

2017-11-29



**INFORME TÉCNICO DE RESULTADOS
DE EMISIONES ATMOSFERICAS
GENERADAS POR FUENTES FIJAS
CALDERA 4**



ECO 
ambiente

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 2 / 53	



EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S.

INFORME TÉCNICO DE RESULTADOS DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS GENERADAS POR FUENTES FIJAS - CALDERA No. 4 019-17-ER-FF-V1.

- **Elaborado por** : Osvaldo Rivera Guzmán - Coordinador de Proyectos
- **Revisado por** : Gerjan Bermejo Rolong, Director técnico
- **Aprobado por** : Divina Rivera Mass, Sub gerente



Barranquilla – Colombia
Diciembre – 2017

RESERVA DE TODOS LOS DERECHOS: Ninguna de las partes, ítems, numerales, anexos, de este informe puede ser reimpreso, reproducido o utilizado, ya sea total o parcialmente, por cualquier medio electrónico, mecánico o de otro tipo, existente o por inventar, incluyendo fotocopias, grabaciones u otro sistema de almacenamiento y recuperación de información, sin la previa autorización escrita de ECOAMBIENTE LTDA. El logo utilizado en las propuesta y en los informes son de propiedad de ECOAMBIENTE LTDA., por lo tanto abstenerse de su uso.

EL CLIENTE SE HACE RESPONSABLE POR LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS CUANDO ESTOS SEAN ENVIADOS POR CORREO ELECTRÓNICO O FAX.

CONTROL DE CAMBIOS			
AUTORIZADO PARA SU EMISIÓN		GERENCIA	
REVISIÓN	03	REVISÓ	APROBÓ
FECHA:	2017-11-01		
DESCRIPCIÓN			
Se añadió el Logo del Consejo Colombiano de Seguridad (CCS) y Registro uniforme para contratistas (RUC)		Eliana Figueroa Gélvez	Gerjan Bermejo R.
		Coordinación de Calidad	Gerente

BARRANQUILLA
Calle 96 N° 42 C -138
PBX: (+57 5) 359 3618
ecoambienteltd@gmail.com
www.ecoambiente.co



Laboratorio Acreditado
Norma NTC ISO/IEC
17025:2005 según
Resolución 1563 del 26 de
julio de 2017
Resolución 1847 del 24 de
agosto de 2017

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 3 / 53	

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	13
3.1. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD ECONOMICA.....	13
3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EVALUADO.....	13
3.2.1. Descripción de la fuente de emisión.....	15
3.2.2. Descripción de los equipos de control de emisiones atmosféricas.....	17
3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE MEDICIÓN DIRECTA.....	19
3.4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.....	21
4. PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA DE EVALUACIÓN.....	22
4.1. METODOLOGÍA USADA EN LA MEDICION.....	22
4.1.1. Determinación de los Puntos de Muestreo.....	22
4.1.2. Determinación de la Velocidad y Caudal del Gas en la Chimenea.....	23
4.1.3. Metodología para la determinación de gases de combustión.....	24
4.1.4. Determinación del contenido de humedad en los gases de la chimenea.....	25
4.1.5. Tren de muestreo para determinación de Material particulado.....	25
4.1.6. Metodología para la determinación de Óxidos de Nitrógeno en chimenea.....	26
4.2. ASPECTOS TÉCNICOS.....	30
4.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO DE MUESTREO ISOCINÉTICO.....	30
4.4. INFORMACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE EMISIONES.....	32
4.5. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.....	33

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 4 / 53	

4.5.1.	Procedimiento de medición	33
4.5.2.	Equipos de calibración externa y verificación en laboratorio	34
4.5.3.	Validación de datos	34
4.5.4.	Reporte de errores en evaluación de emisiones atmosféricas	35
4.5.5.	Cadena de custodia de la muestra.....	36
5.	REPORTE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
5.1.	RESULTADOS OBTENIDOS EN LA FUENTE DE EMISIÓN.....	37
5.2.	FRECUENCIA DE ESTUDIOS DE EMISIÓN SEGÚN NORMATIVA VIGENTE.....	47
5.2.1.	CÁLCULO DE UCA Y COMPARACIÓN CON LA NORMA	48
6.	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA NORMA.....	49
6.1.	NORMAS Y ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES APLICABLES.....	49
6.2.	COMPARACIÓN CON LAS NORMAS	49
7.	CONCLUSIONES	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	52
	A N E X O S.....	53

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado
sin la debida autorización del laboratorio.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 5 / 53	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de la fuente de emisión evaluada.	7
Tabla 2. Estándares de emisión admisibles de contaminantes, Capítulo VII; Res. 909/2008.	8
Tabla 3. Características de la fuente de emisión.	8
Tabla 4. Resumen de resultados evaluación de Material Particulado y Óxidos de Nitrógeno.	9
Tabla 5. Datos generales de la actividad.	13
Tabla 6. Ficha Técnica de la fuente, Caldera No. 4.	18
Tabla 7. Información general de ECOAMBIENTE.	19
Tabla 8. Programa de medición en la fuente, Caldera No. 4.	20
Tabla 9. Resumen de resultados de las mediciones realizadas Fuente, Caldera No. 4.	21
Tabla 10. Localización de los puntos transversos en chimeneas o ductos circulares.	23
Tabla 11. Información de los equipos utilizados.	32
Tabla 12. Codificación para muestra del contaminante.	33
Tabla 13. Verificación de fugas de equipo isocinéticos.	34
Tabla 14. Resultados Método 1, Puntos de Muestreo.	38
Tabla 15. Verificación de flujo ciclónico.	39
Tabla 16. Resultados Método 2, Velocidad y Flujo Volumétrico.	40
Tabla 17. Resultados Método 3, Gases de Combustión (CO ₂ , CO y O ₂).	41
Tabla 18. Resultados Método 4, Preliminar y RUN 1.	42
Tabla 19. Resultados Método 4, RUN 2 y 3.	43
Tabla 20. Resultados del análisis de Material Particulado (Método 5).	44
Tabla 21. Reporte de análisis de resultados para Material Particulado (Método 5).	45
Tabla 22. Resultados del análisis de Óxidos de Nitrógeno (Método 7).	46
Tabla 23. Frecuencia de monitoreo de contaminantes de acuerdo con Resolución 909/2008.	47
Tabla 24. Cálculo del UCA y frecuencia de monitoreo.	48
Tabla 25. Estándares de emisión admisibles para equipos de combustión externa, con oxígeno de referencia del 13%.	49
Tabla 26. Comparación de resultados con respecto a la normativa.	50

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 6 / 53	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geoespacial de la fuente de emisión.....	11
Figura 2. Diagrama de proceso en Extractora El Roble S.A.S.....	15
Figura 3. Mínimo número de puntos de muestreo.	22
Figura 4. Equipo para análisis ORSAT.....	24
Figura 5. Tren de muestreo isocinético para determinación de partículas.	26
Figura 6. Tren de muestreo determinación de óxidos de nitrógeno.	27

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado
sin la debida autorización del laboratorio.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 7 / 53	

RESUMEN EJECUTIVO

EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S., en cumplimiento de los compromisos adquiridos ante la autoridad ambiental (CORPAMAG), presenta en este informe, los resultados del monitoreo de emisiones de Material Particulado (MP) y Óxidos de Nitrógeno (NOx) de la caldera N°4 de la planta extractora de aceite de palma (catalogada en este estudio con el código 0014-ER-FF-01), a la salida de la unidad de control ambiental (Multiciclón), instalado en la chimenea de dicha caldera. En la Tabla 1 se ilustra la identificación asignada a la fuente.

Tabla 1. Identificación de la fuente de emisión evaluada.

FUENTE EVALUADA	IDENTIFICACIÓN
Chimenea Multiciclón Caldera 4	0014-ER-FF-01

Las mediciones fueron realizadas el día 28 de Noviembre del año 2017, siguiendo los protocolos y procedimientos publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su página Web, los cuales se basan a su vez en los métodos de la Environmental Protection Agency (EPA): 1, 2, 3, 4, 5 y 7, para determinar la concentración de Material Particulado (MP) y Óxidos de Nitrógeno (NOx) en la fuente de emisión, mediante muestreo isocinético.

Los resultados obtenidos en el muestreo isocinético, se compararon con la norma establecida en la Resolución 909 de 2008, emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), en la cual se establecen los estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg) y de igual forma, con oxígeno de referencia del 13%, correspondiente a equipos de combustión externa que usan biomasa como combustible (Ver Tabla 2).

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 8 / 53	

Tabla 2. Estándares de emisión admisibles de contaminantes, Capítulo VII; Res. 909/2008.

COMBUSTIBLE	ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES (mg/m ³)			
	Producción de vapor (ton/h)	MP		NO _x
BIOMADA		Existentes	Nuevas	Existentes
Todas	300	50	350	350

El punto evaluado, corresponde a los gases de combustión en la chimenea después del equipo de control ambiental (Multiciclón), con las características que se muestran en la Tabla 3, donde la fuente corresponde al ducto de salida del equipo de control ambiental (ECA).

Tabla 3. Características de la fuente de emisión.

Fuente	Altura, m	Diámetro efectivo m	Combustible	Consumo Combustible m ³ /h	Producción Vapor (t/h)	Operación (Hora/Día)
Chimenea Caldera 4	20	1,26	Biomasa/ Cascarillas	3000 - 4000	9,4	24

Durante el estudio de emisiones en fuentes fijas, la planta estuvo en operación normal, estado que es técnicamente apropiado para la ejecución de los mismos. Adicionalmente, no se presentaron errores durante ninguna de las etapas del estudio (toma de muestra, manipulación, transporte y almacenamiento de las muestras, recepción y análisis en el laboratorio). De igual forma se verificó el correcto procedimiento en los cálculos y elaboración del presente informe.

En la fuente de emisión se realizaron tres corridas para Material Particulado (MP), siguiendo los procedimientos establecidos en el Método 5 de la US-EPA y para la determinación de la concentración de Óxidos de Nitrógenos, cuatro tomas de muestras, siguiendo los procedimientos establecidos en el Método 7 de la US-EPA, Resolución 0935 del IDEAM y demás resoluciones reglamentarias sobre el tema. Los Resultados obtenidos y su comparación con la norma, se resume en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de resultados evaluación de Material Particulado y Óxidos de Nitrógeno.

PARÁMETRO	NOMENCLATURA	RESULTADO	UNIDAD
Oxígeno (O ₂)	O ₂	12,9	%
Dióxido de carbono (CO ₂)	CO ₂	4,9	%
Monóxido de Carbono (CO)	CO	0,00	%
Nitrógeno (N ₂) – Balance	N ₂	82,2	%
Oxígeno de referencia acorde a la norma	O ₂	13,00	%
Emisión de Material Particulado a (C.R.) 13% O ₂	MP	407,344	mg/m ³
Estándar de emisión admisible, Material Particulado, C.R.	E _{MP norma (V)}	300	mg/m ³
Porcentaje con respecto a la norma	-	135,781	%
Emisión de Óxidos de Nitrógeno a (C.R.) 13% O ₂	NO _x	48,03	mg/m ³
Estándar de emisión admisible, Óxidos de Nitrógeno, C.R.	E _{NO_x norma (V)}	350	mg/m ³
Porcentaje con respecto a la norma	-	13,723	%

De los resultados obtenidos se concluye que la fuente evaluada, Chimenea de la Caldera 1, perteneciente a la empresa EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S., objeto de estudio en el presente informe, cumple con la normatividad ambiental vigente hoy día para emisiones de contaminantes generadas por fuentes fijas para el parámetro Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y excede el valor comparativo con la norma para el parámetro Material Particulado (MP).

El estudio fue realizado por la firma ECOAMBIENTE LTDA., laboratorio acreditado por el IDEAM según Resolución 3193 del 26 de diciembre de 2013, en el matriz aire. Actualmente cuenta con una prórroga de la vigencia de acreditación por acogimiento a la Resolución 2455 de 2014, según radicado 20166010016291.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 10 / 53	

1. INTRODUCCIÓN

EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S., empresa agroindustrial tiene como actividad económica la extracción y comercialización del aceite de palma. Cuenta con una Caldera mixta (Piro-tubular y acu-tubular) para suplir los requerimientos energéticos de la planta productora de aceite, la cual usa como combustible Biomasa, obtenida de la cascarilla del fruto de la palma, subproducto del mismo proceso. Actualmente, su representante legal es el señor Jaime Vives Pinedo, identificado con cedula número 85'459.356.

La empresa se encuentra ubicada en la región de Tukurinca perteneciente al departamento del Magdalena, específicamente a 6.2 km al este del corregimiento de Pueblo Viejo - Tukurinca, así mismo sus coordenadas geográficas son:

Latitud: 10°40'20" N
 Longitud: 74°12'54" O

En la Figura 1, se muestra la ubicación espacial de la fuente fija de emisión de la planta, con los diagramas de flujo de proceso pertinentes del caso.

El presente Informe Técnico muestra los resultados de las mediciones relacionadas en el proyecto 145-17 para la fuente de emisión 0014-ER-FF-01, correspondiente a la chimenea que sale del Multiciclón (ECA) asociado a la caldera mixta No. 4 (acu-tubular-piro-tubular), con capacidad de producción de 9.4 t/h de vapor saturado de media presión (225 psig), que utiliza como combustible la Biomasa proveniente de la cascarilla del fruto de la Palma Africana.

Las metodologías para el manejo de los equipos de medición, operación y cálculos, así como las marchas analíticas realizadas en el laboratorio, se encuentran validados y establecidos en la Resolución 935 de 2011 del IDEAM. A su vez, se siguieron los procedimientos descritos en la Resolución 909 de 2008 y la Resolución 2153 de 2010 sobre el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas del hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Como soporte en los procedimientos, se siguieron los métodos de la US-EPA: 1, 2, 3, 4, 5 y 7.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 11 / 53	

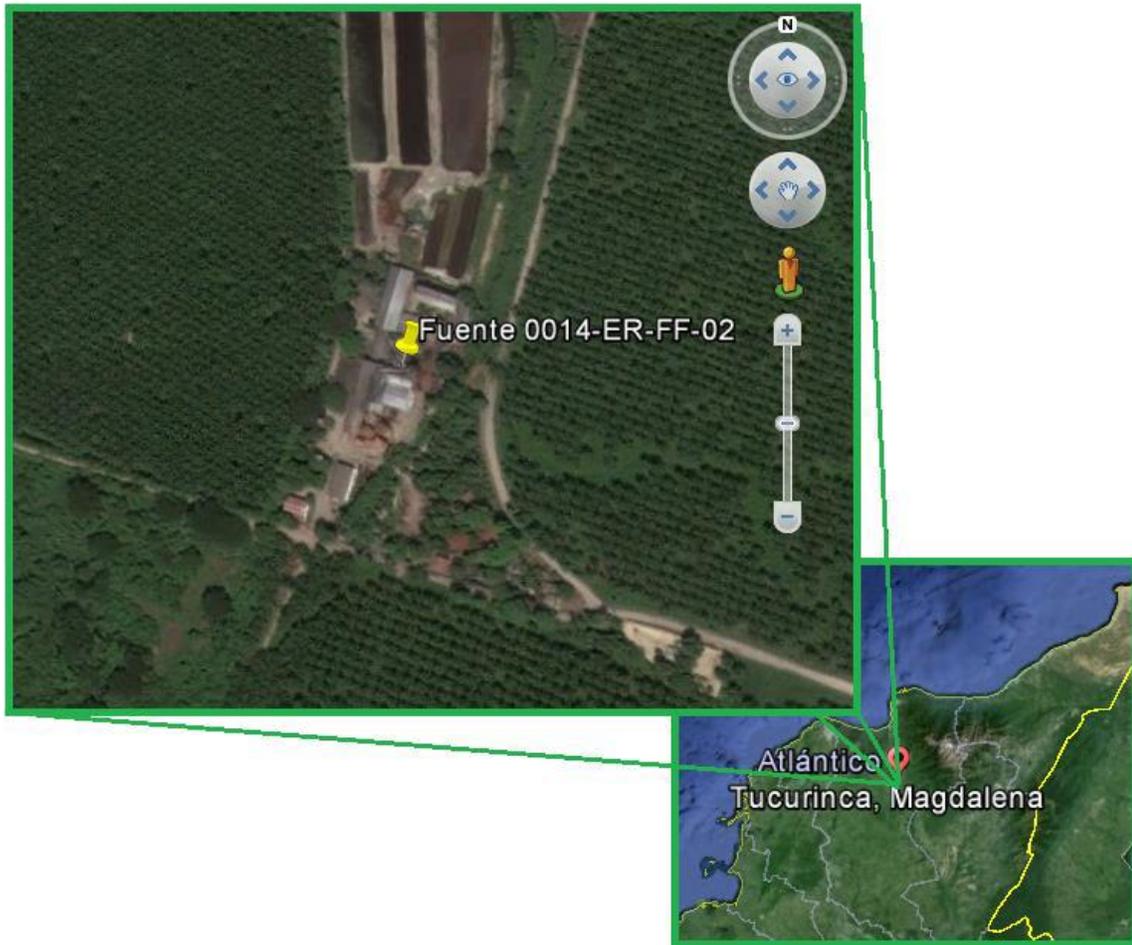


Figura 1. Ubicación geoespacial de la fuente de emisión.

El estudio fue realizado por la firma ECOAMBIENTE LTDA., laboratorio acreditado por el IDEAM según Resolución 1563 del 26 de julio de 2017, en el matriz aire para la toma de muestras y análisis de los métodos aplicados en el presente estudio.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 12 / 53	

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la emisión de contaminantes por fuentes fijas en la chimenea a la salida del Equipo de Control Ambiental (Multiciclón), asociado a la Caldera N°4, perteneciente a la empresa EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S., por medio de la medición de Material Particulado (MP) y Óxidos de Nitrógeno (NOx), con la finalidad de generar información confiable que permita a la empresa un mejoramiento continuo en las estrategias para la protección del medio ambiente en general.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la medición de Material Particulado (MP), en la chimenea, en una sección del ducto después del Multiciclón, asociada a la “Caldera N°4”, mediante un muestreo isocinético.
- Realizar la medición de Óxidos de Nitrógeno (NOx), en la chimenea, en una sección del ducto después del Multiciclón, asociada a la “Caldera N°4”.
- Comparar los resultados de las evaluaciones con los estándares de emisión admisibles, establecidos en la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Emitir las conclusiones y recomendaciones pertinentes del caso, según los resultados obtenidos.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 13 / 53	

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

3.1. DATOS GENERALES DE LA ACTIVIDAD ECONOMICA

A continuación, en la Tabla 5, los datos generales de la actividad de la empresa, objeto del presente estudio.

Tabla 5. Datos generales de la actividad.

INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	
Razón social	EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S.
NIT	900.556.147-5
Actividad	Extracción y comercialización de aceites de palma africana.
Producción de la planta	500 ton/día
Representante legal	JAIME VIVES PINEDO
Documento de identidad	85.459.356
Municipio	Tucurínca
Departamento	Magdalena
Zona	Rural
Dirección	Km 6.2 al este del corregimiento de Pueblo Viejo, Tucurínca, Magdalena.
Geo-referenciación	Latitud: 10°40'21.62" Norte Longitud: 74°12'56.63" Oeste
Responsable	KELLY JOHANNA FLOREZ
Correo electrónico	ambiental@extractoraelroble.com
Teléfono	(+57) 318-421-4700 EXT 112

3.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EVALUADO

El proceso de extracción de aceite crudo de palma africana incluye las siguientes etapas:

- 1. Recepción de fruta fresca:** los racimos se pesan y envían a control de calidad en donde se descargan en las vagonetas de esterilización.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 14 / 53	

2. **Esterilización de racimos:** la fruta pasa por esterilizadores especiales para cumplir tres objetivos:
 - Inactivación de lipasa.
 - Aceleramiento del proceso de separación pedúnculo fruto.
 - Acondicionamiento de la nuez para el quebrado.
3. **Desfrutamiento:** los racimos pasan por desfrutadores rotatorios que permiten la salida de la fruta más no del raquis.
4. **Procesamiento de raquis:** el raquis se prensa y se le extraen los lodos aceitosos que entran al proceso. La fibra restante se seca con vapor y se utiliza como combustible en la caldera.
5. **Digestión de fruta:** la fruta se hace pasar por un digestor provisto de brazos agitadores y se calienta con vapor.
6. **Prensado de fruta:** en prensas de tornillo doble, se macera la fruta y el aceite resultante se lleva a la sección de clarificación.
7. **Clarificación:** el aceite se libera de la mayor cantidad de impurezas posibles a través de diferentes mecanismos.
8. **Palmistería:** en esta sección se recupera la almendra de la fruta separando la fibra de la nuez. La fibra se envía a la caldera para usarse como combustible y la almendra se almacena en cajas para maquillar en otra extractora.

De una manera esquemática, se ilustra el proceso en la Figura 2.

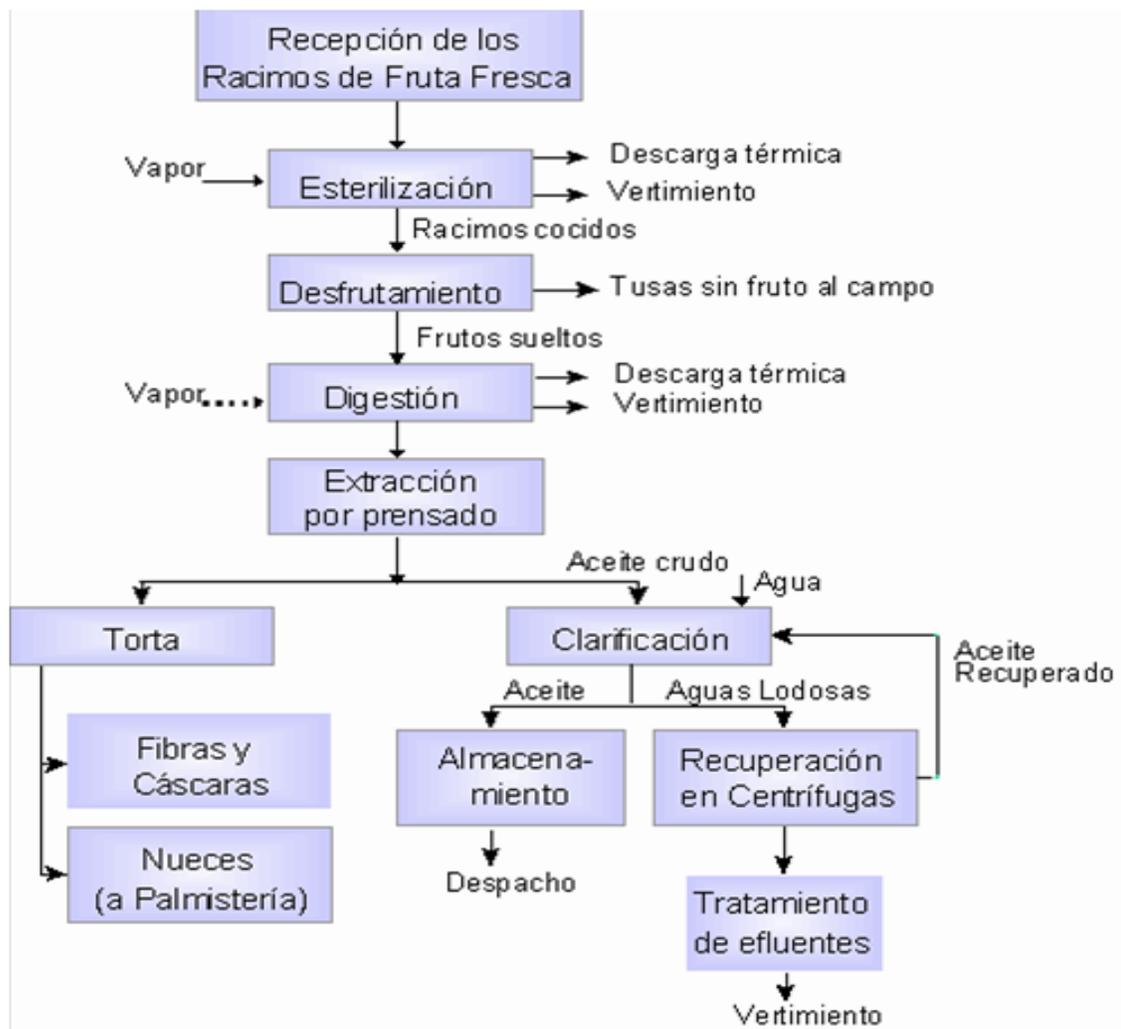


Figura 2. Diagrama de proceso en Extractora El Roble S.A.S.

3.2.1. Descripción de la fuente de emisión.

La empresa EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S., dentro de su proceso de producción de aceite y en consecuencia de los requerimientos energéticos de calentamiento en las diferentes etapas de proceso, posee varias calderas para dicho fin, para el caso específico de este estudio se analizó la emisión de contaminantes referente a la Caldera N°4, con código 0014-ER-FF-01.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 16 / 53	

La Caldera compuesta por un tambor generador del tipo piro-tubular de dos pasos, un hogar acuotubular, cámara de humos, conductos de salida de gases hacia la chimenea con compuerta para regulación del tiro, manómetro para vapor, presóstato para alarma por alta presión de vapor, válvulas de seguridad, control automático del tipo “ON-OFF” para las bombas de alimentación de agua, nivel visible. Adicionalmente, la Caldera cuenta con las válvulas para la salida de vapor, de purga continua. El hogar acuotubular de la caldera está compuesto por paredes refrigeradas con agua en circuito cerrado, refuerzo exterior del horno con una estructura metálica, puertas principales de acceso al hogar en fundición de acero gris, debidamente protegidas interiormente con material refractario, puertas de acceso al cenicero en lámina de acero de ¼” de espesor, dos bombas accionadas con motor eléctrico para alimentación de agua a las calderas, centrífugas, multietapa.

La caldera también cuenta con aislamiento de lana mineral de 75 mm de espesor y cubierta con lámina de aluminio de 0.8 milímetros, Sistema de separación de partículas no quemadas de los gases para control ambiental, Tablero eléctrico de control que contiene, los arrancadores de las bombas eléctricas, con selector para operación manual o automática, arrancadores de los ventiladores, sistema de alarma audible, con silenciador por pulsador de retorno por resorte para alta presión de vapor y sistema de alarma audible para indicar bajo nivel de agua dentro de la caldera. Además, cuenta con las siguientes características.

- **CONTROL DE OPERACION:** Llama alta y baja con tiro inducido y regulador automático de la velocidad del motor del ventilador de tiro inducido limitada por el amperaje de placa del motor.
 - **DOSIFICACION DEL COMBUSTIBLE:** cuenta con las bocas necesarias de alimentación de combustible para lograr una buena distribución sobre la parrilla.
 - **CONTROL DE NIVEL:** Para una correcta y segura operación, la caldera cuenta con los siguientes elementos para el control del nivel de agua:
 - Control de nivel MC Donnell (para operación on – off) con alarma de bajo nivel.
 - Dos controles de alarma por bajo nivel tipo electrodo.
- Nota:** Todas las alarmas de bajo nivel apagan la combustión, apagan el ventilador de tiro inducido y dan señal luminosa y sonora.
- **CONSTRUCCION:** Según código ASME.

Se puede evidenciar que, para garantizar una operación segura, la caldera cuenta con todos los sistemas de alarma de suministro de agua (niveles mínimo y máximo),

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 17 / 53	

presión de vapor (mínimo y máximo). En la Tabla 6, se presentan otras características de dicha caldera.

3.2.2. Descripción de los equipos de control de emisiones atmosféricas

La caldera tiene un equipo Multiciclón de eliminación de partículas en los gases de chimenea.

El Multiciclón, tiene una camisa de desgaste a la entrada de los gases, con el cono bridado para facilidad de mantenimiento y con válvulas rotatorias para sello y la evacuación del material centrifugado.

- Posee una parte cilíndrica de 2m de alto con 2m de diámetro.
- Posee una parte cónica de 3m de alto, en la parte superior tiene un diámetro de 2m y en la parte inferior un diámetro de 35cm.
- Tiene una entra lateral con un diámetro de 1m y una salida superior con un diámetro de 95cm.

El ciclón se implementó para remover el material particulado de la corriente gaseosa, basándose en el principio de impactación inercial, generado por la fuerza centrífuga. El ciclón es esencialmente una cámara de sedimentación en que la aceleración gravitacional se sustituye con la aceleración centrífuga. En un ciclón el gas entra en la cámara superior tangencialmente y desciende en espirales hasta el ápice de la sección cónica; luego asciende en una segunda espiral, con diámetro más pequeño, y sale por la parte superior a través de un ducto vertical centrado. Los sólidos se mueven radialmente hacia las paredes, se deslizan por las paredes y finalmente son recogidos en la parte inferior.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 18 / 53	

Tabla 6. Ficha Técnica de la fuente, Caldera No. 4.

NOMBRE DE LA EMPRESA PROPIETARIA		EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S.
Equipo		Caldera No. 4
Coordenada de ubicación de la Fuente Fija		N 10°40'22" – W 74°12'54"
Marca		LUCEY
Modelo		Combinado
Fecha de fabricación		N/D
Producción de Vapor, kg/h		3900 kg vapor/hora
Capacidad		150 BHP
Presión de vapor de diseño		15 bar
Presión de operación		60 - 80 PSI
Tipo de quemador		Mecánico
Altura de chimenea, m		22 metros
Diámetro de Chimenea, m		0.77 metros
Tipo de terminación		Circular abierto
Tiempo de funcionamiento, h/día		16 - 24 horas/día
Datos del combustible	Tipo	FIBRAS – AGUA
	Procedencia	SUB-PRODUCTO
	Poder calorífico	4300 Kcal/h - Cascarilla 2730 Kcal/h - Fibra
	Sistema de Alimentación	Tornillo Sinfín y Manual
Equipo control de emisiones	Material particulado	Multi-ciclón
	Gases	N/D
Tipo y frecuencia de mantenimiento de la fuente fija que genera la emisión		Limpieza semanal

N/A: No Aplica; N/D: No Disponible.

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE MEDICIÓN DIRECTA

Las mediciones de campo, tomas de muestras y análisis de laboratorios fueron realizados por ECOAMBIENTE LTDA., empresa acreditada por el IDEAM. La información de esta empresa se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Información general de ECOAMBIENTE.

Razón Social	ECOAMBIENTE LTDA
Dirección	Calle 96 N° 42C-138 Barranquilla
Teléfono	(57+5) 359 3618
Correo electrónico	ecoambienteltd@gmail.com
Página Web	www.ecoambiente.co
Parámetros medidos y analizados	Flujo y Óxidos de Nitrógeno (NO _x)
Resolución acreditación ante el IDEAM	1563 del 26 de julio de 2017
Años de experiencia	17

Los métodos utilizados durante el estudio son los publicados por el IDEAM en su página WEB, acorde con lo establecido en la Resolución 0935 de 2011 de dicha institución, los cuales son equivalentes a los publicados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos US-EPA; y que se relacionan a continuación.

- ❖ **Método 1** - Determinación de los puntos 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** - Análisis de gases de Combustión para la determinación del peso molecular en base seca (Análisis ORSAT).
- ❖ **Método 4** – Determinación de la concentración de humedad en emisiones de fuentes estacionarias.
- ❖ **Método 5** – Determinación de las emisiones de Material Particulado (MP) en fuentes estacionarias.
- ❖ **Método 7** - Determinación de las emisiones de óxidos de nitrógeno en fuentes estacionarias.

En la Tabla 8, se presenta el cronograma de la medición de emisiones realizada en la caldera de biomasa perteneciente a la empresa EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S., así como las labores ejecutadas para la elaboración del respectivo informe técnico.

Tabla 8. Programa de medición en la fuente, Caldera No. 4.

Actividad/ Día	NOVIEMBRE/DICIEMBRE/ENERO																																						
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V						
	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4
Preparativos																																							
Monitoreo de Fuentes Fijas																																							
Acondicionamiento de muestras																																							
Análisis de Laboratorio																																							
Procesamiento Análisis de Laboratorio																																							
Procedimiento de Isocales																																							
Elaboración de Informe Técnico																																							
Revisión de Informe Técnico																																							
Entrega de Informe Técnico																																							

NOTA: Desarrollo de la actividad en días hábiles.

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado sin la debida autorización del laboratorio.

3.4. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

En la Tabla 9 se resumen los resultados obtenidos en la Caldera No. 4 de Extractora El Roble S.A.S.

Tabla 9. Resumen de resultados de las mediciones realizadas Fuente, Caldera No. 4.

PARÁMETRO	NOMENCLATURA	Punto A	UNIDADES
Temperatura promedio gases chimenea	Ts	99,5	° C
Velocidad promedio de gases en la chimenea	Vs	19,36	m/s
Peso molecular gas en chimenea, base seca	Md	28,61	kg/kg-mol
Contenido de humedad de los gases	Bws	7,7	%
Caudal de gas seco en chimenea a (CR)	Q _{Scr(seco)}	1083.57	m ³ /min
Concentración de Material Particulado (MP) (CR)	E _{MP}	407,344	mg/m ³
Norma Resolución 909 (NO _x) (CR)	E _{MP norma}	300	mg/m ³
Cumplimiento de la Norma, Industrias Existentes	-	NO	-
Porcentaje con respecto a la Norma R-909/2008 *	-	135,781	
Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NO _x) (CR)	E _{NOx}	46,32	mg/m ³
Norma Resolución 909 (NO _x) (CR)	E _{NOx norma}	350	mg/m ³
Cumplimiento de la Norma, Industrias Existentes	-	SI	-
Porcentaje con respecto a la Norma R-909/2008 *	-	13,23	%

*Porcentaje de aproximación respecto al valor máximo permisible de emisión del contaminante.

(NO_x) = Óxidos de Nitrógeno.

(CR) = Condiciones de Referencia a 25°C, 760 mmHg y 13% de O₂.

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado sin la debida autorización del laboratorio.

4. PROCEDIMIENTO Y METODOLOGIA DE EVALUACIÓN

4.1. METODOLOGÍA USADA EN LA MEDICION

La evaluación de las emisiones se realizó utilizando los métodos 1, 2, 3, 4, 5 y 7 establecidos en el Artículo 3° de la Resolución 0935 de 2011 del IDEAM aprobados por el Código de Regulaciones Federales (C.F.R.), parte 60 y apéndice A-2 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (E.P.A.).

4.1.1. Determinación de los Puntos de Muestreo

Para determinar el número mínimo de puntos de recorrido, se divide la sección transversal de la chimenea en un número de áreas iguales al de la chimenea, siendo el centro de cada área, el punto en el que ha de tomarse la medición. Esto se obtiene empleando la Figura 3 (Método 1 E.P.A.).

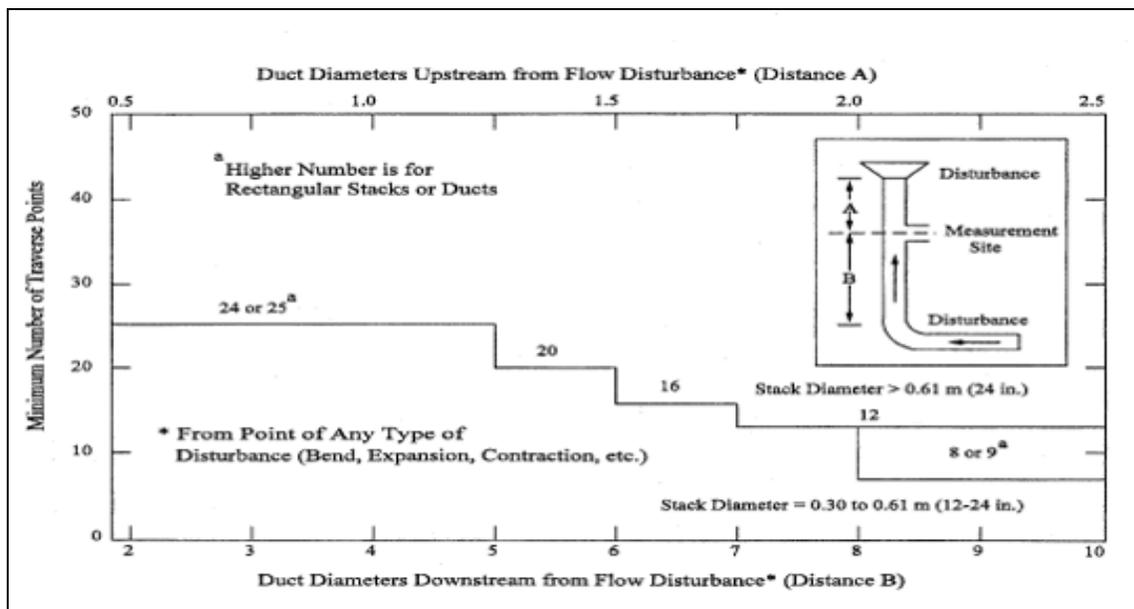


Figura 3. Mínimo número de puntos de muestreo.

4.1.1.1. Localización de los Puntos de Muestreo

La localización de los puntos de los puntos de muestreo se determina empleando los valores de la Tabla 10 (Método 1 E.P.A.).

Tabla 10. Localización de los puntos transversos en chimeneas o ductos circulares.

Localización de los puntos de recorrido en chimeneas o ductos circulares												
Número de puntos de recorrido en un diámetro	Número de puntos de recorrido en un diámetro											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	14.6	6.7	4.4	3.2	2.6	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
2	85.4	25.0	14.6	10.5	8.2	6.7	5.7	4.9	4.4	3.9	3.5	3.2
3		75.0	29.6	19.4	14.6	11.8	9.9	8.5	7.5	6.7	6.0	5.5
4		93.3	70.4	32.3	22.6	17.7	14.6	12.5	10.9	9.7	8.7	7.9
5			85.4	67.7	34.2	25.0	20.1	16.9	14.6	12.9	11.6	10.5
6			95.6	80.6	65.8	35.6	26.9	22.0	18.8	16.5	14.6	13.2
7				89.5	77.4	64.4	36.6	28.3	23.6	20.4	18.0	16.1
8				96.8	85.4	75.0	63.4	37.5	29.6	25.0	21.8	19.4
9					91.8	82.3	73.1	62.5	38.2	30.6	26.2	23.0
10					97.4	88.2	79.9	71.7	61.8	38.8	31.5	27.2
11						93.3	85.4	78.0	70.4	61.2	39.3	32.3
12						97.9	90.1	83.1	76.4	69.4	60.7	39.8
13							94.3	87.5	81.2	75.0	68.5	60.2
14							98.2	91.5	85.4	79.6	73.8	67.7
15								95.1	89.1	83.5	78.2	72.8
16								98.4	92.5	87.1	82.0	77.0
17									95.6	90.3	85.4	80.6
18									98.6	93.3	88.4	83.9
19										96.1	91.3	86.8
20										98.7	94.0	89.5
21											96.5	92.1
22											98.9	94.5
23												96.8
24												98.9

4.1.2. Determinación de la Velocidad y Caudal del Gas en la Chimenea.

Para la determinación de la velocidad y caudal del gas en la chimenea, se utiliza como soporte, el método 2 aprobado por el Código de Regulaciones Federales (C.F.R.) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (E.P.A.).

Se mide indirectamente la carga de velocidad por medio de la determinación de la presión estática y dinámica en la chimenea, a su vez se mide la temperatura para cada uno de los puntos de muestreo especificados por el método 1; con estos parámetros se procede a calcular la velocidad promedio del gas en la chimenea por medio de la ecuación (1):

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 24 / 53	

$$V_s = 2.9019 * C_p \sqrt{T_{s_{avg}} * \Delta P} \quad (1)$$

Dónde:

- V_s = Velocidad promedio del gas en la chimenea, pie/seg
- C_p = Coeficiente tubo pitot, adimensional = 0,85
- ΔP = Presión de velocidad en chimenea, in H₂O
- $T_{s_{avg}}$ = Temperatura absoluta promedio de los gases en chimenea, °R

4.1.3. Metodología para la determinación de gases de combustión

El procedimiento para la determinación de gases de combustión está basado en los Métodos EPA 3 y 3A, aprobado por el IDEAM. El Método 3 consiste en tomar una muestra de gas extraída de la fuente generadora, la cual puede ser analizada por medio de un equipo Orsat (método 3) o un analizador electroquímico (método 3A). Los parámetros a medir son dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), y monóxido de carbono (CO) en base seca. En la Figura 4 se muestran los equipos mencionados anteriormente.



Figura 4. Equipo para análisis ORSAT.

Durante el análisis, la muestra se hace pasar a través de compartimientos que contienen líquidos altamente reactivos, al componente específico a extraer, con el cual es removido del contenido molecular de los gases de combustión; lo cual permite por análisis volumétrico, determinar las concentraciones exactas del oxígeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono (para altas concentraciones) presentes en la muestra.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 25 / 53	

4.1.4. Determinación del contenido de humedad en los gases de la chimenea

Para la determinación de humedad se utilizó el método 4 de la EPA, acorde con lo establecido por el protocolo para fuentes fijas expedido por el MAVDT. Los gases de un ducto o chimenea son extraídos en un volumen fijo, a una tasa fija y son conducidos hacia un medio filtrante donde se retienen las partículas (Preliminar). Posteriormente, pasan por una serie de impactadores, el primero y el segundo con 100 ml de agua cada uno, el tercero vacío, y el cuarto con un material secante, en este caso sílica gel; los impactadores son sumergidos en un baño de hielo, donde se enfrían para remover el agua condensable de gas. Posteriormente, el gas enfriado, seco y sin partículas es conducido hacia un medidor de gas seco, por medio de este se configura que la tasa de succión no deba ser mayor a 0.75 cfm y de igual manera constatar que se colecten como mínimo 21 scf. Finalmente, se determina la humedad de la corriente gaseosa por medio de la diferencia del contenido de agua medido en los impactadores además de la variación en peso de la sílica gel ubicada en el último impactador, esto aplicando la ecuación (2).

$$B_{ws} = \frac{V_{wc(std)} + V_{wsg(std)}}{V_{wc(std)} + V_{wsg(std)} + V_{m(std)}} \quad (2)$$

Dónde:

- **B_{ws}**: Proporción de vapor de agua en la corriente de gas (%v/v)
- **V_{wc}**: Volumen de agua condensada en los impactadores.
- **V_{wsg}**: Volumen de agua colectada por la sílica gel.
- **V_{m(STD)}**: Volumen de gas colectado a condiciones estándar.

4.1.5. Tren de muestreo para determinación de Material particulado.

Debido a que el estudio comprende la determinación de material particulado, se utilizaron los métodos 1, 2, 4 y 5, referenciados en el Appendix A-4 to Part 60—Test Methods 4 through 5I, TITLE 40 - Protection of Environment, CHAPTER 1-- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

Las partículas succionadas a través de la boquilla, son conducidas por la sonda hacia la parte caliente de la caja de muestreo en donde pasan inicialmente por un ciclón, que actúa como retenedor del material particulado más grueso. Las partículas más pequeñas pasan por un filtro de fibra de vidrio en donde son removidas de la corriente

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 26 / 53	

gaseosa y por gravimetría se determina su peso. El gas caliente pasa luego a la zona fría de la caja de muestreo, donde están colocados cuatro impactadores. El primero y segundo impactador contienen 100 ml de agua, cada uno, para la absorción de agua y posterior determinación de humedad, el tercero se deja vacío y el cuarto contiene aproximadamente 200 g de sílice gel. Estos impactadores se encuentran sumergidos en hielo, con el fin de disminuir la temperatura del gas recolectado y condensar toda el agua contenida, lo cual permite secar el gas y medir cuantitativamente la humedad de dicho gas, por la ganancia de volumen en los impactadores y la diferencia de peso de la sílica gel contenida en el último impactador. Ver Figura 5.

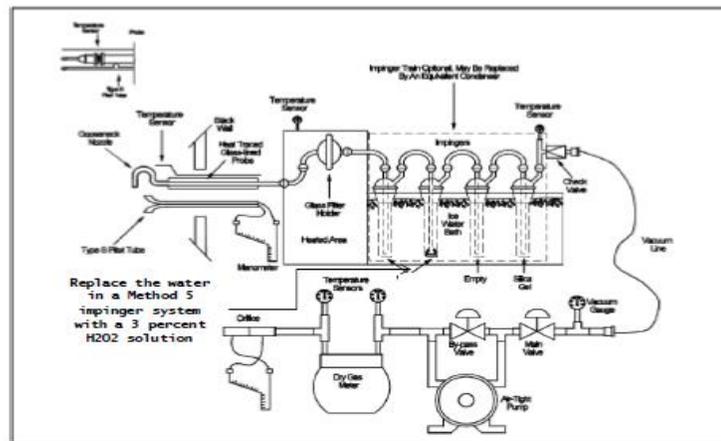


Figura 5. Tren de muestreo isocinético para determinación de partículas.

A través de un cordón umbilical el gas frío es conducido al módulo de control, el cual contiene en su interior dos manómetros, uno para determinar la caída de presión a través de un orificio y otro que marca la diferencia de presión del tubo de Pitot en S, colocado junto con la boquilla en el interior de la chimenea. El módulo contiene, igualmente, una bomba de vacío a través de la cual se hace la succión y un medidor de gas seco en donde se registra el volumen de aire succionado.

4.1.6. Metodología para la determinación de Óxidos de Nitrógeno en chimenea.

La evaluación de las emisiones de óxidos de nitrógeno se realizó de acuerdo con lo señalado en la Resolución 0935 del 2011 emitida por el hoy Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), correspondiente al Método 7, basado en el Code of Federal Regulations, Title 40, Protection of Environment, Parts 53 to 60, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (E.P.A.).

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 27 / 53	

4.1.6.1. Principio.

Se recoge una muestra en un matraz que contiene una solución absorbente de ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno, al que previamente se le ha realizado vacío. Los óxidos de nitrógeno son medidos colorimétricamente usando el procedimiento del ácido fenoldisulfónico (PDS).

4.1.6.2. Aplicabilidad.

Este método es aplicable para la medición de óxidos de nitrógeno emitidos de fuentes fijas con un rango de medición de 2 a 400 miligramos de NO_x (como NO₂) por metro cúbico seco estándar, sin dilución de la muestra.

4.1.6.3. Procedimiento de muestreo.

Acorde al método, se toman cuatro muestras con intervalos mínimos de 15 minutos entre cada una, a través de balones de aproximadamente dos litros, que contienen 25 ml de solución absorbente (peróxido de hidrógeno acidulado), los cuales se les ha realizado vacío previamente. Se drena la línea antes de iniciar la medición. Se abre la válvula del balón permitiendo que los gases entren hasta que la presión en su interior sea igual a la de la línea de muestra, lo cual puede tardar aproximadamente 15 segundos. Ver Figura 5.

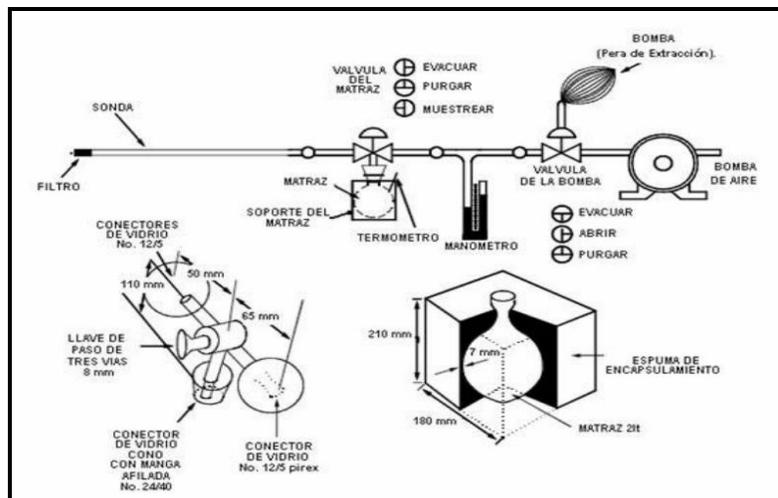


Figura 6. Tren de muestreo determinación de óxidos de nitrógeno.

La muestra se deja reposar mínimo durante 16 horas, al cabo de las cuales se mide la presión de vacío y la temperatura; con el valor de la diferencia de la presión y de la temperatura de los gases, se calcula el volumen de gas muestreado.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 28 / 53	

La muestra se rotula y se almacena, para su posterior análisis, utilizando el método colorimétrico del PDS (Ácido Fenoldisulfónico) en un espectrofotómetro UV/visible.

4.1.6.4. Análisis cuantitativo

Se transfiere el contenido del recipiente en que se transportó a un matraz volumétrico de 50 ml, se adiciona unas gotas de hidróxido de sodio 1 N hasta pH 9 a 12, se enjuaga el recipiente dos veces con 5 ml de agua desionizada y destilada y Se adiciona el agua de enjuague al matraz y diluye con agua desionizada y destilada hasta la marca y se agita. Se toma una alícuota de 25 ml y se evapora en un baño de vapor, al residuo final se le adiciona 2 ml de solución de ácido fenoldisulfónico, se tritura, se le adiciona 1 ml de agua desionizada y destilada y cuatro gotas de ácido sulfúrico concentrado.

La solución se calienta en un baño de vapor durante 3 minutos agitando ocasionalmente y después se deja enfriar, posteriormente se adicionan 20 ml de agua desionizada y destilada e hidróxido de amonio concentrado gota a gota, hasta que el pH sea 10. Si la muestra contiene sólidos, estos deben ser eliminados por medio de filtración. Si no hay sólidos, la solución se transfiere directamente al matraz volumétrico de 100 ml y se diluye hasta la marca con agua desionizada y destilada.

Finalmente se mide la absorción en la longitud de onda óptima 410 nm usada para los estándares, usando el blanco del muestreo como cero de referencia. Se diluye la muestra y el blanco con volúmenes iguales de agua desionizada y destilada siempre y cuando la absorción supere el valor del estándar A_4 (este factor de dilución es el denominado F).

Los cálculos que se deben realizar para obtener el valor de la concentración de dióxido de nitrógeno presente en la muestra son los siguientes:

Para la concentración de NOx en condiciones estándar se hace uso de la ecuación 2:

$$C = K_2 \left(\frac{m}{V_{SC}} \right) \quad (2)$$

Donde K_2 , se relaciona por medio de la ecuación 3.

$$K_2: 10^3 \left(\frac{mg/m^3}{\mu \frac{g}{ml}} \right) \quad (3)$$

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 29 / 53	

m : es la masa del NO_x hallada en el análisis y es igual a lo expresado en la ecuación 4:

$$m = 2K_c A F \quad (4)$$

Donde K_c es el factor de calibración y se halla en el siguiente numeral, F es el factor de alícuota, que normalmente corresponde a 1 (Si no hay segunda dilución en el análisis) y A es la alícuota tomada.

Por otra parte, el volumen de aire a condiciones estándar se calcula como se indica a continuación en la ecuación 5.

$$V_{SC} = K_1 (V_f - 25) \left[\frac{P_f}{T_f} - \frac{P_i}{T_i} \right] \quad (5)$$

Donde

$$K_1 = 0.3858 \text{ } ^\circ\text{K/mm Hg}$$

4.1.6.5. Calibración del Espectrofotómetro.

Para la calibración se prosigue de la siguiente forma:

Se Añade 0, 1, 2, 3 y 4 ml de la solución estándar de trabajo KNO₃ (1 ml = 100µg NO₂) a una serie de cinco matraces volumétricos de 50 ml. A cada matraz, se añade 25 ml de solución de absorción, 10 ml de agua destilada, e hidróxido de sodio (1 N) gota a gotas hasta que el pH esté entre 9 y 12, se diluye con agua destilada hasta la marca, se mezcla bien y se toman 25 ml de alícuota de cada solución a una placa de evaporación de porcelana. Comenzando con el paso de evaporación, seguir el procedimiento de análisis descrito en el ítem anterior, hasta que la solución haya sido transferida al matraz volumétrico de 100 ml y diluida hasta 100 ml. Tal como se muestra en la ecuación 6

$$K_c = \frac{A_1 + 2A_2 + 3A_3 + 4A_4}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2} \quad (6)$$

Donde

- K_c = Factor de calibración del espectrofotómetro en µg.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 30 / 53	

- A_1 = absorción de 100- μg NO_2 estándar.
- A_2 = absorción de 200- μg NO_2 estándar.
- A_3 = absorción de 300- μg NO_2 estándar.
- A_4 = absorción de 400- μg NO_2 estándar

Por otra parte, de acuerdo a lo expresado en la Resolución 909 del 2008 expedida por el MAVDT, adicionalmente se debe realizar una corrección de oxígeno a la concentración de óxidos de nitrógeno encontrada en la fuente, esto se lleva a cabo de acuerdo con lo expresado en el párrafo 6 del artículo 4 de dicha resolución, dicha corrección se realiza mediante la ecuación 7 expresada en el artículo 88 de la correspondiente resolución.

$$C_{CR(O_2 11\%)} = C_{CR(O_2 \%X)} * \left(\frac{21\% - \%O_2}{21\% - \%X} \right) \quad (7)$$

4.2. ASPECTOS TÉCNICOS

Las determinaciones de la velocidad, el flujo entre otros parámetros determinados en este estudio, a condiciones de operación, fueron calculadas por medio de las ecuaciones establecidas en los métodos de referencia. Para un fácil manejo de la información y del proceso de cálculo se utilizó un software o regla de cálculo "ECOISOCAL.", desarrollado por ECOAMBIENTE LTDA, el cual ha sido validado y probado con éxito ante el IDEAM, ente con el cual se realizó la acreditación en la norma ISO NTC/IEC 17025:2005.

4.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO DE MUESTREO ISOCINÉTICO.

El equipo empleado en la toma de muestra de los diversos contaminantes es marca GRASEBY - ANDERSEN, diseñada bajo las especificaciones de la E.P.A., y consta de las siguientes partes:

- ❖ **Sonda de muestreo:** incluye un tubo pitot tipo "S", un termopar y un tubo con boquilla toma muestra.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 31 / 53	

- ❖ **Módulos de muestreo:** consta de una sección caliente, donde se recolectan las partículas y una sección refrigerada, donde se encuentran los frascos impactadores que, de igual manera contienen agua que permite el cálculo consecutivo de la humedad durante las corridas realizadas.
- ❖ **Unidad de control:** en ella están los indicadores de temperatura de las diferentes secciones, los manómetros, los controles de la bomba de vacío, medidor de gas seco y de las resistencias calefactoras.
- ❖ **Cordón umbilical:** conjunto de líneas eléctricas y neumáticas que conectan las unidades de muestreo con la consola de control.
- ❖ **Bomba:** equipo que permite extraer el gas de un ducto o punto específico, por medio de la creación de un punto de vacío, esta acción genera un diferencial de presión que obliga al gas a moverse por medio de las diferentes partes del equipo de muestreo isocinético.

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado
sin la debida autorización del laboratorio.

4.4. INFORMACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE EMISIONES

En la Tabla 11 se resume la información técnica de los equipos utilizados en el estudio de emisiones realizado en la empresa EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S., el día 23 de mayo de 2017.

Tabla 11. Información de los equipos utilizados.

PARÁMETRO	DATO	UNIDAD
Modelo y número de serie del equipo empleado	Modelo 398-3246. Serial 201415	
Código de la consola	005	--
Factor de Calibración (Y)	0,987	--
Coefficiente del orificio ($\Delta H@$)	1,690	mm H ₂ O
Coefficiente del tubo Pitot (Cp)	0,85	--
Identificación del Analizador de Gases	037	--
Identificación de la boquilla	130	--
Diámetro de la boquilla (Dn)	0,190	mm
Longitud de la Sonda	72	In
Material de la línea de toma de muestra	Acero inoxidable	--
Matraz de 2 litros	005	--
Matraz de 2 litros	006	--
Matraz de 2 litros	007	--
Matraz de 2 litros	008	--
Espectrofotómetro	063	--

Los certificados de calibración del vacuómetro, termopares, pitot tipo S, boquillas, balones, balanzas, y otros equipos utilizados durante el estudio, se incluyen en el Anexo B del presente informe.

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado sin la debida autorización del laboratorio.

4.5. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

4.5.1. Procedimiento de medición

La medición y los análisis se ciñeron a los protocolos internos de ECOAMBIENTE LTDA., el registro de la información de la actividad se encuentra en el Anexo D, con las respectivas cadenas de custodias.

Con el fin de prevenir confusiones en la identificación de las muestras, los recipientes fueron etiquetados en el momento de la recuperación de las mismas, mediante un código único de 6 dígitos, de acuerdo con lo establecido en el procedimiento (PR-29 Recepción de muestras) y junto con el nombre de la persona quien toma la muestra, dicha información fue registrada en la etiqueta del recipiente que la contiene.

Para registrar toda la información pertinente a las observaciones de campo o del muestreo se diligenciaron las planillas de campo respectivas, las cuales se muestran en el Anexo C. En la Tabla 12 se relacionan las muestras tomadas en los estudios de medición en fuentes fijas con sus respectivos códigos de identificación.

Tabla 12. Codificación para muestra del contaminante.

Contaminante	Tipo de muestra	ID Muestra Cliente
Material Particulado (MP)	Gravimétrico	002328 002329 002330
	Volumétrico	LDS-3411-17 LDS-3412-17 LDS-3413-17 LDS-3414-17
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	Volumétrico	N-3415-17 N-3416-17 N-3417-17 N-3418-17 N-3419-17

4.5.2. Equipos de calibración externa y verificación en laboratorio

La calibración de los equipos se realizó de acuerdo con lo establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, con los patrones necesarios para calibrar o validar o verificar la calibración de los equipos e instrumentos que requieren revisión periódica o cuando las condiciones o desviaciones de resultados lo requieran. En el Anexo B se muestra los resultados de las calibraciones de los instrumentos y equipos que los métodos y los procedimientos exigen.

- ❖ Termopares
- ❖ Balanzas analítica y de precisión.
- ❖ Tubo Pitot
- ❖ Calibrador de boquillas y tubo pitot
- ❖ Espectrofotómetro

A cada uno de los instrumentos se realizan un mantenimiento preventivo con un periodo regular o antes de cada servicio, después de cada mantenimiento se procede a realizarse la correspondiente verificación.

4.5.3. Validación de datos

Para la validación de los datos, se siguieron los procedimientos internos de ECOAMBIENTE LTDA, los cuales, a su vez, se basan en los procedimientos y métodos establecidos por la EPA y aprobados por el IDEAM. Las validaciones se adjuntan en cada una de las hojas de campo, hojas de calibración y cadena de custodia, que hacen parte de la toma de muestra y análisis de éste estudio. Se realizaron pruebas de fugas al equipo para verificar su correcto funcionamiento, con los resultados que se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Verificación de fugas de equipo isocinéticos.

FUENTE	Balón	TASA DE FUGAS	TIEMPO PRUEBA DE FUGAS
Caldera No. 4	B-1	0%	1 minuto
	B-2	0%	1 minuto
	B-3	0%	1 minuto
	B-4	0%	1 minuto

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 35 / 53	

Los resultados obtenidos en este estudio, estuvieron dentro de los límites de aceptabilidad que establecen los métodos, la eficiencia estuvo dentro de un valor aceptable, según consta en las cadenas de custodias y registros de campo y cálculos del Anexo C y D.

4.5.4. Reporte de errores en evaluación de emisiones atmosféricas

Durante la evaluación del estudio de emisiones por fuentes fijas, se pueden presentar posibles errores: al momento de la digitación de los datos en el programa que se maneja en campo, se puede presentar una contaminación de la muestra al encontrarse en lugares no seguros, puede haber errores de conexión en el montaje del equipo y la falta de calibración de todos los equipos de mediciones utilizados, como termopares, barómetro, balanza analítica, consola, que pueden generar alteración de los datos. Sin embargo, ninguna de estas posibles situaciones se presentó en el desarrollo de éste estudio.

4.5.4.1. Pérdida o alteración de la muestra

Las muestras tomadas en campo son almacenadas en botellas de vidrio de boro silicato químicamente resistentes. Las tapas utilizadas poseen una serie de roscas que tienen un refuerzo de teflón, para eliminar las fugas y resistentes al ataque químico. Esto evita que la muestra no se volatilice durante el traslado al laboratorio. Por su diseño, las botellas de vidrio de boca angosta son menos propensas a las fugas. La altura del nivel de muestra se marca para determinar si ocurrió escape durante el transporte. El recipiente es rotulado para identificar claramente su contenido. Todos estos recipientes se transportaron en posición vertical. Finalmente, no se presentaron pérdidas significativas que pudieran afectar los resultados o por encima de los valores estipulados para repetir el muestreo.

4.5.4.2. Errores de toma muestra

El período de muestreo en cada punto fue el mismo, y en valores enteros o de un entero más medio minuto, con el fin de evitar errores de control de tiempo. El equipo se encontraba calibrado, por lo cual el flujo indicado fue el correcto a través de la sonda y los datos obtenidos confiables, por lo anterior el porcentaje de isocinetismo en los puntos de toma de muestra estuvieron en el rango establecido en el método. Se realizaron prueba de fugas al inicio y al final de cada corrida, todas las pruebas fueron satisfactorias, como consta en los registros de campo, que se muestran en el Anexo C.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 36 / 53	

4.5.4.3. Errores de análisis.

Para la determinación de la emisión de partículas en fuentes estacionarias se verificó que no se presentaron ninguno de los siguientes errores:

- ❖ En el proceso de pesaje de los papeles de filtros (pesada inicial y final).
- ❖ En el acondicionamiento de los filtros, que requiere un ambiente controlado y por lo tanto de un termo higrómetro calibrado
- ❖ En el acondicionamiento del beacker para el lavado de sonda, que debe estar limpio y bien pesado.

4.5.5. Cadena de custodia de la muestra

Las muestras luego de su recuperación y etiquetado fueron transportadas en el vehículo de la compañía, por funcionarios de la empresa, estas se entregaron al área de recepción de muestras en el laboratorio donde fueron relacionadas e identificadas con un código de muestras, (número único interno de identificación) junto con la cadena de custodia en la cual se consignó la siguiente información: fecha de muestreo, número de ID, nombre del muestreador, fecha de entrega y firma de recibido por parte del personal de laboratorio.

En el Anexo D, se muestran los detalles de la cadena de custodia de las muestras, tomadas y analizadas.

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado sin la debida autorización del laboratorio.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 37 / 53	

5. REPORTE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las tablas presentadas a continuación fueron generadas por el software ECOISOCAL, desarrollado por la empresa ECOAMBIENTE LTDA., validado y probado con éxito, durante el proceso de certificación ante el IDEAM. En cada una de las hojas usadas para el desarrollo de este estudio se encuentran los métodos 1, 2, 3, 4, 5 y 7 de la US-EPA respectivamente.

5.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA FUENTE DE EMISIÓN

A continuación, se presentan los resultados de los métodos 1, 2, 3, 4, 5 y 7 de la EPA en las Tablas 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 respectivamente.

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado sin la debida autorización del laboratorio.

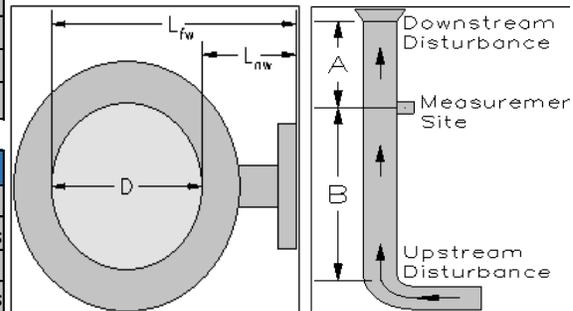
Tabla 14. Resultados Método 1, Puntos de Muestreo.

METODO 1: LOCALIZACION DE LOS PUNTOS PARA EL MUESTREO

Nombre de la Empresa	EXTRACTORA EL ROBLE	Fecha	2017-11-28
Nombre de la FF	0014-ER-FF-01	Proyecto	145-17
Compañía Operadora	ECOAMBIENTE LTDA.	# de Puertos Dispon.	2
Tipo de Chimenea	Circular	# de Puertos Usados	2
Tamaño de Chimenea	Large	Diametro int. / Puerto	4

Metric Units English Units Help Print Sheet Print All

Diametro de la Chimenea o Ducto Circular			
Distancia, Niple - Fondo	(L _{fw})	55,71	in
Distancia, Niple - Pared Interna	(L _{nw})	5,31	in
Diametro (=L _{fw} - L _{nw})	(D)	50,40	in
Area (=3.14(D/2/C _{units}) ²)	(A _s)	13,85	ft ²



Distancias entre el Puerto o Niple y Disturbios			
Distancia "Upstream"	(B)	277,95	in
Diametros "Upstream" (=B/D)	(B _D)	5,51	diametros
Distancia "Downstream"	(A)	309,06	in
Diametros "Downstream" (=A/D)	(A _D)	6,13	diametros

Numero de Puntos Requeridos			
Diametros		Minimo Numero de ¹ Puntos	
"Up Stream"	"Down Stream"	Particulas	Velocidad
2.00-4.99	0.50-1.24	24	16
5.00-5.99	1.25-1.49	20	16
6.00-6.99	1.50-1.74	16	12
7.00-7.99	1.75-1.99	12	12
>= 8.00	>= 2.00	8 or 12 ²	8 or 12 ²
Criterio "Upstream"		20	16
Criterio "Downstream"		12	12
Puntos Requeridos		20	16

¹ Check the Minimum Number of Points for the Upstream and Downstream conditions, then use the larger Number.

² 8 for Circular Stacks 12 to 24 inches

12 for Circular Stacks over 24 inches

Numero de Puntos Usados			
2	Puertos, X	10	Puntos
20	Usados	20	Requerid.
<input checked="" type="checkbox"/>	Particulas	<input type="checkbox"/>	Velocidad

Localizacion de los Puntos				
Punto Numero	Fraccion del Diametro	Distancia desde la Pared Interna	Distancia Incluida la Long. del Niple	Distancia Incluida la Long. del Niple
		in	in	cm
1	0,026	1 2/8	6,62	16,8
2	0,082	4 1/8	9,44	24,0
3	0,146	7 3/8	12,67	32,2
4	0,226	11 3/8	16,70	42,4
5	0,342	17 2/8	22,55	57,3
6	0,658	33 1/8	38,47	97,7
7	0,774	39	44,32	112,6
8	0,854	43	48,35	122,8
9	0,918	46 2/8	51,58	131,0
10	0,974	49 1/8	54,40	138,2
11				
12				

Tabla 15. Verificación de flujo ciclónico.

Punto	Ángulo θ °	Punto	Ángulo θ °
1	8	1	8
2	10	2	6
3	7	3	10
4	7	4	8
5	9	5	6
6	9	6	8
7	10	7	10
8	8	8	8
9	10	9	8
10	9	10	10
11		11	
12		12	

Promedio del Angulo θ	SI
El promedio del Angulo θ es menor de 20°	8,45
Desviación Estándar	SI
La desviación Estándar es menor de 10°	1,316894

Si Marca NO en alguno de los criterios anteriores, no se puede realizar el monitoreo.
 Debe recomendarse alguno de los siguiente criterios:
 Aumentar el número de puntos
 Subir los tomamuestras
 Instalar rejillas para flujo laminar

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado sin la debida autorización del laboratorio.

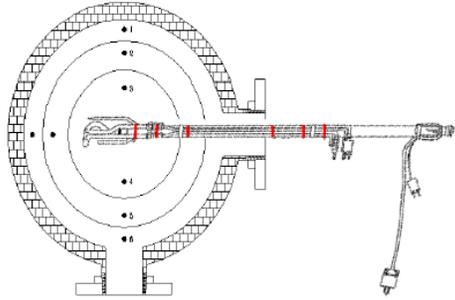
	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 40 / 53	

Tabla 16. Resultados Método 2, Velocidad y Flujo Volumétrico.

METODO 2: DETERMINACION DE LA VELOCIDAD Y FLUJO VOLUMETRICO

Nombre de la Empresa	EXTRACTORA EL ROBLE		Fecha	2017-11-28
Nombre de la FF	0014-ER-FF-01		Proyecto	145-17
Compañía Operadora	ECOAMBIENTE LTDA.		# de Puertos Usados	2
Tipo de Chimenea	Circular		Identificación T. Pitot	135
Chequeo Fugas T.Pitot	<input checked="" type="checkbox"/>	Antes	<input checked="" type="checkbox"/>	Despues
			Coefficiente T.Pitot (C _p)	0,85

Metric Units English Units Help Print Sheet Print All

Dimensiones de la Chimenea o Ducto				Datos de los Puntos					
Diametro	(D)	50,40	in	Muestreo		1-2-3-4-5-Preliminar			
Ancho	(W)	N/A	in	Hora		10:30:00		11:10:00	
Area	(A _c)	13,85	ft ²	Punto	Cabeza de Velocidad	Temperat.	Velocidad Puntual	lectura medidor gas sec	Vol. Muestreado por punto
Presiones					40562	(t _c)	(v _s) _i	h	ft ³
Barometrica	(P _b)	29,86	in Hg		in H ₂ O	°F	ft/sec		
Estatica	(P _{static})	0,11	in H ₂ O	A-1	1,000	156	62,3	832,900	
Absoluta	(P _s)	29,87	in Hg	A-2	1,100	151	65,1	834,24	1,3350
Composicion del Gas				A-3	1,100	152	65,1	835,57	1,3360
Composicion	Actual	<input checked="" type="checkbox"/>	Estimada	<input type="checkbox"/>	A-4	1,100	159	836,91	1,3430
Dioxido de Carbono	(%CO ₂)	4,9	%	A-5	1,100	157	65,4	838,25	1,3360
Oxigeno	(%O ₂)	12,9	%	A-6	1,000	156	62,3	839,58	1,3330
Monoxido de Carbono	(%CO)	0,0	%	A-7	1,000	173	63,2	840,92	1,3360
Nitrogeno	(%N ₂)	82,2	%	A-8	1,000	176	63,3	842,25	1,3300
Humedad	(B _{ws})	11,1%		A-9	1,100	172	66,2	843,58	1,3270
Peso Molecular, Seco	(M _d)	29,30	lb/lb-mole	A-10	1,100	170	66,1	844,90	1,3280
Peso Molecular, Humedo	(M _s)	28,05	lb/lb-mole	B-1	1,100	158	65,5	846,23	1,3260
Resultados				B-2	1,100	163	65,7	847,55	1,3220
Velocidad, Promedio, del Gas	(v _s)	64,8	ft/sec	B-3	1,100	157	65,4	848,88	1,3240
Flujo Volumetrico Standard-Seco	(Q _{sd})	2433729	dscf/hr	B-4	1,100	169	66,0	850,22	1,3440
Flujo Volumetrico Standard-Seco	(Q _{sd})	40562	dscf/min	B-5	1,000	170	63,0	851,55	1,3260
Esquema de la Seccion Transversal de la Chimenea o Ducto				B-6	1,100	164	65,8	852,84	1,2980
				B-7	1,100	157	65,4	854,18	1,3320
				B-8	1,100	158	65,5	855,50	1,3240
				B-9	1,100	163	65,7	856,86	1,3550
				B-10	1,000	168	62,9	858,19	1,3340
				LAST PT				859,53	1,3440
				Promedio	1,07	162	65	Volumen promedio	1,33
								Volumen Total	26,63

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 41 / 53	

Tabla 17. Resultados Método 3, Gases de Combustión (CO₂, CO y O₂).

METODO 3: ANALISIS DEL GAS, ORSAT / COMPOSICION Y PESO MOLECULAR									
	Metric Units	English Units	Help	Print Sheet	Print All				
Nombre de la Empresa	EXTRACTORA EL ROBLE				Fecha	2017-11-28			
Nombre de la FF	0014-ER-FF-01				Proyecto	145-17			
Compañía Operadora	ECOAMBIENTE LTDA.				# de Puertos Usados	2			
Tipo de Combustible	BIOMASA	Fact. Comb., Minimo		Fact. Comb., Maximo					
Chequeo Fugas Orsat	<input type="checkbox"/>	Antes	<input type="checkbox"/>	Despues	Identificacion Orsat	075			

Datos del analisis Orsat									
Muestreo	1-2-3-4-5-1			Hora de Inicio		11:39	Hora de Terminar		12:39
Tiempo	Volumen Dioxido Carbono	Volumen Oxigeno	Volumen Monoxido Carbono	Concent. Dioxido Carbono	Concent. Oxigeno	Concent. Monoxido Carbono	Concent. Nitrogeno	Peso Molecular Seco	Desviacion Peso Molecular
	(V _{CO2})	(V _{O2})	(V _{CO})	(%CO ₂)	(%O ₂)	(%CO)	(%N ₂)	(M _d)	(DM _d)
hh:mm	ml	ml	ml	percent	percent	percent	percent	lb/lb-mole	lb/lb-mole
10:30	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
10:40	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
10:50	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
Resultados			Promedio	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
Fact. del Combustible, Calculado			(F _o) _{avg}	1,633	Desviacion Peso Molec. < 0.3?		<input checked="" type="checkbox"/>		
Exceso de Aire, Calculado			(%EA) _{avg}	146,6	percent	Fact. Combustible en el Rango?		<input type="checkbox"/>	

Datos del Analisis Orsat									
Muestreo	1-2-3-4-5-2			Hora de Inicio		13:15	Hora de Terminar		14:15
Tiempo	Volumen Dioxido Carbono	Volumen Oxigeno	Volumen Monoxido Carbono	Concent. Dioxido Carbono	Concent. Oxigeno	Concent. Monoxido Carbono	Concent. Nitrogeno	Peso Molecular Seco	Desviacion Peso Molecular
	(V _{CO2})	(V _{O2})	(V _{CO})	(%CO ₂)	(%O ₂)	(%CO)	(%N ₂)	(M _d)	(DM _d)
hh:mm	ml	ml	ml	percent	percent	percent	percent	lb/lb-mole	lb/lb-mole
13:15	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
13:35	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
13:55	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
Resultados			Promedio	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
Fact. del Combustible, Calculado			(F _o) _{avg}	1,633	Desviacion Peso Molec. < 0.3?		<input checked="" type="checkbox"/>		
Exceso de Aire, Calculado			(%EA) _{avg}	146,6	percent	Fact. Combustible en el Rango?		<input type="checkbox"/>	

Datos del Analisis Orsat									
Muestreo	1-2-3-4-5-3			Hora de Inicio		15:45	Hora de Terminar		16:45
Tiempo	Volumen Dioxido Carbono	Volumen Oxigeno	Volumen Monoxido Carbono	Concent. Dioxido Carbono	Concent. Oxigeno	Concent. Monoxido Carbono	Concent. Nitrogeno	Peso Molecular Seco	Desviacion Peso Molecular
	(V _{CO2})	(V _{O2})	(V _{CO})	(%CO ₂)	(%O ₂)	(%CO)	(%N ₂)	(M _d)	(DM _d)
hh:mm	ml	ml	ml	percent	percent	percent	percent	lb/lb-mole	lb/lb-mole
15:45	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
16:05	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
16:25	4,9	17,8	17,8	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
Resultados			Promedio	4,9	12,9	0,0	82,2	29,30	0,00
Fact. del Combustible, Calculado			(F _o) _{avg}	1,633	Desviacion Peso Molec. < 0.3?		<input checked="" type="checkbox"/>		
Exceso de Aire, Calculado			(%EA) _{avg}	146,6	percent	Fact. Combustible en el Rango?		<input type="checkbox"/>	

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 42 / 53	

Tabla 18. Resultados Método 4, Preliminar y RUN 1.

METODO 4: DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Metric Units	English Units	Help	Print Sheet	Print All
Nombre de la Empresa	EXTRACTORA EL ROBLE		Fecha	2017-11-28
Nombre de la FF	0014-ER-FF-01		Proyecto	145-17
Compañía Operadora	ECOAMBIENTE LTDA.		# de Puertos Usados	2
Tipo de Chimenea	Circular		Numero de la Consola	005
Chequeo Fugas Tren	<input checked="" type="checkbox"/>	Antes	<input checked="" type="checkbox"/>	Despues
			Factor de Calibrac. (Y)	0,986941797

Datos del Contenido de Humedad Preliminar							
Muestreo	Preliminar	Hora, Inicio		10:30	Hora, Terminar		11:10
Volum. Total Medidor	(V _m)	26,633	dcf	Presion Barometrica	(P _b)	29,86	in Hg
Temp. Prom. Medidor	(t _m) _{avg}	92	°F	Presion Estatica	(P _{static})	0,11	in H ₂ O
Temp. Prom. Chimen.	(t _s) _{avg}	162	°F	Presion Orificio,Prom	(DH) _{avg}	1,69	in H ₂ O
	Burbuj. 1	Burbuj. 2	Burbuj. 3	Burbuj. 4	Burbuj. 5	Burbuj. 6	Burbuj. 7
	ml	ml	ml	g	ml	ml	g
Contenido		H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	SILICA		
Volumen Final	(V _f),(W _f)	140,00	110,00	0,00	209,00		
Volumen Inicial	(V _i),(W _i)	100,00	100,00	0,00	200,00		
Volumen Neto	(V _n),(W _n)	40,0	10,0	0,0	9,0		
Resultados							
Volumen Total	(V _t)	50,00	ml	Volum. Agua Condens	(V _{wc(std)})	2,353	scf
Peso Total	(W _t)	9,00	g	Volum. Agua Pesada	(V _{wsg(std)})	0,424	scf
Volum. Stand. Medid.	(V _{m(std)})	22,336	dscf	Cont. Humedad Satur.	(B _{ws(svp)})	34,2	%
Cont. Humedad calc.	(B _{ws(calc)})	11,1	%	Cont. Final Humedad	(B _{ws})	11,1	%

Datos del Contenido de Humedad R-1							
Muestreo	1-2-3-4-5-1	Hora, Inicio		11:39	Hora, Terminar		12:39
Volum. Total Medidor	(V _m)	33,860	dcf	Presion Barometrica	(P _b)	29,86	in Hg
Temp. Prom. Medidor	(t _m) _{avg}	96	°F	Presion Estatica	(P _{static})	0,11	in H ₂ O
Temp. Prom. Chimen.	(t _s) _{avg}	210	°F	Presion Orificio,Prom	(DH) _{avg}	0,98	in H ₂ O
	Burbuj. 1	Burbuj. 2	Burbuj. 3	Burbuj. 4	Burbuj. 5	Burbuj. 6	Burbuj. 7
	ml	ml	ml	g	ml	ml	g
Contenido		H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	SILICA		
Volumen Final	(V _f),(W _f)	142,00	110,00	0,00	208,20		
Volumen Inicial	(V _i),(W _i)	100,00	100,00	0,00	200,00		
Volumen Neto	(V _n),(W _n)	42,0	10,0	0,0	8,2		
Resultados							
Volumen Total	(V _t)	52,00	ml	Volum. Agua Condens	(V _{wc(std)})	2,448	scf
Peso Total	(W _t)	8,20	g	Volum. Agua Pesada	(V _{wsg(std)})	0,387	scf
Volum. Stand. Medid.	(V _{m(std)})	31,722	dscf	Cont. Humedad Satur.	(B _{ws(svp)})	97,1	%
Cont. Humedad calc.	(B _{ws(calc)})	8,2	%	Cont. Final Humedad	(B _{ws})	8,2	%

BARRANQUILLA
Calle 96 N° 42 C -138
PBX: (+57 5) 359 3618
ecoambienteltd@gmail.com
www.ecoambiente.co



Laboratorio Acreditado
Norma NTC ISO/IEC
17025:2005 según
Resolución 1563 del 26 de
julio de 2017
Resolución 1847 del 24 de
agosto de 2017

	INFORME TÉCNICO				
	Revisión 03		Código FT -133		
	2017/11/01		Página 43 / 53		

Tabla 19. Resultados Método 4, RUN 2 y 3.

Datos del Contenido de Humedad R2								
Muestreo	1-2-3-4-5-2		Hora, Inicio		13:15	Hora, Terminar		14:15
Volum. Total Medidor	(V _m)	36,620	dcf	Presion Barometrica	(P _b)	29,86	in Hg	
Temp. Prom. Medidor	(t _m) _{avg}	96	°F	Presion Estatica	(P _{static})	0,11	in H ₂ O	
Temp. Prom. Chimen.	(t _s) _{avg}	212	°F	Presion Orificio,Prom	(DH) _{avg}	1,23	in H ₂ O	
		Burbuj. 1	Burbuj. 2	Burbuj. 3	Burbuj. 4	Burbuj. 5	Burbuj. 6	Burbuj. 7
		ml	ml	ml	g	ml	ml	g
Contents		H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O	SILICA			
Final Value	(V _f),(W _f)	138,00	110,00	2,00	209,70			
Initial Value	(V _i),(W _i)	100,00	100,00	0,00	200,00			
Net Value	(V _n),(W _n)	38,0	10,0	2,0	9,7			
Resultados								
Volumen Total	(V _t)	50,00	ml	Volum. Agua Condens	(V _{wc(std)})	2,354	scf	
Peso Total	(W _t)	9,70	g	Volum. Agua Pesada	(V _{wsg(std)})	0,457	scf	
Volum. Stand. Medid.	(V _{m(std)})	34,370	dscf	Cont. Humedad Satur.	(B _{ws(svp)})	100,9	%	
Cont. Humedad calc.	(B _{ws})	7,6	%	Cont. Final Humedad	(B _{ws})	7,6	%	

Datos del Contenido de Humedad R3								
Muestreo	1-2-3-4-5-3		Hora, Inicio		15:45	Hora, Terminar		16:45
Volum. Total Medidor	(V _m)	36,610	dcf	Presion Barometrica	(P _b)	29,86	in Hg	
Temp. Prom. Medidor	(t _m) _{avg}	96	°F	Presion Estatica	(P _{static})	0,11	in H ₂ O	
Temp. Prom. Chimen.	(t _s) _{avg}	212	°F	Presion Orificio,Prom	(DH) _{avg}	1,23	in H ₂ O	
		Burbuj. 1	Burbuj. 2	Burbuj. 3	Burbuj. 4	Burbuj. 5	Burbuj. 6	Burbuj. 7
		ml	ml	ml	g	ml	ml	g
Contents		H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	H ₂ O ₂	SILICA			
Final Value	(V _f),(W _f)	136,00	110,00	2,00	209,60			
Initial Value	(V _i),(W _i)	100,00	100,00	0,00	200,00			
Net Value	(V _n),(W _n)	36,0	10,0	2,0	9,6			
Resultados								
Volumen Total	(V _t)	48,00	ml	Volum. Agua Condens	(V _{wc(std)})	2,259	scf	
Peso Total	(W _t)	9,60	g	Volum. Agua Pesada	(V _{wsg(std)})	0,453	scf	
Volum. Stand. Medid.	(V _{m(std)})	34,347	dscf	Cont. Humedad Satur.	(B _{ws(svp)})	99,6	%	
Cont. Humedad calc.	(B _{ws})	7,3	%	Cont. Final Humedad	(B _{ws})	7,3	%	

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 44 / 53	

Tabla 20. Resultados del análisis de Material Particulado (Método 5).

METODO 5: RESULTADOS DE LA RATA DE EMISION DE PARTICULAS

Nombre de la Empresa	EXTRACTORA EL ROBLE	Fecha	2017-11-28
Nombre de la FF	0014-ER-FF-01	Proyecto	145-17
Compañía Operadora	ECOAMBIENTE LTDA.	Tipo de Chimenea	Circular

Metric Units English Units Help Print Sheet Print All

Historia del Muestreo						
Muestreo #		1-2-3-4-5-1	1-2-3-4-5-2	1-2-3-4-5-1	Promedio	
Hora de Inicio		11:39	13:15	15:45	-	hh:mm
Hora de Terminar		12:39	14:15	16:45	-	hh:mm
Factor de Calibración	(Y)	0,987	0,987	0,987	0,987	
Coeficiente del Tubo Pitot	(C _p)	0,850	0,850	0,850	0,850	
Diametro actual de la Boquilla	(D _{na})	0,190	0,190	0,190	0,190	in
Datos del Muestreo						
Volumen Inicial del Medidor	(V _m) _i	859,781	893,641	930,261	-	ft ³
Volumen Final del medidor	(V _m) _f	893,641	930,261	966,871	-	ft ³
Volumen Total del Medidor	(V _m)	33,860	36,620	36,610	35,697	ft ³
Tiempo Total del Muestreo	(Q)	60,0	60,0	60,0	60,0	min
Temp. Promedio del Medidor	(t _m) _{avg}	96,2	95,6	95,8	95,9	°F
Temp. Promedia de la Chimenea	(t _s) _{avg}	210,5	212,4	211,7	211,5	°F
Presion Barometrica	(P _b)	29,86	29,86	29,86	29,86	in Hg
Presion Estatica de la Chimenea	(P _{static})	0,11	0,11	0,11	0,11	in H ₂ O
Presion Absoluta de la Chimenea	(P _s)	29,87	29,87	29,87	29,87	in Hg
Presion Promedio en el Orificio	(DH) _{avg}	0,98	1,23	1,23	1,14	in H ₂ O
Presion Absoluta en el Medidor	(P _m)	29,93	29,95	29,95	29,94	in Hg
Prom. Raiz Cuad. de Presion T.P.	(Dp ^{1/2}) _{avg}	0,89	1,03	1,03	0,99	(in H ₂ O) ^{1/2}
Datos del Contenido de Humedad						
Volum. Stand. de Gas del Medidor	(V _m) _{std}	31,722	34,370	34,347	33,480	dscf
Humedad Calculada	(B _{ws(calc)})	8,2	7,6	7,3	7,7	%
Saturacion de Humedad	(B _{ws(svp)})	97,1	100,9	99,6	99,2	%
Conten. de Humedad Reportada	(B _{ws})	8,2	7,6	7,3	7,7	%
Datos de la Rata de Flujo Volumetrico						
Velocidad Promedio del Gas	(v _s)	56,84	66,91	66,80	63,52	ft/sec
Area Seccinal de la Chimenea	(A _s)	13,85	13,85	13,85	-	ft ²
Rata de Flujo Actual en la Chimen.	(Q _a)	47249	55622	55528	52800	acfm
Rata de Flujo Standard Seco	(Q _{sd})	34099	40308	40384	38264	dscfm
porcentaje de Isocinetismo	(I)	100,3	100,8	100,1	100,4	%

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 45 / 53	

Tabla 21. Reporte de análisis de resultados para Material Particulado (Método 5).

MATRIZ DE CALCULO METODO 5 DETERMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO			
NOMBRE DE LA EMPRESA	EXTRACTORA EL ROBLE	ID CLIENTE	0014-ER
TONELADAS DIA DE PRODUCCION	N/A	ID PROYECTO	145-17
NOMBRE DE LA FUENTE FJA	0014-ER-FF-01		
OPERADOR CAMPO	JOSE GONZALEZ	CONDICIONES DE LA FUENTE DE EMISIÓN	
OPERADOR LABORATORIO	NELLY BENITEZ	TEMPERTURA CHIMENEA (K)	372,9
FECHA	2017/11/28	PRESION CHIMENEA mm Hg	758,6

INFORMACION GENERAL						
Parámetro		R1	R2	R3	Promedio	Unidades
Volumen Muestreado @ Condiciones de Referencia	(V _{mstd})	31,722	34,370	34,347	33,480	ft ³
Volumen Muestreado @ Condiciones de Referencia	(V _{mstd})	0,898	0,973	0,973	0,948	m ³
Rata de Flujo Standard Seco en la Chimenea	(Q _{sd})	34.099,10	40.308,20	40.384,07	38.263,79	dscfm
Rata de Flujo Standard Seco en la Chimenea	(Q _{sd})	57.934,73	68.484,07	68.612,97	65.010,59	dscmh
ANÁLISIS GRAVIMETRICO						
Identificación de Filtro	IDMPF	2328	2329	2330	--	--
Peso Inicial del Filtro	Pif	14.998,00	14.951,20	14.956,30	14968,50	mg
Peso Final del Filtro	Pff	15.236,30	15.145,40	15.190,70	15190,80	mg
Peso colectado en el Filtro	m _F	238,30	194,20	234,40	222,30	mg
Identificación muestra lavado sonda	IDMPS	LDS-3411-17	LDS-3412-17	LDS-3413-17		mg
Peso Inicial lavado sonda	Pis	105.689,4	103.192,4	104.440,80	104.440,9	mg
Peso Final lavado sonda	Pfs	105.852,8	103.365,5	104.609,20	104.609,2	mg
Peso blanco de la Acetona	Pbk	0,45	0,45	0,45	0,45	mg
Peso total lavado sonda	PTS	162,95	172,65	167,95	167,85	mg
Peso total Material Particulado	m _{PM}	401,25	366,85	402,35	390,15	mg
RESULTADOS FINALES						
Concentración Material Particulado	C _{MP}	446,692	376,930	413,686	412,436	(mg/m ³)
Oxigeno de referencia según Res. 909 de 2008	-	O ₂ Actual	12,900	O ₂ Referencia	13,00	%
Concentración Material Particulado @CR	C _{MPCR}	441,177	372,276	408,578	407,344	(mg/m ³)
Emision de Material Particulado	ET _{MP}	25,559	25,495	28,034	26,363	(Kg/hora)
Máxima Emision permisible, R-909 para flujo < 0.5 kg/h	E (mg/m ³)	300				E (mg/m ³)
Porcentaje de la Norma	%EN	147,06	124,09	136,19	135,781	%

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 46 / 53	

Tabla 22. Resultados del análisis de Óxidos de Nitrógeno (Método 7).

MATRIZ DE CALCULO METODO 7 DETERMINACIÓN DE ÓXIDOS DE NITROGENO			
NOMBRE DE LA EMPRESA	EXTRACTORA EL ROBLE	ID CLIENTE	0014-ER
TONELADAS DIA DE PRODUCCION	N/A	ID PROYECTO	145-17
NOMBRE DE LA FUENTE FIJA	0014-ER-FF-01		
OPERADOR CAMPO	JOSE GONZALEZ	CONDICIONES DE LA FUENTE DE EMISIÓN	
OPERADOR LABORATORIO	NELLY BENITEZ	TEMPERATURA CHIMENEA (K)	372,9
FECHA	28/11/2017	PRESION CHIMENEA mm Hg	758,6

DATOS MUESTREOS						
Rata de Flujo Standard Seco en la Chimenea	(Q _{sd})	34.099,10	40.308,20	40.384,07	38.263,79	dscfm
Rata de Flujo Standard Seco en la Chimenea	(Q _{sd})	57.934,73	68.484,07	68.612,97	65.010,59	dscmh
ANALISIS DE LABORATORIO						
Parámetro		Balon 1	Balon 2	Balon 3	Balon 4	Unidades
Identificación de la muestra	ID _{NOx}	N-3415-17	N-3416-17	N-3417-17	N-3418-17	--
Hora de toma de muestra	--	15:31	15:46	16:01	16:16	hh:mm
Hora de recuperación de muestra	--	10:00	10:05	10:12	10:18	hh:mm
Presion inicial del balón	Pi	32,01	34,55	32,01	37,09	(mmHg)
Presion final del balón	Pf	733,58	746,28	736,12	715,80	(mmHg)
Temperatura inicial balón	ti	32,70	32,70	32,70	32,70	(°C)
Temperatura absoluta inicial	Ti	305,70	305,70	305,70	305,70	(°K)
Temperatura final balón	tf	31,60	31,60	31,60	31,60	(°C)
Temperatura absoluta final	Tf	304,60	304,60	304,60	304,60	(°K)
(Pf / Tf) - (Pi / Ti)	K	2,30	2,34	2,31	2,23	--
Volumen del Balón	Vf	2.106,00	2.167,00	2.091,00	2.107,00	ml
Volumen solucion absorbente	Va	25,00	25,00	25,00	25,00	ml
Volumen muestra condiciones de Referencia	VSC	1.879,71	1.962,85	1.872,92	1.819,40	ml
Factor de dilución	Fd	2,00	2,00	2,00	2,00	--
Factor del espectrofotometro	KC	698,74	698,74	698,74	698,74	--
Absorbancia de la muestra	A	0,065	0,079	0,066	0,053	--
Masa de Dioxido de Nitrogeno	m _{NOx}	90,84	110,40	92,23	74,07	(µg NO ₂)
Concentracion de Dióxido de Nitrógeno	C _{NOx}	48,32	56,25	49,25	40,71	(mg NO ₂ /m ³)
Resultados finales						
Flujo de Gases Promedios en la Chimenea @ CR	(Q _{sd})	65.010,59				(dsm3/h)
Oxígeno de referencia según Res. 909 de 2008	-	O ₂ Actual	12,900	O ₂ Referencia	13,000	%
Concentración Dioxido de Nitrogeno @CR	C _{NOxCR}	47,728	55,551	48,638	40,207	(mg/m ³)
Concentración Dióxido de Nitrógeno @CR Promedio	C _{NOx}	48,03				(mg/m ³)
Emision de Dióxido de Nitrógeno	ET _{NOx}	3,12				(Kg/hora)
Emision de Dióxido de Nitrógeno	ETP _{NOx(wv)}	25,54				ppm
Máxima Emision permisible, R-909 para todo flujo	E (mg/m ³)	350				E (mg/m ³)
Porcentaje de la Norma	%EN	13,723				%

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 47 / 53	

5.2. FRECUENCIA DE ESTUDIOS DE EMISIÓN SEGÚN NORMATIVA VIGENTE

En el Protocolo Para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, en su numeral 3.2., se presenta la metodología para la determinación de la frecuencia de estudios de evaluación de emisiones atmosféricas mediante el uso de las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA), aplicable a todas las actividades industriales.

La metodología consiste en la determinación de UCA para cada uno de los contaminantes a los que está obligado a medir una fuente fija, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008 o la que adicione, modifique o sustituya.

Esta metodología debe aplicarse a cada una de las fuentes fijas y para cada uno de los contaminantes a medir; es decir, la frecuencia encontrada será independiente para cada ducto o chimenea y para cada contaminante y no se registrará por el máximo o por el mínimo de periodos encontrados.1

Para aplicar la metodología, primero es necesario hallar el número de Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA), definido como:

$$UCA = Ex/Nx$$

Donde E_x es la concentración de la emisión del contaminante en mg/m^3 a condiciones de referencia y con la corrección de oxígeno de referencia que aplique y N_x es el estándar de emisión admisible para el contaminante en mg/m^3 . El valor de UCA obtenido se compara con la Tabla 23 mostrada a continuación:

Tabla 23. Frecuencia de monitoreo de contaminantes de acuerdo con Resolución 909/2008.

UCA	GRADO DE SIGNIFICANCIA DEL APOORTE CONTAMINANTE	FRECUENCIA DEL MONITOREO (AÑOS)
$\leq 0,25$	Muy Bajo	3
$> 0,25 \leq 0,5$	Bajo	2
$> 0,5 \leq 1,0$	Medio	1
$> 1,0 \text{ Y } \leq 2,0$	Alto	0,5 (6 meses)
$> 2,0$	Muy Alto	0,25 (3 meses)

5.2.1. CÁLCULO DE UCA Y COMPARACIÓN CON LA NORMA

Teniendo en cuenta los resultados de este estudio, consignados en la Tabla 9 del presente documento, y el estándar aplicable según la Resolución 909 de 2008 para la fuente fija 0014-ER-FF-01, objeto de evaluación, se presenta un resumen de los datos necesarios para el cálculo de las UCA en la Tabla 24.

Cabe aclarar que no se realiza corrección por oxígeno de referencia ya que no hay combustión en el equipo relacionado con la fuente fija citada.

Tabla 24. Cálculo del UCA y frecuencia de monitoreo.

Parámetro	Unidad	Resultado	UCA	Frecuencia de monitoreo
Material Particulado (MP)	mg/m ³	407,344	1,36	6 meses
Estándar Res. 909/2008	mg/m ³	300,00		
Óxidos de Nitrógeno	mg/m ³	48,03	0,137	3 años
Estándar Res. 909/2008	mg/m ³	350,00		

Con la información anterior, se determinó que las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA), de la Caldera No. 4, para el parámetro Material Particulado MP) indican un grado de significancia del aporte contaminante ALTO, con una frecuencia de monitoreo de 6 meses; y para el parámetro Óxidos de Nitrógeno (NOx) indican un grado de significancia del aporte contaminante MUY BAJO, con una frecuencia de monitoreo de 3 años.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 49 / 53	

6. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA NORMA.

El gobierno, a través del Ministerio del Medio Ambiente, expidió el Decreto 0948 del 5 de junio de 1995 en el cual reglamenta la contaminación del aire para fuentes fijas, fuentes móviles, por ruido y por olores. Posteriormente mediante Resolución 909 del 5 de junio de 2008, estableció los estándares de emisión admisible para fuentes fijas, vigentes hoy día y que son el referente para el desarrollo éste estudio.

6.1. NORMAS Y ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES APLICABLES

En la Tabla 25, se presentan los estándares de emisión admisibles para actividades industriales a condiciones de referencia (25°C y 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 13%, establecidos en los Artículos 18 y 19, Capítulo VII “ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES DE CONTAMINANTES AL AIRE PARA EQUIPOS DE COMBUSTIÓN EXTERNA QUE UTILICEN BIOMASA COMO COMBUSTIBLE” de la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Tabla 25. Estándares de emisión admisibles para equipos de combustión externa, con oxígeno de referencia del 13%.

TIPO DE COMBUSTIBLE	ESTÁNDARES DE EMISIÓN ADMISIBLES (mg/m ³)			
	MP		NO _x	
	Existentes	Nuevas	Existentes	Nuevas
BIOMASA	300	50	350	350

6.2. COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

En la Tabla 26, se presenta la comparación de los resultados obtenidos, con la normativa vigente de emisión para fuentes fijas, existentes, dado que la caldera fue fabricada en el año 2007 y la Resolución 909 fue emitida el 5 de junio de 2008.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 50 / 53	

Tabla 26. Comparación de resultados con respecto a la normativa.

	MATERIAL PARTICULADO (MP)	ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NOx)
Emisión, (mg/m³)	407,344	48,03
Norma, (mg/m³)	300,00	350,00
Cumplimiento	SI	SI
% Cumplimiento	135,781	13,723

Nota por Ecoambiente Ltda: Todo espacio en blanco no podrá ser modificado
sin la debida autorización del laboratorio.

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 51 / 53	

7. CONCLUSIONES¹

De acuerdo con los resultados obtenidos en las evaluaciones de fuente fija, realizadas el día 28 de noviembre de 2017, en la caldera mixta de biomasa (Caldera N°4), perteneciente a la empresa EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S.; se concluye,

- Que la emisión de Material Particulado (MP) en la caldera No. 4, se encuentra por encima del estándar correspondiente establecido en el artículo 18 de la Resolución 909 de 2008, cuyo valor es de 300 mg/m³. Por lo tanto, no se le da cumplimiento a éste parámetro.
- Que la emisión de Óxidos de Nitrógeno (NOx) en la caldera No. 4, se encuentra por debajo del estándar correspondiente establecido en el artículo 18 de la Resolución 909 de 2008, cuyo valor es de 350 mg/m³. Por lo tanto, se le da cumplimiento a éste parámetro.
- Que la frecuencia de monitoreo para la medición de Material Particulado (MP) de acuerdo al resultado de las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA) es de 6 meses, contado a partir de la fecha de la presente medición.
- Que la frecuencia de monitoreo para la medición de Óxidos de Nitrógeno (NOx) de acuerdo al resultado de las Unidades de Contaminación Atmosférica (UCA) es de tres (3) años, contados a partir de la fecha de la presente medición.

Elaborado por:

Revisado por:

Aprobado por:

Oswaldo Rivera Guzmán
Coordinador de Proyectos

Gerjan Bermejo Rolong
Director Técnico

Divina Rivera Mass
Directora Administrativa

¹ **ANOTACIÓN IMPORTANTE:** las conclusiones presentadas en el presente informe técnico son **VÁLIDAS ÚNICAMENTE** para el monitoreo realizado en la chimenea de la Caldera No. 4 perteneciente a EXTRACTORA EL ROBLE S.A.S., realizado el 28 de noviembre del 2017, y **APLICA SOLAMENTE** para los parámetros: Material Particulado (MP) y Óxidos de Nitrógeno (NOx), cuyos estándares de emisión se encuentran consignados en la Resolución 909 de 2008, Capítulo VII, Artículo 18. **Bajo ninguna circunstancia ECOAMBIENTE LTDA certifica cumplimiento de estándares de emisión de contaminantes de parámetros que contemple la Resolución 909 de 2008 no medidos en este monitoreo.**

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 52 / 53	

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ A.P.T.I. (Air Pollution Training Institute) Course 450 Source Sampling for particulate pollutants, "Student work book" dec. 1979, prepared for E.P.A.
- ✓ E.P.A. (ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY). Code of Federal Regulations Protection of Environment, parts 53 a 60 revised July 1 1989. U.S.A.
- ✓ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 909 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. Junio 5 de 2008.
- ✓ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas. Octubre de 2010
- ✓ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 sobre el control de contaminación atmosférica. 1995.
- ✓ MINISTERIO DE SALUD. Decreto 02 de 1982.
- ✓ MINISTERIO DE SALUD. Subdirección Control de Factores de Riesgo del ambiente. Curso sobre Técnicas de muestreo en chimenea. 1992.
- ✓ MINISTERIO DE SALUD. Curso de muestreo isocinético en chimenea. Material Particulado. Caloto. Cauca.
- ✓ SEOANEZ CALVO, Mariano. Ingeniería del medio ambiente. Ediciones Mundi - Prensa. 1996. Pág. 218
- ✓ THE WORLD BANK GROUP. Pollution prevention and abatement handbook. 1999 Washington D.C. U.S.A

	INFORME TÉCNICO		
	Revisión 03	Código FT -133	
	2017/11/01	Página 53 / 53	

ANEXOS.

BARRANQUILLA
 Calle 96 N° 42 C -138
 PBX: (+57 5) 359 3618
 ecoambienteld@gmail.com
www.ecoambiente.co



Laboratorio Acreditado
 Norma NTC ISO/IEC
 17025:2005 según
 Resolución 1563 del 26 de
 julio de 2017
 Resolución 1847 del 24 de
 agosto de 2017