	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

INFORME TÉCNICO – ACTUALIZACIÓN DE LOS MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO (MER) DE BOGOTÁ

SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL (SCAAV)

RED DE MONITOREO DE RUIDO AMBIENTAL DE BOGOTÁ (RMRAB)

- **Entidad responsable que produce la información:**

Secretaría Distrital de Ambiente.

Dependencia: Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual




Funcionario: Hugo Enrique Sáenz Pulido

Cargo: subdirector, Calidad del Aire, Auditiva y Visual

Correo electrónico: hugo.saenz@ambientebogota.gov.co




Dirección: Avenida Caracas N° 54-38

Teléfono: 3778801 Ext 8916




  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	8
3. OBJETIVO	10
4. ALCANCE	10
5. DEFINICIONES Y SIGLAS	10
5.1. Definiciones.....	10
5.2. Siglas	10
6. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	11
7. METODOLOGÍA	12
7.1. Características de la presente actualización.....	12
7.2. Generalidades de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER)	12
7.3. Antecedentes de los MER y consolidación de la RMRAB.....	13
7.4. Normas, estándares y/o buenas prácticas aplicables	13
7.4.1. Resolución 0627 de 2006 “Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental”.	13
7.4.2. ISO 1996 “Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental”	15
7.4.3. ISO 9613 “Acústica. Atenuación del sonido durante la propagación en exteriores	15
7.4.4. Guía de Buenas Prácticas para el Mapeo Estratégico de Ruido y la Producción de Datos Asociados a la Exposición al Ruido:	16
7.5. Método adoptado	16
7.6. Descripción del área de estudio	17
7.7. Descripción mediciones.....	23
7.7.1. Parámetros de medición	23
7.7.2. Emisión de ruido (fuentes puntuales)	24
7.7.3. Ruido Ambiental.....	26
7.8. Datos de entrada.....	31
7.8.1. Modelo Digital de Terreno (MDT)	31
7.8.2. Inventario de fuentes fijas	32
7.8.3. Aforo vehicular	33

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.8.4. Velocidades promedio.....	36
7.9. Parámetros meteorológicos.....	36
7.9.1. Datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB).....	36
7.9.2. Datos del IDEAM	41
7.10. Configuración del motor de cálculo.....	44
7.10.1. Enfoque	44
7.10.2. Estándares utilizados	44
7.10.3. Tráfico vehicular.....	45
7.10.4. Clasificación de vehículos.....	45
7.10.5. Pavimento.....	49
7.10.6. Pendiente.....	50
7.10.7. Cruces e intersecciones.....	50
7.10.8. Otras consideraciones	50
7.10.9. Transmilenio	50
7.10.10. Focos de ruido industrial y propagación sonora	51
7.10.11. Tráfico aéreo.....	51
7.11. Parámetros generales de predicción	52
7.12. Receptores acústicos	53
7.12.1. Receptores puntuales	53
7.12.2. Evaluación de receptores en edificios	53
7.13. Cálculo de indicadores acústicos.....	55
7.13.1. L_D , L_N y L_{DN}	55
7.13.2. %PUAR (Porcentaje de Población Urbana Afectada por Ruido)	56
7.13.3. Índice de contaminación acústica per cápita (ATNEM)	58
7.13.4. Indicadores grupales de ruido (G_{dn} y G_{night})	58
7.13.5. Indicadores de Molestia (% A, % HA, % SD y % HSD)	59
8. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN.....	60
8.1. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) generales del Distrito.....	60
8.2. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) del tráfico vehicular	62
8.2.1. MER vehículos livianos.....	62

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

8.2.2. MER vehículos medianos	64
8.2.3. MER vehículos pesados	65
8.2.4. MER motos	67
8.2.5. MER vehicular	70
8.3. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) del sistema de transporte masivo (Transmilenio)	72
8.4. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Industria, Comercio y Servicios	75
8.5. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) del tráfico aéreo	77
9. RESULTADOS INDICADORES ACÚSTICOS	78
9.1. Nivel continuo equivalente día-noche (L_{DN})	78
9.2. Porcentaje de Población Urbana Afectada por Ruido (%PUAR).....	79
9.3. Mapas de Conflicto.....	85
9.4. Índice de contaminación acústica per cápita (ATNEM).....	87
9.5. Indicador grupal de ruido (G_{dn} y G_{night}).....	91
9.6. Indicador de molestia (%A, %HA, %SD y %HSD)	95
10. PRIORIZACIÓN DE ZONAS ACÚSTICAMENTE SATURADAS (ZAS)	103
11. INCERTIDUMBRE	111
12. CONSIDERACIONES FINALES	113
13. ANEXOS.....	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología para generación de los MER	17
Figura 2. Área urbana de Bogotá.....	18
Figura 3. Localidades en el área Urbana de Bogotá	19
Figura 4. Construcciones en el área Urbana de Bogotá.....	20
Figura 5. Curvas de nivel en el área urbana de Bogotá	21
Figura 6. Malla Vial en el área Urbana de Bogotá.....	22
Figura 7. Distribución espacial mediciones a establecimientos comerciales e industrias .	25
Figura 8. Distribución espacial y cobertura de la RMRAB	27
Figura 9. Modelo Digital del Terreno de Bogotá.....	31
Figura 10. Modelo 3D con edificaciones	32
Figura 11. Datos de entrada estándar de cálculo CNOSSOS	35
Figura 12. Malla vial para los MER de Bogotá	35
Figura 13. Localización de las estaciones de la RMCAB	37




  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 14. Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)	37
Figura 15. Velocidad del viento	38
Figura 16. Temperatura	39
Figura 17. Precipitación	40
Figura 18. Rosa de vientos	40
Figura 19. Humedad Relativa en Bogotá (2018-2019)	42
Figura 20. Temperatura Bogotá (2018-2019)	44
Figura 21. Distribución de receptores	54
Figura 22. Resultado mapa de fachadas en una determinada zona.....	55
Figura 23. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Bogotá D.C., jornada ordinaria	60
Figura 24. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Bogotá D.C., jornada dominical	61
Figura 25. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos livianos, jornada ordinaria....	62
Figura 26. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos livianos, jornada dominical...	63
Figura 27. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos medianos, jornada ordinaria	64
Figura 28. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos medianos, jornada dominical	65
Figura 29. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos pesados, jornada ordinaria ..	66
Figura 30. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos Pesados, jornada dominical.	67
Figura 31. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de motos, jornada ordinaria	68
Figura 32. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de motos, jornada dominical.....	69
Figura 33. Mapa Estratégico de Ruido (MER) del tráfico vehicular Bogotá D.C., jornada ordinaria.....	70
Figura 34. Mapa Estratégico de Ruido (MER) del tráfico vehicular Bogotá D.C., jornada dominical	71
Figura 35. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Transmilenio, jornada ordinaria	73
Figura 36. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Transmilenio, jornada dominical	74
Figura 37. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de industria, comercio y servicios, jornada ordinaria.....	75
Figura 38. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de industria, comercio y servicios, jornada dominical	76
Figura 39. Mapa Estratégico de Ruido (MER) aeronáutico de Bogotá D.C., período diurno y nocturno.....	77
Figura 40. Representación gráfica del indicador LDN	79
Figura 41. Representación gráfica indicador %PUAR	80
Figura 42. Contribución al %PUAR total por localidades, jornada ordinaria	82
Figura 43. Contribución al %PUAR total por localidades, jornada dominical	83
Figura 44. Mapa de Conflicto Bogotá D.C., jornada ordinaria	85
Figura 45. Mapa de Conflicto Bogotá D.C., jornada dominical	86
Figura 46. Representación cartográfica indicador ATNEM.....	87
Figura 47. Representación gráfica indicador G_{dn} y G_{night}	91







  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 48. Representación cartográfica de los indicadores de molestia %A y alta molestia %HA	96
Figura 49. Representación cartográfica de los indicadores de molestia %SD y %HSD..	100
Figura 50. Metodología para la generación de las ZAS.....	104
Figura 51. Mapa de calor PQRS del Distrito.	105
Figura 52. Representatividad de los indicadores para el cálculo de ZAS.	106
Figura 53. Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS)	107
Figura 54. Localización Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS).....	110

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Horarios diurno y nocturno	13
Tabla 2. Estándares máximos permisibles de emisión y ruido ambiental	14
Tabla 3. Inventario estaciones de la RMRAB.....	28
Tabla 4. Indicadores acústicos de la RMRAB para los MER de Bogotá.....	30
Tabla 5. Datos de entrada aforo vehicular	34
Tabla 6. Georreferenciación de las estaciones de la RMCAB	38
Tabla 7. Humedad Relativa en Bogotá (2018-2019)	41
Tabla 8. Temperatura Bogotá (2018-2019)	43
Tabla 9. Índice medio diario.	45
Tabla 10. Descripción categoría 1.....	46
Tabla 11. Descripción categoría 2.....	47
Tabla 12. Descripción categoría 3.....	47
Tabla 13. Descripción categoría 4.....	49
Tabla 14. Configuración del modelo.....	52
Tabla 15. Coeficiente de absorción por bandas de Octava	53
Tabla 16. Clasificación del indicador ATNEM	58
Tabla 17. Resultados del indicador %PUAR	81
Tabla 18. Valores de referencia %PUAR	83
Tabla 19. Clasificación del %PUAR en intervalos de 5 dB(A), jornada ordinaria	84
Tabla 20. Clasificación de barrios con mayor indicador ATNEM por localidad	88
Tabla 21. Clasificación de barrios con mayor indicador Gn y Gdn	92
Tabla 22. Clasificación de barrios con mayor indicador %A y %HA por localidad	96
Tabla 23. Clasificación de barrios con mayor indicador %SD y %HSD por Localidad	100
Tabla 24. Priorización (ranking) de las Zonas Acústicamente Saturadas	108

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2




1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno del ruido se ha convertido en una preocupación diaria que afecta a todos los ciudadanos, gracias al continuo desarrollo de diversas actividades realizadas en las urbes. Investigaciones recientes revelan que una significativa porción de la población está experimentando las repercusiones negativas del ruido en su vida cotidiana. Este problema no solo perturba las actividades normales, sino que también se encuentra intrínsecamente vinculado con otros desafíos ambientales que enfrentan las ciudades.

Para abordar eficazmente esta problemática de contaminación acústica en las comunidades, se requiere un enfoque holístico que esté arraigado en el concepto de sostenibilidad. Esto implica reconocer que, si bien es necesario el desarrollo de actividades comerciales, industriales, de servicios y transporte para el crecimiento de la ciudad, también es imperativo asegurar un ambiente saludable y equilibrado para sus residentes.

La contaminación acústica en las ciudades es un asunto de múltiples dimensiones que emana de diversas fuentes y ejerce un profundo impacto en la calidad de vida humana. A lo largo de varios años, se ha consolidado el reconocimiento de que el ruido es un factor preponderante de contaminación que incide directamente en la población y que afecta su salud. Por consiguiente, la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) asume la responsabilidad de velar por el bienestar de la comunidad y por el disfrute de un ambiente sano. Como Autoridad Ambiental del Distrito, es la entidad encargada de elaborar, revisar y actualizar los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá cada cuatro (4) años, en cumplimiento del Artículo 22 de la Resolución 0627 del 2006, a fin de conocer la realidad de ruido ambiental en la ciudad y para proveer una herramienta de gestión para la planeación (especialmente como insumo técnico para la actualización de los planes de ordenamiento territorial). La Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual (SCAAV) de la Secretaría Distrital de Ambiente realiza la modelación acústica de las 19 localidades de la ciudad utilizando como insumo los registros obtenidos por la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB), las mediciones realizadas por el grupo técnico de emisión de ruido, variables medioambientales recolectadas (como temperatura, humedad, velocidad del viento), aforo vehicular (discriminado tipo y velocidad promedio) y el levantamiento cartográfico con las diferentes variables geográficas (altura de edificios, superficie del terreno, usos de suelo, vías, entre otras). Asimismo, se genera la estimación de diferentes indicadores acústicos para el respectivo análisis de las condiciones sonoras en la ciudad.

Los datos de entrada como insumo para la generación de los MER corresponden a los años 2018 y 2019 ya que los años 2020 y 2021 son considerados como atípicos (debido a la crisis de pandemia global COVID – 19), pues no representan la dinámica normal de la ciudad de Bogotá ya que el aforo vehicular no fue el mismo, los establecimientos comerciales tales como bares, restaurantes o discotecas, fueron cerrados en diversos períodos, el tráfico aéreo se vio reducido y en general, la gente estuvo confinada.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2




Los resultados de los diversos análisis llevados a cabo servirán como insumo base para definir la ruta para la gestión del ruido en el Distrito enmarcada en el Plan de Calidad Acústica del Distrito Capital, que es un instrumento por medio del cual se desarrollan e implementan estrategias y medidas para la disminución o mitigación de los niveles de ruido ambiental que exceden los estándares máximos permisibles en las diferentes zonas del área urbana, con el fin de mejorar las condiciones sonoras en la ciudad y aportar a la sostenibilidad de la misma.

2. ANTECEDENTES

La creciente problemática de contaminación auditiva por la exposición de la ciudadanía al ruido generado por diversas fuentes como tráfico rodado (la de mayor impacto representando aproximadamente el 80%) y aéreo, actividades económicas (industria, comercio y servicios), actividades humanas (especialmente el perifoneo) y por los conflictos de uso de suelo (mayormente debido a la mixtura de estos) en la ciudad de Bogotá, genera afectación en la salud y tranquilidad de los ciudadanos, además de impactar la calidad de vida de los mismos. Asimismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha catalogado al ruido ambiental como el segundo factor más perjudicial para la salud (superado solamente por la contaminación del aire), el cual genera anualmente sólo en Europa, según la agencia europea del medio ambiente (EEA):




- Más de 10.000 casos de muertes prematuras, de los cuales el 89% serían atribuibles al ruido producido por el tráfico vehicular
- Más de 900.000 casos de hipertensión
- Más de 43.000 casos de hospitalización de los cuales, de los cuales más del 23% representan enfermedades coronarias y accidentes cerebrovasculares debido al ruido, pudiendo generar 6.700 y 3.300 decesos, respectivamente
- 1 de cada 5 personas está expuesta a niveles nocivos para la salud
- Más de 20 millones de personas sufren de molestia por ruido
- Más de 8 millones de personas con perturbación del sueño
- Más de 8.000 niños escolares (entre los 7 y 17 años) con problemas de lectura por el ruido generado por el sobrevuelo de aeronaves sobre los colegios

Debido a la dificultad de reportar la totalidad de las consecuencias en todo el territorio europeo, los anteriores valores pueden llegar a duplicarse, valor bastante crítico cuyas cifras corresponden al 2014 y que tiende al alza. Adicionalmente, se prevé que para el 2050, el 10% de la población mundial padecerá de pérdida de audición incapacitante. Como consecuencia, la OMS reconoce al ruido como un problema de salud y ambiental al ser un contaminante físico de características temporales instantáneas que requiere de poca energía para ser generado, no deja residuos ni es acumulativo en el medio, es localizado por lo que su radio de afectación es reducido, es percibido solamente por el sentido del oído

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

y tiene un componente subjetivo importante ya que la sensación de molestia según la amplitud del sonido, varía con las personas.

Por otro lado, el impacto económico generado por el ruido ambiental ha sido estimado en la Unión Europea por casi 30 billones de euros anuales debido a los altos costos médicos y hospitalarios, además de la reducción del avalúo de casas y edificios (con pérdidas de aproximadamente el 0,5% del valor total del predio por cada decibel que excede los 55 dB en L_{DN} con tendencia a alcanzar el 1,5% en presencia de ruido aeronáutico), la reducción en las posibilidades de uso del suelo y la pérdida de producción en los lugares de trabajo. Solamente en Inglaterra, se estima un costo social debido al ruido ambiental en 10 billones de libras esterlinas [£] anuales, valor ligeramente superior al asociado a los accidentes de tráfico vehicular (£9 billones) y valor superlativo al impacto de cambio climático (£1 - £4 billones); de los £10 billones, £3 billones son debido a enfermedades cardiovasculares.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

3. OBJETIVO

Desarrollar la actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá y generar el informe de evaluación de la calidad acústica de la ciudad a partir de los resultados obtenidos por la modelación acústica.

4. ALCANCE

El presente informe da a conocer los resultados de los modelos de propagación sonora por aporte o contribución de fuentes (tráfico vehicular, tráfico aéreo, transporte masivo Transmilenio y fuentes fijas de emisión) en horario diurno y nocturno, para la jornada ordinaria y dominical. A partir de estos resultados se realiza el cálculo del %PUAR e ICAU para evaluar la calidad acústica de la ciudad, y se proyecta la línea base para el plan de descontaminación por ruido

5. DEFINICIONES Y SIGLAS

5.1. Definiciones

Para efectos de la correcta aplicación del presente informe, se adoptan las definiciones contenidas en el Anexo 1 de la Res. 0627 del 2006 y el glosario publicado en la UNE-ISO 1996.

5.2. Siglas

dB: Decibel

Hz: Hertz o Hercio

L_{Aeq} : Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A

L_{RAeq} : Nivel corregido de presión sonora continuo equivalente ponderado A

L_{DN} : Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, día/noche

MER: Mapa Estratégico de Ruido




PUAR: Población Urbana Afectada por Ruido

RMRAB: Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá

RMCAB: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

SCAAV: Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

SDA: Secretaría Distrital de Ambiente

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2




SEL: Nivel de exposición sonora

UPZ: Unidad de Planeamiento Zonal

ZEA: Zonas de Especial Atención

6. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 627 de 2006: Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
- ISO 1996: Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental.
- NTC ISO/IEC 17025: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- ISO 9613-2: Atenuación del sonido durante la propagación en exteriores.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Índice de Calidad Ambiental Urbana – ICAU.
- Asensio, C., Ausenjo, M., Jambrosic, K., Kang, J., Moshioni, G., & Pagán, N. (2011). Aircraft noise monitoring according to ISO 20906; Evaluation of uncertainty derived from the human factors affecting event detections. Applied acoustic.
- Luis Bravo Moncayo, Miguel Chávez, Virginia Puyana, José Lucio-Naranjo, Christian Garzón, Ignacio Pavón-García. A cost-effective approach to the evaluation of traffic noise exposure in the city of Quito, Ecuador.
- Directiva Unión Europea. 2020/367 de la Comisión de 4 de marzo de 2020.
- Gaetano Licitra, Elena Ascari. G_{den} : An indicator for European noise maps comparación and to support action plans.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Guía básica de recomendaciones para la aplicación de los métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (CNOSSOS-EU)
- European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7. METODOLOGÍA

7.1. Características de la presente actualización




La metodología empleada corresponde al estado actual del arte, articulando los últimos estándares de cálculo adoptados internacionalmente y generando el cálculo de la propagación sonora no sólo a nivel de área, sino además teniendo en cuenta la altura (mapas de fachadas) con el fin de determinar con mayor precisión el impacto generado por el ruido, garantizando así una mayor representatividad y confiabilidad en los resultados.

7.2. Generalidades de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER)

Un Mapa Estratégico de Ruido (MER) es una representación cartográfica de los niveles de ruido existentes en una determinada zona para un determinado periodo de referencia, el cual permite conocer la realidad de la incidencia de ruido ambiental. En otras palabras, sirve como herramienta para la planeación y seguimiento de las condiciones sonoras, y adicionalmente son usados como insumo técnico para la elaboración y actualización del Plan de Ordenamiento Territorial (POT).

Un mapa de ruido está compuesto por una serie de capas que permiten valorar el aporte de diferentes fuentes de ruido ambiental como el tráfico aéreo, el tráfico rodado, la industria, actividades comerciales y de servicios, entre otros. Es de mencionar que los resultados obtenidos deben ser comparados con la Tabla 2 de la Resolución 0627 del 2006 que es la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), y se debe considerar el uso del suelo reportado por la Secretaría Distrital de Planeación para la realización de análisis específicos y líneas base de ruido ambiental. Los MER pueden ser utilizados para comparaciones futuras relacionadas con la evolución (es decir, aumento o disminución) de los niveles de ruido ambiental, así como para la generación de planes de descontaminación acústica en el Distrito Capital. Los MER del Distrito no son generados o actualizados como herramienta de control a fuentes específicas de emisión sonora, dado que los mismos deben ser utilizados para la gestión relacionada con el adecuado uso y ocupación del suelo.

Los indicadores acústicos utilizados para la determinación del ruido ambiental en Colombia, se clasifican en dos (2) según el tipo de día: Ordinario (el cual representa cualquier día entre lunes y sábado) y Dominical (que representa un día domingo o feriado); asimismo, según el horario del día, se tienen el L_D (Nivel de Presión Sonora Día 07:01 – 21:00 horas) y L_N (Nivel de Presión Sonora Noche 21:01 – 07:00 horas) expresados en dB(A), esto en concordancia a la Resolución 0627 del 2006. La misma normativa establece que las autoridades ambientales son las encargadas de elaborar y actualizar los mapas de ruido cada cuatro años, razón por la cual la SDA se encuentra en proceso de actualizar los MER.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

A partir de los MER y de los mapas de fachadas es posible calcular el porcentaje de población urbana afectada por ruido (%PUAR) que corresponde a la población que se encuentra expuesta a niveles de ruido iguales o superiores a 65 dB(A) para el indicador de Nivel de Presión Sonora Día Noche (L_{DN}), valor máximo de referencia recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) que no debería ser excedido para evitar afectación en la salud humana.

7.3. Antecedentes de los MER y consolidación de la RMRAB

Con los resultados obtenidos en la última actualización de los MER de Bogotá realizada en el 2017, se lograron identificar unas zonas específicas de alto impacto sonoro que exceden los niveles máximos permisibles de ruido ambiental según la norma nacional, y en las que se generan diversas Peticiones, Quejas y Reclamos (PQR's). Como parte de la gestión para realizar seguimiento y monitoreo a estas zonas, la Subdirección de la Calidad del Aire, Auditiva y Visual (SCAAV) de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) consolidó la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB) que es un sistema de captura de datos acústicos en tiempo real para monitorear las condiciones de ruido en las zonas identificadas por alto impacto sonoro, haciendo presencia en 16 localidades del Distrito Capital, beneficiando a seis millones y medio (6.500.000) de habitantes aproximadamente. Además, es la red de monitoreo de ruido más grande del país, y una de las más importantes de Latinoamérica.

7.4. Normas, estándares y/o buenas prácticas aplicables

7.4.1. Resolución 0627 de 2006 “Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental”.




Expedida por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS), es la norma que regula los procedimientos de medida y evaluación de emisión de ruido (i.e. ruido generado por fuentes específicas en determinada zona) y ruido ambiental (i.e. ruido total producto de la suma de los aportes de todas las fuentes presentes en determinada zona) a nivel nacional, estableciendo los niveles máximos permisibles para ambos casos discriminados por sectores y subsectores que, teóricamente, deben estar articulados con el uso de suelo.

El horario definido en la normativa es el siguiente:

Tabla 1. Horarios diurno y nocturno

Diurno	Nocturno
7:01 – 21:00	21:01 – 7:00

Fuente: Resolución 0627 de 2006

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

El desarrollo de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá están enmarcados por los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental y de emisión, presentados en las tablas 1 y 2 de la normativa, consolidados y presentados a continuación:




Tabla 2. Estándares máximos permisibles de emisión y ruido ambiental

Sector	Subsector	Ruido ambiental [dB(A)]		Emisión de ruido [dB(A)]	
		Día	Noche	Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.				
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.				
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas Portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50	65	55
	Zonas con usos institucionales.				
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	70	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana	55	45	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.				
	Zonas de Recreación y descanso, como parques y reservas naturales.				

Fuente: Resolución 0627 de 2006

El párrafo primero del capítulo 2 de la mencionada normativa establece que cuando la emisión de ruido en un sector o subsector trasciende a otros sectores o subsectores vecinos (o inmersos en él), los estándares máximos permisibles de emisión de ruido corresponderán al más restrictivo (acorde al uso de suelo). Por otro lado, el párrafo que le sigue indica que las vías (troncales, autopistas, arterias, vías principales, etc.) son objeto de medición de ruido ambiental más no de emisión de ruido por fuentes móviles, por lo que este tipo de fuente debe ser simulada en los MER como una fuente cilíndrica (tráfico rodado constante) y se usarán algunos puntos de medición de ruido ambiental cercano a las vías para calibración (validación) del modelo.

Adicionalmente, esta normativa provee información sobre la obligatoriedad de la realización y actualización de los mapas de ruido por parte de las autoridades ambientales cada cuatro

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

(4) años para municipios con poblaciones superiores a los 100.000 habitantes. También define los fines y contenidos de los mapas de ruido, los requisitos a cumplir a la hora de elaborarlos y el deber de generar planes de descontaminación acústica a partir de los resultados de los MER. Además, el Anexo 5 dictamina los lineamientos para la presentación de los resultados de los MER.




7.4.2. ISO 1996 “Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental”

La metodología adoptada para la medición y análisis de ruido ambiental corresponde a la definida en la normativa internacional ISO 1996, especialmente en su *Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental*, la cual provee el modo para determinar los niveles de presión sonora para diferentes fuentes, el cálculo de la incertidumbre por el proceso metrológico e información básica para la realización de los mapas de ruido. Dicha norma estandariza la medición y evaluación del ruido para que, a partir de la misma, se construyan y desarrollen las normas nacionales con sus correspondientes niveles máximos permisibles definidos a partir de mediciones o cálculos, y son las normas nacionales aplicables a cada territorio las que definen si dichos niveles corresponden o no al confort acústico.

Esta normativa se centra en la respuesta a la molestia por ruido a partir de la cual definen términos correctores (ajustes) a fin de penalizar los sonidos que tengan definidas características que puedan presentar molestia por concentración de energía (impulsividad, tonalidad, horario nocturno o concentración en bajas frecuencias). El *nivel de evaluación* corresponde a la magnitud ya ajustada (corregida) y es este valor el que es comparado con los estándares máximos permisibles dictaminados por la normativa nacional; en otras palabras, las mediciones netas no son las que determinan el cumplimiento con la normativa, sino el nivel resultante con los factores de ajuste añadidos para estimar la molestia de la magnitud.

7.4.3. ISO 9613 “Acústica. Atenuación del sonido durante la propagación en exteriores

Esta normativa internacional especifica la metodología para el cálculo de la atenuación (absorción) del sonido para la propagación acústica en exteriores, permitiendo predecir el nivel de ruido ambiental a una distancia determinada a partir de la caracterización de las diversas fuentes de emisión sonora. Cabe mencionar que este es el estándar empleado por todo software de modelación acústica para predicción de niveles de presión sonora (bajo condiciones meteorológicas uniformes y controladas, favorables para la propagación) a partir de la determinación de fuentes de emisión de magnitud y comportamiento conocido, es decir, los mapas de ruido. La atenuación sonora es el resultado de la sumatoria de la atenuación debido a la divergencia geométrica, a la absorción atmosférica, a las reflexiones del suelo y a barreras u obstáculos (apantallamiento), principalmente.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.4.4. Guía de Buenas Prácticas para el Mapeo Estratégico de Ruido y la Producción de Datos Asociados a la Exposición al Ruido:

El Grupo de Trabajo de la Comisión Europea para la Evaluación de Exposición al Ruido (WG-AEN por sus siglas en inglés), estableció el documento *Guía de Buenas Prácticas para el Mapeo Estratégico de Ruido y la Producción de Datos Asociados a la Exposición al Ruido*, el cual define lineamientos para optimizar la realización de los MER, la evaluación de la exposición al ruido y la gestión del ruido ambiental, en articulación con lo exigido por la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 25 de junio de 2002, más adelante transformada en la Directiva de Ruido Ambiental (END por sus siglas en inglés). Por otro lado, esta guía de buenas prácticas define la metodología para la determinación de la incertidumbre de la modelación acústica la cual depende principalmente de la robustez y precisión del levantamiento de información de entrada al modelo.

7.5. Método adoptado

En el siguiente diagrama se detalla la metodología general utilizada para la generación de los Mapas Estratégicos de Ruido en la ciudad de Bogotá, con el fin de presentar cada una de las actividades realizadas para la realización de los MER en el Distrito. Dentro de las actividades llevadas a cabo, se realizó la revisión y recolección de la información cartográfica existente para ingresar al modelo, se recopiló la información de los niveles de emisión de ruido medidos durante los años 2018 y 2019 (ni el año 2020 ni el 2021 fueron tenidos en cuenta ya que son años atípicos y no representan la normal dinámica de la ciudad), se consolidó la información meteorológica provista por la RMCAB, se calibró el modelo de acuerdo a los datos adquiridos por la RMRAB y finalmente se ejecutó el motor de cálculo para la modelación acústica del Distrito.




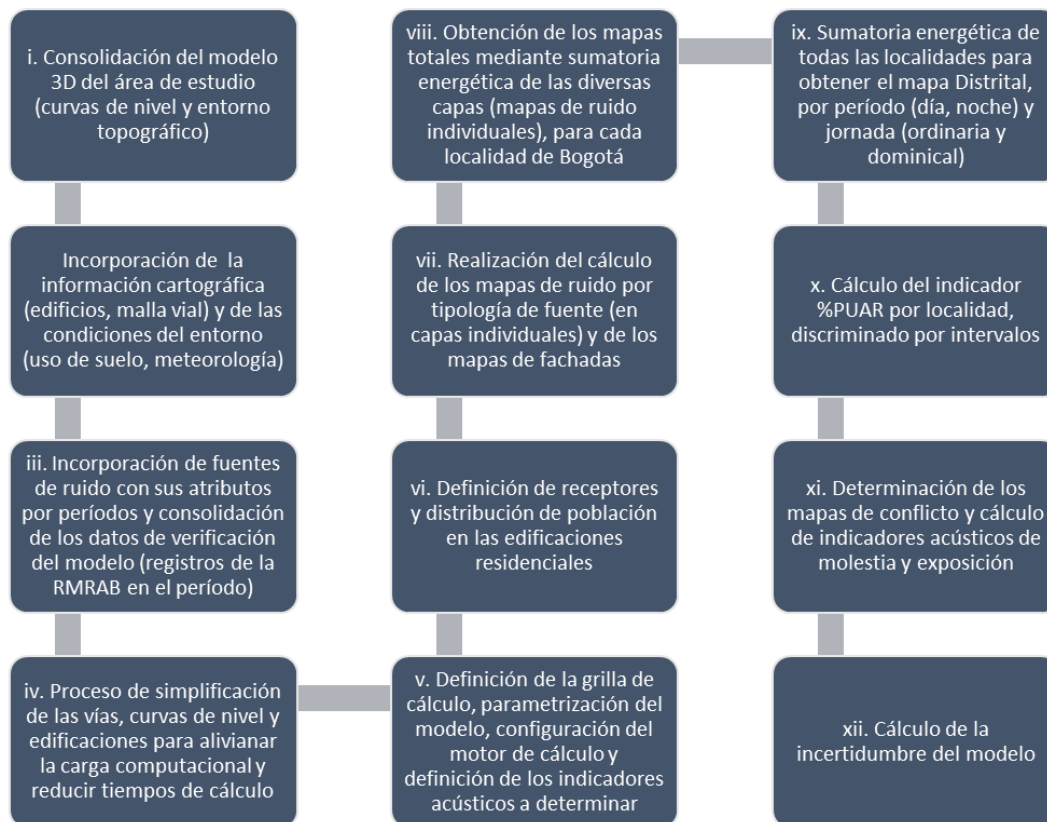
  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 1. Metodología para generación de los MER



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

7.6. Descripción del área de estudio

La ciudad de Bogotá se encuentra situada en el centro geográfico del territorio nacional a 2.600 metros sobre el nivel del mar, en el borde oriental de la sabana de Bogotá, que es la altiplanicie más alta de los Andes colombianos. Tiene un área total aproximada de 1.776 km² y un área urbana aproximada de 307 km². La ciudad está localizada en las coordenadas Latitud Norte 4°35'56" y Longitud Oeste 74°04'51". El área urbana de la ciudad limita al oriente con el municipio de La Calera; el límite oriental lo constituye una cadena montañosa que forma parte de la cordillera de los Andes (conocida popularmente como los "Cerros Orientales") la cual forma el telón de fondo contra el cual se recorta la silueta urbana de Bogotá; por el occidente, la ciudad limita con el río Bogotá y los municipios de Soacha, Mosquera, Funza y Cota; al sur, está flanqueada por las estribaciones del páramo de Sumapaz y al norte limita con Chía. Entre estos límites se extiende el amplio poblado urbano habitado por 7.412.566 según el último censo poblacional realizado por el DANE en el 2018.




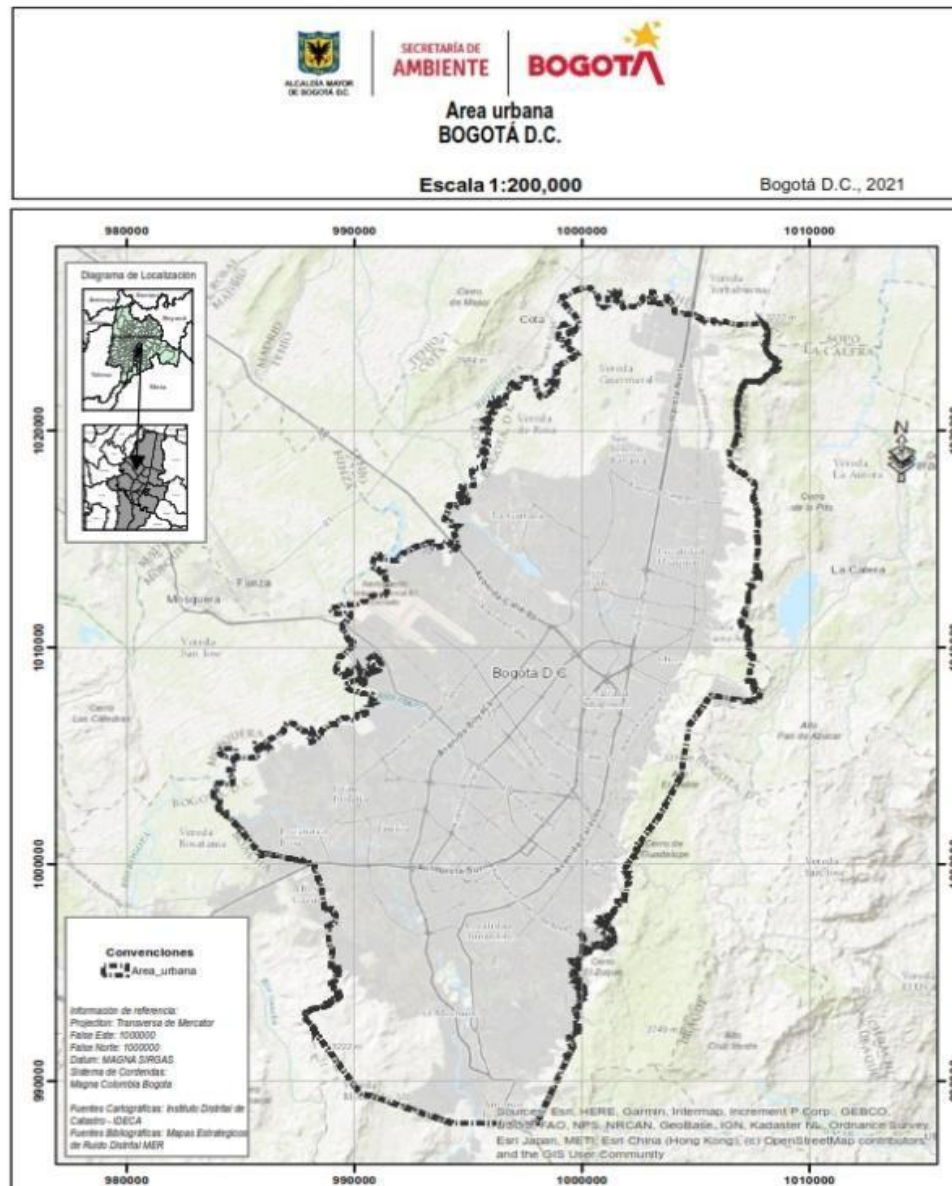
  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 2. Área urbana de Bogotá



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

El estudio principal corresponde al límite del casco urbano de Bogotá D.C. y para la representación gráfica, por cada estudio independiente se tendrán en cuenta las divisiones por localidades. Para un mejor tratamiento de los datos, cada una de las capas serán divididas por localidades, manejando la misma estructura organizacional de los datos dentro de la base de datos geográfica.




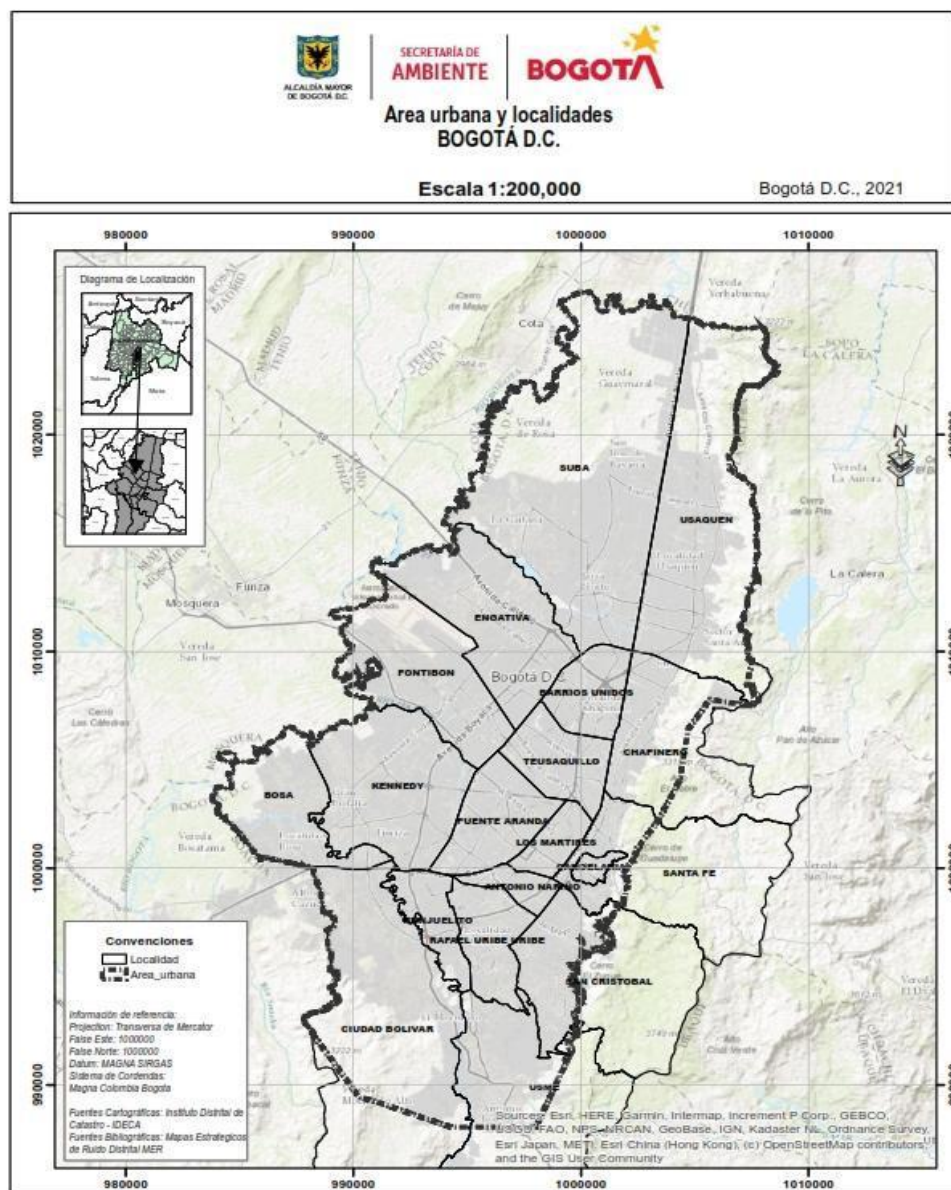

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 3. Localidades en el área Urbana de Bogotá



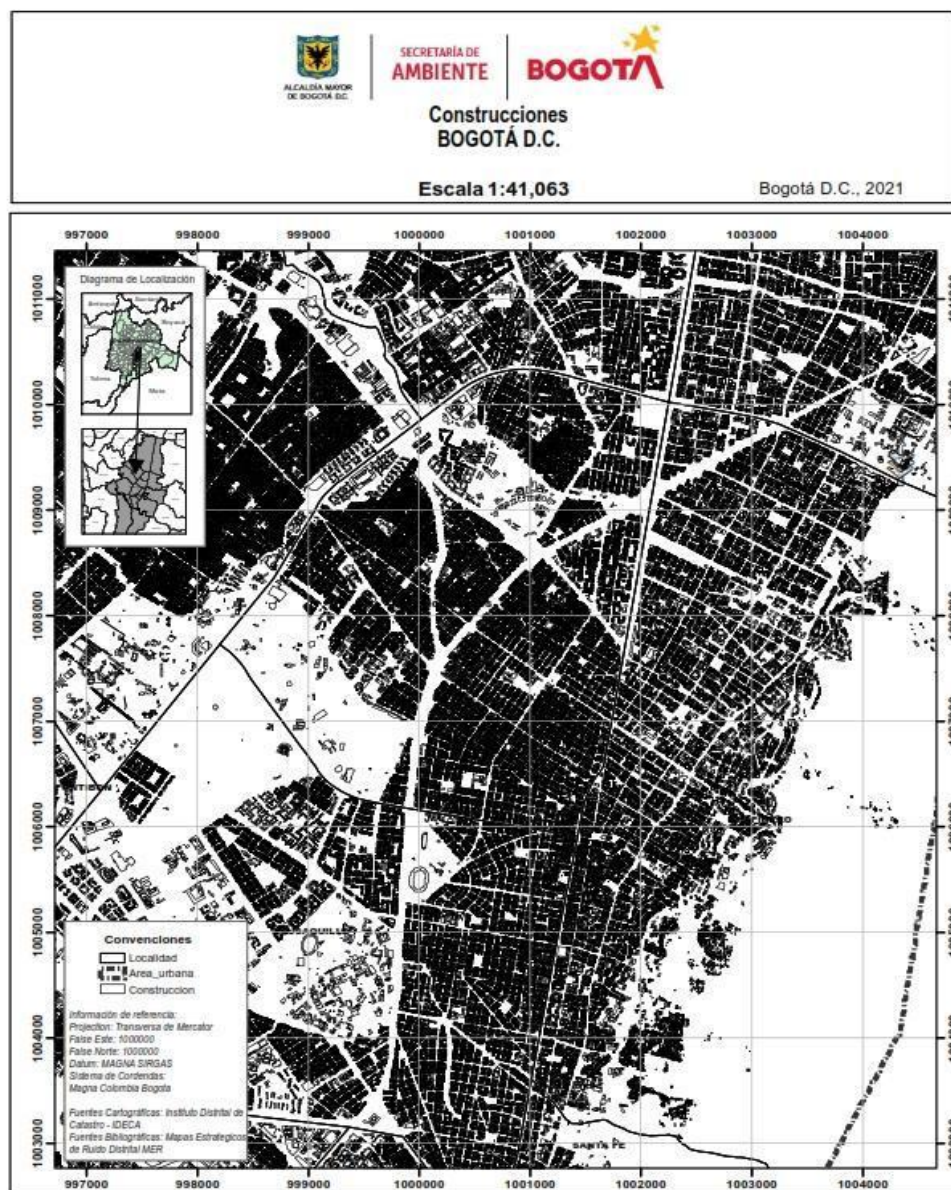
Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

La cartografía base se genera a partir de la última actualización de datos publicados por IDECA (Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital), la cual se define como el conjunto de datos, estándares, políticas, tecnologías y acuerdos institucionales que, de forma integrada y sostenida, facilitan la producción, disponibilidad y acceso a la información geográfica del Distrito Capital, con el fin de apoyar su desarrollo social, económico y ambiental. El tratamiento de la cartografía se realiza en el software ArcGIS de ESRI, se

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

generando una base de datos geográficos GDB dentro de los cuales se incluyen los siguientes *feature class* para su tratamiento a partir de la cartografía base IDECA: área urbana, localidad y construcción

Figura 4. Construcciones en el área Urbana de Bogotá



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Las curvas de nivel del área urbana de la ciudad de Bogotá son presentadas en la siguiente figura:




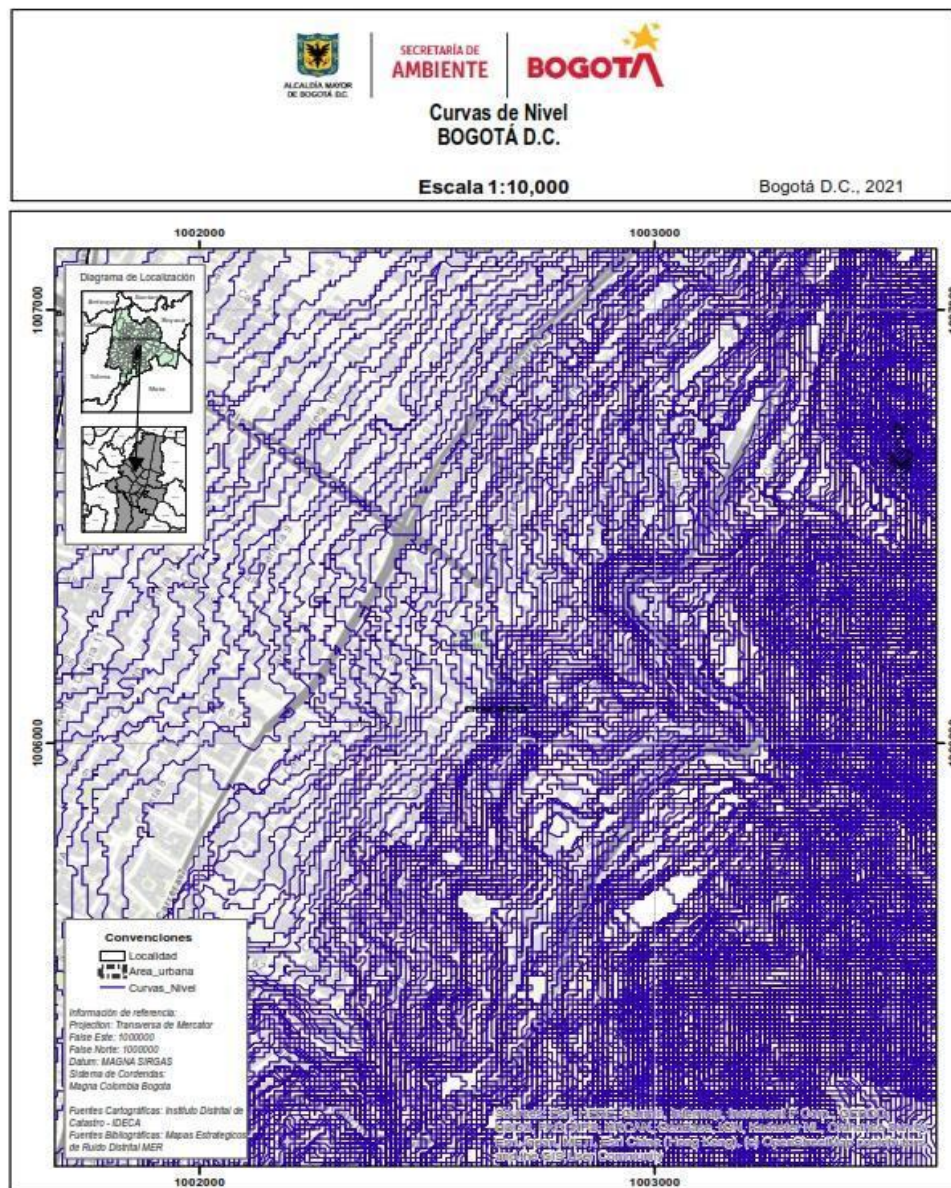



  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 5. Curvas de nivel en el área urbana de Bogotá



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

De igual manera, se presenta la malla vial del área urbana de Bogotá en la siguiente figura:

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.7. Descripción mediciones

7.7.1. Parámetros de medición

Los indicadores acústicos que se registran para las mediciones de ruido ambiental y emisión de ruido se establecen a continuación:

a) Indicadores de ruido ambiental y emisión de ruido

- Espectro en bandas de 1/3 octavas (16 Hz - 20 kHz)
- L_{Aeq} (nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado en A)
- L_{Amax} (nivel máximo ponderado en A)
- L_{Amin} (nivel mínimo ponderado en A)
- L_{AI} (nivel Impulso)
- L_{Cpeak} (nivel pico ponderado en C)
- Percentiles (L_{90} , L_{50} , L_{10})
- L_E (nivel de exposición sonora)

b) Niveles de Evaluación




- $L_{RE\ T}$ [dBA]: nivel de exposición sonora de evaluación
- $L_{RAeq\ T}$ [dBA]: nivel equivalente total corregido con ponderación [A], o nivel de evaluación en un tiempo T .
- L_{RDN} [dBA]: nivel día-noche de evaluación

c) Ponderaciones

- Ponderación Temporal Slow e Impulse
- Ponderación Frecuencial [Z], [C] y [A]

d) Parámetros meteorológicos

- Velocidad y dirección del viento (m/s)
- Temperatura del aire (°C)
- Humedad relativa (%)
- Precipitación (mm)
- Presión barométrica (hPa)

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.7.2. Emisión de ruido (fuentes puntuales)

Las mediciones de los niveles de presión sonora generados por fuentes puntuales de emisión fueron realizadas por el grupo técnico del grupo de emisión de ruido de la SCAAV durante los años 2018 y 2019, de acuerdo con la metodología estipulada en la normativa nacional vigente. Es importante mencionar que solo se tuvieron en cuenta las visitas técnicas en las cuales se realizaron las mediciones. Las mediciones realizadas se dividieron por jornadas (diurna y nocturna), para los diferentes periodos de análisis (ordinario y dominical). Para cada una de las mediciones realizadas se calculó el nivel de potencia acústica de emisión de las fuentes.




La Resolución 0627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), define la emisión de ruido como “la presión sonora que es generada por una fuente puntual de ruido la cual trasciende al medio ambiente o al espacio público”. El nivel de emisión de una fuente se caracteriza a través de su nivel de potencia acústica. Cuando se mide un nivel de presión sonora a cierta distancia de una fuente y en condiciones preestablecidas para caracterizar su emisión, estrictamente se está midiendo el nivel de inmisión generado por la fuente en una determinada área.

El intervalo unitario de tiempo de medición, tal como se especifica en la normativa nacional, es de una (1) hora con captura de información de quince (15) minutos como mínimo.

La medición de la emisión de ruido se realiza a 1,5 m de la fachada de una edificación y a 1,20 m a partir del nivel mínimo donde se encuentre instalada la fuente de emisión de ruido (piso o soporte de la fuente) cuando las fuentes (no importa cuántas) están ubicadas en el interior o en las fachadas de la edificación (tales como ventiladores, aparatos de aire acondicionado, rejillas de ventilación); se debe realizar a la altura de la fuente.

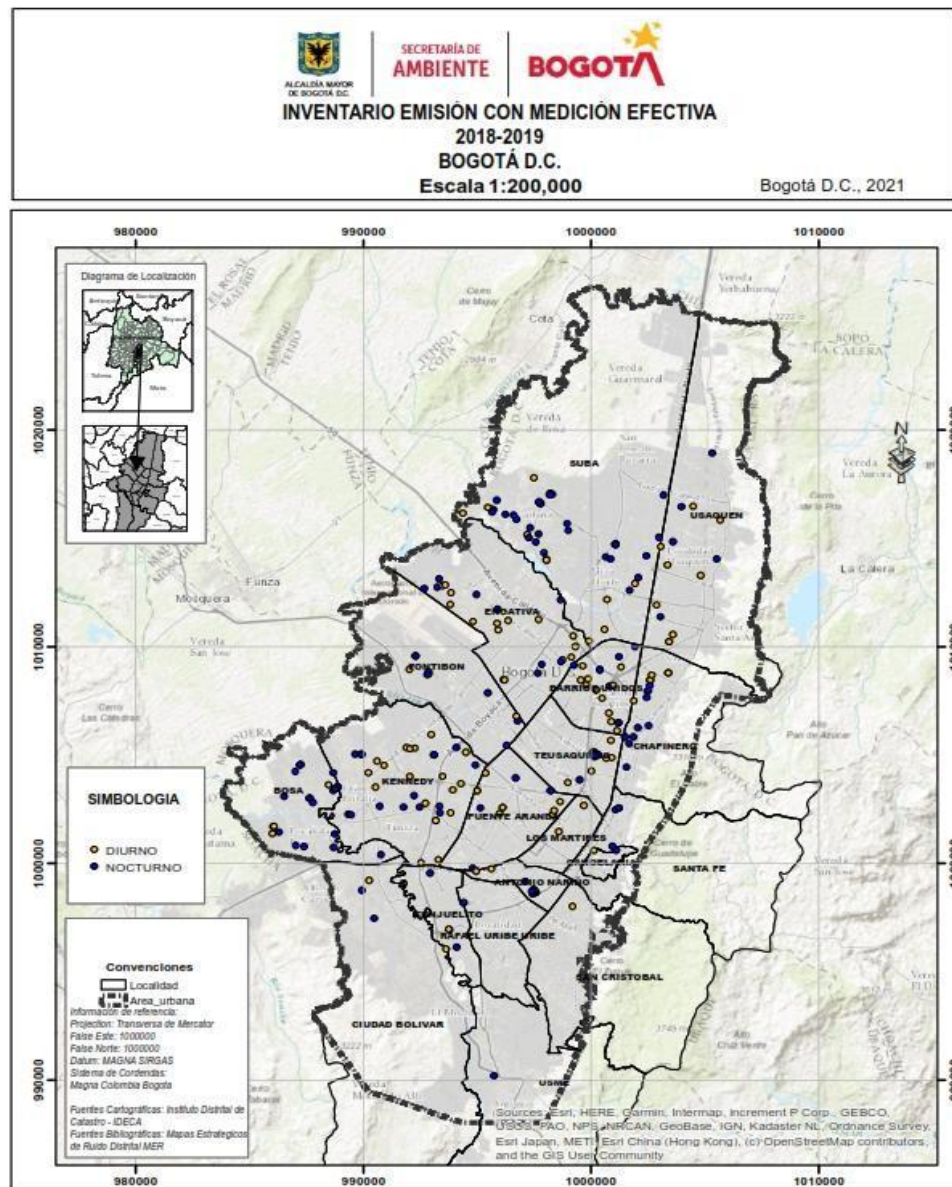
Antes de realizar una medición para determinar la emisión de ruido, es necesario verificar las condiciones meteorológicas para cumplir con los requerimientos de la normativa nacional. Se procede con las mediciones, las cuales se realizan con respuesta Slow (S) y con filtro de ponderación frecuencial A, de igual manera se debe realizar la medición en respuesta temporal impulsiva (I). La medición deberá realizarse en el día, horario y condiciones de funcionamiento donde la intensidad de la emisión de ruido sea mayor. Las mediciones se efectúan sin modificar las posiciones habituales de operación.

En total se inventariaron 318 mediciones realizadas por el personal técnico de ruido, de las cuales 305 se realizaron en el periodo ordinario con un 37,04% en la jornada diurna y 62.96% en la jornada nocturna. De igual manera, en el periodo dominical se reportaron 69,23% en la jornada diurna y 30,77% para la jornada nocturna. Los certificados de calibración de los equipos utilizados durante las mediciones a los establecimientos comerciales, son presentados en el *Anexo 5. Certificados de Calibración*.




  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

A continuación, se presenta la ubicación espacial de los puntos de medición efectiva que fueron tenidos en cuenta para realizar el modelamiento acústico de las fuentes puntuales emisoras de ruido.

Figura 7. Distribución espacial mediciones a establecimientos comerciales e industrias



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.7.3. Ruido Ambiental

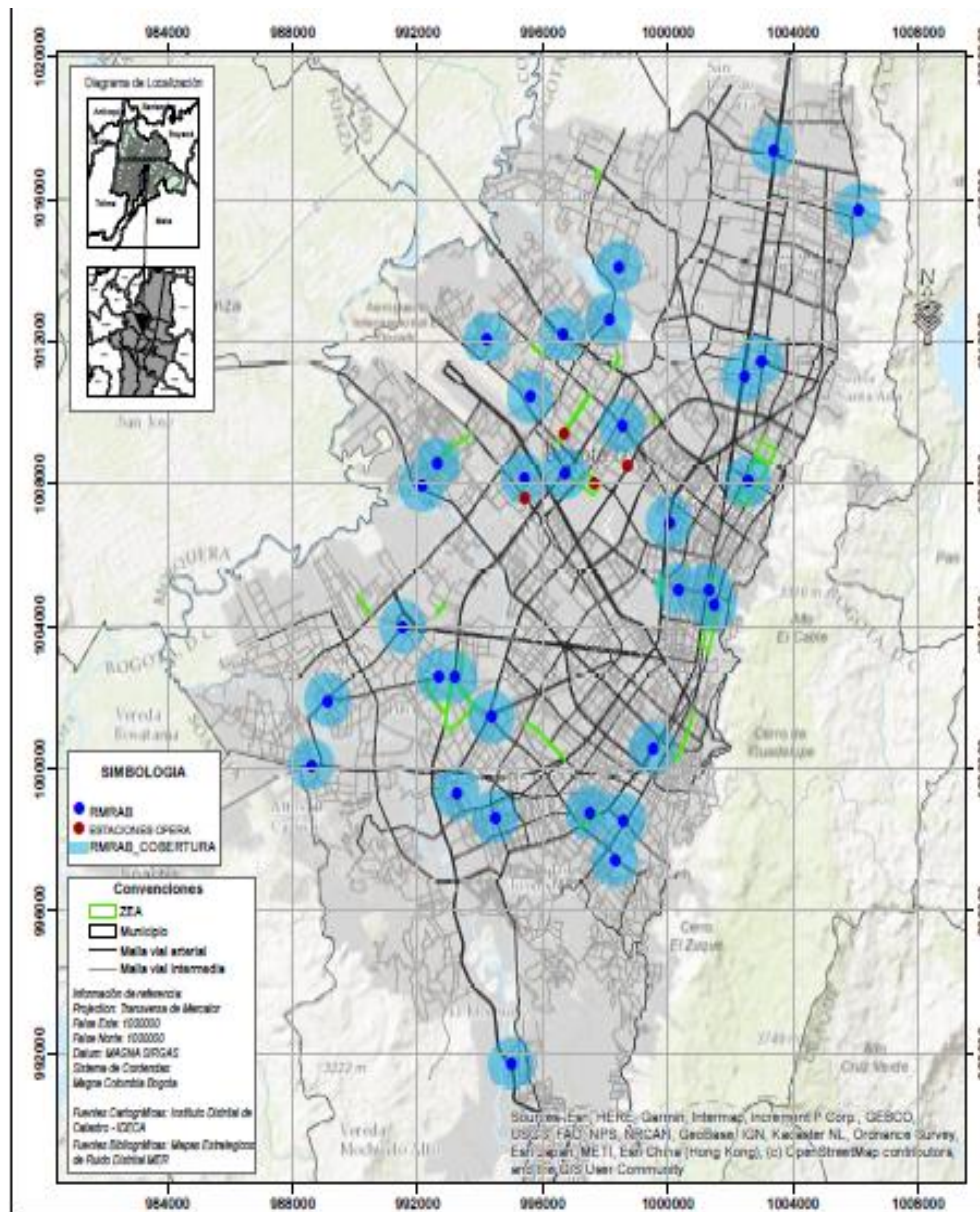
7.7.3.1. Generalidades

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron de acuerdo con la metodología estipulada en la normativa ISO 1996, además de la normativa nacional para medición de emisión de ruido y ruido ambiental (Resolución 0627 de 2006), la cual especifica en el Capítulo II “*Las medidas de niveles de ruido ambiental con ponderación A, se efectúan teniendo en consideración la norma ISO 1996 o aquella norma que la adicione, modifique o sustituya*”. De igual manera en el Artículo 1 de la misma norma, define: “(...) *Los términos técnicos no definidos expresamente, deberán asumirse de acuerdo con el glosario publicado por la International Standard Organization (ISO), en especial las definiciones contempladas en la ISO 1996 (...)*”

Las mediciones de ruido ambiental fueron realizadas por la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB), la cual es un sistema de registro de datos acústicos en tiempo real implementado por parte de la Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual (SCAAV) de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA, el cual emplea el método descrito en la norma ISO 1996: *Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental*, para realizar mediciones de ruido ambiental continuas durante los siete (7) días de la semana las veinticuatro (24) horas del día. Cada estación de monitoreo de ruido cuenta con un sistema de autonomía eléctrica compuesto por un panel solar, una batería y un administrador de carga. Adicionalmente las estaciones cuentan con un módem ADSL que permite el envío y reporte de información de los niveles de presión sonora por internet los cuales son procesados por el sistema MAIGRAI una vez que llegan a la base de datos de la RMRAB.

A continuación, se presenta el mapa con la localización de las treinta y dos (32) estaciones activas (puntos azules) de la RMRAB en la ciudad de Bogotá, junto con cuatro (4) estaciones fuera de servicio por obsolescencia tecnológica (puntos rojos). Los círculos azules corresponden a la cobertura teórica del micrófono de cada estación, sin embargo, no representa la cobertura real ya que esta depende del nivel de ruido de fondo (el micrófono no tiene el mismo alcance de identificación y registro de una fuente de ruido en un espacio silencioso que en uno ruidoso debido al fenómeno de enmascaramiento), a la meteorología (e.g. la lluvia aumenta el ruido de fondo, y por ende afecta la cobertura) y a la dirección de la fuente.

Figura 8. Distribución espacial y cobertura de la RMRAB



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

A continuación, se listan las estaciones pertenecientes a la RMRAB con sus respectivos datos geográficos.




  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2




Tabla 3. Inventario estaciones de la RMRAB

No.	Identificación de la Estación	Localidad	Dirección
1	Estación No 1 - SDA Terraza 5to Piso	Chapinero	Avenida Caracas No. 54-38
2	Estación No 2 - Edificio Ejecutivo Plaza	Usaquén	Carrera 19A No. 118-13
3	Estación No 3. Edificio Marly 51	Chapinero	Carrera 9 No. 50-60
4	Estación No 4 - Restrepo	Antonio Nariño	Calle 17 sur No. 16-91
5	Estación No 5 CAI San Victorino	Los Mártires	Avenida Caracas con Calle 10
6	Estación No 6 - CAI 20 de Julio	San Cristóbal	Calle 20 a sur No. 6A-46
7	Estación No 7 CAI Claret	Rafael Uribe Uribe	Calle 44 No. 27-50 Sur
8	Estación No 8 CAI Venecia	Tunjuelito	Transv. 44 No. 50G-00 Sur
9	Estación No 9 CAI Aurora	Usme	Carrera 14L No. 71-03 Sur
10	Estación No 10 CAI Plaza de las Américas	Kennedy	Carrera 71D Bis A - Calle 6 sur
11	Estación No 11 CAI Normandía	Engativá	Avenida Boyacá No. 52B-06
12	Estación No 12 CAI Quirigua	Engativá	Calle 80 No. 94-00
13	Estación No 13 CAI Álamos	Engativá	Transversal 93 No. 64G-00
14	Estación No 14 - Estación de Policía Santa Cecilia	Fontibón	Carrera 81 No. 24D-75
15	Estación No 15 CAI Rincón	Suba	Carrera 93 No. 128C-10
16	Estación No 16 CAI Villa Nidia	Usaquén	Calle 163 No. 6A-25
17	Estación No 17 CAI la Estación	Bosa	Carrera 77G No. 65-00 Sur
18	Estación No 18 CAI Ciudad Berna	Antonio Nariño	Calle 11 sur No. 10-03
19	Estación No 19 CAI Roma	Kennedy	Carrera 80 No. 57-00 sur
20	Estación No 20 Alcaldía Fontibón	Fontibón	Carrera 99 No. 19-43
21	Estación No 33 Hotel Morrison	Chapinero	Calle 84 Bis No. 13-54
22	Estación No 22 CAI Galerías	Teusaquillo	Calle 53 No. 25-01
23	Estación No 23 CAI Navarra	Usaquén	Autopista Norte No. 108A-60
24	Estación No 24 CAI Villa del Prado	Suba	Calle 172 con Autopista Norte
25	Estación No 25 Estación De Policía Fontibón	Fontibón	Carrera 98 No. 16B-50
26	Estación No 26 CAI Ferias	Engativá	Calle 72 No. 69K-00
27	Estación No 27 CAI Oneida	Kennedy	Avenida 1 de mayo No. 73-00
28	Estación No 28 CAI Serena	Engativá	Calle 90 No. 86-56
29	Estación No 29 CAI 7 de agosto	Barrios unidos	Carrera 30 con Calle 64
30	Estación No 30 CAI Caldas	Kennedy	Diagonal 38 sur Carrera 80
31	Estación No 31 CAI Jaboque	Engativá	Calle 67a No. 109A-40
32	Estación No 32 CAI Tejar	Puente Aranda	Avenida Carrera 68 con Avenida 1 de mayo

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Las mediciones de ruido ambiental realizadas por la RMRAB son mediciones a largo plazo. Las estaciones de monitoreo de ruido ambiental se ubicaron de acuerdo con lo estipulado en el Anexo C de la ISO 1996-2, se identificaron las Zonas de Atención Especial (ZEA) de la ciudad de Bogotá determinando las principales fuentes generadoras de ruido en el ambiente. Se prioriza la ubicación de las estaciones teniendo en cuenta que deben estar ubicadas lejos de obstáculos en el terreno, deben contar con seguridad (vigilancia) y se deben asegurar las condiciones técnicas que permitan el correcto funcionamiento de la estación.

La ubicación del micrófono es mayor a cualquier superficie reflejante, a una altura de cuatro (4) metros medidos a partir del suelo terrestre y a una distancia equidistante de las

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

fachadas, barreras o muros existentes a ambos lados del punto de medición; en ninguna circunstancia se efectuaron mediciones bajo puentes o estructuras similares. De acuerdo con lo estipulado en la normativa nacional Resolución 0627 de 2006, el micrófono se ubica en un ángulo de 90° con respecto al eje x, utilizando la pantalla anti viento.

Para la determinación de las áreas donde se deben hacer las mediciones es necesario tener en cuenta lo consignado en el artículo 17 de la Resolución 0627 del 2006 con el fin de cubrir todos los sectores y subsectores en ella establecidos, en caso de ser necesario. Además de los usos del suelo y de las actividades desarrolladas, es necesario tener muy presente las características generales de cada área, como por ejemplo densidades poblacionales, densidades de tráfico, densidades de comercio, densidades o aglomeraciones industriales, densidades de edificaciones y horas del día y/o de la noche de mayores y menores actividades, para las jornadas ordinaria y dominical.

Para las mediciones a largo plazo se midieron los parámetros meteorológicos, como requisitos mínimos, teniendo en cuenta la velocidad y dirección del viento, la humedad relativa y la temperatura. Se presenta información sobre la estabilidad atmosférica y la precipitación, con el fin de definir las condiciones de propagación en la dirección de la distancia más corta entre el receptor y la fuente. Las mediciones meteorológicas base fueron realizadas a una altura igual o mayor a diez (10) metros.

7.7.3.2. Resultado de las mediciones

Para realizar la calibración del modelo acústico de los MER, se utilizaron los datos adquiridos por las estaciones de monitoreo de ruido ambiental pertenecientes a la RMRAB. Estas estaciones fueron utilizadas como receptores dentro del modelo, con el fin de garantizar su exactitud y confiabilidad.

Teniendo en cuenta que los resultados para los MER se realizan durante el periodo ordinario y dominical, durante las jornadas diurna y nocturna, se realizó un promedio energético de todos los datos adquiridos por cada una de las estaciones durante los años 2018 y 2019. Es importante mencionar que las estaciones de monitoreo de ruido ambiental realizan mediciones continuas durante las veinticuatro (24) horas del día los siete (7) días a la semana, es decir que los datos obtenidos para la calibración del modelo comprenden todas las condiciones ambientales de la ciudad, así como los distintos periodos de emisión de las fuentes de ruido.

A continuación, se presentan los resultados para cada una de las estaciones de ruido ambiental tenidas en cuenta dentro del modelo para su posterior calibración (validación). Es importante resaltar que los resultados reportados corresponden al indicador L_{RAeq} teniendo en cuenta los ajustes estipulados en el Anexo 2 de la Resolución 0627 de 2006, para los periodos ordinario y dominical, durante las jornadas diurna y nocturna.





  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Tabla 4. Indicadores acústicos de la RMRAB para los MER de Bogotá

Estación	Ordinario			Dominical		
	L _D [dB(A)]	L _N [dB(A)]	L _{DN} [dB(A)]	L _D [dB(A)]	L _N [dB(A)]	L _{DN} [dB(A)]
SDA	69,21	65,70	73,08	66,86	64,44	71,59
Edificio Ejecutivo	64,04	61,74	68,86	60,93	60,74	67,53
Marly 51	66,56	64,40	71,50	63,57	64,27	70,96
Restrepo	68,21	67,34	74,22	67,81	69,92	76,48
CAI San Victorino	73,82	69,87	77,36	72,02	67,57	75,20
CAI 20 de Julio	71,87	68,61	75,93	71,73	68,51	75,82
CAI Claret	72,27	68,19	75,71	72,00	66,58	74,50
CAI Venecia	70,81	67,21	74,62	68,67	65,36	72,70
CAI Aurora	68,98	65,95	73,23	74,67	65,14	74,87
CAI Américas	74,28	72,32	79,38	72,97	72,22	79,09
CAI Normandía	74,10	70,67	78,03	72,94	69,11	76,57
CAI Quirigua	71,07	68,83	75,94	64,59	64,91	71,64
CAI Álamos	72,88	69,56	76,90	71,18	67,84	75,19
Santa Cecilia	68,34	62,75	70,73	65,54	60,91	68,59
CAI Rincón	71,64	69,12	76,29	72,48	67,99	75,63
CAI Villa Nidia	70,67	67,12	74,52	70,69	64,97	72,99
CAI Roma	74,08	72,27	79,30	72,42	69,57	76,81
Alcaldía Fontibón	63,49	61,98	68,96	62,53	61,68	68,56
CAI Galerías	69,88	65,23	72,91	67,03	62,92	70,45
CAI Navarra	69,78	67,52	74,64	67,82	66,43	73,40
CAI Villa del Prado	70,02	68,41	75,41	68,34	67,32	74,23
CAI Las Ferias	73,70	69,66	77,18	71,54	67,82	75,25
CAI Serena	74,64	72,96	79,97	72,28	70,01	77,13
CAI 7 de Agosto	73,12	71,62	78,60	71,53	70,42	77,34
CAI Jaboque	70,86	66,52	74,12	67,50	65,33	72,43
CAI Tejar	69,41	67,36	74,44	67,75	64,83	72,08
Hotel Morrison	67,82	66,19	73,19	66,05	67,17	73,82

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Las características de los equipos de la red pueden ser consultadas en el *Anexo 2. Fichas técnicas equipos RMRAB.pdf*, mientras que la descripción del entorno de cada estación está consignada en el *Anexo 4. Inventario de fuentes.pdf*

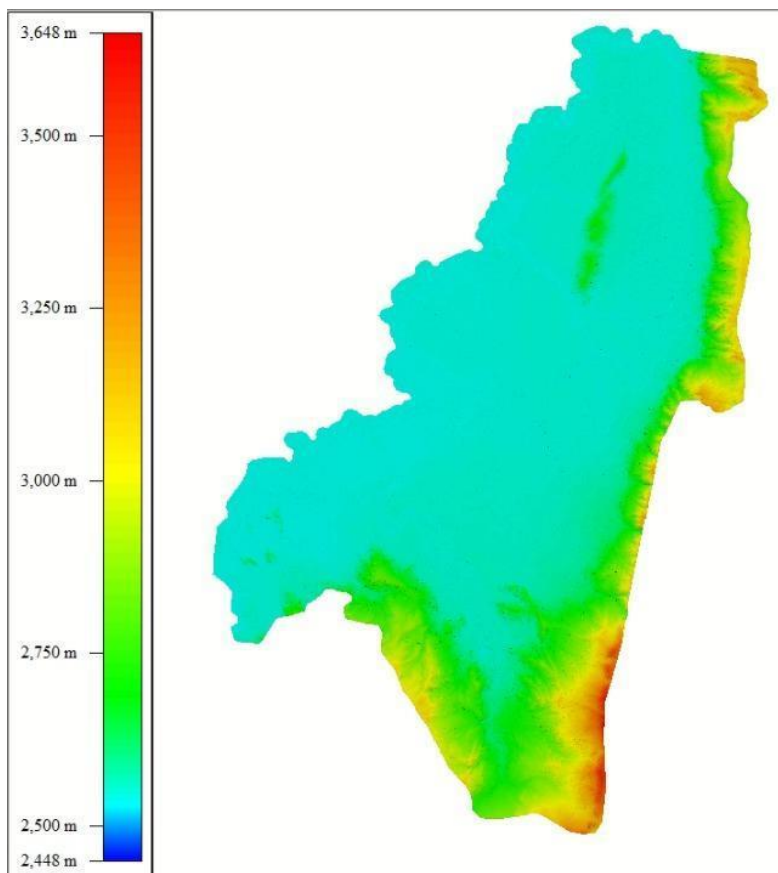
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.8. Datos de entrada

7.8.1. Modelo Digital de Terreno (MDT)

En este apartado se presenta el modelo digital del terreno donde se proyectan las curvas de nivel. Adicionalmente, se presenta el modelo 3D de la ciudad con las construcciones con su respectiva altura. Las geometrías de las edificaciones, vías y curvas de nivel fueron simplificadas utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para disminuir el costo computacional y los tiempos de cálculo. Esta simplificación o estandarización se realizó tomando como referencia la altura promedio por manzanas, manteniendo las dimensiones de área y altura sin eliminar las características de forma sino del número de objetos en las manzanas, siguiendo las recomendaciones de la WG-AEN (Grupo de Trabajo de la Comisión Europea para la Evaluación de la Exposición al Ruido) de unificar las edificaciones en grupos con alturas similares).

Figura 9. Modelo Digital del Terreno de Bogotá



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)


	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 10. Modelo 3D con edificaciones






Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

7.8.2. Inventario de fuentes fijas

Como se mencionó anteriormente, el inventario de fuentes de emisión de ruido se realizó por medio de las mediciones realizadas por el grupo técnico de emisión de ruido de la SDA para los años 2018 y 2019. Se realizó el cálculo de potencia acústica de acuerdo con la metodología estipulada en la norma internacional *ISO 9613-1:1993 Acústica. Atenuación del sonido durante su propagación al aire libre. Parte 1: Cálculo de la absorción del sonido por la atmósfera*, e *ISO 9613-2:1996 Acústica. Atenuación del sonido durante su propagación al aire libre. Parte 2: Método de cálculo general*.

Las predicciones de niveles con base en la norma ISO 9613 estuvieron basadas en niveles de potencia acústica de cada fuente. El software de modelación emplea sus algoritmos para determinar las atenuaciones que afectan la propagación del ruido, lo que permite calcular el efecto del inverso cuadrado para la propagación en campo abierto desde una fuente puntual y la atenuación debido a la absorción atmosférica durante una propagación, a una distancia dada.

Partiendo de ello, con el software de modelación se obtuvo la energía acústica en cada punto de la malla de cálculo, considerando los diversos efectos resultantes en una propagación real del sonido, como la atenuación del suelo, la atenuación de los objetos naturales (cerros, quebradas, etc.) o artificiales (edificios, muros, etc.).

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Los niveles de potencia acústica fueron estimados partiendo desde la formulación de la misma norma:

$$L_W = L_{eq} + 20 \log \log r + 10,9 - 10 \log \log (Q)$$

donde,

L_{eq} : nivel continuo equivalente medido [dB]

r : distancia existente entre la fuente y el punto de medida [m]

Q : factor de directividad (para todos los casos se idealiza como 1)

En la ecuación anterior, la constante + 10,9 se deriva de la siguiente formulación:

$$10 \log \log 4\pi = 10,9$$

La ecuación de nivel de potencia acústica también puede ser expresada como:

$$L_W = L_{dmre} + 20 \log \log (dmre) + 10 \log \log (4\pi)$$

donde,

L_{dmre} : nivel de ruido específico [dB]

$dmre$: distancia horizontal de medición de ruido específico [m]

7.8.3. Aforo vehicular

Para la generación de datos de entrada del aforo vehicular en la ciudad, se solicitó la información a la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM) con el fin de obtener los aforos vehiculares de todas las vías de la ciudad por cada hora del día. Esta información se presenta por medio de promedios anuales para el año 2018; así mismo, para tener información completa del aforo vehicular se realizó una interpolación con los aforos realizados por la SDM, teniendo en cuenta el tipo de vía y la ubicación de la carretera. De igual manera se realizó una caracterización de las condiciones físicas de las vías vehiculares como pendiente, ancho de vía, número de carriles y antigüedad de la vía. La información fue recibida en formato *shape* con su respectiva tabla de atributos, tal y como se presenta a continuación:




  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Tabla 5. Datos de entrada aforo vehicular

Origen	Destino	Código de identificación de Calzada	Código identificador IAFCD	Tipo de clasificación	Tipo de vía	Nombre de la vía	Nombre alternativo de la vía	Nomenclatura principal	Nomenclatura generadora
1	Polyline	500397	17003249	3	CL	SIN_NING		005400000	007400000
2	Polyline	500118	50011878	4	KR	SIN_NING		002400000	005400000
3	Polyline	500857	50020200	6	CL	SIN_NING		006000000	002000000
4	Polyline	91011250	17003000	3	CL	SIN_NING			
5	Polyline	500594	5000766	6	KR	SIN_NING		002000000	004400000
6	Polyline	500895	17003299	3	KR	SIN_NING		002000000	005000000
7	Polyline	91024708	17003000	6	SIN_NING				
8	Polyline	91011777	10021266	1	SIN_NING				
9	Polyline	500607	05000000	3	SIN_NING				
10	Polyline	500328	00013500	3	CL	SIN_NING		042000000	008000000
11	Polyline	500267	0001881	3	KR	SIN_NING		081000000	008400000
12	Polyline	523745	0004308	1	AK	AVENIDA DEL COR		008000000	010000000
13	Polyline	006526	0007912	3	TV	SIN_NING		073000000	009000000
14	Polyline	1	0006450	6	CL	SIN_NING		038000000	034000000
15	Polyline	006976	10003337	2	DO	SIN_NING		014000000	030000000
16	Polyline	2500344	00013301	1	CL	AVENIDA BOYACA		006000000	007000000
17	Polyline	511364	0004540	3	KR	SIN_NING		070000000	007000000
18	Polyline	500291	0005012	3	CL	SIN_NING		042000000	081000000
19	Polyline	232773	0000191	2	DO	SIN_NING		051000000	005400000
20	Polyline	521729	0000398	1	AK	AVENIDA BOYACA		072000000	031000000
21	Polyline	187423	16001455	3	CL	SIN_NING		001000000	032000000
22	Polyline	804962	0000399	4	KR	SIN_NING		070000000	008000000
23	Polyline	500940	0000267	3	CL	SIN_NING		082000000	042000000
24	Polyline	74721072	14003213	1	AK	AVENIDA COLOMBIA		013000000	008000000
25	Polyline	24721018	14001883	1	AK	AVENIDA CUCUTA		030000000	012000000
26	Polyline	804783	0011302	3	KR	SIN_NING		072000000	041000000
27	Polyline	24119775	2000287	1	AK	AVENIDA PASEO D	AUTOPISTA NORTE	020000000	006000000
28	Polyline	500950	0002220	3	KR	SIN_NING		093000000	042000000

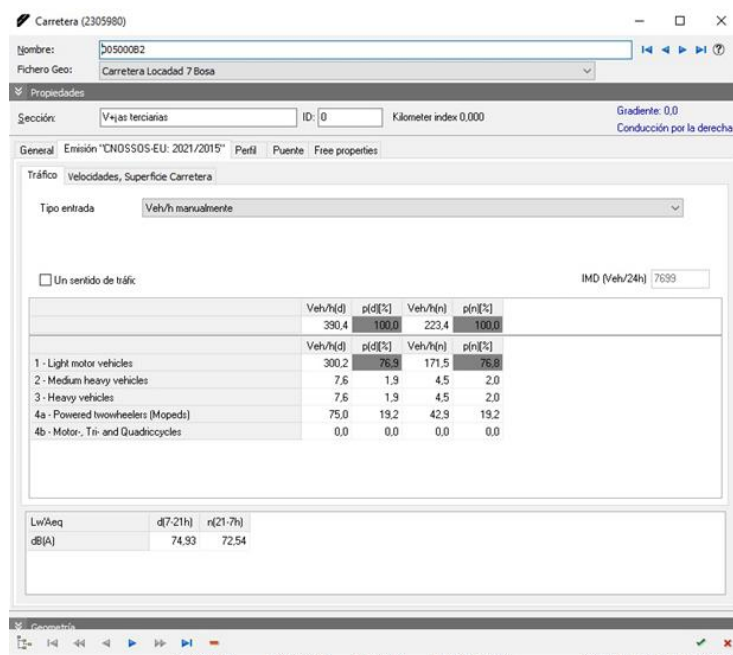
Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

El estándar de cálculo de tráfico vehicular utilizado es el CNOSSOS-EU el cual ha sido validado e implementado por la Unión Europea y constituye el estado de arte actualizado. Los datos para ingresar en el modelo acústico de cálculo serán los aforos vehiculares por hora, velocidades promedio, tipología de vehículo, geometrías y condiciones de la vía según caracterizaciones realizadas en estudios anteriores.

Con el fin de identificar por individual los aportes del Transmilenio, se segregaron los flujos vehiculares para vías con vehículos sin Transmilenio y solo Transmilenio. El ancho de la vía se configuró teniendo en cuenta la clasificación de las vías. El tipo de material de la vía corresponde a asfalto poroso. Teniendo en cuenta que la malla vial en el perímetro urbano de Bogotá presenta condiciones que pueden considerarse en su gran mayoría como carreteras en terreno relativamente plano, la pendiente para todas las vías se igualó a cero, con el objetivo de simplificar el modelo; sin embargo, las carreteras fueron adaptadas al terreno con el fin de retratar la realidad. El tipo de superficie designada fue asfalto poroso 0/8 que corresponde a una capa doble con cobertura fina de la superficie. Las velocidades para cada aforo vehicular también fueron tomadas de los datos entregados por la SDM. La altura de las vías con respecto al suelo y demás parámetros se tienen en cuenta de acuerdo con el estándar de cálculo utilizado para realizar el modelamiento acústico.

Los datos de entrada para el estándar de cálculo de tráfico vehicular son presentados con el fin de validar los datos y llevar el modelo a la realidad. En la siguiente tabla se muestra la información de los atributos de entrada para cada una de las carreteras que contempla el modelo de acuerdo con el estándar de cálculo CNOSSOS.

Figura 11. Datos de entrada estándar de cálculo CNOSSOS



Carretera (2305980)

Nombre: 00500082

Fichero Geo: Carretera Locidad 7 Bosa

Sección: Vías terciarias ID: 0 Kilometraje index 0.000 Gradiente: 0.0

Conducción por la derecha

General Emission "CNOSSOS-EU: 2021/2015" Perfil Puente Free properties

Traffic Velocities, Surface Carretera

Tipo entrada Veh/h manualmente

☐ Un sentido de tráfico

IMD (Veh/24h) 7699

	Veh/h(d)	p(d[%])	Veh/h(n)	p(n[%])
	390.4	100.0	223.4	100.0
1 - Light motor vehicles	300.2	76.9	171.5	76.8
2 - Medium heavy vehicles	7.6	1.9	4.5	2.0
3 - Heavy vehicles	7.6	1.9	4.5	2.0
4a - Powered two-wheelers (Mopeds)	75.0	19.2	42.9	19.2
4b - Motor-, Tri- and Quadricycles	0.0	0.0	0.0	0.0

LwAeq d(7-21h) n(21-7h)




dB(A) 74.93 72.54

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Figura 12. Malla vial para los MER de Bogotá



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.8.4. Velocidades promedio

Para las velocidades promedio tenidas en cuenta en el modelamiento se utilizó la caracterización realizada por el IDECA en tipo de vía, con el fin de definir el ancho de la vía y la velocidad promedio registrada. Según la identificación realizada por el IDECA, las vías se dividieron en las siguientes categorías:

- Vías principales: para las cuales se definió una velocidad promedio de 60 km/h en las jornadas diurna y nocturna; el ancho de la vía es de 7 metros.
- Vías secundarias: para las cuales se definió una velocidad promedio de 50 km/h en las jornadas diurna y nocturna; el ancho de la vía es de 6 metros.
- Vías terciarias: para las cuales se definió una velocidad promedio de 40 km/h en las jornadas diurna y nocturna; el ancho de la vía es de 5 metros.
- Para efectos de idealización del modelo, el tipo de asfalto para todas las vías vehiculares utilizado fue asfalto poroso ya que es el tipo de asfalto predominante en el Distrito; por otro lado, la temperatura de vía se configuró de acuerdo al promedio de la ciudad, 17°C.

7.9. Parámetros meteorológicos

Los datos consolidados de meteorología son proyectados en el *Anexo 9. Determinación meteorología de los MER*.

7.9.1. Datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB)

7.9.1.1. Generalidades

Ya que las condiciones meteorológicas del entorno influyen directamente en la propagación del sonido, es importante tener en cuenta como datos de entrada los indicadores meteorológicos necesarios para que, en el modelo acústico, las condiciones meteorológicas y condiciones del terreno, permitan representar de forma más acercada a la realidad dentro del modelamiento acústico, con respecto a las condiciones locativas y propias de la ciudad de Bogotá. Por lo anterior, se utilizaron las mediciones realizadas por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) durante el periodo del estudio, con el fin de tener datos de los parámetros meteorológicos de interés.

A continuación, se presenta la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas utilizadas en el presente estudio.




  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 13. Localización de las estaciones de la RMCAB

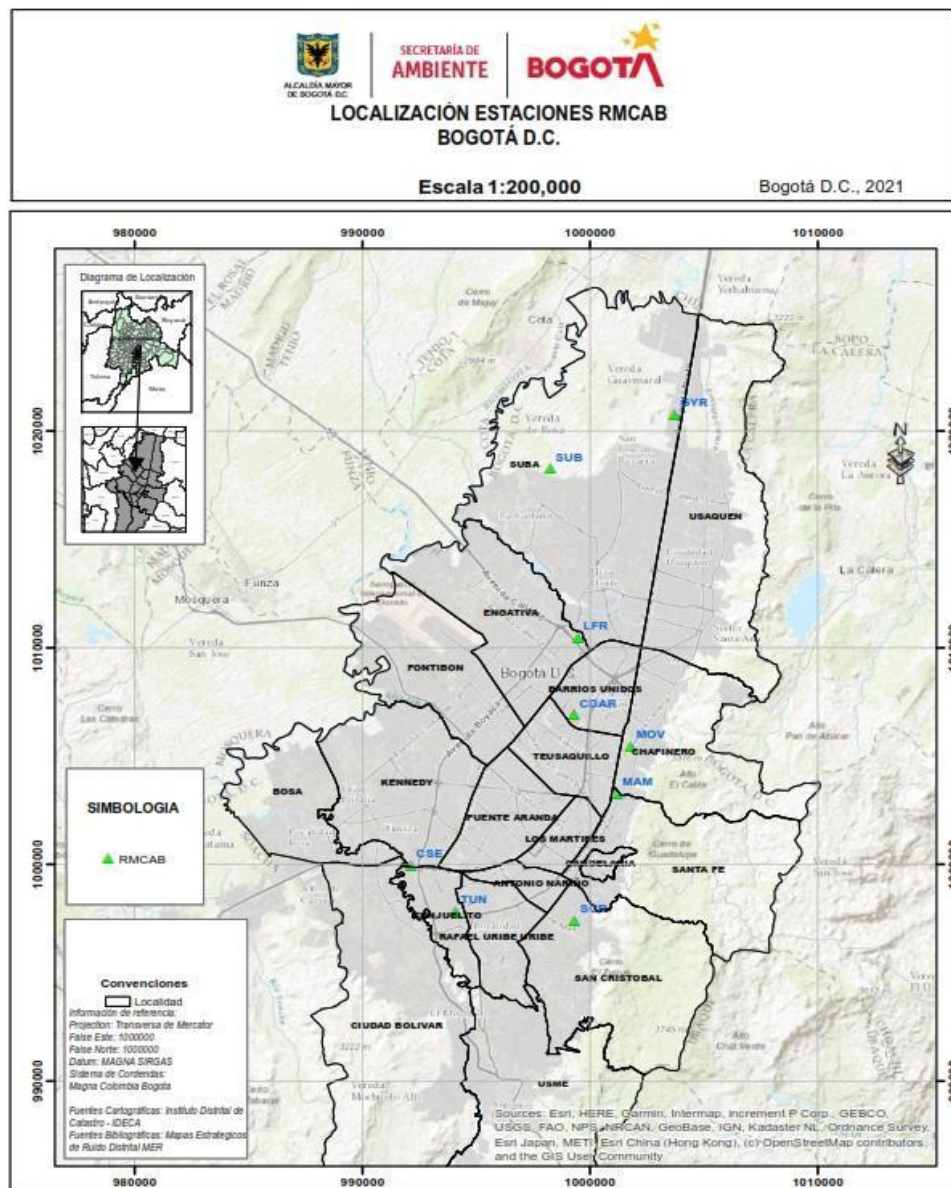


Figura 14. Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)




  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Tabla 6. Georreferenciación de las estaciones de la RMCAB

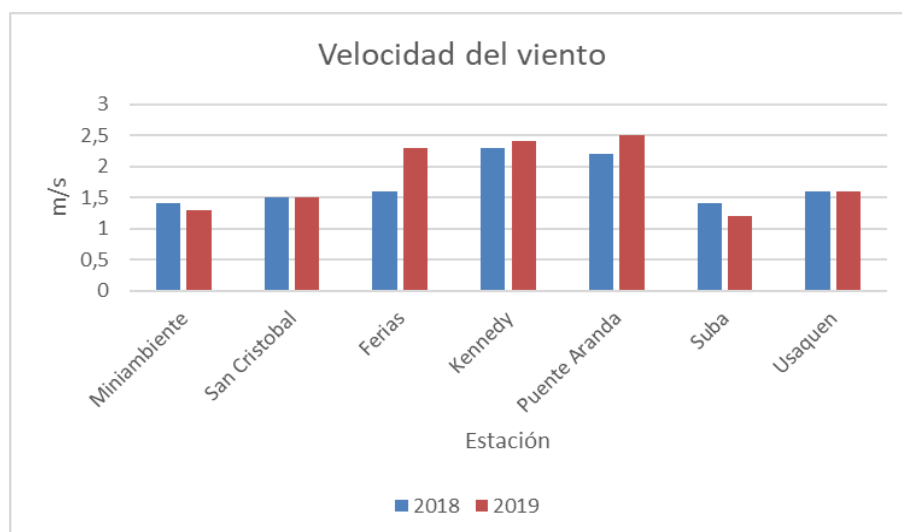
UBICACIÓN ESTACIONES RMCAB						
Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Localidad	Dirección	Tipo de zona
Usaquén	4°42'37.26"N	74°1'49.50"W	2570 m	Usaquén	Carrera 7B Bis # 132-11	Urbana
Suba	4°45'40.49"N	74°5'36.46"W	2571 m	Suba	Carrera 111 # 159A-61	Suburbana
Las Ferias	4°41'26.52"N	74°4'56.94"W	2552 m	Engativá	Avenida Calle 80 # 69Q-50	Urbana
Puente Aranda	4°37'54.36"N	74°7'2.94"W	2590 m	Puente Aranda	Calle 10 # 65-28	Urbana
Kennedy	4°37'30.18"N	74°9'40.80"W	2580 m	Kennedy	Carrera 80 # 40-55 sur	Urbana
San Cristóbal	4°34'21.19"N	74°5'1.73"W	2688 m	San Cristóbal	Carrera 2 Este # 12-78 sur	Urbana

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)


7.9.1.2. Velocidad del viento

A continuación, se presentan los datos de velocidad del viento promedio para los años 2018 y 2019 en cada una de las estaciones meteorológicas. Se puede evidenciar que las velocidades del viento son menores a los 3 m/s para todos los casos. En general, para el año 2019 se observó un aumento de velocidad del viento en las estaciones ubicadas en Ferias, Kennedy y Puente Aranda.

Figura 15. Velocidad del viento



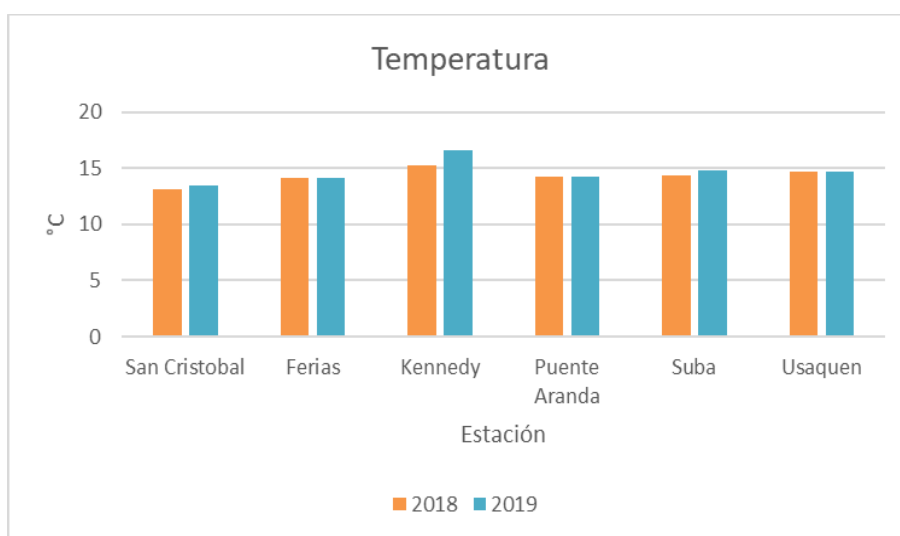
Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.9.1.3. Temperatura

Los datos de temperatura para los años 2018 y 2019 no presentaron variaciones significativas en ninguna de las estaciones meteorológicas. La mayor diferencia se observó en la estación de Kennedy con un aumento de 1,4 °C. Es importante resaltar que la estación ubicada en el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible no reportó datos de temperatura durante el periodo de estudio. A continuación, se presentan los datos para cada una de las estaciones:

Figura 16. Temperatura

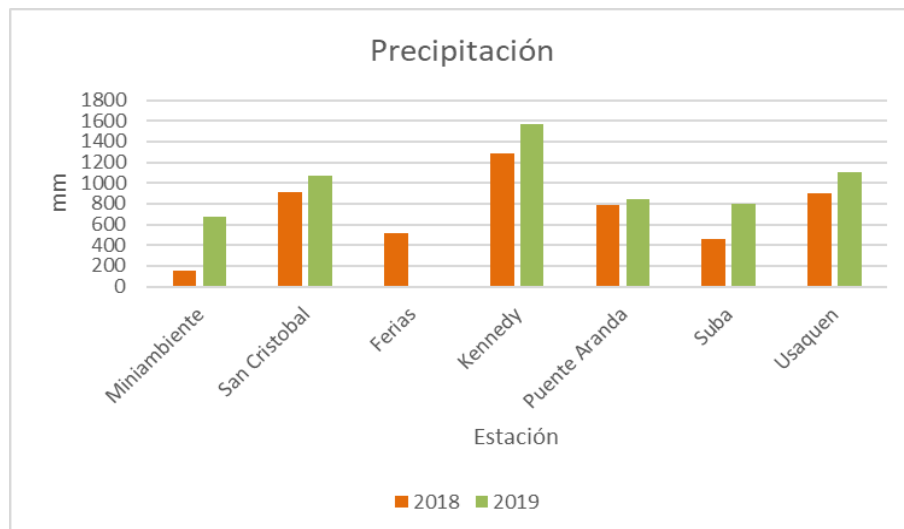


Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

7.9.1.4. Precipitación

La precipitación se debe tener en cuenta debido a que, como se establece en la metodología estipulada en la normativa internacional ISO 1996, los datos de ruido obtenidos en presencia de lluvia no deben ser tenidos en cuenta ya que se pueden llegar a percibir mayores niveles de ruido en el ambiente que distorsionan la realidad. Se puede observar que durante el año 2019 se presentó mayor precipitación en la ciudad de Bogotá.

Figura 17. Precipitación

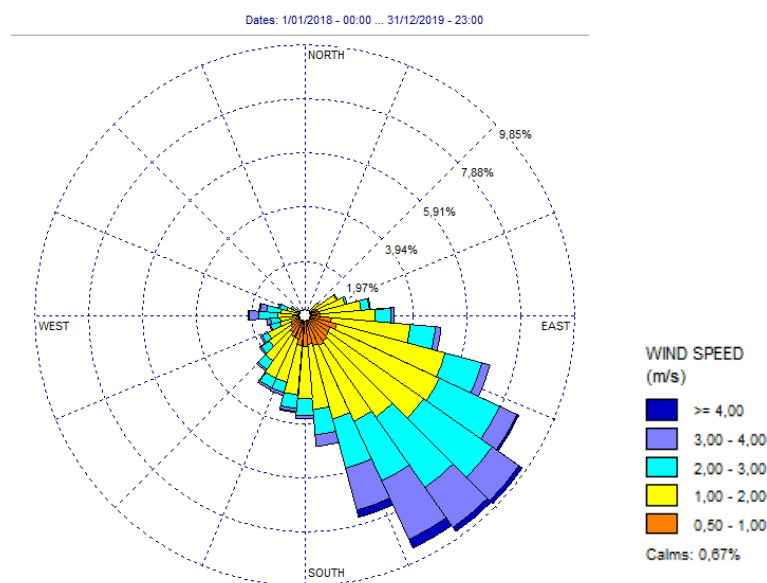


Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)




7.9.1.5. Dirección del viento

A continuación, se presenta la rosa de vientos utilizada para el modelamiento acústico, teniendo en cuenta los promedios para todas las estaciones durante los años 2018 y 2019.

Figura 18. Rosa de vientos



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.9.2. Datos del IDEAM

De igual manera, se realizó un análisis de los tres (3) parámetros a tener en cuenta para ingresar al modelo (temperatura, presión atmosférica y humedad relativa) para cada una de las localidades. A continuación, se presentan los promedios correspondientes a los valores tomados durante 24 horas en los años 2018, 2019 y 2021, con respecto a los parámetros de Humedad, Presión y Temperatura para la ciudad de Bogotá.

7.9.2.1. Humedad Relativa




La definición de humedad relativa según el IDEAM, Es el vapor de agua que existe en una masa de aire, expresado como un porcentaje de la calidad total existiría si el aire estuviese saturado a esa temperatura. La humedad promedio de Bogotá durante un año generalmente oscila durante el año entre 77% y 83%, siendo mayor entre los meses de abril y noviembre, y menor entre julio y agosto.

Tabla 7. Humedad Relativa en Bogotá (2018-2019)

HUMEDAD RELATIVA			
Localidad	Año		Humedad [%]
	2018	2019	
Usaquén	76,2	76,5	76,3
Chapinero	88,1	87,6	87,9
Santa Fe	88,9	88,1	88,5
San Cristóbal	87,1	87,1	87,1
Usme	73,5	74,1	82
Tunjuelito	64,8	63,8	64,3
Bosa	67,9	68	67,9
Kennedy	66,4	66,4	66,4
Fontibón	55,9	55,9	55,9
Engativá	89,9	89,9	89,9
Suba	82,7	82,7	82,7
Barrios Unidos	89,6	89,6	89,6
Teusaquillo	88,8	88,8	88,8
Los Mártires	54,2	54,2	54,2
Antonio Nariño	55	55	55
Puente Aranda	61,3	61,3	61,3
La Candelaria	86,6	86,6	86,6
Rafael Uribe Uribe	71,3	71,3	71,3
Ciudad Bolívar	73,5	74,1	73,8

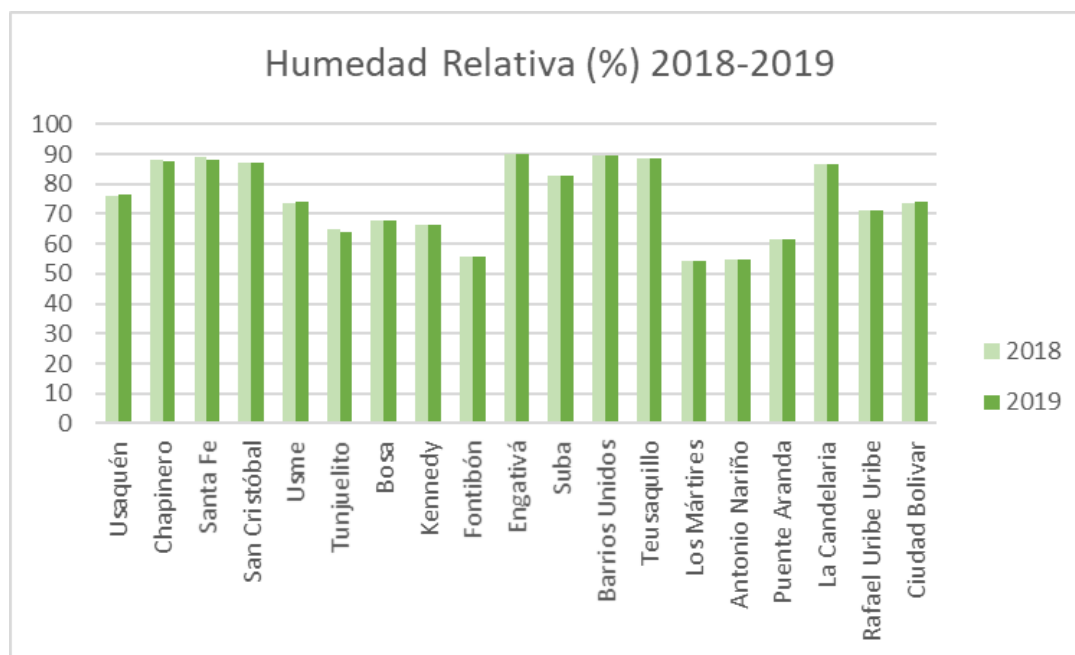
Fuente: Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

En la anterior tabla se encuentran los valores promedio de humedad relativa de los años 2018 y 2019 donde se evidencian valores entre los 77% y 83% que son normales según el IDEAM para la humedad relativa de Bogotá y algunos valores menores que corresponden

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

a algunos errores dentro de la toma de datos, también se puede observar que los valores entre el año 2018 y 2019 no varían considerablemente y la humedad durante este periodo de tiempo fue estable y dentro de los rangos promedio de la zona.

Figura 19. Humedad Relativa en Bogotá (2018-2019)






Fuente: Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

7.9.2.2. Presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza por unidad de área ejercida por el aire sobre la superficie de la tierra. Bogotá cuenta con una presión atmosférica que cuenta con un mínimo de 751,1 hPa que ocurre generalmente en diciembre y el máximo que es de 752,1 hPa que se da en los meses de julio y agosto. La presión atmosférica varía continuamente de manera regular e irregular. Las variaciones irregulares se deben principalmente a la presencia de sistemas meteorológicos cuyo desarrollo, fortalecimiento, debilitamiento o ubicación pueden originar esos cambios de presión.

7.9.2.3. Temperatura

El parámetro de temperatura determina el grado o nivel térmico de la atmósfera, el valor de este depende de la energía cinética de las moléculas. La medida de temperatura se hace posible debido a la transferencia de calor entre cuerpos de niveles distintos de energía cinética molecular media.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

El valor relacionado con la temperatura promedio de Bogotá es de 13,1°C, al medio día la temperatura suele oscilar entre 18 y 20°C. En la madrugada la temperatura mínima está entre 8 y 10°, aunque en las temporadas secas de inicio de año la temperatura puede bajar a menos de 5°C.

Tabla 8. Temperatura Bogotá (2018-2019)

TEMPERATURA			
Localidad	Año		Temperatura [°C]
	2018	2019	
Usaquén	13	13,3	13,1
Chapinero	13,5	15,8	14,6
Santa Fe	12,9	12,8	12,8
San Cristóbal	11,1	12,8	12
Usme	12	11,9	12
Tunjuelito	15,2	17,7	16,4
Bosa	15,4	25,2	20,3
Kennedy	16,4	16,4	16,4
Fontibón	16,6	16,6	16,6
Engativá	12,6	12,6	12,6
Suba	13,3	13,3	13,3
Barrios Unidos	14,9	14,9	14,9
Teusaquillo	12,9	12,9	12,9
Los Mártires	10,5	10,5	10,5
Antonio Nariño	10,5	10,5	10,5
Puente Aranda	15,8	15,8	15,8
La Candelaria	13,7	13,7	13,7
Rafael Uribe Uribe	14,2	14,2	14,2
Ciudad Bolívar	14,4	14,6	14,5

Fuente: Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Los datos promedios de temperatura por localidad entre los años 2018 y 2019 se encuentran expresados en la anterior tabla, cuyos valores oscilan entre los 10,5°C y 25°C lo cual corresponde a los valores promedios de temperatura para Bogotá según el IDEAM. El siguiente gráfico expresa de forma clara que entre los dos años del periodo de estudio no se encuentran diferencias significativas, exceptuando en la localidad de bosa donde se registran valores de temperatura más elevados en el 2019 que en el 2018.


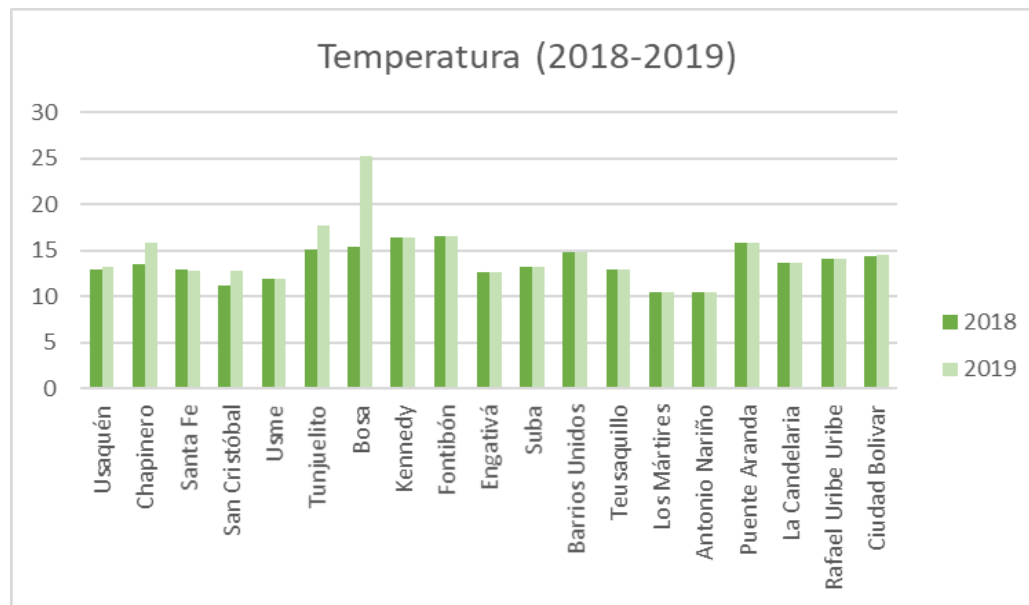
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 20. Temperatura Bogotá (2018-2019)



Fuente: Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)




7.10. Configuración del motor de cálculo

7.10.1. Enfoque

La generación de los MER como resultado de la predicción de la propagación del ruido tiene como fin determinar los aportes de los distintos tipos de fuentes que previamente fueron identificados en el Distrito. Adicionalmente, permite definir la contribución de cada una de las fuentes de ruido suministrando a la autoridad ambiental del Distrito la posibilidad de realizar una gestión del ruido mucho más efectiva y así controlar la exposición de los habitantes a altos niveles de ruido, además de la identificación de lugares con alta contaminación acústica. Finalmente, conociendo la cifra de población expuesta, la Entidad puede determinar el grado de afectación sobre los capitalinos a través de los índices de calidad ambiental urbana (ICAU), cuyo indicador para el ruido es el %PUAR.

7.10.2. Estándares utilizados

Para el modelamiento acústico de la ciudad de Bogotá, se utilizará el estándar industrial ISO 9613, con el fin de determinar la absorción, difracción, refracción y propagación sonora. Para el tráfico vehicular el estándar a utilizar será el CNOSSOS el cual permite analizar las diferentes tipologías de vehículo. El estándar CNOSSOS es el adoptado por la Unión Europea y permite la evaluación de las emisiones sonoras generadas por las distintas tipologías vehiculares como las motos, los autos y los camiones, teniendo en cuenta que en Bogotá D.C. las motos representan una cantidad importante de la flota vehicular.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.10.3. Tráfico vehicular

El estándar de cálculo utilizado para modelar tráfico vehicular es el CNOSSOS que es la última metodología común de cálculo desarrollada por la Comisión Europea a través del proyecto “Métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (CNOSSOS-EU)” y cuya aplicación es de carácter obligatorio tanto para el cartografiado estratégico de ruido, como para todo estudio de ruido ambiental o estudio de impacto ambiental (EIA).

El área de cálculo de un eje vial depende de la cantidad de tráfico que fluye a través del mismo, es decir, su Intensidad Media Diaria (IMD) que puede ser solicitada a la Secretaría Distrital de Ambiente (así como la velocidad media), o realizar aforos vehiculares manualmente y realizar proyecciones a valor total en el día; a mayor IMD, mayor nivel de ruido emitido por la vía. Adicionalmente, los obstáculos (edificios, pantallas, etc.) también impiden la libre propagación del sonido emitido por los vehículos. A partir del valor de IMD se puede definir el área de cálculo promedio de un eje viario considerando el radio de área de cálculo (búffer); también es importante definir la cantidad de carriles y sentidos de flujo.

Tabla 9. Índice medio diario.

IMD	Radio del área de cálculo en torno al eje viario [m]
< 5.000	500
5.000 – 10.000	800
10.000 – 20.000	1.100
20.000 – 40.000	1.400
40.000 – 80.000	1.600
80.000 – 160.000	1.800
160.000 – 300.000	≥ 2.000

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Además de esta información, existe otra adicional que debe ser recolectada y suministrada en el software para realizar los cálculos correctamente.

7.10.4. Clasificación de vehículos

Este estándar determina el ruido del tráfico rodado a partir de la combinación de la emisión de cada tipología de vehículo que conforman el flujo del tráfico (o parque automotor):

- Categoría 1: vehículos ligeros (automóviles, camionetas, remolques)












  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Tabla 10. Descripción categoría 1






Descripción	Características	Fotografía
Turismo	Hasta 8 plazas máximo (sin contar el asiento del conductor)	
Todoterrenos	Hasta 8 plazas máximo (sin contar el asiento del conductor)	
Camionetas	≤ 3,5 toneladas	
Remolques y caravanas	Remolque ligero (< 750 kg)	
	Caravana que no supere los 3.500 kg junto al vehículo	

Fuente: Guía básica de recomendaciones para la aplicación de los métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (CNOSSOS-EU), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid, 2021

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

- Categoría 2: vehículos medianos (colectivos, buses)


Tabla 11. Descripción categoría 2




Descripción	Características	Fotografía
Camionetas y camiones	> 3,5 y < 12 toneladas. 2 ejes (pueden tener doble neumático en el eje trasero)	
	> 12 toneladas. 2 ejes (pueden tener doble neumático en el eje trasero)	
Autobuses	< 5 toneladas	
	> 12 toneladas. 2 ejes	
Auto caravanas	< 5 toneladas	


Fuente: Guía básica de recomendaciones para la aplicación de los métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (CNOSSOS-EU), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid, 2021

- Categoría 3: vehículos pesados (camiones, tracto mulas, volquetas)




Tabla 12. Descripción categoría 3

Descripción	Características	Fotografía
Autobuses	Tres ejes > 5 toneladas	

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2



	Autobús de < 5 toneladas y 2 ejes con remolque	
Camiones > 3,5 toneladas y < 12 toneladas	Con remolque	
Camiones pesados	> Tres ejes > 12 toneladas	 

Fuente: Guía básica de recomendaciones para la aplicación de los métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (CNOSSOS-EU), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid, 2021

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

- Categoría 4: vehículos de dos ruedas (motos, ciclomotores)

Tabla 13. Descripción categoría 4




Descripción	Características	Fotografía
4.a Ciclomotores de dos, tres y cuatro ruedas	< 50 cc	
4.b Motocicletas con y sin sidecar, triciclos y cuatriciclos	> 50 cc	

Fuente: *Guía básica de recomendaciones para la aplicación de los métodos comunes de evaluación del ruido en Europa (CNOSSOS-EU), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid, 2021*

- Categoría 5: categoría abierta (destinada para nuevos vehículos que puedan transitar en el futuro y cuyas características sean muy diferentes en términos de emisión de ruido).

7.10.5. Pavimento

Se debe definir el tipo de pavimento (asfalto) y el estado del mismo ya que este factor incide en la potencia acústica del eje viario. Revisar el tipo de asfalto mayormente utilizado en Bogotá en función de la granulometría ya que el rozamiento de la llanta con el piso genera ruido el cual varía dependiendo de la velocidad del vehículo (generalmente es mayor a medida que aumenta la velocidad). Los datos introducidos en el modelo de cálculo se deben

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

ajustar lo máximo posible a la realidad con base en la información disponible para no subestimar los niveles de ruido reales.

Es importante revisar el tipo de asfalto mayormente utilizado en Bogotá en función de la granulometría ya que el rozamiento de la llanta con el piso genera ruido el cual varía dependiendo de la velocidad del vehículo (generalmente es mayor a medida que aumenta la velocidad). Los datos introducidos en el modelo de cálculo se deben ajustar lo máximo posible a la realidad con base en la información disponible para no subestimar los niveles de ruido reales. Por las razones anteriormente expuestas, se definió como superficie de las vías el asfalto poroso 0/8 que corresponde a una capa doble con cobertura fina de la superficie.

7.10.6. Pendiente

Es requerido definir el grado y orientación (ascendente o descendente) de la pendiente de cada tramo del eje viario. La pendiente de una carretera afecta la velocidad del vehículo, la carga y la velocidad del motor (por la elección de los cambios o marcha), incidiendo de esta manera en la emisión de ruido de rodadura y de propulsión del vehículo. Para esto, se requiere que el MDT sea bastante preciso.

7.10.7. Cruces e intersecciones




Se pueden aplicar correcciones antes y después de intersecciones para el efecto de aceleración o desaceleración debido a la presencia de semáforos o gloriets. Estudios (*Noise Adapt Project* de Irlanda) han indicado que dichas correcciones sobreestiman el valor en aproximadamente 1,5 dB empeorando la precisión de los resultados. Según CNOSSOS, la autoridad competente para elaborar y aprobar los mapas de ruido (en este caso, la SDA) debería justificar la decisión de emplear o no dichas correcciones en el informe de presentación de los MER.

7.10.8. Otras consideraciones

- Se puede asumir que, dentro del porcentaje de vehículos pesados total, el 50% corresponde a la categoría pesados medianos y el 50% restante a la categoría pesados (estudios han indicado que relaciones de hasta 70/30 o 30/70 a velocidades de entre 50 km/h – 60 km/h representan una diferencia de +/- 0,3 dB).
- Hacer uso de los valores límites de velocidad para las vías.

7.10.9. Transmilenio

Esta fuente es caracterizada de igual manera que el tráfico vehicular, sin la discriminación de tipología de vehículo (se asume que todos los vehículos son similares).

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.10.10. Focos de ruido industrial y propagación sonora




El estándar de cálculo utilizado para modelar industrias y propagación sonora es la normativa internacional *ISO 9613. "Acústica. Atenuación del sonido durante la propagación en exteriores"* la cual especifica la metodología para el cálculo de la atenuación (absorción) del sonido para la propagación acústica en exteriores, permitiendo predecir el nivel de ruido ambiental a una distancia determinada a partir de la caracterización de las diversas fuentes de emisión sonora. Cabe mencionar que este es el estándar empleado por todo software de modelación acústica para predicción de niveles de presión sonora (bajo condiciones meteorológicas uniformes y controladas, favorables para la propagación) a partir de la determinación de fuentes de emisión de magnitud y comportamiento conocido, es decir, los mapas de ruido. La atenuación sonora es el resultado de la sumatoria de la atenuación debido a la divergencia geométrica, a la absorción atmosférica, a las reflexiones del suelo y a barreras u obstáculos (apantallamiento), principalmente.

Las predicciones de niveles con base en la norma ISO 9613 están basadas en niveles de potencia acústica de cada fuente. El software de modelación emplea sus algoritmos para determinar las atenuaciones que afectan la propagación del ruido, lo que permite calcular el efecto del inverso cuadrado para la propagación en campo abierto desde una fuente puntual y la atenuación debido a la absorción atmosférica durante una propagación, a una distancia dada.

Partiendo de ello, con el software de modelación se obtiene la energía acústica en cada punto de la malla de cálculo, considerando los diversos efectos resultantes en una propagación real del sonido como la atenuación del suelo, la atenuación de los objetos naturales (cerros, quebradas, etc.) o artificiales (edificios, muros, etc.).

7.10.11. Tráfico aéreo

Las entidades encargadas de monitorear y controlar el ruido aeronáutico en la ciudad de Bogotá son la Aerocivil (Resolución 1330 de 1995) y el ANLA (Decreto 1076 de 2015). Por tal motivo, son estas las encargadas de definir el área de influencia directa (AID) del Aeropuerto Internacional El Dorado y de realizar los mapas estratégicos de ruido (MER) para el tráfico aéreo (tanto operaciones terrestres como aéreas). La información de los MER aeronáuticos es recibida en formato shape (**shp*) y ráster (**tif*) y es utilizada como una de las capas a ser sumadas energéticamente en sistemas de información geográfica (SIG) para obtener el nivel total (sumatoria de todas las fuentes emisoras de ruido, es decir, ruido ambiental). En caso de que sólo se cuente con la información en *shapefiles* (es decir, líneas de contorno vectorizadas), se debe realizar la conversión a tipo *ráster* (imagen) por medio de interpolación entre curvas (que es realizado por software cartográfico) a fin de poder realizar la sumatoria de los valores puntuales de malla.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.11. *Parámetros generales de predicción*

Los parámetros generales considerados para la generación del modelamiento acústico se listan a continuación:

Tabla 14. Configuración del modelo

Variable	Valor	Justificación
Periodo día	7-21	De acuerdo con la normativa nacional Resolución 0627 de 2006
Periodo noche	21-7	De acuerdo con la normativa nacional Resolución 0627 de 2006
Estándar cálculo industrial	ISO 9613	Norma internacional de atenuación y propagación sonora
Estándar cálculo Tráfico vehicular	CNOSSOS	De acuerdo con el análisis realizado para la selección del tráfico vehicular
Estándar cálculo Tráfico aéreo	ECAC doc. 29, 4ª edición	Recomendaciones OACI
Sistema de coordenadas	3116	MAGNA SIRGAS
Nivel Día	L _D	De acuerdo con la normativa nacional Resolución 0627 de 2006
Nivel Noche	L _N	De acuerdo con la normativa nacional Resolución 0627 de 2006
Nivel Día Noche	L _{DN}	De acuerdo con la normativa internacional ISO 1996 de 2017
Nivel Día Noche PUAR	L _{DN-PUAR}	De acuerdo con el Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. No cuenta con ajustes en el periodo nocturno.
Temperatura	17°C	Datos estación RMCAB páralos años 2018 y 2019
Humedad Relativa	72 %	Datos estación RMCAB para los años 2018 y 2019
Presión atmosférica	752 mbar	Datos estación RMCAB para los años 2018 y 2019
Orden de reflexión	1	Debido a que se presentan gran cantidad de obstáculos por las edificaciones y por recomendaciones WG-AEN
Máximo radio de búsqueda	100 m	La distancia entre fuentes y receptor es menor a 100 m
Máxima distancia de reflexión desde receptor	100 m	Las distancias con respecto a las carreteras son significativas a 100 m
Máxima distancia de reflexión desde foco	50 m	Las distancias con respecto a las carreteras son significativas a 50 m
Tolerancia	0,1 dB	La diferencia entre tolerancias de 0,1 dB a 0,9 dB es de 0,5 dB, valores que no son significativos
Tamaño de la malla	5 m	Debido a la escala de la ciudad
Altura sobre el terreno	4 m	De acuerdo con la normativa nacional Resolución 0627 de 2006
Interpolación de rejilla min/max	10 dB	Reducir las desviaciones en la interpolación
Diferencia	0,15 dB	Se busca la mayor cantidad de interpolaciones en la malla.
Tamaño de cálculo	9 x 9	Debido a lo grande del proyecto se obtiene una interpolación de máximo 81 receptores.

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Tabla 15. Coeficiente de absorción por bandas de Octava

Frec. [Hz]	31.5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
α	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Fuente: DataKustik GmbH 2017

7.12. Receptores acústicos

7.12.1. Receptores puntuales

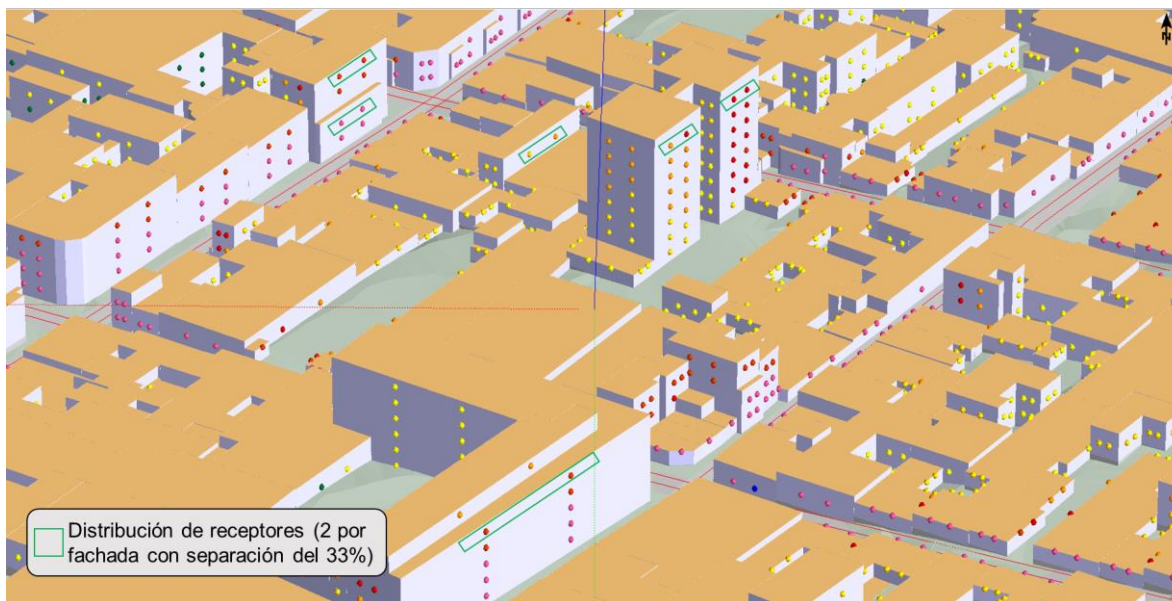
Todo software de modelación acústica permite realizar el cálculo de nivel de ruido percibido en receptores puntuales. Estos receptores son ubicados en sitios específicos a fin de validar el modelo de cálculo. Estos sitios corresponden a los puntos de ubicación de las estaciones de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB), lugares que han sido estratégicamente definidos para registrar el fenómeno sonoro en inmediaciones de vías vehiculares (arteriales, secundarias y terciarias). Los resultados de la simulación en dichos puntos son comparados con los datos de medición promediados a largo plazo en esos puntos específicos para verificar si el modelo representa la realidad. La desviación no debería superar los +/- 2,7 dB en cada punto para tener datos confiables del proceso de modelación (ver *Anexo 7. Validación de los MER*).

Los receptores puntuales también pueden ser usados para asignar valores de potencia acústica a focos puntuales que emitan ruido mediante métodos de ingeniería inversa a partir de los resultados de las mediciones.

7.12.2. Evaluación de receptores en edificios

Una vez definidos los atributos de las edificaciones, que incluyen el número de pisos, la altura de los pisos, el uso de suelo y otros factores, se procede a asignar receptores en las edificaciones con el objetivo de calcular el nivel continuo equivalente al que está expuesta la población en cada fachada de las edificaciones. Para llevar a cabo la distribución de receptores, se ha optado por asignar dos (2) receptores por fachada, separados por un treinta y tres por ciento (33%) de su longitud. Esto se hace con el propósito de lograr una distribución uniforme en las fachadas, teniendo en cuenta que cada piso cuenta con su propia asignación de receptores, como se muestra a continuación.

Figura 21. Distribución de receptores



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Una vez completada la asignación de receptores en todas las edificaciones dentro de cada localidad, se procede con el cálculo del mapa de fachadas. El objetivo es determinar el nivel al que las personas están expuestas en un plano vertical, lo que permite validar el nivel continuo equivalente en cada piso para de esta manera obtener una representación más precisa del nivel de exposición de la población. A continuación, se presenta una imagen ampliada de la localidad con los receptores:


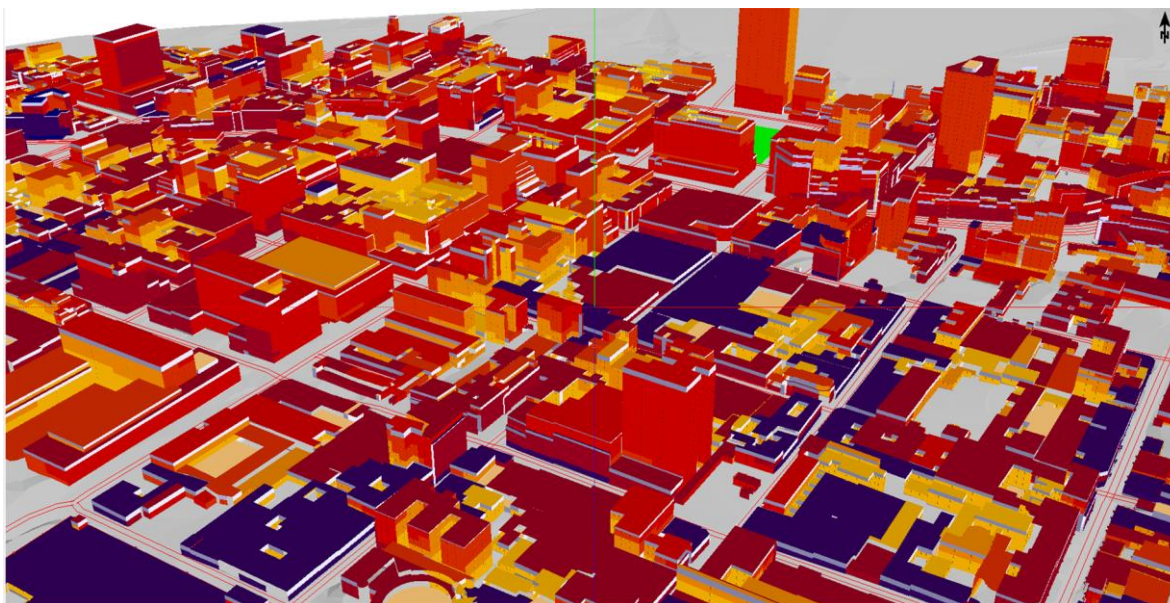
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 22. Resultado mapa de fachadas en una determinada zona



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)




Los resultados del mapa de fachadas desempeñan un papel fundamental en el análisis detallado de la exposición de la población al ruido en el Distrito Capital. Esta metodología permite evaluar con precisión el nivel de ruido en cada piso y fachada de las edificaciones, lo que tiene un impacto significativo en la planificación urbana y en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del ruido.

Estos resultados y la información sobre la distribución de personas en cada piso son insumos clave para calcular indicadores importantes de ruido tales como el porcentaje de población urbana afectada por ruido (%PUAR), el índice de contaminación acústica per cápita (ATNEM), indicadores grupales de ruido (G_{dn} y G_{night}), porcentaje de personas molestas (%A), porcentaje de personas muy molestas (%HA), porcentaje de personas perturbadas durante el sueño (%SD) y porcentaje de personas altamente perturbadas durante el sueño (%HSD), entre otros. Estos datos sólidos respaldan la evaluación de la calidad del entorno sonoro y ayudan a tomar decisiones informadas en la planificación urbana y la gestión de la exposición al ruido.

7.13. Cálculo de indicadores acústicos

7.13.1. L_D , L_N y L_{DN}

Los indicadores acústicos calculados son el nivel diurno (L_D), nivel nocturno (L_N) y el nivel día noche (L_{DN}), cuyos tiempos de evaluación son descritos en el subcapítulo 6.4.1; En

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

cuanto al nivel L_{DN} , se calculará con el ajuste de +10 dB en el período nocturno en concordancia con la normativa nacional Resolución 0627 de 2006 y la normativa internacional ISO 1996; sin embargo, también se realiza el cálculo sin el ajuste para poder evaluar exposición sonora (sin incidencia de percepción) y calcular el indicador %PUAR en cumplimiento con lo establecido por el Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU).

$$L_{DN} = 10 \log \left[\frac{\left(14 \cdot 10^{\left(\frac{L_D}{10} \right)} \right) + \left(10 \cdot 10^{\left(\frac{L_N + 10}{10} \right)} \right)}{24} \right]$$




Estos indicadores son calculados en el software de modelación acústica SoundPLAN. Sin embargo, se debe exportar el archivo *ráster* de los valores globales para poder realizar la suma energética con el *ráster* de los mapas de ruido aeronáuticos entregados por la Aerocivil o ANLA, a fin de obtener la sumatoria de todas las capas de las fuentes emisoras de ruido, incluyendo el aeronáutico. Este proceso de sumatoria energética se realiza en sistemas de información geográfica como ArcMap o QGIS.

7.13.2. %PUAR (Porcentaje de Población Urbana Afectada por Ruido)

El Porcentaje de Población Urbana Afectada por Ruido (%PUAR) es un indicador acústico calculado a partir de los mapas estratégicos de ruido (MER) para cuantificar la población expuesta a niveles de ruido superiores a 65 dB(A), que implican riesgo para la salud de los ciudadanos dentro de los perímetros urbanos. Este indicador es reportado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de manera bienal por las autoridades ambientales locales y regionales, con el fin de poder comparar las condiciones en distintos centros urbanos y para realizar seguimiento a sus dinámicas.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) implementó el Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU) como instrumento de información sobre los elementos más relevantes e importantes relacionados con la calidad ambiental en las áreas urbanas y como herramienta para decisiones de políticas públicas, así como permitir comparaciones entre diversas áreas urbanas, con el objetivo de dar manejo a la sostenibilidad ambiental urbana y determinar la calidad de vida ciudadana. En el documento generado por el MADS que lleva por título el instrumento de información (ICAU), se describe la metodología para su cálculo y la debida formulación, entre la que se encuentra:

$$L_{DN(ICAU)} = 10 \log \left(\frac{\left(14 \times 10^{\left(\frac{L_{RAeq,D}}{10} \right)} \right) + \left(10 \times 10^{\left(\frac{L_{Aeq,N}}{10} \right)} \right)}{24} \right)$$

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

donde,

- $L_{DN(ICAU)}$: nivel continuo equivalente corregido día/noche con filtro de ponderación A, evaluado a lo largo de las 24 horas del día. Este indicador no es comparable con el $L_{RAeq,DN}$ determinado por la ISO 1996-1:2020, puesto que las formulaciones de los datos de entrada diurnos y nocturnos son diferentes.
- $L_{RAeq,D}$: nivel continuo equivalente corregido diurno con filtro de ponderación A. Este nivel se encuentra ajustado por tonos e impulsos.
- $L_{Aeq,N}$: nivel continuo equivalente nocturno con filtro de ponderación A. Este nivel no tiene correcciones de tonos e impulsos y tampoco se le añade la penalización normativa de +10 dB(A).

Es de aclarar que si bien la ISO 1996-1:2020 estima el nivel continuo equivalente Día Noche con ponderación (A) a partir de las correcciones tonales e impulsivas para ambas jornadas y la penalización nocturna de +10 dB(A), la determinación para el %PUAR es realizado por medio de la formulación previa ya que la estimación de este indicador es para ruidos continuos, como lo es el tráfico vehicular.




Con base en el indicador $L_{DN(ICAU)}$ se obtiene la población urbana afectada por ruido (PUAR), que es igual al producto entre el área [km²] de las zonas en las cuales se sobrepasan los 65 dB(A) de referencia (AUEP) y el factor de densidad poblacional (FDP) en [hab/km²].

$$PUAR = AUEP \cdot FDP$$

De la relación entre el PUAR y la Población Urbana Total (PUT) del Distrito obtenida de los censos poblacionales del DANE, se puede obtener el Porcentaje de Población Urbana Afectada por Ruido (%PUAR):

$$\%PUAR = \left(\frac{PUAR}{PUT} \right) \times 100$$

Es importante mencionar que el %PUAR tiene por cobertura geográfica el perímetro urbano (cabecera municipal) de la ciudad de Bogotá, razón por la cual el % se obtiene tras conseguir la totalidad de personas en cada localidad. El %PUAR fue calculado con los datos de densidad poblacional del último censo de población del DANE del 2018, donde el detalle del elemento geográfico es la manzana.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

7.13.3. Índice de contaminación acústica per cápita (ATNEM)

Es un indicador que estima el efecto acumulado que el ruido tiene en los humanos dependiendo del sector urbano, y su formulación es la siguiente:

$$ATNEM = \frac{\sum(n_i \Delta L_{Ai})}{N}$$

donde,

N : número total de población

n_i : número de personas expuestas a niveles por encima del ruido permitido para el i-ésimo tipo de sector urbano

ΔL_{Ai} : es el valor del nivel promedio ponderado A que excede el límite establecido por el estándar para el i-ésimo tipo de sector urbano.

Este indicador es usado para la identificación de zonas con alta densidad poblacional cuyos niveles de ruido ambiental son altos y su clasificación permite determinar las condiciones acústicas las cuales impactan la calidad ambiental.




Tabla 16. Clasificación del indicador ATNEM

ATNEM	Nivel de calidad del ambiente acústico	Condición acústica
0	I	Sin contaminación
$0 < A_{TNEM} < 5$	II	Ligeramente contaminado
$5 < A_{TNEM} < 10$	III	Levemente contaminado
$10 < A_{TNEM} < 15$	IV	Moderadamente contaminado
$15 < A_{TNEM} < 20$	V	Altamente contaminado
> 20	VI	Extremadamente contaminado

Fuente: Área Metropolitana del Valle de Aburrá

7.13.4. Indicadores grupales de ruido (G_{dn} y G_{night})

Estos indicadores agrupan datos y distribuciones de exposición en un solo valor para facilitar su análisis y sirven para identificar áreas de contaminación acústica con alta densidad poblacional.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

$$G_{dn} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum n_i 10^{\frac{LA_{dni}}{10}} \right)$$

donde,

LA_{dni} : valor representativo del i-ésimo intervalo (ej.: 50 – 55: 52,5) del indicador L_{DN}

n_i : número de personas expuestas en el i-ésimo intervalo

N : es el número total de población

El indicador G_n es calculado con la misma ecuación, sólo cambiando LA_{dni} por LA_{ni}

Agrupando los datos de niveles de presión sonora en distribuciones normales, se puede asociar niveles de presión sonora a zonas específicas, permitiendo identificar población flotante que visita dichas zonas, además de la población estática.

7.13.5. Indicadores de Molestia (% A, % HA, % SD y % HSD)

Estos indicadores permiten correlacionar el ruido ambiental con el grado de molestia de la población (durante todo el día) o la perturbación del sueño (durante la noche). Son calculados de la siguiente manera:

- %A: Porcentaje de personas molestas

$$\%A = 1.795 \times 10^{-4} (L_{DN} - 37)^3 + 2.11 \times 10^{-2} (L_{DN} - 37)^2 + 0.535 (L_{DN} - 37)$$

- %HA: Porcentaje de personas muy molestas


$$\%HA = 9.868 \times 10^{-4} (L_{DN} - 42)^3 + 1.436 \times 10^{-2} (L_{DN} - 42)^2 + 0.511 (L_{DN} - 42)$$

- %SD: Porcentaje de personas perturbadas durante el sueño

$$\%SD = 13.8 - 0.85LA_n + 0.0167LA_n^2$$

- %HSD: Porcentaje de personas altamente perturbadas durante el sueño

$$\%HSD = 20.8 - 1.05LA_n + 0.01486LA_n^2$$

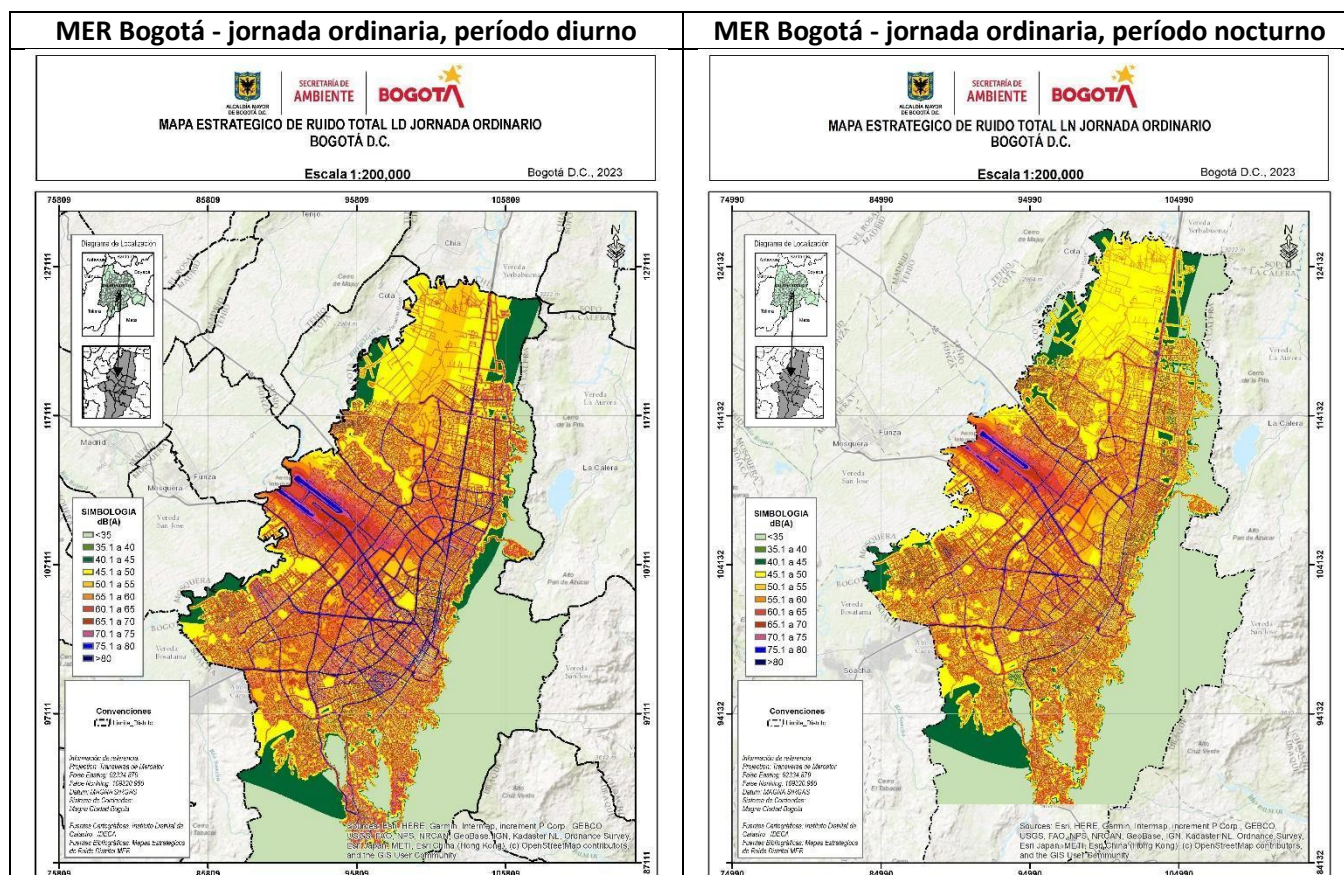
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

8. RESULTADOS DE LA MODELACIÓN

8.1. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) generales del Distrito

Los mapas estratégicos de ruido para el Distrito Capital son presentados teniendo en cuenta las diferentes fuentes de emisión sonora contempladas en el modelamiento acústico (tráfico vehicular, Transmilenio, establecimientos de industria y comercio, y tráfico aéreo). En la siguiente imagen se presentan los mapas correspondientes al perímetro urbano de Bogotá D.C. para la jornada ordinaria y dominical, durante el periodo diurno y nocturno. En el *Anexo 7. Validación de los MER.xlsx* se presentan los resultados de la calibración o verificación de los resultados con el fin de garantizar su confiabilidad; por otro lado, los diversos mapas para cada localidad son presentados en el *Anexo 10. Salidas gráficas*, la Geodatabase en el *Anexo 11. GDB* y los ejecutables en SoundPLAN en el *Anexo 12. Ejecutables modelo*.

Figura 23. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Bogotá D.C., jornada ordinaria



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)


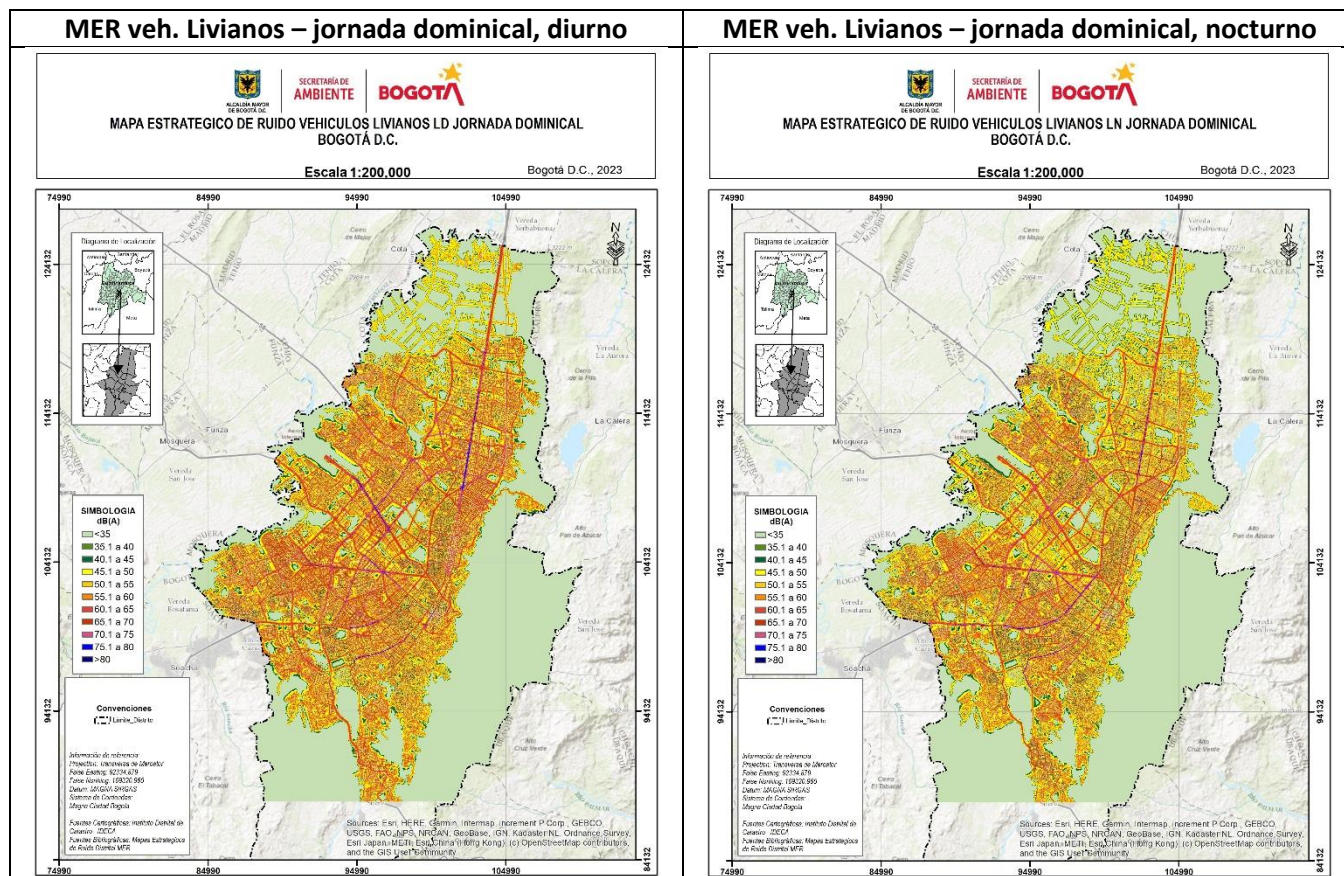
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 26. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos livianos, jornada dominical



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)


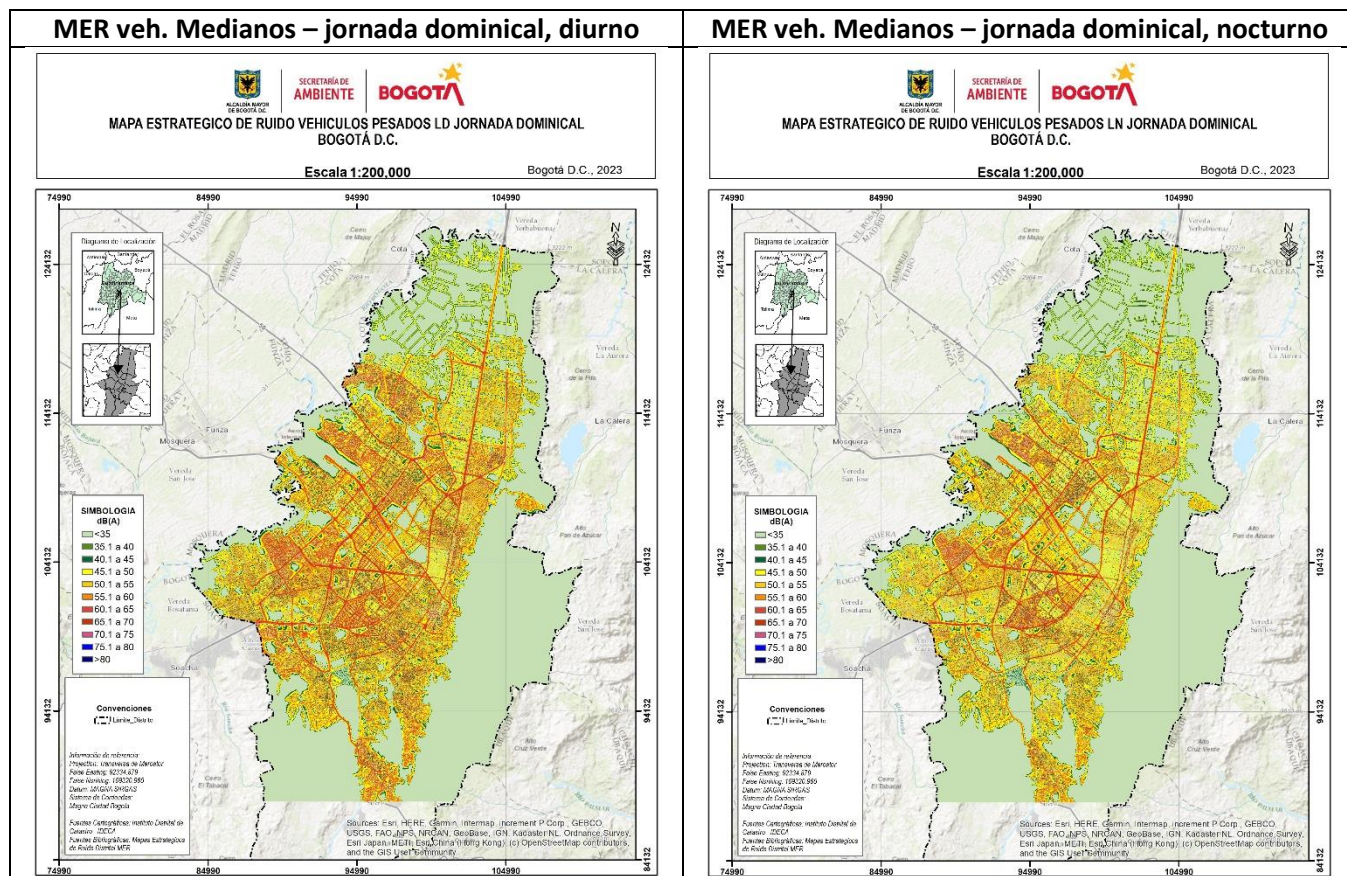
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 28. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos medianos, jornada dominical



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

8.2.3. MER vehículos pesados

Esta tipología vehicular genera un impacto similar al de las motos; a pesar de no tener alta representatividad en el parque automotor de la ciudad, estos vehículos son los más grandes y pesados, muchos de ellos de tecnología obsoleta y con motores y exostos ruidosos.


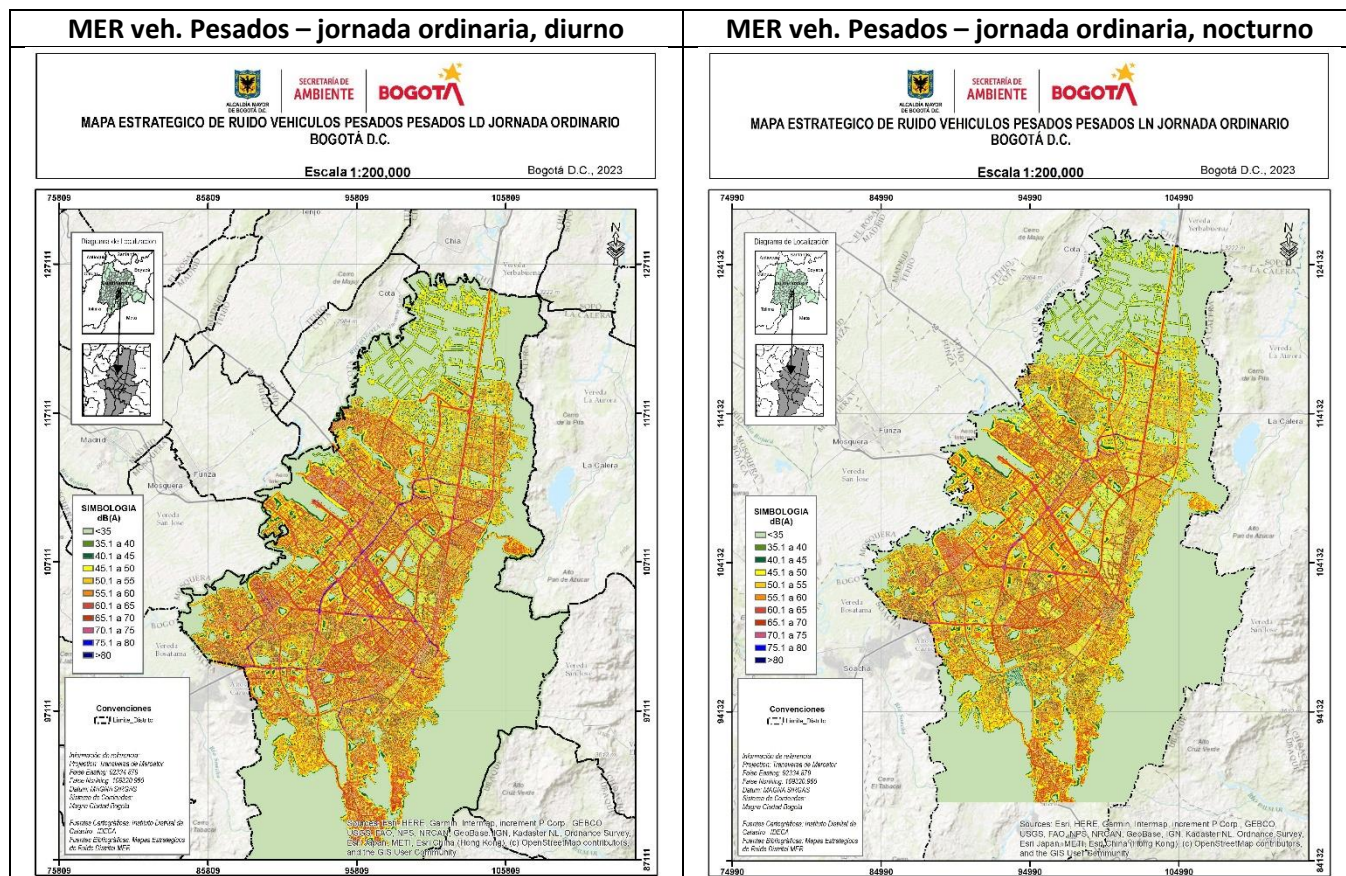
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 29. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos pesados, jornada ordinaria



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)


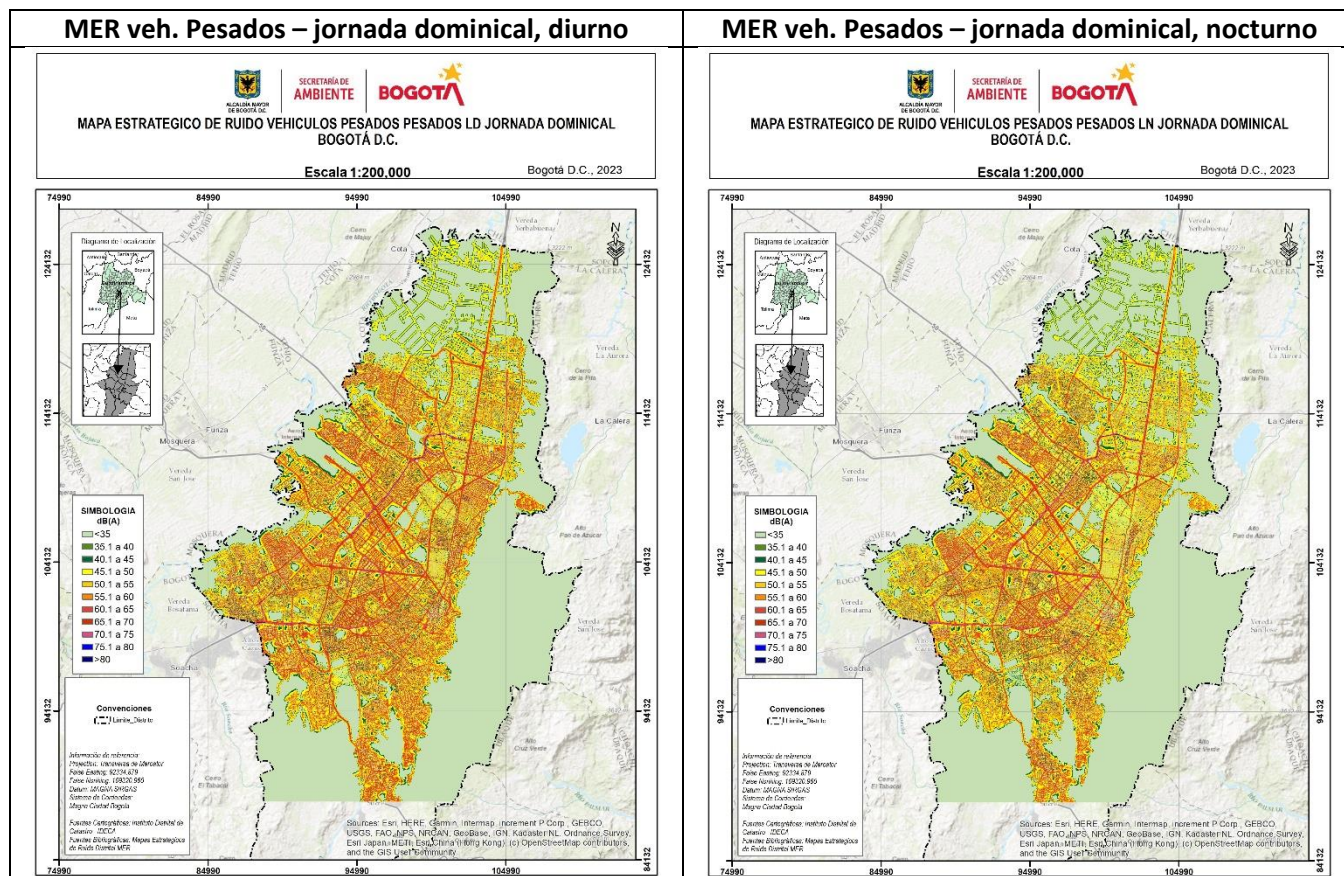
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 30. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de vehículos Pesados, jornada dominical

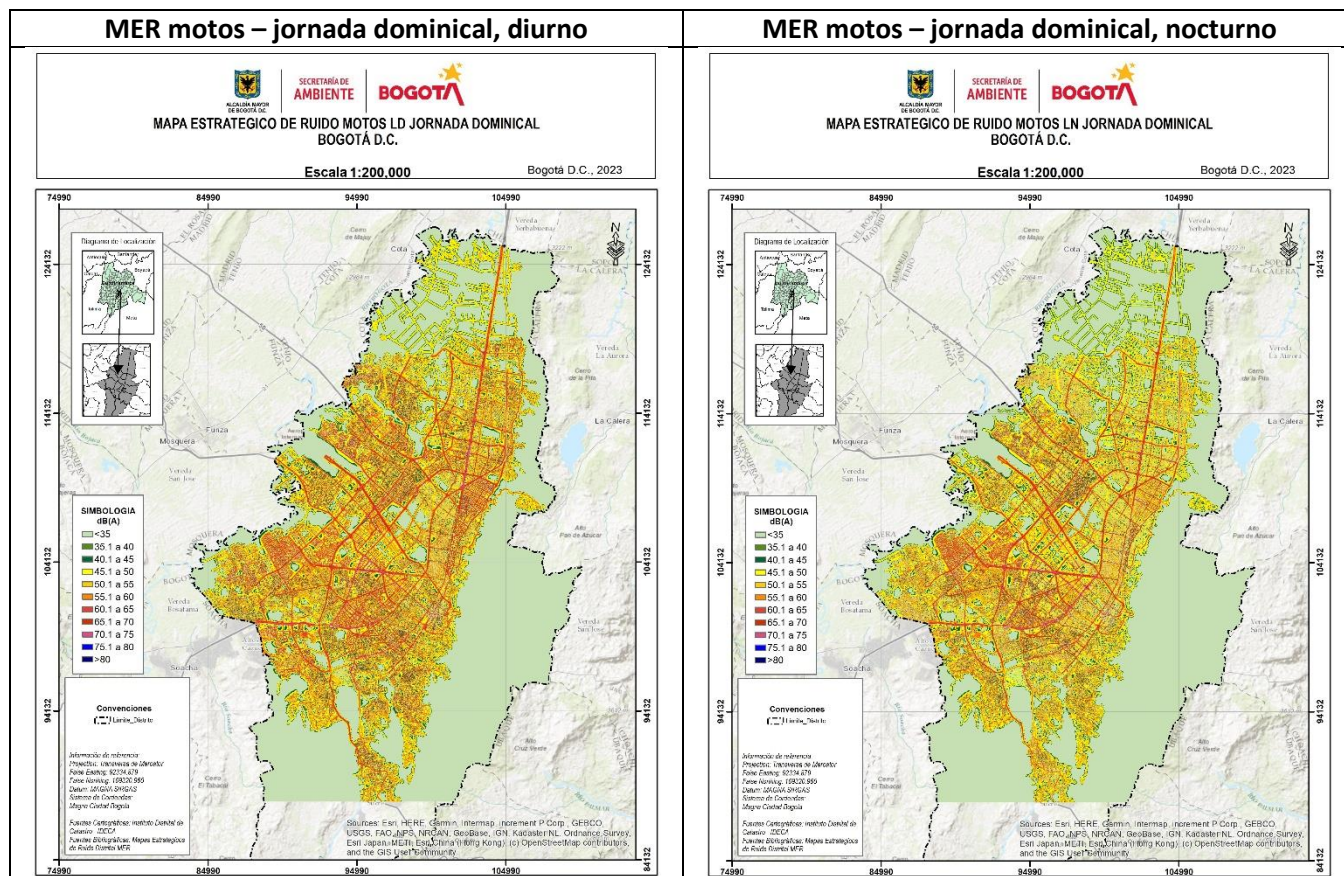


Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)




8.2.4. MER motos

Las motos representan un porcentaje importante en el parque automotor de la ciudad, muchas de las cuales son modificadas en su sistema de exosto para generar mayor ruido.

Figura 32. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de motos, jornada dominical



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

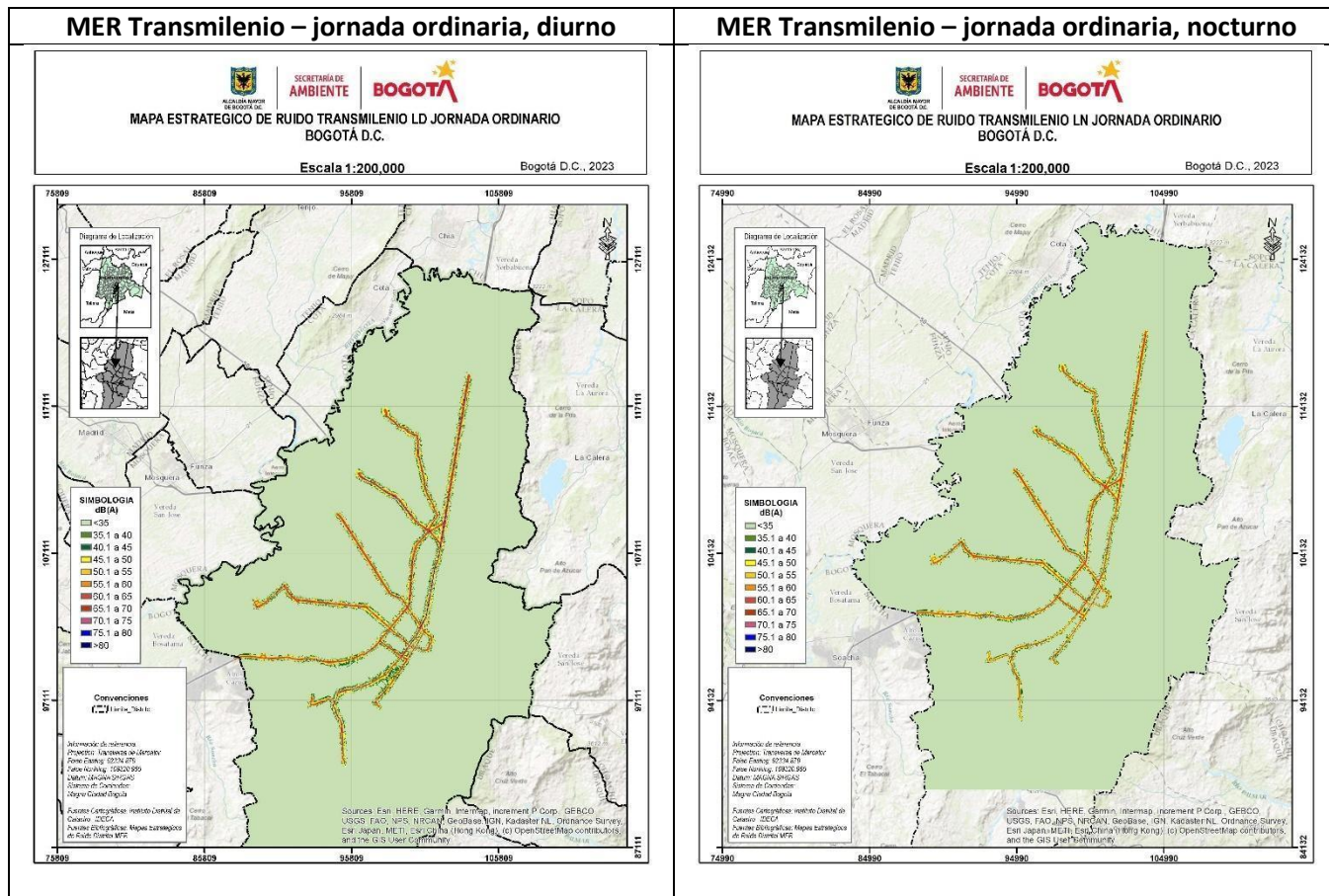
Adicionalmente, con el fin de realizar un análisis a los diferentes tipos de vehículos que transitan por las vías del Distrito, se realizó el modelamiento acústico para las diferentes tipologías de vehículos (livianos, medianos, pesados y motos). Como se puede observar en las siguientes imágenes los vehículos livianos aportan mayor cantidad en los niveles de ruido por las vías principales y en toda la ciudad en general. La segunda tipología vehicular que mayores emisiones de ruido genera corresponde a las motos, seguido de los medianos y finalmente los pesados. Para los vehículos medianos y pesados se observa una mayor cantidad de emisiones por vías como la calle 13, autopista norte y Avenida Boyacá, lo anterior debido a que en estas vías no se tiene restricción para vehículos pesados.

Los mapas fueron calculados por cada localidad para ambos tipos de jornadas y de período, cuyas salidas gráficas pueden ser encontradas como anexo al presente informe. De igual manera, esta diferenciación de tipologías de vehículo fue tomada en cuenta para la generación del plan de acción para la calidad acústica del Distrito, entendiendo que los vehículos livianos y las motos generan mayores emisiones.


8.3. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) del sistema de transporte masivo (Transmilenio)

Para el cálculo de los mapas de ruido del sistema de transporte masivo correspondiente al Transmilenio, se tuvo en cuenta información de la operación del sistema como el flujo, periodicidad de eventos, velocidades promedio, entre otros.

Figura 35. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de Transmilenio, jornada ordinaria



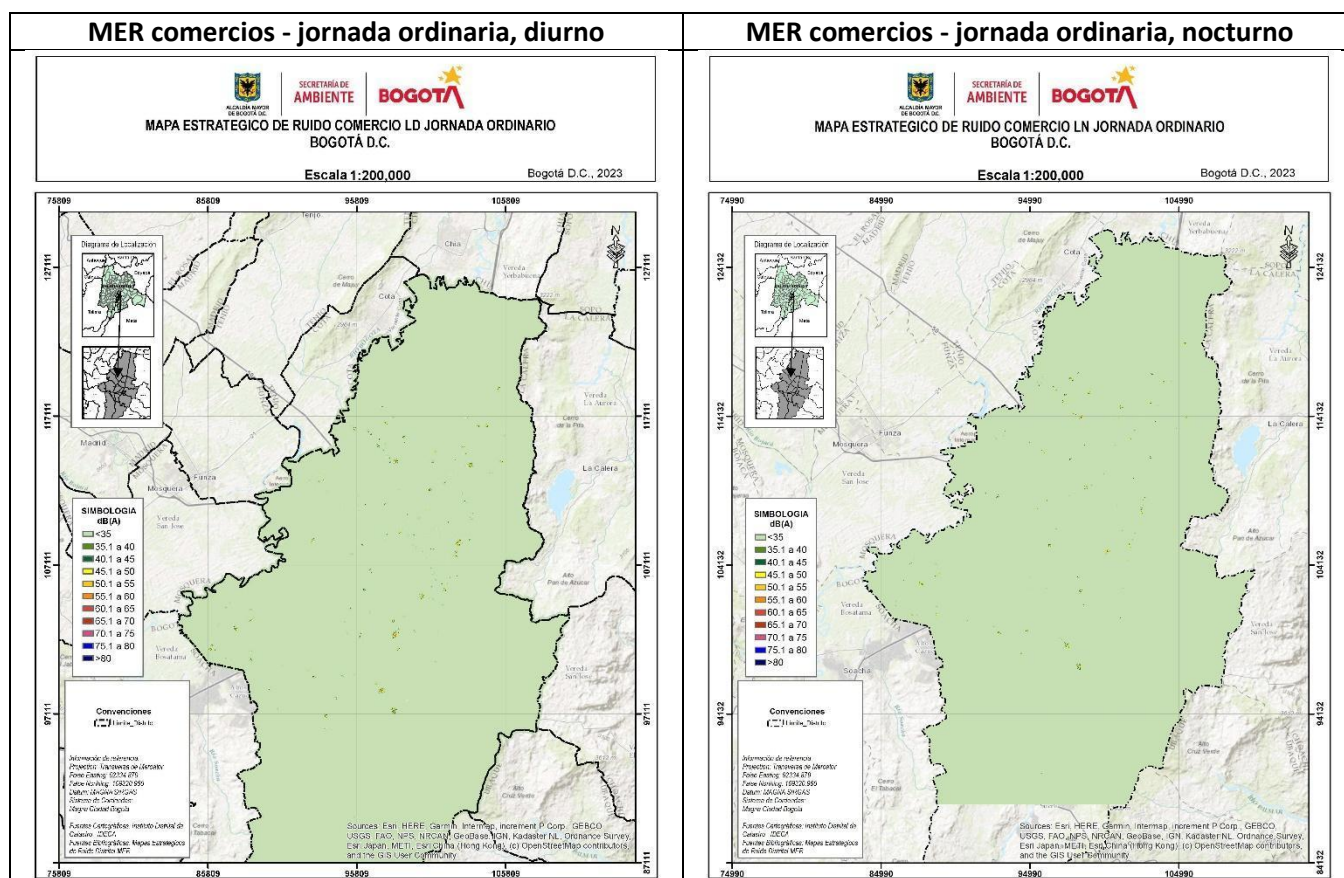
Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2


8.4. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Industria, Comercio y Servicios

Los mapas de ruido para industria, comercio y servicios fueron obtenidos a partir de las caracterizaciones de potencia acústica calculadas a partir de las mediciones de emisión de ruido de fuentes puntuales durante el periodo de análisis.

Figura 37. Mapa Estratégico de Ruido (MER) de industria, comercio y servicios, jornada ordinaria



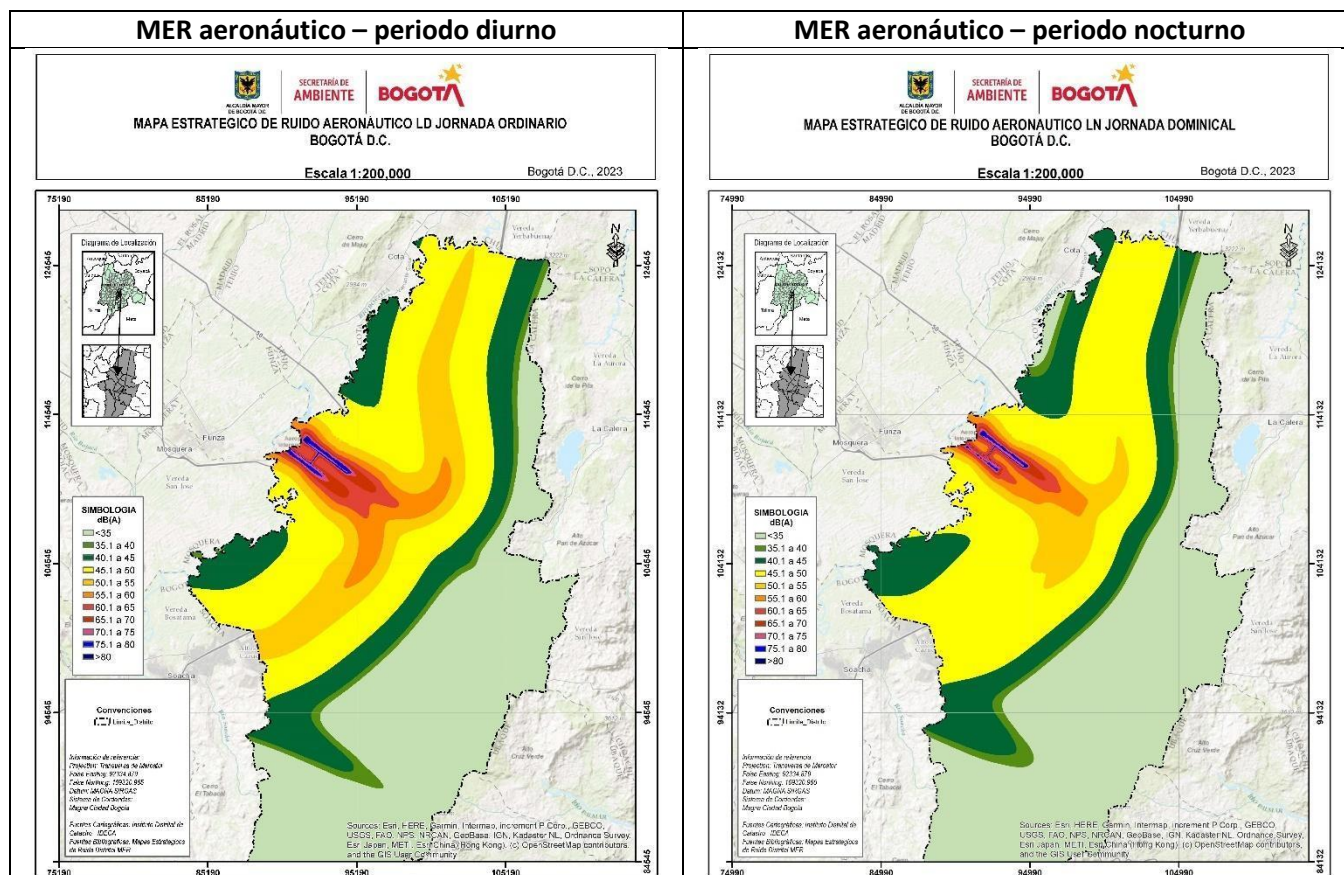
Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

8.5. Mapas Estratégicos de Ruido (MER) del tráfico aéreo




A continuación, se presentan los mapas de ruido aeronáutico en el Distrito Capital, desarrollados por la Aerocivil.

Figura 39. Mapa Estratégico de Ruido (MER) aeronáutico de Bogotá D.C., periodo diurno y nocturno



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB) con información entregada por la Aeronáutica Civil

Para los modelamientos acústicos realizados referente a las emisiones aeronáuticas, es importante resaltar que el control y seguimiento del ruido generado por el tráfico aéreo, es competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la Aeronáutica Civil de Colombia. Teniendo en cuenta lo anterior, el modelamiento acústico se realizó por las entidades competentes, los cuales hicieron entrega de la información a la SDA mediante radicado oficial. Es importante resaltar que la información entregada no se discrimina en periodos ordinario y dominical, pero sí por periodo diurno y nocturno.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

9. RESULTADOS INDICADORES ACÚSTICOS


Con la intención de comprender de manera precisa cómo afecta el ruido a la población del Distrito Capital, se realizó el cálculo de diversos indicadores acústicos que permiten identificar la población afectada por ruido y valorar el impacto del ruido en la población de manera localizada y estratégica.

Este documento proporciona un análisis detallado de los indicadores asociados a la contaminación acústica en cada uno de los barrios que conforman las diecinueve (19) localidades del Distrito Capital. El objetivo es comprender de manera integral cómo incide el ruido en la comunidad y utilizar esta información como base para la implementación de medidas efectivas que disminuyan los niveles de ruido y mejoren la calidad de vida de la población en Bogotá.

A partir de la información recolectada y del modelamiento acústico, se presentan los resultados de los indicadores acústicos a analizar en forma de tablas de resultados y mapas geográficos. Es importante mencionar que todos los indicadores acústicos reportados en el presente informe son calculados a partir de los resultados obtenidos por la modelación acústica en el software SoundPLAN.

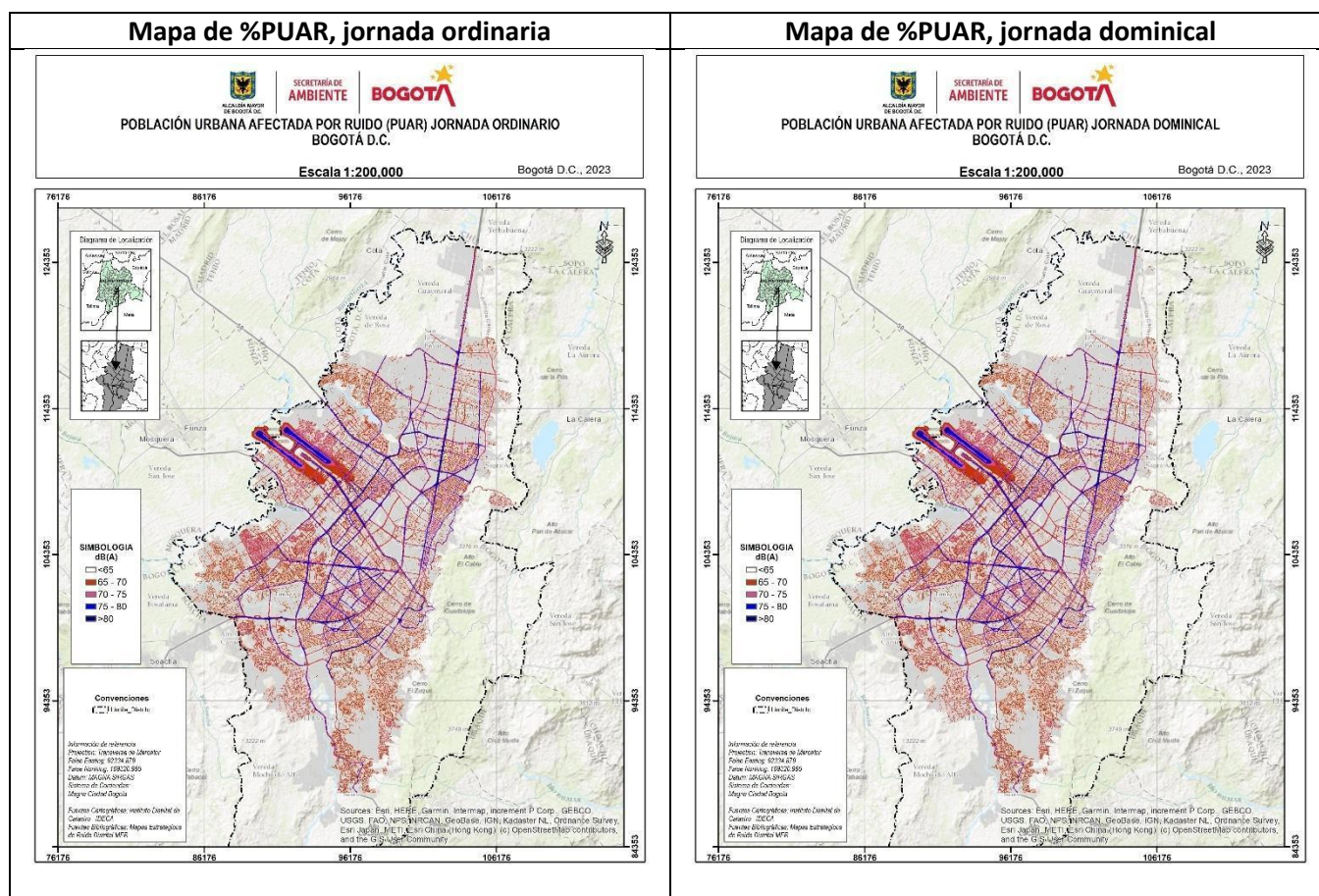
9.1. *Nivel continuo equivalente día-noche (L_{DN})*

A continuación, se presentan los resultados de los mapas para el indicador L_{DN} el cual corresponde al promedio energético durante las veinticuatro (24) horas del día. Es importante resaltar que, durante la noche, la percepción de molestia es mayor que durante el día, por lo que se adicionan +10 dB(A) al periodo nocturno de acuerdo con lo establecido en la normativa internacional ISO 1996; además, esta adición se realiza para estabilizar la energía del día entero, ya que el período nocturno disminuiría el promedio energético del día entero.




	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Es importante aclarar que el cálculo del %PUAR se realizó teniendo en cuenta la altura de las edificaciones por medio de los mapas de fachadas; con esta información, se calculó la población que se encuentra expuesta a las curvas ≥ 65 dB(A), teniendo en cuenta que los niveles de presión sonora varían considerablemente al alejarse de la fuente emisora hacia cualquier dirección, incluyendo la altura. La información de densidad poblacional es suministrada por el DANE, la cual es reportada por manzanas. Debido a lo anterior, en algunas localidades como Chapinero, Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Usme, no se tuvo en cuenta el total de la población ya que en estas localidades no se contempló toda el área de la localidad dentro del área de cálculo, sino únicamente el perímetro urbano. Finalmente y teniendo como información base el censo poblacional realizado por el DANE para el año 2015 y el factor de crecimiento anual estimado en el mismo estudio realizado por el DANE, se calculó la densidad poblacional dentro del área de estudio multiplicando la población por el factor de crecimiento para cada año

Figura 41. Representación gráfica indicador %PUAR



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2


A partir de la altura de los edificios y la población total del área urbana de la ciudad, se realizó una distribución de la población para cada uno de los pisos de las diferentes viviendas, sólo para los usos de suelo residenciales. Esto permite tener un estimado más preciso de las personas que se encuentran expuestas a niveles de ruido que pueden llegar a ser perjudiciales para la salud. A continuación, se presentan los resultados del %PUAR por localidad calculados a partir de los MER.

Tabla 17. Resultados del indicador %PUAR

LDN		Ordinario		Dominical	
		PUAR promedio	%PUAR promedio	PUAR promedio	%PUAR promedio
Localidad	Población				
ANTONIO NARIÑO	76.670	23.415	30,54%	10.680	13,93%
USME	346.855	98.264	28,33%	73.949	21,32%
CANDELARIA	17.332	4.274	24,66%	3.113	17,96%
PUENTE ARANDA	232.298	48.062	20,69%	36.982	15,92%
LOS MÁRTIRES	70.325	14.093	20,04%	1.315	1,87%
ENGATIVÁ	769.119	152.132	19,78%	100.524	13,07%
SANTA FE	103.081	20.029	19,43%	6.803	6,60%
RAFAEL URIBE URIBE	345.377	56.124	16,25%	36.506	10,57%
TUNJUELITO	167.201	22.438	13,42%	3.377	2,02%
TEUSAQUILLO	139.643	16.911	12,11%	1.690	1,21%
FONTIBÓN	354.939	41.741	11,76%	24.242	6,83%
BARRIOS UNIDOS	126.294	13.425	10,63%	1.579	1,25%
KENNEDY	995.116	96.526	9,70%	98.118	9,86%
SAN CRISTÓBAL	375.175	33.428	8,91%	24.724	6,59%
BOSA	672.980	55.319	8,22%	46.772	6,95%
CHAPINERO	150.741	12.029	7,98%	1.040	0,69%
CIUDAD BOLÍVAR	592.123	44.232	7,47%	72.002	12,16%
SUBA	1.114.353	67.418	6,05%	21.396	1,92%
USAQUÉN	521.293	25.908	4,97%	15.482	2,97%
BOGOTÁ	7.170.915	845.768	11,8%	580.296	8,1%

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

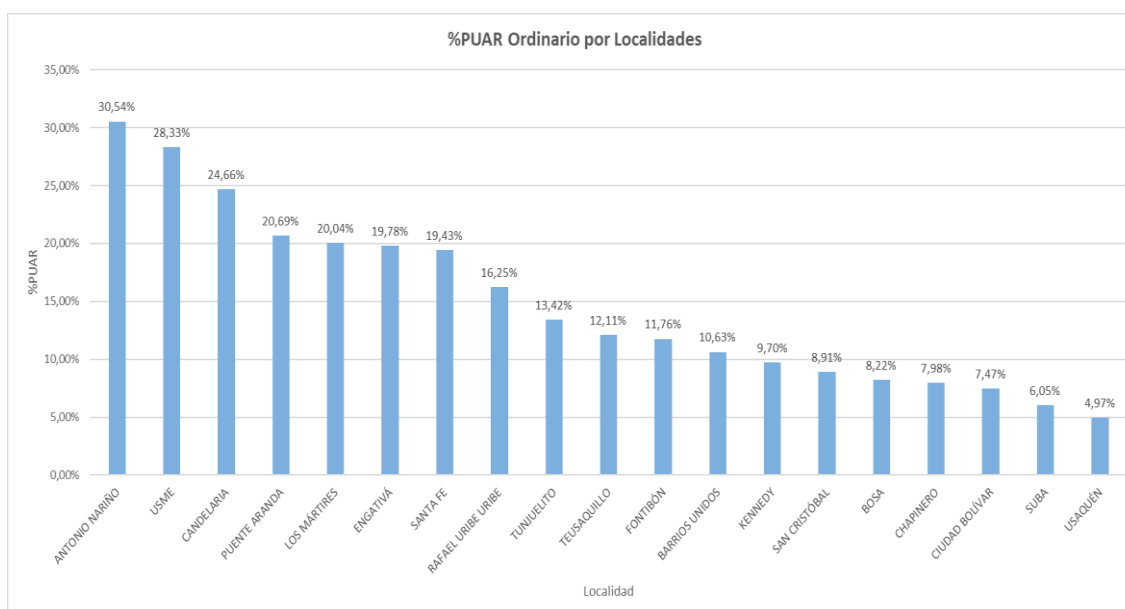
De la tabla se puede inferir que las cuatro (4) localidades con mayor Porcentaje de Población Urbana Afectada por Ruido (%PUAR) corresponden a Antonio Nariño, Usme, Candelaria y Puente Aranda; esto es debido a que, en estas localidades, las construcciones de vivienda no superan en su gran mayoría los tres (3) pisos, generando una mayor afectación en gran cantidad de su población debido a la cercanía con las vías vehiculares.

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Cabe mencionar que estas localidades presentan mayor cantidad de predios con uso de suelo comercial o industrial, razón por la cual, al distribuir la población únicamente en las zonas con uso de suelo residencial, dichos predios quedan con mayor densidad poblacional y por ende, reportan un mayor %PUAR.

Para la jornada ordinaria se observa que las localidades con menor afectación corresponden a Chapinero, Ciudad Bolívar, Suba y Usaquén con menos del 8% de la población afectada por ruido. Finalmente, para la jornada dominical, once (11) de las localidades presentan un porcentaje de personas afectadas por ruido menor al 8%.

Figura 42. Contribución al %PUAR total por localidades, jornada ordinaria



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)


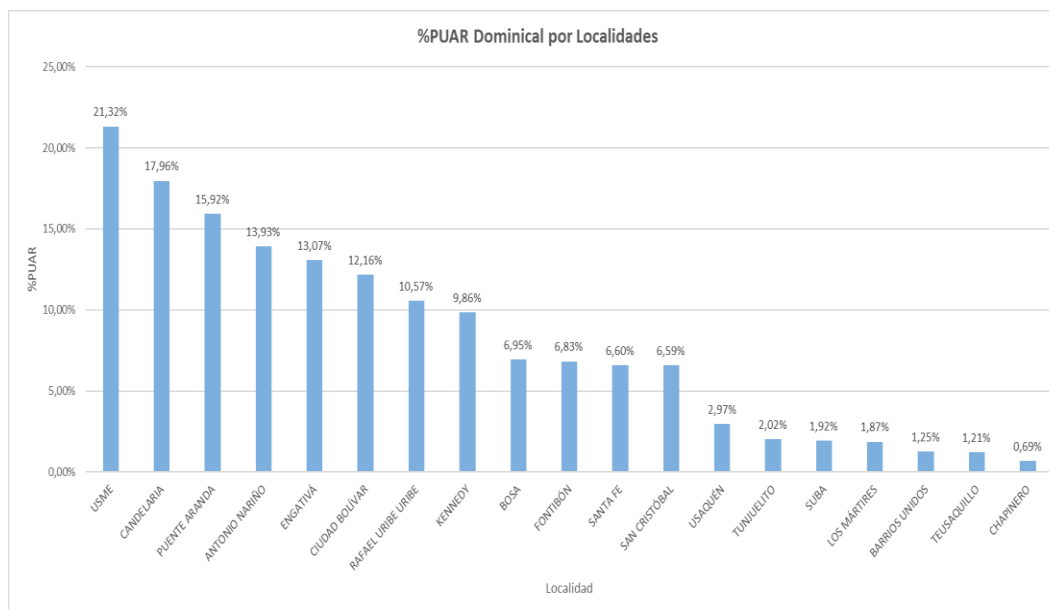
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 43. Contribución al %PUAR total por localidades, jornada dominical






Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

En concordancia con los valores de referencia para la evaluación de este indicador del ICAU, se determina que la calificación del %PUAR del Distrito corresponde al valor de referencia “Mayor al 4% del total de población urbana (cabecera) expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia” ya que su valor es del 11,8% (para la jornada ordinaria) y del 8,1% (para la jornada dominical), por lo que su valoración es de **cero (0)**.

Tabla 18. Valores de referencia %PUAR

Indicador	Valor de Referencia	Calificación
Porcentaje de Población Urbana Afectada por Ruido (%PUAR) por encima del nivel de referencia	Mayor al 4% del total de población urbana (cabecera) expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia	0
	Entre el 3,1 y el 4% del total de población urbana (cabecera) expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia	0,3
	Entre el 2,1 y el 3% del total de población urbana (cabecera) expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia	0,5
	Entre el 1,1% y el 2% del total de población urbana (cabecera) expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia	0,8
	Menor o igual al 1% del total de población urbana (cabecera) expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia	1

Fuente: Índice de Calidad Ambiental Urbana, Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

En pro de analizar la distribución de personas expuestas a niveles de ruido, se ha realizado una segmentación más detallada del %PUAR con el objetivo de clasificar la cantidad de individuos que superan los 65 dB(A). Para facilitar un análisis más exhaustivo, se ha subdividido a estas personas en rangos de 5 dB(A). Se realiza el análisis para la jornada ordinaria ya que es la de mayor representatividad.




Tabla 19. Clasificación del %PUAR en intervalos de 5 dB(A), jornada ordinaria

LOCALIDAD	POBLACIÓN URBANA AFECTADA POR RUIDO (PUAR)				
	65-70 [DB(A)]	70-75 [DB(A)]	75-80 [DB(A)]	> 80 [DB(A)]	TOTAL
01 - Usaquén	24.077	1.792	39	0	25.908
02 - Chapinero	11.273	745	11	0	12.029
03 - Santa Fe	18.397	1.628	4	0	20.029
04 - San Cristóbal	30.719	2.654	53	2	33.428
05 - Usme	85.084	13.106	54	20	98.264
06 - Tunjuelito	16.796	5.635	7	0	22.438
07 - Bosa	54.406	816	97	0	55.319
08 - Kennedy	85.796	9.923	807	0	96.526
09 - Fontibón	36.936	4.788	17	0	41.741
10 - Engativá	121.001	31.061	70	0	152.132
11 - Suba	66.403	1.002	13	0	67.418
12 - Barrios Unidos	12.263	1.162	0	0	13.425
13 - Teusaquillo	14.59	2.259	62	0	16.911
14 - Mártires	13.756	337	0	0	14.093
15 - Antonio Nariño	15.562	7.824	29	0	23.415
16 - Puente Aranda	35.079	12.937	46	0	48.062
17 - Candelaria	3.616	644	14	0	4.274
18 - Rafael Uribe Uribe	50.568	5.141	411	4	56.124
19 - Ciudad Bolívar	40.978	3.203	47	4	44.232
TOTAL	737.3	106.657	1.781	30	845.768

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Es relevante destacar que la localidad de Engativá exhibe la mayor cantidad de personas expuestas a niveles de ruido por encima de 65 dB(A). No obstante, en esta localidad no se registra la presencia de personas expuestas a niveles de ruido superiores a 80 dB(A), mientras que la mayor parte se encuentran en el rango 65 dB(A) - 70 dB(A).

En general, el rango con la mayor cantidad de personas expuestas se encuentra entre 65 dB(A) y 70 dB(A), con un total de 737.300 individuos; le sigue el rango de 70 dB(A) - 75 dB(A), con 106.657 personas; luego, el rango de 75 dB(A) - 80 dB(A), con 1.781 personas, y finalmente, el rango de más de 80 dB(A), con 30 personas. De esta última clasificación,

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	 SECRETARÍA DE AMBIENTE	 BOGOTÁ	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
			Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
			Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

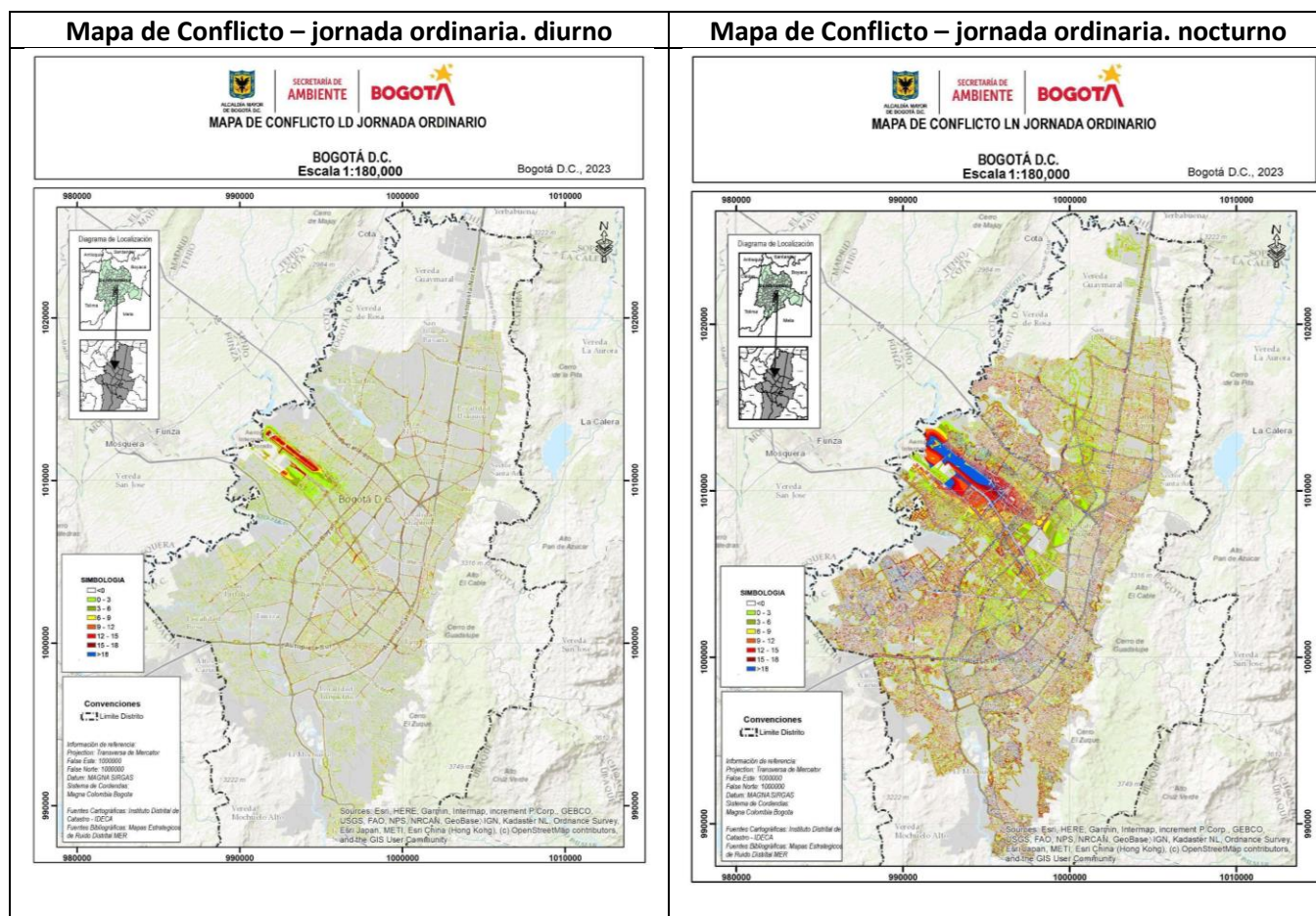
20 se encuentran en la localidad de Usme. 4 en Candelaria. 4 en Ciudad Bolívar y 2 en San Cristóbal.

Es esencial destacar que, a pesar de que el rango de 65 dB(A) - 75 dB(A) alberga la mayor concentración de personas expuestas, se debe prestar especial atención al grupo de personas expuestas a niveles superiores a 75 dB(A) por su mayor susceptibilidad a desarrollar enfermedades isquémicas del corazón o tener accidentes cerebrovasculares.

9.3. Mapas de Conflicto

Los mapas de conflicto corresponden a la representación cartográfica de las zonas que, a partir de los resultados de los MER, presentan excedencias frente a los estándares máximos permisibles establecidos en la normativa nacional (Resolución 0627 de 2006), teniendo en cuenta el uso del suelo para cada manzana.

Figura 44. Mapa de Conflicto Bogotá D.C., jornada ordinaria



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)


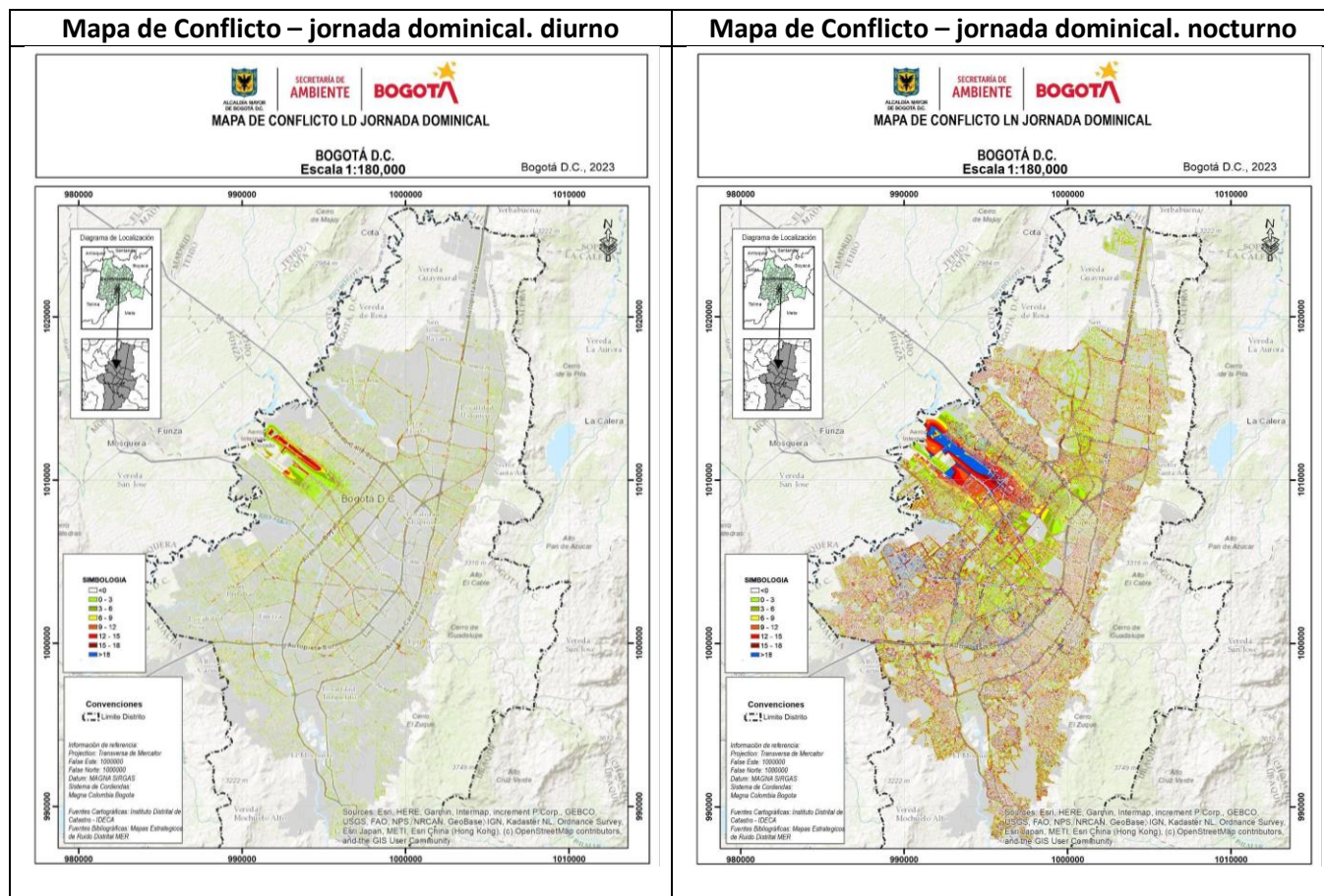



	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 45. Mapa de Conflicto Bogotá D.C., jornada dominical



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Los resultados del análisis de los mapas de conflicto indican que, en el horario diurno de jornadas ordinarias y dominicales, las excedencias a los niveles normativos de ruido se concentran principalmente en áreas cercanas a vías principales y secundarias en todo el Distrito Capital. Además, se observa que las mayores concentraciones de conflictos se encuentran en zonas adyacentes a Engativá y Fontibón, especialmente en inmediaciones al aeropuerto. En el horario nocturno, se aprecia una distribución más uniforme de las excedencias a los niveles normativos en todo el Distrito, con niveles ligeramente más altos en la periferia del Aeropuerto Internacional El Dorado y levemente más bajos sobre el Parque Metropolitano Simón Bolívar. Por otro lado, las áreas con los mayores niveles de conflicto en ambas jornadas, ya sea diurnas o nocturnas, incluyen la zona occidental de Suba, la localidad de Kennedy, los barrios cercanos a la Carrera 7, la Avenida Caracas, la Autopista Norte, la Avenida Boyacá, la Autopista Sur, la Avenida Ciudad de Cali, San Cristóbal y la parte norte de Ciudad Bolívar.

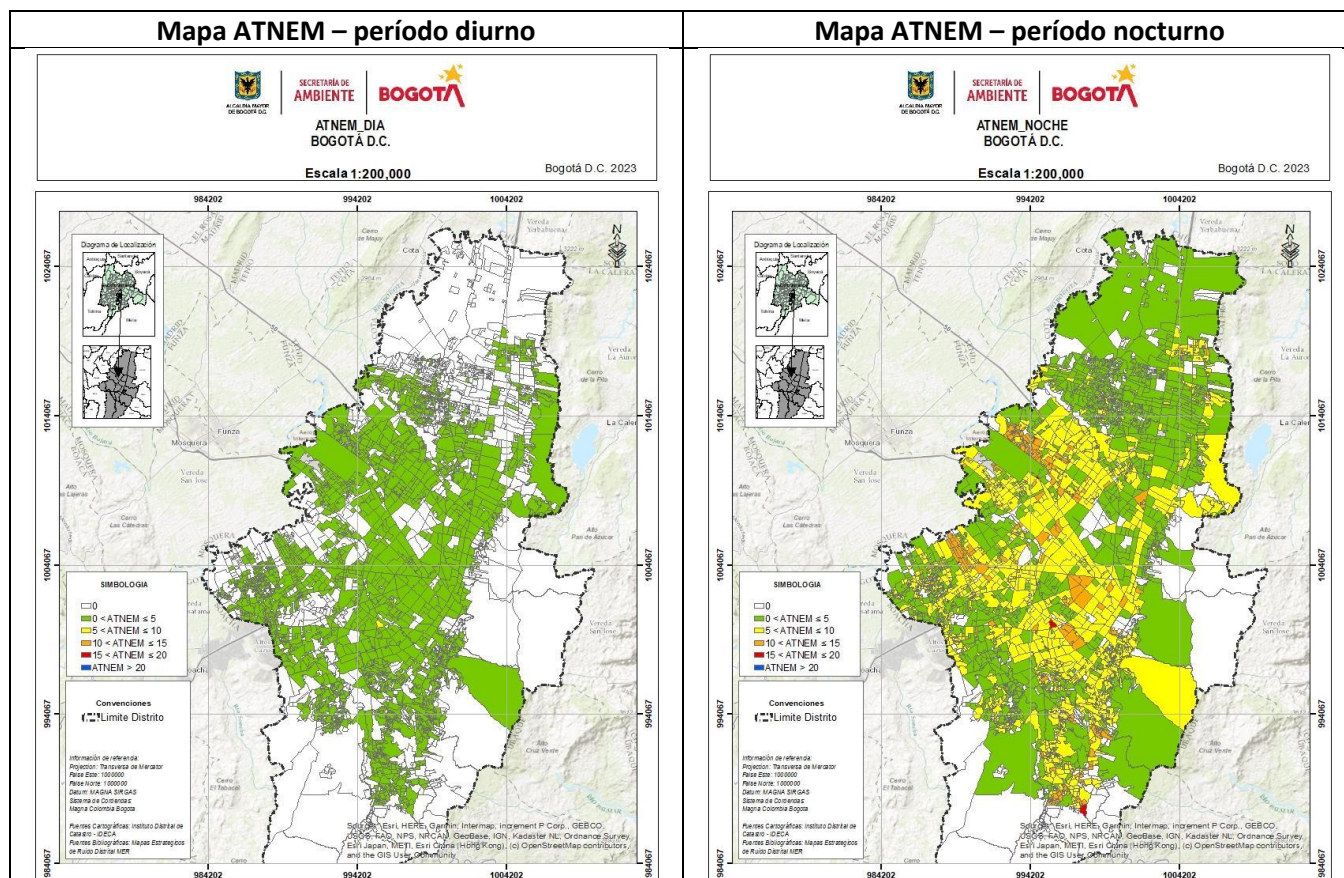
  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Es relevante destacar que, aun cuando en el horario nocturno se detectan niveles de conflicto más altos, esto no implica necesariamente que las personas estén expuestas a niveles de ruido más elevados. En realidad, el horario nocturno es más estricto en cuanto a los niveles de ruido permitidos, lo que provoca que las excedencias a los estándares normativos sean evidentes en niveles ligeramente más bajos. Como resultado, se observa una distribución más amplia de conflictos en casi todo el Distrito Capital durante el horario nocturno.

9.4. Índice de contaminación acústica per cápita (ATNEM)

El cálculo de este indicador se realizó con una granularidad a nivel de barrio, con el fin de identificar los barrios con mayor contaminación acústica. A continuación, se presentan los mapas del Distrito y una tabla con la clasificación de los tres (3) barrios con mayor ATNEM en cada localidad. Cabe recordar que a mayor ATNEM, mayor la contaminación acústica.

Figura 46. Representación cartográfica indicador ATNEM



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)










  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Tabla 20. Clasificación de barrios con mayor indicador ATNEM por localidad

Localidad	No.	Período diurno		Período nocturno	
		Barrio	ATNEM	Barrio	ATNEM
Usaquén	1	Urb. El Juncal	2.4	El Cerro Occidental	12.8
	2	Viña del Mar	2.2	Urb. El Juncal	12.3
	3	El Verbenal II Sector	2.0	Viña del Mar	11.5
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.2	Promedio	4.7
Chapinero	1	Chico Norte - Urb. Conjunto de la Cien	1.1	Ingemar - El Triángulo	11.5
	2	S.C. Chapinero Central	1.0	Chico Norte - Urb. Conjunto de la Cien	9.6
	3	La Sureña	0.8	S.C. Chapinero Central	8.8
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.2	Promedio	4.1
Santa Fe	1	Santa Inés	2.7	Santa Bárbara_	13.0
	2	La Alameda	2.4	Santa Bárbara	12.8
	3	Santa Bárbara	2.2	Lourdes_	10.3
		Mínimo	0.0	Mínimo	1.0
		Promedio	0.6	Promedio	6.7
San Cristóbal	1	Villa_Aurora	4.5	Villa_Aurora	17.4
	2	Villa Aurora	2.9	Villa Aurora	13.6
	3	Nueva Delly	2.2	Urb. Carrera 10a	13.5
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.3	Promedio	6.1
Usme	1	El Portal del Divino	4.2	El Portal del Divino	16.5
	2	Quintas de Plan Social	3.2	Casaloma II Sector	14.7
	3	Casaloma II Sector	3.2	Villa_Aurora	13.8
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	1.1	Promedio	7.9
Tunjuelito	1	Muzu_	3.7	Muzu_	13.6
	2	Villa Ximena	2.0	Acegrasas	10.4
	3	El Carmen_	1.7	Villa Ximena	10.0
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.6	Promedio	4.9
Bosa	1	Altamira Bosa Linda	3.4	S.C Escocia Rural	15.9
	2	La Riviera_	3.3	Altamira Bosa Linda	15.6
	3	S.C Escocia Rural	3.1	La Riviera_	15.4

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN				
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá				
	Código: PA10-PR15-M2			Versión: 2	


		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.5	Promedio	5.5
Kennedy	1	El Recodo y Petaluna	3.2	Piamonte Occidental	15.2
	2	Piamonte Occidental	2.5	Villa Claudia III	14.5
	3	Las Brisas_	2.4	Palmitas - La Vega I	13.9
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.1
		Promedio	0.5	Promedio	6.7
Fontibón	1	El Bogotano II	4.5	El Bogotano II	16.2
	2	Corpacero	3.3	El Proveedor	13.6
	3	El Proveedor	2.8	Terminal de Transportes	13.4
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.6	Promedio	6.9
Engativá	1	El Mirador	6.1	El Mirador	18.5
	2	S.C. Sabana del Dorado	5.2	S.C. Sabana del Dorado	18.3
	3	Urb. Maratu	5.0	Urb. Maratu	17.7
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	1.0	Promedio	8.9
Suba	1	Altos de Chozica - La Judea	2.5	Altos de Chozica - La Judea	12.8
	2	El Paraíso	2.0	S.C Atenas	11.1
	3	S.C. Batan	1.6	El Paraíso	10.9
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.1	Promedio	3.0
Barrios Unidos	1	Polo Club	2.3	S.C. Polo Club	13.1
	2	Urb. Santa Mónica	2.2	Polo Club - Urb. El Lago	12.2
	3	S.C. Polo Club	2.0	Urb. Santa Mónica	11.4
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.1
		Promedio	0.5	Promedio	4.8
Teusaquillo	1	Cama Vieja 2	3.7	Cama Vieja 2	12.8
	2	El_Recuerdo	1.9	Ciudad Salitre - Urb. Industrial Los Cambulos	9.6
	3	Prados de Salitre II	1.6	Gran América - El Parque	8.5
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.4
		Promedio	0.7	Promedio	5.1
Los Mártires	1	La Sabana	2.6	La Sabana	11.0
	2	Samper Mendoza	2.1	Santa Isabel V Sector	10.9
	3	La Pepita	2.0	Samper Mendoza	10.3
		Mínimo	0.0	Mínimo	3.5

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN			
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá			
	Código: PA10-PR15-M2			Versión: 2

		Promedio	0.8	Promedio	8.1
Antonio Nariño	1	San Jorge Central	5.6	San Jorge Central	17.5
	2	Santander Norte	3.6	Santander Norte	13.3
	3	Restrepo	3.4	Restrepo	12.8
		Mínimo	0.0	Mínimo	1.3
		Promedio	1.3	Promedio	7.6
Puente Aranda	1	Camilo Torres	9.3	Camilo Torres	20.5
	2	Salazar Gómez	2.8	Tibana	13.2
	3	Puente Aranda	2.7	Industrial Centenario	13.2
		Mínimo	0.0	Mínimo	1.4
		Promedio	1.1	Promedio	6.8
La Candelaria	1	Lourdes II	2.0	Lourdes II	11.8
	2	Centro Administrativo	1.8	Fabrica de Loza	10.8
	3	Egipto 2	1.7	Centro Administrativo	10.6
		Mínimo	0.0	Mínimo	2.3
		Promedio	1.0	Promedio	7.9
Rafael Uribe Uribe	1	Villa Mayor Antigua	7.9	Villa Mayor Antigua	19.6
	2	S.C. Granjas de San Pablo	4.4	Daza II Sector	18.7
	3	Daza II Sector	4.1	La Fiscala Sector Daza	16.9
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.6	Promedio	7.1
Ciudad Bolívar	1	S.C. Rincón de la Valvanera	3.0	S.C. Rincón de la Valvanera	14.9
	2	Cedritos del Sur III	1.9	El Tesoro II	11.2
	3	Casa Loma	1.6	Urb. Calabria	10.2
		Mínimo	0.0	Mínimo	0.0
		Promedio	0.3	Promedio	4.5

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Se puede observar que el indicador ATNEM tiene mayores valores durante el horario nocturno. Esto se debe a que, en este período, los estándares máximos permisibles de ruido ambiental son más restrictivos. La mínima variación promedio entre el día y la noche es de 2.9 en la localidad de Suba, donde el indicador pasa de 0.1 en horario diurno a 3 en horario nocturno. Por otro lado, la variación promedio máxima se registra en la localidad de Engativá, donde el indicador se incrementa de 1 en horario diurno a 8.9 en horario nocturno.

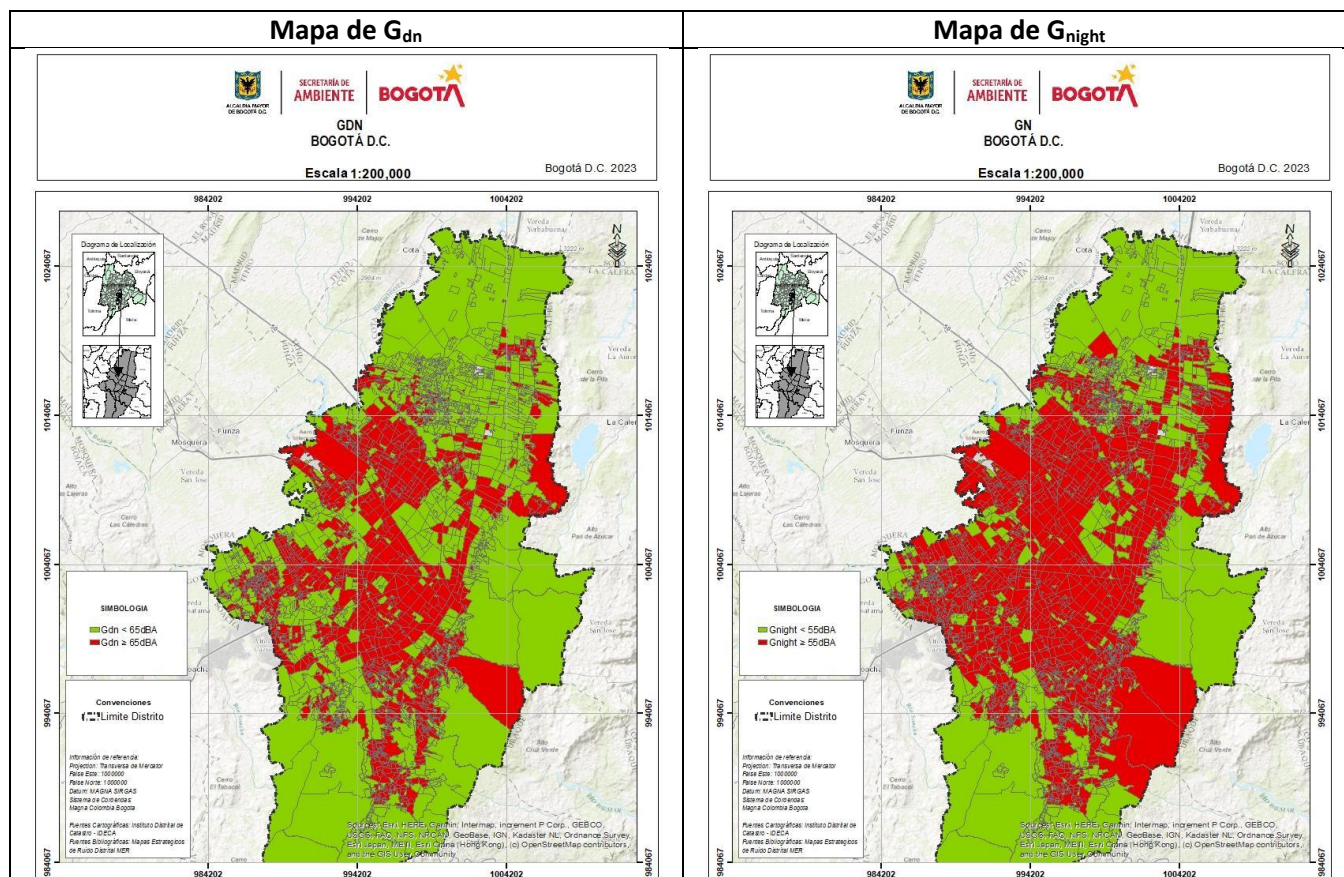
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Asimismo. al analizar los tres barrios con los indicadores ATNEM más altos tanto de día como de noche en cada localidad. se observa que durante el horario diurno. cincuenta y dos (52) barrios se encuentran clasificados en el rango de 0 a 5. mientras que solo cinco (5) barrios se ubican en el rango de 5 a 10. En contraste. durante el horario nocturno. el indicador presenta valores más elevados. lo que amplía el rango de clasificación. En este período. existen cinco (5) barrios en el rango de 5-10. treinta y siete (37) barrios en el rango de 10-15. y catorce (14) barrios en el rango de 15-20. y por último. en la localidad de Puente Aranda. el barrio Camilo Torres ostenta el indicador más alto. clasificándose en un rango de ATNEM superior a 20.




9.5. Indicador grupal de ruido (G_{dn} y G_{night})

A continuación. se presentan las salidas gráficas y tabla con los tres (3) barrios con mayor clasificación correspondientes a estos indicadores.

Figura 47. Representación gráfica indicador G_{dn} y G_{night}






Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2




Se puede deducir que los niveles que superan los 65 dB(A) en jornada diurna se presentan en los barrios cercanos al aeropuerto y vías principales. debido a que son las fuentes que mayor nivel de presión sonora reportan. De igual manera. se observa una mayor contaminación en la localidad de Antonio Nariño y Engativá. Para la jornada nocturna (G_{night}) se evidencia que el más del 70% de los barrios superan los niveles de presión sonora correspondientes a 55 dB(A). observando una mayor concentración en las localidades Engativá. Teusaquillo. Fontibón. Puente Aranda. San Cristóbal y Mártires.

Tabla 21. Clasificación de barrios con mayor indicador G_n y G_{dn}




Localidad	No.	Barrio	G_{night} [dB(A)]	Barrio	G_{dn} [dB(A)]
Usaquén	1	Urb. El Juncal	64.6	El Cerro Occidental	71.9
	2	Viña del Mar	64.0	Urb. El Juncal	71.9
	3	Santandersito	63.6	Viña del Mar	71.0
		Promedio	55.0	Promedio	61.5
Chapinero	1	Ingemar - El Triángulo	62.5	Chico Norte - Urb. Conjunto de la Cien	69.4
	2	S.C. Chapinero Central	61.8	S.C. Chapinero Central	69.2
	3	S.C. Marly	61.1	S.C. Marly	68.3
		Promedio	52.0	Promedio	58.0
Santa Fe	1	Santa Bárbara	64.9	Santa Inés	71.6
	2	Santa Inés	63.9	La Alameda	71.1
	3	La Perseverancia	63.4	Santa Bárbara_	70.9
		Promedio	50.9	Promedio	56.8
San Cristóbal	1	Villa_Aurora	67.2	Villa_Aurora	74.9
	2	Villa Aurora	66.9	Villa Aurora	73.3
	3	Los Libertadores Sector San José	65.5	Nueva Delly	72.6
		Promedio	54.5	Promedio	60.6
Usme	1	El Portal del Divino	67.5	Quintas de Plan Social	73.6

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN				
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá				
	Código: PA10-PR15-M2			Versión: 2	

	2	Casaloma II Sector	66.5	Antonio José de Sucre I y II	73.3
	3	Antonio José de Sucre I y II	66.3	Casaloma_	73.1
		Promedio	54.9	Promedio	60.8
Tunjuelito	1	Muzu_	65.7	Muzu_	74.7
	2	Villa Ximena	65.5	Villa Ximena	72.4
	3	Laguneta	63.4	San Vicente Ferrer	71.0
		Promedio	57.3	Promedio	63.6
Bosa	1	S.C Escocia Rural	67.5	La Riviera_	73.6
	2	S.C. Paso Ancho	67.0	S.C Escocia Rural	72.5
	3	Altamira Bosa Linda	66.8	La Veguita IV Sector	72.5
		Promedio	58.5	Promedio	64.6
Kennedy	1	Piamonte Occidental	66.5	Villa Hermosa_	72.7
	2	Bellavista Sector Santa Cecilia	66.2	Villa Andrés	72.7
	3	Las Brisas_	66.1	Las Brisas_	72.7
		Promedio	56.8	Promedio	63.2
Fontibón	1	El Proveedor	67.5	Villa_Beatriz	72.9
	2	El Bogotano II	67.4	El Proveedor	72.6
	3	Hilanderas Fontibón	65.8	Terminal de Transportes	72.5
		Promedio	56.2	Promedio	62.8
Engativá	1	El Mirador	71.6	S.C. Sabana del Dorado	77.4
	2	El_Triángulo_	69.1	Urb. Maratu	76.1
	3	Sabana del Dorado - San Luís (En Trámite)	68.0	El_Triángulo	75.7
		Promedio	59.9	Promedio	66.5
Suba	1	El Paraíso	63.7	Altos de Chozica - La Judea	72.0

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN				
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá				
	Código: PA10-PR15-M2			Versión: 2	

	2	S.C. Batan	63.0	Uribia	70.6
	3	Jaime Bermeo	63.0	El Paraíso	70.4
		Promedio	51.1	Promedio	56.5
Barrios Unidos	1	S.C. Polo Club	63.8	S.C. Polo Club	71.4
	2	Polo Club	63.7	Polo Club	70.9
	3	Urb. Santa Mónica	63.5	Urb. Santa Mónica	70.8
		Promedio	54.0	Promedio	60.6
Teusaquillo	1	Cama Vieja 2	64.1	Cama Vieja 2	71.5
	2	Prados de Salitre II	61.6	El_Recuerdo	69.4
	3	El_Recuerdo	61.5	Santa Teresita	69.2
		Promedio	53.4	Promedio	60.2
Los Mártires	1	La Sabana	63.8	La Sabana	70.1
	2	El Progreso	63.0	Samper Mendoza	69.9
	3	Veraguas	62.9	Voto Nacional	69.7
		Promedio	60.8	Promedio	67.9
Antonio Nariño	1	Santander Norte	67.8	Santander Norte	74.2
	2	San Jorge Central	67.5	Restrepo	73.8
	3	La_Fragua	66.7	La_Fragua	73.6
		Promedio	52.9	Promedio	58.8
Puente Aranda	1	Camilo Torres	71.4	Camilo Torres	77.1
	2	San Jorge Central	66.6	Industrial Centenario	73.5
	3	Pensilvania	65.4	Pensilvania	72.4
		Promedio	59.3	Promedio	66.1
La Candelaria	1	Centro Administrativo	64.1	Lourdes II	71.7
	2	Egipto 2	63.9	Egipto 2	71.1
	3	S.C. Egipto	63.6	Centro Administrativo	71.1
		Promedio	51.4	Promedio	57.6
Rafael Uribe Uribe	1	Villa Mayor Antigua	71.2	Daza II Sector	77.5

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN				
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá				
	Código: PA10-PR15-M2			Versión: 2	

	2	S.C. Granjas de San Pablo	67.7	Villa Mayor Antigua	77.5
	3	Palermo Sur San Marcos	67.7	S.C. Granjas de San Pablo	74.3
		Promedio	59.4	Promedio	65.9
Ciudad Bolívar	1	S.C. Rincón de la Valvanera	65.7	S.C. Rincón de la Valvanera	72.5
	2	Cedritos del Sur III	64.8	Cedritos del Sur III	71.5
	3	El Tesoro II	63.6	Casa Loma	70.5
		Promedio	55.2	Promedio	61.3

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Durante el horario diurno-nocturno, las personas muestran una clasificación más alta en el indicador G_{dn} . Esto se debe a que este indicador considera niveles continuos equivalentes durante el día y la noche, y en el último horario se aplica una penalización de +10 dB(A) como compensación por el grado de molestia que pueden causar las fuentes emisoras de ruido hacia a las personas.

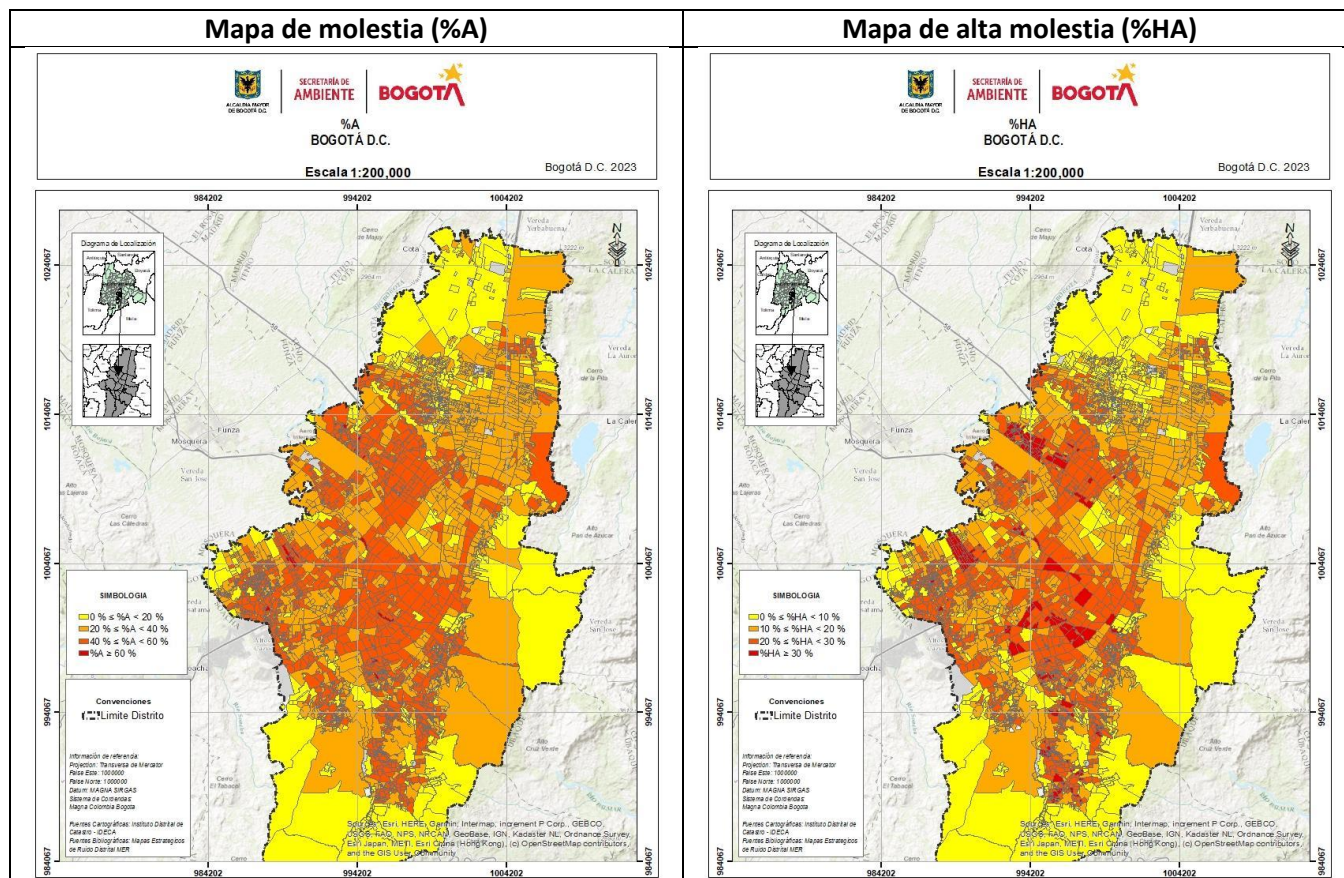
Las variaciones promedio entre estos dos indicadores oscilan entre 5.3 dB(A) y 7 dB(A), con una prevalencia hacia el G_{dn} . Los resultados señalan que la localidad con el indicador más alto, tanto para G_n como para G_{dn} , corresponde a Los Mártires, mientras que los indicadores más bajos se encuentran en la Localidad de Santa Fe y Suba, respectivamente, para G_n y G_{dn} .

Además, al analizar los tres barrios por localidad con los indicadores más elevados de G_n y G_{dn} , se observa que, para el primer indicador, los cincuenta y siete (57) barrios definidos muestran un valor superior a 61 dB(A); es decir que, como mínimo, estos se encuentran 6 dB(A) por encima del nivel recomendado. En el caso de G_{dn} , el valor más bajo se encontró en 68.3 dB(A), lo que indica que este indicador presenta excedencias de 3.3 dB(A) con relación a los niveles recomendados.

9.6. Indicador de molestia (%A, %HA, %SD y %HSD)

Los indicadores de molestia permiten identificar la sensibilidad de las determinadas zonas a presentar molestia debido al ruido generado por las diferentes fuentes de emisión, así como la sensibilidad a sufrir perturbación del sueño. Con el fin de identificar la población más sensible, se calculan los indicadores %HA y %HSD que corresponden a el indicador de alta molestia y alta perturbación del sueño respectivamente, permitiendo identificar las zonas más críticas y más sensibles a presentar molestia. A continuación, se presentan los mapas y tablas con la clasificación de los indicadores de molestia.




Figura 48. Representación cartográfica de los indicadores de molestia %A y alta molestia %HA






Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Tabla 22. Clasificación de barrios con mayor indicador %A y %HA por localidad




Localidad	No.	Barrio	% A	% HA
Usaquén	1	Nuevo Horizonte	55.0	31.5
	2	Arenera Buenavista	52.3	29.1
	3	La Llanurita	52.2	29.0
		Mínimo	8.3	2.6
		Promedio	33.4	15.3
Chapinero	1	San_Isidro_	52.6	29.3
	2	Pardo Rubio - Urb. Panorama	52.0	28.8
	3	S.C. Sucre	47.8	25.3
		Mínimo	4.8	0.9
		Promedio	32.6	14.9
Santa Fe	1	Santa Inés	58.9	35.0
	2	Santa Bárbara_	58.3	34.5

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN			
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá			
	Código: PA10-PR15-M2		Versión: 2	

	3	La Alameda	52.7	29.4
		Mínimo	5.1	1.1
		Promedio	41.5	20.9
San Cristóbal	1	Villa Aurora	63.1	39.1
	2	San Dionisio	62.9	38.9
	3	Los Libertadores Sector San José	60.5	36.6
		Mínimo	3.6	0.2
		Promedio	38.7	19.0
Usme	1	Villa Aurora	60.3	36.4
	2	Casaloma_	58.6	34.8
	3	Las Flores	58.4	34.6
		Mínimo	0.0	0.0
		Promedio	43.4	22.8
Tunjuelito	1	Villa Ximena	61.7	37.7
	2	Muzu_	58.6	34.8
	3	San Vicente Ferrer	56.6	32.9
		Mínimo	2.5	0.0
		Promedio	39.6	20.0
Bosa	1	S.C. Jiménez de Quesada	60.1	36.2
	2	Altamira Bosa Linda	57.5	33.8
	3	Bosa Nova	57.5	33.7
		Mínimo	1.1	0.0
		Promedio	43.4	22.4
Kennedy	1	Villa Hermosa_	62.3	38.3
	2	Las Brisas_	60.8	36.8
	3	El_Rosario	60.7	36.7
		Mínimo	5.9	1.5
		Promedio	41.1	20.8
Fontibón	1	Villa_Beatriz	55.8	32.1
	2	Rincón de Modelia	55.7	32.1
	3	San José de Fontibón	54.6	31.1
		Mínimo	15.7	5.6
		Promedio	41.2	20.6
Engativá	1	El Mirador	70.8	46.9
	2	Pirámide	65.4	41.3
	3	El_Triángulo_	64.2	40.1
		Mínimo	13.1	4.6
		Promedio	46.8	25.1
Suba	1	Uribia	51.6	28.4

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN			
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá			
	Código: PA10-PR15-M2			Versión: 2

	2	Jaime Bermeo	50.9	27.8
	3	El Paraíso	50.4	27.5
		Mínimo	0.0	0.0
		Promedio	28.5	12.6
Barrios Unidos	1	S.C. Polo Club	52.6	29.3
	2	Polo Club	48.0	25.5
	3	Polo Club - Colombiana de Capitalización II Sector	48.0	25.4
		Mínimo	12.3	4.2
		Promedio	34.3	15.9
Teusaquillo	1	Cama Vieja 2	52.5	29.2
	2	Florida - Panamericano	50.8	27.8
	3	El Recuerdo	49.3	26.5
		Mínimo	5.5	1.3
		Promedio	37.3	18.0
Los Mártires	1	La Sabana	49.4	26.6
	2	El Progreso	47.9	25.4
	3	El Listón	47.8	25.3
		Mínimo	30.0	12.7
		Promedio	44.0	22.4
Antonio Nariño	1	Remanso	61.8	37.8
	2	San Jorge Central	59.2	35.3
	3	Restrepo Occidental	57.7	33.9
		Mínimo	26.5	10.8
		Promedio	45.3	23.9
Puente Aranda	1	Camilo Torres	70.5	46.6
	2	Sultana	64.5	40.4
	3	La Fragua - Urb. Sargento Páez Pabón	58.9	35.1
		Mínimo	27.9	11.5
		Promedio	45.6	23.9
La Candelaria	1	Santa Bárbara	63.6	39.6
	2	Egipto 2	49.9	27.0
	3	Nueva Santa Fe de Bogotá	49.7	26.9
		Mínimo	20.6	7.8
		Promedio	43.6	22.5
Rafael Uribe Uribe	1	La Providencia	73.7	50.0
	2	Villa Mayor Antigua	67.1	43.1
	3	Daza II Sector	62.2	38.2
		Mínimo	3.7	0.3

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

		Promedio	46.3	24.7
Ciudad Bolívar	1	Cedritos del Sur III	54.1	30.7
	2	San Isidro Sector Cerrito III	51.5	28.4
	3	Casa Loma	51.3	28.2
		Mínimo	0.0	0.0
		Promedio	37.4	18.0

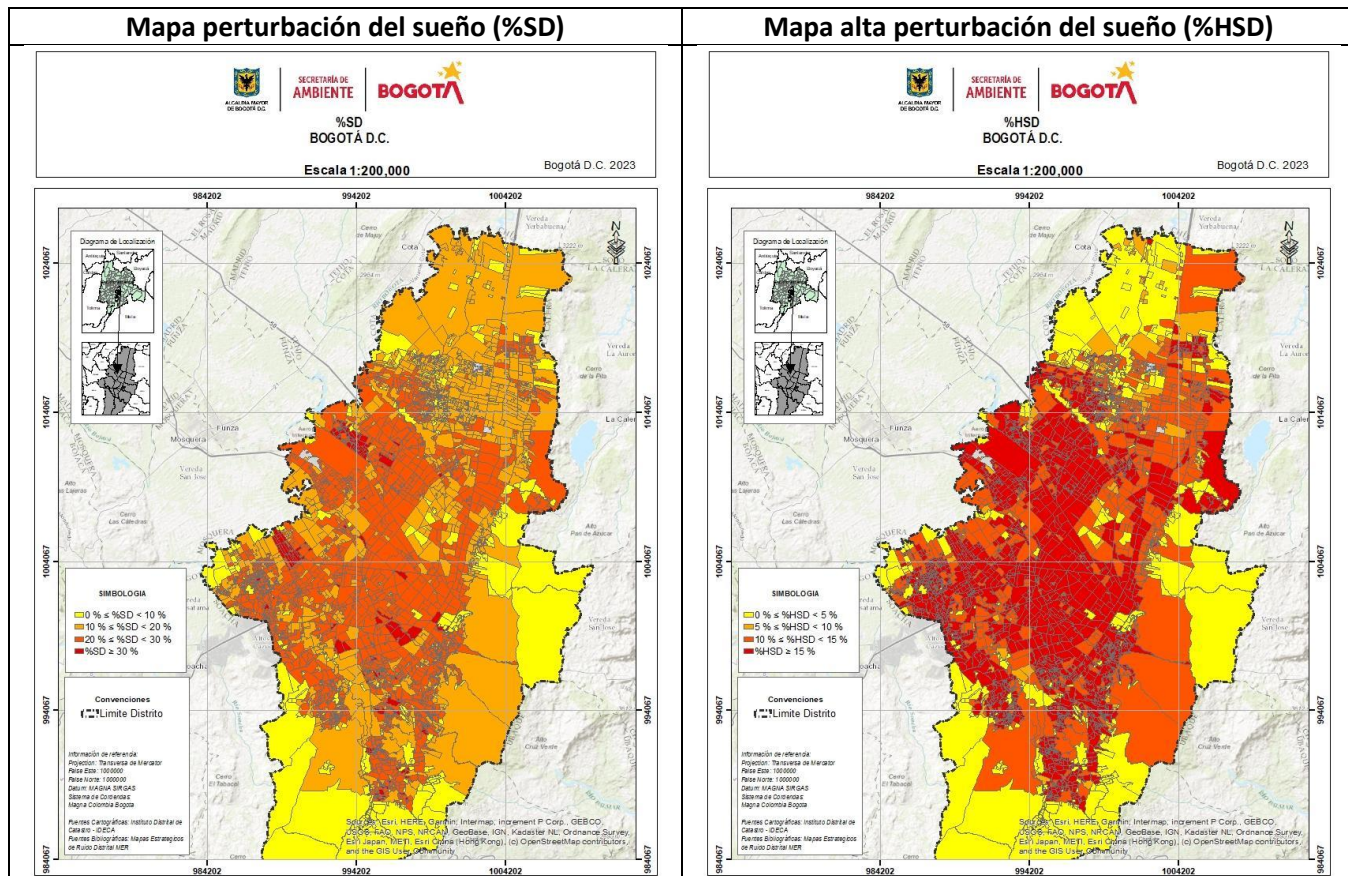
Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Se puede evidenciar que durante el horario diurno-nocturno, las personas experimentan niveles significativos de molestia debido a la actividad de diversas fuentes generadoras de ruido y sus niveles de emisión al entorno. Es importante tener en cuenta que este indicador contempla niveles continuos equivalentes a lo largo de todo el día. La noche es el periodo destinado al descanso, por lo que se aplica una penalización de +10 dB(A) como compensación por el grado de molestia que estas fuentes de ruido pueden causar a las personas.

Los resultados revelan que existen valores elevados de personas molestas y altamente molestas (%A y %HA) en el Distrito. Entre los valores destacados, la localidad de Suba presenta los valores más bajos para estos indicadores con un 28.5% para %A y un 12.6% para %HA. Por otro lado, la localidad de Engativá presenta los valores más altos para estos indicadores con un promedio de barrios con un 46.8% para %A y un 25.1% para %HA.

Por último, es relevante señalar que los barrios "La Providencia" en la localidad de Rafael Uribe Uribe, "El Mirador" en la localidad de Engativá y "Barrio Camilo Torres" en la localidad de Puente Aranda, muestran los niveles más altos para los indicadores %A y %HA, con valores respectivos de 73.7% - %50, 70.8% - 46.9% y 70.5% - 46.66% para los barrios mencionados.




Figura 49. Representación cartográfica de los indicadores de molestia %SD y %HSD






Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Tabla 23. Clasificación de barrios con mayor indicador %SD y %HSD por Localidad




Localidad	No.	Barrio	% SD	% HSD
Usaquén	1	Nuevo Horizonte	30.0	15.9
	2	Arenera Buenavista	28.7	15.1
	3	La Llanurita	28.6	15.0
		Min	6.5	2.6
		Media	19.1	9.0
Chapinero	1	San_Isidro_	28.7	15.1
	2	Pardo Rubio - Urb. Panorama	28.4	14.9
	3	S.C. Sucre	26.4	13.5
		Min	5.1	2.3
		Media	18.6	8.8
Santa Fe	1	Santa Bárbara_	31.9	17.2
	2	Santa Inés	31.6	17.0

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN			
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá			
	Código: PA10-PR15-M2		Versión: 2	

	3	La Alameda	28.4	14.9
		Min	5.3	2.3
		Media	23.4	11.7
San Cristóbal	1	Villa Aurora	34.3	18.8
	2	San Dionisio	34.2	18.8
	3	Villa_Aurora	33.0	18.0
		Min	4.7	2.3
		Media	22.2	11.0
Usme	0 - 1	Nueva Esperanza_		18.9
	1 - 2	Villa Aurora	32.8	17.8
	2 - 3	Casaloma_	32.0	17.3
	3 - 0	Las Flores	31.9	
		Min	3.1	2.8
		Media	24.4	12.5
Tunjuelito	1	Villa Ximena	33.6	18.4
	2	Muzu_	31.8	17.1
	3	San Vicente Ferrer	30.8	16.5
		Min	3.8	2.4
		Media	22.3	11.1
Bosa	1	S.C. Jiménez de Quesada	32.8	17.8
	2	Bosa Nova	31.5	16.9
	3	Altamira Bosa Linda	31.5	16.9
		Min	3.7	2.3
		Media	24.5	12.4
Kennedy	1 - 1	Villa Hermosa_	33.8	18.5
	2 - 1	Las Brisas_	33.1	
	2 - 2	Altamar		18.0
	3 - 3	El_Rosario	33.0	18.0
		Min	5.8	2.4
		Media	23.3	11.6
Fontibón	1	Rincón de Modelia	30.5	16.2
	2	Villa_Beatriz	30.4	16.2
	3	San José de Fontibón	29.8	15.8
		Min	10.4	4.1
		Media	23.3	11.6
Engativá	1	El Mirador	38.0	21.4
	2	Pirámide	35.4	19.6
	3	El_Triángulo_	34.8	19.2
		Min	9.1	3.5

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN			
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá			
	Código: PA10-PR15-M2			Versión: 2

		Media	26.2	13.5
Suba	1	Jaime Bermeo	28.7	15.0
	2	Uribia	28.1	14.6
	3	El Paraíso	27.5	14.2
		Min	3.0	2.3
		Media	16.6	7.7
Barrios Unidos	1	S.C. Polo Club	28.6	15.0
	2	Polo Club	26.3	13.5
	3	Polo Club - Colombiana de Capitalización II Sector	26.2	13.4
		Min	8.1	3.1
		Media	19.3	9.1
Teusaquillo	1	Cama Vieja 2	28.1	14.6
	2	Florida - Panamericano	27.7	14.4
	3	El_Recuerdo	26.3	13.5
		Min	5.2	2.3
		Media	20.6	10.0
Los Mártires	1	El Progreso	27.5	14.3
	2	Veraguas	27.3	14.1
	3	Santa Isabel Sur	27.0	13.9
		Min	17.0	7.6
		Media	24.5	12.4
Antonio Nariño	1	Remanso	33.4	18.2
	2	San Jorge Central	32.1	17.4
	3	Restrepo Occidental	31.6	17.0
		Min	15.7	6.9
		Media	25.2	12.8
Puente Aranda	1	Camilo Torres	37.3	20.9
	2	Sultana	35.0	19.3
	3	La Fragua - Urb. Sargento Paez Pabon	32.3	17.5
		Min	15.8	7.0
		Media	25.4	12.9
La Candelaria	1	Santa Bárbara	34.3	18.8
	2	Egipto 2	27.5	14.3
	3	Nueva Santa Fe de Bogotá	27.5	14.3
		Min	12.4	5.1
		Media	24.3	12.2
	1	La Providencia	39.7	22.6

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN			
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá			
	Código: PA10-PR15-M2		Versión: 2	

Rafael Uribe Uribe	2	Villa Mayor Antigua	35.9	19.9
	3	Daza II Sector	34.2	18.8
		Min	4.8	2.3
		Media	26.2	13.5
Ciudad Bolívar	1	Cedritos del Sur III	29.7	15.8
	2	San Isidro Sector Cerrito III	28.3	14.8
	3	Casa Loma	28.1	14.7
		Min	3.0	2.3
		Media	21.4	10.5

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

Durante el horario nocturno, las personas pueden experimentar perturbación y alta perturbación al sueño debido a la actividad de diversas fuentes generadoras de ruido y sus niveles de emisión al entorno. Es importante tener en cuenta que este indicador contempla niveles continuos equivalentes solo durante el horario nocturno, no obstante, para el análisis no contempla penalizaciones adicionales.

Los resultados revelan que existen valores elevados de personas con perturbación y alta perturbación de sueño (%SD y %HSD) en el Distrito. Entre los valores destacados, la Localidad de Suba presenta los valores más bajos para estos indicadores con un 16.6% para %SD y un 7.7% para %HSD. Por otro lado, la Localidad de Engativá presenta los valores más altos para estos indicadores con un promedio de barrios correspondiente a 26.2% para %SD y un 13.5% para %HSD.

Por último, es relevante señalar que los barrios "La Providencia" en la Localidad de Rafael Uribe, "El Mirador" en la Localidad de Engativá y "Barrio Camilo Torres" en la Localidad de Puente Aranda, muestran los niveles más altos para los indicadores %SD y %HSD, con valores respectivos de 39.7 % - 22.6%, 38% - 21.4% y 37.3% - 20.9% para los barrios mencionados. Los resultados de los indicadores acústicos pueden ser consultados en el *Anexo 8. Indicadores acústicos adicionales*

10. PRIORIZACIÓN DE ZONAS ACÚSTICAMENTE SATURADAS (ZAS)

A partir de los resultados de los mapas de ruido, el porcentaje de quejas allegadas, los indicadores acústicos y de molestia calculados, se determinan las Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS) de Bogotá, las cuales corresponden a las zonas donde la población es altamente susceptible a tener una afectación considerable por el ruido ambiental. La identificación de las ZAS se hace mediante el procedimiento interno *PA10-PR15 Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) en el Distrito Capital*, articulando con la cantidad y distribución espacial de quejas de ruido recibidas por la SDA.




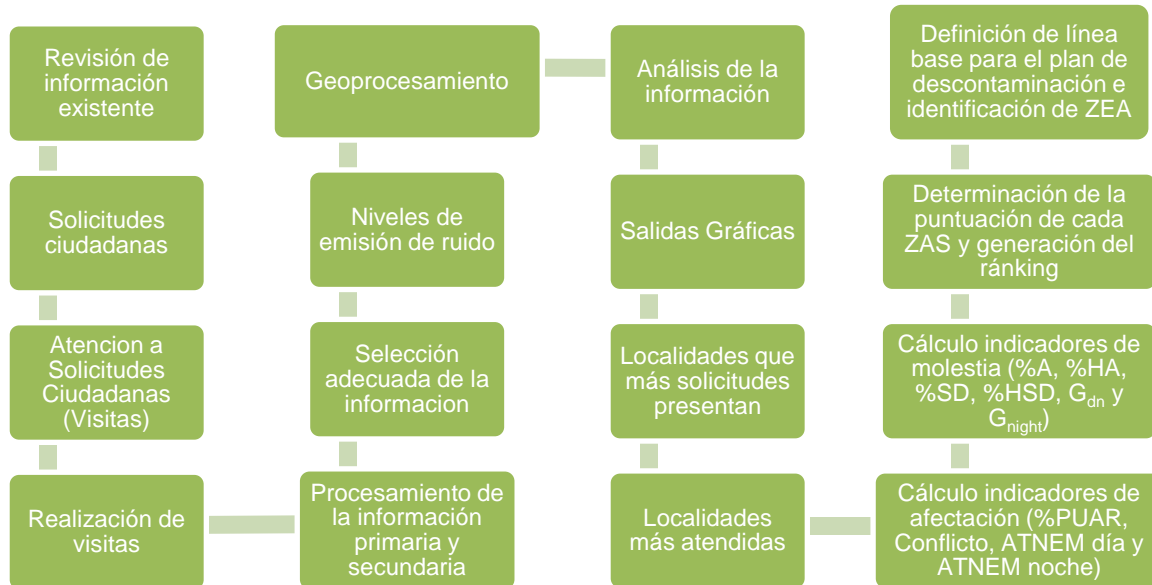
  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 50. Metodología para la generación de las ZAS



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

A partir de la información recolectada por el servicio de atención al ciudadano, se realiza la clasificación de las Peticiones, Quejas, Reclamos y Solicitudes (PQRS) referentes a molestias por ruido en el Distrito Capital. Lo anterior permite identificar por medio de mapas de calor las zonas donde se presentan mayor cantidad de quejas, permitiendo delimitar las zonas con mayor molestia por el ruido. Los aportes por actividad sugieren que la mayoría de las solicitudes ciudadanas se deben a la actividad comercial seguida de la industrial, las cuales son susceptibles a emisión de ruido en el entorno sobre el que se ubican debido a su actividad y en muchos casos, sobrepasan los estándares máximos permisibles de la normativa nacional; posteriormente le siguen las quejas por las emisiones generadas por el ruido aeronáutico.




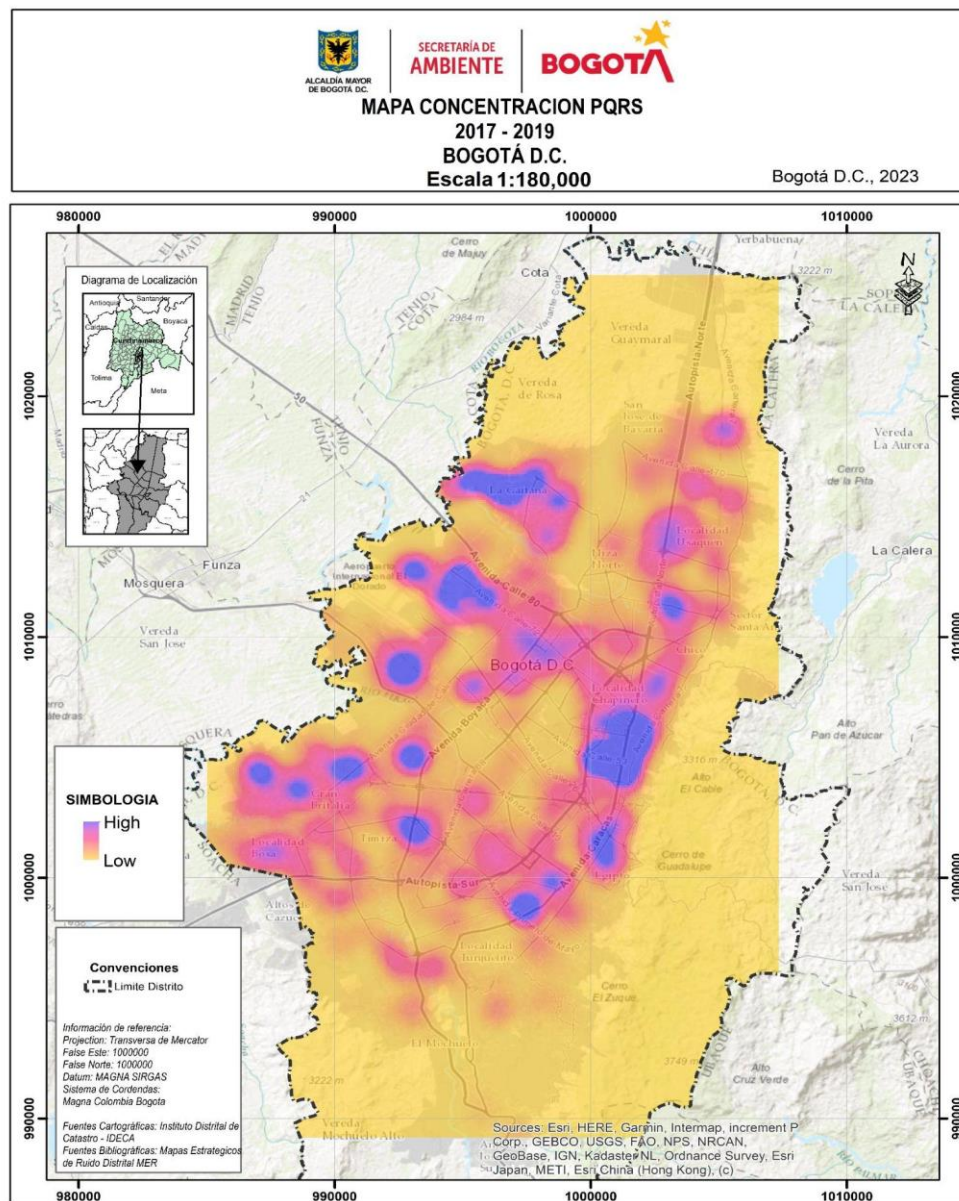

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 51. Mapa de calor PQRS del Distrito.



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

El conflicto de uso del suelo es el resultado de comparar el uso actual (y las actividades que en dicho suelo se desarrollen) con el uso reportado en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT). La correlación del uso del suelo en todo el Distrito con los resultados de los MER, revela las zonas en conflicto frente a los estándares máximos permisibles de ruido ambiental que le ataen por su actividad reglamentada en la Resolución 0627 de 2006; en

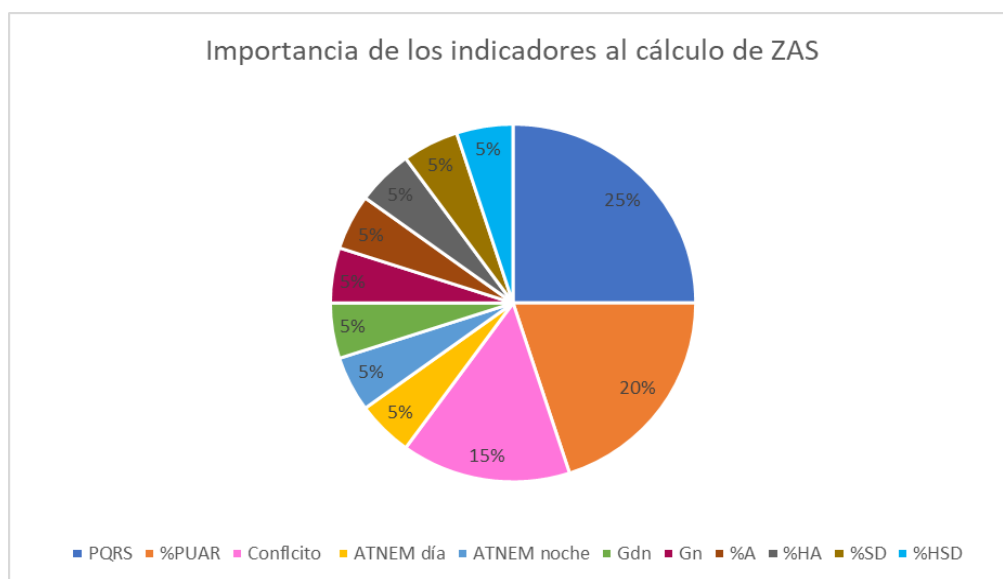
	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

otras palabras. el mapa de conflictos determina las zonas donde se presentan mayores excedencias de los límites normativos. Los conflictos se clasifican como: inadecuado cuando el uso del suelo actual es mayor que el uso reportado en el POT y adecuado cuando el uso del suelo. de acuerdo con el POT. corresponde al actual.

Derivados los análisis cartográficos mencionados anteriormente. se establecen los polígonos para los cuales el proceso de correlación estableció el mayor conflicto de uso del suelo con relación a las solicitudes ciudadanas. Se cruzaron los conflictos de uso de suelo y las solicitudes ciudadanas (peticiones. quejas. reclamos o sugerencias – PQRS) para poder determinar con mayor precisión los polígonos de ZAS.




A partir de esta información. se procede a revisar los indicadores acústicos y de molestia calculados en cada una de las zonas identificadas. A partir de los indicadores acústicos %PUAR. ATNEM (día y noche). G_{dn} . G_n . %A. %HA. %SD y %HSD. se realiza una clasificación de las ZAS. con el fin de identificar las veinte (20) zonas más críticas. Teniendo en cuenta los resultados en cada una de las ZAS. se realiza una normalización de los resultados para cada una de las zonas identificadas a partir de los resultados de los indicadores y el porcentaje de representatividad otorgado a cada indicador.

Figura 52. Representatividad de los indicadores para el cálculo de ZAS.



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

La normalización y porcentaje de representatividad de cada ZAS se calcula mediante la siguiente fórmula:

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

$$A_i = \left(\frac{n_i}{n_{max}} \right) * \%indicador$$

donde.

A_i : porcentaje de representatividad de la ZAS

n_i : el valor del indicador evaluado

n_{max} : el valor máximo del indicador evaluado para todas las ZAS.

$\%indicador$: el porcentaje de importancia otorgado a cada indicador

A partir de los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores a evaluar. se procede a realizar la sumatoria de los valores obteniendo el porcentaje total para cada una de las ZAS y de esta manera generar el ránking. El porcentaje total se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$B = A_{PQRS} + A_{\%PUAR} + A_{Confl} + A_{ATENMd} + A_{ATNEMn} + A_{Gdn} + A_{Gn} + A_{\%A} + A_{\%HA} + A_{\%SD} + A_{\%HSD}$$

donde.




B : representatividad total de la ZAS

A_i : porcentaje de representatividad del indicador (corresponde a cada uno de los indicadores acústicos).

Teniendo en cuenta lo anterior. se presenta la priorización de las veintisiete (27) ZAS en el Distrito Capital. con su respectiva ubicación geográfica. En el Anexo 1 se presentan las fichas técnicas para cada una de las ZAS.

Figura 53. Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS)

LOCALIDAD	ZAS	ÁREA CRÍTICA DE CONTAMINACIÓN SONORA (DEFINIDA POR CUADRANTES)
Usaquén	1	Calle 116 entre Autopista Norte y Carrera 19, Plaza MX.
Kennedy	2	Avenida Boyacá con Avenida 1 de mayo, Plaza de las Américas.
Kennedy	3	Avenida Boyacá con Avenida 1 de mayo, barrio Oneida.
Suba	4	Suba Lombardía (Carrera 105C-Cra 107 / Calle 142-Calle 145)
Antonio Nariño	5	Acción Popular Antonio Nariño Barrio Restrepo
Los Mártires	6	Barrio Santa Fe, Zona de tolerancia
Santa Fe	7	Zona comercial San Victorino
Teusaquillo	8	Acción popular Galerías.
Chapinero	9	Calle 51 entre carrera 7 y Carrera 13

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2




Chapinero	10	Calle 64 a calle 70 entre av Caracas y carrera 4.
Chapinero	11	Calle 57 a calle 64 entre av Caracas y carrera 4a.
Chapinero	12	Acción Popular Chapinero Zona T.
Barrios Unidos	13	Calle 64 a Calle 68 entre Carrera 24 y Carrera 16.
Usaquén	14	Barrio Lijacá, Verbenal y San Antonio, Calle 185b a calle 191
Suba	15	Barrio Lisboa y Tibabuyes, Calle 145 carrera 141
Suba	16	Carrera 136A a Carrera 141, con Calle 132 a calle 142
Engativá	17	Ruido lateral aeronáutico Engativá
Engativá	18	Avenida chile con carrera 96 Álamos
Engativá	19	Barrio Villa Amalia Avenida Chile carrera 110.
Engativá	20	Carrera 117A Calle 63B Barrio los Laureles.
Engativá	21	Entre calle 66 y calle 72, entre Avenida Boyacá y carrera 77A, Barrio Santa Helenita.
Engativá	22	Barrio Bellavista Occidental, entre la Avenida Boyacá y Avenida 68.
Fontibón	23	Calle 24B, entre Carrera 74 y Carrera 80.
Fontibón	24	Calle 17 a Calle 22, con Carrera 96 H
Engativá	25	Barrio Normandía Avenida Boyacá y Avenida Carrera 70.
Kennedy	26	Avenida Ciudad de Cali a Carrera 88 Patio Bonito.
Fontibón	27	En la UPZ Fontibón San Pablo, bajo la pista sur del aeropuerto

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

A partir de la identificación de las ZAS, se realizó la priorización de zonas con la metodología anteriormente mencionada. Los resultados obtenidos corresponden a los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 24. Priorización (ranking) de las Zonas Acústicamente Saturadas

ZAS	PQRS	PUAR	Conflicto	ATNEM D	ATNEM N	Gdn	Gnight	% A	% HA	% SD	% HSD	TOTAL
17	18.50%	14.30%	13.40%	3.70%	5.00%	5.00%	4.90%	4.90%	4.90%	4.90%	4.90%	84.30%
5	14.90%	20.00%	10.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	4.90%	4.80%	4.90%	4.80%	84.20%
19	18.20%	10.80%	13.20%	2.20%	4.00%	4.80%	4.80%	4.80%	4.70%	4.80%	4.80%	77.20%
20	5.20%	15.30%	12.80%	3.80%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%	72.00%
11	25.00%	6.00%	8.50%	1.50%	3.40%	4.70%	4.70%	4.00%	3.60%	4.10%	3.90%	69.20%
25	6.80%	13.30%	15.00%	2.10%	3.90%	4.80%	4.80%	4.50%	4.20%	4.50%	4.40%	68.30%
9	21.00%	4.30%	10.30%	1.00%	3.20%	4.60%	4.60%	4.00%	3.50%	4.00%	3.80%	64.20%
26	13.90%	7.10%	12.10%	1.00%	3.00%	4.70%	4.60%	4.40%	4.10%	4.50%	4.40%	63.80%
18	11.70%	6.30%	12.40%	1.90%	3.40%	4.80%	4.80%	4.40%	4.00%	4.40%	4.30%	62.40%
22	7.70%	10.00%	11.50%	1.80%	3.40%	4.80%	4.80%	4.40%	4.10%	4.50%	4.40%	61.30%
24	13.90%	6.50%	8.50%	1.30%	3.20%	4.70%	4.70%	4.10%	3.70%	4.20%	4.00%	58.80%
15	23.00%	3.70%	7.40%	0.60%	1.30%	4.40%	4.40%	3.60%	3.00%	3.70%	3.40%	58.40%
27	1.50%	8.80%	12.10%	2.60%	4.30%	4.80%	4.80%	4.60%	4.40%	4.60%	4.50%	57.00%
10	17.70%	2.60%	8.70%	1.00%	2.70%	4.60%	4.50%	3.90%	3.30%	3.90%	3.70%	56.50%

 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	 SECRETARÍA DE AMBIENTE	 BOGOTÁ	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN									
			Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá									
			Código: PA10-PR15-M2							Versión: 2		

2	8.70%	8.00%	10.00%	0.70%	2.90%	4.60%	4.60%	3.90%	3.40%	4.00%	3.80%	54.70%
16	13.00%	5.50%	7.80%	0.90%	1.80%	4.50%	4.40%	3.70%	3.20%	3.80%	3.50%	52.00%
6	7.00%	7.50%	8.00%	2.10%	3.60%	4.70%	4.60%	3.80%	3.20%	3.80%	3.50%	51.70%
7	14.10%	3.10%	7.70%	0.70%	2.50%	4.60%	4.50%	3.60%	3.10%	3.70%	3.40%	51.00%
8	20.10%	0.80%	6.80%	0.10%	0.90%	4.20%	4.20%	3.00%	2.30%	3.10%	2.70%	48.30%
21	9.50%	3.60%	9.10%	0.60%	2.00%	4.50%	4.50%	3.60%	3.00%	3.70%	3.50%	47.60%
4	10.50%	3.40%	9.60%	0.40%	1.40%	4.30%	4.30%	3.50%	2.80%	3.50%	3.20%	47.10%
12	11.80%	1.70%	7.60%	0.40%	3.10%	4.50%	4.50%	3.40%	2.70%	3.40%	3.10%	46.30%
23	9.80%	2.00%	6.80%	0.40%	2.10%	4.50%	4.50%	3.30%	2.60%	3.40%	3.10%	42.40%
1	7.00%	2.00%	9.90%	0.10%	1.80%	4.30%	4.30%	3.00%	2.30%	3.10%	2.70%	40.50%
3	8.50%	0.50%	7.70%	0.00%	1.40%	4.30%	4.20%	2.90%	2.20%	3.10%	2.70%	37.40%
14	4.50%	2.00%	3.80%	0.40%	2.50%	4.50%	4.50%	3.70%	3.10%	3.80%	3.50%	36.30%
13	6.40%	3.10%	4.20%	0.40%	2.00%	4.40%	4.30%	3.00%	2.30%	3.00%	2.60%	35.80%

Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)




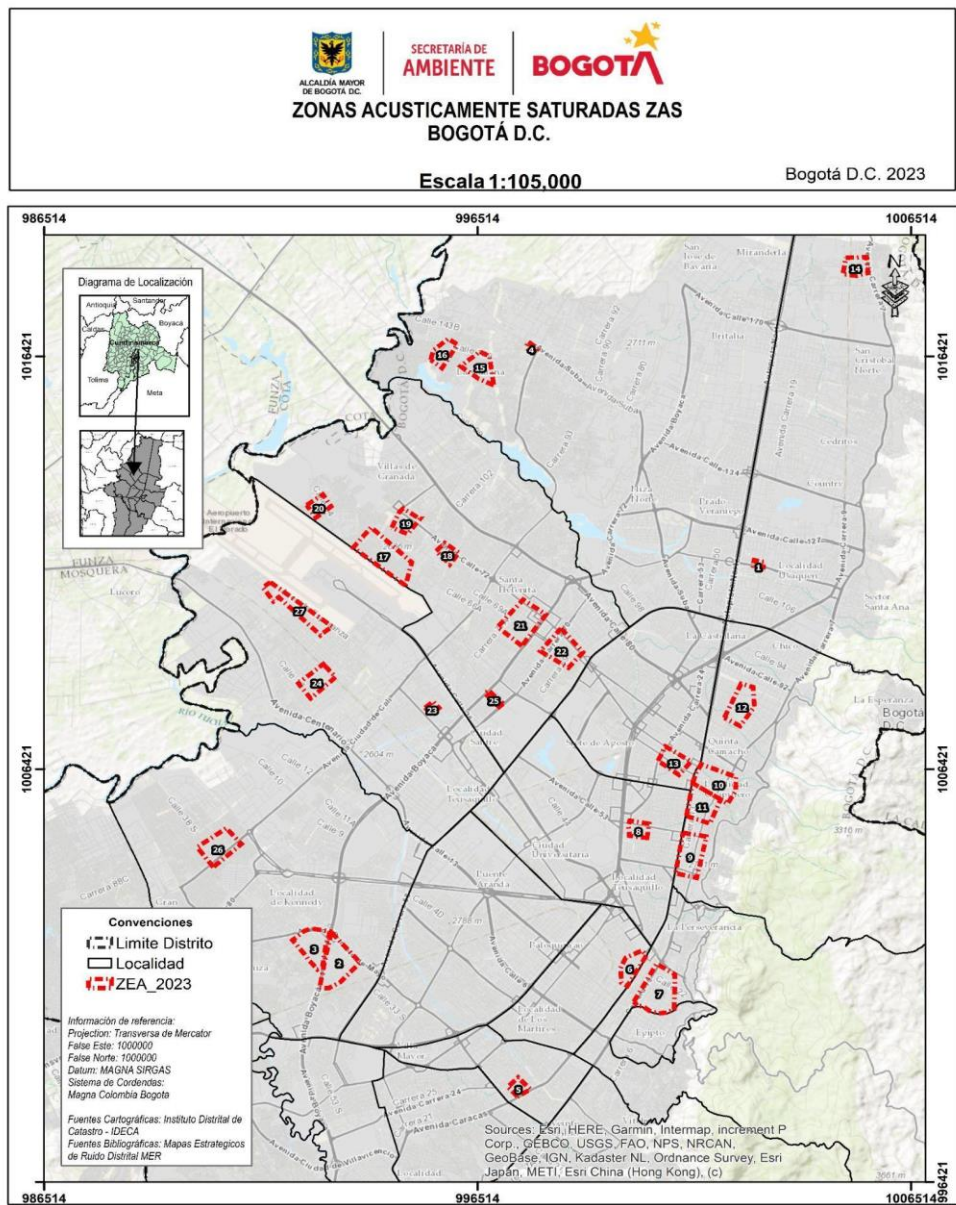



  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

Figura 54. Localización Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS)



Fuente: Área técnica de la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental de Bogotá (RMRAB)

La información completa de cada ZAS está consignada en el Anexo 1. Fichas ZAS.xlsx

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

11. INCERTIDUMBRE




De acuerdo con lo estipulado en la normativa internacional UNE-ISO 1996-2, la incertidumbre para los niveles de presión sonora es calculada de conformidad con la *Guía ISO/IEC 98-3 (GUM)*. La incertidumbre puede ser catalogada según el método de evaluación (tipo A y tipo B).

- **Incetidumbre tipo A:** la evaluación tipo A de la incertidumbre se utiliza cuando se realizan n observaciones independientes entre sí de una de las magnitudes de entrada x_i bajo las mismas condiciones de medida y por tanto se basa en criterios de repetitividad. La incertidumbre típica se obtiene a partir de la distribución de probabilidad normal o Gaussiana, el cual es un axioma estadístico; en otras palabras, este tipo de incertidumbre corresponde a la desviación típica experimental de la medida obtenida de un procedimiento promediado (en este caso, el promedio de los niveles de presión sonora medidos). Las contribuciones tipo A están relacionadas con la repetitividad de la medición, el número de muestras y el periodo de muestreo.
- **Incetidumbre tipo B:** La evaluación tipo B de la incertidumbre típica se utiliza cuando la estimación x_i de una magnitud de entrada X_i no ha sido obtenida a partir de observaciones repetidas (no hay un análisis estadístico). La incertidumbre típica se obtiene entonces mediante decisión científica basada en la información disponible acerca de la variabilidad posible de X_i .

Teniendo en cuenta las recomendaciones emitidas por el Grupo de Trabajo de la Comisión Europea para la Evaluación de la exposición al ruido (WG-AEN) en el *documento Guía de buenas prácticas para estrategias mapeo de ruido y producción de datos asociados a la exposición al ruido*, se definen diferentes niveles de incertidumbre, asociados a la información de entrada que se tiene del modelo y la forma de recolección de dichos datos, tales como la información de la carretera, curvas de nivel, edificaciones, meteorología, entre otros. A partir de la calidad de la información de cada parámetro de entrada, se define un valor de incertidumbre. En el *Anexo 6. Estimación de la incertidumbre de los MER*, se detallan cada uno de los valores obtenidos por cada fuente de incertidumbre.

Teniendo en cuenta lo estipulado anteriormente, se tienen en cuenta las siguientes fuentes de incertidumbre debido a la información de entrada del modelo:

- Flujo de tráfico rodado.
- Velocidad de tráfico rodado.
- Composición del tráfico rodado.
- Tipo de superficie de carretera.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

- Fluctuaciones de velocidad.
- Gradientes de carreteras.
- Nivel de potencia sonora de fuentes industriales.
- Elevación de la tierra cercana a las fuentes.
- Cortes y terraplenes.
- Altura de los edificios.
- Coeficientes de absorción en edificios.
- Humedad y temperatura.
- Asignación de población a las edificaciones.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta la incertidumbre de las mediciones realizadas por la RMRAB, cuya magnitud se calculó a partir de lo establecido en el instructivo 9 del procedimiento PA10PR03 llamado “*Estimación de incertidumbre de medición de la RMRAB*” teniendo en cuenta las siguientes fuentes de incertidumbre:

- Incertidumbre debida a la instrumentación.
- Incertidumbre debido a las mediciones.
- Incertidumbre debido a las condiciones meteorológicas.
- Incertidumbre debida al ruido residual.

La incertidumbre es determinada con un enfoque de modelación, el cual consiste en identificar y cuantificar todas las principales componentes de incertidumbre para hallar la incertidumbre típica combinada y por último, la incertidumbre de medición expandida.


Cada componente de incertidumbre significativa está representada por una función única x_j , por tal motivo si la magnitud a medir es L (en función de las fuentes significativas de incertidumbre), la ecuación inicial es representada por la siguiente expresión:

$$L = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_j)$$

La incertidumbre típica (u) es definida a partir de la desviación típica la cual involucra el número total de las mediciones realizadas (n), el nivel de cada medición (L_i) y el promedio de los niveles (\bar{L}):

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n - 1}}$$

Si cada magnitud posee la incertidumbre típica u_j , la incertidumbre típica combinada viene dada por la ecuación:

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

$$u(L) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (c_j * u_j)^2}$$

Si las magnitudes de entrada son independientes. se debe tener en cuenta el coeficiente de sensibilidad c_j que se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$c_j = \frac{\partial f}{\partial x_j}$$




La incertidumbre a reportar es asociada a una probabilidad de cobertura escogida (incertidumbre expandida). Se escogió una cobertura del 95%. con un factor de cobertura asociado de 2. Esto significa que los niveles de presión sonora serán expresados por la ecuación $L \pm 2*u$ de acuerdo con la incertidumbre expandida.

Es importante resaltar que cada una de las incertidumbres mencionadas anteriormente. están compuestas por una función de varias otras fuentes de incertidumbre.




La incertidumbre expandida calculada para el modelo de predicción acústica es de 2.71 dB(A). Los puntos de control y validación del modelo no superan este valor. garantizando confiabilidad en los resultados del modelo de ruido. El cálculo de la incertidumbre de los mapas estratégicos de ruido es determinado en el *Anexo 6. Estimación de la incertidumbre de los MER*

12. CONSIDERACIONES FINALES

- La principal fuente de emisión sonora en el Distrito Capital corresponde al tráfico vehicular, generando mayores niveles de presión sonora en cercanía a las vías principales en las cuales, durante el período nocturno, se observan disminuciones de hasta 5 dB(A) con respecto al periodo diurno; con respecto a la jornada dominical, se observa que los niveles de presión sonora disminuyen para los dos periodos con respecto a la jornada ordinaria.
- Referente a la tipología vehicular, se logra determinar que los automóviles livianos representan la fuente de mayor emisión vehicular en el Distrito, seguido de las motos, los vehículos pesados y finalmente los vehículos medianos. Es importante mencionar que los vehículos pesados tienen restricciones de movilidad por algunas vías, razón por la cual se observa su concentración sobre las vías principales.
- El tráfico aéreo impacta principalmente las localidades de Engativá y Fontibón, aportando también energía en otras localidades tales como Suba o Kennedy, por donde están establecidos los corredores aéreos de las aeronaves.
- El sistema masivo de transporte Transmilenio no aporta gran cantidad de energía al ruido ambiental, salvo en las vías arteriales donde opera.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

- Las fuentes puntuales asociadas a establecimientos comerciales no aportan energía considerable al ruido ambiental del Distrito debido a su comportamiento focalizado. Sin embargo, su incidencia es completamente subestimada dada la dificultad de realizar medición y monitoreo (a largo plazo) de la totalidad de establecimientos en el Distrito, cada 4 años.
- El 11,8% de la población del Distrito se encuentra afectada por ruido para el periodo Ordinario, mientras que en el periodo dominical la población afectada por ruido disminuye a 8,1%. Las localidades con mayor afectación en los dos períodos corresponden a Antonio Nariño, Usme, Candelaria y Puente Aranda. Lo anterior, es debido a que en estas localidades las construcciones de vivienda no superan en su gran mayoría los tres (3) pisos evidenciando una mayor afectación a todas las personas en la zona debido a la cercanía de las vías vehiculares.
- Los mayores conflictos se presentan en las zonas cercanas al Aeropuerto Internacional El Dorado y a vías vehiculares principales con excedencias de hasta 15 dB(A) durante el periodo diurno. Para el periodo nocturno se observa que las excedencias se presentan en gran parte del Distrito, con niveles que superan los estándares máximos permisibles en más de 20 dB(A) en zonas cercanas al aeropuerto. Es importante mencionar que los estándares máximos permisibles son más restrictivos durante el período nocturno, durante el cual se presenta mayor conflicto
- Las localidades que presentan mayor incidencia de molestia y perturbación del sueño son Engativá, Kennedy, Ciudad Bolívar y Puente Aranda. Los barrios de mayor afectación son Villa Hermosa, el Mirador, Camilo Torres y Cedritos Sur III, con porcentajes mayores al 50%.
- Tres (3) de las cinco (5) Zonas Acústicamente Saturadas (ZAS) con mayor afectación se encuentran ubicadas en la localidad de Engativá, lo anterior se debe a la influencia del Aeropuerto Internacional el Dorado. Las otras dos ZAS que completan el top cinco (5) corresponden a las acciones populares en las localidades de Chapinero y Antonio Nariño en las cuales las principales fuentes de emisión sonora son las vías vehiculares y los establecimientos de comercio dedicados a la venta de licor y discotecas.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe Técnico - Actualización de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de Bogotá	
	Código: PA10-PR15-M2	Versión: 2

13. ANEXOS

Anexo 1. Fichas ZAS.xlsx

Anexo 2. Fichas técnicas equipos RMRAB.pdf

Anexo 3. Información puntos de medición emisión de ruido y ruido ambiental.zip

Anexo 4. Inventario de fuentes.pdf

Anexo 5. Certificados de Calibración.zip

Anexo 6. Estimación de la incertidumbre de los MER.xlsx

Anexo 7. Validación de los MER.xlsx

Anexo 8. Indicadores acústicos adicionales.zip

Anexo 9. Determinación meteorología de los MER.xlsx

Anexo 10. Salidas gráficas.zip

Anexo 11. GDB.zip

Anexo 12. Ejecutables modelo.zip

Anexo 13. Resolución IDEAM.pdf

CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Descripción de la modificación	No. Acto Administrativo y fecha
1	Adopción	Radicado 2019IE70865 de marzo 29 de 2019
2	Se modifica el código pasa del proceso de "Evaluación. Control y Seguimiento" al proceso "Metrología. Monitoreo y Modelación" y se ajusta conforme a la aprobación del nuevo mapa de procesos.	Radicado 20196IE255398 del 31 de octubre de 2019