



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

INFORME FINAL

PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL

AMC N° 031-2011-MINAM/OGA

Lima, 16/02/2012

Índice

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | Introducción..... | 1 |
| 2 | Objetivo | 2 |
| 3 | Base legal..... | 2 |
| 4 | Términos y definiciones..... | 3 |
| 5 | Monitoreo de ruido ambiental..... | 5 |
| 5.1 | <i>Diseño del plan de monitoreo</i> | 5 |
| 5.2 | <i>Metodología de monitoreo</i> | 8 |
| 5.2.1 | Paso 1: Calibración | 8 |
| 5.2.2 | Paso 2: Identificación de fuentes y tipos de ruido | 8 |
| 5.2.2.1 | Fuentes de ruido | 8 |
| 5.2.2.2 | Tipos de ruido..... | 10 |
| 5.2.3 | Paso 4: Ubicación del punto de monitoreo e instalación de sonómetro | 11 |
| 5.2.4 | Paso 3: Identificación de las unidades de ruido | 14 |
| 5.2.5 | Paso 5: Medición del ruido..... | 14 |
| 5.2.6 | Paso 6: Corrección de datos | 17 |
| 6 | Equipo de monitoreo de ruido ambiental | 17 |
| 7 | Gestión de datos | 18 |

PROTOCOLO NACIONAL DE MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL

Informe Final

1 Introducción

El Ministerio del Ambiente es el organismo rector del sector ambiental, forma parte del Poder Ejecutivo y tiene por función desarrollar, dirigir, supervisar y ejecutar la política nacional del ambiente, aplicable a todos los niveles de gobierno y en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Como parte de los lineamientos de la Política de Calidad del Aire comprendidos en el eje de Política N° 02 "Gestión integral de la calidad ambiental", la autoridad deberá impulsar mecanismos técnico-normativos para la vigilancia y control de la contaminación sonora.

De acuerdo a lo dispuesto en el artículo 133° de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, la importancia de manejar instrumentos de vigilancia y monitoreo eficientes radica en que la información obtenida puede orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental. Por tal razón, la autoridad ambiental nacional será la encargada de establecer los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo.

Mediante Decreto Supremo N° 085-2003-PCM se aprobaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, con el objetivo de establecer los niveles máximos de ruido en el ambiente que no deben excederse para proteger la salud humana. El artículo 14° de la referida norma establece que la vigilancia y monitoreo de la contaminación sonora en el ámbito local es una actividad a cargo de las municipalidades provinciales y distritales de acuerdo a sus competencias, sobre la base de los lineamientos que establezca el Ministerio de Salud.

No obstante lo anterior, a la fecha no existe ninguna norma de observancia obligatoria que determine cómo elaborar un monitoreo de calidad ambiental para ruido. Actualmente se cuenta con dos (02) Normas Técnicas Peruanas (NTPs) emitidas por INDECOPI:

- a) NTP 1996-1:2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación, y;
- b) NTP 1996-2:2008, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. Sin embargo, dichas normas sólo son de carácter voluntario y no establecen ninguna obligación de ser observadas por las entidades públicas y privadas al momento de realizar los monitoreos.

Por lo antes expuesto, el presente Protocolo Nacional de Monitoreo del Ruido pretende establecer metodologías, técnicas y procedimientos para elaborar las mediciones de niveles de ruido en el país, los cuales serán de observancia obligatoria por los Gobiernos Locales (*principales responsables de ejecutar los monitoreos de ruido de conformidad con lo establecido en el D.S. N° 085-2003-PCM*), así como por todas aquellas personas naturales y jurídicas que deseen evaluar los niveles de ruido en el ambiente. El presente Protocolo establece las directrices generales a ser aplicadas en todo el

territorio nacional, independientemente de su ubicación geográfica, contexto social o situación económica específica.

Los resultados obtenidos en los monitoreos podrán ser comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido vigentes a efectos de verificar su cumplimiento. Dicha información estará uniformizada y permitirá que la autoridad oriente la adopción de medidas correctivas o preventivas que permitan asegurar el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental en materia de ruido.

Para el desarrollo del Protocolo se toma como base los criterios técnicos descritos en las Normas Técnicas Peruanas aprobadas por el INDECOPI, en la propuesta de Protocolo de Monitoreo elaborada por la OEFA y en la información obtenida en las reuniones celebradas con autoridades en la materia.

Este Protocolo incluye capítulos relativos al diseño del plan de monitoreo, frecuencia del monitoreo y periodos de muestreo, selección de métodos de medición y lugares de muestreo, entre otros.

2 Objetivo

El objetivo del Protocolo Nacional de Ruido es establecer las metodologías, técnicas y procedimientos (*desde el diseño del plan de monitoreo*) que se deben considerar para tener un monitoreo de ruido ambiental técnicamente adecuado.

El alcance del Protocolo es nacional, y debe ser usado por toda persona natural o jurídica pública o privada que desee realizar un monitoreo de ruido ambiental con fines de comparación con el Estándar Nacional de Calidad Ambiental de Ruido, ya sea para la caracterización de línea base ambiental o para el seguimiento a un plan de gestión de ruido.

El Protocolo Nacional de Ruido se constituye en un documento importante para la gestión ambiental realizada por el Ministerio del Ambiente, ya que al uniformizar la información obtenida, podrá ser utilizada como base para orientar la adopción de medidas que cumplan con lo establecido en la normatividad vigente y en la política nacional en materia de ruido.

3 Base legal

El Artículo 2° inciso 22 de la Constitución Política del Perú establece que es deber primordial del Estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Asimismo, el Artículo 67° señala que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

El Ministerio del Ambiente es el organismo rector del sector ambiental, forma parte del Poder Ejecutivo y tiene por función desarrollar, dirigir, supervisar y ejecutar la política nacional del ambiente, aplicable a todos los niveles de gobierno y en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los lineamientos de política para calidad del aire comprendidos en el eje de Política N° 02 "*Gestión integral de la calidad ambiental*", considera como un lineamiento de Política de Calidad del aire el impulsar mecanismos técnico normativos para la vigilancia y control de la contaminación sonora.

De acuerdo a la Política Nacional del Ambiente aprobada por Resolución Ministerial N° 012-2009-MINAM, se deben establecer indicadores, parámetros y procedimientos para evaluar la eficacia de los instrumentos de control de la calidad ambiental e introducir las correcciones que sean necesarias.

Asimismo, el artículo 133° de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, establece que la vigilancia y el monitoreo ambiental tienen como fin generar la información que permita orientar la adopción de medidas que aseguren el cumplimiento de los objetivos de la política y normativa ambiental. La autoridad ambiental nacional establece los criterios para el desarrollo de las acciones de vigilancia y monitoreo.

Con fecha 30 de octubre de 2003 se publicó el Decreto Supremo 085-2003-PCM “*Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*”, el cual tiene como objetivo establecer los estándares nacionales de calidad ambiental para ruido y los lineamientos para no excederlos, con el objetivo de proteger la salud, mejorar la calidad de vida de la población y promover el desarrollo sostenible.

Respecto del monitoreo del ruido, a la fecha no existe ninguna norma de observancia obligatoria en el ordenamiento jurídico vigente que establezca una metodología general a ser aplicada por los Gobiernos Locales. Sin embargo, INDECOPI ha aprobado dos (02) Normas Técnicas Peruanas:

- a) NTP 1996-1:2007, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación, y;
- b) NTP 1996-2:2008, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. Dichas Normas Técnicas Peruanas no son de cumplimiento obligatorio, lo cual denota un vacío legal respecto de las metodologías generales de monitoreo del ruido en el país.

4 Términos y definiciones

Calibrador acústico: Es el instrumento normalizado utilizado para verificar la exactitud de la respuesta acústica de los instrumentos de medición y que satisface las especificaciones declaradas por el fabricante.

Decibel (dB): Unidad adimensional usada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. Es la décima parte del Bel (B), y se refiere a la unidad en la que habitualmente se expresa el nivel de presión sonora.

Decibel “A” dB(A): Es la unidad en la que se expresa el nivel de presión sonora tomando en consideración el comportamiento del oído humano en función de la frecuencia, utilizando para ello el filtro de ponderación “A”.

Emisión de ruido: Es la generación de ruido por parte de una fuente o conjunto de fuentes dentro de un área definida, en el cual se desarrolla una actividad determinada.

Estándares de Calidad Ambiental para Ruido: Son aquellos que consideran los niveles máximos de ruido en el ambiente exterior, los cuales no deben excederse a fin de proteger la salud humana. Dichos niveles corresponden a los valores de presión sonora continua equivalente con ponderación A.

Fuente Emisora de ruido: Es cualquier elemento, asociado a una actividad determinada, que es capaz de generar ruido hacia el exterior de los límites de un predio.

Intervalo de medición: Es el tiempo de medición durante el cual se registra el nivel de presión sonora mediante un sonómetro.

Línea Base: Diagnóstico para determinar la situación ambiental y el nivel de contaminación del área en la que se llevará a cabo una actividad o proyecto, incluyendo la descripción de los recursos naturales existentes, aspectos geográficos, sociales, económicos y culturales de las poblaciones en el área de influencia del proyecto.

Monitoreo: Acción de medir y obtener datos en forma programada de los parámetros que inciden o modifican la calidad del entorno.

Nivel de presión sonora (NPS): Es el valor calculado como veinte veces el logaritmo del cociente entre la presión sonora y una presión de referencia de 20 micropascales.

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con ponderación A (LAeqT): Es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.

Nivel de Presión sonora Máxima (LAm_{ax} ò NPS MAX): Es el máximo nivel de presión sonora registrado utilizando la curva ponderada A (dBA) durante un periodo de medición dado.

Nivel de presión sonora Mínima (LA_{min} ò NPS MIN): Es el mínimo nivel de presión sonora registrado utilizando la curva ponderada A (dBA) durante un periodo de medición dado.

Receptor: Para este caso es la persona o grupo de personas que están o se espera estén expuestas a un ruido específico.

Ruido: Sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte a la salud de las personas.

Ruido ambiental: Todos aquellos sonidos que pueden provocar molestias fuera del recinto o propiedad que contiene a la fuente emisora.

Ruido de fondo o residual: Es el nivel de presión sonora producido por fuentes cercanas o lejanas que no están incluidas en el objeto de medición. El sonido residual definido por la NTP-ISO 1996-1, es el sonido total que permanece en una posición y situación dada, cuando los sonidos específicos bajo consideración son suprimibles.

Ruido Estable: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora inferiores o iguales a 5 dB(A), durante un periodo de observación de 1 minuto.

Ruido Fluctuante: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A), observado en un período de tiempo igual a un minuto.

Sonido: Energía que es transmitida como ondas de presión en el aire u otros medios materiales que puede ser percibida por el oído o detectada por instrumentos de medición.

Sonómetro: Es un instrumento normalizado que se utiliza para medir los niveles de presión sonora.

Sonómetro Integrador: Son sonómetros que tienen la capacidad de poder calcular el nivel continuo equivalente LAeqT., e incorporan funciones para la transmisión de datos al ordenador, cálculo de percentiles, y algunos análisis en frecuencia.

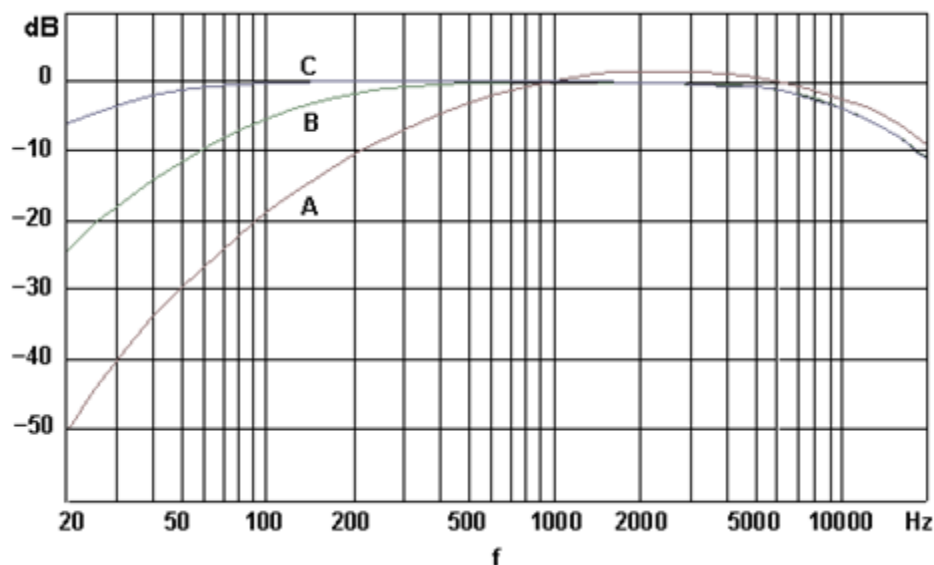
Superficies reflectantes: Superficie que no absorbe el sonido, sino que lo refleja y cambia su dirección en el espacio.

5 Monitoreo de ruido ambiental

El monitoreo de ruido ambiental es la medición del nivel de presión sonora generada por las distintas fuentes hacia el exterior. En función al tiempo que se da pueden ser estables, fluctuantes, intermitentes e impulsivos en un área determinada.

Existen tres tipos de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente. La ponderación **A** se aplicaría a los sonidos de bajo nivel, la **B** a los de nivel medio y la **C** a los de nivel elevado (*ver figura*). El resultado de una medición efectuada con la red de ponderación A se expresa en decibeles A, abreviados dBA o algunas veces dB(A), y análogamente para las otras.

Figura N° 01: Curvas de ponderación A, B y C



Para efectos de la aplicación del presente protocolo, el monitoreo del ruido ambiental deberá utilizar la ponderación A con la finalidad de comparar los resultados con el ECA Ruido vigente.

5.1 Diseño del plan de monitoreo

Antes de realizar el monitoreo de ruido ambiental se debe diseñar un Plan de Monitoreo que permita la recolección de información adecuada y valedera. Para ello debemos considerar al menos lo siguiente:

Propósito del monitoreo

Definir el objetivo del monitoreo, incluyendo la fuentes, la actividad a monitorear y las características de la misma relacionadas al ruido, es decir, identificar aquellos procesos o actividades que generan mayor intensidad de ruido.

Ejemplo:

- *Objetivo del monitoreo: Identificar la intensidad de ruido producido por el tránsito vehicular.*
- *Características: Presencia de vehículos livianos (carros) y de carga pesada (camiones), así como el uso continuo del claxon.*

Periodo de monitoreo

El tiempo de medición debe cubrir las variaciones significativas de la fuente generadora. Este tiempo debe cubrir mínimo tres variaciones; en el caso que no se lleguen a cubrir lo señalado, los intervalos a elegir deben ser representativos considerando que en este intervalo se pueda medir un ciclo productivo representativo. Es decir, el período de medición debe coincidir con el periodo de generación del ruido representativo.

Ejemplo:

- *Monitoreo en una zona industrial: El intervalo de medición debe ser cuando la industria se encuentre en funcionamiento dentro de su horario de trabajo con una capacidad de producción promedio.*
- *Monitoreo en una avenida principal donde se necesita monitorear ruido generado por el paso vehicular: El intervalo debe ser en el horario de mayor tráfico u hora punta.*

Para el caso de monitoreos de áreas donde se ubicarán futuros proyectos (es decir en la etapa de Línea Base), la medición deberá hacerse dentro del horario en que se realizarán las labores de construcción y operación, y además tomando en cuenta el horario de mayor intensidad de ruido en el entorno.

Ubicación de los puntos de monitoreo

Para determinar la ubicación de los puntos de monitoreo del ruido, se deberá considerar la siguiente información, debiendo ser incluida en el formato establecido en el **Anexo 1**:

- Determinar la zona donde se encuentra la actividad a monitorear, según la zonificación dispuesta en el ECA Ruido.
- Para la determinación de los puntos de monitoreo, se deberá considerar la dirección del viento debido a que, a través de éste, la propagación del ruido puede variar.
- Dentro de cada zona, seleccionar áreas representativas de acuerdo a la ubicación de la fuente generadora de ruido y en donde dicha fuente genere mayor incidencia en el ambiente exterior.
- Seleccionar los puntos de medición indicando coordenadas para cada área representativa. Dichos puntos de medición deberán estar localizados considerando la fuente emisora y la ubicación del receptor, conforme se detalla en el ítem 5.2.3 (paso 4 del presente Protocolo).
- Describir el área a monitorear en una hoja de campo (**ver Anexo 2**), señalando si existen superficies reflectantes y condiciones climáticas a corregir.

Descripción del entorno

Se debe realizar un reconocimiento inicial del lugar, con la finalidad de:

- Conocer y describir las características de las fuentes generadoras de ruido.
- Evaluar los potenciales efectos del ruido en las áreas colindantes y circundantes.
- Construir un plano orientativo del lugar, que señale los posibles puntos representativos en la zona.

Ejemplo:

Zona industrial, con la presencia de industrias manufactureras, las cuales se encuentran en producción y la presencia de una vía principal donde se observa el alto tráfico de vehículos pesados, con potencial afectación a una zona residencial con presencia de centros educativos.

Equipos a utilizar

Los sonómetros a utilizar deben tener las características descritas en las NTPs y estar calibrados por instituciones acreditadas ante INDECOPI. El Capítulo 6 define los tipos de equipos de monitoreo de ruido ambiental. A continuación se presenta una imagen de un sonómetro análogo:

Figura N° 02: Sonómetro Análogo



Asimismo, a continuación se presenta la imagen de un sonómetro digital:

Figura N° 03: Sonómetro Digital



El técnico operador de monitoreo debe tener experiencia en el manejo de sonómetros.

5.2 Metodología de monitoreo

Para realizar el monitoreo de ruido ambiental, se deberán seguir las siguientes directrices generales:

- El sonómetro debe alejarse al máximo tanto de la fuente de generación de ruido, como de superficies reflectantes (paredes, suelo, techo, objetos, etc.).
- El técnico operador deberá alejarse lo máximo posible del equipo de medida para evitar apantallar el mismo. Esto se realizará siempre que las características del equipo no requieran tener al operador cerca. En caso lo requiera, deberá mantener una distancia razonable que le permita tomar la medida, sin apantallar el sonómetro. El uso del trípode será indispensable.
- Desistir de la medición si hay fenómenos climatológicos adversos que generen ruido: lluvia, granizo, tormentas, etc.
- Tomar nota de cualquier episodio inesperado que genere ruido.
- Determinar o medir el ruido de fondo, de acuerdo con lo mencionado en el ítem 5.2.6
- Adecuar el procedimiento de medición y las capacidades del equipo al tipo de ruido que desea medir.

Los pasos a seguir para un adecuado monitoreo son:

5.2.1 Paso 1: Calibración

Existen dos tipos de calibración:

- Calibración de campo: Es aquella que se realiza durante el monitoreo de ruido, antes y después de cada medición.

Antes e inmediatamente después de cada serie de mediciones, se debe verificar la calibración del sistema completo empleando un calibrador acústico clase 1 o clase 2, acorde a IEC 60942:2003. En todos los casos se puede utilizar un calibrador clase 1 para cualquier clase de sonómetros; en cambio, un calibrador clase 2 únicamente se puede utilizar en sonómetros clase 2.

En caso que los sonómetros sean usados por más de 12 horas, éstos deben ser calibrados en campo al menos 1 ó 2 veces en el día. Esta calibración no suprime la calibración de laboratorio.

Se debe verificar que los calibradores cumplan con los requisitos establecidos en IEC 60942, y deberá ser verificado por un laboratorio acreditado cada año
- Calibración de laboratorio: Es aquella que se realiza en un laboratorio especializado y la que cumple con la norma internacional IEC 60942 (1988).

5.2.2 Paso 2: Identificación de fuentes y tipos de ruido

5.2.2.1 Fuentes de ruido

➤ Fijas Puntuales

Las fuentes sonoras puntuales son aquellas en donde toda la potencia de emisión sonora está concentrada en un punto. Se suele considerar como fuente puntual una máquina estática que realiza una actividad determinada, como se presenta a continuación:

Figura Nº 04: Fuentes Fijas Puntuales



La propagación del sonido de una fuente puntual en el aire se puede comparar a las ondas de un estanque. Las ondas se extienden uniformemente en todas direcciones, disminuyendo en amplitud según se alejan de la fuente. En el caso ideal de que no existan objetos reflectantes u obstáculos en su camino, el sonido proveniente de una fuente puntual se propagará en el aire en forma de ondas esféricas.

➤ **Fijas Zonales o de Área**

Las fuentes sonoras zonales o de área, son fuentes puntuales que por su proximidad pueden agruparse y considerarse como una única fuente. Se puede considerar como fuente zonal aquellas actividades generadoras de ruido que se ubican en una zona relativamente restringida del territorio, por ejemplo: zona de discotecas, parque industrial o zona industrial en una localidad.

En caso la localidad cuente con un Plan de Ordenamiento Territorial, el operador podrá consultarlo con la finalidad de identificar las zonas donde se ubiquen las fuentes fijas zonales o de área. A continuación se presenta un ejemplo de fuentes fijas zonales o de área:

Figura Nº 05: Fuentes Fijas Zonales o de Área



Esta agrupación de fuentes puntuales (fuentes zonales o de área) nos permite una mejor gestión, pueden regularse y establecer medidas precisas para todas en conjunto.

➤ **Móviles Detenidas**

Un vehículo es una fuente de ruido que por su naturaleza es móvil, y genera ruido por el funcionamiento del motor, elementos de seguridad (claxon, alarmas), aditamentos, etc.

Este tipo de fuente debe considerarse cuando el vehículo sea del tipo que fuere (*terrestre, marítimo o aéreo*) se encuentre detenido temporalmente en un área determinada y continúa generando ruidos en el ambiente. Tal es el caso de los camiones en áreas de construcción (*como los camiones de cemento, que por su propia actividad generan ruido*), o vehículos particulares que están estacionados y que generan ruido con sus alarmas de seguridad. A continuación se presenta un ejemplo de fuentes móviles detenidas:

Figura N° 06: Fuentes Móviles Detenidas



➤ **Móviles Lineales**

Una fuente lineal se refiere a una vía (avenida, calle, autopista, vía del tren, ruta aérea, etc.) en donde transitan vehículos. Cuando el sonido proviene de una fuente lineal, éste se propagará en forma de ondas cilíndricas, obteniéndose una diferente relación de variación de la energía en función de la distancia. Una infraestructura de transporte (carretera o vía ferroviaria), considerada desde el punto de vista acústico, puede asimilarse a una fuente lineal. A continuación se presenta un ejemplo de fuentes móviles lineales:

Figura N° 07: Fuentes Móviles Lineales



5.2.2.2 Tipos de ruido

De acuerdo a la NTP ISO 1996-1 existen varios tipos de ruido. Sin embargo, para efectos del presente protocolo, se considerarán los siguientes:

A. En función al tiempo:

- **Ruido Estable:** El ruido estable es aquel que es emitido por cualquier tipo de fuente de manera que no presente fluctuaciones considerables (más de 5 dB) durante más de un minuto. Ejemplo: ruido producido por una industria o una discoteca sin variaciones.
- **Ruido Fluctuante:** El ruido fluctuante es aquel que es emitido por cualquier tipo de fuente y que presentan fluctuaciones por encima de 5dB durante un minuto. Ejemplo: dentro del ruido estable de una discoteca, se produce una elevación de los niveles del ruido por la presentación de un show.
- **Ruido Intermitente:** El ruido intermitente es aquel que está presente sólo durante ciertos periodos de tiempo y que son tales que la duración de cada una de estas ocurrencias es más que 5 segundos. Ejemplo: ruido producido por un compresor de aire, o de una avenida con poco flujo vehicular.
- **Ruido Impulsivo:** Es el ruido caracterizado por pulsos individuales de corta duración de presión sonora. La duración del ruido impulsivo suele ser menor a 1 segundo, aunque pueden ser más prolongados. Por ejemplo, el ruido producido por un disparo, una explosión en minería, vuelos de aeronaves rasantes militares, campanas de iglesia, entre otras.

B. En función al tipo de actividad generadora de ruido:

- Ruido generado por el tráfico automotor.
- Ruido generado por el tráfico ferroviario.
- Ruido generado por el tráfico de aeronaves.
- Ruido generado por plantas industriales, edificaciones y otras actividades productivas, servicios y recreativas.

5.2.3 Paso 4: Ubicación del punto de monitoreo e instalación de sonómetro

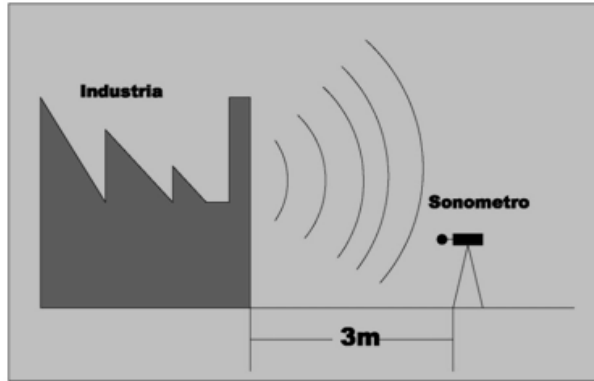
A. Ubicación del punto de monitoreo

Una vez definidas las fuentes de generación, se deberá seleccionar el o las áreas afectadas, a las cuales denominaremos como áreas representativas. Estas áreas deben ser aquellas donde la fuente genere mayor incidencia en el ambiente exterior.

Los puntos de monitoreo deberán ubicarse en áreas representativas siempre al exterior, que se identificarán de la siguiente manera:

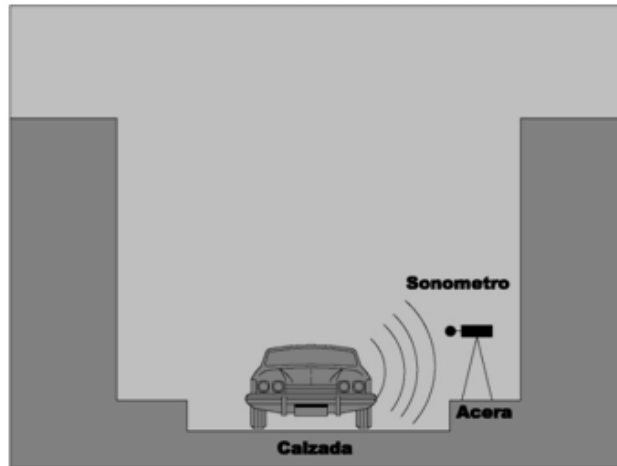
- Cuando se trate de mediciones de ruido producto de la emisión de una fuente hacia el exterior (sin necesidad que exista un agente directamente afectado), el punto se ubicará en el exterior del recinto donde se sitúe(n) la(s) fuente(s), a mínimo 3 metros del lindero que la contenga, siempre que no existan superficies reflectantes en dicha distancia. En caso existan superficies reflectantes dentro de esa distancia, se aplicará lo establecido en la Figura N° 11. El siguiente gráfico muestra lo antes expuesto:

Figura N° 08: Medición para emisiones de una fuente fija hacia el exterior



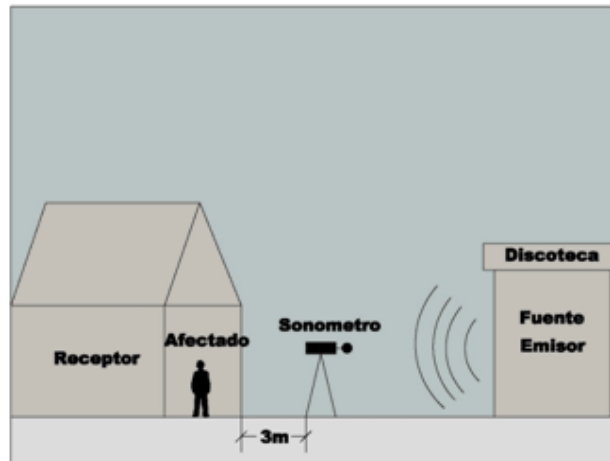
Para el caso de fuentes vehiculares, el punto se ubicará en el límite de la calzada.¹ El siguiente cuadro muestra la ubicación del sonómetro en estos casos:

Figura N° 09: Medición para fuentes vehiculares



- Cuando se trate de mediciones de ruido donde exista un agente directamente afectado, el punto de monitoreo se ubicará a máximo 3 metros del lindero del predio del receptor afectado. El siguiente cuadro muestra la ubicación del sonómetro en estos casos:

Figura N° 10: Medición con agente directamente afectado



¹ Para otras fuentes debe considerarse lo descrito en el ítem 5.2.5

B. Instalación del sonómetro

Posición y dirección del sonómetro:

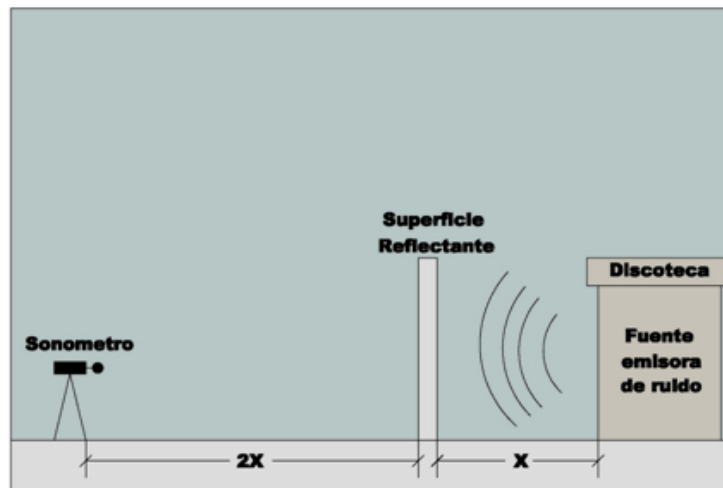
- Colocar el sonómetro en el trípode de sujeción a 1,5 m sobre el piso². El técnico operador deberá alejarse lo máximo posible del equipo, considerando las características del mismo, para evitar apantallarlo.
- Antes y después de cada medición, registrar la calibración in situ. Se anotarán las desviaciones en la Hoja de Campo.
- Dirigir el micrófono hacia la fuente emisora, y registrar las mediciones durante el tiempo determinado según lo especificado en el ítem 5.2.5. Al término de éste se desplaza al siguiente punto elegido repitiéndose la operación anterior. Es importante señalar que la distancia entre puntos no debe ser menor de dos veces la distancia entre el punto y la fuente emisora.
- El uso de pantallas antiviento será necesario en aquellos sonómetros que lo requieran, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- No se realizarán mediciones en condiciones meteorológicas extremas que puedan afectar la medición (*lluvia, granizo, tormentas, etc.*)
- Antes de iniciar la medición, se verificará que el sonómetro esté en ponderación A y modo *Slow*. Para el caso de tránsito automotor, se utilizará el modo *Fast*.

Cuando no existan superficies reflectantes que puedan apantallar el ruido, el micrófono se ubicará a 3 metros del lindero donde se ubica la fuente emisora.

Sonómetro 3 metros Fuente Emisora

En caso que se presenten superficies reflectantes dentro de los 3 metros antes indicados, el sonómetro se ubicará a una distancia de dos veces la distancia entre la fuente emisora y la superficie reflectante, conforme a lo dispuesto en el Anexo B de la NTP ISO 1996-2. El siguiente cuadro muestra la ubicación del sonómetro en estos casos:

Figura N° 11: Medición en casos de superficies reflectantes



² Para el caso de mediciones en zonas residenciales de varios pisos la ubicación del micrófono del sonómetro debe encontrarse a una altura de 4,0 ± 0,5 m.

5.2.4 Paso 3: Identificación de las unidades de ruido

Las unidades de ruido son aquellas que describen el ruido en cantidades físicas, entre las cuales tenemos:

- **Nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq):** Nivel de un ruido continuo que contiene la misma energía que el ruido medido, y consecuentemente también posee la misma capacidad de dañar el sistema auditivo.

Una de las utilidades de este parámetro es poder comparar el riesgo de daño auditivo ante la exposición a diferentes tipos de ruido. El Leq ponderado A es el parámetro que debe ser aplicado para comparación con la norma ambiental (ECA Ruido)

El LAeq permite estimar, a partir de un cálculo realizado sobre un número limitado de muestras tomadas al azar, en el transcurso de un intervalo de tiempo T, el valor probable del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de un ambiente sonoro para ese intervalo de tiempo, así como el intervalo de confianza alrededor de ese valor.

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A del intervalo de tiempo T (LAeqT), es posible determinarlo directamente con aquellos sonómetros clase 1 ó 2 que sean del tipo integradores. Si no lo fueran, se aplicará la siguiente ecuación:

$$L_{AeqT} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right] \quad (1)$$

Donde:

L= Nivel de presión sonora ponderado A instantáneo o en un tiempo T de la muestra i, medido en función "Slow".

n= Cantidad de mediciones en la muestra i

La incertidumbre de los niveles de presión sonora medidos dependerán de la fuente de sonido, del intervalo de tiempo de medición, las condiciones del clima, la distancia de la fuente y de la instrumentación. El cálculo de la incertidumbre se deberá realizar de acuerdo al capítulo 4 de la NTP ISO 1996-2 (Tabla 1).

- **Nivel de presión sonora máxima (Lmax):** Es el máximo Nivel de Presión Sonora (NPS) registrado durante un período de medición dado.
- **Nivel de presión sonora mínima (Lmin):** Es el mínimo Nivel de Presión Sonora (NPS) registrado durante un período de medición dado.

Es importante señalar que en caso se requiera un análisis espectral del ruido debe medirse el nivel de presión sonora usando filtros de octava considerando lo especificado para tal fin en la NTP ISO 1996-2, ítem 8.4.11.

5.2.5 Paso 5: Medición del ruido

Se debe tener en cuenta que cualquiera que sea el ruido a evaluar, el operador debe estar atento en todo momento a lo que marca la pantalla del instrumento o registrador, pudiendo dar una idea del comportamiento temporal de éste, y ello servirá al momento de decidir sobre el tipo de ruido que se medirá (estable, fluctuante, intermitente o impulsivo).

Se debe seguir el siguiente procedimiento para realizar las mediciones, utilizando para ello la Hoja de Campo contenida en el **Anexo 2**.

- Se debe usar para la medición de ruido ambiental con fines de comparación con el ECA Ruido, sonómetros clase 1 o 2.

- Los sonómetros pueden ser digitales o análogos, integradores o no integradores.
- El uso de pantallas antiviento será necesario en aquellos sonómetros que lo requieran, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- Para **sonómetros integradores clase 1 o 2:**
 - Realizar como mínimo 10 mediciones de un (01) minuto cada una por cada punto de monitoreo, considerando el periodo de monitoreo definido en el Diseño del Plan de Monitoreo, conforme al ítem 5.1 del presente Protocolo.
 - Recordar que para cada medición se deberá anotar el Lmax, el Lmin y el LAeqT asociado a cada tiempo de medición.
- Para **sonómetros no integradores (digitales o análogos):**
 - Realizar como mínimo 10 mediciones de un (01) minuto cada una por cada punto de monitoreo, considerando el periodo de monitoreo definido en el Diseño del Plan de Monitoreo, conforme al ítem 5.1 del presente Protocolo.
 - Se deberá anotar uno a uno en la Hoja de Campo, los valores instantáneos que el operador observe en la pantalla del sonómetro durante dicho minuto.
 - Una vez obtenidos los resultados, en la Hoja de Campo se identificará los valores para el Lmax y el Lmin y se calculará en base a la ecuación 1 del presente documento, el LAeqT (siendo T=1 minuto).
- Se recomienda anotar en la Hoja de Campo los eventos ruidosos que ocurren durante el período en que se está midiendo y que hacen que el ruido pueda ser tomado como de carácter estable, fluctuante, intermitente o impulsivo.
- Si las mediciones realizadas en cada minuto en modo *LAeq*, presentan variaciones menores o iguales a 5 dB(A), se considerará dicho ruido como estable. En dichos casos, se efectuarán nuevas mediciones de LAeq de 5 minutos cada una por cada punto de medición del área representativa, a efectos de determinar la estabilidad de dicho ruido.
- Si al menos una de las mediciones anteriores, realizadas en cada minuto, en modo *LAeq*, presenta variaciones mayores a 5 dB(A) observados durante ese período, entonces se considerará dicho ruido como fluctuante. En dichos casos, se efectuarán nuevas mediciones en cada zona representativa de 10 minutos cada una por cada punto de medición del área representativa.

Existen procedimientos de monitoreo específicos para las siguientes actividades:

a) Mediciones de ruido generado por el tránsito automotor

- La medición se realiza en *LAeq*, y ponderada en F (o *rápida*, en inglés denominado *Fast*).
- El tiempo a medir debe ser tal que capture el ruido producido por el paso vehicular de los distintos tipos de vehículos que transitan y a una velocidad promedio para el tipo de vía.
- Se debe contar el número de vehículos que pasan en el intervalo de medición, distinguiendo los tipos (por ejemplo: pesados y livianos).
- Se debe identificar el tipo o características de la vía donde se desplazan los vehículos.
- Cuando se presenta un tránsito no fluido se debe medir el ruido producido por el paso de 30 vehículos como mínimo por categoría identificada (*pesado y liviano*). En el caso que no se pueda obtener las mediciones del número indicado de vehículos se deberá reportar en la hoja de campo los motivos.
- Se debe registrar la presión sonora máxima *L_{máx}*, la cual debe ser registrada por cada una de las categorías de vehículos registrados y considerando un mínimo de 30 vehículos por categoría.

b) Mediciones de ruido generado por el tráfico de trenes

- Para el caso de paso de trenes el intervalo de tiempo a medir debe capturar el ruido representativo del paso de todos los vagones del tren. Se debe registrar LAeq y Lmax.

Esta disposición aplica tanto para trenes urbanos que transitan en el exterior (por ejemplo: Metro de Lima) como para tránsito de trenes de la Red Ferroviaria Nacional, ya sea para transporte de carga o de pasajeros (por ejemplo: tren de Cuzco-Aguascalientes, Ferrocarril Central, entre otros).

c) Mediciones de ruido generado por el tráfico de aeronaves

- La medición se realiza en LAeq.
- Esta medición debe ser representativa al paso de 5 o más aeronaves con similares características, tomando en cuenta las actividades de despegue y aterrizaje.
- La medición del L_{máx} generado por el tráfico de aeronaves en zonas residenciales debe darse en el momento de sobrevuelo más cercano.
- La medición del L_{máx} debe ser representativa de al menos 5 y preferentemente 20 o más eventos relevantes, en el caso que no se pueda obtener estas mediciones del número indicado de aeronaves se deberá reportar en la hoja de campo los motivos.

d) Mediciones de ruido generado por plantas industriales y otras actividades productivas

- La medición se realiza en LAeq.
- El intervalo de tiempo a medir será entre 5 a 10 minutos, periodo en el cual las actividades operativas deben estar presentes en forma habitual.
- Las mediciones se deben realizar a una distancia donde se pueda percibir la influencia del ruido de todas las fuentes principales (distancia no menor a 3 metros). Esta distancia no debe ser tan alejada para minimizar los efectos meteorológicos. El siguiente gráfico muestra la ubicación del punto en dichos casos:

Figura N° 12: Determinación del punto de mayor influencia de ruido



- Si las actividades de generación de ruido son cíclicas el tiempo de medición podrá ampliarse de modo que abarque dichas actividades.
- La medición del L_{máx} deberá cumplir con los criterios de medición del LAeq en cuanto a tiempo y distancia.
- El L_{máx} debe medirse considerando un mínimo de 5 eventos de generación de ruido más altos. (Ejemplo: cuando están operativas todas las etapas productivas, o se puede dar el caso cuando está a una máxima capacidad).

5.2.6 Paso 6: Corrección de datos

➤ Sonido Residual

En el monitoreo de ruido ambiental por lo general se presenta un ruido residual el mismo que está definido como todo ruido que no sea el sonido específico bajo investigación. Uno de los ejemplos comunes en los ruidos residuales es el tráfico vehicular generado en una zona industrial. Otro ejemplo de ruidos residuales generados por el viento que llega a chocar con el micrófono u otros medios como árboles, edificios, entre otros.

Existen correcciones para los sonidos residuales que a continuación se detallan:

- La corrección se realiza cuando la diferencia del nivel de presión sonora residual y el medido se encuentre entre el rango de 3dB a 10dB, entonces se aplica la corrección basada en la siguiente ecuación:

$$L_{corr} = 10 \log (10^{L_{medi}/10} - 10^{L_{resid}/10}) \text{dB}$$

Donde:

L_{corr} : es el nivel de presión sonora corregida

L_{medi} : es el nivel de presión sonora medido

L_{resid} : es el nivel de presión sonora residual

➤ Condiciones Climáticas:

En los monitoreos de ruido ambiental existen condiciones climáticas que favorecen a la propagación de ruido o al amortiguamiento de éste (*velocidad y dirección de viento, humedad relativa, etc.*). El viento es el mayor factor de propagación y este puede generar diversas condiciones desfavorables a la hora de la medición de ruido, provocando incertidumbre. En las actividades de monitoreo se deben identificar las condiciones climáticas de propagación y ser descritas en la hoja de campo (**Anexo 2**), con la finalidad de corregir el valor. Esta incertidumbre debe ser corregida de acuerdo al Anexo A de la NTP-ISO 1996-2:2008, la cual debe ser aplicada cuando no cumple la condición de la siguiente ecuación:

$$(hs+hr)/r \geq 0,1 \quad \text{----- (Ecuación A)}$$

Donde:

- **hs**: es la altura de la fuente.
- **hr**: es la altura del receptor
- **r**: es la distancia entre la fuente y el receptor.

Cuando no se cumpla la ecuación A, las condiciones meteorológicas pueden afectar los resultados de medición, para estos casos se deben de aplicar el Anexo A de la NTP-ISO 1996-2:2008.

6 Equipo de monitoreo de ruido ambiental

El Sonómetro es un instrumento que mide la intensidad de ruido en dB (decibelios) de forma directa. Está diseñado para responder al sonido en aproximadamente la misma manera que lo hace el oído humano y dar mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión sonora.

Es capaz de medir el nivel de ruido, de una zona en cuestión, analizando la presión sonora a la entrada de su micrófono convirtiendo la señal sonora a una señal eléctrica equivalente. Generalmente

además de recoger las señales es capaz de ponderarla, en función de la sensibilidad real del oído humano a las distintas frecuencias, y de ofrecer un valor único en dBA (decibeles A) del nivel de ruido del lugar a analizar.

Existen tres clases de sonómetros dependiendo de su precisión en la medida del sonido. Estas clases son 0, 1 y 2, la clase 0 es la más precisa y la clase 2 la menos precisa. Para efectos de la medición de ruido con fines de comparación con el ECA Ruido debe usarse la Clase 1 o Clase 2, y deben cumplir con lo especificado en la IEC 61672-1:2002, donde se especifica que los instrumentos de clase 1 están determinados para temperaturas de aire desde -10°C hasta +50°C, y los instrumentos clase 2 desde 0°C hasta +40°C, dichas especificaciones deben ser consideradas al momento de realizar el monitoreo.

En la siguiente tabla se muestran a modo de ejemplo (*ya que dependen de la frecuencia*) las tolerancias permitidas para los distintos tipos de sonómetros según la IEC 60651.

Tabla N° 01: Tolerancias permitidas por tipo de sonómetro

| Tolerancias permitidas para los distintos tipos o clases definidas por la IEC 60651 Todas las tolerancias se expresan en decibelios (dB) | |
|---|-------------|
| Clase | Tolerancias |
| 0 | +/- 0.4 |
| 1 | +/- 0.7 |
| 2 | +/- 1.0 |

7 Gestión de datos

Como parte del procedimiento de medición, el técnico encargado deberá llenar el formato establecido en el **Anexo 2** por cada punto de monitoreo realizado. En dicho formato se deberá incluir como mínimo la siguiente información:

- Ubicación exacta del punto de monitoreo.
- Zonificación de dicho punto de acuerdo al ECA.
- Tipo de fuente generadora del ruido y descripción de la misma.
- Croquis de ubicación de la fuente y del punto de monitoreo: deberá señalarse las distancias entre los puntos de medición y entre éstos y otras superficies,
- Identificación de otras fuentes emisoras de ruido que influyan en la medición. Deberá especificarse su origen y características.
- Valores de ruido obtenidos.
- Hora y fecha de la medición.
- Identificación del sonómetro utilizado y su calibración (en laboratorio y en campo).
- Descripción del entorno ambiental.

Una vez obtenida esta información, los operadores podrán analizar los resultados mediante métodos estadísticos o geográficos, de manera que se identifiquen la problemática del ruido en la zona de estudio y, a partir de éstas, se adopten medidas para mitigar los impactos. Posteriormente, estos indicadores facilitarán la verificación y control de las medidas establecidas.

La presentación estadística de los datos de monitoreo de ruido pueden incluir indicadores como los siguientes:

- Porcentaje de población de una zona determinada expuesta a niveles de ruido que exceden los valores del ECA.
- Tipo de vehículo que emite mayores emisiones de ruido.
- Niveles de ruido por horas del día.
- Niveles de ruido por días de la semana
- Otros que se definan de acuerdo a los objetivos del monitoreo.

La presentación geográfica de los resultados del monitoreo pueden realizarse a través de mapas de isolíneas (o mapas de ruido) en los que, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica - SIG, se representen las zonas de mayor afectación por los niveles de ruido que sirvan para establecer estrategias de gestión ambiental. Se presenta un Anexo informativo sobre la elaboración de mapas de ruido (**Anexo N° 3**).