



# **DOCUMENTO DE APOYO PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE ATMOSFÉRICO EN ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) Y PLANES DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) EN EL VALLE DE ABURRÁ**

---

ABRIL DE 2022

Diana Marcela Quiceno Rendón I.Q. Esp. I.A  
EQUIPO GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE | SUBDIRECCIÓN AMBIENTAL

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	5
2	ASPECTOS DEL COMPONENTE ATMOSFÉRICO PARA TENER EN CUENTA EN LA REVISIÓN DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLANES DE MANEJO AMBIENTAL.....	6
2.1	Sección III. Especificaciones técnicas del estudio de impacto ambiental y del plan de manejo ambiental.....	7
2.1.1	Capítulo 4. Caracterización del área de influencia.....	8
2.1.2	Capítulo 6. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales .....	14
2.1.2.1	Ítem 6.7 Permiso de emisión atmosférica (aire y ruido) .....	15
2.1.3	Capítulo 7. Evaluación ambiental.....	22
2.1.3.1	Ítem 7.1 Identificación y valoración de impactos para el escenario sin proyecto	23
2.1.3.2	Ítem 7.1 Identificación y valoración de impactos para el escenario con proyecto	23
2.1.4	Capítulo 9. Planes y programas .....	24
2.1.4.1	Ítem 9.1 Plan de manejo ambiental.....	24
3	GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE ABURRÁ .....	31
3.1	ÁREA FUENTE DE CONTAMINACIÓN.....	31
3.1.1	Declaratoria de área fuente por PST.....	31
3.1.2	Declaratoria de área fuente por PM10.....	31
3.1.3	Declaratoria de área fuente por PM2.5.....	32
3.2	CUENCA ATMOSFÉRICA .....	32
3.2.1	Declaratoria del Valle de Aburrá como cuenca atmosférica.....	34
3.3	PIGECA.....	34
3.3.1	Gobernanza del PIGECA .....	35



3.4	POECA.....	36
3.5	RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE .....	38
3.5.1	Estaciones de monitoreo de calidad del aire.....	38
3.6	INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO .....	39
3.6.1	Fuentes móviles .....	39
3.6.1.1	Parque automotor.....	40
3.6.1.2	Emisiones de fuentes móviles.....	40
3.6.2	Fuentes fijas.....	42
3.6.2.1	Caracterización de las empresas.....	42
3.6.2.2	Emisiones de fuentes fijas .....	44
3.7	INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	45
3.8	RUIDO AMBIENTAL.....	45
3.8.1	Mapas de ruido ambiental y Plan de Acción.....	45
3.8.2	Red de monitoreo de ruido ambiental .....	50
3.9	NORMATIVAS METROPOLITANAS RELACIONADAS CON EL COMPONENTE ATMOSFÉRICO PARA TENER EN CUENTA EN LA ELABORACIÓN DE EIA Y/O PMA.....	51
3.9.1	Acuerdo Metropolitano 16 de 2017 .....	51
3.9.2	Acuerdo Metropolitano 04 de 2018 .....	51
3.9.2.1	Acuerdo Metropolitano 03 de 2019.....	51
3.9.2.2	Acuerdo Metropolitano 16 de 2020.....	51
3.9.2.3	Acuerdo Metropolitano 01 de 2021 .....	52
3.9.3	Acuerdo Metropolitano 04 de 2019 .....	52
3.9.4	Acuerdo Metropolitano 24 de 2019 .....	52
3.9.5	Resolución Metropolitana 912 de 2017 .....	52
3.9.5.1	Resolución Metropolitana 002 de 2019.....	53
3.9.6	Resolución Metropolitana 1379 de 2017 .....	53



3.9.6.1	Resolución Metropolitana 171 de 2018.....	53
3.9.6.2	Resolución Metropolitana 2036 de 2019 .....	53
3.9.7	Resolución Metropolitana 2231 de 2018.....	54
3.9.8	Resolución Metropolitana 2712 de 2019.....	54
3.9.8.1	Resolución Metropolitana 3770 de 2019 .....	54
3.9.9	Resolución Metropolitana 911 de 2017 .....	54
3.9.9.1	Resolución Metropolitana 901 de 2019.....	55
4	REFERENCIAS.....	56



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura y contenido del informe de resultados de la modelación de dispersión .....	19
Tabla 2. Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para los niveles de Prevención, Alerta o Emergencia. ....	37
Tabla 3. Composición del parque automotor del Valle de Aburrá, año 2018.....	40
Tabla 4. Emisiones de contaminantes criterio por categoría vehicular, año 2018 (ton/año) .....	41
Tabla 5. Emisiones de contaminantes criterio por tipo de combustible, año 2018 (ton/año) .....	42
Tabla 6. Empresas y fuentes de emisión por jurisdicción en el municipio de Medellín, año 2018.....	43
Tabla 7. Caracterización de fuentes por sector industrial, municipio de Medellín, año 2018 .....	43
Tabla 8. Emisiones de contaminantes criterio de fuentes fijas en el municipio de Medellín, año 2018 .....	44
Tabla 9. Calificación %PUAR según metodología del ICAU. ....	47
Tabla 10. Resumen %PUAR (Población urbana expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia) por municipio.....	47
Tabla 11. Nivel de calidad de ambiente acústico según $A_{TNEM}$ .....	48
Tabla 12. Resumen de indicadores y descriptores acústicos totales por municipio. ....	49
Tabla 13. Estaciones de ruido ubicadas en el Valle de Aburrá y clasificación.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración del concepto de cuenca atmosférica (Montero Monge, 2017).....	32
Figura 2. Esquema de Gobernanza del PIGECA.....	36
Figura 3. Distribución de emisiones de contaminantes criterio por categoría vehicular, año 2018 ....	41

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente informe se elabora con el fin de generar un documento de apoyo con los aspectos más relevantes del componente atmosférico que se deben tener en cuenta en la revisión de Estudios de Impacto ambiental y/o Planes de Manejo ambiental. Además, presenta un resumen sobre las principales herramientas de gestión de la calidad del aire que tiene el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, así como las normativas metropolitanas relacionadas con el componente atmosférico.

Para la construcción de este informe se revisó con detalle el documento “Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales” elaborado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y adoptada a través de la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Dicha metodología es un instrumento de consulta obligatoria y de orientación a los usuarios de proyectos, obras o actividades sujetas a la obtención de la licencia ambiental o su instrumento equivalente, esto es el Plan de Manejo Ambiental, a fin de garantizar información precisa y confiable para la toma de decisiones. La “Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales” puede descargarse en el siguiente enlace:

[http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/comunicaciones/permisos/metodologia\\_estudios\\_ambientales\\_2018.pdf](http://portal.anla.gov.co/sites/default/files/comunicaciones/permisos/metodologia_estudios_ambientales_2018.pdf)

## 2 ASPECTOS DEL COMPONENTE ATMOSFÉRICO PARA TENER EN CUENTA EN LA REVISIÓN DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLANES DE MANEJO AMBIENTAL

Los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y los Planes de Manejo Ambiental (PMA) deben contener los lineamientos, requerimientos y elementos metodológicos generales que se establecen en el documento “Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales” elaborado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y adoptada a través de la Resolución 1402 del 25 de julio de 2018 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018), así como las especificaciones técnicas que se indiquen en los respectivos términos de referencia genéricos<sup>1</sup>, los cuales se encuentran disponibles para proyectos relacionados con:

- Plaguicidas.
- Distritos de riego.
- Flora.
- Fauna.
- Energía, represas, trasvases y embalses hidroeléctricas.
- Eólica.
- Solar.
- Líneas.
- Termoeléctricas.
- Presas, represas o embalses.
- Transvase de cuenca.
- Infraestructura.

---

<sup>1</sup> Los términos de referencia son los lineamientos generales que la autoridad ambiental señala y publica para la elaboración y ejecución de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Diagnóstico Ambiental de Alternativas (DAA) presentados ante la autoridad ambiental competente al momento de solicitar el otorgamiento de una licencia ambiental. Los EIA se elaborarán con base en los términos de referencia expedidos por el Ministerio de Ambiente y la autoridad ambiental competente, quien podrá adaptarlos a las particularidades de la actividad que se va a desarrollar. Todos los solicitantes de una o varias licencias ambientales, deberán utilizar los términos de referencia publicados por la autoridad ambiental de acuerdo con las condiciones específicas del proyecto, obra o actividad que se pretende desarrollar.

- Vías.
- Puertos.
- Nuevas fuentes de materiales en proyectos de infraestructura de transporte.
- Obras marítimas dunas de control y protección costera, y de regeneración de duna y playas.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Rellenos Sanitarios.
- Sector Minero.
- Sector Hidrocarburos.

En concordancia con lo anterior, siempre deberán revisarse los EIA y PMA teniendo en cuenta tanto la “Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales”, como las especificaciones técnicas que se indiquen en los respectivos términos de referencia genéricos.

Así, en este documento se presentan los aspectos más relevantes del componente atmosférico para tener en cuenta durante la revisión de estudios de impacto ambiental y planes de manejo ambiental. Cabe anotar que toda la información fue tomada del informe “Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales”. Adicionalmente, se agregan recuadros con aspectos locales relevantes que se deben tener en cuenta en la revisión de los EIA y PMA.

## **2.1 Sección III. Especificaciones técnicas del estudio de impacto ambiental y del plan de manejo ambiental**

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es el instrumento básico que, mediante un conjunto de información, les permite a las autoridades ambientales tomar decisiones sobre la viabilidad ambiental de los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental para su desarrollo. Este conjunto de información debe ser necesaria y suficiente para describir el proyecto y caracterizar el área que podría sufrir deterioro con su ejecución, así como para identificar, calificar y evaluar sus impactos, señalar cuáles no podrían ser evitados o mitigados y para establecer las medidas de manejo ambiental correspondientes y demás planes requeridos por la ley y los reglamentos.

En el caso del componente atmosférico los aspectos más relevantes se detallan a continuación.



## 2.1.1 Capítulo 4. Caracterización del área de influencia

### Ítem 4.1.7 Atmosférico

Con el objetivo de determinar los posibles impactos en la calidad del aire en el área de influencia del proyecto, obra o actividad, se requiere una línea base que sirva de referencia para evaluar la evolución a través del tiempo del componente atmosférico.

En concordancia con lo anterior, se debe efectuar una caracterización del área de estudio que cuantifique las fuentes de emisión, calidad del aire y condición climatológica.

#### ***Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas***

La caracterización de presencia de fuentes de emisión y cuantificación de emisiones en la etapa de línea base del proyecto, se encuentra contenida en inventarios de emisiones formales, que cuantifican con un adecuado nivel de confianza las descargas de emisiones.

Para el Valle de Aburrá el “Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2018” (AMVA-UPB, 2020), es el inventario oficial de contaminantes criterio. El documento puede ser consultado en el enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Inventario-de-emisiones/Inventario-de-Emisiones-2018.pdf>

Para gases de efecto invernadero, el último inventario disponible es “Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Valle de Aburrá, periodo 2016-2019” (WWF-IDEAM, 2021). El documento puede ser consultado en el enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/Inventario-GEI-2016-2019-WWF.pdf>

Sin embargo, en el caso en que no se encuentre disponible para el público un inventario de emisiones formal de las autoridades competentes o entidades de reconocida idoneidad

científica, el usuario podrá prescindir del levantamiento de un inventario de emisiones para línea base.

No obstante, se debe:

- Identificar y georreferenciar las fuentes fijas de emisión atmosférica existentes en el área de estudio: dispersas de área y puntuales.
- Identificar y georreferenciar los trazados de las fuentes móviles con sus respectivos aforos.
- Identificar y georreferenciar las fuentes de emisión atmosférica naturales relevantes (volcanes, desiertos, entre otros).
- Identificar y georreferenciar los potenciales receptores de interés, ubicados en asentamientos humanos (viviendas, e infraestructura social, económica, cultural y/o recreativa), en zonas agropecuarias y en áreas con elementos naturales susceptibles (p. e. AICA) para cada alternativa.

Señalar en la identificación de fuentes el tipo de fuente identificada y la actividad económica asociada. En el caso de que haya inventario formal de emisiones para la zona, se debe entregar información detallada sobre la cuantificación de las emisiones por fuente y la identificación de los tipos de contaminantes generados.

Utilizar modelos de emisión de fuentes móviles (p. e. IVE, MOBILE, MOVES y/o COPERT) combinados con variables locales (distancias viajadas por la flota, velocidades, entre otras), o factores de emisión de entidades de reconocida idoneidad en la materia. En todo caso, se puede incluir información de inventarios de emisiones realizados en el área de estudio por las Corporaciones Autónomas Regionales u otras entidades.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá a través de diferentes convenios con la Universidad de Antioquia ha determinado factores de emisión locales para el parque automotor del Valle de Aburrá.

- a) Convenio 1096 de 2016. Articulación Universidad-Empresa-Estado para establecer los factores de emisión reales de fuentes móviles en el Valle de Aburrá – FEVA. Se determinaron los factores de emisión de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrocarburos totales (THC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y material

particulado PM<sub>2,5</sub> medidos localmente a vehículos livianos (menores a 3,5 toneladas) de diferentes edades, cilindradas y tecnologías, provistas con motor de encendido provocado o por chispa (MEP, 4 vehículos) y motor de encendido por compresión (MEC, 4 vehículos), así como a 8 motocicletas con cilindradas entre 100 cc y 200 cc más representativas de la región.

- b) Convenio 888 de 2017. Articulación Universidad-Empresa-Estado para establecer los factores de emisión reales de fuentes móviles en el Valle de Aburrá – FEVA II. Se determinaron factores de emisión de 4 buses, 4 camiones y 2 volquetas representativas del Valle de Aburrá, estableciendo factores de emisión para los contaminantes CO, CO<sub>2</sub>, THC, NO<sub>x</sub> y PM<sub>2,5</sub>.

Los resultados de estos convenios pueden consultarse en los siguientes enlaces:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/Factores-de-emision.pdf>

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/Factores-Emision-Reales-Vehiculos-Pesados.pdf>

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/Libro-Factores-de-Emision-AMVA.pdf>

Realizar un aforo vehicular, a fin de identificar las fuentes móviles que transitan por las vías del proyecto o que se encuentran en el área de influencia. Se deben identificar y señalar las características del punto de aforo, así como clasificar los vehículos de acuerdo con su peso y tipo de combustible, teniendo en cuenta que el levantamiento de información de la flota vehicular, como mínimo, deber ser de ocho (8) horas continuas por día, en día hábil y festivo.

### **Calidad del aire**

Presentar los resultados y análisis de la información de estudios sobre la calidad del aire realizados en el área de influencia del componente atmosférico; los datos que se usen pueden ser generados por terceros (incluye a las redes de monitoreo operadas por las autoridades ambientales) si éstos no superan los dos años de antigüedad, siempre y cuando se demuestre la representatividad espacial de las mediciones sobre el área de influencia. En



caso de no existir información suficiente, vigente y de calidad apropiada, se debe determinar la línea base, justificando el diseño del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA), teniendo en cuenta las particularidades del proyecto, las fuentes de emisión emplazadas en el área de influencia del componente, los receptores y el comportamiento de las variables meteorológicas.

Anualmente, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá publica el “Informe anual de calidad del aire” (AMVA-EAFIT, 2022), el cual presenta el análisis de los registros obtenidos de la Red de monitoreo de calidad del aire (REDMCA) para los diferentes contaminantes atmosféricos monitoreados, meteorología y ruido ambiental. Igualmente se presenta el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA), para cada uno de los contaminantes criterio monitoreados dentro del Valle de Aburrá. Los informes anuales pueden ser consultados en el siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Paginas/Red-calidad-de-aire.aspx>

De igual manera, de la página web del SIATA ([https://siata.gov.co/siata\\_nuevo/](https://siata.gov.co/siata_nuevo/)) pueden descargarse los conjuntos de datos de calidad del aire, meteorología y ruido.

El proceso de generación de información debe realizarse de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, o el que lo modifique, sustituya o derogue. Las mediciones por muestras deben realizarse por 24 horas en día meteorológico, cada tercer día o continuos hasta completar como mínimo 18 muestras en cada estación por campaña. Si al analizar los resultados de las primeras 15 muestras se obtiene un promedio igual o mayor al 80% del valor de la norma anual de calidad del aire o nivel de inmisión, se debe prolongar el monitoreo hasta completar 24 muestras. Se debe instalar como mínimo una estación meteorológica portátil tipo I durante el periodo de monitoreo y tres estaciones de monitoreo por contaminante (una estación de fondo, una estación vientos arriba y una estación de propósito específico vientos abajo). De todas formas, el número de estaciones debe asegurar la representatividad espacial del área de influencia.

La caracterización de la calidad del aire debe ser realizada por laboratorios acreditados por el IDEAM para la toma de muestras y para los análisis de laboratorio respectivos.

Los datos e información cartográfica del componente se deben presentar de acuerdo con las especificaciones establecidas en el Modelo de Almacenamiento de Datos Geográficos (GDB).

La anterior información se debe presentar en mapas cuya escala sea la establecida en los respectivos términos de referencia genéricos, o una de mayor detalle de acuerdo con lo establecido en el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

### **Meteorología**

Describir y analizar las condiciones meteorológicas mensuales multianuales, representativas para el área de influencia durante un período mínimo de entre tres (3) y cinco (5) años, con base en información de las estaciones meteorológicas existentes de entidades públicas en la región, avaladas por el IDEAM, las cuales deben estar georreferenciadas.

De la página web del SIATA ([https://siata.gov.co/siata\\_nuevo/](https://siata.gov.co/siata_nuevo/)) pueden descargarse los conjuntos de datos de meteorología.

Los parámetros básicos de análisis son los siguientes:

- Temperatura superficial: promedio, mínimo y máximo de temperatura registrada diaria, mensual y anual.
- Presión atmosférica promedio mensual.
- Precipitación: media diaria, mensual y anual, y su distribución en el área de estudio.
- Humedad relativa: promedio, mínimo y máximo registrada diaria, mensual y anual.
  - Dirección y velocidad del viento.
  - Rosas de viento diurna y nocturna.
- Variaciones mensuales de las rosas de vientos.
- Radiación solar: media diaria, mensual y anual.



Incluir, para el caso del análisis de vientos, aspectos de dirección, velocidad y frecuencias con las en que se presentan, elaborando la rosa de los vientos diurna y nocturna, así como una tabla con sus respectivas unidades y el comportamiento de los vientos en resolución de 24 horas.

Cuando no exista información disponible de estaciones meteorológicas avaladas por el IDEAM con adecuada representatividad sobre el área de influencia, la información meteorológica puede ser tomada de los datos de modelos globales o de re-análisis global, obtenidos de fuentes de adecuada idoneidad científica y que puedan ser validadas y procesadas para obtener una adecuada resolución sobre el área de influencia. Ejemplos de modelos de clima o tiempo son CFRS, ERA 40, CAM, WRF, MM5, entre otros. Se debe realizar un análisis estadístico del error y demostrar el procedimiento de validación de resultados empleado. Para este caso se requiere que el estudio establezca claramente la fuente de la información, anotando el periodo que se analiza, la resolución de la información, el tipo de dato procesado y las variables contenidas en un formato de texto editable.

### **Ruido**

Inventariar y georreferenciar lo siguiente:

- Fuentes de generación de ruido existentes en el área de influencia del componente atmosférico: fijas, de área y los trazados de operación de las móviles con sus respectivos aforos.
- Potenciales receptores de interés en asentamientos humanos (viviendas, infraestructura social, económica, cultural y/o recreativa), en zonas agropecuarias y en áreas con elementos naturales susceptibles (p. e. AICA), entre otras, en el área de influencia del componente atmosférico.

Realizar un muestreo de los niveles de presión sonora (ruido ambiental) en las zonas que se hayan identificado como las más susceptibles (entre las que se deben considerar: áreas habitadas, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), áreas de importancia para mamíferos marinos y tortugas marinas, áreas con presencia de actividades industriales y zonas de actividades pecuarias, entre otras) y áreas donde se identifiquen fuentes de generación de ruido que interfieran de manera significativa en la zona objeto de estudio. Los muestreos deben realizarse de conformidad con los parámetros y procedimientos establecidos en la normativa vigente.

La normatividad vigente es la Resolución 627 de 2006, por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.

En el caso de que los niveles registrados superen los establecidos en la norma, debido a fuentes de emisión naturales o fuentes diferentes a las del proyecto, se debe realizar el respectivo análisis sustentado técnicamente. Es importante que en este análisis se incluyan los niveles de presión sonora existentes.

Presentar un informe de los puntos muestreados, con una descripción clara de las fuentes sonoras que influyen en las mediciones, tipo de emisión y modo de operación.

Respecto a la presentación de los informes técnicos de las mediciones de ruido ambiental, se debe tener en cuenta como documento guía lo establecido en el Anexo 4 de la Resolución 627 del 2006, que trata sobre la "Propuesta de Informe Técnico de Medición de Ruido". Los resultados del estudio de ruido deben presentarse en mapas de ruido de la zona objeto de estudio.

### **2.1.2 Capítulo 6. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales**

Presentar una caracterización detallada de los recursos naturales renovables que demandaría el proyecto y que serían utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes fases de construcción y operación del mismo.

En cuanto a los permisos, concesiones y autorizaciones para aprovechamiento de los recursos naturales, se debe presentar como mínimo la información requerida en los Formularios Únicos Nacionales, existentes para tal fin.

De acuerdo con la Ley 373 de 1997, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico y la Política de Producción más Limpia y Consumo Sostenible, se deben presentar programas de ahorro y uso eficiente del agua para las concesiones solicitadas, y para el uso eficiente de la energía, respectivamente.

El desarrollo de este ítem debe tener en cuenta e incorporar, en caso de ser pertinentes, las percepciones y comentarios que resulten de los procesos participativos con las comunidades, organizaciones y autoridades del área de influencia de los componentes del medio socioeconómico.

### **2.1.2.1 Ítem 6.7 Permiso de emisión atmosférica (aire y ruido)**

Realizar un inventario de emisiones atmosféricas de fuentes asociadas al proyecto y una modelación de dispersión de contaminantes, para tres escenarios posibles (actual sin proyecto, futuro con proyecto sin medidas de control y futuro con proyecto con medidas de control) cuando se requiera permiso de emisiones atmosféricas asociados al proyecto. Cuando no se requieran permisos de emisiones, únicamente se debe presentar el inventario de emisiones de las fuentes del proyecto.

#### **Ítem 6.7.1 Emisión de contaminantes del aire – Fuentes de emisión**

Para las fuentes fijas de emisión que requieran permiso de acuerdo con lo establecido en el Capítulo 1, Título 5, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 y en la Resolución 619 de 1997, o aquellas normas que las modifiquen, sustituyan o deroguen, se debe entregar la información allí prevista. Adicionalmente, para las fuentes de emisión del proyecto se debe realizar lo siguiente:

- Identificar las fuentes de emisiones atmosféricas asociadas a cada una de las fases del proyecto: fijas, de área y móviles, teniendo en cuenta los trazados de operación de las móviles con sus respectivos aforos.
- Incluir el plan de contingencia de los sistemas de control de emisiones.
- Ubicar en planos georreferenciados las fuentes de emisiones de línea base y proyectadas de la actividad.
- Estimar la masa de descarga de los contaminantes atmosféricos previstos en los procesos y actividades, identificados como fuentes de emisión. Esta estimación se debe realizar con base en los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas. Si éstos no se han expedido, se debe tener en cuenta los factores de emisión reportados por EPA-EEUU, EMEP/EEA, EMEP/CORINAIR y NPI/NATIONAL POLLUTANT INVENTORY. Anexar sustento de los cálculos realizados y suposiciones realizadas, e identificar y valorar las variables utilizadas.





Para fuentes móviles se pueden utilizar modelos de emisión de fuentes móviles (p. e. IVE, MOBILE, MOVES y COPERT) combinados con variables locales (distancias viajadas por la flota, velocidades, entre otros), o factores de emisión de entidades de reconocida idoneidad en la materia.

El aforo vehicular a realizar tiene como propósito la identificación de las fuentes móviles que transitan por las vías del proyecto o que se encuentran en el área de influencia.

### **Modelo de dispersión**

Los parámetros a ser modelados, deben ser aquellos que se monitoreen en la campaña del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire Industrial (SVCAI) y los demás parámetros que sean identificados durante la estimación de emisiones atmosféricas.

La modelación de contaminantes debe seguir los siguientes lineamientos y adicionalmente, aquellos que sean solicitados en la Guía de Modelación de Contaminantes Atmosféricos, la cual será proyectada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible acorde a lo contenido en la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire de 2011:

- Formulación del problema a resolver mediante la simulación: procedimiento que conlleva la selección de los procesos a representar y de las escalas y resoluciones a las que se hará la representación. En esta fase se identifican también las fuentes y receptores de interés y se elige el método más adecuado para su representación.
- Selección y validación de los datos de entrada: procedimiento estándar dentro del proceso experimental que resulta de suma importancia en razón a que la disponibilidad de los datos es con frecuencia uno de los criterios decisivos en la formulación o selección del modelo matemático. Se deben describir los criterios de selección y validación utilizados.
- Formalización del modelo matemático: etapa durante la cual se formulan las ecuaciones diferenciales que representan el proceso, se selecciona la aproximación matemática para la representación del problema (Gaussiana, Lagrangiana, Euleriana) y se define el modelo computacional que mejor represente el problema. En esta etapa se justifican los criterios tenidos en cuenta para la selección del modelo computacional, así como las configuraciones y parametrizaciones utilizadas.
- Análisis de sensibilidad de los resultados: durante ésta se definen bandas de confianza para la simulación. El procedimiento puede realizarse automáticamente



para determinar la sensibilidad de cada variable a cada parámetro, mediante variaciones individuales o combinadas.

- Definición del dominio de modelación: durante esta etapa se determina el área de influencia del componente atmosférico, la cual debe incluir todas las fuentes de emisión y los receptores que se tendrán en cuenta dentro del proceso de modelación. El tamaño del dominio de modelación depende del tipo de fuente, de las emisiones másicas, del tipo de contaminante y del modelo seleccionado para llevar a cabo el estudio. Modelos simples pueden requerir información de las actividades presentes en el dominio de modelación (rural o urbano) y la complejidad del terreno. Para elegir el tamaño del dominio de modelación se deben considerar:
  - Las áreas donde los receptores sean sensibles a la dispersión.
  - Otras fuentes de emisión que deban ser incluidas en la modelación, en la medida que éstas pueden contribuir a la concentración de fondo.
- Simulación atmosférica de la dispersión de contaminantes: el objetivo de esta fase es identificar el comportamiento de los contaminantes en el dominio de modelación. Se deben modelar bajo los siguientes escenarios:
  - Primer escenario: Línea base, sin proyecto (aplica en caso de contar con inventario de emisiones formal de la zona. Si no se posee inventario de emisiones, la línea base corresponderá a las concentraciones de los niveles de inmisión del monitoreo de calidad acorde a su cobertura espacial).
  - Segundo escenario: construcción del proyecto sin medidas de control.
  - Tercer escenario: construcción del proyecto con medidas de control.

Para cada escenario se debe aplicar un modelo de dispersión en cuyo procedimiento contemple, como mínimo un análisis de los datos de entrada y de salida utilizados (anexar los archivos de entrada y de salida originales del modelo o software) y que describa el procedimiento utilizado y los criterios de selección y validación de la información de entrada. Se debe presentar información detallada de los parámetros requeridos para ejecutar la simulación, entre los cuales se encuentran:

- Inventario y posible localización de todas las fuentes de emisión de material particulado que contempla el proyecto, las cuales deben ser incluidas como parte de los datos de entrada para alimentar la modelación (fuentes fijas que a su vez pueden ser dispersas, de área o puntuales, y fuentes móviles). A partir de los criterios adoptados internacionalmente para el análisis de emisiones, se deben estimar las emisiones de cada una de las fuentes del proyecto.
- Análisis de la información meteorológica utilizada (velocidad y dirección del viento, temperatura, precipitación, radiación solar, nubosidad, altura de



mezcla y estabilidad atmosférica, entre otros) y características de la estación o estaciones de donde se tome dicha información (mínimo un año de información de las variables meteorológicas). Se deben precisar los análisis de consistencia que se realicen a los datos meteorológicos disponibles y a los utilizados en la modelación. Se debe tener en cuenta que para que un modelo de dispersión provea estimaciones precisas, la información meteorológica usada en el mismo debe ser representativa de las condiciones de transporte y dispersión de partículas (anexar los archivos meteorológicos de modelación y aquellos utilizados para su generación y construcción).

- Información topográfica del área modelada que pueda influir en los resultados de la modelación (anexar los archivos topográficos ingresados al modelo).
- Localización de los lugares o sitios de interés (receptores) sobre los cuales se debe enfocar el análisis del impacto atmosférico, teniendo en cuenta especialmente las áreas pobladas localizadas en el área de influencia del componente (anexar la cartografía base utilizada en la identificación de centros poblados o receptores).
- Información de calidad del aire utilizada para la calibración del modelo y el análisis de las concentraciones de fondo.
- Calibración y validación de datos simulados: el propósito principal de este proceso es definir la metodología mediante la cual van a compararse los resultados del modelo con las concentraciones atmosféricas reales obtenidas mediante monitoreo de calidad del aire, en un rango que se considere aceptable. Como mínimo, deben calcularse los índices estadísticos típicamente usados en la validación de modelos matemáticos: el coeficiente de correlación (CR), el error cuadrático promedio normalizado (NMSE) y el sesgo fraccional (FB). Estos índices pueden compararse directamente con la coordenada correspondiente en el modelo o calcularse como el promedio de los índices entre el punto observado y las celdas adyacentes al punto.
- Informe de resultados de modelación: los resultados de la modelación deben ser reportados de manera concisa y clara. El desarrollo de la modelación debe indicar cuáles son los aportes de contaminación producto de las actividades del proyecto, en relación con las concentraciones de fondo y los aportes de las fuentes ajenas al proyecto que tienen incidencia en la zona, haciendo estimaciones de inmisión para las áreas de asentamientos humanos y zonas críticas identificadas. Por otra parte, la modelación debe permitir:



- Identificar las zonas de mayor incremento en la presencia de contaminantes de interés para cada uno de los escenarios del proyecto.
- Valorar la magnitud del impacto ocasionado por los procesos del proyecto, obra o actividad, sobre las condiciones de la calidad del aire en poblaciones potencialmente afectadas con un 90% de confiabilidad, teniendo en cuenta el marco normativo vigente (Resolución 2254 de 2017).
- Identificar el aporte de contaminantes que realiza cada fuente o grupos de fuentes sobre la calidad del aire.

La estructura del informe debe incorporar el contenido señalado en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Estructura y contenido del informe de resultados de la modelación de dispersión**

Sección	Contenido
Objetivo de la modelación / simulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción del problema a representar y las preguntas a responder.</li> </ul>
Modelo conceptual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de las fuentes: número, tipo, ubicación, geometría, altura, entre otras.</li> <li>• Características de la emisión: contaminantes emitidos, tasas de emisión, factores de emisión, temperaturas, velocidades, entre otras.</li> <li>• Condiciones iniciales y de frontera: concentración de fondo, topografía, usos del suelo y coberturas, información meteorológica inicial (sondeos, superficie, salida de modelos mesoescala).</li> </ul>
Descripción del modelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características del modelo: ecuaciones que lo gobiernan, métodos de solución, simplificaciones y limitaciones, entre otras.</li> <li>• Relaciones entre el modelo conceptual y el modelo utilizado: uso de la información, congruencia en las simplificaciones, referencias de usos anteriores.</li> </ul>
Calibración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lista de parámetros a calibrar: variables respuesta asociadas al parámetro, análisis de sensibilidad al parámetro, entre otros.</li> <li>• Estrategia de calibración: minimización de indicadores de error y sesgo, maximización de indicadores de bondad de ajuste, entre otras.</li> <li>• Criterio de calibración y resultado de la prueba: descripción de estadísticos, límites de aceptación, referencias relevantes, tabla de evaluación.</li> </ul>
Validación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción de los escenarios de validación: diferencias con el escenario calibrado, cambios en el modelo conceptual, entre otros.</li> </ul>

Sección	Contenido
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criterios de validación y resultado de la prueba: descripción de estadísticos, límites de aceptación, referencias relevantes, tabla de evaluación.</li> </ul>
Escenarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción de los escenarios: propósito del escenario, modificaciones requeridas sobre el modelo base, entre otros.</li> <li>• Evaluación de los escenarios: congruencia de los resultados, evaluación normativa, análisis del resultado en virtud del propósito, entre otros.</li> <li>• Contraste de escenarios: congruencia, selección de alternativas, entre otros.</li> </ul>
Análisis de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de sensibilidad de los resultados, calibración y validación.</li> <li>• Valores simulados (presentados en tablas), estadísticos, gráficos, mapas, entre otros. Según sea relevante.</li> <li>• Análisis de las concentraciones simuladas en términos de la normativa aplicable.</li> </ul>
Conclusiones y recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deben ser congruentes con el objetivo y las preguntas.</li> </ul>
Referencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referencias a trabajos citados</li> </ul>
Anexos electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Archivos de entrada y salida, archivos de control y demás información necesaria para reproducir los resultados.</li> </ul>

Los mapas de dispersión de contaminantes se deben presentar con el tiempo de exposición para cada parámetro de acuerdo con la normativa vigente, teniendo en cuenta la adición de la concentración de fondo (Monitoreo de Calidad del Aire en caso no contar con inventario de emisiones), con la cual se determine el área de afectación debido a las fuentes presentes hacia cada uno de los receptores o centros poblados identificados, para los tres escenarios definidos.

La metodología de modelos de dispersión utilizada para parámetros generadores de olores ofensivos corresponde a la establecida mediante la Resolución 2087 de 2014, la cual adopta el Protocolo para el monitoreo, control y vigilancia de Olores Ofensivos.

### **Ítem 6.7.3 Fuentes de generación de ruido**

#### ***Inventario de fuentes potenciales y receptoras***

Para la realización de este inventario se debe emplear la metodología descrita en el numeral “Ruido” (ítem 2.2.1, apartado ruido).

#### ***Modelo de ruido***

Aplicar un modelo de ruido para tres escenarios (actual sin proyecto, futuro con proyecto sin medidas de control y futuro con proyecto con medidas de control) teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Metodología: identificación y selección del sistema de modelación a emplear, indicando supuestos, consideraciones y limitaciones, tanto de la información utilizada como de los resultados obtenidos. Debe incluir criterios acústicos (difracción, reflexión, absorción y modelo digital de elevación de terreno, entre otros).  
Identificar y seleccionar el marco conceptual de modelación (norma de modelación aplicable por actividad, y metodología de cálculos, aceptados internacionalmente). Adjuntar archivos de entrada, de salida y de procesamiento.
- Inventario de fuentes potenciales y receptores: debe realizarse de acuerdo a los lineamientos establecidos en el numeral “Ruido” (ítem 2.2.1, apartado ruido).
- Meteorología: las variables meteorológicas a emplear corresponden a temperatura, presión atmosférica, viento (dirección y velocidad); la información debe corresponder con los lineamientos establecidos en el numeral sobre Meteorología, 4.1.7.3 del presente capítulo.
- Topografía (modelo digital de elevación de terreno): se debe utilizar el modelo digital de elevación de terreno definido por el sistema de modelación empleado (SOUNDPLAN, CADNA, LIMA, u otros). Adjuntar archivos de entrada, de salida y archivos del modelo digital de elevación de terreno.
- Resultados: el desarrollo de la modelación debe indicar cuáles son los aportes de contaminación por ruido producto de las actividades del proyecto, en relación con ruido residual y los aportes de las fuentes ajenas al proyecto que tienen incidencia



en la zona, haciendo estimaciones de ruido ambiental para las áreas de asentamientos humanos y zonas críticas identificadas.

Los resultados de la modelación deben ser presentados en planos con curvas isófonas, donde se identifiquen claramente las fuentes de generación de ruido, los receptores sensibles identificados y las curvas isófonas.

La modelación debe permitir:

- Identificar las zonas de mayor incremento en los niveles de ruido ambiental para cada uno de los escenarios del proyecto.
- Valorar la magnitud del impacto ocasionado por esta actividad sobre las condiciones del ruido ambiental en los receptores de interés teniendo en cuenta el marco normativo vigente (Resolución 627 de 2006).
- Identificar el aporte de niveles de presión sonora que realiza cada fuente o grupos de fuentes sobre los niveles de ruido ambiental de la zona objeto de estudio.

### 2.1.3 Capítulo 7. Evaluación ambiental

Este numeral tiene como propósito evaluar los impactos ambientales que podría generar un proyecto, obra o actividad, es decir, evaluar los cambios que sufriría un parámetro ambiental entre dos escenarios diferentes, uno en el que no se desarrolla el proyecto y otro en el que sí.

Algunos impactos sobre el componente atmosférico son:

- Variación de la concentración de material particulado.
- Variación de la concentración de gases.
- Variación de los niveles de presión sonora.

### 2.1.3.1 Ítem 7.1 Identificación y valoración de impactos para el escenario sin proyecto

En el análisis de los impactos previos al desarrollo del proyecto, se deben identificar las actividades que mayor incidencia han tenido en los cambios que ha sufrido el área de influencia. Adicionalmente, se debe cualificar y cuantificar el estado actual de los medios abiótico, biótico y socioeconómico (señalando también su sensibilidad ambiental), y realizar el análisis de tendencias, considerando la perspectiva del desarrollo regional y local, la dinámica económica, los planes gubernamentales, las figuras de conservación y las consecuencias que para los ecosistemas de la zona tienen las actividades antrópicas y los procesos naturales propios de la región.

Para lo anterior, se deben identificar las interacciones de las actividades que se desarrollan en la región, y calificar los impactos generados sobre los componentes, grupos de componentes o medios.

Se deben describir y documentar los conflictos ambientales existentes para cada uno de los medios, incluyendo los que se presentan por el uso de los recursos naturales (agua, suelo, bosque, entre otros).

### 2.1.3.2 Ítem 7.1 Identificación y valoración de impactos para el escenario con proyecto

A partir de las calificaciones asignadas a cada impacto, efectuadas durante la evaluación ambiental para el escenario sin proyecto, se deben identificar, describir y valorar los impactos que generaría el proyecto sobre el entorno y que resultan de la interacción entre las actividades del mismo y los factores de cada componente. Cabe aclarar que la valoración de impactos para el escenario con proyecto mide el grado con el cual una actividad genera un cambio en un parámetro ambiental sin que medie ningún tipo de manejo, es decir, estima la significancia inherente al impacto. Esta evaluación en términos de significancia, constituye el fundamento sobre el cual se formula el Plan de Manejo Ambiental; a un impacto corresponde al menos, una medida de manejo (aunque una medida de manejo pueda estar dirigida a controlar más de un impacto).

Cuando exista un alto nivel de incertidumbre acerca de la magnitud y/o alcance de algún impacto del proyecto sobre el ambiente, se deben realizar y describir predicciones para el escenario más crítico posible, el cual incorpora los impactos más importantes que hayan



ocurrido históricamente por el desarrollo de la actividad objeto de estudio; consecuentemente, este tipo de impactos deben ser valorados con el mayor valor posible de significancia.

Se deben describir y documentar los conflictos ambientales existentes, incluyendo los que se presentan por el uso de los recursos naturales (agua, suelo, bosque, entre otros), que puedan potenciarse debido al desarrollo del proyecto, para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, así como los conflictos que podrían configurarse debido a la ejecución del proyecto.

## 2.1.4 Capítulo 9. Planes y programas

### 2.1.4.1 Ítem 9.1 Plan de manejo ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) se compone de los siguientes elementos:

- Programas de manejo ambiental.
- Plan de seguimiento y monitoreo.
- Plan de gestión del riesgo.
- Plan de desmantelamiento y abandono.

#### Programas de manejo ambiental

Los programas de manejo ambiental constituyen una descripción detallada del conjunto de acciones, medidas y actividades que, producto de la evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad. Una buena identificación y valoración de impactos es fundamental para formular las medidas de manejo ambiental.

Los programas de manejo ambiental deben especificar lo siguiente:

- Objetivos de cada programa y subprograma.
- Metas relacionadas con los objetivos identificados.
- Impactos a manejar por cada programa (con base en la evaluación de impactos).
- Tipo de medida (prevención, mitigación, corrección o compensación).
- Fases del proyecto en las que se implementaría cada programa y subprograma.

- Lugares de aplicación (ubicación cartográfica, siempre que sea posible).
- Descripción de acciones específicas a desarrollar dentro de cada programa y subprograma.
- Relación de las obras propuestas a implementar. Los diseños deben presentarse como documentos anexos al estudio.
- Cronograma estimado de implementación de los programas.
- Costos estimados de implementación de cada medida de manejo.
- Indicadores que permitan hacer seguimiento al cumplimiento de las metas propuestas para cada objetivo y determinar la eficacia y efectividad de cada programa y subprograma. Además del nombre de cada indicador, se debe señalar su unidad de medida, frecuencia de cálculo, definición, pertinencia, fórmula y metodología de cálculo, forma de interpretación de sus resultados, fuentes de información de las variables que requiere y responsable de su cálculo (sección, dependencia o persona).

La elaboración de los programas de manejo ambiental debe asegurar que sus objetivos y metas se orienten al manejo efectivo de todos los impactos identificados y, que durante su formulación, se tengan en cuenta en caso de que existan, los planes de desarrollo regional y local, así como los del ordenamiento ambiental territorial, a fin de asegurar su coherencia con los mismos.

Los EIA y PMA deben incorporar el concepto del Valle de Aburrá como cuenca atmosférica, la declaración de área fuente de contaminación por PM2.5 adoptada mediante Acuerdo Metropolitano 16 de 2017, y el Plan integral de Gestión de la calidad del aire -PIGECA (AMVA-CAI, 2018) adoptado mediante el mismo acuerdo.

Lo anterior es fundamental dado que se debe entender que más allá de los estudios de impacto local de calidad del aire, el concepto de cuenca atmosférica obliga a generar acciones regionales e integrales sobre los agentes de contaminación.

Los planes de manejo ambiental que se propongan para mitigar los impactos ambientales, deberán tener en cuenta planes de reducción de las emisiones de contaminantes en fuentes fijas, de área y móviles, según aplique.

En proyectos del sector minero, el plan de manejo ambiental propuesto debe incluir un programa relacionado con el tránsito vehicular pesado desde y hacia la zona de explotación, buscando que los viajes no coincidan en lo posible con los períodos de estabilidad atmosférica, para favorecer la dispersión de contaminantes por fuera del valle. Además, se recomienda:

- Tener un inventario de los vehículos de la empresa (incluyendo maquinaria amarilla), que contenga información sobre el año modelo, tipo de combustible usado, cilindraje, etc.
- Incluir el seguimiento al consumo de combustible de los vehículos y equipos de transporte (equipos de cargue y acarreo, equipos de arranque como retroexcavadoras, camiones articulados, y equipos de apoyo como tractores oruga, tanqueros, motoniveladora, bulldozer y bombas sumergibles), con el fin de identificar oportunidades de mejora.

El cumplimiento de los límites permisibles de calidad del aire de conformidad con la Resolución 2254 de 2017 no depende solo de las acciones de reducción de emisiones adoptadas bajo el plan de manejo, ya que bajo el concepto de cuenca atmosférica los factores relacionados con la contaminación del aire en el Valle de Aburrá, obedecen a múltiples factores y actores, por lo que el plan de manejo debe alinearse con el PIGECA en las medidas que aplique.

En concordancia con lo anterior, los PMA deben reevaluar las metas relacionadas con cumplir la normatividad colombiana para calidad de aire, pues bajo el concepto de cuenca atmosférica, la calidad del aire en la zona depende de múltiples factores y no solo de las medidas que se apliquen en el PMA.

Las campañas de medición de calidad del aire deben realizarse en los mismos períodos y sitios de tal manera que sean comparables los resultados.

Los planes y programas (ambientales, de seguimiento y monitoreo, y de gestión del riesgo), deben considerar medidas más estrictas durante los periodos de gestión de episodios críticos de contaminación atmosférica declarados en el Valle de Aburrá. Para ello revisar Acuerdo Metropolitano N° 04 de 2018, "por el cual se deroga el Acuerdo Metropolitano N°15 de 2016 y se adopta el nuevo Protocolo del Plan Operacional para

*Enfrentar Episodios de Contaminación Atmosférica en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá”.*

Se recomienda implementar Plan Empresarial de Movilidad Sostenible, de acuerdo con lo establecido en la Resolución Metropolitana 1379 de 2017, por medio de la cual se adoptan los Planes de Movilidad Empresarial Sostenible -Planes MES- como una medida que contribuye al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire y la movilidad en la jurisdicción de Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Se recomienda implementar, en caso de que aplique, la Resolución Metropolitana N° 912 de 2017, por medio de la cual se adoptan medidas en el sector industrial que contribuyan al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Se debe presentar una tabla en la que se indiquen qué medidas de manejo ambiental corresponden a qué impactos identificados.

### **Plan de seguimiento y monitoreo**

Se debe plantear el seguimiento y monitoreo tanto a los planes y programas formulados en el EIA, como a la calidad ambiental una vez se inicie el proyecto.

### ***Seguimiento y monitoreo a los planes y programas***

El seguimiento y monitoreo a los planes y programas tiene como propósito revisar la eficacia y confiabilidad de los mismos, así como identificar potenciales oportunidades de mejora en el desarrollo del proyecto y de sus planes y programas, que permitan la aplicación de los ajustes a los que haya lugar.

Este seguimiento y monitoreo se efectúa mediante el cálculo periódico y análisis de los indicadores que se formulan para los planes y programas del PMA. De esta forma, se deben describir las acciones, métodos y procedimientos que se requieren para obtener la información y/o los datos requeridos para el cálculo de dichos indicadores de seguimiento; asimismo, se debe establecer qué sección o dependencia es la encargada de recabar la información y los mecanismos de coordinación entre los actores involucrados en el cálculo

del indicador. Igualmente, debe establecer las acciones a adelantar en caso de encontrar una baja eficacia de los Planes y programas del PMA.

### ***Seguimiento y monitoreo a la calidad del medio***

Corresponde al seguimiento y monitoreo al cambio de los factores ambientales que ocurre como resultado de la ejecución del proyecto. Se efectúa mediante la medición de parámetros ambientales, el cálculo de indicadores y el desarrollo de análisis que interpreten los resultados obtenidos durante el monitoreo. Los parámetros e indicadores deben corresponder a aquellos utilizados en la caracterización ambiental y en la identificación y valoración de impactos ambientales, a fin de comparar los valores encontrados antes de emprender el proyecto, con los que ocurren cuando éste está en marcha; es decir, estos parámetros e indicadores permiten cuantificar el impacto real del proyecto y por lo tanto, verificar qué tan precisa fue la predicción hecha en la evaluación ambiental, así como comprobar la efectividad de las medidas de manejo que se implementen.

Por lo anterior, resulta necesario formular un sistema de indicadores que permita monitorear los factores impactados y tener una visión holística de la calidad del medio y su comportamiento. La construcción de este sistema de indicadores debe considerar la caracterización ambiental de los componentes de cada medio y el cumplimiento de la normativa ambiental.

El plan para el seguimiento y monitoreo de la calidad del medio, debe incluir como mínimo:

- Objetivos.
- Componentes y factores ambientales a monitorear.
- Parámetros e indicadores (cuantitativos y cualitativos) orientados a establecer las alteraciones en la calidad del medio, especificando lo que se pretende medir y monitorear con cada uno de ellos, así como la siguiente información:
  - Nombre de cada parámetro e indicador.
  - Unidad de medida.
  - Frecuencia de medición o de cálculo.
  - Duración del monitoreo.
  - Definición.
  - Pertinencia.



- Fórmula y metodología de medición o cálculo, describiendo los procedimientos utilizados para la medición y relacionando los instrumentos necesarios.
- Fuentes de información de las variables que requiere (en el caso de los indicadores).
- Responsable de la medición o cálculo (sección, dependencia o persona).
- Criterios para el análisis e interpretación de resultados.
- Impactos y medidas de manejo a las que responde.
- Localización de los sitios de monitoreo, cuando aplique, con la respectiva ubicación cartográfica.

### ***Plan de gestión del riesgo***

Formular y presentar un plan de gestión del riesgo de acuerdo a las consideraciones previstas en la Ley 1523 de 2012 (Política nacional de gestión del riesgo de desastres) y la normativa sectorial específica, o aquella que la modifique, sustituya o derogue, que se soporte en el análisis y valoración de los riesgos derivados de amenazas de origen natural, antrópico, socio-natural y operacional que puedan afectar el proyecto y de los riesgos que puedan generarse a causa de la ejecución de las actividades del mismo.

La gestión del riesgo debe abordar los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres. En este contexto, se deben identificar: i) hechos, acciones y/o actividades generadoras de riesgo, que pueden conducir a la ocurrencia de efectos no previstos dentro del normal funcionamiento y desarrollo del proyecto, ii) medidas dirigidas a la reducción de la exposición a las amenazas y a la disminución de la vulnerabilidad de las personas, el ambiente y la infraestructura, y iii) acciones de manejo de desastres.

El análisis y valoración de los riesgos, constituye la base para el diseño e implementación de medidas de reducción del riesgo y la formulación de un plan de contingencia para dar respuesta a riesgos que se materialicen. Tanto las medidas de reducción del riesgo como el plan de contingencia son de obligatorio cumplimiento de acuerdo a lo estipulado en la Ley 1523 de 2012.

El análisis y valoración de los riesgos debe realizarse para cada una de las fases del proyecto; debe ser cuantitativo para actividades que involucren el uso y manejo de sustancias peligrosas, explosivas, químicas e hidrocarburos y sus derivados; y semicuantitativo para las



demás actividades. En todos los casos se deben presentar los métodos utilizados y los resultados de los cálculos realizados para la valoración de los riesgos.

El Plan de gestión del riesgo debe contemplar como mínimo lo siguiente:

- a) Conocimiento del riesgo:
  - Identificación, caracterización, análisis y evaluación de amenazas.
  - Identificación, caracterización, análisis y evaluación de la vulnerabilidad de elementos expuestos.
  - Identificación, caracterización, análisis y evaluación de escenarios de riesgo.
  - Estimación de áreas de afectación.
  - Análisis y valoración del riesgo.
- b) Reducción del riesgo
- c) Manejo del desastre o plan de contingencia. Debe contener los siguientes planes:
  - Plan estratégico.
  - Plan operativo.
  - Plan informático.

El Plan de gestión del riesgo debe incluir los periodos críticos por contaminación atmosférica en el Valle de Aburrá como una amenaza. Para ello debe considerar la normatividad local relacionada, es decir, el Acuerdo Metropolitano 04 de 2018.

### ***Plan de desmantelamiento y abandono***

Para las áreas e infraestructura intervenidas de manera directa por el proyecto, se debe:

Presentar la relación de las actividades y obras necesarias para realizar el abandono, desmantelamiento y restauración de las obras temporales en las diferentes fases del proyecto, teniendo en cuenta como mínimo los siguientes elementos para el recurso aire:

Medidas, obras y actividades encaminadas a prevenir posibles emisiones que puedan afectar los diferentes recursos naturales.

### **3 GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE ABURRÁ**

#### **3.1 ÁREA FUENTE DE CONTAMINACIÓN**

El artículo segundo del Decreto 948 de 1995 define un área fuente de contaminación como una determinada zona o región, urbana, suburbana o rural, que, por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire. Por su parte el artículo quinto del Decreto 979 de 2006, obliga a las autoridades ambientales en el área de su competencia, a clasificar como áreas fuente de contaminación, las zonas urbanas o rurales del territorio nacional, según la cantidad y características de las emisiones y el grado de concentración de contaminantes en el aire, a partir de mediciones históricas, con el fin de adelantar los programas localizados de reducción de la contaminación atmosférica.

##### **3.1.1 Declaratoria de área fuente por PST**

Mediante el Acuerdo Metropolitano 25 de 2007, se establecieron áreas fuente de contaminación para los municipios en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, teniendo en cuenta las excedencias a la norma nacional, de las partículas suspendidas totales -PST, parámetro que se medía sistemáticamente desde el año 2001, en varios puntos de este Valle de Aburrá.

##### **3.1.2 Declaratoria de área fuente por PM10**

El Valle de Aburrá fue declarado área fuente de contaminación por material particulado PM10, mediante el Acuerdo Metropolitano 08 de 2011 (que también adoptó el primer Plan de descontaminación del aire), con base, en el concepto de cuenca atmosférica, entre otras consideraciones.

Como ya se expuso, la declaratoria de área fuente se realizó para el PM10, no obstante, teniendo en cuenta que las partículas finas tienen un mayor impacto en la salud de la población, se centraron los esfuerzos en el control del PM2.5, contaminante cuyas fuentes de emisión son prácticamente de origen antropogénico, y son producidas principalmente en los procesos de combustión, sobre los cuales es posible tener gobernabilidad. Se realizan esfuerzos de control de gases precursores de PM2.5, como son los óxidos de azufre, los



óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, que a su vez son precursores de otros gases contaminantes en la troposfera como el ozono que también es considerado como un contaminante crítico en la cuenca, por el número de eventos registrados anualmente.

### 3.1.3 Declaratoria de área fuente por PM2.5

El Acuerdo Metropolitano 16 de 2017, declara al Valle de Aburrá como área fuente de contaminación por PM2.5.

## 3.2 CUENCA ATMOSFÉRICA

Una cuenca atmosférica es un volumen de aire que cuenta con condiciones geográficas y meteorológicas generalmente similares en todas sus partes. Las cuencas atmosféricas se definen con distintos criterios, entre los que se incluyen meteorológicos, geográficos y políticos que abarcan, tanto áreas de origen como de recepción de masas de viento, partículas o contaminantes (Montero Monge, 2017) (ver Figura 1).

Figura 1. Ilustración del concepto de cuenca atmosférica (Montero Monge, 2017)



Delimitar e identificar las cuencas geográficas permite asociar las características del aire, las fuentes de emisión y los impactos que tienen estos en un área geográfica extendida, además, permite relacionar problemas del aire a condiciones ecológicas, meteorológicas y

topográficas, también facilita darle seguimiento a la evolución de la cuenca y a la caracterización del comportamiento del transporte atmosférico de los contaminantes hacia adentro y hacia afuera de un área definida. Este modelo contempla todos los contaminantes al mismo tiempo, lo que propicia el desarrollo de agendas ambientales conjuntas en varias entidades necesarias para establecer esquemas generales de gestión del aire (Montero Monge, 2017).

Así, la declaratoria de una zona geográfica como cuenca atmosférica permite una eficiente y eficaz gestión de la calidad del aire, debido a que permite despolitizar la toma de decisiones, tener una gestión enfocada en la prevención en lugar de la reacción y tener un conocimiento detallado de la dinámica atmosférica, todo esto con el fin de proteger la salud pública y lograr una buena calidad del aire en el largo plazo (Caetano & Iniestra, 2008).

Caetano & Iniestra en el documento Identificación de cuencas atmosféricas en México, señalan que es conveniente hacer uso del concepto de cuenca atmosférica en los siguientes casos:

- Las fuentes de emisión y los impactos asociados están localizados en un área geográfica extendida.
- Los problemas de calidad del aire se relacionan a condiciones ecológicas, meteorológicas y topográficas que son comunes a un área.
- El transporte atmosférico de los contaminantes hacia adentro y hacia fuera de un área definible ocurre de manera regular.
- Se requieren esquemas regionales de gestión, complementarios a los definidos en la normatividad vigente.
- Se requiere de la participación de tomadores de decisiones de más de una entidad federativa.

Del mismo modo, señalan ventajas como:

- Carácter preventivo.
- Aseguramiento de una buena calidad del aire en el largo plazo (25 años).
- Basado en la dinámica atmosférica y no en fronteras políticas.
- Contempla a todos los contaminantes al mismo tiempo.
- Propicia el desarrollo de agendas ambientales conjuntas en varias entidades.
- Permite el establecimiento de mercados de emisiones.



### 3.2.1 Declaratoria del Valle de Aburrá como cuenca atmosférica

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en el entendimiento de que las emisiones de contaminantes pueden viajar por todo el valle y en algunos momentos los altos niveles de contaminación del aire podían poner en peligro la salud de la población, decidió declarar todo el Valle de Aburrá como una cuenca atmosférica con problemas de contaminación por partículas (Acuerdo Metropolitano 08 de 2011), lo cual motivaba las actuaciones de prevención y control de la contaminación sobre toda la cuenca y no de manera sectorizada.

### 3.3 PIGECA

Desde hace más de dos décadas, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, entidad con funciones de articulación de la planeación, de autoridad ambiental urbana y autoridad de transporte público colectivo metropolitano y masivo de pasajeros, viene adelantando diferentes estrategias ambientales integradas orientadas a disminuir la contaminación del aire en el Valle de Aburrá, teniendo actualmente como referente el Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire 2017- 2030 (PIGECA), adoptado mediante Acuerdo Metropolitano 16 del 2017.

El PIGECA contempla objetivos, metas y ejes estratégicos, con acciones ambientales integradas, que permitirán en el corto, mediano y largo plazo, la reducción de emisiones y mejoras en la calidad del aire. A continuación, se presentan sus diez ejes temáticos y cinco ejes transversales, de los cuales se desprenden las líneas de acción y sus respectivas medidas (AMVA-CAI, 2018).

#### Ejes temáticos:

1. Fortalecimiento, generación y aprovechamiento del conocimiento científico y la tecnología.
2. Planeación y ordenamiento territorial con criterios de sostenibilidad.
3. Reducir el impacto ambiental de los viajes motorizados y modelo de movilidad más eficiente.
4. Transformación hacia una movilidad eficiente y de bajas emisiones.
5. Industria y servicios, competitivos y de bajas emisiones.

6. Incremento de espacios verdes y arbolado urbano y protección de ecosistemas regionales.
7. Efectividad y cobertura en el control y sanciones a agentes contaminantes.
8. Atención oportuna y eficaz a episodios de contaminación del aire.
9. Protección y transformación de zonas sensibles a la contaminación.
10. Sistema de cargas y beneficios a agentes en función de su aporte positivo o negativo a la calidad del aire.

**Ejes transversales:**

1. Diálogo, articulación y corresponsabilidad.
2. Pedagogía, educación y cultura ciudadana.
3. Comunicación pública.
4. Marco regulatorio actualizado y fortalecido.
5. Seguimiento y control.

El documento completo del PIGECA se encuentra publicado en el siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Paginas/Gestion-integral/PIGECA.aspx>.

Adicionalmente, para el seguimiento al PIGECA, se tienen publicado indicadores en el siguiente enlace:

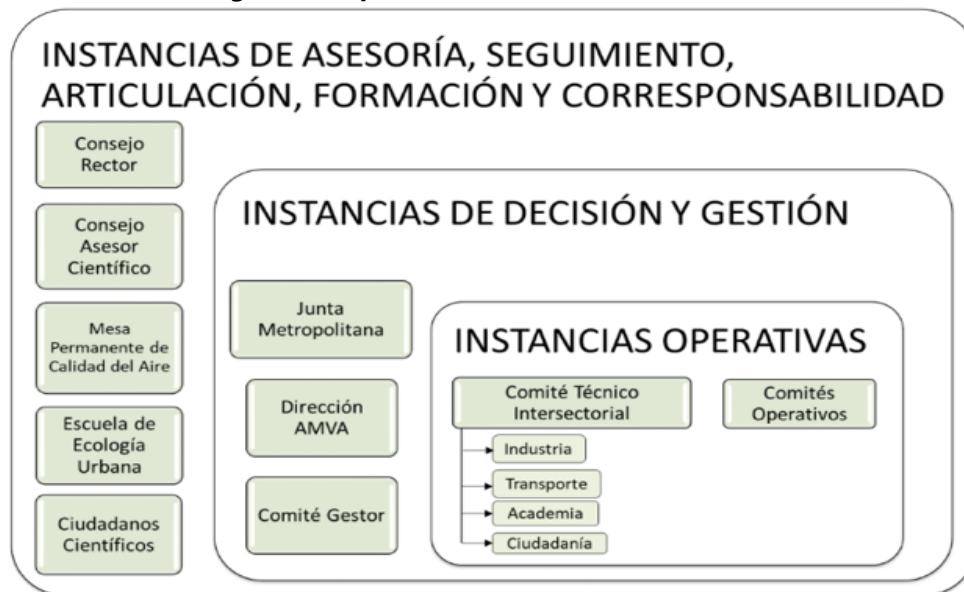
<https://www.metropol.gov.co/observatorio/Paginas/tableros.aspx?idtablero=12>

### 3.3.1 Gobernanza del PIGECA

Mediante la Resolución Metropolitana 334 de 2019, se definió una de las herramientas fundamentales para la implementación y seguimiento al PIGECA: la Gobernanza, la cual, en una problemática como la de la Calidad del Aire, es entendida como *“un proceso de coordinación de actores, de grupos sociales y de instituciones con la intención de alcanzar unos objetivos debatidos que se han discutido colectivamente y se han definido en entornos fragmentados, y cuyo resultado tiene un impacto directo sobre la vida, las normas y la estructura social de las ciudadanas y los ciudadanos de nuestras metrópolis”* (Tomàs, 2020).

La Gobernanza, es vital para lograr conciencia, corresponsabilidad y una adecuada articulación y participación de los actores públicos, privados, la academia y la ciudadanía, con el objetivo de mejorar las condiciones atmosféricas de la región metropolitana del Valle de Aburrá. En la Figura 2 se presenta el esquema planteado para la gobernanza del PIGECA.

**Figura 2. Esquema de Gobernanza del PIGECA**



### 3.4 POECA

El Plan operacional para enfrentar episodios de contaminación atmosférica -POECA, fue adoptado a través del Acuerdo Metropolitano 04 de 2018, con el fin de implementar acciones que permitieran mitigar las emisiones y facilitar el alistamiento de las autoridades en caso de alcanzar niveles de contaminación atmosférica que ameriten la declaratoria de un nivel de Prevención, Alerta o Emergencia, durante los periodos de gestión de episodios de contaminación, los cuales son periodos permanentes a establecer en las dos (2) épocas del año más desfavorables para la dispersión de contaminantes en el Valle de Aburrá, regularmente **febrero – abril** y **octubre – noviembre**

Los niveles de Prevención, Alerta y Emergencia, los adopta el Acuerdo Metropolitano 04 de 2018 de la Resolución 2254 de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible (MADS). Los rangos de concentración para la declaratoria de los niveles de Prevención, Alerta y Emergencia se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para los niveles de Prevención, Alerta o Emergencia.**

Contaminante	Tiempo de exposición	Prevención	Alerta	Emergencia*
PM <sub>10</sub>	24 horas	155 - 254	255 - 354	$\geq 355$
PM <sub>2.5</sub> **	24 horas	38 - 55	56 - 150	$\geq 151$
O <sub>3</sub>	8 horas	139 - 167	168 - 207	$\geq 208$
SO <sub>2</sub>	1 hora	198 - 486	487 - 797	$\geq 798$
NO <sub>2</sub>	1 hora	190 - 677	678 - 1221	$\geq 1222$
CO	8 horas	10820 - 14254	14255 - 17688	$\geq 17689$

**Fuente:** Resolución 2254 de 2017 (MADS)

Al momento de la expedición del Acuerdo Metropolitano 04 de 2018 no eran previsible las contingencias, restricciones y efectos derivados de una pandemia, como la declarada en el primer trimestre de 2020 por el gobierno nacional mediante el Decreto 417 del 17 de marzo de 2020, que conllevó a la adopción de medidas tomadas en todos los niveles territoriales, afectando y/o interviniendo las condiciones de vida de los ciudadanos, mismas que obligan a actuar de forma diferente en relación con el POECA.

En virtud de lo anterior, se expidieron los Acuerdos Metropolitanos 16 de 2020 del 28 de septiembre de 2020 y 01 del 09 de febrero de 2021, a través de los cuales se modificó el artículo 27 del Acuerdo Metropolitano 04 de 2018, en atención a que las medidas contempladas en este último, resultan incompatibles con las recomendaciones adoptadas por la OMS y las medidas adoptadas por el gobierno nacional, departamental y los gobiernos municipales referentes al distanciamiento social y capacidad máxima en los sistemas de transporte público de pasajeros del Valle de Aburrá en el marco del manejo de la pandemia por Coronavirus COVID-19.

En consecuencia, fue necesario a través de los actos administrativos en mención, flexibilizar transitoriamente las 'estrategias de reducción de emisiones en el sector transporte y movilidad' establecidos en dicho artículo, en aras de lograr una aplicación armónica de las referidas



normas de salud pública tendientes a contener la pandemia COVID-19 y las acciones definidas en el POECA.

Las medidas a implementar en los niveles de Prevención, Alerta y Emergencia pueden ser consultadas en los acuerdos metropolitanos 04 de 2018, 16 de 2020 y 01 de 2021, a las cuales se accede a través del siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Paginas/Normatividad/Normatividad.aspx>

### 3.5 RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

La Entidad tiene como principal herramienta para la gestión del riesgo, el Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá - SIATA, un proyecto de Ciencia y Tecnología, que cuenta con el apoyo y los aportes de EPM e ISAGEN. Desde el proyecto SIATA se garantiza la continua y correcta operación de la red de monitoreo de variables de contaminación del aire y de otras variables atmosféricas que permiten el análisis holístico del comportamiento de la calidad del aire y el diagnóstico de las potenciales fuentes externas que afectan este recurso natural, en la región metropolitana. Es importante anotar que la red de monitoreo de calidad del aire del valle de Aburrá está acreditada por el IDEAM (Resolución 159 del 14 de febrero de 2019).

#### 3.5.1 Estaciones de monitoreo de calidad del aire

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Valle de Aburrá-REDMCA cuenta con 39 estaciones de calidad de aire (contaminantes químicos) distribuidas en los 10 municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá. En estas estaciones funcionan equipos tanto automáticos como manuales, los cuales permitieron hacer seguimiento de los contaminantes criterio definidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), así como de los niveles de *black carbon* (carbono negro) y BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno). Adicional a las estaciones de calidad de aire, operan 8 estaciones en las que se realiza seguimiento de los niveles de presión sonora en 4 municipios del área metropolitana.

La red se encuentra conformada por 24 equipos de monitoreo de material particulado menor de 2.5 micrómetros (PM2.5), contaminante crítico de la región, de los cuales, 22 equipos son automáticos y 2 son manuales; 19 equipos de medición de material particulado menor de 10 micrómetros (PM10), 9 automáticos y 10 manuales; 1 equipo de medición de material particulado menor de 1 micrómetro (PM1); 1 medidor de BETX; 2 equipos de medición de *black carbón*; 9 analizadores de ozono (O<sub>3</sub>), 7 analizadores de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>); 2 analizadores de monóxido de carbono (CO), 1 analizador de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y 1 equipo para el conteo de partículas

### 3.6 INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO

El inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá es una herramienta para la toma de decisiones, que contiene información fundamental para el entendimiento de la formación y el transporte de contaminantes, para la gestión y pronóstico de la calidad del aire. Se considera que los inventarios de emisiones de fuentes antropogénicas están compuestos principalmente por el consumo de energía fósil (incluyendo vehículos) y los procesos de producción industrial (Zhang, Wei, Tian, & Yang, 2008). Es así como los inventarios de emisiones atmosféricas elaborados para el Valle de Aburrá se han enfocado principalmente en estos dos tipos de fuentes.

El AMVA viene realizando inventarios de emisiones desde el año 1996, y procura que su actualización se realice cada dos años. El inventario más reciente fue realizado en el marco del Contrato 1179 de 2018 con la Universidad Pontificia Bolivariana (AMVA-UPB, 2020), y puede ser consultado en el siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Inventario-de-emisiones/Inventario-de-Emisiones-2018.pdf>

#### 3.6.1 Fuentes móviles

Es importante anotar, que el informe "Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2018" (AMVA-UPB, 2020) presenta los resultados de fuentes móviles agregados para todo el Valle de Aburrá, ya que considera toda la región metropolitana como volumen de control teniendo en cuenta que los viajes tienen origen y destino en los diez municipios del Valle.



Así, los principales resultados de emisiones de fuentes móviles se presentan a continuación.

### 3.6.1.1 Parque automotor

El parque automotor para el año 2018 estaba conformado por 1,550,973 vehículos; de los cuales el 54.58% son motocicletas (53.30% motos 4T y el 1.27% a motos 2T); el 38.26% son automóviles, y el 7.16% restante está compuesto por camiones (1.97%), taxis (1.96%) autos servicio especial (1.18%) y buses servicio especial (0.93%).

**Tabla 3. Composición del parque automotor del Valle de Aburrá, año 2018**

Categoría vehicular	Total	Porcentaje
Autos	593,465	38.26%
Taxis	30,429	1.96%
Autos servicio especial	18,349	1.18%
Buses	5,292	0.34%
Buses servicio especial	14,449	0.93%
Camiones	30,571	1.97%
Motocicletas 2 Tiempos	19,765	1.27%
Motocicletas 4 Tiempos	826,714	53.30%
Metroplús	448	0.03%
Tractocamiones	6,528	0.42%
Volquetas	4,963	0.32%
Total	1,550,973	100%

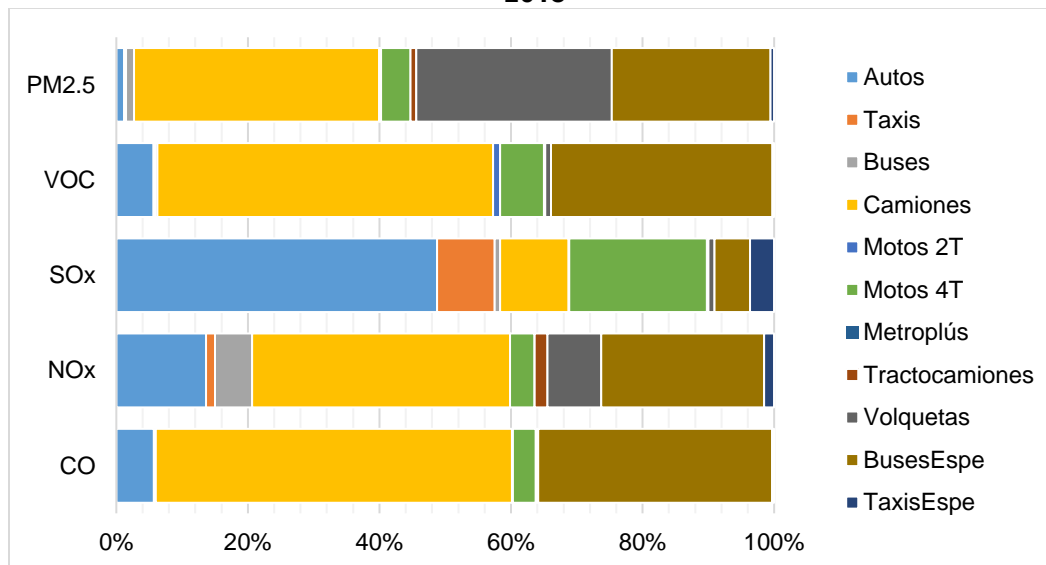
### 3.6.1.2 Emisiones de fuentes móviles

La Tabla 4 presenta las emisiones de contaminante criterio discriminadas por categoría vehicular. Los camiones, volquetas y buses especiales son los mayores emisores de material particulado fino PM2.5. En cuanto a los compuestos orgánicos volátiles (VOC), las categorías camiones y buses especiales son los de mayor aporte al igual que para el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Finalizando, las categorías que más aportan a los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) son los autos y las motos con cerca del 70.0% tal como se muestra en la Figura 3.

**Tabla 4. Emisiones de contaminantes criterio por categoría vehicular, año 2018 (ton/año)**

Categoría	Monóxido de carbono- CO	Óxidos de nitrógeno- NO <sub>x</sub>	Óxidos de azufre- SO <sub>x</sub>	Compuestos orgánicos volátiles- VOC	Material particulado menor de 2.5 micrómetros- PM2.5
Autos	32,189	2,256	70	1,846	31
Taxis	873	223	13	79	7
Autos servicio especial	1,767	254	5	84	15
Buses	613	935	1	112	33
Buses servicio especial	200,133	4,091	8	11,023	633
Camiones	304,771	6,474	15	16,707	978
Motos 2T	828	1	0	353	8
Motos 4T	19,421	608	30	2,189	118
Metroplús	117	11	0	1	0
Tractocamiones	273	319	0	52	23
Volquetas	1,572	1,351	1	290	780
Total	562,557	16,522	144	32,736	2,625

**Figura 3. Distribución de emisiones de contaminantes criterio por categoría vehicular, año 2018**



La gasolina es el principal responsable por las emisiones de gases como CO, SO<sub>x</sub> y VOC, con el 94%, 93% y 94% respectivamente. El diésel es el principal aportante de NO<sub>x</sub> y PM2.5 con el 63% y el 90% de las emisiones de estos contaminantes. El Gas Natural Vehicular-GNV por su parte hace una contribución principal a las emisiones de CO con el 4% y en un 2% al NO<sub>x</sub>.

**Tabla 5. Emisiones de contaminantes criterio por tipo de combustible, año 2018 (ton/año)**

Combustible	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	VOC	PM2.5
Gasolina	529,077	5,819	134	30,709	248
Diésel	10,742	10,357	11	1,921	2,371
GNV	22,738	347	0	105	6
Total	562,557	16,522	144	32,736	2,625

### 3.6.2 Fuentes fijas

A diferencia del inventario de emisiones de fuentes móviles, las emisiones de fuentes fijas sí se encuentran desagregadas por municipio. En el informe "Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2018" (AMVA-UPB, 2020) se presentan las emisiones de las fuentes fijas asentadas en el área urbana del Valle de Aburrá, y a través del Contrato 835 de 2020 con la Universidad Pontificia Bolivariana se realizó la integración de los inventarios de emisiones de fuentes fijas con año base 2018, para las fuentes asentadas en área urbana (jurisdicción del AMVA) y rural (jurisdicción de Corantioquia) (AMVA-UPB, 2021). El informe completo puede ser consultado en el siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Inventario-de-emisiones/Inventario-Integrado-Urbano-Rural-2018.pdf>

Los principales resultados de este inventario se presentan a continuación.

#### 3.6.2.1 Caracterización de las empresas

En el Valle de Aburrá se encontró un total de 2,339 fuentes asociadas a 773 empresas, para aquellos procesos con emisiones atmosféricas que cuentan con seguimiento por parte de cada autoridad ambiental, de las cuales en las zonas rurales se encuentran asentadas 75 empresas con 201 fuentes, mientras que en las zonas urbanas están presentes 698 empresas asociadas a 2,138 fuentes. En el municipio de Medellín se encuentran asentadas 332 empresas en área urbana (AMVA) y 17 empresas en área rural (Corantioquia), para un total

de 349 empresas. En cuanto a las fuentes de emisión, existen 861 fuentes en área urbana y 35 fuentes en área rural, para un total de 896 fuentes (ver Tabla 6).

**Tabla 6. Empresas y fuentes de emisión por jurisdicción en el municipio de Medellín, año 2018**

Empresas		Fuentes	
AMVA	Corantioquia	AMVA	Corantioquia
332	17	861	35
349		896	

En relación con la caracterización de fuentes por sector industrial para el municipio de Medellín, el 36% de ellas pertenecen al sector Bebidas, alimentos y tabaco (BAT), el 15% a Otras industrias (OTR), el 10% al sector Textil (TXT), el 10% al sector metalmecánico, y el 29% restante a otros tipos de sectores industriales (ver Tabla 7).

**Tabla 7. Caracterización de fuentes por sector industrial, municipio de Medellín, año 2018**

Sector industrial	Cantidad	Porcentaje
BAT	320	36%
TXT	93	10%
CVL	33	4%
PAP	11	1%
QMC	62	7%
PCE	50	6%
MMC	93	10%
CUR	8	1%
ASF	9	1%
TER	61	7%
MAD	26	3%
OTR	130	15%
Total	896	100%

BAT: *bebidas, alimentos y tabaco*; TXT: *textil y confección*; CVL: *cerámicos y vítreos*; PAP: *papel, cartón, pulpa e impresión*; PCE: *plásticos, cauchos y empaques*; MMC: *metalmecánico*; QMC: *químico*; CUR: *cueros*; ASF: *derivados del petróleo*; TER: *terciario*; MAD: *aserríos, depósitos de maderas, e industrias que trabajan la madera*; OTR: *otras industrias*.

### 3.6.2.2 Emisiones de fuentes fijas

La Tabla 8 presenta las emisiones de contaminantes criterio producidas en Medellín y en el Valle de Aburrá, tanto en área urbana como rural. Se observa que en Medellín se emite entre el 24 y el 30% de los contaminantes CO, NO<sub>x</sub>, PM, PM10 y PM2.5, cerca del 7% de los SO<sub>x</sub> y VOC, y el 40% del PM1 y los compuestos orgánicos volátiles no metánicos-NMVOC.

**Tabla 8. Emisiones de contaminantes criterio de fuentes fijas en el municipio de Medellín, año 2018**

Contaminante	Jurisdicción	Medellín (ton/año)	Valle de Aburrá (ton/año)	Porcentaje Medellín
CO	AMVA	847.1	3,228.0	26%
	COR	525.6	2,007.0	26%
	Total	1,372.7	5,235.0	26%
NO <sub>x</sub>	AMVA	600.5	2,346.0	26%
	COR	73.4	294.0	25%
	Total	673.9	2,640.0	26%
SO <sub>x</sub>	AMVA	163.9	3,376.0	5%
	COR	129.1	445.0	29%
	Total	293.0	3,821.0	8%
VOC	AMVA	501.2	7,109.0	7%
	COR	29.3	1,596.0	2%
	Total	530.5	8,705.0	6%
PM	AMVA	233.8	1,243.0	19%
	COR	216.1	629.0	34%
	Total	449.9	1,872.0	24%
PM10	AMVA	64.7	385.0	17%
	COR	111.7	245.0	46%
	Total	176.4	630.0	28%
PM2.5	AMVA	36.8	248.0	15%
	COR	91.6	183.0	50%
	Total	128.4	431.0	30%
PM1	AMVA	32.1	69.0	47%
	COR	1.1	3.0	37%
	Total	33.2	72.0	46%
NMVOC	AMVA	2,246.3	5,573.0	40%
	COR	13.8	77.0	18%
	Total	2,260.1	5,650.0	40%

### 3.7 INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En el marco del proyecto **“Catalizar la implementación local de la acción climática: liberar el potencial de las ciudades”**, formulado y ejecutado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés) y financiado por el Fondo Climático Internacional – ICF del Gobierno Británico a través del Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial (BEIS por sus siglas en inglés); se construyó un inventario de GEI para el valle de Aburrá, donde se consideraron las emisiones de los años 2016, 2017, 2018 y 2019.

Los resultados se muestran para cada municipio del valle de Aburrá, y agregados para toda la región, y se presentan para los sectores Energía estacionaria, Transporte, Residuos y AFOLU (agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra).

Este inventario de GEI fue desarrollado entre marzo de 2020 y enero 2021, fue liderado por WWF, y contó con la participación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y también está disponible para consulta pública en el siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/Inventario-GEI-2016-2019-WWF.pdf>

### 3.8 RUIDO AMBIENTAL

#### 3.8.1 Mapas de ruido ambiental y Plan de Acción

En los años 2018 y 2019 se realizó la actualización de los mapas de ruido ambiental de todos los municipios del Valle de Aburrá y mediante el Acuerdo Metropolitano 24 de 2019 se adoptó el Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación por Ruido en el Valle de Aburrá (2020 – 2030), el cual contempla siete ejes temáticos y seis transversales, donde se abarca de manera integral la gestión de ruido ambiental generada por las principales fuentes del mismo (ruido emitido por el tráfico rodado, el sistema Metro, tráfico aéreo, industrial, construcciones y edificabilidad; impacto en la salud; planificación de territorio; entre otros). Estos mapas de ruido pueden ser consultados en el siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/ruido/biblioteca.aspx>.

Y el Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación por Ruido del Valle de Aburrá se puede descargar del siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/Ruido/Informe-plan-de-accion-final.pdf>

En los mapas actualizados, se calcularon indicadores de ruido a nivel de barrio que permiten ver de manera más precisa la problemática en el territorio, entregando herramientas para la gestión del mismo, cuantificando los niveles de presión sonora y la relación que tienen éstos con la población que puede estar expuesta a dichos niveles en las zonas de conflicto, donde se superan los máximos permisibles por la legislación colombiana.

Estos indicadores tienen como objetivo reducirlos de manera progresiva y sostenida en todo el territorio mediante la implementación del Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación por ruido del Valle de Aburrá. Algunos de estos indicadores se calculan sobre poblaciones estáticas, por lo que implementar medidas en el ordenamiento territorial, teniendo en cuenta los conceptos de objetivos de calidad acústica, un adecuado crecimiento del territorio dentro de los conceptos de ciudades compactas y protección de las distintas edificaciones alrededor de este contaminante, pueden generar reducciones de ruido ambiental.

Los indicadores que fueron calculados son los siguientes:

- **Porcentaje de población urbana expuesta**

El Índice de Calidad Ambiental Urbana (ICAU), evalúa la sostenibilidad ambiental de las áreas urbanas, a través de indicadores que permiten medir y hacer seguimiento a diferentes variables. El ruido se valora en términos de porcentaje de población urbana expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia (%PUAR). El valor de referencia son 65 dB(A) correspondiente al cálculo de Nivel equivalente de ruido ambiental día-noche, LAeq, dn (24 horas), recomendación de la Organización Mundial de la Salud.

Los valores de referencia asociados al porcentaje de la población urbana expuesta al ruido ambiental, según la metodología del ICAU-Índice de Calidad Ambiental Urbana del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, versión 2, agosto 2016, se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9. Calificación %PUAR según metodología del ICAU.**

Valor de referencia	Calificación
Mayor al 4% del total de población urbana (cabecera) expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia	0 – Muy Bajo
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 – Bajo
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 - Medio
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 - Alto
Menor o igual al 1% del total de población urbana (cabecera) expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia	1- Muy Alto

En la Tabla 10 se reporta los resultados de la Población urbana expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia para el periodo correspondiente con el mapa de ruido ambiental, tanto para el día como para la noche para cada municipio.

**Tabla 10. Resumen %PUAR (Población urbana expuesta a ruido ambiental por encima del valor de referencia) por municipio**

Municipio	Total población (cabecera urbana)	Población en conflicto	%PUAR Diurno-Nocturno	%PUAR Diurno (65 dB)	%PUAR Nocturno (55 dB)
Barbosa	21,579	257	1.2	2.1	26.9
Girardota	28,163	927	3.3	7.5	55.2
Copacabana	62,230	3,554	5.7	8.6	38.8
Bello	461,138	37,963	8.2	18.3	76.1
Medellín	2,312,455	225,510	9.8	22.9	69.3
Itagüí	236,688	38,569	16.3	25.3	75.7
Envigado	202,733	7,710	3.8	8.4	63.5
Sabaneta	70,108	947	1.4	4.4	30.9
La Estrella	58,213	2,988	5.1	9.2	45.9
Caldas	61,504	5,766	9.4	13.3	44.8
<b>Total</b>	<b>3,514,811</b>	<b>324,119</b>	<b>9.2</b>	<b>20.3</b>	<b>67.8</b>



- **Indicadores de calidad acústica**

Es importante resaltar que, en la actualización de los mapas de ruido, se hizo el cálculo de indicadores de calidad acústica a nivel de barrio, por lo que es fácil para cada municipio hacer gestión sobre los distintos usos de suelo y planificar el territorio de la mejor forma, donde a futuro haya un menor número de afectaciones relacionadas con este contaminante, lo que permite hacer análisis de mayor detalle, para priorizar las actuaciones en el territorio. En los siguientes apartados se presentan los resultados consolidados para cada uno de los indicadores, tanto para el municipio de Medellín y los barrios aledaños al aeropuerto.

- **Índice de contaminación acústica per cápita ( $A_{TNEM}$ )**

Es un indicador que estima el efecto acumulado que tiene el ruido en las personas dependiendo del sector urbano donde estas se encuentre. Este indicador es útil para identificar zonas donde hay un gran número de personas expuestas a niveles de ruido muy altos debido a todas las actividades humanas, de transporte o industriales. En la siguiente tabla se presenta una clasificación del indicador  $A_{TNEM}$ . A partir esta, es posible determinar el nivel de calidad del ambiente acústico y que tanto se encuentra contaminado.

**Tabla 11. Nivel de calidad de ambiente acústico según  $A_{TNEM}$**

$A_{TNEM}$	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

- **Indicador grupal de ruido ( $G_{dn}$  y  $G_{night}$ )**

Son indicadores que agrupan datos y distribuciones de exposición en un solo valor facilitando su análisis. Son útiles para identificar áreas de contaminación acústica que tengan un alto número de habitantes. Se establece como una zona de calidad acústica baja aquella en el que el indicador  $G_{dn}$  se encuentre por encima de 65 dBA, o también aquella en la que el indicador  $G_{night}$  resulte por encima de 55 dBA.

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

Son indicadores que permiten correlacionar el grado de molestia de la población respecto al ruido en los dos periodos (diurno y nocturno), los cuales son:

%A: Porcentaje de personas molestas.

%HA: Porcentajes de personas muy molestas.

%HSD: Porcentaje de personas perturbadas durante el sueño.

%SD: Porcentaje de personas altamente perturbadas durante el sueño.

En la Tabla 12 se ilustran los resultados obtenidos de los diferentes indicadores de ruido anteriormente mencionados. Los valores resaltados en verde indican niveles en los que el indicador está dentro de los umbrales recomendados, en contraste con el rojo que indica que lo sobrepasa.

**Tabla 12. Resumen de indicadores y descriptores acústicos totales por municipio.**

Municipio	G <sub>dn</sub> (dBA)	G <sub>night</sub> (dBA)	%SD (%)	%HSD (%)	NS%A (%)	NS%HA (%)	ATNEM día	ATNEM noche
Barbosa	60.6	57.3	18.40%	8.56%	22.89%	9.26%	1.21	0
Bello	65.6	62.5	23.80%	12.00%	32.57%	14.90%	1.38	2.13
Caldas	62.8	65	24.40%	12.40%	33.40%	10.50%	2.06	0.85
Copacabana	62.8	60.4	19.80%	9.50%	24.56%	10.40%	1.6	1.15
Envigado	63.5	60.4	21.00%	10.20%	26.80%	11.70%	0.47	0.4
Girardota	63.4	61.1	21.40%	10.40%	27.46%	11.90%	1.02	1.27
Itagüí	66.1	63.2	24.40%	12.40%	33.40%	15.50%	2.19	2.08
La Estrella	62.9	60.2	20.50%	9.90%	25.70%	11.00%	4.23	3.76
Medellín	65.2	62.3	23.20%	11.70%	31.80%	14.70%	2.11	2.2
Sabaneta	67.1	64.5	25.70%	13.20%	35.30%	17.00%	3.25	1.14

Se hizo una correlación de los indicadores de ruido ambiental anteriormente mencionados que permite identificar y priorizar las zonas con mayor contaminación por ruido en el Municipio de Medellín por barrio, de modo que puedan priorizar intervenciones en control y prevención de la contaminación acústica. El informe se encuentra publicado en el siguiente enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/Ruido/An%C3%A1lisis-Indicadores-Ruido-Ambiental-Barrios-%C3%81rea-Metropolitana.pdf>

### 3.8.2 Red de monitoreo de ruido ambiental

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá cuenta con una red de monitoreo de ruido ambiental, que opera las 24 horas, 7 días a la semana. Se tienen 8 estaciones ubicadas en Medellín, Girardota, Itagüí y Sabaneta, en zonas donde se tiene influencia de flujo vehicular y actividades comerciales (locales comerciales, restaurantes, bares y discotecas).

Se realizan mediciones tanto de nivel de presión sonora a diferentes frecuencias, como de parámetros meteorológicos; según lo establecido en la Resolución 627 de 2006. Los resultados de la red se pueden consultar en la página del Sistema de Alerta Tempranas de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA) ingresando a [https://siata.gov.co/siata\\_nuevo/](https://siata.gov.co/siata_nuevo/) en Capas > Redes > Calidad del Aire > Ruido.

En la Tabla 13, se presenta la información de las estaciones ubicadas en el Valle de Aburrá, clasificada según el sector, subsector y los niveles máximos permisibles para los periodos diurno y nocturno, según lo establecido en la Resolución No. 627 de 2006.

**Tabla 13. Estaciones de ruido ubicadas en el Valle de Aburrá y clasificación**

Estación	Sector norma	Característica	Niveles máximos permitidos por norma (dB)*	
			Diurna	Nocturna
MED-SIAT	C	Torre SIATA - Contigua al Estadio Atanasio Girardot (Medellín).	70	55
CEN-TRAF	C	Parqueadero del Museo de Antioquia (Medellín).	80	70
MED-ZOOL	C	Proximidades del Zoológico Santa Fe (Medellín).	65	50
MED-PIJR	B	Politécnico Jaime Isaza Cadavid Medellín.	65	50
GIR-BOTJ	C	Droguería Botica Junín (Girardota).	70	55
ITA-SAMA	C	Santa María (Itagüí).	70	55
ITA-ACUA	C	Acuaparque Ditaires (Itagüí).	70	55
SAB-SEMS	C	Secretaría de Educación (Sabaneta).	70	55



### **3.9 NORMATIVAS METROPOLITANAS RELACIONADAS CON EL COMPONENTE ATMOSFÉRICO PARA TENER EN CUENTA EN LA ELABORACIÓN DE EIA Y/O PMA**

#### **3.9.1 Acuerdo Metropolitano 16 de 2017**

Por el cual se adopta el Plan de gestión integral de la calidad del aire en el Valle de Aburrá -PIGECA, y se toman otras determinaciones. Disponible en el enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/PIGECA/Acuerdo-16-de-2017-PIGECA.pdf>

#### **3.9.2 Acuerdo Metropolitano 04 de 2018**

Por el cual se deroga el Acuerdo Metropolitano 15 de 2016 y se adopta el nuevo protocolo del Plan operacional para enfrentar episodios de contaminación atmosférica -POECA, en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Acuerdo-metropolitano%2004-2018-adopcion-POECA.pdf>

##### **3.9.2.1 Acuerdo Metropolitano 03 de 2019**

Por el cual se modifica el Acuerdo Metropolitano 04 de 2018 que aprueba y adopta el Protocolo del Plan Operacional para Enfrentar Episodios de Contaminación Atmosférica en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Acuerdo-Metropolitano-03-de-2019.pdf>

##### **3.9.2.2 Acuerdo Metropolitano 16 de 2020**

Por el cual se modifica el artículo 27 del Acuerdo Metropolitano 04 de 2018 que aprueba y adopta el Protocolo Operacional para Enfrentar Episodios de Contaminación atmosférica. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Acuerdo-Metropolitano-16-de-2020.pdf>

### **3.9.2.3 Acuerdo Metropolitano 01 de 2021**

Por el cual se modifica el párrafo transitorio del artículo 27 del Acuerdo Metropolitano 04 de 2018 que aprueba y adopta el Protocolo del POECA en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Acuerdo-Metropolitano-01-de-2021.pdf>

### **3.9.3 Acuerdo Metropolitano 04 de 2019**

Por el cual se adopta el Plan de acción ante el cambio y la variabilidad climática del Área Metropolitana del Valle de Aburrá 2019-2030 -PAC&VC-. Disponible en el enlace:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Acuerdo-Metropolitano-04-de-2019.pdf>

### **3.9.4 Acuerdo Metropolitano 24 de 2019**

Por el cual se adopta el Plan de acción para la prevención y control de la contaminación por ruido del Valle de Aburrá y se toman otras determinaciones.

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/Ruido/acuerdo-24-de-2019-firmado.pdf>

### **3.9.5 Resolución Metropolitana 912 de 2017**

Por medio de la cual se adoptan medidas en el sector industrial que contribuyan al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/GacetaVirtual/2017/Mayo%202017/Resoluci%C3%B3n%202017%2020000912.pdf>

### **3.9.5.1 Resolución Metropolitana 002 de 2019**

Por medio de la cual se modifica la Resolución Metropolitana 912 del 19 de mayo de 2017, relacionada con las medidas en el sector industrial que contribuyan al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

[https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resoluci%C3%B3n%20Metropolitana%20002\\_2019%20-%20Modificaci%C3%B3n%20912\\_2017.pdf](https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resoluci%C3%B3n%20Metropolitana%20002_2019%20-%20Modificaci%C3%B3n%20912_2017.pdf)

### **3.9.6 Resolución Metropolitana 1379 de 2017**

Por medio de la cual se adoptan los Planes de Movilidad Empresarial Sostenible -Planes MES- como una medida que contribuye al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire y la movilidad en jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resolucion-metropolitana-1379-2017-planes-mes.pdf>

#### **3.9.6.1 Resolución Metropolitana 171 de 2018**

Por medio de la cual se modifica parcialmente la Resolución Metropolitana 1379 de 2017. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/movilidad/Documents/resolucion-2018-000171-prorroga-pmes.pdf>

#### **3.9.6.2 Resolución Metropolitana 2036 de 2019**

Por medio de la cual se modifica parcialmente la Resolución Metropolitana 1379 de 2017. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/movilidad/SiteAssets/Paginas/movilidad-activa/acciones-de-promocion/planes-mes/Resolucio%CC%81n%20Planes%20MES%20Modificacio%CC%81n%20No.%202.pdf>

### **3.9.7 Resolución Metropolitana 2231 de 2018**

Por medio de la cual se declaran unas zonas urbanas de aire protegido -ZUAP- dentro de la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resolucion-metropolitana-2231-2018-ZUAP.pdf>

### **3.9.8 Resolución Metropolitana 2712 de 2019**

Por medio de la cual se declaran unas Zonas Urbanas de Aire Protegido por emisiones de Fuentes Fijas – ZUAP- dentro de la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resolucion-Metropolitana-2712-2019.pdf>

#### **3.9.8.1 Resolución Metropolitana 3770 de 2019**

Por medio de la cual se modifica parcialmente la Resolución Metropolitana 2712 de 2019 en la que se declaran unas Zonas Urbanas de Aire Protegido por emisiones de Fuentes Fijas – ZUAP- dentro de la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

[https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resoluci%C3%B3n\\_2019%203770%20modifica%202712.pdf](https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resoluci%C3%B3n_2019%203770%20modifica%202712.pdf)

### **3.9.9 Resolución Metropolitana 911 de 2017**

Por medio de la cual se requiere una información sobre el parque automotor de las empresas que movilizan carga propia, contratan o prestan servicio de transporte en esta modalidad en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resolucion-911-Veh%C3%ADculos-Carga.pdf>

### 3.9.9.1 Resolución Metropolitana 901 de 2019

Por medio de la cual se adopta una decisión sobre la Resolución Metropolitana 911 de 2017. Disponible en:

<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resolucion-Metropolitana-901-2019-Carga.pdf>



#### 4 REFERENCIAS

- AMVA-CAI. (2018). *Plan integral de gestión de la calidad del aire 2017-2030*. Medellín.
- AMVA-EAFIT. (2022). *Informe anual de calidad del aire 2021*. Medellín.
- AMVA-UPB. (2020). *Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2018*. Medellín.
- AMVA-UPB. (2021). *Informe unificado de los inventarios de emisiones en fuentes fijas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y Corantioquia año base 2018*. Medellín.
- Caetano, E., & Iniestra, R. (2008). *Identificación de cuencas atmosféricas en México*. México D.C.
- MADS. (2010). *Manual de diseño de sistemas de vigilancia de calidad del aire*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales*. Bogotá D.C.
- Montero Monge, J. A. (2017). *Desarrollo de una metodología para la evaluación de la calidad del aire ambiente en Costa Rica mediante el empleo de estaciones móviles de monitoreo*. San José.
- Tomàs, M. (2020). *Modelos de Gobernanza Metropolitana*. Barcelona.
- WWF-IDEAM. (2021). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del Valle de Aburrá*. Bogotá D.C.
- Zhang, Q., Wei, Y., Tian, W., & Yang, K. (2008). GIS-based emission inventories of urban scale: A case study of Hangzhou, China. *Atmospheric Environment*, 5150–5165.