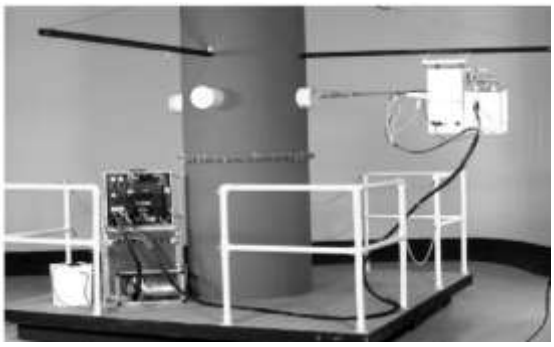
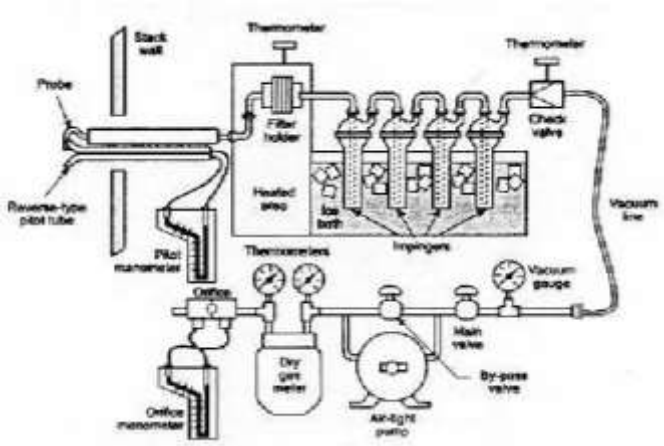


INFORME FINAL

ESTUDIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS



CALDERA DE COMBUSTIÓN IMAD



ABRIL DE 2026

IncoAmbiental®
Ingeniería & Consultoría Ambiental

OT 3717

Carrera 66B No. 5 – 40 PBX (2) 3714222 Fax 9715588 Cali, Colombia
Email: incoambiental@incoambiental.com

INFORME FINAL **ESTUDIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS** **CALDERA DE COMBUSTION IMAD** **FRIGOTUN SAS** **OT: 3717**	IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales **Resolución 1476 – Nov 20 de 2025**

HOJA DE CONTROL

VERSIÓN - 01

			REPRESENTANTES LEGALES		
COLABORADOR: Ricardo Insuasti Salas **Asistente de Ingeniería**	**ELABORÓ:** Ing. Rodrigo Rendón **Coordinador de Ingeniería**	**REVISO:** Ing. Germán Bolaños Salas **Director de Operaciones**	**APROBO:** Robert Corrales Gómez **INCO AMBIENTAL S.A.S.**	**APROBO:** ESTEBAN ZAPATA BRAVO **FRIGOTUN SAS**	**FECHA DE APROBACIÓN:** **Mayo de 2026**
Vo. Bo	**Vo. Bo**	**Vo. Bo**	**Vo. Bo**	**Vo. Bo**	

Este reporte ha sido preparado por INCO AMBIENTAL S.A.S. con un conocimiento razonable y con el cuidado y la diligencia establecidos en los términos del contrato con el cliente.

Previo a su aprobación, este informe es confidencial al cliente e INCO AMBIENTAL S.A.S., por tanto, no se acepta ninguna responsabilidad, si otros modifican parcial o totalmente el informe.

Anotaciones:

_____
_____
_____
_____

—

La CALIDAD de nuestro servicio esta haciendo ECO en el Planeta

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO 1
1.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN 2
1.2 MÉTODOS DE REFERENCIA EPA 4
1.3 ANÁLISIS DE FLUJO CICLONICO 5
1.4 REPORTE DE ANÁLISIS DE RESULTADOS 6
2. INTRODUCCION 10
2.1 OBJETIVOS 11
3. DESCRIPCION DEL PROCESO O INSTALACION 12
3.1 LOCALIZACION DE LA EMPRESA 12
3.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE COMBUSTION 12
3.2.1 FICHA TECNICA DEL SISTEMA DE COMBUSTION 13
3.2.2 ANALISIS DE LAS CONDICIÓNES DE OPERACIÓN 13
3.3 DESCRIPCION DE LA FUENTE FIJA DE EMISION 16
3.3.1 DISTRIBUCION DE ALTURAS EN LA FUENTE FIJA 16
3.3.2 CONDICIONES DEL FLUJO DE GAS 17
4. DESCRIPCION DEL PROGRAMA DE MEDICION 18
4.1 IDENTIFICACION DEL RESPONSABLE DE REALIZAR LA MEDICION 18
5. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION 19
5.1 DESCRIPCION DE EQUIPOS Y PROCEDIMIENTOS 19
5.2 METODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANALISIS 19
5.3 METODOS ANALITICOS 20
5.3.1 OXIDOS DE NITROGENO 20
5.4 LOCALIZACION DEL SITIO DE TOMA DE MUESTRA 21
5.4.1 CALDERA DE COMBUSTION IMAD 21

6. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD ... 23

6.1 PROCEDIMIENTO DE MEDICION ... 23

6.1.1 OXIDOS DE NITROGENO – NOx ... 23

6.2 EQUIPOS DE CALIBRACION EXTERNA Y VERIFICACION EN LABORATORIO ... 24

6.3 VALIDACION DE DATOS ... 25

6.4 DOCUMENTACION ... 25

6.4.1.1 CALDERA DE COMBUSTION IMAD ... 29

7. ECUACIONES UTILIZADAS EN LOS CALCULOS ... 34

8. BIBLIOGRAFÍA 36

LISTA DE TABLAS

Tabla 1, Registros históricos de los últimos 12 meses 2
Tabla 2. Condiciones de operación mínimos para realizar las mediciones directas 3
Tabla 3. Condición de operación de la caldera de combustión IMAD 3
Tabla 4. Parámetros contaminantes, tiempos y volúmenes mínimos de muestreo. 4
Tabla 5. Métodos de referencia aplicados 4
Tabla 6. Descripción métodos de referencia aplicados 5
Tabla 7. Valores obtenidos durante la verificación de flujo ciclónico 6
Tabla 8. Concentración de Óxidos de Nitrógeno-NOx, a la Luz de la Resolución 0909/08 7
Tabla 9. Determinación de las Unidades de Contaminación Atmosférica-UCA CALDERA DE COMBUSTION IMAD - Articulo 7 Resolución 909/08 7
Tabla 10. Tabla de resumen 9
Tabla 11. Datos Generales de la Organización 10
Tabla 12. Ficha técnica 13
Tabla 13. Registros históricos de las condiciones de Operación 15
Tabla 14. Distribución de alturas y dimensiones de la fuente fija caldera de combustión IMAD 16
Tabla 15. Condiciones de flujo del gas en la fuente fija evaluada 17
Tabla 16. Identificación del responsable de realizar la medición 18
Tabla 17. Descripción de equipos y procedimientos 19
Tabla 18. Métodos de monitoreo de fuentes fijas 20
Tabla 19. Recuperación, manipulación y almacenamiento para Óxidos de Nitrógeno 21
Tabla 20. Marcación de la sonda & verificación de flujo ciclónico 22
Tabla 21. Calibración y verificación de equipos 24
Tabla 22. Lista de chequeo para validación de datos 25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la empresa FRIGOTUN SAS 12
Figura 2. Toma de muestra de Óxidos de Nitrógeno..... 16
Figura 3. Esquema Tren de Muestreo para Óxidos de Nitrógeno 24

LISTA DE ANEXOS

	ANEXO No.
- DISTRIBUCION DEL NUMERO DE PUNTOS DE MUESTREO	1
- REGISTROS DE CALIBRACION	2
- REGISTROS DE CAMPO	3
- CERTIFICADOS DE ANALISIS	4
- CADENAS DE CUSTODIA	5
- RESOLUCIONES DE ACREDITACION – IDEAM	6

1. RESUMEN EJECUTIVO

El día 8 de abril de 2026, se realizó la determinación de la emisión de Óxidos de Nitrógeno-NOx en la chimenea de la Caldera de Combustión IMAD instalada en la empresa **FRIGOTUN SAS,** planta ubicada en el kilómetro 3 vía Marsella, jurisdicción del Municipio de Pereira – Risaralda.

Las mediciones en la fuente fija se realizaron conforme a las consideraciones técnicas planteadas y consignadas en el Informe Previo, documento presentado ante la Corporación Autónoma Regional de Risaralda - CARDER.

El sistema de combustión evaluado en la empresa **FRIGOTUN SAS,** se describe a continuación:

Ficha técnica de la CALDERA DE COMBUSTION IMAD

			Unidades
Marca	:	IMAD	1
Tipo		PIROTUBULAR	-
Serie	:	8369CI-CO-30	-
Modelo	:	019048341	-
Año de fabricación	:	2006	-
Capacidad nominal	:	200	BHP
Presión de diseño	:	150	Psig
Presión de trabajo min/max	:	100	Psig
Producción de vapor	:	6900	Lbv/hr
Tiempo efectivo de operación	:		Dias/mes
	:	8.0	Horas/día
Combustible	:	GLP	-
Procedencia	:	Cartagena	
Consumo de combustible media mensual de los últimos 12 meses	:	21.111	kg/mes
Consumo de combustible media diaria de los últimos 12 meses	:	811,9	kg/día
Consumo de combustible media horaria de los últimos 12 meses	:	101,5	kg/h
Sistema de control polución	:	NO REQUIERE	-

1.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Para la presente evaluación de emisiones atmosféricas, realizada el 8 de abril de 2026, la Caldera de Combustión IMAD operó con GLP como combustible, de acuerdo con la información suministrada por FRIGOTUN S.A.S. y los registros de consumo correspondientes al periodo marzo de 2025 a febrero de 2026. En este sentido, los resultados obtenidos, las condiciones de operación verificadas y el análisis normativo desarrollado en el presente informe corresponden exclusivamente a la condición actual de operación de la caldera con GLP.

La condición de operación del 90% sobre la cual se realizaron las mediciones directas en la Caldera de Combustión IMAD, se determinó con base en la información de consumo de combustible de los últimos doce meses, ya que no cuenta con dispositivo de registro de flujo de vapor.

Por otra parte, se evidenció que el sistema de combustión evaluado en la empresa FRIGOTUN SAS, opera con GLP como combustible. Con base en los registros de consumo de Combustible de los últimos 12 meses, se cuenta con la siguiente información de consumo histórico:

Tabla 1, Registros históricos de los últimos 12 meses

Sistema de Combustión	**Consumo de Combustible [1]**
	GLP Kg/Hr
Caldera de Combustión IMAD	101,5

[1] consumo de Combustible Promedio, determinado a partir de los registros de los últimos 12 meses.

A partir de los registros de consumo de combustible de los últimos 12 meses, se determinó las condiciones de operación representativas para llevar a cabo las mediciones directas en la fuente fija de la empresa FRIGOTUN SAS, las cuales se definen como las condiciones de operación iguales o superiores al 90% de la condición promedio de dicho periodo de tiempo. Dichas condiciones de operación fueron las que se tuvieron en cuenta durante las mediciones directas, la cuales se aprecian a continuación:

Tabla 2. Condiciones de operación mínimos para realizar las mediciones directas

Sistema de Combustión	CONSUMO DE GLP Kg/Hr
Caldera de Combustión IMAD	≥ 91,4

Durante las mediciones directas realizadas en la caldera de combustión IMAD de la empresa FRIGOTUN SAS, actividades llevadas a cabo el día 08 de abril de 2026, se tuvo en cuenta, la cantidad de GLP consumido durante las mediciones, el cual debe ser igual o mayor a la condición mínima de operación establecida para realizar las mediciones

En el cuadro siguiente se registra el combustible en la caldera de combustión IMAD durante las mediciones directas.

Tabla 3. Condición de operación de la caldera de combustión IMAD

FUENTE FIJA	Consumo de GPL Kg/Hr
Caldera de Combustión IMAD	100,4

Con base en el anterior registro de consumo de combustible, se evidencia que el sistema de combustión evaluado en la empresa FRIGOTUN SAS, estuvo operando con un valor de consumo de combustible por encima a la condición mínima de operación del 90% establecida en el Informe Previo, por tanto, se da validez y representatividad a la toma de muestras.

Con base en lo establecido en el Artículo 7 de la Resolución 909 de 2008, los sistemas de combustión externa que consumen combustible gaseoso y que generan menos de 25 toneladas de vapor por hora (< 55115 Lbv/Hr), deben verificar el cumplimiento de las emisiones de Óxidos de Nitrógeno - NOx, para lo cual, en la Tabla No. 2 del literal - *1.1.1.1 Matriz de Análisis de Contaminantes*- del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas., se define los parámetros contaminantes, tiempos y volúmenes mínimos de muestreo, a saber:

Tabla 4. Parámetros contaminantes, tiempos y volúmenes mínimos de muestreo

ACTIVIDAD	CONTAMINANTE	TIEMPO MINIMO, VOLUMEN MINIMO Y OTRAS CONSIDERACIONES PARA EL MUESTREO
Caldera de Combustión IMAD	NOx	Cuatro (4) Muestras tomadas a intervalos de 15 minutos cada una.

Las mediciones se realizaron cuando la fuente fija objeto de la evaluación de emisiones estuvo operando como mínimo al 90% de la capacidad de operación promedio de los últimos doce (12) meses, definida está en la cantidad de combustible consumido.

Adicionalmente y conforme a lo establecido en la Resolución 0935 de 2011, se realizó en la fuente fija la toma de cuatro (4) muestras de Óxidos de Nitrógeno-NOx.

1.2 MÉTODOS DE REFERENCIA EPA

Conforme a lo establecido en el Art. 72 de la Resolución No. 0909/08, se aplicó los métodos de referencia consignados en la Tabla No. 1 del literal - *1.1.1 Métodos para la Evaluación de Emisiones Contaminantes* - del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, adoptado según Resolución 760 de 2010, los cuales corresponden a:

Tabla 5. Métodos de referencia aplicados

PARAMETROS CONTAMINANTES	MÉTODO DE MONITOREO
NOx	Referencia: 1, 2, 3A, y 7 - EPA

El alcance de cada método de medición corresponde a:

Tabla 6. Descripción métodos de referencia aplicados

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Método 1	Determinación del punto y velocidad de muestreo para fuentes estacionarias
Método 2	Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrica de gases en chimenea (Tubo Pitot en S)
Método 3A	Determinación de concentraciones de oxígeno en emisiones de fuentes fijas mediante analizador instrumental.
Método 7	Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias

Los métodos de referencia consignados en el cuadro anterior, están incluidos en el alcance de acreditación del IDEAM para la Matriz Aire en la toma de muestra y análisis de la muestra otorgado a INCO AMBIENTAL S.A.S., conforme a la Resolución No. 1476 de noviembre 20 de 2025 (anexa a este documento).

1.3 ANÁLISIS DE FLUJO CICLONICO

A partir de las mediciones de gases realizadas en la chimenea de la Caldera de Combustión IMAD de la empresa FRIGOTUN SAS, se encontró que:

- El ángulo promedio de inclinación de las líneas de flujo medidos en las secciones transversales de la fuente fija evaluada, registraron valores inferiores al ángulo de inclinación máximo de aceptación el cual es de 20°, y de igual manera se observó que la desviación estándar de los ángulos de inclinación, registraron valores inferiores a la desviación estándar máxima la cual debe ser de 10°, por lo tanto, se evidenció la ausencia de flujo ciclónico en la fuente fija evaluada, dando cumplimiento a lo estipulado en el Método 1 de la EPA, y por tanto, las condiciones de flujo con las que se realizaron las mediciones, garantizaron condiciones adecuadas y representativas para la toma de muestras.

Los valores obtenidos del ángulo promedio de inclinación y la desviación estándar fueron los siguientes:

Tabla 7. Valores obtenidos durante la verificación de flujo ciclónico

SISTEMA EVALUADO	Angulo promedio	Desviación Estándar
Caldera de Combustión IMAD	8,0	6,7°

1.4 REPORTE DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

- De conformidad con lo establecido en el Parágrafo Sexto del Articulo 7 de la Resolución 0909/08, la corrección por oxigeno de referencia aplica únicamente a los procesos en los cuales se realice combustión, es decir que para el caso de las emisiones que se descargan por la fuente fija evaluada en la empresa FRIGOTUN SAS, se aplicará corrección por oxígeno.

- La Caldera de Combustión IMAD por producir menos de 25 toneladas de vapor por hora y por consumir GLP como combustible, debe cumplir con los estándares admisibles de emisión establecidos en el Art. 7 de la Res. 0909/08, los cuales se definen a condiciones de referencia, base seca y corrección de oxígeno al 11.0%.

- Por otra parte, y conforme a lo establecido en el Protocolo para el Control y la Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas, para verificar el cumplimiento de los estándares de emisiones establecidos en el Artículo 7 de la Resolución 909 de 2008, se colectaron cuatro (4) muestras para Óxidos de Nitrógeno- NOx, con lo cual, se calculó la concentración promedio y se comparó con el estándar admisible establecido.

- En la Tabla 8 se registra las concentraciones de Óxidos de Nitrógeno-NOx, en condiciones de referencia, base seca y corregidas al oxigeno de referencia para la Caldera de Combustión IMAD.

Tabla 8. Concentración de Óxidos de Nitrógeno-NOx, a la Luz de la Resolución 0909/08

CALDERA DE COMBUSTION IMAD	Condiciones de Referencia, BS y % Oxígeno (el indicado)	Condiciones de Referencia, BS y Corrección al 11.0 % de Oxígeno
	NO_x (mg/m^3)	NO_x (mg/m^3)
Muestra No. 1 Oxígeno, 3.4%	**15,2**	**8,6**
Muestra No. 2 Oxígeno, 3.2%	**17,8**	**10,0**
Muestra No. 3 Oxígeno, 3.2%	**18,2**	**10,2**
Muestra No. 4 Oxígeno, 3.0%	**15,2**	**8,4**

PROMEDIO	**9,3**
Estándar Admisible Articulo 7 Res. 909/08	**350**

De la Tabla 8 se observa que el promedio de las concentraciones Óxidos de Nitrógeno-NOx, obtenido durante las mediciones directas realizadas en la caldera de combustión IMAD, se encuentran por debajo del estándar admisible de emisión establecido en el Artículo 7 de la Resolución 909 de 2008, para la condición de consumo de GLP como combustible.

- Con base en los resultados obtenidos, se determinó las Unidades de Contaminación Atmosférica – UCAs, obteniéndose la siguiente frecuencia de medición para Óxidos de Nitrógeno-NOx:

Tabla 9. Determinación de las Unidades de Contaminación Atmosférica-UCA CALDERA DE COMBUSTION IMAD - Articulo 7 Resolución 909/08

CALDERA DE COMBUSTION	CONTAMINANTE	Resultado Concentración	Estándar Emisión [3]	UCA	Grado de Significancia del Aporte Contaminante	Frecuencia Monitoreo
		mg/m^3	mg/m^3			
Calera de Combustión IMAD	Óxidos de Nitrógeno-NOx	9,3	350	0,03	MUY BAJO	3 AÑOS

[3] Estándar Admisible Articulo 7 Res. 909/08

Las actividades ejecutadas por INCO AMBIENTAL S.A.S. incluyeron el diseño del plan de muestreo, detallado en el formato FTSA36 – Plan de muestreo (anexo a este informe), la verificación de los equipos, la toma de muestras durante con cuatro balones de 2000 mL para los Óxidos de Nitrógeno-NOx. Todas las actividades de monitoreo en campo se llevaron a cabo conforme a los lineamientos definidos en el Protocolo para el Control y Vigilancia se la

Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, así como los métodos de monitoreo de emisiones atmosféricas definidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA, y acreditados por el IDEAM.

No se presentaron desviaciones en los métodos de medición utilizados, ni errores o fallas en el sistema evaluado ni en los procedimientos de toma de muestra empleados por el laboratorio, garantizando la integridad de los resultados, por lo que no se requirió la implementación de acciones correctivas.

Dado que el cliente no solicitó una Declaración de Conformidad, para efectos de interpretación y comparación con los valores límite establecidos en la normativa ambiental vigente, se aplicó la regla de decisión simple, basada en la comparación directa entre el resultado del ensayo y el límite de especificación, sin considerar zona de seguridad ni estimación de la probabilidad de conformidad.

En la Tabla 10 se registra los parámetros más importantes obtenidos durante las mediciones directas realizadas en la chimenea de la Caldera de Combustión IMAD de la empresa de FRIGOTUN SAS.

Tabla 10. Tabla de resumen

CALDERA DE COMBUSTION IMAD - ABRIL 8 DE 2026				
PARAMETRO	**R-1**		**Promedio**	
CONDICIONES LOCALES				
PRESION BAROMETRICA (Pb)	651,4		651,4	mmHg
TEMPERATURA AMBIENTE (Ta)	31,0		31,0	°C
ALTURA SOBRE NIVEL DEL MAR (Hf)	1375			msnm
ZONA	RURAL			
LATITUD	**4°49'21,66"**			N
LONGITUD	**75°44'18,47"**			W
CARACTERISTICAS DE CHIMENEA				
SECCION	CIRCULAR			
DISTANCIA (A)	8,43			m
DISTANCIA (B)	5,25			m
LONGITUD NIPLE (Ln)	12,0			cm
NUMERO DE PUERTOS USADOS	2			
ANCHO (W)				m
LARGO (L)				m
DIAMETRO (Ds)	0,385			m
AREA (As)	0,1164			m^2
CONDICIONES DE FLUJO DEL GAS EN CHIMENEA				
HUMEDAD (Hum)	15,5		15,5	%
TEMPERATURA (TS)	176,1		176,1	°C
PRESION ABSOLUTA (Ps)	651,3		651,3	mm Hg
PESO MOLECULAR (Ms)	27,94		27,9	g/g-mol
VELOCIDAD DE SALIDA (Vs)	5,2		5,2	m/s
FLUJO DE GASES (Qs)	36,5		36,5	m^3/min
OXIGENO (O2)	3,2		3,2	%
DIOXIDO DE CARBONO (CO2)	10,2		10,2	%
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	....		....	%
NITROGENO (N2)	86,6		86,6	%
EXCESO DE AIRE (EA)	....		....	%
EFICIENCIA DE COMBUSTION (Eff)	....		....	%
PERDIDAS EN LA COMBUSTION (Loss)	....		....	%
DIOXIDO DE NITROGENO - NO2 - BASE SECA				
EMISION DE DIOXIDO DE NITROGENO	0,017		0,017	Kg NO_2/ Hr
CONC. COND. REFERENCIA (%O2 AL 3,3%)	16,6		16,6	mg/m^3 ref.
CONC. COND. REFERENCIA (O2 al 11.0 %)	***9,3***		***9,3***	mg/m^3 *ref.*
ESTANDAR ADMISIBLE (O2 al 11.0%) - Art. 7 Res. 909/08			***350***	*mg/m^3 ref.*
ALTURA DE CHIMENEA				
ALTURA FISICA	**19,5**			m
Altura Min.-BPI (Art. 70 R.909/08)				m

2. INTRODUCCION

El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT expidió la Resolución No. 909 en junio de 2008, por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.

En el Artículo 3 de la Resolución 909 de 2008, modificado parcialmente por el Articulo 1 de la Resolución 1309 de 2010, se establece que el ámbito de aplicación de las disposiciones de la Resolución 909 de 2010, es para todas las actividades industriales, equipos de combustión externa, máquinas de combustión interna con capacidad mayor de 1 MW, instalaciones de incineración y hornos crematorios.

Con base en el alcance de aplicación de dicha resolución, en este documento se registra los resultados de las Mediciones de Gases realizadas en la Caldera de Combustión IMAD de la empresa FRIGOTUN SAS, cuyos datos de la organización y localización se registran a continuación:

Tabla 11. Datos Generales de la Organización

Empresa:	FRIGOTUN SAS			Nit:	900256495-6	
Actividad comercial:	Procesamiento y conservación de carnes y productos cárnicos					
Dirección:	KM 3 VIA MARSELLA					
Representante Legal:	Dr. Esteban Zapata Bravo			C.C.	1144107949	
Localización geográfica:	Zona urbana		Zona Rural		X	
Coordenadas geodésicas:	04° 49' 21,66"	N	075° 44' 18,47"		W	
Altura sobre nivel del mar:	1375	msnm	Temperatura ambiente:		31,0	°C
Sistemas evaluados:	Caldera de Combustión IMAD					
Contaminantes de control:	MP		SO_2		NO_x	X	
Estándares de emisión-Art. 7 Res. 909 de 2008	N.A		N.A		350	mg/m^3

2.1 OBJETIVOS

Para dar cumplimiento a los requerimientos establecidos en la Resolución 909 de 2008 y en las Resoluciones 760 y 2153 de 2010, se plantea los siguientes objetivos:

1. Establecer los procedimientos y métodos de medición a utilizarse en la evaluación de las emisiones de la Caldera Combustión IMAD en la empresa FRIGOTUN SAS.

2. Establecer las características del sistema a ser evaluado, a fin de determinar las condiciones de operación sobre las cuales se llevará a cabo la evaluación de las emisiones.

3. Verificar el grado de cumplimiento de los estándares admisibles de emisión de Óxidos de Nitrógeno-NOx en la chimenea de la Caldera Combustión IMAD de la empresa FRIGOTUN SAS, a la luz de la Resolución 0909 de 2008.

4. Determinar las Unidades de Contaminación Atmosférica –UCA, las cuales definirán la frecuencia mínima de medición de las emisiones contaminantes en la fuente fija de la empresa FRIGOTUN SAS.

3. DESCRIPCION DEL PROCESO O INSTALACION

3.1 LOCALIZACION DE LA EMPRESA

La empresa FRIGOTUN SAS, se localiza en el kilómetro 3 vía Marsella, jurisdicción del Municipio de Pereira – Risaralda. La actividad comercial principal de la empresa es el beneficio, desposte y comercialización de ganado porcino y bovino.

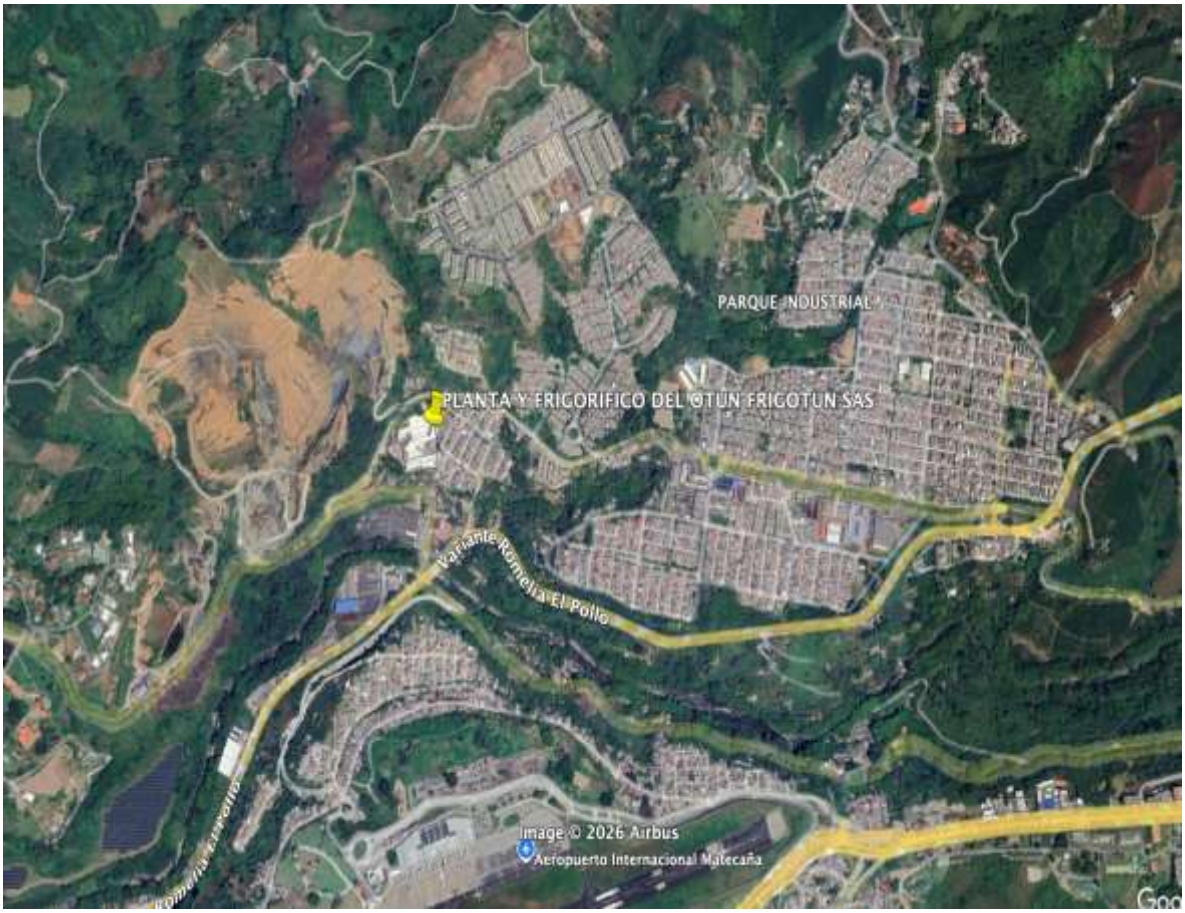


Figura 1. Localización de la empresa FRIGOTUN SAS

3.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE COMBUSTION

La fuente fija evaluada en la empresa FRIGOTUN SAS, corresponde a la caldera de combustión IMAD. La ficha técnica del sistema de combustión a ser evaluado, se presenta a continuación:

3.2.1 FICHA TECNICA DEL SISTEMA DE COMBUSTION

CALDERA DE COMBUSTION IMAD

Tabla 12. Ficha técnica

			Unidades
Marca	:	IMAD	1
Tipo		PIROTUBULAR	-
Serie	:	8369CI-CO-30	-
Modelo	:	019048341	-
Año de fabricación	:	2006	-
Capacidad nominal	:	200	BHP
Presión de diseño	:	150	Psig
Presión de trabajo min/max	:	100	Psig
Producción de vapor	:	6900	Lbv/hr
Tiempo efectivo de operación	:		Dias/mes
	:	8.0	Horas/día
Combustible	:	GLP	-
Procedencia	:	Cartagena	
Consumo de combustible media mensual de los últimos 12 meses	:	21.111	kg/mes
Consumo de combustible media diaria de los últimos 12 meses	:	811,9	kg/día
Consumo de combustible media horaria de los últimos 12 meses	:	101,5	kg/h
Condición de operación por Consumo de combustible sobre la cual se realizará la medición	**:**	**≥ 91,4**	**kg/h**
Sistema de control polución	:	NO REQUIERE	-

3.2.2 ANALISIS DE LAS CONDICIÓNES DE OPERACIÓN

Con base en lo establecido en el literal 1.1.2 del Protocolo de Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas, la evaluación de emisiones atmosféricas mediante medición directa se realizó bajo condiciones de operación representativas. La condición de operación representativa es aquella que se realiza bajo condiciones de operación iguales o superiores al 90% de la condición de operación de los últimos 12 meses.

Dado a que la Caldera de Combustión IMAD corresponde a la denominación de Instalaciones existentes, la evaluación de las emisiones por medición directa se realizó con el sistema de combustión operando con valores por encima del 90% de la capacidad de operación promedio de los últimos 12 meses, condición de operación que se determinó a partir del análisis de la información mensual de consumo de combustible del periodo comprendido entre marzo de 2025 a febrero de 2026, datos suministrados por la empresa FRIGOTUN SAS, y registrados en la Tabla 13.

Tabla 13. Registros históricos de las condiciones de Operación
Consumo de GLP

REGISTROS DE UN AÑO - CONSUMO DE COMBUSTIBLE
Marzo 2025 a Febrero 2026

Mes	Consumo de GLP, Kg	# días/mes
mar-25	21.653	26
abr-25	21.784	26
may-25	22.114	26
jun-25	20.740	26
jul-25	22.216	26
ago-25	19.618	26
sep-25	21.490	26
oct-25	21.912	26
nov-25	18.257	26
dic-25	18.883	26
ene-26	23.797	26
feb-26	20.867	26

Promedio Mensual	
kg / mes	21.111

Mes	Consumo de GLP, Kg	# horas/mes
mar-25	832,81	8
abr-25	837,85	8
may-25	850,54	8
jun-25	797,69	8
jul-25	854,46	8
ago-25	754,54	8
sep-25	826,54	8
oct-25	842,77	8
nov-25	702,19	8
dic-25	726,27	8
ene-26	915,27	8
feb-26	802,58	8

Promedio Diario	
kg / día	811,96

Promedio Horario	
kg / Hr	101,49

CONDICION DE OPERACIÓN POR CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GLP) ≥ 90%

kg / Hr	**91,35**

Las mediciones directas a realizarse en la chimenea de la CALDERA IMAD serán representativas siempre y cuando se realicen con un consumo de combustible mayor o igual a 91,4 kg/h de GLP, condición representativa de operación determinada a partir de los registros de consumo de combustible de los últimos 12 meses.

3.3 DESCRIPCION DE LA FUENTE FIJA DE EMISION

3.3.1 DISTRIBUCION DE ALTURAS EN LA FUENTE FIJA

A partir de Las mediciones y observaciones in situ, a continuación, se registra las dimensiones del diámetro de chimenea, puertos de muestreo y altura de la chimenea, al igual que las longitudes en las cuales se encuentra localizados los puertos de muestreo respecto a las perturbaciones existentes en la fuente fija.

La siguiente distribución de alturas y dimensiones, corresponde a la Caldera de Combustión IMAD de la empresa FRIGOTUN SAS.

Tabla 14. Distribución de alturas y dimensiones de la fuente fija caldera de combustión IMAD

Fuente Fija	:	**Caldera de Combustión**	
Marca	:	IMAD	
Diámetro de chimenea	:	0,385	m
Altura de chimenea	:	19,5	m
Distancia A	:	8,43	m
Distancia B	:	5,25	m
Número de niples	:	2	
Tipo de niples	:	TAPÓN ROSCA	
Diámetro del niple	:	4	Pulg
Longitud del niple	:	12	cm
Existe plataforma	:	SI	



Figura 2. Toma de muestra de Óxidos de Nitrógeno

3.3.2 CONDICIONES DEL FLUJO DE GAS

A partir de las mediciones realizadas en la fuente fija asociada a la Caldera de Combustión IMAD de la empresa FRIGOTUN SAS, en la Tabla 15 se registra las condiciones de flujo de gas y el promedio ponderado respecto al flujo de gases.

Tabla 15. Condiciones de flujo del gas en la fuente fija evaluada

PARAMETROS DEL GAS	CALDERA	Unidades
HUMEDAD (Hum)	15,5	%
TEMPERATURA (TS)	176,1	°C
PRESION ABSOLUTA (Ps)	651,3	mm Hg
PESO MOLECULAR (Ms)	27,94	g / g-mol
VELOCIDAD DE SALIDA (Vs)	5,2	m/s
FLUJO DE GASES (Qs)	36,5	m^3/min
OXIGENO (O_2)	3,2	%
DIOXIDO DE CARBONO (CO_2)	10,2	%
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	….	%
NITROGENO (N_2)	86,6	%
EXCESO DE AIRE (EA)	----	%
EFICIENCIA DE COMBUSTION (Eff)	----	%
PERDIDAS EN LA COMBUSTION (Loss)	----	%
EMISION DE OXIDOS DE NITROGENO - NOx (FC)	0,017	Kg/Hr
CONC. NOx (Cond. Ref y $\%O_2$ Ref)	***9,3***	mg/m^3
ESTANDAR DE NOx – Art. 7 R909/08	***350***	mg/m^3

4. DESCRIPCION DEL PROGRAMA DE MEDICION

4.1 IDENTIFICACION DEL RESPONSABLE DE REALIZAR LA MEDICION

Tabla 16. Identificación del responsable de realizar la medición

PROCESO	:	**TOMA DE MUESTRA Y DETERMINACION ANALITICA – ANALSIS EN LABORATORIO**			
Consultor	:	**INCO AMBIENTAL SAS**	**NIT**	:	805.015.571-1
Dirección	:	Cra. 66 B No.5-40 B/Gran Limonar	**Ciudad**	:	Cali - Valle
Email	:	incoambiental@incoambiental.com	**PBX**	:	371 4222
Representante Legal	:	Robert Corrales Gómez	**Cc.**	:	16.797.933
Acreditación IDEAM	:	Resolución No. 1476	**Expedida**	:	Nov. 20/2025
Alcance	:	**Fuentes Fijas :** • Toma de muestras para determinación de Material Particulado – Métodos 1 a 5 – EPA • Toma de muestras para determinación de SO_2 – Método 6 – EPA • Toma de muestras para determinación de NOx – Método 7 – EPA • Análisis de muestras para la determinación de emisiones de Material Particulado de Fuentes Fijas – Método 5 – EPA • Análisis de Laboratorio para determinación de NOx – Método 7 – EPA • Toma y Análisis de muestras para determinación de SO2, SO3 y neblina de H2SO4 – Método 8 – EPA			

5. PROCEDIMIENTO DE EVALUACION

5.1 DESCRIPCION DE EQUIPOS Y PROCEDIMIENTOS

El equipo utilizado es de marca CLEAN AIR 28110MQC de propiedad de INCO AMBIENTAL S.A.S. y consta de las siguientes partes:

Tabla 17. Descripción de equipos y procedimientos

PARTE	DESCRIPCION	CODIGO
Sonda	Sonda de muestreo rígida de 1.0 m de longitud y liner de vidrio, revestida en acero inoxidable y con calentamiento para evitar condensación del gas. Dispone de termocuplas para temperatura en chimenea y para la temperatura interna de la sonda. Cuenta con tubo externo para acoplar el analizador de combustión.	S-3
Balón de vidrio	Balones de vidrio con capacidad de 2000 ml, los cuales disponen de válvulas de 3 vías esmeriladas. Capturan y almacenan las muestras de gases para la determinación de NOx.	—
Cordón umbilical	Conjunto de líneas eléctricas y neumáticas que conectan las unidades de muestreo y control. Longitud de 8.0 metros	—
Manómetro	Dispositivo de medición de diferenciales de presión; se utiliza para realizar mediciones de pitometría y posterior determinación de la velocidad y flujo másico de gases que son transportados por la chimenea.	D1060C
Analizador de combustión	Medidor de Gases de Combustión	—

5.2 METODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANALISIS

Para la determinación por medición directa del contaminante objeto de evaluación en los equipos de combustión externa que consumen GLP como combustible, se utilizó los métodos de referencia adoptados y publicados por el IDEAM.

Tabla 18. Métodos de monitoreo de fuentes fijas

CONTAMINANTE	Óxidos de Nitrógeno, NOx
MEDIO DE COLECCION	Solución absorbente diluída de H_2O_2 y H_2SO_4
TECNICA DE ANALISIS	Colorimetría
METODO EPA-USA	M-7
DESCRIPCION	Determinación de la emisión de Óxidos de Nitrógeno en fuentes fijas
# DE CORRIDAS	Cuatro (4) muestras
TIEMPO DE TOMA	Una muestra / 15 min

Los formatos utilizados para consignar los datos de campo se adjuntan en el Anexo No. 3.

5.3 METODOS ANALITICOS

Para la recuperación y análisis de laboratorio de las muestras colectadas en las fuentes fijas, se llevó a cabo los procedimientos descritos en el Método 7 de la EPA - USA.

5.3.1 OXIDOS DE NITROGENO

Una vez culminado el muestreo para óxidos de nitrógeno-NOx en la fuente fija, se manipula y almacena las muestras conforme a las actividades descritas en la siguiente tabla:

Tabla 19. Recuperación, manipulación y almacenamiento para Óxidos de Nitrógeno

PARTE DEL EQUIPO	MUESTRA	MATERIALES E INSUMOS	CONTENEDOR	LABORATORIO
Balones de 2000 mL – Una vez tomada la muestra	Medir temperatura inicial y agitar por 5 minutos	Cronómetro	Balones de 200º mL	N.A.
Balones de 2000 mL – A las 16 horas de reposo	Agitar por 2 minutos y registrar la temperatura y presión final.	Waipe, Cronómetro, cepillos, agua destilada	Recoger la muestra y los lavados en recipiente de plástico de 100 mL enrasado a 50 mL con agua destilada y ajustado pH > 12 con NaOH	Alícuota, secar a baño maría, adicionar ácido fenoldisulfónico, triturar, adicionar agua y H2SO4 conc, calentar, enfriar, adicionar agua e hidróxido de amonio, agitar, filtrar, diluir con agua y medir absorbancia por colorimetría

5.4 LOCALIZACION DEL SITIO DE TOMA DE MUESTRA

5.4.1 CALDERA DE COMBUSTION IMAD

Los puertos de muestreo en la fuente fija de la empresa FRIGOTUN SAS, se localizan a los 13,64 diámetros a partir de la última perturbación generada por la entrada de gases desde el hogar de la caldera.

A partir de estos registros se obtiene que el número mínimo de puntos totales a monitorear en chimenea sean 8, para lo cual se define la distribución de puntos por los puertos de muestreo a evaluar y se comprueba la existencia o ausencia de flujo ciclónico en la fuente fija.

Tabla 20. Marcación de la sonda & verificación de flujo ciclónico

MARCACION DE LA SONDA			
Nj	**%Ds**	**dj (cm)**	**Mj (cm)**
1	0,067	2,58	14,6
2	0,250	9,63	21,6
3	0,750	28,88	40,9
4	0,933	35,92	47,9
5			
6			
7			
8			

ANALISIS DE FLUJO CICLONICO			
Nj	**ΔP "H_2O**	**ΔP Ref. 0 "H_2O**	**Angulo α**
1	0,50	0.0	14,00
2	0,00	0.0	0,00
3	1,00	0.0	15,00
4	0,50	0.0	11,00
5	0,75	0.0	12,00
6	0,00	0.0	0,00
7	0,75	0.0	12,00
8	0,00	0.0	0,00
		PROMEDIO	**8,0°**
		DESVEST	**6,7°**

AUSENCIA DE FLUJO CICLÓNICO: Angulo α promedio ≤ 20° y Desviación Estándar ≤ 10°

6. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

6.1 PROCEDIMIENTO DE MEDICION

6.1.1 OXIDOS DE NITROGENO – NOx

Para la determinación de la emisión de dióxido de nitrógeno- NO_2, se utilizó el Método No 7 de la EPA, CFR Titulo 40 Parte 60, también disponible en el "Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas" del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT.

En la aplicación de este método de monitoreo, una muestra de aire es succionada en un frasco de 2000 mL que contiene una solución absorbente de Ácido Sulfúrico diluido y Peróxido de Hidrógeno, a partir de la despresurización del balón de muestreo a una presión absoluta de 3 pulgadas de mercurio.

La muestra una vez es extraída se agita por 5 minutos para que haya una buena mezcla entre la solución absorbente y el gas, y se deja reposar mínimo por 16 horas, tiempo el cual, se agita nuevamente por 2 minutos, se mide y registra la temperatura final y la presión final. Se procede a recoger la muestra, y los lavados por triplicado, posteriormente se preservan la muestra con NaOH hasta llevar la solución a pH > 12 unidades.

Los óxidos de nitrógeno excepto el óxido nitroso absorbidos en la solución, se determinan colorimétricamente usando el procedimiento del Ácido Difenoldisulfónico (PDS).

En la Figura 3 se esquematiza el tren de muestreo para la toma de muestras en chimenea de Óxidos de Nitrógeno.

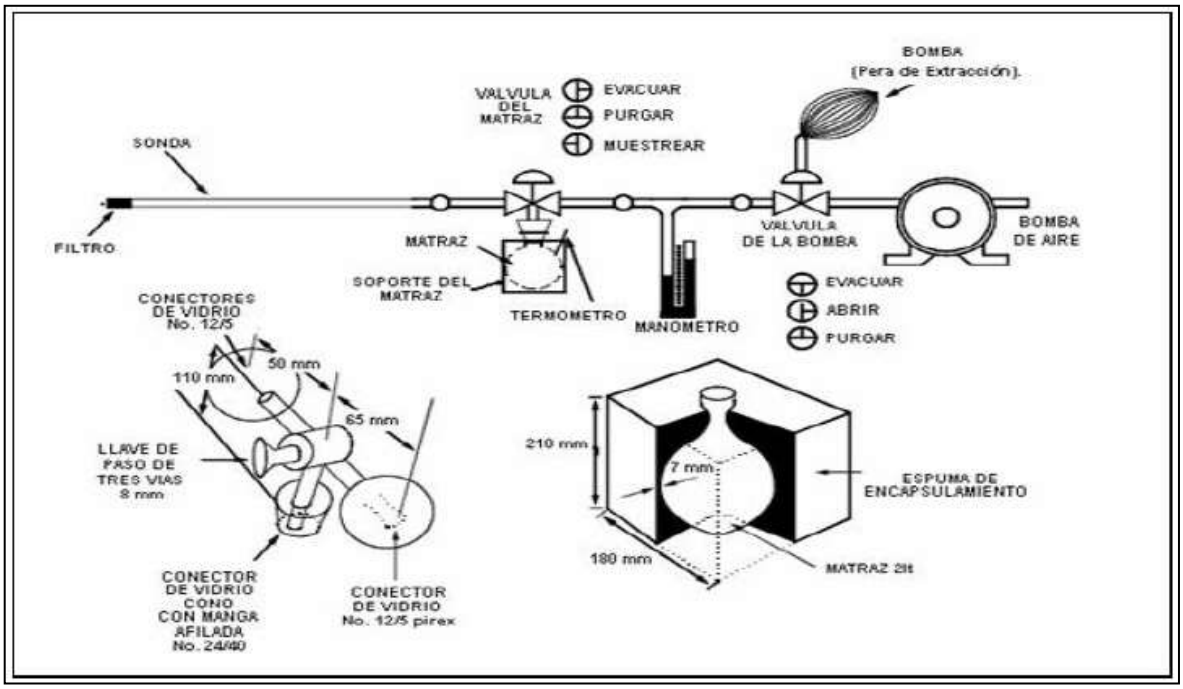


Figura 3. Esquema Tren de Muestreo para Óxidos de Nitrógeno

6.2 EQUIPOS DE CALIBRACION EXTERNA Y VERIFICACION EN LABORATORIO

Conforme al programa de mantenimiento y calibración de los equipos críticos utilizados en la medición directa de emisiones en fuentes fijas, a continuación, se registra las frecuencias de calibración o verificación, responsables y patrones de calibración.

Tabla 21. Calibración y verificación de equipos

EQUIPO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	PATRON	ENTIDAD	RESPONSABLE
Pie de rey	Calibrar	Cada 1 año		CIMA LTDA	Almacén
Termómetro digital FLUKE II	Calibrar	Cada 1 año		PINZUAR	Almacén
Termocuplas de sondas, caja caliente y caja fría	Verificar	Cada 6 meses	Termómetro FLUKE II	INCO AMBIENTAL	Asistente de Ingeniería
Analizador de Combustión	Verificar	Cada prueba	Pipa de mezcla de gases con O2 y CO2 Conc. Media y baja	INCO AMBIENTAL	Asistente de Ingeniería
Tubo Pitot	Verificar geometría	Cada 1 mes	Inclinómetro	INCO AMBIENTAL	Asistente de Ingeniería

Los certificados de calibración y verificación de los equipos mencionados utilizados en la medición de NOx, se adjunta en el Anexo No. 2.

6.3 VALIDACION DE DATOS

La validación se datos se realiza a partir de una lista de chequeo en la cual se establecen los parámetros de control y los umbrales dentro de los cuales se debe reportar los resultados de las mediciones directas realizadas en la fuente fija.

Tabla 22. Lista de chequeo para validación de datos

VARIABLE	VALORES ESPERADOS	VERIFICACION DEL CUMPLIMIENTO	RESPONSABLE DE LA VALIDACION
Liner de sonda	Vidrio	OK	Director de Operaciones y Asistente de Ingeniería
Frecuencia de cada toma de muestras	15 min	OK	
Hermeticidad Pitot / Manómetro	Inicial a 7.5 cm H_2O, 15 seg, sin caída	OK	
	Final a 7.5 cm. H2O, 15 segundos sin caída	OK	
Numero de muestras simples de NOx	4	OK	
Evacuación inicial de balones	≤ 3”Hg	OK	
Hermeticidad en los balones	<0.3 “Hg en 1 min	OK	

6.4 DOCUMENTACION

Con base en lo establecido en el Literal 2.2 “ Informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas “, del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas, adoptado según Resolución 760 y 2153 de 2010 - MAVDT, los informes finales a presentarse ante la Corporación Autónoma Regional del Cauca, con posterioridad a la entrada en vigencia de la Resolución 909 de 2008, deberán radicarse con el Anexo 4 del protocolo debidamente diligenciado, en el cual se certifique las condiciones de operación.

Para la trazabilidad de la información consignada en este documento, los registros obtenidos en las mediciones directas realizadas en la Caldera de Combustión IMAD de la empresa **FRIGOTUN SAS**, se almacenan conforme al procedimiento

de Control de Documentos del Sistema de Gestión ISO 17025 de INCO AMBIENTAL S.A.S.

Los documentos generados en cada medición se almacenan en carpetas A-Z, a saber:

0. Plan de muestreo Matriz Aire - 2026
1. Datos de campo Matriz Aire – 2026
2. Cadenas de custodia Matriz Aire. - 2026
3. Certificados de laboratorio Matriz Aire – 2026
4. Verificación de informes Matriz Aire - 2026

Los datos obtenidos en campo se registran en los formatos establecidos por el IDEAM, en idioma español y unidades en el sistema MKS. En el Anexo No. 3, se adjunta las tablas del trabajo de campo.

Fin del informe de Emisiones Atmosféricas

6.4.1 DATOS DE CAMPO

1. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD

Razón Social: **PLANTA Y FRIGORIFICO DEL OTUN FRIGOTUN SAS**

NIT : 900256495-6

Actividad : Procesamiento y conservación de carne y productos cárnicos

Representanta Legal : Esteban Zapata Bravo c.c. 1.144.107.949

Municipio : Pereira Departamento : Risaralda

Dirección : KM 3 VIA MARSELLA

Teléfono: 3116717470 Fax : _____ Email : _____

Geo-referenciación : X: 4°49'21,66" Y: 75°44'18,47" Z: -

Presión barométrica : 651,438 mm Hg Altitud : 1375 msnm

Temperatura ambiente : 31,0 °C

Producción horaria en Toneladas (producto terminado), relacionada con la fuente que se esta midiendo : - Ton/Día

2. UBICACIÓN SEGÚN P.O.T. - E.O.T. ó P.B.O.T :

Zona Urbana . - Zona Rural : X

3. FECHA DE LAS MEDICIONES : Abril 8 de 2026

4. NOMBRE DEL RESPONSABLE DE LA EVALUACION DE EMISIONES ACREDITADO POR EL IDEAM : INCO AMBIENTAL SAS

5. LABORATORIO QUE REALIZA LOS ANALISIS : INCO AMBIENTAL SAS

6. CONTAMINANTES A MEDIR :

Material Particulado, MP		Dióxido de Azufre, SO_2	
Dióxido de Nitrógeno, NOx	X	Neblina Acida, H_2SO_4	
Plomo, Pb		Cadmio, Cd	
Cloruro de Hidrógeno, HCl		Mercurio, Hg	
Floururo de Hidrógeno, HF		Cobre, Cu	

El presente informe se entrega dando cumplimiento a lo establecido en el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, certificando que no se han realizado modificaciones desde el último informe enviado a la AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE, en ninguno de los siguientes aspectos:

Composición y cantidad de materias primas utilizados:	OK
Composición y cantidad de insumos utilizados:	OK
Capacidad instalada de los equipos objeto del estudio:	OK
Capacidad de operación de los equipos objeto del estudio:	OK
Ubicación de los equipos objeto de estudio:	OK
Tipo de combustible utilizado:	OK
Consumo de combustible:	OK
Equipos de control instalados:	OK
Eficiencia de los equipos de control instalados:	OK
Dimensiones de los ductos y chimeneas de descarga de los contaminantes:	OK
Contaminantes monitoreados:	OK

Adicionalmente, expresamos que los métodos utilizados para la evaluación de los contaminantes que aplican a la actividad que desarrollamos, corresponden a los métodos adoptados por el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, los cuales listamos a continuación:

METODO	DESCRIPCION
Método 1	Determinación del punto y velocidad de muestreo para fuentes estacionarias
Método 2	Determinación de la velocidad y tasa de flujo volumétrica de gases en chimenea (Tubo Pitot tipo S)
Método 3	Determinación de concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en emisiones de fuentes fijas (FYRITE)
Metodo 7	Determinacion de Oxidos de Nitrogeno en Fuentes Estacionarias

Por otra parte estamos adjuntando la información correspondiente a las mediciones realizadas el 8 de abril de 2026 en la fuente fija asociada a la CALDERA DE COMBUSTION IMAD de la empresa PLANTA Y FRIGORIFICO DEL OTUN FRIGOTUN SAS.

Nota aclaratoria: Para la presente evaluación de emisiones atmosféricas, realizada el 8 de abril de 2026, la Caldera de Combustión IMAD operó con GLP como combustible, de acuerdo con la información suministrada por FRIGOTUN S.A.S. y los registros de consumo correspondientes al periodo marzo de 2025 a febrero de 2026. Se aclara que, aunque en evaluaciones o registros anteriores la caldera operaba con gas natural, los resultados, condiciones de operación y análisis normativo del presente informe corresponden exclusivamente a la condición actual de operación con GLP.

6.4.1.1 CALDERA DE COMBUSTION IMAD

Compañía	PLANTA Y FRIGORIFICO DEL OTUN FRIGOTUN SAS		
Sistema evaluado	CALDERA DE COMBUSTION IMAD - CORRIDA UNICA	**Fecha**	8 DE ABRIL 2026
Localización muestreo	PUERTOS DE MUESTREO	**Hora inicio y fin**	13:00 14:00
Operador	NORMAN ESCOBAR	**Proyecto #**	CALDERA

DESCRIPCION DEL PROCESO O INSTALACION EN QUE SE REALIZA LA MEDICION

Fuente Fija		Caldera	
Tipo de Caldera		Pirotubular	
Tipo de Horno			
Tipo de Incinerador			
Marca		IMAD	
Modelo		19048341	
Serie		8369CI-CO-30	
Fecha de Fabricación		2006	
Capacidad, Lbv/Hr		6900	
Presión de vapor de diseño, Psi		150	
Presión de vapor de trabajo máxima, Psi		100	
Presión de funcionamiento durante la toma de la muestra, Psi		ND	
Tipo de Quemador			
Altura de chimenea (contada a partir del piso), m		19,5	
Diámetro de la chimenea, m		0,385	
Tipo de terminación (antilluvia) de la chimenea		Tubo recto	
Producción de Vapor Promedio, Lbv/hr		ND	
Tiempo de funcionamiento		8 Horas/dia	
Datos del Combustible	Tipo	GLP	
	Procedencia	ND	
	Consumo Nominal, Kg/hr	ND	
	Consumo Real, Kg/hr	101,5	
	% de Azufre *	NA	
	Poder calorifico, BTU/Lb	ND	
	Sistema de alimentación	ND	
	Tipo de Almacenamiento	ND	
Temperatura cámara de combustión			
Temperatura cámara de post combustión			
Equipo control de emisiones	Material Particulado	NA	
	Gases	No tiene	
Tipo y frecuencia de mantenimiento de la fuente fija que genera la emisión			
Georeferenciación		4°49'21,66" N	75°44'18,47" W

* Ficha Técnica del Combustible

Compañía	PLANTA Y FRIGORIFICO DEL OTUN FRIGOTUN SAS		
Sistema evaluado	CALDERA DE COMBUSTION IMAD - CORRIDA UNICA	**Fecha**	8 DE ABRIL 2026
Localización muestreo	PUERTOS DE MUESTREO	**Hora inicio y fin**	13:00 14:00
Operador	NORMAN ESCOBAR	**Proyecto #**	CALDERA

DESCRIPCION DE LOS PUERTOS DE TOMA DE MUESTRA

Forma de la chimenea : Circular X Rectangular N/A

CIRCULAR

Diámetro, D = 0,385 m

0,39

Largo, L = N/A m Ancho, W = N/A m

Diámetro Equivalente, Deq = N/A m

Altura de chimenea, Ht = 19,5 m

Longitud de niple, Ln = 0,12 m

Número de diámetros antes de la siguiente perturbación, A = 8,43 m

Número de diámetros despues de la última perturbación, B = 5,25 m

Número de puntos de toma de muestra : 8 puntos

Número de recorridos : 2

Número de puntos por recorrido : 4 puntos

Tiempo de toma de muestra por punto : _____ min

DISTRIBUCION DE LOS PUNTOS DE MONITOREO

Distancia desde la pared de la chimenea hasta el punto de toma de muestra

Punto	% Diám.	Distancia cm	Punto	% Diám.	Distancia cm
1	0,067	14,6	**13**		
2	0,250	21,6	**14**		
3	0,750	40,9	**15**		
4	0,933	47,9	**16**		
5			**17**		
6			**18**		
7			**19**		
8			**20**		
9			**21**		
10			**22**		
11			**23**		
12			**24**		

Compañía	PLANTA Y FRIGORIFICO DEL OTUN FRIGOTUN SAS		
Sistema evaluado	CALDERA DE COMBUSTION IMAD - CORRIDA UNICA	**Fecha**	8 DE ABRIL 2026
Localización muestreo	PUERTOS DE MUESTREO	**Hora inicio y fin**	13:00 14:00
Operador	NORMAN ESCOBAR	**Proyecto #**	CALDERA

INFORMACION DEL EQUIPO DE MEDICION

Modelo y número de serie del equipo empleado		CLEAN AIR	
Número de serie de la consola		28110MQC	
Factor de Calibración	Y		
Coeficiente de Orificio	ΔH @		mm H2O
Identificación del tubo Pitot		TIPO S	
Coeficiente del tubo Pitot	Cp	0,84	
Identificación del Analizador de Gases		FYRITE	
Identificación de la boquilla		B-7	
Diámetro de la boquilla actual	Dna		mm
Identificación de la sonda		S-3	
Longitud de la sonda		1,0	m
Material de la línea de toma de muestra		VIDRIO	
Identificación de la caja de filtro			
Identificación de la caja de impactadores			

Coeficientes de Verificación de Termocuplas			
Componente		Pendiente	Intercepto
Entrada al Medidor - MGS			
Salida del Medidor - MGS			
Caja Caliente - Over			
Salida 4to. Impinger			
Sonda de Muestreo	(3 ft)	1,0114	0,5344
Sonda de Muestreo	(5 ft)		
Sonda de Muestreo	(7 ft)		

RESULTADOS DE PRUEBAS DE FUGAS

PRE - Monitoreo

Volumen inicial		m^3
Volumen final		m^3
Presión de succión		kPa
		mmHg
Tiempo		seg
Caudal de fuga		m^3/min
		cfm

POST - Monitoreo

Volumen inicial		m^3
Volumen final		m^3
Presión máxima de succión		kPa
		mmHg
Tiempo		seg
Caudal de fuga		m^3/min
		cfm

Compañía	PLANTA Y FRIGORIFICO DEL OTUN FRIGOTUN SAS		
Sistema evaluado	CALDERA DE COMBUSTION IMAD - CORRIDA UNICA	**Fecha**	8 DE ABRIL 2026
Localización muestreo	PUERTOS DE MUESTREO	**Hora inicio y fin**	13:00 14:00
Operador	NORMAN ESCOBAR	**Proyecto #**	CALDERA

METODO 1 - EPA -VERIFICACION DE LA AUSENCIA DE FLUJO CICLONICO

Punto	ΔP	Angulo Θ
	mmHg	°
1	0,50	14
2	0,00	0
3	1,00	15
4	0,50	11
5	0,75	12
6	0,00	0
7	0,75	12
8	0,00	0
9		
10		
11		
12		

Punto	ΔP	Angulo Θ
	mmHg	°
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		

Promedio de Angulo Θ° = 8,0 °
Desviación Estandar = 6,7 °

Angulo < 20°
Desvest < 10°

AUSENCIA DE FLUJO CICLONICO

METODO 2 - EPA - DETERMINACION PRELIMINAR DE LA VELOCIDAD DE GASES EN DUCTO O CHIMENEA

Presión Barométrica, Pb = 651,4 mm Hg Temperatura ambiente, Ta = 31,0 °C

Punto	ΔP	Pg	Ts
	mm H_2O	mm H_2O	°C
1	1,0	-2,0	181
2	1,5	-2,0	178
3	1,3	-2,0	180
4	1,8	-2,0	174
5	1,0	-2,0	172
6	1,0	-2,0	165
7	1,3	-2,0	168
8	1,8	-2,0	171
9			
10			
11			
12			

Punto	ΔP	Pg	Ts
	mm H_2O	mm H_2O	°C
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			

RESULTADOS FINALES	ΔP	Pg	Ts_c	Vs	Tm
	mm H_2O	mm H_2O	°C	m/s	°C
	1,3	-2,0	176	5,2	31,0

METODO 3 - EPA - ANALISIS DE GASES DE COMBUSTION Y PESO MOLECULAR GAS SECO

No. Mediciones	CO_2	O_2	CO	N_2	Temperat. Ambiente	Ts Gases Chimenea	Eficiencia	Exceso Aire
	%	%	%	%	°C	°C	%	%
1	10,3	3,2		86,5				
2	10,2	3,0		86,8				
3	10,2	3,4		86,4				
4								
5								
PROMEDIO	10,2	3,2		86,6				

Peso Molecular Seco, Md = 29,77 g/g-mol

Humedad asumida en %, Bws = 15,5 %

Criterio utilizado para asumir la humedad : HUMEDAD PREVIA.

Peso Molecular Húmedo, Ms = 27,94 g/g-mol

Compañía	PLANTA Y FRIGORIFICO DEL OTUN FRIGOTUN SAS		
Sistema evaluado	CALDERA DE COMBUSTION IMAD - CORRIDA UNICA	Fecha	8 DE ABRIL 2026
Localización muestreo	PUERTOS DE MUESTREO	Hora inicio y fin	13:00 14:00
Operador	NORMAN ESCOBAR	Proyecto #	CALDERA

METODO 7 - EPA - DETERMINACION DE OXIDOS DE NITROGENO, NOx

DATOS DE CAMPO

Presión Barométrica	(Pb)	651,4	mm Hg	Temperatura ambiente	(Ta)	31,0	°C
Presión Estándar	(Pstd)	760,0	mm Hg	Temperatura Estándar	(Tstd)	293,0	°K
Humedad del gas	(Bw)	15,5	%	Temperatura Referencia	(Tref)	298,0	°K
Caudal de gas, Referencia	(Qref)	21	m^3/min				

Balón No.	HORA	Pi (mm Hg)	Ti (°C)	Pf (mm Hg)	Tf (°C)	Oxígeno %	Vol Balón (ml)
2VID122003	13:00	-614,7	31	-5,1	31,2	**3,4**	2369
2VID122005	13:15	-604,5	30,8	0,0	31	**3,2**	2193
2VID122006	13:30	-599,4	31,2	-5,1	31,4	**3,2**	2346
2VID122007	13:45	-609,6	31,4	-10,2	30,4	**3,0**	2218

RESULTADOS DE LABORATORIO

Kc =	909,60	Factor de Dilución =	1,0

	Muestras				
	2VID122003	2VID122005	2VID122006	2VID122007	
Factor de Dilución	1,0	1,0	1,0	1,0	
Absorbancia, u.a.	0,0130	0,0140	0,0150	0,0120	

RESULTADOS DE CONCENTRACION DE OXIDOS DE NITROGENO

Balón No.	Absorb. (u.a)	Vsc (ml)	m (mg)	CNOx std (mg/m^3) BH	CNOx std (mg/m^3) BS	CNOx ref (mg/m^3) BS *	CNOx ref (mg/m^3) BS **
2VID122003	0,0130	1810,53	23,65	13,06	15,46	15,20	8,64
2VID122005	0,0140	1662,14	25,47	15,32	18,13	17,83	10,02
2VID122006	0,0150	1747,21	27,29	15,62	18,48	18,17	10,21
2VID122007	0,0120	1671,17	21,83	13,06	15,46	15,20	8,44
					PROMEDIO		**9,33**

*** Concentración de Nox a condiciones de referencia - BS y al % oxígeno indicado para cada muestra**

**** ConcentraciÓn de NOx a condiciones de referencia - BS y corregido al 11,0% de Oxígeno**

Flujo del contaminante en base seca, FC	0,02	Kg/Hr
Concentración de NOx en cond. de referencia y base seca (11,0% de O2)	**9,33**	**mg/m^3**
Estándar admisible de emisión en cond. de referencia y base seca (11,0% O2) - Art. 7 R-909/08	**350**	**mg/m^3**

7. ECUACIONES UTILIZADAS EN LOS CALCULOS

DETERMINACIONES DE ISOCINETISMO

Presión absoluta de los gases en chimenea = Ps

Ps = Pbar +(Pg / 13.6)

Presión absoluta en el medidor de orificio = Pm

Pm = Pbar +(ΔH / 13.6)

Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base seca = Md

Md = (%O_2 x 0.32) + (%CO_2 x 0.44) + (%N_2 + %CO) x 0.28

Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms

Ms = Md x (1 - Bws / 100) + 18 x (Bws / 100)

Velocidad promedio del gas en chimenea = Vs

Vs = Kp x Cp x (ΔP) $^{0.5}$ x (Ts / (Ms x Ps)) $^{0.5}$

Caudal de gases en condiciones de chimenea = $Qs_{(A)}$

$Qs_{(A)}$ = Vs x As x 60

Caudal de gases en condiciones estándar = $Qs_{(std)}$

***Condiciones estándar (528 °R y 29.92 Pulg Hg)**

Qs(std) = Qs(A) x (Tstd / Ts) x (Ps / Pstd)

Caudal de gases en condiciones de referencia = $Qs_{(r)}$

***Condiciones de referencia (537°R y 29.92 Pulg Hg)**

Qs(r) = Qs(A) x (537 / Ts) x (Ps / 29.92)

DETERMINACION DE DIOXIDO DE NITROGENO

Factor de calibración Espectrofotómetro = Kc

$$Kc = \frac{A_0 M_0 + A_1 M_1 + A_2 M_2 + A_3 M_3 + A_4 M_4}{A_0^2 + A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2}$$

Presión Inicial Absoluta del Balón = PI

PI = Pb + Pi

Presión Final Absoluta del Balón = PF

PF = Pb + Pf

Temperatura Inicial Absoluta del Balón = TI

TI = 1.8 x Ti + 492

Temperatura Final Absoluta del Balón = TF

TF = 1.8 x Tf + 492

Volumen de Gas a condiciones estándar, Base Seca = Vsc

Vsc = (528 °R / 29.92 Pulg Hg) (Vbv - 25) (PF/TF - PI/TI)

Masa de NOx como NO_2 en la muestra = m

m = 2 Kc Ai F

Concentración de NOx como NO2 en la Muestra = CNOx i

C NOx i= 10^3 m / Vsc

EMISION REAL PARA DIOXIDO DE NITROGENO

Emisión Real de NOx como NO_2 = Er NOx

Er NOx = [Qs (std) (60 min/Hora) / (35.3147 ft^3/m^3)] [CNOx (1E-6 Kg/mg)]

8. BIBLIOGRAFÍA

- EPA . (ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY). Code of Federal Regulations Protection of Environment, Title 40 - part 60 - revised July 1, 1994. USA.

- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución No. 909 de junio 5 de 2008. Establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.

- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución No. 760 de abril 20 de 2010. Por la cual se adopta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas.

- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución No. 2153 de noviembre 02 20 de 2010. Por la cual se ajusta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, adoptado según Resolución 760 de 2010.

- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 sobre el control de contaminación atmosférica. 1995.

9. NOMENCLATURA

A	:	Distancia desde el tomamuestra hasta la descarga, (m)
An	:	Area transversal de flujo de la boquilla de muestreo , (Pies^2).
As	:	Area de la sección transversal del flujo , (Pies^2).
B	:	Distancia desde la última perturbación hasta el tomamuestra, (m)
Bws	:	Contenido de humedad en los gases , (% en volumen)
CSO_2	:	Concentración de SO_2 en los gases de emisión, (lb/pie^3)
CNOx	:	Concentración de NOx en los gases de emisión, (mg/m^3)
Cp	:	Coeficiente de calibración del tubo pitot tipo S
Cs (std)	:	Concentración de partículas en condiciones estandard, (528 °R, 29.92 Pulg/ Hg) en g/pies^3 , Base Húmeda.
Cs(A)	:	Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de la chimenea (g / pies^3) .
Dn	:	Diámetro interno de la boquilla de muestreo, (Pulg).
Ds	:	Diámetro interno de la chimenea (m).
Dj	:	Cálculo del punto de muestreo en la chimenea, dj=%Ds*Ds (cm)
E(A)	:	Emisión de partículas a condiciones de la chimenea, base húmeda (Kg/h)
E	:	Norma de Emisión según Decreto 02-82 sin modificar y sin corregir (Kg / Hr, Kg / 10^6 Kcal , Kg / Ton. Producida).
Em	:	Norma de Emisión modificada por el factor K, para corregir por altura de la fuente de emisión sobre el nivel del mar (Kg / Hr , Kg / 10^6 Kcal, Kg / Ton. producida).
E’	:	Norma de Emisión modificada y corregida por altura de chimenea, (Kg / Hr, Kg / 10^6 Kcal , Kg / Ton producida)
H	:	Altura total de la chimenea, (m)
Hf	:	Altura de la fuente de Emisión sobre el nivel del mar , (msnm).
I	:	Isocinetismo, (%).
Kp		Constante adimensional del tubo pitot. (85.49)
K1	:	Constante calculo de humedad, (0.04707 pies^3 / ml)
K2	:	Constante calculo de humedad, (0.04715 pies^3 / g)
K3	:	Constante formula de isocinetismo, (0.002669 Pulg Hg-pies^3 / ml - ° R)
Ln	:	Longitud del niple tomamuestra (cm)
Md	:	Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base seca, (Lb/Lb-mol).
Mj	:	Marcación de la sonda, Mj=dj+Ln (cm)
Mw	:	Peso molecular del agua, (18.0 Lb/Lb-mol).
Mn	:	Cantidad total de partículas colectadas, (mg).
Nj	:	Número de punto a marcar en la sonda
Nt	:	Número total de puntos de muestreo.
Pg	:	Presión estática en la chimenea, (Pulg. H_2O).
Pbar	:	Presión barométrica en el sitio de muestreo, (Pulg Hg).

Ps	:	Presión absoluta de los gases de Emisión, (Pulg Hg).
Pstd	:	Presión estándar absoluta, (760 mmHg) o (29.92 pulg. Hg)
Pm	:	Presión absoluta del medidor de gases secos , (Pulg. Hg).
Pwc	:	Presión de vapor de agua a la temperatura ambiente, (Pulg. Hg).
Qsd	:	Caudal de los gases a condiciones estándar en la chimenea, (pies^3/min).
Q(std)	:	Caudal en condiciones estandard, (pies^3/min).
Qcr	:	Caudal en condiciones de referencia (pies^3/min).
R	:	Constante de los gases ideales (21.85 pulg. Hg pies^3 / Lb-mol °R)
Ts	:	Temperatura absoluta de los gases en la chimenea, (°R).
Tstd	:	Temperatura absoluta estándar, (528 °R)
Tm	:	Temperatura absoluta del medidor de gases secos, (°R).
ts	:	Temperatura de los gases en la chimenea, (°F) o (°C).
Vlc	:	Volumen total de agua condensada, (ml).
Vm	:	Volumen de gas seco medido a condiciones del medidor, (pies^3).
Vm(std)	:	Volumen de gas seco medido a condiciones estándar, (pies^3).
Vi	:	Volumen inicial de agua en los Impactadores, (ml).
Vf	:	Volumen final de agua en los Impactadores, (ml).
Vwc(std)	:	Volumen agua recogida en el muestreador de gas en condiciones estándar, (pies^3).
Vgh(std)	:	Volumen de gas húmedo a condiciones estándar, (pies^3).
Vgh(A)	:	Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor, (pies^3).
Vs	:	Velocidad promedio del gas en la chimenea, (pies/s).
Wi	:	Peso inicial de la Sílica Gel , (g).
Wf	:	Peso final de la Sílica Gel, (g).
Y	:	Factor de calibración del medidor de gas seco
ΔH@	:	Factor de calibración del diferencial de presión en el orificio
Δp	:	Cabeza de velocidad del gas en la chimenea, (pulg. H_2O)
ΔH	:	Presión diferencial a través de la placa de orificio, (pulg H_2O)
θ	:	Tiempo total del muestreo, (min).
ρw	:	Densidad del agua, (0.002201 Lb / mol).
% Ds	:	Porcentaje del diámetro interno de chimenea (%)
% CO	:	Porcentaje de monóxido de Carbono en los gases de Emisión, (% en volumen).
%CO_2	:	Porcentaje de dióxido de Carbono en los gases de Emisión, (% en volumen).
%O_2	:	Porcentaje de Oxígeno en los gases de Emisión, (% en volumen).
%N_2	:	Porcentaje de Nitrógeno en los gases de Emisión, (% en volumen).

ANEXOS

ANEXO No. 1

DISTRIBUCIÓN DEL NUMERO DE PUNTOS DE MUESTREO

ANEXO No. 2

REGISTROS DE CALIBRACIÓN Y/O VERIFICACION

VERIFICACION TUBO PITOT S
CERTIFICADO DE MEZCLA DE GASES (PATRON)
VERIFICACION DE TERMOCUPLAS
CALIBRACION DE TERMOMETRO DIGITAL (PATRON)
VERIFICACION DE LOS BALONES DE NOx

ANEXO No. 3

REGISTROS DE CAMPO

DETERMINACION DE LA EMISION OXIDOS DE NITROGENO

ANEXO No. 4

CERTIFICADOS DE ANALISIS

ANEXO No. 5

CADENAS DE CUSTODIA

ANEXO No. 6

PLAN DE MUESTREO

ANEXO No. 7

CERTIFICADOS DE ACREDITACION EN LA MATRIZ AIRE

RESOLUCIÓN 1476 DE NOVIEMBRE 20 DE 2025