conclusión

Cada tipo de ruido presente en una ciudad requiere una caracterización que permita cuantificarlo, estudiarlo, contrastarlo con criterios establecidos por normas o por la legislación y eventualmente controlarlo. La medición es un paso dentro de la caracterización que requiere conocer la naturaleza del ruido, sus fuentes, su forma de propagación y trascendencia, los ambientes en los que se produce y sobre los que incide, los eventos capaces de interferir con ella y el instrumental requerido, sus configuraciones y sus limitaciones.