

RESOLUCIÓN METROPOLITANA N° D

"Por medio de la cual se deroga la Resolución Metropolitana 912 del 19 de mayo de 2017 y la Resolución Metropolitana 002 del 02 de enero de 2019 que la modificó, relacionadas con las medidas dirigidas al sector industrial, con el fin de contribuir al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá"

EL DIRECTOR DEL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

En ejercicio de sus facultades constitucionales y legales, en especial las que le confiere las Leyes 99 de 1993, 1454 de 2011, 1625 de 2013, y en los Artículos 4° y 5° del Acuerdo Metropolitano 008 de 2011, en concordancia con el Artículo 7°, literal k) del Acuerdo Metropolitano 10 de 2013 y demás normas vigentes, concordantes y reglamentarias, y

CONSIDERANDO

Que la Constitución Política de Colombia establece que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano; que la ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo y que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines; que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; que deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que el Principio de Precaución se encuentra previsto en la Ley 99 de 1993 y en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, aprobada mediante la Ley 164 de 1994, y establece que es necesario tomar todas las medidas que eviten los riesgos y las consecuencias que vayan en contra de la comunidad, por lo tanto, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de acciones eficaces para impedir la degradación del medio ambiente. De igual manera, se puede afirmar que el Principio de Precaución es uno de los pilares fundamentales del principio de desarrollo sostenible y del deber de protección al medio ambiente.

Que de acuerdo con la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire

expedida en el año 2010 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en Colombia existe una conciencia actual y creciente relacionada con la problemática y degradación ambiental que genera la contaminación atmosférica; esta preocupación ha tomado fuerza en los últimos años debido al incremento de los efectos que se han causado a la salud de las personas y al medio ambiente más aún cuando es conocido que las pérdidas causadas anualmente en el país por la contaminación local del aire, ascienden a 1,5 billones de pesos, que incluyen afectaciones por cáncer, asma, bronquitis crónica, desórdenes respiratorios y aumento de muertes prematuras, entre otros.

Que según lo previsto en el Artículo 31°, numeral 2°, en concordancia con el Artículo 66° de la Ley 99 de 1993 y con el Artículo 7°, literal k), el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, ejerce como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano de los municipios que la conforman.

Que la Ley 99 de 1993 Artículo 63° y las sentencias C-894 de 2003 y C-554 de 2007 de la Corte Constitucional establecen que en virtud del principio de rigor subsidiario, las Autoridades Ambientales Regionales podrán establecer normas y medidas de policía ambiental para regular el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables que sean sucesiva y respectivamente más rigurosas, pero no más flexibles, que las normas vigentes en un ámbito territorial más amplio como el nacional, cuando las circunstancias locales así lo ameriten.

Que los niveles de calidad del aire que a diario se presentan en el Valle de Aburrá, algunas veces resultan ser nocivos para la salud del habitante metropolitano. Los registros arrojados por la red de monitoreo de calidad del aire evidencian una problemática asociada al PM2.5 (material particulado inferior a 2.5 micrómetros o partículas finas), contaminante que está en el centro de la preocupación a nivel internacional por su impacto en la salud. El PM2.5 constituye la fracción fina del PM10 (material particulado inferior a 10 micrómetros) y es emitido directamente en todos los procesos de combustión. También puede formarse en el aire a partir de la transformación química de gases de combustión como los óxidos de nitrógeno (NO_x), los óxidos de azufre (SO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs).

Que existe evidencia científica internacional sobre el vínculo entre la exposición a las partículas finas (o en combinación con otros contaminantes) y un aumento de la mortalidad prematura y el agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes; lo que ha ameritado que sea la autoridad ambiental urbana la que tome decisiones con base en el principio ambiental de precaución.

Que en el país se cuenta con el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental 1076



de mayo 2015, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y direcciona las actuaciones para la protección de los recursos naturales, entre ellos el aire.

Que la Resolución 909 de 2008, modificada por la Resolución 1377 del 9 de junio de 2015, expedidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establecen los límites máximos permisibles para fuentes fijas.

Que teniendo en cuenta lo anterior, la Entidad en su Plan de Gestión 2020-2023 “Futuro Sostenible”, relaciona en el programa 5, la Gestión Inteligente del Aire, que busca reducir la contaminación del aire en los municipios del Valle de Aburrá, mediante la implementación para el cuatrienio del componente programático y medidas del Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de Aburrá 2017-2030 (PIGECA) y del Plan de Acción para la prevención y control del ruido.

Que el PIGECA, adoptado mediante Acuerdo Metropolitano N°16 de 2017, es el Plan rector que tiene como objetivo mejorar progresivamente la calidad del aire, para salvaguardar la salud pública y proteger el ambiente, así como para elevar el bienestar social y propiciar un desarrollo metropolitano sostenible. El PIGECA ha sido estructurado alrededor de 5 ejes transversales y 10 ejes temáticos; a su vez, cada pilar y eje estratégico está integrado por una serie de líneas de acción.

Que es así como el PIGECA en su Eje temático 5, referido a una Industria y Servicios competitiva y de bajas emisiones, se dirige a fortalecer el marco de políticas, y para asegurar que la industria y los servicios que operan en el Valle de Aburrá reduzcan sus emisiones a través de estrategias tales como mejora de procesos, instalación y optimización de sistemas de control de emisiones, mejora y sustitución de combustibles, control de emisiones evaporativas y fugitivas, sustitución de materias primas, y mejora de su eficiencia energética y operativa, entre otras. El propósito es propiciar una industria y servicios de bajas emisiones que sean al mismo tiempo más productiva y competitiva, en dirección hacia un desarrollo sostenible, de bajas emisiones en estos sectores.

Que consecuente con lo anterior, el Plan Operacional para enfrentar Episodios de Contaminación Atmosférica en el Valle de Aburrá (POECA), adoptado mediante Acuerdo 04 de 2018, es un Eje Temático del PIGECA, que comprende un conjunto de medidas tendientes a reducir los niveles de contaminación en el corto plazo, con el fin de prevenir los efectos adversos a la salud de la población por la exposición a altos índices de contaminación.

Que de acuerdo con los resultados de la herramienta del Inventario de emisiones atmosféricas realizado con año base 2018, las fuentes fijas aportan el 96% de las emisiones de óxidos de azufre (SO_x), el cual constituye un gas precursor en la formación



de PM2.5 en la atmósfera, denominado material particulado secundario, por lo tanto, los esfuerzos de reducción de la contaminación deberán considerar el control tanto de las emisiones primarias de PM2.5 como de sus gases precursores.

Que el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, además del control a las emisiones a la atmósfera, mediante la aplicación de la normativa nacional -Resolución 909 de 2008-, ha expedido también normativas locales como es la Resolución Metropolitana 912 de 2017, con el fin reducir las emisiones aportadas por el sector industrial, desde los procesos de combustión externa donde se busca el mejoramiento continuo y la optimización en la producción y el uso de la energía y la forma como se movilizan los colaboradores, imponiendo la obligación a algunas empresas de implementar Planes Empresariales de Movilidad Sostenible como es la Resolución Metropolitana 1379 de 2017.

Que mediante la Resolución Metropolitana 912 de 2017 dirigida a las instalaciones cuyos procesos industriales generen emisiones atmosféricas, en función de su tamaño y de sus emisiones, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá adoptó medidas que buscan propiciar un desarrollo industrial bajo en emisiones atmosféricas y de gases efecto invernadero en la jurisdicción de los municipios que la conforman.

Que así mismo, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, adelantó una prueba piloto con cuatro empresas de su jurisdicción, a las cuales se les instalaron sistemas de monitoreo continuo de emisiones atmosféricas, con la que se pretendía identificar la viabilidad técnica, económica y de gestión, de utilizar equipos instrumentales para la evaluación permanente -en tiempo real- de las emisiones atmosféricas generadas por procesos de combustión externa (hornos y calderas).

Que durante la etapa de implementación de la Resolución Metropolitana 912 de 2017, se recogieron las observaciones planteadas por las empresas una de las cuales motivaron una modificación inicial a la mencionada norma, mediante la Resolución Metropolitana 002 de 2019, en relación con el control al consumo del gas natural.

Que de acuerdo con la experiencia de implementación de la Resolución Metropolitana 912 de 2017, se identificaron puntos a mejorar que potencializarían el impacto de esta resolución, en cuanto al entendimiento por parte del industrial de la importancia del mejoramiento de la eficiencia energética y buenas prácticas de producción, y la consecuente disminución en las emisiones de contaminantes atmosféricos, además de la necesidad de entregar de una manera más comprensible algunos conceptos técnicos relacionados con los procesos de combustión en hornos y calderas.

Que de acuerdo con lo expuesto anteriormente, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, como autoridad ambiental urbana en su jurisdicción, encuentra necesario adoptar una

nueva reglamentación que se ajuste a las condiciones actuales en materia de Gestión Integral de la Calidad del Aire, derogando la Resolución Metropolitana 912 de 2017 y la Resolución Metropolitana 002 de 2019 que la modificó, con el fin de contribuir al desarrollo de una gestión integral de la calidad del aire en el Valle de Aburrá, protegiendo el derecho a un ambiente sano de las personas, como deber constitucional del Estado en materia ambiental.

Que las revisiones a la Resolución metropolitana 912 de 2017 y a la Resolución Metropolitana 002 de 2019, contaron con el aporte de expertos locales, fueron enviadas previamente a gremios y consultores y ajustadas de conformidad con aquellas propuestas que fueron consideradas pertinentes.

RESUELVE

Artículo 1. Objeto. Por medio de la presente resolución se adoptan medidas que contribuyan al desarrollo de una Gestión Integral de la Calidad del Aire en la jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, encaminadas a la medición, prevención, reducción y control de las emisiones de contaminantes atmosféricos, generadas en calderas u hornos; mejorando, entre otros, la eficiencia en la operación y en el proceso de combustión que se desarrolla en estos equipos.

Artículo 2. Finalidad. Las medidas que se adoptan por medio de esta resolución buscan propiciar un desarrollo industrial bajo en emisiones atmosféricas y de gases efecto invernadero en la jurisdicción del Área Metropolitana Valle de Aburrá, para mejorar la calidad del aire, mitigar el cambio climático, proteger la salud, y alcanzar una mayor competitividad de la región, disminuyendo los costos operativos, contribuyendo a garantizar el derecho de las personas a gozar de un ambiente sano, fomentando el intercambio de conocimiento entre las instituciones y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Artículo 3. Ámbito de aplicación. La presente resolución aplica para las instalaciones cuyos procesos industriales generen emisiones atmosféricas en hornos y calderas, en función a su capacidad instalada.

Artículo 4. Definiciones. Para la correcta interpretación de esta resolución se tendrán en cuenta, además de las establecidas en normas de igual o mayor jerarquía, las siguientes definiciones:

- **Áreas-fuente de contaminación:** Zonas urbanas o rurales del territorio nacional donde se deben adelantar programas localizados de reducción de la contaminación

atmosférica, de acuerdo con la cantidad y características de las emisiones, y el grado de concentración de contaminantes determinado por mediciones históricas con las que cuente la Autoridad Ambiental. Las áreas fuente son el resultado de un procedimiento estadístico realizado a los datos históricos comparando con el límite permisible anual para el contaminante de interés, para finalmente establecer alguna de las clasificaciones de área fuente de contaminación definidas en la normatividad nacional.

- **Adquisición de conciencia:** Realización del trabajo bajo el entendimiento y alcance de que las acciones que realice sobre la operación y mantenimiento de la caldera u horno tienen implicaciones en no cumplir los requisitos legales, en generar impactos y consecuencias sobre la contaminación de la atmósfera, así como su contribución directa en la mejora de la eficiencia y operación de los equipos.
- **Calderas u hornos:** Para efectos de esta resolución; son los dispositivos o unidades que tienen una parte conocida como: hogar o cámara de combustión, diseñada para la transformación del combustible en energía térmica o calórica en forma de llama y en productos calientes de combustión. La energía térmica normalmente es transferida, en otra parte de la unidad, mediante un intercambiador de calor para calentar fluidos térmicos como: el aire, el agua, el vapor de agua y aceites térmicos, pero en otros dispositivos, como en algunos hornos, los gases calientes se pasan directamente al producto en proceso. En otros casos como son las marmitas existe una pared que separa el fuego y los gases de combustión del producto en proceso que actúa como elemento para la transferencia de calor.

Hay muchos tipos de hornos de manera general pueden ser los denominados de contacto directo donde los gases de combustión calientes entran en contacto directo con el producto en proceso y los indirectos donde los gases calientes transfieren el calor a estructuras y luego éstas al producto, como sucede en las marmitas.

- **Combustibles gaseosos:** Se denominan combustibles gaseosos a los hidrocarburos naturales y a los fabricados exclusivamente para su empleo como combustibles, y a aquellos que se obtienen como subproducto en ciertos procesos industriales y que se pueden aprovechar como combustibles. Por ejemplo: gas natural, metano, etano, propano, butano, gas de refinería, gas de alto horno, biogás o mezclas de éstos.
- **Combustibles líquidos:** Se consideran combustibles líquidos los denominados: Fuel Oil N° 2 (Diésel o ACPM), Fuel Oil N° 6, Crudo o Bunker, Aceite de Desecho o Usado y Aceite Usado Tratado.



- **Combustibles sólidos:** Se consideran los siguientes: carbón mineral, turbas, antracita, hullas, lignitos, y bituminosos, coque, carbón vegetal, leña, madera, biomasa, fibras vegetales, asfalto y brea.

Está prohibido el uso como combustible en calderas u hornos en procesos industriales, de llantas, baterías, plásticos y otros elementos y desechos que emitan contaminantes tóxicos al aire.

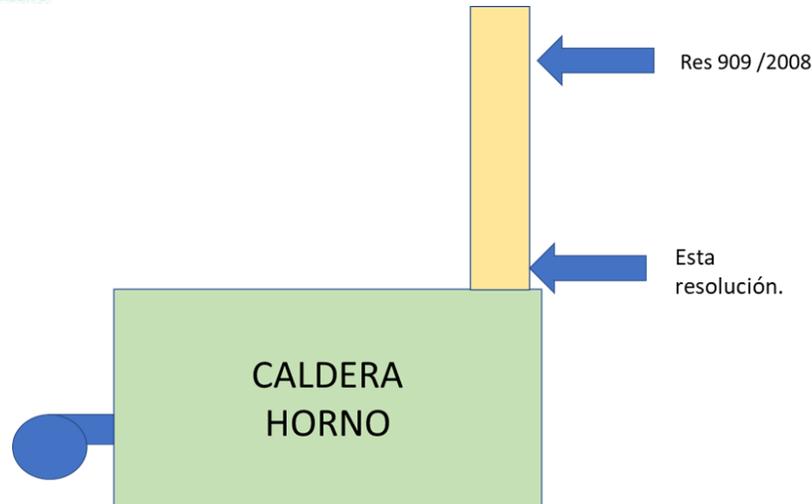
- **Competencia:** Capacidad de aplicar conocimientos y habilidades para lograr los resultados previstos y requeridos para el cumplimiento legal, el mejoramiento de la operación y eficiencia de las calderas u hornos, tomando las acciones que sean necesarias.
- **Eficiencia total de la caldera:** Es la medida del aprovechamiento de la energía total entregada respecto a la energía total recibida por el fluido térmico que interviene: aire, agua, vapor de agua, aceites térmicos; dada en porcentaje. Se ve influida de manera directa por el rendimiento o capacidad del intercambiador de calor de la caldera que transfiere la energía térmica de los gases de combustión al fluido térmico. Se afecta por la ineficiencia en la combustión y por el grado de ensuciamiento de las paredes del intercambiador por hollín o incrustaciones, proceso de purgas, entre otros.
- **Eficiencia de combustión:** Determina la capacidad del quemador para realizar la conversión del combustible a energía térmica y se determina principalmente mediante la medición de los gases producto del proceso de la combustión.
- **Eficiencia energética:** Se refiere la capacidad de un equipo, instalación, proceso, producto o servicio para realizar su función con el menor consumo energético posible.
- **Equipo, dispositivo o unidad:** Para efectos de esta resolución, entiéndase de manera general como las calderas y/o los hornos. Para otros casos se especificará de manera detallada.
- **Equivalente mecánico de calor:** El principio de la conservación de la energía permite la equivalencia entre trabajo mecánico y calor, por lo tanto, se puede mediante un valor numérico obtener la equivalencia entre capacidad de caldera expresadas en caballos de fuerza -BHP- a su equivalente térmico en kcal/h. Para obtener el equivalente térmico se puede usar la siguiente relación: $1 \text{ BHP} = 8.434,6519 \text{ Kcal/h}$
- **Fuente de emisión:** Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

- **Fuente fija:** Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.
- **Fuente fija puntual:** Es la fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas.
- **Fuente existente:** Aquella fuente de emisión que se encuentre construida y operando al momento de entrada en vigencia de la presente resolución.
- **Fuente nueva:** Para efectos de esta resolución, es aquella fuente de emisión que inicie operación con posterioridad a la entrada en vigencia de la presente norma. Incluye calderas y hornos: “viejos” o reconstruidos, reinstalados en otro sitio, esto incluye si se mueven dentro del límite físico de la instalación.
- **Gestión energética:** La gestión energética es el conjunto de actividades y acciones de planificación, ejecución, control y ajustes, para lograr el mejoramiento continuo que permiten disminuir el consumo de energía frente a la cantidad de productos y/o servicios finales obtenidos, disminuyendo o eliminando pérdidas.
- **Gestión integral de la calidad del aire:** La gestión de la calidad del aire es el conjunto de actividades y acciones de planificación, ejecución, control y ajustes, con procesos ordenados para lograr el mejoramiento continuo de los valores de la concentración de contaminantes atmosféricos para que se mantengan por debajo de los límites que protejan la salud humana y que provean también protección a: animales, plantas (cultivos, bosques, vegetación natural), ecosistemas, materiales y aspectos estéticos tales como los niveles de visibilidad.
- **Instalación:** Se entiende para efectos de esta resolución, como cualquier organización, establecimiento o planta de producción donde se encuentre o se vaya a instalar calderas u hornos que tenga como fuente de energía los combustibles establecidos en la presente resolución.
- **Jefes responsables del proceso de combustión:** Persona competente y con adquisición de la conciencia pertinente o necesaria, que está encargada de la gestión y control de la operación, mantenimiento de calderas u hornos dentro de una instalación y es responsable del manejo de registros de variables y de los parámetros del monitoreo relacionadas con la operación de los equipos o unidades que realizan procesos de combustión, así como el análisis, evaluación y toma de acciones para la mejora.



- **Norma de emisión:** Es el valor de descarga permisible de sustancias contaminantes, establecido por la Autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de calidad del aire.
- **Rangos de Valores Esperados (RVE):** Son los rangos típicos de valores esperados para la temperatura y composición de los gases producto de la combustión en el punto de medición, definidos por el fabricante del equipo o unidad o por una empresa competente para tal fin, rangos normalmente cambian al cambiar la carga o capacidad usada y se utilizarán como punto de comparación y evaluación para los valores obtenidos en las mediciones con el fin de tener una referencia válida para buscar mejoras.
- **Operador directo del proceso de combustión:** Persona competente y con adquisición de la conciencia pertinente, encargada de la operación directa de calderas o de hornos dentro de una instalación.
- **Punto de monitoreo:** El punto de monitoreo de los parámetros a medir solicitados en esta resolución se debe ubicar en el ducto justo a la salida del equipo o unidad, o justo después de equipos o elementos de recuperación de energía, tales como calentadores de aire o economizadores para calentamiento del agua de alimentación de la caldera, pero siempre antes de los equipos de control de emisiones.

En ese sitio se perfora un orificio para introducir la sonda para las mediciones solicitadas, para luego con los resultados, analizar y evaluar el estado de la combustión, la eficiencia de combustión, la falta de ajuste del quemador y el desperdicio de energía, entre otros.



- **Sustancia:** Todo elemento químico y sus compuestos, según se presentan en estado natural o producido por el hombre, ya sean en forma sólida, líquida o gaseosa.
- **Zonas Urbanas de Aire Protegido por emisiones de Fuentes Fijas (ZUAP):** Zonas debidamente delimitadas en las cuales se tiene una alta participación en las emisiones generadas de contaminantes críticos en la región como el Material particulado total (MP, y que contiene fracciones más finas como el PM2.5) y los óxidos de nitrógeno (NO_x) y de azufre (SO_x). Estas Zonas podrán clasificarse y desclasificarse según la evolución de las emisiones de las fuentes fijas instaladas.

Artículo 5. De la implementación de medidas de gestión integral de la calidad del aire. Las instalaciones industriales que se encuentren dentro del ámbito de aplicación de la presente resolución, deberán implementar las medidas que se describen en los artículos siguientes dentro de los plazos y bajo las condiciones que allí se fijen y se deben aplicar sin perjuicio del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 909 de 2008, modificada por la Resolución 1377 del 9 de junio de 2015, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o de aquellas que las modifiquen o sustituyan; o las que las llegaren a subrogar.

Artículo 6. Restricción a instalaciones industriales para enfrentar episodios críticos de contaminación atmosférica. La autoridad ambiental podrá restringir la operación de fuentes de emisión en períodos de gestión de episodios de contaminación atmosférica, de acuerdo a lo establecido en el Acuerdo Metropolitano 04 de 2018 o el que lo adicione o modifique.

Artículo 7. Registro de variables de operación y mantenimiento en calderas y hornos. Todas las instalaciones industriales que cuenten con calderas u hornos, de cualquier capacidad instalada y cualquier tipo de combustible, deberán llevar una Bitácora de Operación y Mantenimiento (el contenido mínimo de dicho documento se anexo a esta norma), conforme a los lineamientos establecidos por las autoridades nacionales y/o el Área Metropolitana del Valle de Aburrá; cuyo propósito será facilitar el control, seguimiento e identificación de oportunidades de mejora de los procesos industriales.

Parágrafo 1. El registro podrá llevarse de manera impresa diligenciado a mano o de manera electrónica, conforme al formato base definido en la bitácora anexa a esta resolución, y se le podrá agregar información pertinente del proceso o actividad en caso de ser requerirlo. El registro de las variables deberá hacerse mínimo una vez por turno o si el proceso es por lotes (*batch*), cada que se inicie este. Se podrán mantener las unidades utilizadas o dadas por los elementos de medición o por costumbre. No se podrán eliminar conceptos definidos en la bitácora.

Parágrafo 2. La bitácora deberá mantenerse actualizada y estar disponible para revisión cuando el Área Metropolitana del Valle de Aburrá la requiera durante las visitas que ésta realice a la instalación industrial como parte de sus funciones de control y vigilancia.

Parágrafo 3. El seguimiento, análisis, evaluación de datos de la bitácora y las propuestas de oportunidades de mejora, así como, el estado de ejecución de las mejoras se deberá realizar desde la entrada en vigencia de la presente resolución, después de realizar las mediciones trimestrales o semestrales, según corresponda de acuerdo a la capacidad instalada de los equipos (Ver Tabla 1, Artículo 9). La información debe estar disponible para revisión cuando el Área Metropolitana del Valle de Aburrá la requiera durante las visitas que ésta realice a la instalación industrial como parte de sus funciones de control y vigilancia.

Artículo 8. Análisis y evaluación de variables de operación y mantenimiento: Los jefes responsables del proceso de combustión de las instalaciones industriales que cuenten con calderas u hornos, deberán realizar el seguimiento, análisis y evaluación de los registros tomados de la operación, estas incluyen los parámetros de combustión, y del mantenimiento de los equipos; lo anterior con el propósito de hacer seguimiento y construir indicadores y gráficas; metas que permitan visualizar, determinar y establecer necesidades, oportunidades y acciones de mejora de las unidades y los procesos de combustión, tales como calibración de quemadores, elementos de medición, cambios de combustibles, mejoras al mantenimientos de los equipos, incluyendo el deshollinado y la desincrustación de los intercambiadores de calor; así como las necesidades de capacitación y formación de los operadores y personal de mantenimiento. Dicho análisis y valoración también podrá ser contratado con terceros.

Artículo 9. Monitoreo de parámetros de combustión. A partir de la entrada en vigencia de la presente resolución, todas las instalaciones existentes cuyos procesos industriales operen calderas u hornos, con capacidad instalada, igual o superior a 50 BHP o con una entrada equivalente de energía, que usen combustibles gaseosos, líquidos o sólidos, deberán realizar mediciones de los parámetros indicados en la Tabla 1, con las frecuencias señaladas, en función de los rangos de capacidad de los equipos que se mencionan. Estas mediciones deben hacerse en el punto de monitoreo (ver Artículo 4. Definiciones) de los productos de combustión del equipo o unidad que realiza la combustión, teniendo en cuenta que uno de los objetivos específicos de esta resolución es el incremento de la eficiencia energética para disminuir las emisiones de contaminantes y por ende la disminución del consumo de combustibles. A las instalaciones que no les sea posible medir en el punto de monitoreo definido en esta resolución, deberán informar a la autoridad ambiental esta situación acompañada con el respectivo soporte técnico, especificando el sitio donde realizarían las mediciones.

Tabla 1. Frecuencia de monitoreo de parámetros de gases y combustión

Capacidad equipos	Parámetros							Frecuencia de medición
	% CO ₂	%O ₂	CO (ppm)	Temperatura de gases, °C	Temperatura ambiente, °C	% Exceso aire	% Eficiencia combustión	
50 a 750 BHP 421.732,59 a 6.325.988,91 kcal/h	X	X	X	X	X	X	X	Semestral
>750 BHP >6.325.988,91 kcal/h	X	X	X	X	X	X	X	Trimestral

Parágrafo 1. Los datos asociados al monitoreo de los parámetros de combustión serán registrados en la bitácora establecida en el Artículo 7 de esta resolución. Estos datos serán utilizados como base para el mejoramiento continuo por parte de la instalación industrial y para la identificación de oportunidades de mejora de los procesos mediante análisis, evaluación de las variables de operación y mantenimiento como se solicita en el Artículo 8.

Parágrafo 2. Para obtener los valores de los parámetros CO₂, O₂, CO, solicitados en la Tabla 1, es necesario que se midan directamente al menos dos (2) de ellos, es decir, el otro puede ser calculado por el (los) dispositivo(s) utilizado(s) en la medición, a partir de operaciones implícitas dentro de su programación. La temperatura debe ser medida directamente.

Parágrafo 3. Certificado Capacidad y Condiciones de Operación. Todas las calderas y



hornos deberán poseer el documento emitido por el fabricante del equipo, o por una empresa competente para tal fin, en el que se establece, bajo protesta de decir verdad, que el certificado contiene copia de la placa real de la caldera o equipo de combustión y en su defecto las especificaciones del equipo definidas y construidas con buenas prácticas de ingeniería o referenciales adecuados. El Certificado de Capacidad y Condiciones de operación podrá ser reemplazado por la ficha técnica del equipo o el catálogo del quemador. Este parágrafo aplica para todos los equipos existentes, nuevos, modificados o trasladados.

Parágrafo 4. Rangos de Valores Esperados -RVE-. Deberán especificarse los Rangos de Valores Esperados para los parámetros a medir solicitados en la Tabla 1 de esta resolución, para el equipo o unidad, en condición o estado calibrado o ajustado. Teniendo en cuenta que los valores se medirán en el punto de monitoreo definido en esta resolución, los RVE deben ser para las capacidades de operación máxima, al 75% y al 50%, medidos de acuerdo con la información certificada entregada por el fabricante del equipo o de la unidad y que correspondan a las buenas prácticas de la ingeniería para cada caso. Además, deberán ser registradas y mantenerse en los formatos de la bitácora para realizar comparación y evaluación con el fin de tener una referencia válida para buscar mejoras.

Parágrafo 5. Si los resultados del monitoreo dan por fuera de valores RVE, establecidos técnicamente para el quemador o sistema de combustión, se debe realizar revisión, calibración o ajuste al equipo de medición y/o al sistema de combustión de forma inmediata, manteniendo los archivos correspondientes de esta actividad para ser presentados a la autoridad ambiental en el momento de su revisión o en quien ésta delegue.

Parágrafo 6. Las mediciones y captura de datos podrán ser realizadas con equipos propios o con agentes externos. Ambos deben garantizar la confiabilidad de los resultados y la calidad de los mismos, siendo obligación del operador de la medición, velar por la verificación y calibración de los equipos en uso para tal fin, de acuerdo a las fichas técnicas y recomendaciones del fabricante, dejando registro y evidencia dentro de las instalaciones de la empresa, la cual será solicitada por la autoridad ambiental en las visitas de control y seguimiento ambiental, o en quien ésta delegue o cuando se considere pertinente.

Los analizadores de gases deberán estar debidamente calibrados y/o verificados en los rangos de respuesta alto, medio y bajo por medio del uso de gases patronados y certificados. Tomando como base el método del fabricante del equipo medidor ajustado y revisado con el Método EPA 3A y aquel referenciado por el IDEAM.

Parágrafo 7. Si las mediciones y captura de datos son realizadas con equipos propios de la instalación industrial, se debe tener un instructivo para la medición y calibración o verificación del equipo de medición, basados en el método que aplique EPA o IDEAM u ONAC según la técnica utilizada. Cuando los resultados de la medición de la Tabla 1 - Artículo 9- de esta resolución, estén por fuera del rango de verificación RVE esperado, con el equipo de combustión calibrado o ajustado, el equipo de medición deberá ser revisado y ajustado por una empresa competente, reconocida y mejor si está acreditada para su revisión y calibración apropiada.

Parágrafo 8. Cuando las mediciones se realicen con equipos propios los resultados deberán quedar consignados en un informe realizado con las mejores prácticas de ingeniería del caso, presentando entre otros, una comparación de los resultados obtenidos contra los valores RVE del equipo medido, cumpliendo lo solicitado en el Artículo 8, 9 y 10, con énfasis en la validación de resultados de acuerdo con el Parágrafo 1 del Artículo 10 de esta resolución. El informe debe incluir entre otros análisis, la evaluación de variables de operación según lo solicitado en el Artículo 9, con las correspondientes propuestas y oportunidades de mejora.

Parágrafo 9. Cuando las mediciones las realicen agentes externos, estos deberán consignar los resultados en un informe realizado con las mejores prácticas de ingeniería para el caso, y presentando entre otros, una comparación de los resultados obtenidos contra los valores RVE del equipo medido, y cumpliendo lo solicitado en el Artículo 9 y 10, con énfasis en la validación de resultados de acuerdo con el Parágrafo 1 del Artículo 10 de esta resolución, así como los soportes correspondientes de las calibración y/o verificación del equipo de medición.

Si los valores medidos dan por fuera de los RVE deben informar de manera inmediata a la empresa, que equipos o unidades están fuera de los rangos para que ésta, tome las acciones correspondientes.

Parágrafo 10. La instalación industrial que realice las mediciones con equipos propios, deberá elaborar y conservar un informe anual, que dé cuenta de la verificación del sistema de monitoreo a partir de métodos de referencia EPA o IDEAM, donde conste que el equipo funciona correctamente y se ha verificado con bases a recomendaciones del fabricante

Parágrafo 11. Se exceptúan de la obligación establecida en el presente artículo, de realizar las mediciones de la Tabla 1 -Artículo 9- a los equipos de respaldo, es decir, aquellos que se activan cuando el equipo principal no está en marcha, que funcionen durante un periodo de tiempo inferior al 3% del tiempo de operación anual de la actividad

industrial, de comercio o de servicio. En este caso, para la aplicación y cumplimiento de esta condición, el equipo no podrá operar más de 3 días seguidos.

Para los equipos de respaldo se debe cumplir con los requisitos establecidos en el Artículo 7, en cuanto al registro de las variables de operación y mantenimiento durante sus periodos de operación y lo correspondiente al Artículo 8.

Parágrafo 12. Las instalaciones industriales localizadas en áreas fuente de contaminación y/o Zonas Urbanas de Aire Protegido por emisiones de Fuentes Fijas – ZUAP, independiente de la capacidad de los equipos de combustión, deberán realizar el monitoreo establecido en las resoluciones correspondientes que las definan.

Parágrafo 13. A las instalaciones que no les sea posible tener un punto de monitoreo definido en esta resolución, deberán informar a la autoridad ambiental esta situación acompañada con el respectivo soporte técnico argumentando la imposibilidad del cumplimiento del presente requerimiento.

Artículo 10. Métodos de medición de parámetros de combustión. Los métodos de medición recomendados para realizar verificación de los parámetros de combustión establecidos en el Artículo 9, se describen en la Tabla 2 del presente artículo.

Tabla 2. Métodos de medición de parámetros de combustión.

Parámetro	Método de referencia	Tecnología	Métodos equivalentes	Tecnología	Lugar de medición
%CO ₂	Método 3A: Determinación de concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en emisiones de fuentes fijas (Procedimiento del analizador instrumental)	Infrarrojo No dispersivo o celda electroquímica	Método 3: Análisis de gases para la determinación del Peso molecular base seca.	Método Fyrite u Orsat	Punto de monitoreo (ver definiciones)
%O ₂	Método 3A: Determinación de concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en emisiones de fuentes fijas (Procedimiento del analizador instrumental)	Infrarrojo No dispersivo o celda electroquímica propiedad paramagnética	Método 3: análisis de gases para la determinación del Peso molecular base seca.	Método Fyrite u Orsat	Punto de monitoreo (ver definiciones)
CO ppm	Método 10: Determinación de las emisiones de monóxido de carbono en fuentes fijas (Procedimiento del analizador instrumental)	Infrarrojo No dispersivo o celda electroquímica métodos instrumentales	Método 3: análisis de gases para la determinación del Peso molecular base seca.	Orsat	Punto de monitoreo (ver definiciones)
Temperatura de gases (°C)			Termómetro o termopila verificada Termómetro de la caldera (salida de gases)		Punto de monitoreo (ver definiciones)
Validación de datos medidos	EPA 40 CFR Ch1 (7-1-09 Ed) pg156 e IDEAM Método 3B	Buena practica de ingeniería	Ecuación 1 y Tabla 3 del Parágrafo 1 del Artículo 10		
% Exceso de Aire	Método 3B: Análisis de gases para la determinación del factor de corrección de tasa de emisión o exceso de aire		Ecuaciones 2A y 2B del Parágrafo 2 del Artículo 10		

Parámetro	Método de referencia	Tecnología	Métodos equivalentes	Tecnología	Lugar de medición
% Eficiencia Combustión	Método 3B: Análisis de gases para la determinación del factor de corrección de tasa de emisión o exceso de aire		Ecuaciones 3A y 3B del Parágrafo 3 del Artículo 10		

Parágrafo 1. La validación para aceptación de valores medidos de los compuestos de gases de combustión se hará mediante el cálculo del Factor de combustión (Fo), determinado por aplicación de la Ecuación 1 y verificando si el resultado está en el rango presentado para cada combustible en la Tabla 3. Se corrobora que los valores medidos en el punto de monitoreo (concentración en % v/v base seca de los gases de combustión) son válidos y se aceptan. Esto se realiza porque puede existir falla en equipo de medición por daño o falta de verificación (calibración), o por datos mal tomados o registrados y se debe tener en cuenta que los valores de concentración en % v/v base seca de los gases de combustión permiten calcular la eficiencia de combustión y el exceso de aire del equipo.

Ecuación 1.
Cálculo del Factor de combustión (Fo)

$$Fo = \frac{[20,9 - (\%O_2 - 0,5 \times \%CO)]}{(\%CO_2 + \%CO)}$$

Donde:

Fo = Factor de combustión.

%O₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de oxígeno, medido en el punto de medición.

%CO = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de monóxido de carbono, medido en el punto de medición.

%CO₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de dióxido de carbono, medido en el punto de medición.

Nota 1: la conversión de ppm de CO a %CO para uso en fórmulas será la siguiente:
10.000 ppm CO = 1% de CO.

Tabla 3. Rangos de referencia para validación y aceptación del Factor de Combustión (Fo)

Tipo de combustible		Rango Fo
Carbón	Antracita y lignito	1,016 a 1,130



Tipo de combustible		Rango Fo
Fuel Oil	Bituminosos	1,083 a 1,230
	Destilado ACPM	1,260 a 1,413
	Residual No. 6	1,210 a 1,370
Gas	Natural	1,600 a 1,836
	Propano	1,434 a 1,586
	Butano	1,405 a 1,553
Madera		1,000 a 1,120
Corteza de árbol		1,003 a 1,130

Nota 2: si el combustible usado no está en la Tabla 3, deberá hacer el estudio particular para determinar los rangos esperados del Factor de Combustión (Fo). Así, se deberán medir los valores solicitados en la Tabla 1 y comparar con los Rangos de Valores Esperados (RVE), calcular el Fo con la Ecuación 1 y compararlo con el combustible cuya composición sea la más parecida, por ejemplo, biomasa, cáscara de coco, borra de café o fique, se pueden asemejar a la madera y comparar con el rango de este combustible.

Parágrafo 2. Para el cálculo del exceso de aire de los procesos de combustión de calderas u hornos, se presentan las ecuaciones 2 A y 2 B:

- **Ecuación 2 A.** Cálculo del Exceso de Aire (%Exc. aire): aplica para calderas y calentadores de aceite térmico que queman combustibles gaseosos y/o líquidos midiendo la concentración de O₂% y CO% (v/v) base seca.
- **Ecuación 2 B.** Cálculo del Exceso de Aire (%Exc. aire): aplica para calderas u hornos de acuerdo al combustible específico midiendo la concentración de CO₂% (v/v) base seca.

Ecuación 2 A.

Cálculo del Exceso de Aire (%Exc. aire): aplica para calderas y calentadores de aceite térmico que queman combustibles gaseosos y/o líquidos midiendo la concentración de O₂% y CO% (v/v) base seca.

$$\%Exc. \text{ aire} = \left[\frac{\%O_2 - 0,5 \times \%CO}{(0,2682 \times \%N_2) - (\%O_2 - 0,5 \times \%CO)} \right] \times 100$$

Donde:

% Exc. aire: Porcentaje de exceso de aire calculado con base en el valor medido del O₂%

y CO%.

%O₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de oxígeno, en el punto de medición

%CO = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de monóxido de carbono, o convertido de ppm a %, en el punto de medición.

%CO₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de dióxido de carbono, en el punto de medición.

%N₂ = Valor calculado por diferencia en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de nitrógeno: $\%N_2 = 100 - \%O_2 - \%CO - \%CO_2$.

Ecuación 2 B.

Cálculo del Exceso de Aire (%Exc. aire): aplica para calderas u hornos de acuerdo al combustible específico utilizado midiendo la concentración de CO₂% (v/v) base seca.

Combustible	Ecuación para el cálculo del exceso de aire con el valor medido de CO ₂ % producido en la combustión
Gas Natural	$\% \text{ Exc. aire} = 1,025*(CO_2\%)^2 - 32,012*(CO_2\%) + 235,29$
Gas Licuado de Petróleo (Propano)	$\% \text{ Exc. aire} = 1,521*(CO_2\%)^2 - 44,80*(CO_2\%) + 331,84$
Fuel Oil N° 2 ACPM	$\% \text{ Exc. aire} = 0,8408*(CO_2\%)^2 - 30,245*(CO_2\%) + 265,95$
Fuel Oil N° 6	$\% \text{ Exc. aire} = 0,675*(CO_2\%)^2 - 27,09*(CO_2\%) + 262,19$
Carbón Bituminoso proveniente de Amagá	$\% \text{ Exc. aire} = 1,1923*(CO_2\%)^2 - 43,573*CO_2\% + 405,65$
Coque	$\% \text{ Exc. aire} = 0,8231*(CO_2\%)^2 - 35,1*(CO_2\%) + 376,69$
Bagazo	$\% \text{ Exc. aire} = 0,8316*(CO_2\%)^2 - 35,375*(CO_2\%) + 380,2$
Madera	$\% \text{ Exc. aire} = 0,8922*(CO_2\%)^2 - 36,857*(CO_2\%) + 384,35$

Nota 3: si en la tabla anterior no hay ecuación para el cálculo del porcentaje de exceso de aire con el combustible usado, se deberá hacer el estudio particular para derivar dicha ecuación.

Donde:

% Exc. aire = Porcentaje de exceso de aire para cada combustible calculado con base en el valor medido del % CO₂, en el punto de medición

%CO₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de dióxido de carbono, en el punto de medición.

Nota 4: los valores obtenidos de cada ecuación corresponden a un rango aceptable para la composición típica de los combustibles presentados.

Nota 5: para las calderas se debe de medir como lo indica la Tabla 2, para determinar de manera comparativa el exceso de aire y las posibles infiltraciones de aire en los quemadores de los combustibles sólidos.

Parágrafo 3. Cálculo de eficiencia de la combustión por el Modelo Empírico de Siegert: ecuaciones 3A y 3B. Este modelo está basado en pérdidas de calor (energía térmica) por los gases secos que salen por la chimenea, no considera las pérdidas por combustible no quemado, tampoco tienen en cuenta pérdidas por radiación de las paredes debidas a la forma y al aislamiento del equipo, ni a las purgas de agua en calderas de agua o vapor, debidas a la calidad del agua alimentada. Por lo anterior la eficiencia del Modelo de Siegert no es una eficiencia global o total de la unidad, pero trabaja con el mayor porcentaje de pérdidas térmicas lo que permite tener un buen indicador para evaluar la tendencia de estas pérdidas de manera fácil para buscar oportunidades de mejora. De manera tradicional se denomina eficiencia de combustión.

El cálculo del porcentaje de la eficiencia combustión (%EC) de calderas u hornos se divide en dos ecuaciones:

- **Ecuación 3 A.** Para combustibles líquidos y gaseosos, cálculo con base O₂% medido y diferencia de temperaturas.
- **Ecuación 3 B.** Para combustibles sólidos y para hornos, cálculo con base CO₂% medido y diferencia de temperaturas.

Ecuación 3 A.

Para combustibles líquidos y gaseosos con O₂% medido y diferencia de temperaturas

Para equipos de combustión como calderas de vapor y de agua caliente, calentadores de aceite térmico y calentadores indirectos de aire se aplica la **Ecuación 3 A** para obtener el %EC, la cual requiere medir el valor del %O₂, parámetro que también sirve para el control directo o indirecto de la combustión. Para tener completo el estado de la combustión se debe medir también el parámetro %CO, como indicador de mala o buena combustión, este resultado se debe comparar con los Rangos de Valores Esperados (RVE) dados o propios del quemador del equipo en cuestión.

Ecuación 3A

$$\%EC = 100 - \left\{ (t_1 - t_2) \times \left[\left(\frac{A}{21 - \%O_2} \right) + B \right] \right\}$$

Donde:

% EC = Porcentaje de Eficiencia de Combustión.

t₁ = Temperatura de gases de combustión medido en el punto de monitoreo del equipo [°C].

t₂ = Temperatura del aire de combustión o temperatura ambiente [°C].

%O₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de oxígeno, en el punto de medición.

%CO₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de dióxido de carbono, en el punto de medición.

A, B = valores que dependen del combustible: ver Tabla 4.

Ecuación 3 B.

Para combustibles sólidos y para hornos cálculo con CO₂% medido y diferencia de temperaturas

Aplica para calcular la eficiencia de combustión en:

- Hornos y en especial para los que se requiere aire en exceso para arrastrar la humedad en procesos de secado de materiales. La eficiencia se calcula con el resultado de la medición de CO₂%, aplicando la Ecuación 3 B.
- Para calderas o calentadores de aceite térmico o aire que queman combustibles sólidos por el modelo de Siegert se aplica también la Ecuación 3 B.

Para estos casos, con el Modelo de Siegert el %EC se obtiene midiendo el %CO₂ de los productos de la combustión y la diferencia de temperaturas como indica la **Ecuación 3 B**. Para tener completo el estado de la combustión se debe medir también el parámetro %CO, como indicador de mala o buena combustión, este resultado se debe comparar con los Rangos de Valores Esperados (RVE) dados o propios del quemador del equipo en cuestión.

Ecuación 3 B

$$\%EC = 100 - \left(F \times \frac{t_1 - t_2}{\%CO_2} \right)$$

Donde:

% EC = Porcentaje de Eficiencia de Combustión.

t₁ = Temperatura de gases de combustión medida en el punto de monitoreo del equipo [°C].

t₂ = Temperatura de aire combustión o temperatura ambiente [°C].

%O₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de oxígeno, en el punto de medición.

%CO₂ = Valor medido en porcentaje, volumen/ volumen base seca, de concentración de



dióxido de carbono, en el punto de medición.
F = Valor que depende del combustible: ver Tabla 4.

Tabla 4. Valores de constantes A, B y F.

Combustible	A	B	F	Máx. %CO ₂
Gas Natural	0,66	0,009	0,390	11,70 a 12,10
Gas Licuado de Petróleo (propano)	0,63	0,008	0,410	13,90
Butano			0,430	14,10
Gas de horno de coque	0,60	0,011		
Fuel Oil N° 2 ACPM	0,68	0,007	0,500	15,20
Fuel Oil N° 6	0,61	0,010	0,510	15,40
Coque			0,290	
Carbón Lignito			1,000	19,20
Carbón Antracita			0,683	18,50
Carbón Bituminoso			0,672	18,50
Madera seca			0,650	20,20

Nota: El valor máximo de %CO₂ (Máx. %CO₂) depende de la composición del combustible, los valores de la tabla son los típicos para cada combustible. Si se conoce la composición elemental de combustible, el valor máximo de %CO₂ se puede calcular con la **Ecuación 4**:

Ecuación 4

$$\text{Máx. \%CO}_2 = \frac{(31,32 \times \%C) + (11,528 \times \%S)}{(1,5023 \times \%C) + (3,5435 \times \%H) + (0,563 \times \%S) + (0,13443 \times \%N) - (0,446455 \times \%O)}$$

Donde:

Máx. %CO₂ = Valor máximo esperado de porcentaje de CO₂ en combustión sin exceso de aire (exceso de aire = 0), volumen/volumen.

%C = Porcentaje de carbono en el combustible, peso/peso.

%S = Porcentaje de azufre en el combustible, peso/peso.

%H = Porcentaje de hidrógeno en el combustible, peso/peso.

%N = Porcentaje de nitrógeno en el combustible, peso/peso.

%O = Porcentaje de oxígeno en el combustible, peso/peso.

Parágrafo 4: Comentarios, aclaraciones y puntos de referencia generales para %O₂, %CO₂ y %CO:

- 1) La norma de emisiones Resolución 909 de 2008 no plantea valores límites para %CO₂ o %CO, plantea la corrección para %O₂ para el cálculo de emisiones de diferentes procesos y combustibles, situación que no se considera dentro de esta Resolución.



- 2) Para el caso de la eficiencia, control y ajuste de la combustión los valores %O₂, %CO₂ y %CO medidos volumen/volumen y en base seca en el punto de medición de cada equipo, son el soporte para conocer el estado de la combustión y por ende la eficiencia de la combustión y se deben comparar analizando y evaluando el resultado con los rangos de valores esperados (RVE) para cada equipo dados por el fabricante o una empresa competente.
- 3) En esta resolución Artículo 9, Parágrafo 4 se solicita que las organizaciones tengan los rangos con valores esperados (RVE) de estos parámetros dados o suministrados por los fabricantes para cada equipo o por personal técnico de una empresa competente.

Parágrafo 5. Métodos alternativos no dispuestos en la presente resolución podrán ser utilizados por los responsables de las instalaciones industriales, siempre que soliciten previa autorización al Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

La solicitud se realiza mediante comunicación escrita, donde se defina claramente el método alternativo, con los soportes correspondientes donde se verifique por qué es la metodología más indicada para el caso específico y la justificación de no poder usar los establecidos en esta resolución.

Artículo 11. Competencia técnica y adquisición de conciencia de los jefes responsables del proceso de combustión y de los operadores directos de las calderas u hornos. Las instalaciones industriales donde operen procesos de combustión: calderas u hornos, deberán procurar que el (los) Jefe(s) responsable(s) del proceso de combustión, sea(n) una persona(s) competente(s) y con adquisición de la conciencia pertinente, para la gestión y control de la operación, mantenimiento, así como, ser responsable(s) también del manejo de los registros de las variables y los parámetros del monitoreo en la bitácora, relacionadas con la operación de las calderas u hornos dentro de una instalación, así como el análisis, evaluación y toma de acciones para la mejora, y de realizar los reportes e informes solicitados en esta resolución.

El (los) Jefe(s) responsable(s) deberá(n) supervisar, revisar y aprobar datos tomados por otros. Todo lo anterior para la adopción de buenas prácticas ambientales y de operación asociadas al proceso, de tal manera que permitan el reconocimiento de herramientas para la optimización del proceso, tales como verificación, calibración y mantenimiento oportunos, entre otros; para la disminución del consumo de combustible, aumento de eficiencia y por ende la generación de menores emisiones de contaminantes al aire.

El (los) jefe(s) responsable(s) del proceso deben contribuir con la formación, competencia adquisición de la conciencia pertinente de los operadores directos del proceso de combustión: calderas u hornos dentro de una instalación, cuya labor también debe ser

dirigida no sólo a la operación directa del equipo, sino también a contribuir con la adopción de buenas prácticas ambientales y de operación asociadas al proceso, de tal manera que permitan el reconocimiento de herramientas para la optimización del proceso, disminución del consumo de combustible, aumento de eficiencia y por ende la generación de menores emisiones de contaminantes al aire.

El concepto adquisición o toma de conciencia está dirigido a que todo el personal realice el trabajo bajo el entendimiento y alcance de que sus acciones sobre la operación de las calderas u hornos tienen implicaciones y consecuencias como son el de no cumplir los requisitos legales, de los impactos generados por la contaminación de la atmósfera y de otro lado conocer y entender su contribución a la búsqueda de la mejora de la eficiencia y operación de la unidad.

Esta competencia técnica y la toma de la conciencia podrá adquirirse basados en la oferta disponible en el mercado por entes públicos o privados, o por los cursos que la misma empresa desee dirigir a través de sus profesionales con conocimientos y experiencia en el tema y del trabajo bien hecho en el día a día.

En el momento de una visita técnica por parte de la autoridad ambiental a la instalación industrial, se deberá mostrar la evidencia de haber realizado mínimo una vez al año, capacitaciones dirigidas a las buenas prácticas ambientales en el proceso asociado a las calderas u hornos y a la toma de conciencia; también puede evidenciarse a través de la certificación de competencia del SENA.

La capacitación para responsables del proceso de combustión deberá contener como mínimo los siguientes temas: conceptos básicos de operación de equipos, normatividad relacionada con los sistemas de combustión, eficiencia en los equipos térmicos, líneas de conducción de energía térmica, combustión, calibración de quemadores, tratamientos de agua de calderas, fallas comunes en calderas y hornos, y manejo de condensados

Artículo 12. Requerimientos de operación para equipos de combustión que usen combustibles sólidos. Los equipos de combustión con capacidad igual o superior a 100 BHP u hornos con una capacidad térmica equivalente que usen combustibles sólidos, deberán contar con un sistema de alimentación de combustible automático.

Parágrafo 1. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, evaluará las solicitudes que presenten las empresas frente a la imposibilidad técnica de la implementación de sistema de alimentación automático de combustible.

Parágrafo 2. Alimentación automática de combustibles sólidos. Todas las calderas u hornos nuevos o modificados de cualquier capacidad instalada deben estar diseñados o

modificados para contar con alimentación automática de combustibles sólidos a partir de la entrada en vigencia de la presente resolución.

Parágrafo 3. Los equipos con capacidad entre 50 y menor a 100 BHP u hornos con una capacidad térmica equivalente que usen combustibles sólidos, deberán contar con un sistema de alimentación de combustible automático para lo cual tendrán un plazo de dos (2) años a partir de la entrada en vigencia de la presente resolución.

Artículo 13. Monitoreo periódico de parámetros de combustión en fuentes de emisión nuevas con capacidad igual o superior a 50 BHP y menor a 500 BHP. Los equipos nuevos con capacidad igual o superior a 50 BHP y menor a 500 BHP o con una capacidad térmica equivalente, deberán monitorear los parámetros establecidos en la Tabla 5 -Artículo 14-.

Parágrafo: Con el fin de verificar la buena combustión se deberá monitorear y registrar los valores en la bitácora, una (1) vez por turno, y calcular y registrar porcentaje de exceso de aire (ver ecuaciones 2A y 2B), porcentaje de eficiencia de combustión (ver ecuaciones 3A y 3B), según corresponda. Si los valores están por fuera de los rangos RVE, deberán realizar de manera inmediata los ajustes pertinentes y dejar registro de la acción.

Artículo 14. Monitoreo continuo de parámetros de combustión en fuentes de emisión nuevas con capacidad igual o superior a 500 BHP o capacidad térmica equivalente. Con el propósito de disminuir el consumo de combustible, las emisiones de contaminantes y facilitar el control, seguimiento e identificación de oportunidades de mejora de los procesos de combustión, las nuevas fuentes de emisión con capacidad igual o superior a 500 BHP o con una capacidad térmica equivalente, de acuerdo a la clasificación de equipos y frecuencia establecido en la Tabla 5, deberán contar con un monitoreo continuo (durante todo el tiempo de operación del equipo, con registro cada quince (15) minutos) de los parámetros de combustión establecidos, a saber: temperatura de gases, % de CO, CO₂, O₂, v/v, medidos en el punto de medición establecido en esta resolución, según corresponda. También se debe calcular y registrar porcentaje de exceso de aire (Ver ecuaciones 2A y 2B), y el porcentaje de eficiencia de combustión (Ver ecuaciones 3A y 3B), de forma electrónica o manual, de acuerdo con la frecuencia establecida.

Se deberán definir para el equipo con base a su tecnología los rangos de valores esperados (RVE) donde deben estar los resultados medidos o calculados solicitados en este Artículo Los resultados de las mediciones y RVE deberán ser registrados y mantenidos en la bitácora correspondiente, Artículos 7, y se les debe realizar el seguimiento, análisis y evaluación pertinente según el Artículo 8. Esto podrá ser verificado

en cualquier momento por la autoridad ambiental o en quien ésta delegue.

Tabla 5. Parámetros de medición continua para fuentes nuevas

Tabla 5 A. Calderas generadoras de vapor y agua caliente, calentadores aire y de aceite térmico con combustibles líquidos y gaseosos

Capacidad Instalada equipos nuevos	Parámetros						
	% CO ₂	%O ₂	CO (ppm)	Temperatura de gases, °C	Temperatura ambiente, °C	% Exceso aire	% Eficiencia combustión
≥500 BHP >4.217.325,95 Kcal/h	No necesario	X	X	X	X	X	X

Tabla 5 B. Calderas generadoras de vapor y agua caliente, calentadores, aire y de aceite térmico con combustibles sólidos y hornos

Capacidad Instalada equipos nuevos	Parámetros						
	% CO ₂	%O ₂	CO (ppm)	Temperatura de gases °C	Temperatura ambiente °C	% Exceso aire	% Eficiencia combustión
≥500 BHP >4.217.325,95 Kcal/h	X	X	X	X	X	X	X

Parágrafo 1. Los procedimientos y prácticas de aseguramiento y control de calidad de los equipos de monitoreo continuo deberán realizarse conforme a las especificaciones técnicas del fabricante.

Las especificaciones técnicas de cada equipo de monitoreo continuo, el plan de mantenimiento y verificación deben estar disponibles para su revisión.

Artículo 15. Informes anuales. A las empresas que les aplica el monitoreo de gases de combustión, de conformidad con los artículos 9, 13 y 14, deberán presentar a la autoridad ambiental, informes anuales a más tardar el primer trimestre de cada año con los elementos que permitan evaluar las mejoras del proceso de combustión, con énfasis en:

- Tendencias de eficiencia, comparadas con referencias del equipo caldera u horno.
- Ahorros en combustibles (en cantidad y valorizados).
- Consumo específico de combustible.
- Gráfico meta: producción vs consumo de combustible o vs generación de vapor y otros de acuerdo con el proceso o institución.

- Acciones de mejora realizadas, propuestas o proyectadas.
- Indicador de seguimiento relacionado con las emisiones de CO₂ evitadas, a partir de procesos de combustión mejor controlados.

Parágrafo: La instalación industrial, deberá incluir en el informe anual, la verificación del sistema de monitoreo periódico o continuo de los parámetros de combustión, a partir de métodos de referencia EPA, donde conste que el equipo funciona correctamente y se ha verificado con base a recomendaciones del fabricante.

Artículo 16. Distribución de vapor y condensados. Las empresas deberán garantizar el aislamiento de la tubería que conduce el vapor y reportar al Área Metropolitana del Valle de Aburrá el tipo de aislamiento y espesor del mismo. Como oportunidad de mejora se recomienda el montaje de sistemas de retorno de condensados en procesos donde esto sea posible desde lo técnico y lo económico.

Las instalaciones industriales deberán garantizar y mantener el correcto aislamiento de tuberías de transporte de fluidos térmicos, así como la correcta instalación y mantenimiento de las trampas de condensado.

Todo lo anterior será objeto de revisión por parte de personal de la autoridad ambiental o por entidades que esta delegue.

Parágrafo 1. Información sobre los aislamientos y trampas. Se reporta mediante un comunicado escrito. El reporte incluye como mínimo el tipo de material del aislamiento, su densidad, espesor, las temperaturas externas e internas y evaluación técnica relacionada con la selección del aislante. Adicional a la información anterior debe contener características básicas de la red que transporta el fluido térmico, tipo de fluido, longitud y diámetro de la red, y si tiene trampas, es necesario especificarlas.

Parágrafo 2. En caso de modificaciones a las redes de transporte de vapor y condensado se deberá informar a la autoridad ambiental de dichos cambios.

Artículo 17. Sistemas de medición de combustibles. Todos los equipos deberán contar con un sistema de medición de consumo de combustible independiente, con el propósito de que las instalaciones realicen la gestión pertinente para reducir el consumo de combustibles e incrementar la eficiencia energética, mediante gráficos de meta, determinación de consumos específicos, entre otros.

Parágrafo 1. Para los sistemas de combustión externa existentes que operen con gas por red, en caso de no contar con medidores independientes por equipo, es suficiente contar con el medidor general por instalación.

Artículo 18. Control y seguimiento al cumplimiento. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, como Autoridad Ambiental urbana, efectuará control y seguimiento ambiental al cumplimiento de los deberes y obligaciones previstas en esta resolución, para lo cual podrá formular requerimientos específicos, fijando plazos para su cumplimiento y las demás actuaciones que considere necesarias para asegurar el cumplimiento de esta reglamentación.

Artículo 19. Incumplimiento. El incumplimiento de los deberes y obligaciones previstas en esta resolución o de los requerimientos que la Autoridad Ambiental formule en cumplimiento de la misma, dará lugar a la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar, de acuerdo con lo establecido en la Ley 1333 de 2009, o aquella que la modifique o sustituya.

Artículo 20. Régimen de Transición. El régimen de transición para el acatamiento de la presente reglamentación será el siguiente:

- 1) Las nuevas fuentes fijas cuyo permiso de emisiones haya iniciado su trámite antes de la entrada en vigencia de la presente resolución y aún no hubiere sido otorgado dicho permiso, deberán presentar hasta dos meses después de la publicación de la presente reglamentación, una propuesta para ajustar sus equipos y procesos antes de su entrada en operación, en lo que fuere aplicable, a las medidas establecidas en los artículos precedentes, en especial lo relacionado con los Artículos 13, 14 y 15. El cronograma de ejecución de dicha propuesta no podrá ser superior a seis (6) meses a partir de la entrada en vigor de esta resolución; esta Autoridad Ambiental mediante acto administrativo aprobará o desaprobará y/o solicitará las adecuaciones a la propuesta presentada.
- 2) Cuando se trate de nuevas fuentes fijas no obligadas a obtener permiso de emisiones atmosféricas, éstas tendrán un plazo de seis (6) meses contados a partir de la entrada en vigor de esta resolución, para ajustar sus equipos y procesos de acuerdo con las medidas adoptadas en los artículos precedentes, con excepción de la automatización de la alimentación del combustible exigida en el Artículo 12, cuyo plazo se vence 2 años después de iniciada la vigencia de esta resolución. Para el cumplimiento de lo expresado anteriormente, se deberá presentar a la autoridad ambiental competente el cronograma de ejecución de actividades; esta Autoridad Ambiental mediante acto administrativo aprobará o desaprobará y/o solicitará las adecuaciones a la propuesta presentada.
- 3) Las fuentes fijas existentes que cuenten con permiso de emisión vigente continuarán sujetos al mismo, sin perjuicio de la aplicación de las medidas ordenadas en esta resolución, dentro de los plazos y condiciones que ésta establece, en todo caso, deberán implementarlas de manera inmediata, con excepción de la automatización de



la alimentación del combustible exigida en el Artículo 12, cuyo plazo se vence 2 años después de iniciada la vigencia de esta resolución.

Artículo 21. Informar que las normas que se citan en esta actuación administrativa, pueden ser consultadas en la página web de la Entidad www.metropol.gov.co haciendo clic en el Link “La Entidad”, posteriormente en el enlace “Información legal” y allí en - Buscador de normas-, donde podrá buscar las de interés, ingresando los datos identificadores correspondientes.

Artículo 22. Ordenar la publicación del presente acto administrativo en la Gaceta Ambiental Virtual, la cual puede ser consultada en nuestra página web <https://www.metropol.gov.co/paginas/gaceta.aspx>; a costa de la Entidad, conforme lo dispone el parágrafo del artículo 70 de la Ley 99 de 1993 y el artículo 7° de la Ley 1712 de 2014; en concordancia con la Resolución metropolitana N° D. 002854 del 23 de diciembre 2020 “*Por medio de la cual se establece la gratuidad de la publicación de los actos administrativos en la Gaceta Ambiental*”.

Artículo 23. Vigencia y derogatoria. La presente resolución rige a partir de su publicación en la Gaceta Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, y deroga la Resolución Metropolitana 912 de 2017 y la Resolución Metropolitana 002 de 2019.

Dada en Medellín a los,

COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE y CÚMPLASE



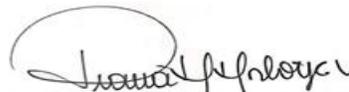
JUAN DAVID PALACIO CARDONA
Director

Firmado electrónicamente decreto 491 de 2020 el 23/06/2022



CARMEN ELVIRA ZAPATA RINCON
Secretario General

Firmado electrónicamente decreto 491 de 2020 el 16/06/2022



DIANA MARÍA MONTOYA VELLILLA
Subdirector Ambiental

Firmado electrónicamente decreto 491 de 2020 el 13/06/2022

Proyectó: Diana Marcela Quiceno Rendón
Contratista

Aprobó: María Helena Gómez Gallo
Líder Gestión Ambiental