

REVISTA INGENIERÍAS

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN

Vol. 10 No. 18 Enero/Junio de 2011



UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN





UNIVERSIDAD DE MEDELLIN

REVISTA INGENIERÍAS

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN

Volumen 10, Número 18, enero/junio de 2011

ISSN-I: 1692-3324 (versión impresa)

ISSN-E: 2248-4094 (versión digital)

WEB: <http://webapps.udem.edu.co/RevistaIngenierias/>

Nuestra publicación ha sido admitida en:

Índice Bibliográfico Nacional de Publicaciones Serias Científicas y Tecnológicas, PUBLINDEX, COLCIENCIAS, clasificación A2

Scientific Electronic Library Online -Scielo- Colombia

Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias-PERIÓDICA, Universidad Nacional Autónoma de México

Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal-LATINDEX

Base de datos "Fuente Académica" de EBSCO Information Services

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y

Portugal-RedAlyC  

Base de datos "Scifinder" de Chemical Abstracts Service

Base de datos "Informe Académico" de Gale Cengage Learning

DIALNET. Red de revistas científicas de investigación de habla hispana

IET-INSPEC

Miembro de la Red Colombiana de Revistas de Ingeniería



Aura Marlenny Arcila Giraldo

Presidenta Honorable Consiliatura

Néstor Hincapié Vargas

Rector

Alba Luz Muñoz Restrepo

Vicerrectora Académica

Leonardo David López Escobar

Coordinador Editorial, Universidad de Medellín

ldlopez@udem.edu.co

Fredy López Pérez

Editor

jflopez@udem.edu.co

Lorenza Correa Restrepo

Corrección de estilo

lorenzacorrea@une.net.co

Olga Gil Domínguez

Traductora

olgagil@une.net.co

Andrés Borrás Álvarez

Catalina Flórez García

Paula Andrea Vélez

Asistencia editorial

COMITÉ EDITORIAL

Fredy López Pérez, M. Sc.

Universidad de Medellín, Colombia. Editor

Manuel Alonso Builes, M. Sc.

Universidad de Medellín, Colombia

Gloria Carvajal Pérez. Ph. D.

Universidad de Medellín, Colombia

Felipe Isaza. M. Sc.

Universidad de Medellín, Colombia

Liliana González Palacio. Ph. D. (c).

Universidad de Medellín, Colombia

Óscar Pastor López, Ph. D.

Universidad Politécnica de Valencia, España

Jordi Morató. Ph. D.

Universidad Politécnica de Cataluña, España

Néstor Jaime Aguirre Ramírez, Ph. D.

Universidad de Antioquia, Colombia

Damià Vericat, Ph. D.

Universidad de Lleida, España

COMITÉ CIENTÍFICO

Luis Fernando Restrepo Vélez. Ph. D.

Solingal, Colombia

Jorge A. Ramírez. Ph. D.

Universidad de Colorado, EU

Guillermo E. Franco. Ph. D.

Universidad de Columbia, EU

André Pacheco de Assis. Ph. D.

Universidad de Brasilia, Brasil

Juan Diego Jaramillo Fernández. Ph. D.

Universidad EAFIT, Colombia

José Gallardo Arancibia, Ph. D.

Universidad Católica del Norte, Chile

Claudio Meneses, Ph. D.

Universidad Católica del Norte, Chile

Canje, correspondencia y suscripciones: Biblioteca de Facultades

"Eduardo Fernández Botero" Universidad de Medellín

Tel.: 3405252- 3405335 • Fax (57-4) 3455216-Apartado Aéreo 1983

Correos electrónicos: rbarrientos@udem.edu.co

revistaingenieriasudem@udem.edu.co

Medellín, Colombia S.A.

Fecha de impresión: junio de 2011

Foto portada: "Horizontes", Cristian Restrepo

Impresión: Cadena

Cra 50 # 97ª Sur 150 Autop. Sur km 16

Tel: (4)378 66 66 Fax: (4)2795542

Medellín-Colombia

Queda autorizada la reproducción total o parcial de los contenidos de la revista con finalidades educativas, investigativas o académicas siempre y cuando sea citada la fuente. Para poder efectuar reproducciones con otros propósitos, es necesario contar con la autorización expresa del Sello Editorial Universidad de Medellín. Las ideas, contenidos y posturas de los artículos son responsabilidad de sus autores y no comprometen en nada a la Institución ni a la Revista.

Contenido

Contents

Presentación.....	7
Editorial	9
Colaboradores.....	11
Método basado en teledetección para estimar la emisión de gases efecto invernadero por quema de biomasa.....	13
<i>A remote sensing method to estimate greenhouse gas emissions from biomass burning</i>	
<i>Jesús Adolfo Anaya Acevedo</i>	
<i>Emilio Chuwieco Salinero</i>	
<i>Alicia Palacios-Orueta</i>	
Simulación de ruido de tránsito automotor como herramienta para el rediseño de rutas de transporte público colectivo en el municipio de Medellín	19
<i>Simulation of road traffic noise as a tool for redesigning public transport routes in the municipality of Medellin.</i>	
<i>Carlos Alberto Echeverri</i>	
<i>Diego Mauricio Murillo</i>	
<i>Germán Mauricio Valencia</i>	
Evaluación de la eficiencia de una batería de filtros empacados en zeolita en la remoción de metales pesados presentes en un licor mixto bajo condiciones de laboratorio.....	31
<i>Evaluation of efficiency of a filter battery packaging zeolite in the removal of heavy metals in a mixed liquor under laboratory conditions</i>	
<i>Diana Rocío Acevedo Cifuentes</i>	
<i>Sandra Milena Builes Felizzola</i>	
<i>Carlos Andrés Ordóñez Ante</i>	
<i>Idalia Jacqueline López Sánchez</i>	
Efecto del enriquecimiento con nutrientes en la degradación de clorpirifos, malatión y metilparatión.....	43
<i>Effect of inorganic nutrients addition over the Chlorpyrifos, Malathion and Methyl Parathion degradation</i>	
<i>S. A. Upegui</i>	
<i>G. A. Peñuela</i>	
<i>L. R. Botero</i>	
Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas	51
<i>Protocol for measuring noise emission from stationary sources</i>	
<i>Carlos Alberto Echeverri Londoño</i>	
<i>Alice Elizabeth González Fernández</i>	
Intervalo unitario de tiempo de medición para ruido ambiental.....	61
<i>Unit timing for environmental noise measurements</i>	
<i>William A. Giraldo A.</i>	
<i>Alice Elizabeth González Fernández</i>	
Herramientas para análisis por confiabilidad en geotecnia: la teoría.....	69
<i>Tools for reliability analysis in geotechnical engineering: theory</i>	
<i>César Augusto Hidalgo Montoya</i>	
<i>André Pacheco de Assis</i>	

Herramientas para análisis por confiabilidad en geotecnia: aplicación.....	79
<i>Tools for reliability analysis in geotechnical engineering: application</i>	
César Augusto Hidalgo Montoya	
André Pacheco de Assis	
Cuantificación del riesgo operacional utilizando sistemas de funciones iteradas	87
<i>Operational risk quantification using iterated functions systems</i>	
Luis Ceferino Franco Arbeláez	
Hermilson Velásquez Ceballos	
Un análisis de la dinámica de largo plazo de la UVR.....	97
<i>An analysis of the long term dynamics of the constant value unit</i>	
Juan David Velásquez H.	
Soraida Aguilar V.	
Mobflow: movilidad para los procesos de negocio de la organización.....	107
<i>Mobflow: mobility for the business process of the organization</i>	
Gustavo Adolfo Aponzá V.	
Henry William Dorado G.	
Juan Carlos Corrales	
Estrategias evolutivas como una opción para la optimización de funciones no lineales con restricciones.....	117
<i>Evolution strategies as an option for optimizing non-linear functions with restrictions</i>	
Diana M. Ortiz	
Juan David Velásquez H.	
Patricia Jaramillo	
Generación automática del diagrama entidad-relación y su representación en SQL desde un lenguaje controlado (UN-LENCEP).....	127
<i>Automatic generation of entity-relationship diagram and its representation in SQL from a controlled language (UN-LENCEP)</i>	
Carlos Mario Zapata Jaramillo	
Guillermo González Calderón	
John Jairo Chaverra Mojica	
Instrucciones a los autores.....	137
<i>Guide for authors</i>	

Rev. Ing. Univ. Medellín	Medellín Colombia	Vol. 10	No. 18	enero, junio	pp. 148	2011	ISSN 1692-3324
-----------------------------	----------------------	---------	--------	-----------------	---------	------	----------------

PROTOCOLO PARA MEDIR LA EMISIÓN DE RUIDO GENERADO POR FUENTES FIJAS

Carlos Alberto Echeverri Londoño*
Alice Elizabeth González Fernández**

Recibido: 10/09/2010

Aceptado: 13/05/2011

RESUMEN

Este documento establece la metodología y los procedimientos necesarios para llevar a cabo las funciones de evaluación, control y seguimiento del ruido proveniente de las fuentes fijas de emisión de ruido, de una manera estandarizada, adecuada, repetible y confiable.

El protocolo se orienta a implementar en forma detallada el procedimiento para determinar la emisión de ruido, contenido en la resolución 627 del 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, a la vez que introduce algunas modificaciones que lo mejoran en forma considerable.

Palabras clave: protocolo, emisión de ruido, procedimiento de medición.

* Ingeniero químico, M. Sc. Ingeniería Ambiental. Jefe del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Medellín. Investigador del Grupo de Investigaciones y Mediciones Ambientales. Dirección: carrera 87 N° 30-65 bloque 4 oficina 104. Teléfono: 340 52 34. Correo electrónico: cecheverri@udem.edu.co. Fax: (574) 340 52 16

** Ingeniera civil, M. Sc. Ingeniería y Ph. D. Ingeniería. Docente del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad de la República (Uruguay). Dirección: Julio Herrera y Reissig 565 - CP 11.300 Montevideo, Uruguay. Teléfono: (598) 2711 33 86 extensión 206. Correo electrónico: elizabet@fing.edu.uy. Fax: (598) 2711 52 77

PROTOCOL FOR MEASURING NOISE EMISSION FROM STATIONARY SOURCES

ABSTRACT

This document sets out the necessary methodology and procedures to carry out the functions of evaluation, control and monitoring of noise from stationary sources of emission of noise, in a standardized, adequate, repeatable and reliable way.

The protocol aims to implement in detail the procedure for determining the noise emission, according to the Resolution 627 of 2006 issued by the Ministry of Environment, Housing and Territorial Development. At the same time the protocol introduces some modifications that improve it considerably.

Key words: Protocol, emission of noise, the measurement procedure.

INTRODUCCIÓN

El ruido siempre ha sido un problema ambiental importante para el ser humano. Sin embargo, la forma en que el problema es tratado difiere considerablemente dependiendo del país y de su cultura, economía y política. Aún así, el problema persiste incluso en áreas donde se han utilizado numerosos recursos para regular, evaluar y controlar fuentes de ruido.

La primera reglamentación en Colombia sobre el ruido data del año 1983. Se trata de la resolución 8321 del Ministerio de Salud en la cual se establecen normas sobre la protección y conservación de la salud auditiva, buscando el bienestar de la población debido a la producción y emisión de ruido [1].

En el año 2006 se sanciona la resolución 627 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido para todo el territorio colombiano, y se fijan los niveles máximos permisibles de emisión de ruido [2]. Sin embargo, al analizar esta resolución se encuentran varias falencias, especialmente en la metodología utilizada para hacer las mediciones de ruido. El protocolo que a continuación se presenta plasma las propuestas para la implementación de los lineamientos dados por la resolución 627 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, e introduce, a su vez, un conjunto de mejoras en lo relativo a las mediciones de emisión de ruido.

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 Requerimientos en las mediciones

Para las mediciones de emisión de ruido proveniente de fuentes fijas deben tenerse en cuenta como mínimo las siguientes condiciones generales:

1.1.1 *Sonómetro*

Las evaluaciones se deben hacer con sonómetros clase 1 o clase 2 según la norma IEC 61672-1:2002 o cualquiera que la sustituya [3].

1.1.2 *Verificación y/o ajuste de la calibración de los sonómetros*

La verificación y/o ajuste de la calibración de los sonómetros se deben llevar a cabo con calibradores que cumplan con la norma IEC 60942:2003.

Se debe verificar el cumplimiento del calibrador con los requisitos de la norma IEC 60942:2003 cada año y el cumplimiento del sonómetro con los requisitos de la norma IEC 61672-1:2002, según la clase del sonómetro (clase 1 o clase 2), cada dos años en un laboratorio con trazabilidad a patrones nacionales y/o internacionales.

Antes de hacer las mediciones de ruido, se debe verificar o ajustar la calibración del sonómetro de acuerdo con las instrucciones del fabricante, utilizando un calibrador. Se debe registrar la fecha de la última verificación o ajuste de la calibración.

Al finalizar la medición, se debe verificar la calibración del sonómetro y de acuerdo con la clase del sonómetro (clase 1 o clase 2), corroborar que la diferencia entre el ajuste inicial y la verificación final no sea mayor que la precisión del equipo; si por alguna circunstancia la diferencia fuere mayor, se debe repetir la medición.

Es necesario que los certificados de calibración acústica y electrónica de sonómetro estén vigentes de acuerdo con los tiempos especificados en este protocolo. Se debe adjuntar copia de los mismos en el informe técnico.

1.1.3 *Verificación de las condiciones meteorológicas*

Las mediciones deben efectuarse en tiempo seco; no debe haber lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo, y los pavimentos y las superficies sobre las que se efectúen las mediciones deben estar secos. Los resultados de las mediciones hechas bajo condiciones meteorológicas diferentes a las estipuladas no serán tenidos en cuenta.

Si las mediciones de ruido se realizan sobre un pavimento y/o superficie donde se presenta tráfico de vehículos, éste debe estar completamente seco;

en caso contrario, no hay inconveniente en que estén mojados.

El micrófono siempre se protege con una pantalla protectora contra el viento durante las mediciones en exteriores [3].

Se debe medir la velocidad del viento y si ésta es superior a 3 m/s, se deben hacer ajustes de acuerdo con las curvas de respuesta suministradas por el fabricante del equipo de medición para las pantallas protectoras contra el viento, o se desistirá de la medición en ese momento y se deja constancia en el correspondiente informe.

La medición de la velocidad del viento debe hacerse a la misma altura a la que está ubicado el micrófono, y en el mismo momento y lugar donde se llevan a cabo las mediciones de emisión de ruido. Se puede, también, estimar la velocidad del viento a través de un procedimiento de cálculo de amplia aceptación, a partir de una medición de la misma a una altura diferente.

1.2 Ajustes

Según la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, los niveles de presión sonora medidos se deben corregir por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores [2].

El ajuste es toda cantidad, positiva o negativa, constante o variable, que se suma a un nivel de presión sonora medido o pronosticado para explicar parte del carácter acústico, la hora del día o tipo de fuente [4].

La molestia debida a una fuente de ruido determinada se percibe de forma diferente según las características del receptor y también depende de otros muchos factores no acústicos, tales como la prominencia de la fuente, su importancia con respecto a la economía del receptor su opinión personal sobre la fuente.

Debido a las diferencias en cuanto a la molestia que produce el ruido, según las diversas fuentes

de emisión, el carácter del ruido, las horas del día, etc., se deben incluir ajustes a los niveles medidos o pronosticados. Estos ajustes deberán sumarse aritméticamente al nivel de presión sonora continuo equivalente, según sea apropiado, cuando los niveles de exposición al ruido se pueden medir o calcular por separado [4]. Los niveles corregidos de presión sonora pueden ser utilizados para predecir la respuesta de la comunidad, satisfactoria o no satisfactoria, a la introducción prevista de una fuente de ruido en el espacio público [5].

Como en este protocolo se busca determinar la emisión de ruido y no el grado de molestia que produce el ruido, estos ajustes no deben hacerse. Por otro lado, el ajuste por la hora del día (K_R) sólo aplica cuando se desea determinar el nivel equivalente corregido para el día y la noche. Dado que la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial no tiene niveles máximos permisibles para ese indicador, su determinación carece de interés.

2 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO

2.1 Aplicabilidad

Los resultados obtenidos en las evaluaciones de emisión de ruido proveniente de fuentes fijas, son utilizados para la verificación del cumplimiento de los estándares máximos de emisión de ruido por parte de la(s) fuente(s) objeto de estudio de acuerdo con lo establecido en la resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o aquélla que la modifique, complemente o sustituya.

Estrictamente, una fuente de emisión de ruido debe caracterizarse a partir de su nivel de potencia acústica (L_w). En la práctica, el nivel de emisión sonora de una fuente se puede describir a través del nivel de presión sonora en un punto próximo a ella (nivel de inmisión de ruido en ese punto), si se puede asumir que la principal fuente de ruido

que incide en ese punto es la que se desea describir (es la que domina).

2.2 Parámetros de medición

Los principales parámetros para la medición de la emisión de ruido proveniente de fuentes fijas son:

- Nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A, LAeq,T, y ponderación temporal rápida (F).
- Nivel de ruido residual, LAeq,T,Residual, medido como nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A y ponderación temporal rápida (F), o como nivel de permanencia L90.

El nivel de ruido residual es el nivel de ruido total cuando los ruidos específicos en consideración son suspendidos. El ruido residual es el ruido ambiental sin ruido específico [2].

El nivel de permanencia L90 es el nivel sonoro que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de medición. Se suele utilizar para indicar lo que se conoce como ruido de fondo, que es el nivel de presión sonora mínimo o de base, que está presente casi todo el tiempo [6].

Si por alguna razón no es posible medir el ruido residual, se toma como valor indicativo (o representativo) de éste el correspondiente al nivel de permanencia L90. Esto se debe hacer constar en el informe técnico, en el que, a su vez, se deben especificar las razones por las cuales no fue posible medir el ruido residual [2]

2.3 Intervalos y tiempos de medición

El intervalo unitario de tiempo de medición es de una (1) hora, la cual puede ser medida en forma continua o en intervalos de tiempo inferiores hasta completar como mínimo quince (15) minutos de captura de información.

Si el ruido es estable (es decir, fluctúa en un intervalo de 3dB), se toman como mínimo 3 mediciones de 5 minutos cada una, para evitar incurrir en mediciones que pudieran resultar de baja representatividad. La tabla 1 presenta la distribución de las mediciones cuando es posible medir el ruido residual, es decir, cuando es posible apagar la fuente de emisión de ruido.

La distribución anterior intenta afectar lo menos posible el funcionamiento de la fuente

Tabla 1. Distribución de las mediciones para varios intervalos de tiempo.

Medición	Fuente	Características de la medición	Tiempo		Duración (min)
			Inicial	Final	
1	Funcionando	- LAeq,T - Respuesta rápida.	0:00	0:05	5
2	Apagada	- LAeq,T,Residual - Respuesta rápida.	0:10	0:15	5
3	Funcionando	- LAeq,T - Respuesta rápida.	0:20	0:25	5
4	Apagada	- LAeq,T,Residual - Respuesta rápida.	0:35	0:40	5
5	Funcionando	- LAeq,T - Respuesta rápida.	0:45	0:50	5
6	Apagada	- LAeq,T,Residual - Respuesta rápida.	0:55	1:00	5

Fuente: elaboración propia.

de emisión de ruido cuando se mide el ruido residual y, a la vez, se da cumplimiento al intervalo unitario de tiempo de medición para los niveles de presión sonora y a la obtención, como mínimo, de quince (15) minutos de captura de información.

Si el ruido es fluctuante (es decir, fluctúa en un intervalo de más de 3dB), se debe tener por lo menos una medición que cubra el tiempo de estabilización, capturando como mínimo 15 minutos de información. Si el tiempo de estabilización es mayor que 15 minutos, la medición debe prolongarse hasta que se establezca el nivel sonoro continuo equivalente, LAeq.

Para determinar el tiempo de estabilización se debe revisar en la pantalla del sonómetro la lectura del nivel LAeq cada minuto a partir del minuto 3 de medición. Si las lecturas de LAeq varían en un intervalo de amplitud de 2 dB por espacio de 5 minutos consecutivos, entonces se puede asumir que el tiempo de estabilización se alcanzó. En este procedimiento se debe asegurar que se esté leyendo el nivel de presión sonora continuo equivalente, LAeq, y no el nivel sonoro instantáneo, SPL.

Si, por razones de funcionamiento de la fuente, no es posible alternar períodos cortos de medición con ella funcionando y sin funcionar para medir alternativamente ruido total y ruido residual, se recomienda que se realicen las tres mediciones en forma consecutiva, tanto en las mediciones de ruido total como en las de ruido residual.

Para evaluar la emisión de ruido de una o más fuentes, si la(s) fuente(s) de emisión de ruido por su naturaleza o modo de operación, no permite(n) efectuar las mediciones en los intervalos de tiempo mencionados, éstas se deben efectuar en el tiempo o tiempos correspondientes de operación de la(s) fuente(s), y relacionar el hecho y el procedimiento seguido en el respectivo informe técnico [2].

No obstante, se debe hacer un análisis de la fuente objeto de estudio con el fin de establecer el intervalo y tiempo de medición que se debe aplicar para el caso particular.

Si la fuente funciona por ciclos, el tiempo de medición deberá contener un número entero de ciclos. Si no se pueden hacer mediciones continuas durante ese período, deberán escogerse intervalos de tiempo de medición de modo que cada uno represente una parte del ciclo y para que, juntos, representen el ciclo completo [3]. Si los ciclos de operación son razonablemente cortos, se podrá captar un mayor número de ciclos en los tiempos estipulados, lo que mejorará la calidad de la información.

2.4 Ubicación del sitio de medición

Cuando se trata de fuentes fijas de emisión de ruido, puede ocurrir que la fuente se identifique perfectamente o que sea necesario medir la emisión proveniente de una pared o de un área que se considera como fuente de emisión.

La medición de la emisión de ruido se hace a 1.50 m de la fachada de la edificación y a 1.20 m a partir del nivel mínimo donde se encuentre instalada la fuente de emisión de ruido (piso, patas o soporte de la fuente) cuando las fuentes, no importa cuántas, estén ubicadas en el interior o en las fachadas de la edificación (tales como ventiladores, aparatos de aire acondicionado, rejillas de ventilación, etc.) [2]. Ver figura 1.

En caso de que las fuentes de ruido estén situadas en azoteas de edificaciones, la medición se ejecuta situando el micrófono a 1.20 m de altura por encima del nivel de la azotea, y si existe pretil o antepecho, a 1.20 m por encima del mismo [2].

Cuando no existen límites medianeros o división parcelaria alguna, porque la actividad o fuente generadora de ruido se encuentra instalada en zona de espacio público, la medición se realiza en el límite del área asignada en la correspondiente autorización o licencia y, en su defecto, se mide a 1.50 m de distancia de la actividad o fuente generadora de ruido, y a 1.20 m del piso [2].

Si la localización del sonómetro a 1.50 m de la fachada de una edificación, actividad o fuente generadora de ruido no es posible, el micrófono se

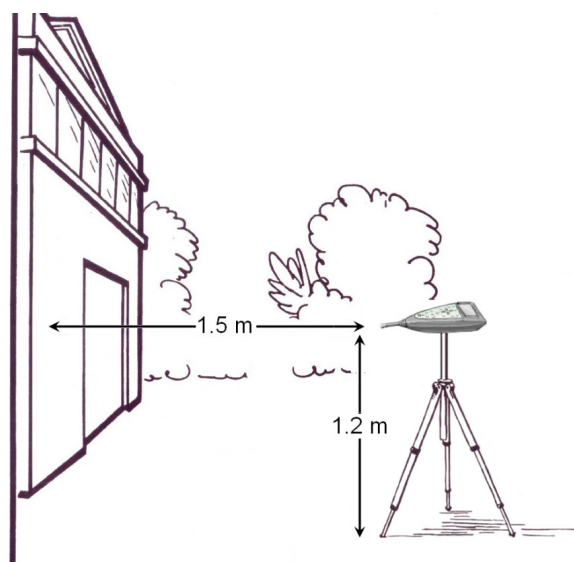


Figura 1. Posición del micrófono respecto a la fachada de una edificación y al nivel mínimo donde se encuentra instalada la fuente de emisión de ruido.

Fuente: elaboración propia.

ubicará a la máxima distancia horizontal posible, inferior a la estipulada, y se efectuará la respectiva anotación y las causas que originan dicha situación [2]. Si lo anterior no es posible, se debe colocar a la distancia que las condiciones lo permitan, dejando constancia en el informe técnico.

Las mediciones de emisión de ruido siempre deben hacerse en el espacio público, a 1.50 m del límite de la propiedad en que está instalada la fuente. Nunca podrán realizarse en el espacio privado para efectos de comparar los resultados con los niveles máximos permisibles de emisión de ruido.

Debe asegurarse que el sitio de medición corresponde con el que requiere la evaluación [2].

El sitio de medición se elige efectuando una evaluación previa por medio de un barrido rápido del nivel de ruido emitido (nivel sonoro instantáneo, SPL) con filtro de ponderación frecuencial A y respuesta temporal rápida (F), el cual se hace a 1.50 m de la fachada, límites medianeros o división parcelaria. De esta manera, se determina el punto

de mayor nivel de presión sonora, el cual se toma como sitio de medición, que coincide generalmente frente a puertas o ventanas [2].

Si la fuente de emisión de ruido bajo estudio limita con otra(s) fuente(s) y el procedimiento anterior da como resultado ubicar el sitio de medición en el límite de las dos fuentes, se escogerá como sitio de medición aquél que se encuentra alejado 1.50 m del límite de las dos fuentes y al frente de la fuente bajo estudio.

Si la fuente de emisión de ruido está compuesta de varios niveles (plantas o pisos), la altura de medición se elige efectuando una evaluación previa por medio de un barrido vertical rápido del nivel sonoro instantáneo (SPL) con filtro de ponderación frecuencial A y respuesta temporal rápida (F).

2.5 Procedimiento de medición

Antes de emprender una medición para determinar la emisión de ruido proveniente de una fuente fija, es necesario verificar las condiciones meteorológicas y proceder de acuerdo con el numeral 2.1.3.

La separación que debe haber entre el técnico (y las demás personas, si las hubiere en el momento de la medición) y el sonómetro debe ser de por lo menos 0.50 m.

Las condiciones de funcionamiento de la fuente deben ser representativas del ruido bajo consideración, es decir, deben ser las reales [3].

Las mediciones deben realizarse con respuesta temporal rápida (F) y con el filtro de ponderación frecuencial A.

La medición debe realizarse en el día, horario y condiciones de funcionamiento donde la intensidad de la emisión de ruido por parte de la fuente sea mayor. Las mediciones se efectúan sin modificar las posiciones habituales de operación de abierto o cerrado de puertas y ventanas, y con las fuentes de emisión de ruido en operación habitual. Si las puertas y ventanas pudieran estar indistintamente abiertas o cerradas, las mediciones se realizarán en la condición más exigente, es decir, con ellas abiertas [2].

Se deben hacer dos (2) procesos de medición de acuerdo con el numeral 2.3, uno con la(s) fuente(s) de emisión de ruido funcionando durante el período de tiempo de mayor emisión o incidencia, para obtener el nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A, $L_{Aeq,1h}$, y otro sin la(s) fuente(s) funcionando, para determinar el ruido residual, $L_{Aeq,1h,Residual}$ [2]. Las mediciones deben efectuarse en el horario diurno o nocturno, según sea requerido, determinando en cada una como mínimo los parámetros de medición definidos en el numeral 2.2.

El nivel de ruido residual (nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A, $L_{Aeq,1h,Residual}$) se mide con la(s) fuente(s) específica(s) apagada(s) y en el mismo sitio de la medición anterior, manteniendo invariables los condicionantes del entorno y durante el tiempo y forma estipulado en el numeral 2.3.

Por la naturaleza de la operación de los establecimientos abiertos al público (bares, discotecas, restaurantes, etc.) y con el propósito de evitar situaciones anómalas en la medición del ruido residual, éste se estimará a partir del nivel de permanencia L_{90} . Se hace referencia a que la fuente de ruido es el establecimiento completo y no sólo los equipos de sonido. Por consiguiente, sólo se podrá evaluar el ruido residual en estas fuentes, si se garantiza que el local está completamente apagado, lo que quiere decir que no debe haber clientes en él, y los equipos de sonido, aire acondicionado o cualquier otro dispositivo que emita ruido deben estar apagados en su totalidad.

Si durante las mediciones se presentan ruidos ocasionales que no pertenecen a la fuente objeto de evaluación, como por ejemplo sirenas, altavoces, etc., éstos no deben ser tenidos en cuenta. En caso de que los ruidos ocasionales abarquen una duración significativa en relación con el tiempo que dura la medición, se deberá incrementar el intervalo de tiempo de las mediciones con el fin de aumentar la representatividad de la medición;

esta información debe quedar incorporada en el respectivo informe técnico.

2.6 Ajustes

No se debe aplicar ningún ajuste.

2.7 Cálculos

2.7.1 Nivel promedio.

Para hallar el nivel sonoro promedio total y residual, $L_{Aeq,1h}$ y $L_{Aeq,1h,Residual}$ (o nivel de permanencia 90), con las mediciones de cada intervalo de tiempo, si las mediciones se hicieron por intervalos, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$L_{Aeq,1h} = 10 \log \left[\frac{\sum T_i \times 10^{\left(\frac{L_{Aeq,T_i}}{10}\right)}}{\sum T_i} \right] \quad (1)$$

$$L_{Aeq,1h,Residual} = 10 \log \left[\frac{\sum T_i \times 10^{\left(\frac{L_{Aeq,T_i,Residual}}{10}\right)}}{\sum T_i} \right] \quad (2)$$

En las cuales:

$L_{Aeq,1h}$ = Nivel de presión sonora continuo equivalente representativo de 1 hora con respuesta temporal rápida, dB(A).

L_{Aeq,T_i} = Nivel de presión sonora continuo equivalente con respuesta temporal rápida de cada evento individual de medición, dB(A).

T_i = Intervalo de tiempo de medición del evento individual con nivel L_{Aeq,T_i} , min.

$L_{Aeq,1h,Residual}$ = Nivel de ruido residual representativo de 1 hora con respuesta temporal rápida, dB(A).

$L_{Aeq,T_i,Residual}$ = Nivel de ruido residual con respuesta temporal rápida de cada evento individual de medición, dB(A).

Si las mediciones de los eventos individuales tienen la misma duración, las ecuaciones anteriores se pueden simplificar de la siguiente manera:

$$L_{Aeq,1h} = 10 \log \left[\frac{\sum 10^{\left(\frac{L_{Aeq,Ti}}{10}\right)}}{N} \right] \quad (3)$$

$$L_{Aeq,1h,Residual} = 10 \log \left[\frac{\sum 10^{\left(\frac{L_{Aeq,Ti,Residual}}{10}\right)}}{N} \right] \quad (4)$$

En las cuales:

N = Número total de mediciones.

2.7.2 Cálculo de la emisión o aporte de ruido (ruido específico)

La emisión o aporte de ruido de cualquier fuente se obtiene al restar logarítmicamente, el valor del nivel de ruido residual, LAeq,T,Residual, al valor del nivel de ruido total, LAeq,T, como se expresa a continuación:

$$L_{Aeq\ emisión} = 10 \log \left[10^{\left(\frac{L_{Aeq,1h}}{10}\right)} - 10^{\left(\frac{L_{Aeq,1h,Residual}}{10}\right)} \right] \quad (5)$$

En la cual:

$L_{Aeq,1h}$ = Nivel de presión sonora continuo equivalente representativo de 1 hora con filtro de ponderación frecuencial A y respuesta temporal rápida, dB(A).

$L_{Aeq,1h,Residual}$ = Nivel de ruido residual representativo de 1 hora, medido como nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación frecuencial A y respuesta temporal rápida o como nivel de permanencia L90, dB(A).

El nivel de emisión o ruido específico, $L_{Aeq\ emisión}$, es el que se compara con los niveles máximos permisibles de emisión de ruido de la resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial o aquella que la sustituya, modifique o complemente.

REFERENCIAS

- [1] Resolución 8321 del 4 de agosto sobre salud y bienestar de las personas por emisión de ruidos., 1983.
- [2] Resolución 0627 del 7 de abril sobre ruido ambiental., 2006.
- [3] I. O. f. Standardization, “ISO 1996-2”, 2007
- [4] Norma Técnica Colombiana NTC 3522, 2005.
- [5] R. Barron, Industrial noise control and acoustics., New York: CRC Press, 2003, 534 p.
- [6] C. Harris, Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido., 2 ed., Madrid: McGraw-Hill, 1995, 1208 p.