



Autoridad Nacional
de Licencias Ambientales



2026

GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE **MODELACIÓN DE RUIDO** DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS

Elaboró:

Marco Alejandro Tellez Salas
Contratista

Revisó:

Juan Pablo Ayala Robayo
Líder Técnico grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo


Aprobó:

Oscar Alexander Varila Quiroga
Coordinador grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo

Jorge Alberto Sanabria Morales

Subdirector Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales



 <p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

1. Introducción

La modelación de ruido constituye una herramienta técnica fundamental en las etapas de evaluación y seguimiento de los Proyectos, Obras y/o Actividades (POA) objeto de licenciamiento ambiental, en tanto permite predecir, analizar y evaluar los impactos asociados a la generación de ruido por una o varias fuentes en el medio ambiente. Para ello, se emplean modelos matemáticos que simulan la propagación del sonido desde las fuentes emisoras hasta los receptores potencialmente expuestos, posibilitando la estimación espacial de los niveles de presión sonora en un área determinada.

En este sentido, la modelación de ruido permite verificar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente para diferentes tipologías de fuentes puntuales, móviles, lineales o de área, así como apoyar el diseño y evaluación de medidas orientadas a la prevención, mitigación y control de los impactos acústicos, contribuyendo a una gestión ambiental más eficiente y sustentada técnicamente.

Si bien en la actualidad no se cuenta con una guía metodológica específica de carácter nacional para la implementación de modelos de propagación de ruido, el marco normativo vigente establece lineamientos generales que deben ser observados en este tipo de ejercicios. En particular, la Resolución 0627 de 2006 del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), señala en su artículo 24, parágrafo tercero, que:

“El software para la representación gráfica y elaboración de los mapas de ruido debe estar basado en métodos científicos reconocidos, haciendo constar en el procedimiento el método seleccionado en el cálculo.”

Adicionalmente, la Metodología General para la Evaluación y Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA), adoptada mediante la Resolución 1402 de 2018 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), establece en el numeral 6.7.3.2 lineamientos generales respecto a los contenidos mínimos que debe contemplar un modelo de ruido en el marco del licenciamiento ambiental.

Con base en lo anterior, y considerando que a la fecha el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible no ha expedido una guía específica para la modelación de ruido, el presente documento tiene como propósito homogeneizar la forma de presentación de los modelos de propagación acústica elaborados por usuarios externos a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Para ello, se establecen los criterios que, desde el enfoque del Centro de Monitoreo del Estado de los Recursos Naturales (CMRN), se consideran buenas prácticas técnicas en el desarrollo de este tipo de ejercicios.

La aplicación de esta guía busca contribuir a que los procesos de evaluación y seguimiento ambiental en los que se incluya el componente ruido se desarrollen de manera más eficiente, reduciendo la necesidad de requerimientos de información adicional, optimizando los tiempos de revisión por parte de la autoridad y permitiendo a los usuarios una mejor gestión de los recursos destinados al cumplimiento de sus obligaciones ambientales.

Finalmente, el documento presenta de manera estructurada los principales aspectos asociados a la modelación de ruido, incluyendo la selección del modelo y de los métodos de cálculo, el uso de software especializado, la elaboración de inventarios de fuentes, la definición de escenarios de modelación, la malla de cálculo y los receptores, así como los criterios para la adecuada presentación de la información y de los resultados obtenidos.


2. Objetivo

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer buenas prácticas para la modelación de ruido ambiental en el marco del licenciamiento ambiental, mediante la definición de lineamientos técnicos, criterios mínimos de información y procedimientos orientadores, con el fin de garantizar que los modelos de propagación acústica presentados a la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) sean trazables, comparables, reproducibles y técnicamente útiles para los procesos de evaluación y seguimiento ambiental, así como para su adopción por parte de actores externos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Unificar criterios técnicos y requisitos de información para la modelación de ruido ambiental, incluyendo aspectos de calidad, representatividad y coherencia espacial y temporal de los datos, con el propósito de asegurar insumos consistentes y verificables en los ejercicios de modelación.
2. Estandarizar el ciclo de la modelación de ruido, considerando métodos y guías técnicas reconocidas a nivel nacional e internacional, y orientando su aplicación al contexto del licenciamiento ambiental, con el fin de fortalecer el rigor técnico y la reproducibilidad de los resultados.
3. Definir lineamientos para la estructuración de los modelos de ruido, incluyendo la selección de métodos de cálculo, la caracterización de fuentes, la definición de escenarios, la malla de cálculo y los receptores sensibles, de manera que se garantice una adecuada representación del fenómeno acústico.
4. Precisar los entregables asociados a la modelación de ruido, estableciendo criterios sobre la estructura de los documentos, los formatos de entrega, los metadatos, los archivos de modelación y la trazabilidad de los resultados, con el fin de facilitar su revisión, uso e integración por parte de la ANLA.
5. Promover la presentación clara, coherente y consistente de los resultados, de forma que estos constituyan un insumo técnico

 <p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

confiable para la toma informada de decisiones en materia de evaluación de impactos acústicos y definición de medidas de manejo ambiental.

3. Alcance

Esta guía, contiene los lineamientos que se consideran como buenas prácticas de modelación de ruido por parte del (CMRN) de la ANLA; aplica para la elaboración y revisión de modelos de usuarios externos que allegan o radican modelos de propagación y/o atenuación de ruido como herramienta para la toma de decisiones en el impacto ambiental generado por los POA's, bien sea como un requerimiento efectuado por esta Autoridad, de carácter permanente o temporal, o como una iniciativa del usuario para sustentar alguna decisión.

Esta guía no pretende imponer un instrumento vinculante, ni ser una Guía Nacional de Modelación de ruido, la finalidad es buscar la estandarización de la forma en que se entregan y se revisarán los modelos de propagación de ruido en la Autoridad, definiendo qué se considera o no una buena práctica en el desarrollo de este tipo de ejercicios.

Si el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible genera una Guía para la modelación de propagación de ruido, este documento será revisado y actualizado, de tal manera que sean acogidas todas las directrices del MADS.

4. Definiciones

AEDT: Aviation Environmental Design Tool

AICAS: Áreas de Importancia para la Conservación de Aves

ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

Atenuación del sonido: Disminución del nivel de presión sonora durante su propagación desde la fuente hasta el receptor, como resultado de fenómenos físicos tales como la divergencia geométrica, la absorción atmosférica, la interacción con el terreno, la presencia de obstáculos y la difracción.

BS: British Standard

CEDEX: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (España)

CMRN: Centro de Monitoreo del Estado de los Recursos Naturales - ANLA

CNOSSOS-EU: Common Noise Assessment Methods in Europe

Curvas isófonas: Líneas que unen puntos con igual nivel de presión sonora, utilizadas para representar espacialmente la distribución del ruido ambiental en un área determinada.

DAA: Diagnóstico Ambiental de Alternativas

DEM / MDT: Modelo Digital de Elevación / Modelo Digital de Terreno

EIA: Estudio de Impacto Ambiental

FAA: Federal Aviation Administration

FHWA: Federal Highway Administration

Fuente de área: Fuente de ruido que se extiende en dos dimensiones y cuya emisión acústica se distribuye sobre una superficie, como zonas industriales, patios de operación o frentes de obra.

Fuente de ruido: Elemento, actividad, proceso o infraestructura que genera emisiones acústicas susceptibles de propagarse en el ambiente y producir impactos sobre receptores sensibles.

Fuente lineal: Fuente de ruido cuya extensión predomina en una dimensión, como carreteras o líneas férreas, y cuya emisión acústica se distribuye a lo largo de su trazado.

Fuente puntual: Fuente de ruido cuya dimensión física es pequeña en comparación con la distancia al receptor, por lo que puede representarse como un punto emisor en el modelo de propagación acústica.

Impacto por ruido: Alteración del ambiente sonoro atribuible a la generación de ruido por un proyecto, obra o actividad, que puede afectar la calidad de vida, la salud humana o los ecosistemas.

Inventario de fuentes de ruido: Conjunto de información técnica que describe las fuentes emisoras consideradas en un modelo acústico, incluyendo su tipología, ubicación, potencia acústica, espectro de emisión y condiciones de operación.

ISO: International Organization for Standardization

 <p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

LAeq,d: Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A en periodo diurno

LAeq,n: Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A en periodo nocturno

LAeq,T: Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, evaluado en un periodo T

LAm_{ax}: Nivel máximo de presión sonora ponderado A

Lden: Indicador de ruido día-tarde-noche

Lw: Nivel de potencia acústica

MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Malla de cálculo: Discretización espacial del área de estudio mediante una red de puntos sobre los cuales se calculan los niveles de presión sonora en un modelo de propagación de ruido.

MGEPEA: Metodología General para la Evaluación y Presentación de Estudios Ambientales

Modelación de ruido: Proceso técnico mediante el cual se emplean modelos matemáticos para estimar la propagación del sonido en el ambiente, a partir de las características de las fuentes, el medio de propagación y las condiciones del entorno.

Nivel de potencia acústica (Lw): Magnitud que caracteriza la energía sonora emitida por una fuente de ruido, independiente de la distancia y del entorno acústico.

Nivel de presión sonora (Lp): Magnitud que expresa la presión acústica producida por una fuente de ruido en un punto específico del espacio, usualmente expresada en decibelios [dB].

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

POA: Proyecto, Obra o Actividad

Receptor sensible: Elemento del territorio que, por su uso, función o valor ambiental, puede resultar particularmente vulnerable a la exposición al ruido, tales como viviendas, centros educativos, hospitales o ecosistemas estratégicos.

Ruido ambiental: Sonido exterior no deseado o molesto generado por actividades humanas, que puede afectar a la población o al ambiente y que es objeto de regulación ambiental.

SEA: Servicio de Evaluación Ambiental (Chile)

SEL: Sound Exposure Level (Nivel de exposición sonora)

Software de modelación acústica: Herramienta informática especializada que implementa métodos reconocidos de cálculo acústico para estimar la propagación del ruido y generar resultados espaciales y estadísticos.

5. Normativa

Tipo	Número	Fecha	Epígrafe	Artículos
Ley	99	22-12-1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.	Todos los artículos
Norma Técnica	NA	01-01-1996	ISO 9613-2 - 1996 - Acústica — Atenuación del sonido durante su propagación en exteriores. Método general de cálculo.	Todos los artículos
Resolución	627	07-04-2006	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.	Todos los artículos.
NA	2	01-01-2008	Guía Técnica - Documento 9911 OACI - Método recomendado para el cálculo de contornos de ruido alrededor de aeropuertos.	Todos los artículos
NA	1	01-01-2015	Directiva - CNOSSOS-EU - Método común europeo de evaluación del ruido ambiental. 2015 - 2021	Todos los artículos
Decreto	1076	26-05-2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Todos los artículos
Norma Técnica	NA	01-01-2017	Norma Técnica Internacional ISO 1996-2 - Acústica — Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental — Parte 2: Determinación del nivel de ruido ambiental.	Todos los artículos
Resolución	1402	25-07-2018	Por la cual se adopta la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA).	Todos los artículos

	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Tipo	Número	Fecha	Epígrafe	Artículos
Ley	2450	04-03-2025	Ley contra el ruido. Establece la política de calidad acústica en Colombia.	Todos los artículos

6. Documentos Asociados

Nombre
Documento Externo - BS 5228-1:2009 - British Standard - Code of Practice for Noise and Vibration Control on Construction and Open Sites
Documento Externo - CNOSSOS-EU:2015/2021 - Método Común Europeo para la Evaluación del Ruido Ambiental
Documento Externo - ISO 9613-2:1996 - Acústica - Atenuación del sonido durante su propagación en exteriores. Método general de cálculo
Documento Externo - FAA-AEDT - Aviation Environmental Design Tool - Federal Aviation Administration
Documento Externo - CONCAWE Report - Propagation of Noise from Petroleum and Petrochemical Complexes to Neighboring Communities
Documento Externo - ISO 1996-2:2017 - Acústica - Determinación del nivel de ruido ambiental - Parte 2
Documento Externo - FHWA TNM 2.5 - Traffic Noise Model - Federal Highway Administration
Documento Externo - OACI Doc. 9911 - Método recomendado para el cálculo de contornos de ruido alrededor de aeropuertos
Documento Interno - ANLA-MGEPEA-2018 - Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (Resolución 1402 de 2018)

7. Desarrollo

7.1 OBJETIVOS DE MODELACIÓN

Dentro de las primeras consideraciones que deben establecerse de manera previa a la concepción de un modelo o ejercicio de estimación acústica, se encuentra la definición clara del objetivo de la modelación. Lo anterior, en razón a que el fin último de este tipo de ejercicios, en el marco del licenciamiento ambiental, es permitir a los usuarios y licenciatarios identificar, valorar y analizar de manera objetiva y conservadora la magnitud, intensidad, frecuencia, duración y extensión de los impactos asociados al ruido, bajo diferentes escenarios del proceso de licenciamiento ambiental.


De acuerdo con lo anterior y atendiendo al estado en el que se encuentre el proyecto, obra o actividad, ya sea un Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA), una solicitud de licencia ambiental, una modificación, un cambio menor o un proceso de seguimiento, se considera relevante que el modelo de ruido responda a necesidades técnicas claramente definidas, de tal forma que la modelación se constituya en una herramienta de apoyo para la toma informada de decisiones por parte de la autoridad ambiental.

En este contexto, algunos de los principales objetivos de una modelación de ruido, de acuerdo con la etapa del proyecto, pueden ser los siguientes:

- Delimitar el área de influencia del impacto por ruido, identificando las zonas en las que el deterioro del medio pueda resultar significativo, con o sin la implementación de medidas de manejo.
- Complementar la caracterización ambiental de la línea base acústica, mediante la estimación espacial de los niveles de presión sonora existentes en el área de estudio.
- Determinar, de manera previa a la conceptualización e inicio del proyecto, el diseño de redes de monitoreo de ruido que permitan evaluar la evolución de los niveles de presión sonora en la zona, considerando las condiciones de modo, tiempo y lugar.
- Establecer si el impacto ambiental asociado al ruido se extiende más allá del área de influencia definida en el instrumento ambiental objeto de evaluación, modificación o cambio menor.
- Estimar de forma objetiva la propagación de los niveles de presión sonora generados por las actividades del proyecto hacia receptores sensibles, tales como áreas residenciales o ecosistemas estratégicos, y evaluar su cumplimiento frente a los estándares máximos permisibles de ruido ambiental establecidos en la Resolución 0627 de 2006 del entonces MAVDT, hoy MADS, o aquella que la modifique o sustituya, tanto para el periodo diurno como nocturno.
- Plantear escenarios de modelación que permitan evaluar la efectividad de las medidas de manejo, mitigación o control propuestas por el licenciatario, en términos de reducción de la exposición al ruido ambiental.
- Analizar, en los proyectos que se encuentren en etapa de seguimiento, la contribución individual de las fuentes de ruido, con el fin de identificar la trascendencia del impacto generado por cada una de estas y apoyar la adecuada implementación de las medidas de manejo adoptadas.

7.2 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

La investigación preliminar incluye el levantamiento de información primaria o secundaria disponible relacionada con el objetivo del estudio, así como los datos adquiridos en el monitoreo realizados en campo cuando sea posible para la caracterización y distribución

	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

espacial de las fuentes de emisión de ruido a considerar dentro del modelo.

La extensión espacial, escala y nivel de detalle requeridos para la investigación preliminar dependerán del objetivo de la modelación a realizar y de la extensión espacial del modelo a implementar.

Como parte de la investigación preliminar y la caracterización de las fuentes de emisión de ruido, se pueden emplear, entre otros, los siguientes estándares técnicos de referencia, de acuerdo con el tipo de fuente y el objetivo del estudio:

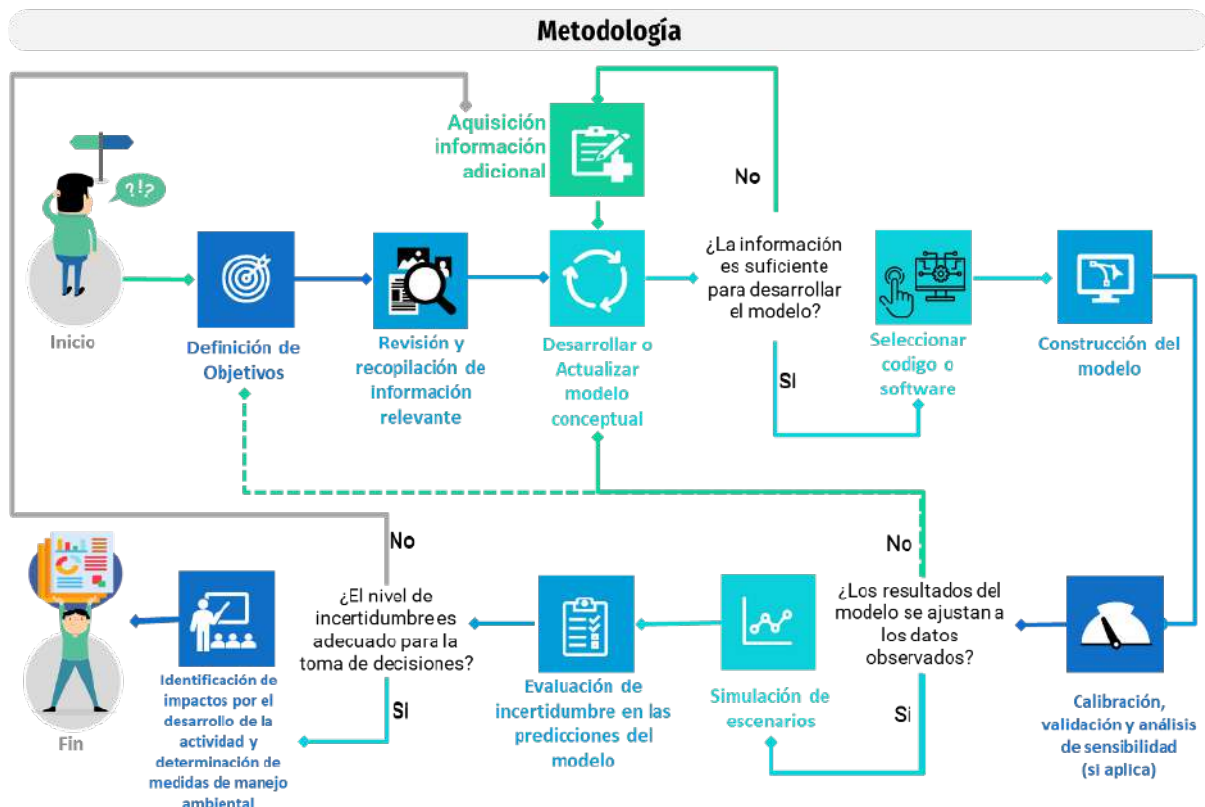
- ISO 8297:1994. Acústica – Determinación de los niveles de potencia acústica de plantas industriales con múltiples fuentes, para la evaluación de los niveles de presión sonora en el ambiente.
- UNE-EN ISO 3744:2011. Acústica – Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de fuentes de ruido mediante mediciones de presión acústica. Métodos de ingeniería para un campo esencialmente libre sobre un plano reflectante.
- UNE-EN ISO 3746:2011. Acústica – Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de fuentes de ruido a partir de mediciones de presión acústica. Método de control utilizando una superficie de medición envolvente sobre un plano reflectante.
- ISO 6395:2008. Acústica – Medición del ruido exterior emitido por maquinaria para movimiento de tierras bajo condiciones dinámicas de ensayo.

En los casos en los que no se pueda contar con información primaria debido a que el proyecto aún no está en marcha y se requieran ejecutar escenarios prospectivos, se debe utilizar las fichas técnicas de las fuentes que se incluirán en el inventario de emisiones, o hacer uso de bibliotecas de espectros de emisión, atenuación sonora y absorción proporcionados por software de modelación debidamente referenciado tal como se detalla en la sección 7.4.3.

7.3 MODELO CONCEPTUAL

Un modelo conceptual es un esquema en el que se localizan las variables y procesos, se definen las entradas, las salidas y las características físicas del sistema a modelar.

Figura 7-1 Proceso de modelación general



Fuente: ANLA, 2023

Por lo tanto, la formulación del modelo conceptual debe considerar, como mínimo, los siguientes aspectos:

<p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	<p>GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</p>	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

7.3.1 Definición de los procesos y variables a simular

Como parte complementaria a los objetivos específicos de la modelación y a partir de la definición de estos, se puede determinar aquellos procesos que son susceptibles a generar mayores impactos en relación con el deterioro de los niveles de presión sonora en un entorno, en tal sentido, la definición de un método apropiado que describa de la mejor manera posible el comportamiento del contaminante en un entorno, se vuelve una tarea a considerar dentro del flujo de trabajo del proyecto.

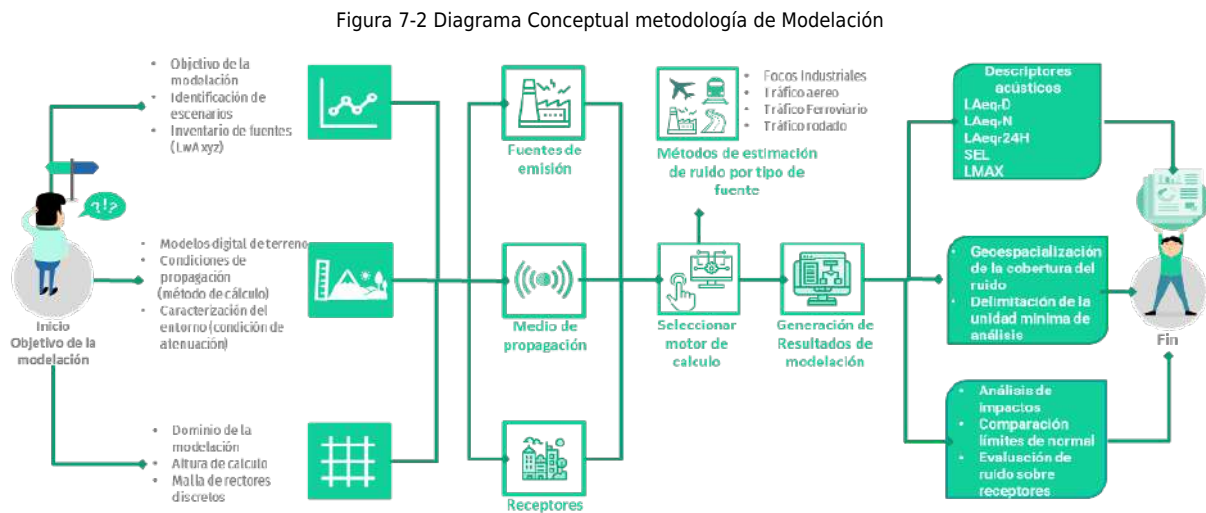
Con base en lo anterior, cada método empleado de acuerdo al proceso que se requiere, presenta una serie de variables a tener en cuenta, las cuales, a su vez, consideran diferentes tipos de estimaciones y simplificaciones que varían dependiendo de la fuente, como se verá más adelante en la selección del método, existen limitaciones para el tipo de fuente a evaluar y esta tiene una correlación muy cercana al proceso que previamente se ha identificado y determinado como parte del objetivo de modelación.

Por ejemplo, fuentes de ruido como líneas de alta tensión y/o parques eólicos, presentan algunos supuestos o simplificaciones que pueden desviar los resultados e incrementar la incertidumbre del modelo, por tanto, es importante enfocar esfuerzos en la definición de un método que represente de manera adecuada la fuente que hace parte del proceso que se desea estimar o sea objeto de investigación.

Las variables asociadas a los diferentes elementos que hacen parte de los métodos empleados deben cubrir por lo menos y de manera conservadora los parámetros que representan un alto grado de sensibilidad a los resultados, de modo que se evalúe la condición más desfavorable de emisión de ruido.

7.3.2 Esquematización del sistema

Durante el proceso de modelación el diagrama conceptual debe indicar, las entradas, salidas, métodos, características y supuestos realizados, tal como se relaciona continuación:



Fuente: ANLA - SIPTA 2023

7.4 SELECCIÓN Y DESARROLLO DEL MODELO

7.4.1 Criterios de Selección del Modelo


De acuerdo con lo descrito en el “Capítulo 6.7.3.2 Modelo de ruido” de la resolución 1402 de 2018 por la cual se adopta la “Metodología General Para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales” del Ministerio de Ambiente, que a la letra dice:

“Aplicar un modelo de ruido para tres escenarios (actual sin proyecto, futuro con proyecto sin medidas de control y futuro con proyecto con medidas de control)”

De acuerdo con lo anterior y en línea con lo estipulado por la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MGEPEA), para la estimación de los posibles impactos en términos de ruido que se pueden presentar por efectos de los POA, es necesario la elaboración de un modelo de predicción de ruido que estime la propagación en términos de intensidad y cobertura de dicho contaminante.

7.4.2 Métodos de cálculo de ruido de fuentes fijas industriales

Teniendo en cuenta que en Colombia no existe un marco común regulatorio con relación a un método para la estimación de fuentes fijas de ruido, se considera una buena práctica emplear de manera subsidiaria un estándar que tenga relación con la fuente a evaluar, en tal sentido, dicho método deberá ser ampliamente reconocido a nivel internacional, por tratarse de cálculos analíticos con un alto

	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

grado de detalle y a partir de los cuales la ANLA tomara decisiones de fondo con relación a los posibles impactos, se recomienda que el método seleccionado sea elaborado por agremiaciones de reconocida idoneidad científica y que permita ser configurado en softwares que tienen como único fin dicho propósito.

Existen numerosos métodos o estándares diseñados para determinar la estimación o atenuación del ruido en un medio dado. En principio dichos métodos presentan similitud con relación a los datos de entrada, los cuales de manera general estiman el valor de atenuación del ruido de acuerdo con variables como la absorción atmosférica (temperatura y humedad), topografía del terreno, potencia acústica de la fuente, coeficientes de absorción del terreno, orden de reflexiones, entre otros.

Dentro de los más comunes se encuentra el procedimiento descrito en la norma técnica ISO 9613-1 (Acústica - Cálculo de la Absorción del Sonido por la Atmósfera) y 9613-2 (Acústica - Atenuación del Sonido durante la propagación en exteriores), dichas normas en conjunto detallan el método de estimación de niveles de ruido en exteriores para una fuente dada bajo ciertas consideraciones de propagación debido a una relación de condiciones plenamente establecidas en dichos textos y aplica para una gran variedad de fuentes.

Es preciso mencionar que dicho estándar posee ciertas limitaciones respecto al tipo de fuentes que puede considerar, por ejemplo, aquellas que están asociadas a parques eólicos o líneas de tensión eléctricas, sonidos de aeronaves en vuelo, las cuales deben ser abordadas a partir de modelos específicos y contemplar condiciones particulares debidas a la naturaleza de cada fuente.

De manera particular el estándar ISO 9613-1, presenta un método analítico para determinar la atenuación debida a la absorción atmosférica para tonos puros en función de las siguientes 4 variables principales¹.

- Frecuencia de 50 Hz a 10 KHz
- Temperatura de -20 C (253.15 K) a 50 C (323.15 K)
- Humedad relativa de 10 % a 100 %
- Presión atmosférica de 101.325 kPa (una atmosfera)

Respecto a la parte 2 de la ISO 9613, como ya se mencionó, esta especifica un método de ingeniería para calcular la atenuación del sonido durante su propagación al aire libre con el fin de predecir los niveles de ruido ambiental a una distancia desde una variedad de fuentes, el método predice el nivel equivalente continuo de presión acústica ponderado A, bajo condiciones meteorológicas favorables para la propagación desde fuentes de emisiones acústica conocidas². Dichas condiciones hacen referencia a condiciones de inversión térmica sin presencia de sombras acústicas sobre el suelo, como usualmente ocurre en periodos nocturnos, tal y como se describe en las partes I, II y III de la norma ISO 1996.

Los alcances desarrollados para esta parte de la norma constan específicamente en algoritmos de cálculo para banda de octava nominal (63 Hz a 8 kHz) para calcular la atenuación del sonido que se origina desde una o un grupo de fuentes puntuales.

A fin de aplicar esta norma (así como en los estándares que apliquen) se considera relevante y una buena práctica, representar adecuadamente la geometría de la fuente, de la misma manera caracterizar las condiciones del ambiente, la superficie de terreno y la intensidad de la fuente en términos de niveles de potencia acústica en banda de octava. Respecto a los valores en tercio de octava, dicho documento aclara lo siguiente

“Si solo se conocen los niveles de potencia acústica ponderados A, se pueden usar los términos de atenuación de 500Hz para calcular la atenuación resultante”

Aunque el cálculo global con niveles ponderados A puede ser suficiente en algunos casos, para fuentes con espectros relevantes en bajas frecuencias o características tonales se recomienda emplear espectros de

1 NTC 5491-1 Acústica - Atenuación del sonido durante su propagación al aire libre. Parte 1: Cálculo de la absorción del sonido por la atmósfera.

2 NTC 5491-2 Acústica - Atenuación del sonido durante su propagación al aire libre. Parte 2 - Método de cálculo general.

potencia acústica en bandas de tercio de octava provenientes de fuentes de información secundaria confiable. Esta práctica permite una mejor representación del comportamiento acústico real de la fuente y facilita la evaluación de medidas de mitigación.

Se justifica un aumento en el nivel de detalle de esta información en situaciones específicas, como aquellas en las que se esté evaluando la eficiencia de un sistema de control respecto a fuentes actualmente en operación o sobre escenarios proyectados.

Respecto a las condiciones de atenuación y áreas de atenuación de ruido (Bosques principalmente), estas deben estar técnicamente soportadas, lo anterior partiendo de las recomendaciones realizadas por el documento técnico que a la letra dice lo siguiente:

“El follaje de los árboles y arbustos ofrece una pequeña cantidad de atenuación, pero solo si es suficientemente densa para bloquear por completo la vista a lo largo de la trayectoria de propagación, es decir, cuando es imposible ver a corta distancia a través del follaje”

La aplicación de dicho método se considera una buena práctica en el sentido que representa de manera confiable la estimación de una gran variedad de fuentes sonoras y ha sido empleada y validada a nivel internacional, sin que esto limite a las sociedades a emplear este método. Como se mencionó anteriormente, existen numerosos métodos analíticos de estimación de la atenuación de ruido en exteriores, los cuales también cuentan con validaciones y en ocasiones detallan el comportamiento de la fuente incluyendo variables adicionales a las expuestas en el estándar precitado. Algunos de dichos métodos se presentan a continuación:

 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Tabla 7-1 Estándares de estimación de ruido de fuentes fijas

Ítem	Organismo / País de referencia	Estándar o método	Observaciones técnicas
1	Internacional (ISO)	ISO 9613-2:1996	Método de ingeniería para el cálculo de la atenuación del sonido durante su propagación en exteriores; ampliamente utilizado para fuentes fijas industriales bajo condiciones meteorológicas favorables.
2	Dinamarca, Noruega y Suecia	Nord2000	Método avanzado de predicción del ruido ambiental que incorpora un mayor detalle espectral y meteorológico; adecuado para fuentes fijas y escenarios complejos.
3	Unión Europea	CNOSSOS-EU (2015 / 2021)	Método común europeo para la evaluación del ruido ambiental; aplicable a diversas tipologías de fuentes y utilizado en mapas estratégicos de ruido.
4	CONCAWE	CONCAWE – The Propagation of Noise from Petroleum and Petrochemical Complexes to Neighboring Communities	Método desarrollado para complejos petroleros y petroquímicos; útil para la estimación de ruido en grandes instalaciones industriales.

Fuente: ANLA – SIPTA 2023

Es importante destacar las limitaciones que pueden presentar ciertos métodos de estimación en la correcta descripción de la propagación del sonido de algunas fuentes de ruido, especialmente en casos como parques eólicos. En tales situaciones, se considera una buena práctica emplear métodos específicos que aborden de manera adecuada el comportamiento estacionario de la fuente y las condiciones de propagación en el ambiente circundante.

En este contexto, la aplicación de métodos complementarios al ISO 9613 (parametrizado), como Nord 2000 o CONCAWE, resulta fundamental. Esto se debe a que algunos métodos pueden presentar limitaciones en variables como el ancho de banda o el espectro de análisis, especialmente para frecuencias por debajo de 63 Hz, la ubicación de la fuente a alturas superiores a 30 metros, los factores de terreno G empleados y la falta de consideración de la velocidad y dirección del viento (awel.B., Maciej T, et al, 2023).

Es importante validar la aplicación de métodos en función de las últimas actualizaciones disponibles y los ajustes realizados por las agremiaciones internacionales respecto a estas limitaciones. Dado que el estado del arte en materia de ruido evoluciona con frecuencia, es fundamental mantenerse al día con las últimas prácticas y estándares en este campo.

7.4.2.1 Métodos de estimación de ruido de fuentes de tráfico vehicular

Como se ha mencionado previamente la selección del método de estimación de ruido debe tener plena correspondencia con el tipo de fuente objeto de investigación, respecto al tráfico vehicular existen numerosos métodos de estimación de los niveles de ruido, sin embargo, el criterio de selección debe estar asociado al tipo de descriptor que se desea conocer (Indicador de ruido normativo LAeq).

Ahora bien, generalmente, todos los métodos presentan particularidades estrictamente asociadas a la naturaleza de cada uno de estos, así como variables comunes entre sí, algunas de las cuales son: Categoría vehicular (Pesados – Livianos – Categorías abiertas), velocidad media a la que circulan los vehículos en la vía, tipo de superficie de rodadura, características del tipo de tráfico, diseño de los ejes viales, tipo de vías (viaductos, puentes) y condiciones meteorológicas.

Al respecto, cada estándar presenta particularidades sobre las cuales no se puede hacer una estimación general, tales como: las bases de datos de categorías de vehículos, estas suelen cambiar entre estándar de acuerdo con las características de la flota vehicular típica de cada país emisión del método, de igual manera sucede con los tipos de superficie.

Teniendo en cuenta dichas limitantes y que en Colombia no se ha adaptado un método oficial en particular para estimar los impactos que pudiese generar este tipo de fuentes, se considera una buena práctica tener en cuenta lo siguiente:

- Identificar el método empleado.
- Presentar una relación de todas las variables tenidas en cuenta y sus respectivos valores o coeficientes.
- Presentar una clasificación clara de las vías a partir de un identificador común que relacione la información alfanumérica y geográfica en la documentación, anexos y software seleccionado.
- Soportar técnicamente los supuestos empleados los cuales deben corresponder a la condición de mayor criticidad en materia de emisiones de ruido.

Algunos de los métodos de carreteras se presentan a continuación:

 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Tabla 7-2 Estándares de estimación de ruido de fuentes de tráfico vehicular

Ítem	País / Región de referencia	Estándar o método	Observaciones técnicas
1	Austria	RVS 4.02	Método nacional austríaco para la estimación del ruido de tráfico vehicular; considera tipologías de vía, velocidad y composición vehicular.
2	Francia	NMPB – Routes 96NMPB – Routes 2008	Métodos franceses ampliamente utilizados para la evaluación del ruido vial; la versión 2008 corresponde a una actualización del modelo original, incorporando ajustes en emisiones y propagación.
3	Alemania	RLS-90	Método alemán para el cálculo del ruido de carreteras; empleado históricamente en estudios de impacto acústico y planificación territorial.
4	Estados Unidos	FHWA Highway Noise Model (1978) Traffic Noise Model – TNM (1998)	Modelos desarrollados por la Federal Highway Administration; el TNM reemplaza progresivamente al modelo FHWA original e incorpora bases de datos vehiculares más detalladas.
5	Europa	CNOSSOS-EU (2015 / 2021)	Método común europeo para la evaluación del ruido ambiental; aplicable al tráfico vehicular y utilizado en mapas estratégicos de ruido a escala regional y urbana.

Fuente: ANLA - SIPTA 2023

En el proceso de selección de un método, resulta pertinente utilizar su versión más reciente con el fin de asegurar la relevancia de los resultados y el enfoque empleado.

7.4.2.2 Métodos de estimación de ruido de fuentes de tráfico férreo

Respecto a las fuentes de ruido asociadas al tráfico férreo y de manera similar a otras fuentes de tráfico, actualmente no se cuenta con un método adoptado de manera oficial o subsidiariamente para la estimación y evaluación de emisión de ruido de dicha fuente, sin embargo, si bien existen diferentes métodos de cálculo, generalmente de manera analógica al tráfico vehicular, todos estos presentan particularidades estrictamente asociadas a la naturaleza de cada uno de estos, así como variables comunes entre sí respecto al vehículo como a la vía, algunas de las cuales son:

- Tipo de vehículo (locomotora, automotor, coche de viajeros o vagón de carga)
- Tipo de rodadura
- Velocidad
- Rugosidad de las ruedas
- Tipo de vía
- Composición de las vías (superficie, material)
- Características de frenado.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta las limitantes que se presentan a la hora de definir la información de entrada al motor de cálculo y teniendo en cuenta que la emisión de este tipo de fuentes se origina por la suma de todas las características de la fuente, se considera una buena práctica tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Identificar el método empleado.
- Presentar una relación de todas las variables tenidas en cuenta y sus respectivos valores o coeficientes.
- Composición detallada de cada tipología de tren
- Velocidad máxima por tipología de tren
- Presentar una clasificación clara de las vías a partir de un identificador común que relacione la información alfanumérica y geográfica en la documentación, anexos y software seleccionado.
- Soportar técnicamente los supuestos empleados los cuales deben corresponder a la condición de mayor criticidad en materia de emisiones de ruido.

	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Tabla 7-3 Estándares de estimación de ruido de fuentes de tráfico férreo

Ítem	País / Región de referencia	Estándar o método	Observaciones técnicas
1	Alemania	Schall 03 (1990)	Método alemán para la evaluación del ruido ferroviario; considera tipología de tren, velocidad, tipo de vía y condiciones de operación.
2	Países Nórdicos	Nord2000 Rail	Extensión del método Nord2000 aplicada al tráfico férreo; incorpora mayor detalle espectral y condiciones meteorológicas avanzadas.
3	Estados Unidos	FTA (2018) – Federal Transit Administration	Metodología utilizada para proyectos de transporte ferroviario y sistemas de tránsito masivo; aplicable a estudios de impacto acústico en entornos urbanos.
4	Europa	CNOSSOS-EU (2015 / 2021)	Método común europeo para la evaluación del ruido ambiental; incluye módulos específicos para tráfico férreo y su aplicación en mapas estratégicos de ruido.

Fuente: ANLA - SIPTA 2023

7.4.2.3 Métodos de estimación de ruido de fuentes de tráfico aéreo

En relación con la evaluación del ruido asociado al tráfico aéreo, la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) establece en su artículo 12 lo siguiente:

“Artículo 12. Ruido de aeronaves. Para efectos de la emisión de ruido de aeronaves se tendrá en cuenta lo consagrado en la Resolución 2130 de 2004 de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, o aquella que la adicione, modifique o sustituya.”

De acuerdo con lo anterior, para la determinación de los niveles de emisión de ruido asociados a aeródromos y operaciones aeronáuticas, se recomienda considerar los lineamientos técnicos establecidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), en particular aquellos contenidos en el Anexo 16, el cual define los criterios generales para la evaluación del ruido de aeronaves y remite a métodos de cálculo internacionalmente reconocidos para la estimación de contornos de ruido en el entorno aeroportuario.

En este contexto, uno de los métodos ampliamente utilizados para la determinación de la dispersión del ruido aeronáutico es el descrito en el Documento 9911 de la OACI (Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports), cuyo motor de cálculo se encuentra implementado en el Integrated Noise Model (INM) desarrollado por la Federal Aviation Administration (FAA) de los Estados Unidos, actualmente integrado en el software Aviation Environmental Design Tool (AEDT). Estos desarrollos constituyen referentes técnicos internacionales y son ampliamente aceptados para la estimación de contornos de ruido asociados al tráfico aéreo.

Adicionalmente, la OACI reconoce la existencia de métodos alternativos que presentan un alto grado de equivalencia en sus algoritmos de cálculo, como es el caso del Documento 29 de la Conferencia Europea de Aviación Civil (ECAC/CEAC), titulado “Report on Standard Method of Computing Noise Contours Around Civil Airports”, el cual propone un método de ingeniería para la estimación de los contornos de ruido generados por aeronaves civiles.

En consecuencia, se considera una buena práctica adoptar alguno de los métodos de estimación de ruido aeronáutico reconocidos internacionalmente por la OACI y utilizados por autoridades técnicas como la FAA, tales como AEDT/INM o ECAC Doc. 29, dado su amplio grado de validación y su capacidad para garantizar la comparabilidad, reproducibilidad y transparencia de los resultados obtenidos en la estimación de contornos de ruido aeronáutico.

Desde el punto de vista técnico, y en el marco de la modelación de ruido asociado al tráfico aéreo, se consideran como buenas prácticas las siguientes:

- Aplicar métodos específicos para tráfico aéreo reconocidos por la OACI, acordes con la naturaleza de la fuente y el alcance del estudio.
- Emplear bases de datos estandarizadas, compatibles con el método y el software de modelación seleccionado.
- Presentar de manera clara la descripción del método empleado, incluyendo la configuración del aeródromo y las características de la(s) pista(s).
- Considerar trayectorias de vuelo normalizadas y, en los casos en que se cuente con información suficiente y resulte técnicamente pertinente, emplear trayectorias derivadas de datos radar.
- Relacionar en los documentos y anexos la flota de aeronaves considerada en el modelo, la distribución horaria de las operaciones (periodos diurno y nocturno), el tipo de maniobra (despegue y aterrizaje) y las condiciones meteorológicas asumidas.
- Justificar técnicamente las homologaciones o sustituciones de aeronaves, cuando estas sean necesarias, de acuerdo con

 <p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	<p>GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</p>	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

los criterios del método aplicado.

- Plantear todos los supuestos y escenarios bajo un enfoque conservador, de manera que la estimación represente condiciones desfavorables de emisión y propagación del ruido, en coherencia con los principios del licenciamiento ambiental.

7.4.2.4 Plataforma de modelación de ruido

Respecto a las plataformas de modelación acústica o entornos de cálculo, si bien en el mercado existen diversas soluciones desarrolladas para la estimación de niveles de ruido ambiental, se considera una buena práctica emplear software que garantice la correcta implementación de métodos científicamente reconocidos y que cuente con mecanismos adecuados de aseguramiento de la calidad de los resultados.

En este sentido, se recomienda que el software de modelación acústica utilizado cumpla, como mínimo, con las siguientes características:

- Incorporar lineamientos de aseguramiento de la calidad, que garanticen la aplicación rigurosa y consistente de los métodos de cálculo correspondientes (por ejemplo, ISO 9613-2, Nord2000, CNOSSOS-EU), considerando las versiones más actualizadas y reconocidas de cada estándar.
- Disponer de procesos documentados de validación, actualización y mejora continua de los algoritmos de cálculo, que permitan verificar la confiabilidad y trazabilidad de los resultados obtenidos.
- Presentar conformidad técnica con los métodos o estándares aplicables, de acuerdo con el país, la agremiación de referencia y la tipología de la fuente de ruido a modelar.
- Permitir la gestión y almacenamiento de bases de datos especializadas, tales como Aircraft Noise and Performance (ANP), en los casos en que se realicen modelaciones de ruido asociadas al tráfico aéreo.
- Admitir el uso de herramientas complementarias para fuentes específicas, en particular para el caso del tráfico aéreo, donde es aceptable emplear software especializado como el Integrated Noise Model (INM) de la Federal Aviation Administration (FAA), actualmente integrado en el Aviation Environmental Design Tool (AEDT), siempre que su aplicación sea coherente con el alcance del estudio y debidamente justificada.

7.4.3 Inventario de fuentes de Emisión de Ruido

El inventario de emisiones de fuentes de ruido representa uno de los insumos que presentan mayor relevancia dentro del proceso de modelación de ruido en el sentido que este representa un alto grado de sensibilidad respecto a la estimación de la cobertura de los contornos de niveles de presión sonora LAeq, teniendo una relación de proporcionalidad directa en el algoritmo de cálculo.

Por tanto, cualquier variación con relación al contenido y a los valores asociados en este podría generar condiciones de subestimación o sobrestimación del impacto alteración de los niveles de presión sonora, generando malas interpretaciones sobre la existencia o no de los niveles de exposición a ruido.


Por lo anterior se considera una buena práctica que la estimación de los niveles de potencia acústica LW de la fuente correspondan a fuentes de información confiable respecto a su origen. A continuación, se mencionan bases de datos identificadas en las memorias de algunos softwares de modelación de ruido.

- Harris, C. M. (1991). Acoustical Measurements and Noise Control. Obra de referencia técnica utilizada para la caracterización y control del ruido en diversas tipologías de fuentes industriales.
- British Standard BS 5228-1:2009. Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites, aplicable a la estimación y gestión del ruido generado por actividades de construcción y obras a cielo abierto.
- U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration (FHWA). Referencias técnicas y bases metodológicas empleadas para la estimación del ruido asociado al tráfico vehicular.
- Mediciones directas de potencia acústica de la fuente, siempre que estas se obtengan mediante la aplicación de un estándar internacional reconocido, acorde con la tipología de la fuente. En estos casos, se recomienda adjuntar las memorias de cálculo y los soportes técnicos que permitan validar la trazabilidad, reproducibilidad y representatividad de las mediciones realizadas.
- Fichas técnicas emitidas por fabricantes o laboratorios especializados, siempre que estén respaldadas por un método reconocido para la determinación de la potencia acústica. En el caso particular de turbinas eólicas, dichas fichas deben incluir el espectro de emisión sonora en función del régimen de vientos y las condiciones de operación consideradas.

Al respecto se considera importante resaltar que dichas bases de datos presentan limitaciones respecto al total de fuentes de generación de ruido que existen dentro del conjunto universal de fuentes ruidosas, de las cuales no se cuenta con información clara, sin embargo, se considera una buena práctica que los supuestos asociados a la obtención de las emisiones de una fuente en particular, se presenten en compañía de un sustento técnico a la luz de un método o estándar públicamente reconocido en materia de ruido.

Adicionalmente se reconoce como buena práctica en la determinación del inventario de fuentes de ruido, lo siguiente:

- Presentar como anexo un inventario de las fuentes de ruido involucradas en el modelo, el cual debe contener como mínimo: el nombre de la fuente, niveles de potencia acústica (con valores en 1/1 o 1/3 preferiblemente), características de la fuente como capacidad, número de fuentes, coordenadas de ubicación, origen de la información de la base de datos, en el caso de ser una estimación por medio de medición de la fuente o método analítico, adjunta la memoria técnica en formato

	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

editable que permita su validación y trazabilidad.

- Las fuentes puntuales, lineales o de área deben contener un identificador inequívoco que relacione la fuente de ruido en el documento, anexo del que trata el ítem anterior, así como al interior de la plataforma de modelación.
- La selección de las fuentes que componen el inventario y sus correspondientes niveles de potencia acústica debe responder a una adecuada homologación, la cual debe estar sustentada en función de la capacidad de la fuente descrita en los documentos del proyecto, de no contar con información específica de la fuente, se sugiere emplear valores de potencia acústica, relativamente mayores teniendo en cuenta no sobrestimar los resultados.
- Para los POA que se encuentran en etapa de seguimiento y sobre los cuales se tiene mediciones representativas de potencia acústica, dicho valor puede ser ingresado al modelo o tenido en cuenta en el cálculo de emisiones siempre y cuando este responda a un método estandarizado internacionalmente específico para tal fin.

A continuación, se presenta a manera de ejemplo un esquema de presentación de inventario de fuentes de ruido.

Figura 7-3 Esquema presentación inventario fuentes ruido

Código de fuente	Nombre de la fuente	Referencia / Origen del dato	Descripción y características operativas	LwA total [dB (A)]	LwA 31,5 Hz [dB]	LwA 63 Hz [dB]	LwA 125 Hz [dB]	LwA 250 Hz [dB]	LwA 500 Hz [dB]	LwA 1 kHz [dB]	LwA 2 kHz [dB]	LwA 4 kHz [dB]	LwA 8 kHz [dB]

Fuente: ANLA – SIPTA 2023

Para aquellas fuentes de ruido con información de mayor detalle respecto a su espectro de emisión como pueden ser aquellas tomadas a partir de mediciones de presión sonora o intensidad acústica, se sugiere complementar el espectro de la fuente en valores de 1/3 de octava.

7.4.4 Condiciones Espaciales

7.4.4.1 Caracterización geométrica de las fuentes

En la modelación de propagación de ruido las fuentes se pueden caracterizar principalmente bajo las siguientes distribuciones geométricas.

- Fuente Puntual:

Una fuente puntual de ruido emite sonido o ruido desde un solo punto en el espacio, como un altavoz o un motor en un punto específico. En este tipo de fuentes el ruido se propaga radialmente desde la fuente en todas las direcciones.

La modelación de este tipo de fuente se basa en la premisa que la intensidad del ruido disminuye con la distancia siguiendo la ley de inversa del cuadrado en donde la fuente se considera muy pequeña con respecto a la distancia donde se encuentra el receptor localizado y a la longitud de onda, que se propaga por el aire sin obstáculos (F. Alton Everest, Ken C. Pohlmann, 2009).

Por tanto, esta geometría se puede utilizar en fuentes pequeñas, cuyo tamaño es despreciable con respecto al receptor, el enfoque del modelo está dado para el campo lejano, así como las fuentes que cuentan con una simetría esférica donde la propagación del sonido irradia de manera uniforme en todas las direcciones, este tipo de fuentes permite además simplificar los cálculos, lo cual puede llegar a optimizar el gasto computacional al momento de correr el modelo.

Se destaca, sin embargo, que este tipo de fuentes tiene limitaciones por tanto no es recomendable para todos los escenarios, especialmente aquellos donde se requiere un nivel de detalle más amplio, donde la cercanía de los receptores con respecto a la fuente no permita poder considerar la fuente como un punto.


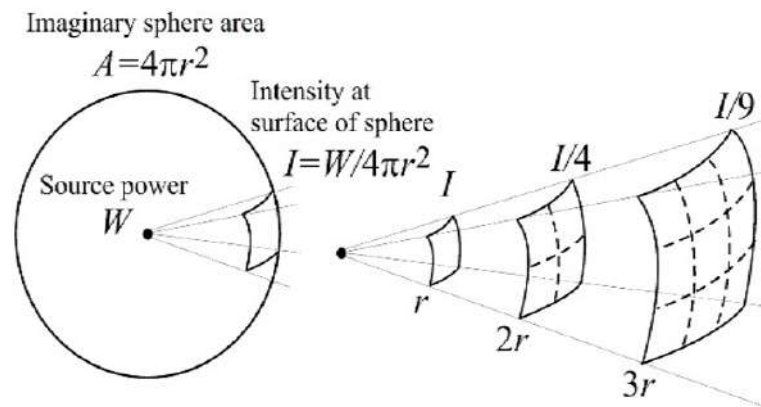
 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Figura 7-4 Grafico fuente puntual



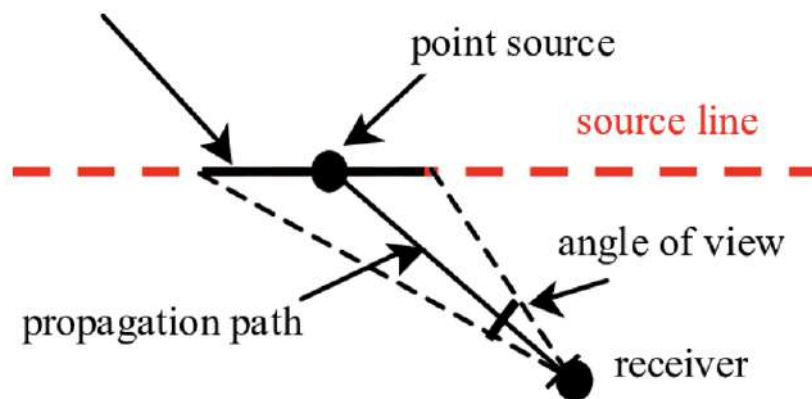
Fuente: Sound Waves, The University of Southampton. Tomado de : <https://blog.soton.ac.uk/soundwaves/wave-basics/point-sources-inverse-square-law/#:~:text=If%20the%20source%20of%20sound,%2C%20with%20'spherical%20symmetry'>

- Fuente Lineal:

Una fuente lineal de ruido se extiende en una línea, como una carretera o una vía férrea, y emite ruido a lo largo de ese trazado, para este tipo de fuentes el ruido se propaga en todas las direcciones perpendicularmente a la línea de la fuente en forma de cilindro (F. Alton Everest, Ken C. Pohlmann. 2009).

La modelación se realiza como una distribución continua de fuentes puntuales a lo largo de la línea, y la intensidad del ruido puede variar en función de la distancia desde la línea.

Figura 7-5 Grafico fuente lineal



Fuente: Kephelopoulos, S., Paviotti, M., & Anfosso-Lédée, F. (2012)

Las fuentes lineales son una elección práctica cuando se necesita tener en cuenta la extensión espacial de las emisiones de ruido y la direccionalidad del sonido. Permiten una representación más precisa de la propagación del ruido a lo largo de características lineales. Este tipo de fuentes se realizan para Carreteras, Líneas Férreas, estructuras lineales como puentes, y en algunos casos en líneas de producción industrial de manufacturas.

- Fuente de Área:

Una fuente de área de ruido cubre una extensión de la fuente emisora en dos dimensiones ya sea vertical u horizontal, este tipo de fuentes puede ser visto como un plano, en donde el ruido se propaga en todas las direcciones desde la superficie emisora.

Este tipo de fuentes presenta velocidades de atenuación diferentes, en función de la distancia del receptor, para el campo cercano no se considera una atenuación, el campo a nivel medio la atenuación se asemeja como una fuente lineal y para el lejano el comportamiento se asemeja a una fuente puntual.


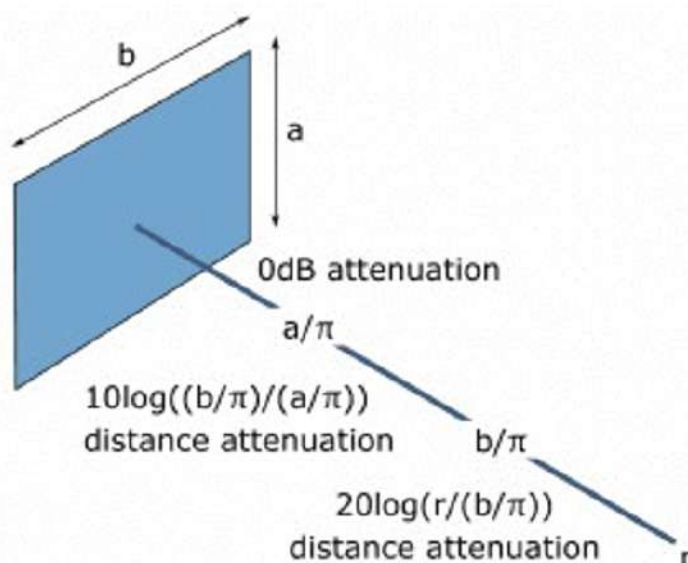
 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Figura 7-6 Grafico fuente área



Fuente: Noise Propagation, 2023 Tomado de:

[https://clementacoustics.co.uk/noise-propagation/#:~:text=If%20a%20sound%20source%20is,is%20a%20significant%20distance%20away\).](https://clementacoustics.co.uk/noise-propagation/#:~:text=If%20a%20sound%20source%20is,is%20a%20significant%20distance%20away).)

7.4.4.2 Topografía (Modelo Digital de Terreno)

El uso de modelos digitales de elevación de terreno (DEM, por sus siglas en inglés), en la modelación de ruido es uno de los factores más importantes debido a que las ecuaciones que gobiernan la modelación tienen en cuenta la topografía del terreno (ISO 9613, 1996), dado que se pueden identificar zonas elevadas que puedan actuar como barreras naturales para la propagación del sonido, o áreas de terreno bajo que puedan actuar como amplificadores de este.

El aumento en la resolución de los datos de elevación del terreno puede generar predicciones más precisas especialmente en terrenos complejos como lo son los Andes Colombianos.

Actualmente el IGAC se encuentra validando el Modelo digital de Terreno a través Programa Multinacional de Intercambio de Datos (TREx), que permitirá obtener una resolución espacial de 12 metros (IGAC, 2017) (<https://www.igac.gov.co/es/noticias/colombia-mejorara-en-un-80-la-precision-de-sus-insumos-cartograficos-igac>). Esta información aún no se encuentra disponible, mientras se obtienen los datos del modelo de elevación validado para Colombia, se recomienda el uso de modelos digitales de elevación de alta resolución que se relacionan a continuación:

1. ALOS PALSAR de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA) el cual genera imágenes con una resolución de hasta 12.5 metros para Colombia de manera gratuita, aclarando sin embargo que este puede presentar errores en las zonas con vegetación densa o terrenos muy elevados y por ende requiere de validación por parte del modelador antes del uso indiscriminado del mismo.
2. TAMDEM-X de la Agencia Espacial Alemana (DLR) que proporciona datos de elevación con una resolución espacial de 12 metros, en la actualidad estos datos se encuentran disponibles para compra.

En caso dado que no se tenga información con la calidad suficiente también están disponibles los siguientes modelos de elevación, los cuales tienen una menor resolución y se recomienda utilizar únicamente cuando sea estrictamente necesario de las siguientes fuentes de información:

1. STRM (Shuttle Radar Topography) cuenta con resolución espacial de 30 metros y puede ser descargado de manera gratuita a través de EarthExplorer de USGS.
2. ASTER GDEM el cual permite la descarga de DEM con una resolución espacial de 30 metros de manera gratuita el cual puede ser descargado a través de EarthData Search de la NASA.

Independiente del modelo utilizado para la determinación de la topografía del área de modelación, como buena práctica se recomienda en la medida de lo posible complementar y validar los datos obtenidos de los DEM con información pública disponible, como por ejemplo, las curvas de nivel en la menor escala con la que se pueda contar del IGAC.

Para el caso del sector minero de explotación abierta, en las cuales hay una modificación del terreno, es perentorio que los modelos de elevación o curvas de nivel a incluir en la modelación se actualicen con información levantada en campo que se acerca a la realidad del proyecto durante el periodo de evaluación de este.

 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Una vez se cuente con el modelo digital de terreno a través de sistemas de información geográfica (ARCGIS, QGIS, etc.) o inherentes al software de modelación utilizado en los casos que estén disponibles, se deben generar las respectivas curvas de nivel con un intervalo de entre 1 y 2 metros según las recomendaciones dadas por la guía básica de recomendaciones de los métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (MITERD -CEDEX- CNOSSOS, 2021) en la zonas donde se observe que la cartografía tiene una alta preponderancia; para zonas donde otras variables tiene más relevancia como las de altas densidades de edificaciones se pueden hacer mayores simplificaciones sin pérdida importante en la calidad del cálculo de propagación.

Finalmente, es importante resaltar que el usuario debe garantizar que independiente del modelo digital de terreno (DEM) utilizado, las alturas de las fuentes de emisión de ruido en todo momento coincidan o sean superiores a las alturas dadas por el DEM implementado para el desarrollo del modelo de propagación acústica.

7.4.4.3 Malla de Cálculo y Receptores

La determinación de los niveles de presión sonora mediante la generación de curvas isófonas permite evidenciar y evaluar el comportamiento del ruido en un área determinada, así como identificar el impacto potencial del proyecto sobre zonas específicas del territorio y sobre los receptores expuestos. En este contexto, la definición de la malla de cálculo adquiere un papel preponderante, dado que una selección inadecuada de su resolución puede introducir desviaciones significativas en los resultados del modelo, las cuales, de acuerdo con la literatura técnica, pueden superar los 10 dB(A), particularmente en las inmediaciones de las fuentes de emisión (CNOSSOS, 2021).

En consecuencia, como buena práctica de modelación, se recomienda emplear un enmallado que permita representar adecuadamente la variabilidad espacial del campo acústico, atendiendo a criterios técnicos reconocidos a nivel internacional. A manera de referencia, en la Tabla 7-4 se presentan valores orientativos de densidad de malla comúnmente utilizados en ejercicios de modelación de ruido ambiental.

Tabla 7-4 Densidad de malla.

Distancia entre puntos (horizontal)	Altura sobre el nivel del suelo
Mínimo: 1 × 1 m	4 m
Aceptable: 10 × 10 m	—
Máximo: 30 × 30 m	—

Fuente: MITERD - CEDEX - GUIA RECOMENDACIONES APLICACIONES CNOSSOS- EU ESPAÑA., 2022

No obstante, la definición final del enmallado debe basarse en las condiciones específicas del proyecto, correspondiendo al modelador justificar técnicamente la resolución adoptada en función de la complejidad del entorno, los objetivos del estudio, la extensión del área a cubrir y la naturaleza de las fuentes de ruido. Esta consideración resulta especialmente relevante en escenarios donde las distancias de propagación son elevadas, como en el caso de las voladuras, cuyo radio de influencia puede alcanzar varios kilómetros, del orden de hasta 5 km (SEA, 2019).

Adicionalmente, se recomienda que la selección del enmallado considere la capacidad computacional disponible y los tiempos de procesamiento, procurando un equilibrio entre la precisión del modelo y su viabilidad operativa, sin comprometer la representatividad del fenómeno acústico que se pretende evaluar.

En relación con los receptores sensibles, se considera una buena práctica incluir dentro del dominio de modelación aquellos elementos que, por su uso, función o valor ambiental, puedan resultar más vulnerables a la exposición al ruido. En los casos en que aplique, se recomienda considerar, como mínimo, los siguientes tipos de receptores:

1. Centros educativos.
2. Centros de atención en salud.
3. Parques principales, alcaldías u otros espacios indicativos de concentración de población.
4. Iglesias y/o lugares de culto.
5. Salones o sedes de juntas de acción comunal.
6. Sitios de recreación y deporte.
7. Centroides y vértices de los polígonos correspondientes a centros poblados continuos y discontinuos.
8. Viviendas o agrupaciones de viviendas relevantes según la ubicación del proyecto.
9. Puntos de monitoreo de ruido ambiental asociados a línea base y/o seguimiento.
10. Zonas agropecuarias.
11. Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS).
12. Áreas de importancia para mamíferos y tortugas marinas.
13. Áreas con elementos naturales susceptibles a afectación por ruido.

La información correspondiente a los receptores sensibles seleccionados debe presentarse como anexo al documento principal, mediante capas georreferenciadas, incluyendo la totalidad de los puntos validados por el usuario y efectivamente considerados dentro del modelo de propagación acústica, con el fin de garantizar la trazabilidad, verificabilidad y coherencia espacial de los resultados obtenidos.

7.4.4.4 Meteorología Condiciones de Propagación

La propagación del ruido es el proceso por el cual el sonido se mueve desde su fuente hasta el receptor, a través de diferentes medios, como el aire, agua, entre otros. Este puede propagarse de diversas maneras dependiendo de la distancia, la frecuencia del sonido, la

	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

dirección y la naturaleza de los obstáculos presentes en el camino por tanto se ve afectada por fenómenos físicos como la transmisión, absorción, reflexión, difracción y difusión. De igual forma, la velocidad de propagación es inherente a las características del medio donde se transmite como la presión, humedad, temperatura, densidad (SEA, 2019), por tanto, la variación de dichos parámetros puede afectar la propagación del sonido en diferente forma:

1. **Temperatura:** Las condiciones óptimas para la propagación del sonido son las temperaturas altas. Esto se debe a que a medida que aumenta la temperatura, la velocidad del sonido en el aire aumenta. Por lo tanto, el sonido puede propagarse más rápido en el aire caliente que en el aire frío. A altas temperaturas, el aire tiende a ser menos denso y esto puede disminuir la absorción de energía sonora (Harris C.M,1996).
2. **Humedad:** La humedad del aire puede afectar la propagación del sonido. En general, las condiciones óptimas para la propagación del sonido son aquellas en las que la humedad es baja. La humedad influye en la absorción de la energía sonora y en la velocidad del sonido en el aire. La humedad puede absorber parte de la energía sonora y reducir la intensidad del sonido. Por otro lado, la velocidad del sonido disminuye con el aumento de la humedad (Harris C.M,1996).
3. **Presión:** La propagación del sonido en el aire también se ve afectada por la presión atmosférica. Las condiciones óptimas para la propagación del sonido son aquellas en las que la presión atmosférica es alta. Esto se debe a que la presión del aire influye en la densidad del aire, que a su vez influye en la velocidad del sonido en el aire. Una presión atmosférica alta hace que el aire sea más denso y aumente la velocidad del sonido en el mismo (Sutherland,L.C. and Bass,H.E, 1996).
4. **Velocidad y Dirección del viento:** La velocidad del viento puede afectar la propagación del sonido de varias maneras. Si el viento está soplando en la misma dirección que el sonido, entonces el sonido se propagará más rápido. Esto se debe a que el aire que se mueve con el viento impulsa las ondas sonoras, haciendo que se propaguen más rápidamente. Por otro lado, si el viento está soplando en la dirección opuesta al sonido, entonces este se propagará más lentamente. Esto se debe a que el aire que se mueve en contra del sonido reduce la velocidad de las ondas sonoras. Además, el viento también puede afectar la dirección en la que se propaga el sonido. Si el viento está soplando en una dirección diferente a la del sonido, entonces puede desviar las ondas sonoras, haciendo que se propaguen en una dirección diferente a la original (Larsson,C. 2000).

El estándar ISO 9613 - Parte 2 Método General de Cálculo presenta coeficientes de absorción por bandas de octava a distintas temperaturas y niveles de humedad los cuales se presentan a continuación:

Tabla 7-5 Coeficientes de atenuación atmosférica

Temperatura °C	Humedad Relativa %	Coeficientes de atenuación atmosférica α , (dB/km)							
		Bandas en frecuencias de octavas (Hz)							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
10	70	0.1	0.4	1.0	1.9	1.9	9.7	32.8	117.0
20	70	0.1	0.3	1.1	2.8	2.8	9.0	22.9	76.6
30	70	0.1	0.3	1.0	3.1	3.1	12.7	23.1	59.3
15	20	0.3	0.6	1.2	2.7	2.7	28.2	88.8	202.0
15	50	0.1	0.5	1.2	2.2	2.2	10.8	36.2	129.0
15	80	0.1	0.3	1.1	2.4	2.4	8.3	23.7	82.8

Fuente: ISO 9613-2, 1996

Es importante mencionar que las condiciones de inversión térmica en espejos de agua no son consideradas en la norma ISO 9613-2 y por ende se pueden encontrar en estas zonas niveles de presión sonora más altas que los proyectados (SEA,2019).

En términos generales es importante considerar que en cuanto a las condiciones atmosféricas como buena práctica se considera el uso de promedios anuales, además tal como lo menciona la guía de ampliación de ruido en Europa (MITARD-CEDEX, 2021) es importante considerar la probabilidad de ocurrencia de condiciones favorables de propagación de un 50% en periodo diurno y un 100% en periodo nocturno, lo anterior considerando el método de cálculo aplicado en el modelo.

7.4.5 Condiciones Temporales

Las ventanas temporales de la modelación deben contemplar desde un punto de vista conservador los promedios ponderados anuales L_d y L_n a partir de un indicador de ruido $L_{Aeq,T}$ para los periodos estipulados por la normatividad nacional (Resolución 627 de 2006).

Ahora bien, dependiente del tipo de fuente objetivo de la modelación, se considera una buena práctica contemplar indicadores acústicos especiales además del $L_{\text{día}}$ y L_{noche} , que permitan conocer las variaciones específicas de la fuente. Algunos casos se relacionan a continuación:

- Cuando el número promedio de eventos de ruido en uno o más de los periodos es muy bajo; como por ejemplo el ruido de un tren o una aeronave que pasa (Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise). En tal caso se considera importante considerar niveles de ruido L_{Amax} o SEL (nivel de exposición al sonido)
- Cuando el contenido de baja frecuencia del ruido es fuerte y se requiere ver este aporte.

 <p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

7.4.6 Representatividad de Procesos

El(los) proceso(s) a representar vía modelación de propagación de ruido deben estar alineados a:

- La descripción del proyecto en los procesos de evaluación: es importante que las actividades que se pretenden licenciar sean evaluadas, así como que las fuentes descritas sean llevadas a modelación en los lugares donde estas serán emplazadas, y que el inventario de emisiones se desarrolle según las cantidades o niveles de actividades para los cuales el proyecto solicita la licencia.
- El estado de avance del proyecto en los procesos de seguimiento: Es importante que en el modelo que se presente vía seguimiento estime los aportes que ha realizado el proyecto durante el periodo de reporte e incluya en el modelo las fuentes que han estado activas.

Para otros tipos de modelos deben estar acuerdo a las suposiciones que se realizan o a los objetivos que pretende el modelo.

Es importante tener en cuenta que una mala selección de la grilla y/o el modelo digital del terreno puede tener una desviación de más de 6 dB(A), en ese sentido se debe seleccionar la grilla adecuada que permita una adecuada representatividad del fenómeno que se quiera modelar y el terreno donde se encuentran las fuentes.

El detalle de cuáles son las características para tener en cuenta y que aspectos se consideran como una buena práctica para cada uno de los procesos a considerar dentro de la modelación se presenta en el capítulo 7.4.1.

7.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se considera buena práctica incluir en el modelo un análisis de sensibilidad, bajo las siguientes condiciones:

- Cuando existe incertidumbre respecto a una decisión o suposición que se emplee durante el proceso de modelación la cual sea contraria a una buena práctica dada en esta guía.
- Para determinar la variabilidad y representatividad de un dato o justificar una hipótesis respecto a la emisión de una fuente en una o varias situaciones particulares por ejemplo determinar variaciones NO significativas en el incremento de tráfico vehicular en una vía o la adición de una fuente adicional en un complejo industrial y validar la existencia o no del aporte y su representatividad.
- Validar la representatividad o cambios que puede tener el modelo por variaciones en terrenos obtenidos por diferentes métodos (levantamiento topográfico de detalle, LIDAR o modelo de superficie).

7.6 ESCENARIOS DE MODELACIÓN

Los modelos de ruido que se presenten pueden contener tantos escenarios como el usuario considere para cumplir los objetivos o ser lo más detallado posible, esto puede diferir si el proyecto se encuentra en etapa de evaluación o en seguimiento, por lo tanto, se considera una buena práctica lo siguiente:

7.6.1 Evaluación

Según lo dispuesto en MGEPEA se deben presentar tres (3) escenarios de estimación de niveles de ruido, los cuales son denominados de la siguiente manera: actual sin proyecto, futuro con proyecto sin medidas de control y futuro con proyecto con medidas de control, de acuerdo con lo anterior, la estimación acústica considera de manera predictiva diferentes momentos o actividades del POA que son susceptibles a generar alteraciones sobre los niveles de ruido ambientales, tal y como lo establece la definición de alcance del POA presentada en la MGEPEA:

“Alcance del proyecto, obra o actividad: incluye la planeación, emplazamiento, instalación, construcción, montaje, operación, mantenimiento, desmantelamiento, finalización y/o terminación de todas las acciones, actividades e infraestructura relacionada y asociada con las etapas de desarrollo.”

Respecto al escenario de modelación de ruido sin proyecto o línea base se considera una buena práctica que este permita conocer todas aquellas fuentes dentro del dominio de modelación del cual se tenga información, que sirva de insumo para el modelo de propagación y sean capaces de generar estrés o algún grado de tensión sobre los niveles de ruido a los que están expuestos los receptores sensibles en torno al proyecto obra u actividad objeto de evaluación.

Al respecto se considera que, para obtener una adecuada estimación de los niveles de ruido producto de las fuentes en la línea base, estas deben presentar un grado de detalle suficiente para ser llevado a los softwares de modelación de tal manera que los resultados obtenidos representen las estimaciones de manera adecuada, lo anterior sugiere que toda información que carezca de representatividad podría subestimar o sobreestimar los niveles de ruido actuales del proyecto.

Algunas de las principales fuentes involucradas en los procesos de línea base (Sin proyecto) están asociadas al tráfico vehicular típico del proyecto; de igual manera se entiende las limitaciones que este escenario puede presentar con relación al desconocimiento o falta de información sobre las características de emisión de algunas fuentes que aun estando dentro del dominio de modelación no pueden ser tenidas en cuenta dado que son ajenas y de las cuales se tiene un alto grado de incertidumbre respecto a su comportamiento, perfiles de emisión, espectro en frecuencia y condiciones locativas.

Para la modelación de ruido con proyecto se considera una buena práctica estimar cada una de las actividades que generan mayores niveles de ruido al ambiente, lo anterior con el fin de identificar qué actividad o fuente y en qué magnitud aporta los mayores niveles

 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

de energía sonora, los resultados deben permitir realizar una toma de decisiones de manera informada respecto a las medidas de abatimiento en materia de control de ruido y/o posibles zonas de alto riesgo a presentar alteraciones sobre el clima acústico típico en el área.

Respecto a aquellos POA's que presentan una distribución temporal de las actividades que mayores niveles de ruido pudiesen generar a largo plazo (varios años), y que por dichas condiciones las emisiones acústicas se presenten en diferentes temporalidades, se considera una buena práctica presentar escenarios críticos que representen las condiciones de modo, tiempo y lugar partiendo desde un enfoque claramente conservador de las emisiones teniendo presente no generar una sobre estimación respecto al impacto que pudiese generar.

Por ejemplo para estimaciones de tráfico aéreo donde la fuente incrementa operacionalmente con el tiempo o actividades de minería donde se proyecta un avance o que el proyecto que cambia de un año al otro, lo anterior en línea con el alcance de la solicitud del trámite.

Algunas consideraciones respecto a este tipo de situaciones se presentan a continuación:

- Suponer de acuerdo con la descripción y cronograma de actividades del POA el momento o instante donde se presenten el mayor número de actividades y fuentes operando como caso crítico de evaluación.
- La ubicación de las fuentes debe ser en lo posible en áreas donde exista mayor riesgo de generación de impactos acústicos.
- Suponer que todas las fuentes de ruido operan de manera simultánea de tal forma que se obtenga la mayor cobertura de los niveles de presión sonora para los periodos diurno y nocturno hasta donde se puede llegar a presentar el impacto. .
- Las estimaciones de niveles de ruido deben corresponder a condiciones favorables a la propagación de ruido según el método empleado.
- Para efectos de la valoración del impacto por ruido, se considera una buena práctica realizar la estimación bajo el supuesto de emisiones sin sistemas de control, de manera que se represente un escenario conservador que permita identificar la magnitud y la extensión potencial del impacto acústico sobre los receptores sensibles.
- De tener incertidumbre sobre las características propias del equipo en términos de capacidad se considera importante suponer la máxima generación en un rango de valores lógicos respecto a la emisión de la fuente.

Dichas suposiciones deben estar descritas en el contenido del documento y relacionadas en el inventario de emisiones del que habla el capítulo 6.2.

Respecto al escenario de modelación con proyecto y medidas de control se debe tener en cuenta que las medidas de abatimiento empleadas en el modelo deben estar acompañadas con una respectiva valoración de su eficiencia como análisis de sensibilidad y deben estar acordes con lo presentado en la ficha de manejo a ser aprobada, es menester indicar que los sistemas de control pueden estar asociados a medidas de manejo tales como regulación de la operación, limitación de horarios de operación, reubicación de la fuente, reducción de velocidad de tráfico, entre otras.

7.6.2 Seguimiento

Respecto a los escenarios de modelación durante el proceso de seguimiento, se considera una buena práctica que estos correspondan al avance del periodo de seguimiento en el que se encuentra el POA, esto considera una reducción de la incertidumbre respecto a la información de entrada al modelo

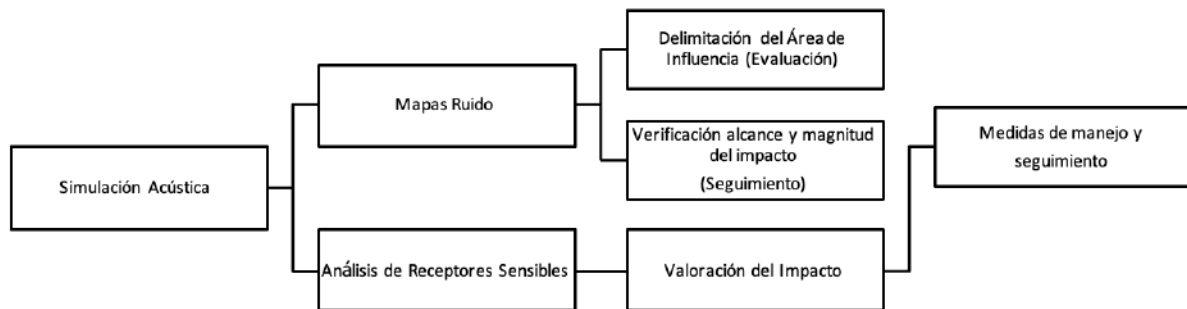
Los sistemas de control que se empleen en los modelos deben corresponder a los sistemas empleados y reportados en las fichas de manejo, en tal sentido se considera una buena práctica que el modelo de ruido tenga descripción detallada del sistema de control empleado y su respectiva validación de eficiencia.

7.7 ANALISIS DE RESULTADOS Y VIABILIDAD AMBIENTAL

El análisis de los resultados debe tener en cuenta el objetivo de modelación establecido, así como los aspectos en los cuales el modelo de propagación de ruido interactúa tanto con el EIA durante la etapa de evaluación del licenciamiento ambiental como con la delimitación del área de influencia, la valoración del impacto y el establecimiento de medidas de manejo. Además, debe permitir, en los casos de seguimiento donde se considere conveniente, evaluar la evolución del impacto de las fuentes que generan ruido durante las distintas etapas del proyecto con respecto a los receptores sensibles.

<p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Figura 7-7. Esquema Análisis de Resultados Modelo Acústico



Fuente: ANLA - SIPTA 2023

Por tanto, se considera como buena práctica en el análisis de resultados lo siguiente:

Mapa de Ruido - Delimitación del Área de influencia: para la delimitación del área de influencia según lo estipulado en el numeral 2.1.2.1 de la MGEPEA (2018) debe tenerse en cuenta el escenario más desfavorable y se toma como referencia el proceso iterativo de delimitación para el medio abiótico si el impacto logra una significancia superior a baja, para el establecimiento del área se tendrá en cuenta según la recomendación de la metodología en la cual insta a que los resultados (isófonas) se deben contrastar con la normativa ambiental, que para este componente en particular por ahora están dados por la Resolución 627 de 2006, en la cual se establecen como condiciones para los sectores más sensibles (A, D) un valor de 55 dB(A) en periodo diurno y 45 dB(A) en periodo nocturno. En caso de una actualización de la norma se deben revisar y actualizar los estándares según corresponda, q .

Receptores Sensibles: El análisis de los aportes de ruido predichos por el modelo ocasionados por las actividades del proyecto a evaluar para los periodos diurno y nocturno según lo reglamentado por la normatividad ambiental vigente, incluyendo además la contribución global e individual del grupo de fuentes consideradas en la simulación. Los resultados se deben presentar para todos los escenarios incluidos en la modelación.

Valoración del impacto: dentro de la valoración del impacto alteración de los niveles de presión sonora, el modelo aporta dos atributos, la magnitud (o intensidad) y la extensión (Es de tener en cuenta la diferenciación entre los atributos y la significancia del impacto, la significancia se calcula a partir de varios atributos dos de los cuales (Magnitud o intensidad extensión) dependen del modelo y los demás atributos dependerán de la metodología usada, como por ejemplo la duración del impacto, su periodicidad, entre otras, que al unirse en una expresión matemática dada, dan lugar a la significancia). Con respecto a la magnitud, se considera una buena práctica la comparación de los resultados del modelo de ruido en todos sus escenarios para cada uno de los receptores sensibles o de interés con los estándares permisibles dados por la normatividad vigente y además la comparación con el valor de ruido de fondo característico o con los niveles de línea base, siempre y cuando el tiempo de medición sea lo suficientemente extensa como para abarcar todas las condiciones de emisión de la fuente y condiciones meteorológicas que son necesarias para obtener un promedio representativo,

Cabe aclarar que, para el tema de valoración de impacto de ruido ambiental, a diferencia de otros componentes como el de Calidad de Aire, la percepción también juega un papel importante pues cada receptor puede ser más sensible o no a las alteraciones en los niveles de presión sonora.

Medidas de manejo: La propuesta de las medidas de manejo en la respectiva ficha deben darse en primera instancia sobre los tipos de fuentes que contribuyan más a la alteración de los niveles de presión sonora, dado que los modelos de propagación de ruido están en la capacidad de identificar el aporte de los niveles de presión sonora que realiza cada fuente o un conjunto de fuentes en la zona de estudio, además que permite la identificación de las zonas de mayor incremento en los niveles de ruido ambiental para cada uno de los escenarios planteados.

7.8 PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información relevante para la revisión es un aspecto importante dentro de las buenas prácticas, si esta es suficiente, clara y concisa, facilita el proceso de revisión de la información por parte de los profesionales de la ANLA y disminuye la solicitud de requerimientos de información adicional.

Se considera una buena práctica incluir como mínimo la siguiente información dentro del reporte de modelación y/o como anexos de este:

7.8.1 Diagrama conceptual

Como buena práctica de modelación es importante incluir el diagrama conceptual de la información que sea relevante, que explique todos los supuestos y consideraciones que se aplicaron al momento de realizar la modelación para cada uno de los escenarios planteados. Se recomienda incluir como información de apoyo una figura con la georreferenciación de fuentes y demás elementos objeto de geolocalización que se incluyeron dentro del modelo para ayudar al lector a identificar como se desarrolló el proceso de modelación y poder evaluar los resultados obtenidos.

 <p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

7.8.2 Datos de entrada

Los datos de entrada a la plataforma de modelación seleccionado se deben adjuntar para que el evaluador pueda en la medida de lo posible o cuando lo considere necesario revisar la información de entrada que fue cargada al modelo como por ejemplo la topografía (curvas de nivel, edificios, obstáculos), fuentes: puntuales, de área, móviles, , coberturas, receptores, entre otros; esta información debe presentarse debidamente georreferenciada y en formatos que faciliten su verificación.

En los procesos de modelación de ruido los datos más comunes se pueden categorizar de la siguiente manera:

Topografía: Datos topográficos de la zona de estudio, incluyendo elevación del terreno, ubicación de edificios, obstáculos y otros elementos que puedan afectar la propagación del sonido.

Fuentes de ruido: Características de las fuentes de ruido, como el tipo, la ubicación, la altura, el ancho de banda, la intensidad y la duración del ruido producido. Estos datos se utilizan para calcular la cantidad de ruido producido por cada fuente y cómo se propaga a través del espacio, estas pueden ser, puntuales, lineales o de área (verticales / horizontales) de acuerdo con el numeral 3.5 INVENTARIO DE FUENTES DE EMISION DE RUIDO.

Receptores: Ubicación y características de los puntos de medición del ruido y/o receptores sensibles, incluyendo la altura y tipo de receptor. Estos datos se utilizan para determinar la cantidad de ruido que llega a cada receptor y cómo estos se distribuye en el área de estudio.

Datos meteorológicos: Información sobre las condiciones meteorológicas locales, incluyendo la temperatura, la velocidad del viento, la humedad y la dirección del viento. Estos datos se utilizan para calcular cómo el sonido se propaga a través del aire y cómo puede afectar a los receptores de ruido.

7.8.3 Archivos ejecutables

Dentro la información entregada en la modelación como buena práctica se considera presentar los códigos y archivos ejecutables de la modelación organizados por escenarios y alcances que se estipularon en la conceptualización del modelo, que permitan la revisión y replicación en caso de ser necesario.

7.8.4 Datos de salida (resultados del modelo)

Como datos de salida dentro de la modelación se recomienda presentar la información que se relaciona a continuación:

Mapas de curvas isófonas: Representación visual de los niveles de ruido en el área determinada de interés, utilizando escalas de color estandarizadas para indicar los niveles de ruido en las diferentes jornadas del día y periodos simulados. Se puede tener en cuenta lo establecido por la Resolución 627/2006 y/o estándares internacionales.

Tablas y graficas datos de niveles de presión sonora: Tablas que presentan los resultados de la simulación de ruido, incluyendo los descriptores obtenidos a partir de las modelaciones (LRAeq,d, LRAeq,n, LAeq, 24_horas, entre otros) en diferentes receptores sensibles, las características de las fuentes de ruido y los datos meteorológicos utilizados en el modelo, así como las gráficas que muestran los niveles de ruido a lo largo del tiempo en un punto de medición específico, que permitan realizar la comparación normativa en los casos que sea necesario identificar los patrones de ruido.

Evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación del ruido: Evaluación de las medidas de mitigación del ruido propuestas, como la instalación de barreras acústicas o la reducción de la velocidad del tráfico en los casos que aplique.

7.8.5 Documento o reporte de modelación


Como buena práctica se recomienda presentar el reporte de modelación como mínimo con los siguientes capítulos y secciones:

1. **Objetivos:** Se debe especificar cual es el propósito de la modelación que se presenta, los escenarios evaluados, y demás que consideren necesarios. Estos deben ser precisos, medibles, alcanzables y que se respondan a través del ejercicio de modelación presentado.
2. **Introducción:** Capitulo donde se explique el contexto del proyecto, los alcances y limitaciones de la modelación.
3. **Generalidades:** En este capítulo se resume el marco conceptual de modelación en donde se describa la norma de cálculo de propagación de ruido implementada asegurando que sea aceptada internacionalmente, la plataforma de modelación a usar junto con su configuración principal, los criterios acústicos (difracción, reflexión, absorción, DEM, entre otros) y demás información que se cite o resuma para dar cumplimiento a las buenas prácticas sobre el sistema de modelación usado.
4. **Datos de entrada:** Capítulo que describe los datos de entrada de forma clara y concisa, con el fin que el evaluador pueda entender: las fuentes, y su procesamiento, entre otros aspectos.

4.1. **Meteorología:** Sección dedicada a presentar los datos meteorológicos representativos del lugar, teniendo en cuenta por lo menos los datos básicos que solicita el modelo matemático de propagación de ruido como temperatura, presión atmosférica, viento (dirección y velocidad), y humedad, entre otros.

4.2. **Topografía:** Sección que describe la fuente del modelo digital de terreno DEM utilizado, su resolución y como es la topografía de la zona, así como la forma en que esta fue procesada y las densidades de las curvas de nivel implementadas en la plataforma de modelación.

4.3. **Receptores sensibles:** Sección en la cual debe incluir una tabla y figura georreferenciando los receptores sensibles a ser incluidos en el modelo y la clasificación de estos (Unidades habitacionales, Instituciones Educativas, Centros de Culto,

 <p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	<p>GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</p>	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Hospitales, etc.).

4.4. Inventario de fuentes de emisión de Ruido: Sección que describe como fue realizado el inventario de las fuentes de generación de ruido, con énfasis en las suposiciones que se realizaron para cada una de las fuentes a incluir en el modelo de propagación. En caso de usar las bibliotecas de espectros de emisión, atenuación sonora, y absorción dados por los softwares de modelación estos deben quedar claros en esta sección.

4.4.1. Escenario(s): Sección que describe detalladamente que representa cada escenario, las fuentes incluidas y los procesos llevados a cabo para modelación.

4.4.2. Fuentes: Sección que describe como fueron llevadas las fuentes del proyecto al modelo es decir sus características (Lineal, puntual, poligonal, dimensiones, etc.) y cuales procesos se evalúan en cada una de ellas.

5. Datos de salida:

5.1. Niveles de presión sonora en receptores sensibles: Sección para incluir apoyados en figuras y tablas un análisis de los aportes de ruido predichos por el modelo ocasionados por las actividades del proyecto a evaluar para los periodos diurno y nocturno; los resultados se deben presentar para todos los escenarios incluidos en la modelación.

5.2. Mapas de Curvas Isófonas: En este apartado se deben presentar los mapas de curvas Isófonas producto de la simulación y el análisis de estos, en los cuales sea posible realizar la identificación de las fuentes de generación de ruido, receptores sensibles y los contornos de las isófonas, de tal forma se permita su adecuada evaluación. Se recomienda hacer zonas de ruido con contornos en múltiplos de 5 dB(A) y en lo posible seguir las recomendaciones dadas en el Anexo 5 de la Resolución 0627 de 2006.

6. Conclusiones y recomendaciones: Capítulo para concluir sobre los resultados del modelo haciendo énfasis en como esto interactúa con el EIA o con los requerimientos realizados por la ANLA en las cuales debe quedar claro cuáles son las áreas de mayor incremento en los niveles de ruido ambiental en cada uno de los escenarios planteados, así como la valoración de la magnitud del impacto ocasionado para las actividades en la cual se tenga en cuenta el marco normativo vigente y el aporte que realizan las diferentes fuentes o grupos de fuentes sobre los niveles de ruido ambiental sobre las áreas de interés en la zona objeto de estudio.

7. Referencias: Capítulo en el que se detallan las referencias bibliográficas dentro del documento.

El usuario está en la libertad de agregar o modificar secciones o cambiar el orden de estas si le es conveniente para los propósitos de la presentación dependiendo del objetivo de la modelación, sin embargo, si el profesional revisor de ANLA lo considera necesario, la no inclusión de una sección de las mencionadas en la presente guía puede ser objeto de requerimiento de información adicional.

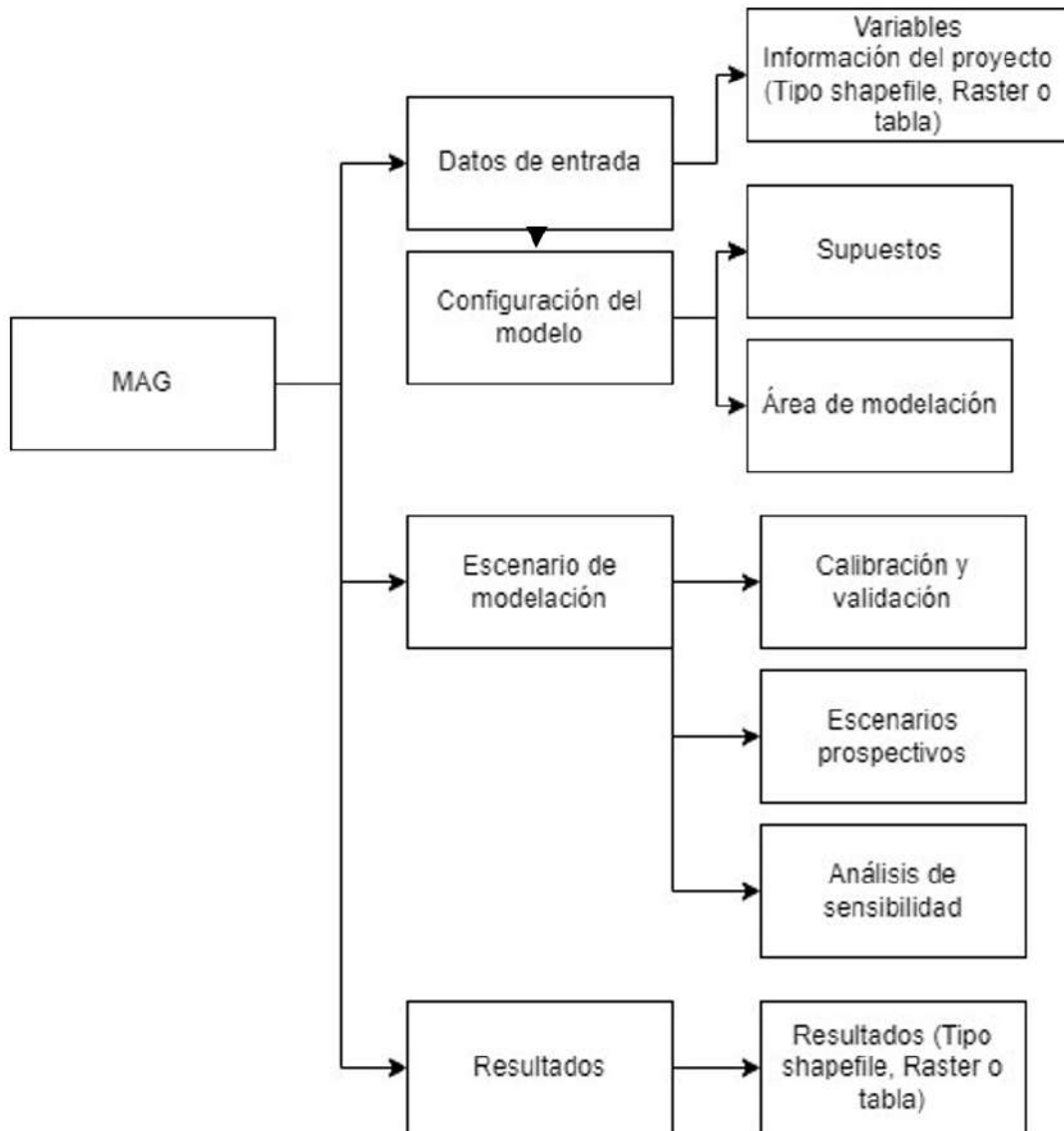
7.8.6 Modelo de almacenamiento geográfico (MAG)

En la actualidad, el modelo de almacenamiento geográfico reglamentado por la Resolución 2182 del 2016 de la ANLA no contempla capas que se puedan asociar directamente con las modelaciones de ruido, sin embargo, se considera como buena práctica incluir dentro de los anexos la información georreferenciada donde se asocien las fuentes de emisión consideradas, los Ráster obtenidos producto de la modelación, las líneas isófonas para los descriptores y escenarios evaluados, así como los receptores discretos y demás información que se considere vital para el desarrollo de la modelación, finalmente es importante que exista una cohesión entre las fuentes del modelo desarrollado y las de las capas AreaProyecto, LineaProyecto, InfraProyectoPG, InfraProyectoLN, InfraProyectoPT.

En este sentido, la ruta donde se debe alojar esta información deberá ser en los capítulos que corresponda, ya sea en el EIA, ICA o como respuesta a un requerimiento específico debe presentar como mínimo, la documentación organizada tal como se muestra en la figura que se relaciona a continuación, se aclara que la sociedad puede incluir además de los anexos mencionados todos los que considere pertinentes sin limitarse a estos:

De acuerdo con el modelo de almacenamiento geográfico reglamentado por la resolución Resolución 2182 del 2016, se debe relacionar la información asociada a los archivos alfanuméricos y geográficos que aplique con relación al ejercicio de modelación de ruido, en tal sentido se dispone a continuación el diagrama general que representa el flujo de la información.

Figura 7-8. Esquema general modelo de almacenamiento geográfico



Fuente: ANLA - SIPTA 2023


 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Tabla 7-6 Estructura modelo de almacenamiento geográfico

Nombre capa geográfica	Descripción	Ejemplo
Área Modelación	Espacio modelado, corresponde al dominio computacional del modelo	Área donde se desarrollan los procesos que se quieren analizar hasta donde se prevé puede existir la manifestación de los impactos por ruido.
Variables Parámetro	Variables de entrada, parámetros y condiciones de frontera.	Se cuenta con variables en capa tipo punto, línea y polígono. <ul style="list-style-type: none"> • PT: Fuentes puntuales, etc. • LN: Fuentes lineales, vías, etc. • PG: Fuentes poligonales (superficie) etc.
Resultados	Resultados cualitativos y cuantitativos de las salidas de un modelo distribuidos puntualmente.	Se cuenta con resultados en capa tipo punto, línea y polígono. <ul style="list-style-type: none"> • PT: Resultados de puntos discretos • LN: Isolíneas de ruido Ld, Ln • PG: Isolíneas de ruido Ld, Ln

Fuente: ANLA - SIPTA 2023

 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Tabla 7-7 Tablas modelo de almacenamiento geográfico

Nombre de la tabla	Descripción	Ejemplo
Modelo	Características generales y tipología del modelo ambiental.	Modelo de ruido desarrollados en Software de estimación de niveles de ruido® con el que se busca definir un área mínima de análisis para de delimitación del impacto generado por ruido.
ConfiguraModel	Detalla las diferentes configuraciones que se pueden dar para parametrizar la corrida de un Modelo ambiental.	Modelo de ruido calculado a partir del estándar ISO, a una altura de 4 m y 1.5 m con una malla de receptores distribuidor de 10 x 10 metros.
Escenario	Indica las diferentes representaciones de una situación abstracta de la realidad que se pretende modelar.	Esc1: Escenario que representa las condiciones actuales y hace parte de la línea base del proyecto. Esc2: Escenario que representa la fase constructiva u operativa del proyecto, el cual tiene en cuenta la emisión de ruido para la temporalidad o puntos más críticos del proyecto Esc3: Escenario que representa los sistemas de control propuestos o medidas de manejo encaminadas a reducir las emisiones sonoras al ambiente y sobre los receptores sensibles identificados.
Supuestos	Detalla las certezas asumidas asociadas a una configuración de un ejercicio de modelación.	Todos aquellos supuestos o simplificaciones sobre una variable de entrada, un parámetro o un método, sobre el cual dicha condición represente la condición de mayor criticidad en materia de emisiones de ruido, por ejemplo, factor de emisión o nivel de fuente sobre la cual no existe información.
VARIABLESPARAMETROS	Listado detallado de las variables de entrada, parámetros y condiciones de frontera empleados en un modelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia acústica de la fuente • Coeficiente de absorción del terreno • Fuente de tráfico vehicular/trenes • Condiciones meteorológicas
RegVariabParam	Descripción y relación de las variables de entrada, parámetros y condiciones de frontera.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de potencia acústica de la fuente • Valor asociado a la absorción del terreno • Velocidad de tramo • Número de elementos
Resultados	Listado detallado de los resultados cualitativos y cuantitativos de la salida del modelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Contornos de ruido nivel de ruido LAeq,T para el periodo de referencia. • Tabla nivel de ruido LAeq,T, sobre puntos discretos para el periodo de referencia.
Registro Resultados	Registros de los resultados cualitativos y cuantitativos de las salidas de un modelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel Continuo Equivalente LAeq,T para el periodo de gerencia respecto al escenario evaluado.

Fuente: ANLA - SIPTA 2023


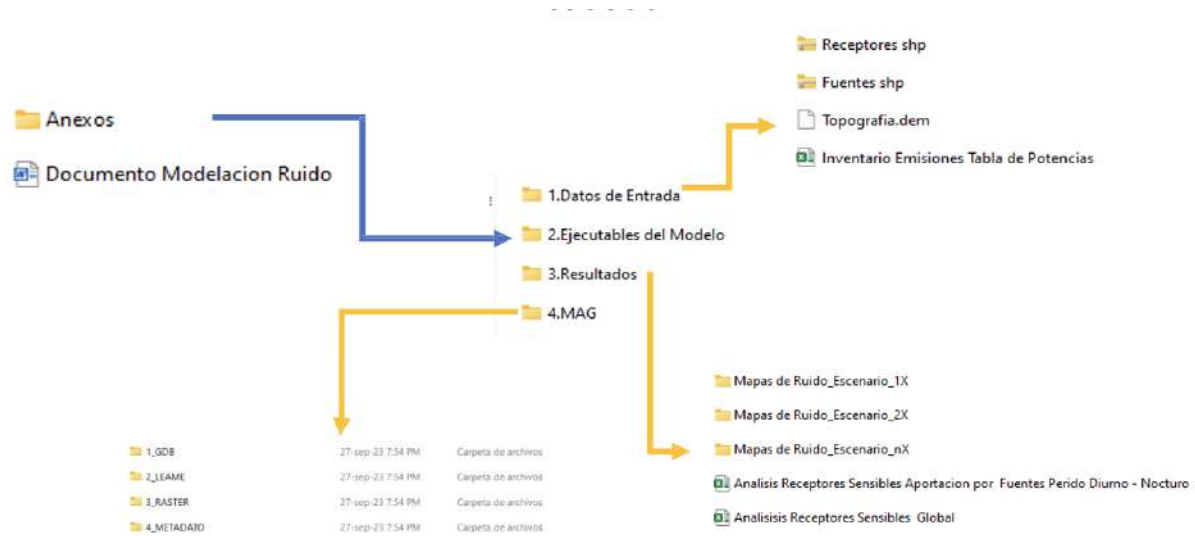
	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Figura 7-9. Esquematación de la localización de los documentos asociados al ejercicio de modelación



Fuente: ANLA - SIPTA 2023

7.9 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Este documento surge como respuesta a la ausencia de una guía de modelación de propagación de ruido en Colombia, Su elaboración se fundamenta en la integración de estándares internacionales reconocidos (ISO 9613-2, CNOSSOS-EU, Nord2000, entre otros) y se concibe como un instrumento de actualización continua. En caso de que el MADS publique lineamientos específicos, el presente documento deberá ajustarse para garantizar su coherencia y compatibilidad con dichos lineamientos.

Este documento hace una presentación de lo que se considera como buenas prácticas de modelación, para el componente Ruido en los cuales se dan lineamientos generales. De tal forma, que se homogenice la información presentada por las sociedades y se pueda hacer una evaluación de manera óptima por parte de los evaluadores encargados, para desarrollar los procesos de seguimiento y evaluación.

Los estudios de modelación de ruido deben documentar de manera explícita las premisas, supuestos y justificaciones aplicadas en cada escenario y para cada fuente modelada. En situaciones donde la información inicial sea incompleta o basada en hipótesis (por ejemplo, limitaciones computacionales, ausencia de especificaciones finales de equipos o localización preliminar), deberá establecerse una estrategia de actualización en la etapa de seguimiento. Estas actualizaciones permitirán ajustar los modelos a las condiciones reales de construcción y operación, asegurando su validez técnica y regulatoria.


Para el caso del sector de hidrocarburos, donde la ubicación definitiva de la infraestructura está asociada a la zonificación aprobada y por ende es un proceso variable, se recomienda utilizar escenarios críticos representativos a partir de la información preliminar disponible en la descripción del proyecto. Esta aproximación permite anticipar distancias a receptores sensibles y niveles de ruido potenciales, y los posibles aportes esperados en las inmediaciones de las fuentes a instalar. Tal como se mencionó en premisas anteriores para la etapa de seguimiento, estos procesos se deben ajustar a las condiciones reales de operación y construcción en la etapa de seguimiento.

8. Referencias

- **CONCAWE**, The propagation of noise from petroleum and petrochemical complexes to neighboring communities. (1981)
- **International Organization of Standardization (ISO) 9613-1**, "Acústica - Atenuación del sonido durante la propagación al aire libre", Parte 1 (1993)
- **Harris, C.M.** ,Absorption of sound in air versus humidity and temperature, J. Acoust. Soc. Am., 40:148-159 (1996)
- **International Organization of Standardization (ISO) 9613-2**, "Acústica - Atenuación del sonido durante la propagación al aire libre", Parte 2 (1996)
- **Sutherland, L.C. and Bass, H.E.**, Atmospheric absorption in the atmosphere at high altitudes, Proc. 7th International Symposium on Long Range Sound Propagation, Lyon (1996)
- **Larsson, C.**, Weather effects on outdoor sound propagation, Int. J. Acoust. Vib., 5:33-36. (2000)
- **MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL**, Resolución 627 de abril 7 de 2006. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. (2006)
- **International Civil Aviation Organization**, Doc 9911: Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports. ICAO. (2008)
- **Kephalopoulos, S., Paviotti, M., & Anfosso-Lédée, F.** ,Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU), 180-p. (2012)
- **Kephalopoulos, S., Paviotti, M., Anfosso-Lédée, F., Van Maercke, D., Shilton, S., & Jones, N.** ,Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: Science of the Total Environment, 482, 400-410. (2014)

 <p>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</p>	<p>GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</p>	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

- **European Commission**,CNOSSOS-EU: Common Noise Assessment Methods in Europe. Publications Office of the European Union. (2015)
- **MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADS) & AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES**,Metodología para la elaboración y presentación de estudios ambientales. Bogotá D.C, Colombia. (2018)
- **Servicio de Evaluación Ambiental (SEA)**. ,Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Ruido y Vibración en el SEIA. Disponible en el centro de documentación de su sitio web (2019)
- **Federal Aviation Administration**,Aviation Environmental Design Tool (AEDT). U.S. Department of Transportation (2021)
- **U.S. Federal Highway Administration**. ,Traffic Noise Model (TNM) Version 2.5: User Guide. U.S. Department of Transportation. (2021)
- **MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (MITERD)- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)**,Guía Básica de Recomendaciones para la Aplicación Del Método Cnossos-Eu. España (2021)

 Autoridad Nacional de Licencias Ambientales	GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DE RUIDO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS	Fecha	12-05-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-13

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Nombre	Nombre	Nombre
Marco Alejandro Tellez Salas Didier Felipe Barragan Rojas	Oscar Alexander Varila Quiroga	Jorge Alberto Sanabria Morales
Cargo	Cargo	Cargo
Profesional Técnico Profesional de Calidad	Profesional Especializado	Coordinador
Fecha	Fecha	Fecha
29-04-2026	04-05-2026	12-05-2026