

**INFORME
RECURSOS
NATURALES DEL
MUNICIPIO DE
BUCARAMANGA
PVCFT 2023**

**CONTRALORIA MUNICIPAL DE
BUCARAMANGA**



**VIVIANA MARCELA
BLANCO MORALES**

Contraloría Municipal De
Bucaramanga

OFICINA DE VIGILANCIA FISCAL Y AMBIENTAL

**INFORME RECURSOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA
PVCFT 2023
VIGENCIA 2022 - PVCFT 2023**

INFORME FINAL

BUCARAMANGA, 06 DICIEMBRE 2022

VIVIANA MARCELA BLANCO MORALES

Contralora Municipal de Bucaramanga

GERMAN PEREZ AMADO

Jefe de Vigilancia Fiscal y Ambiental (Supervisor)

EQUIPO DE AUDITORÍA

EDWARD JESÚS SANTOS GONZÁLEZ

Profesional Universitario – Líder Auditoria

JORGE EDUARDO TARAZONA VILLAMIZAR

Profesional Universitario

JAIME HUBERTO PINZON

Profesional Universitario

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA SUSTANCIAS GENERADORAS DE OLORES OFENSIVOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL EL CARRASCO	15
EQUIPOS UTILIZADOS	19
Amoniaco (NH ₃).....	48
ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS.....	56
SULFURO DE HIDROGENO – H ₂ S.....	57
AMONIACO– NH ₃	58
MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL EL CARRASCO.....	59
NORMATIVIDAD APLICABLE Y CONTAMINANTES SIMULADOS	60
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y SUS FUENTES DE EMISIÓN	61
Fuentes de emisión y su idealización en el modelo de dispersión	63
DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	64
RESULTADOS	65
Fuente: Emab, 2022.....	76
Fuente: Emab, 2022	81
CONCLUSIONES	88

TABLA DE FIGURAS

Figura 1.	Analizador H2S – FPI y Sabio	25
Figura 2.	Analizador NH3 – FPI.....	26
Figura 3.	Georreferenciación de los Puntos De Monitoreo.....	26
Figura 4.	Formato de implantación SVCAI – Vientos Arriba Contenedores	27
Figura 5.	Formato de implantación SVCAI – Parque Contemplativo.....	28
Figura 6.	Formato de implantación SVCAI – Estación 3 - ajo Finca El Fical	30
Figura 7.	Registros de velocidad del viento m/s	32
Figura 8.	Rosa de vientos.....	33
Figura 9.	Registros diarios de Temperatura	34
Figura 10.	Registros diarios de Humedad Relativa	34
Figura 11.	Registros de Precipitación acumulada	35
Figura 12.	Cálculo Incertidumbre Analizador H2S.....	36
Figura 13.	Cálculo Incertidumbre Analizador H2S.....	36
Figura 14.	Cálculo Incertidumbre Analizador NH3	37
Figura 15.	Cálculo Incertidumbre Analizador H2S.....	37
Figura 16.	Cálculo Incertidumbre Analizador NH3	38
Figura 17.	Concentraciones diarias de Sulfuro de Hidrógeno H2S	39
Figura 18.	Datos Válidos tiempo de exposición 1 hora.....	40
Figura 19.	Concentraciones horarias (H2S) - Estación 1	41
Figura 20.	Concentraciones horarias (H2S) - Estación 2	41
Figura 21.	Concentraciones horarias (H2S) - Estación 3	42
Figura 22.	Variación en el tiempo H2S- Estación 1	42
Figura 23.	Rosa de Contaminante H2S -	43
Figura 24.	Variación en el tiempo H2S- Estación 2 - Parque Contemplativo.....	44
Figura 25.	Rosa de Contaminante H2S – Estación 2 - Parque Contemplativo...	45
Figura 26.	Variación en el tiempo H2S- Estación 3 - Finca El Fical	46
Figura 27.	Rosa de Contaminante H2S – Estación 3 -Finca El Fical.....	47
Figura 28.	Concentraciones diarias Amoniaco NH3.....	49
Figura 29.	Concentraciones horarias de (NH3) – Estación 1.....	50
Figura 30.	Concentraciones horarias de (NH3) – Estación 2	50
Figura 31.	Concentraciones horarias de (NH3) – Estación 3	51
Figura 32.	Variación en el tiempo NH3- Estación 1	51
Figura 33.	Rosa de Contaminante NH3 -Estación 1.....	52

Figura 34.	Variación en el tiempo NH ₃ - Estación 2 - Parque Contemplativo.....	53
Figura 35.	Rosa de Contaminante NH ₃ –Estación 2 - Parque Contemplativo ...	54
Figura 36.	Variación en el tiempo NH ₃ - Estación 3 -	55
Figura 37.	Rosa de Contaminante NH ₃ –Estación 3 -	56
Figura 38.	Comparación horaria H ₂ S.....	57
Figura 39.	Comparación diaria H ₂ S	57
Figura 40.	Comparación horaria NH ₃	58
Figura 41.	Comparación diaria NH ₃	58
Figura 42.	Localización sitio de disposición final El Carrasco.	61
Figura 43.	Estado de las subzonas.....	61
Figura 44.	Ubicación de los receptores de interés	66
Figura 45.	Mapa de isopletas de PM ₁₀ para el periodo anual	67
Figura 46.	Mapa de isopletas de PM ₁₀ para el periodo 24 horas	68
Figura 47.	Mapa de isopletas de PM _{2.5} para el periodo anual	69
Figura 48.	Mapa de isopletas de PM _{2.5} para el periodo 24 horas	70
Figura 49.	Mapa de isopletas de NO ₂ para el periodo anual.....	71
Figura 50.	Mapa de isopletas de NO ₂ para el periodo 1 hora.	72
Figura 51.	Mapa de isopletas de SO ₂ para el periodo 24 horas.....	74
Figura 52.	Mapa de isopletas de SO ₂ para el periodo 1 hora.....	75
Figura 53.	Mapa de isopletas de CO para el periodo 8 horas.	76
Figura 54.	Mapa de isopletas de CO para el periodo 1 hora.	77
Figura 55.	Mapa de isopletas de H ₂ S para el periodo 24 horas.....	78
Figura 56.	Mapa de isopletas de H ₂ S para el periodo 1 hora.....	79
Figura 57.	Mapa de isopletas de NH ₃ para el periodo 24 horas.	80
Figura 58.	Mapa de isopletas de NH ₃ para el periodo 1 hora.	81
Figura 59.	Aportes de PM ₁₀ por parte del sitio de disposición final	83
Figura 60.	Aportes de PM _{2.5} por parte del sitio de disposición final.	84
Figura 61.	Aportes de NO ₂ por parte del sitio de disposición final.....	85
Figura 62.	Aportes de SO ₂ por parte del sitio de disposición final	86
Figura 63.	Aportes de CO por parte del sitio de disposición final.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Identificación estaciones de monitoreo	15
Tabla 2.	Datos Válidos -Tiempo de Exposición 24 horas	15
Tabla 3.	Cumplimiento limite normativo -Tiempo de exposición 1 hora	16
Tabla 4.	Niveles permisibles de calidad del aire o de (25° c y 760 mmHg) ...	17
Tabla 5.	Banderas que indican validez del dato	18
Tabla 6.	Banderas que invalidan los datos	18
Tabla 7.	Métodos De Referencia Y Técnicas Analíticas.....	19
Tabla 8.	Equipos Utilizados Y Certificados De Calibración	19
Tabla 9.	Estándar de Calibración	20
Tabla 10.	Equipo de H2S Utilizado en la Estación 1. Contenedores	21
Tabla 11.	Equipo de NH3 Utilizado en la Estación 1- Contenedores.....	21
Tabla 12.	Equipo de H2S Utilizado en la Estación 2. Parque Contemplativo ...	22
Tabla 13.	Equipo de NH3 Utilizado en la Estación 2. Parque Contemplativo ..	22
Tabla 14.	Equipo de H2S Utilizado en la Estación 3 - Finca El Fical.....	23
Tabla 15.	Equipo de NH3 Utilizado en la Estación 3 - Finca El Fical	23
Tabla 16.	Variables meteorológicas del monitoreo.....	31
Tabla 17.	Concentraciones Diarias Reportadas de H2S	38
Tabla 18.	Datos Válidos tiempo de exposición 24 horas.....	40
Tabla 19.	Concentraciones diarias Reportadas de NH3.....	48
Tabla 20.	Datos Válidos tiempo de exposición diario.....	49
Tabla 21.	Datos Válidos tiempo de exposición horario	49
Tabla 22.	Niveles máximos permisibles en aire ambiente ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	60
Tabla 23.	Idealización de actividades en el modelo de dispersión.....	63
Tabla 24.	Coordenadas de receptores de interés	66
Tabla 25.	Grupos de fuentes	66
Tabla 26.	Aportes de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para exposición anual	68
Tabla 27.	Aportes de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para exposición anual	70
Tabla 28.	Aportes de NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para exposición anual	72
Tabla 29.	Aporte de SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para tiempo de exposición	74
Tabla 30.	Aportes de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para tiempo de exposición	76
Tabla 31.	Aportes de H ₂ S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para exposición crónica	79
Tabla 32.	Aportes de NH ₃ para exposición crónica en receptores de interés...	80
Tabla 33.	Límites para evaluar contaminantes criterio	82

LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

SIGLA, ABREV. SIGNIFICADO

amb Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (amb.com.co)

AMB Área Metropolitana de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta (amb.gov.co)

ANLA Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

APS Área de prestación del servicio

CC Corte de césped

CCSa Costo de comercialización por suscriptor, de aprovechamiento

CCU Contrato de Condiciones Uniformes

CDMB Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga

CP Centro poblado

CRA Comisión de regulación de agua y saneamiento

DF Disposición final

ECA Estación de clasificación y aprovechamiento

EMAB Empresa Metropolitana de Aseo de Bucaramanga

ESP Empresa de servicios públicos

Fruver Establecimiento que abastece frutas y verduras

FSRI Fondo de solidaridad y redistribución de ingresos

IAT Incentivo al aprovechamiento y tratamiento

LAV Lavado

LU Limpieza urbana

MAVDT Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial

MPA Material potencialmente aprovechable

MPR Material potencialmente reciclable

MVCT Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio

OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

PA poda de árboles

PDA Plan departamental de agua

PDM Plan de Desarrollo Municipal

PGIRS Plan de gestión integral de residuos sólidos

POT Plan de ordenamiento Territorial

PPSA Programa de prestación del servicio de aseo

RAEE Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

RAS Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento Básico

RCD Residuos de construcción y demolición

REP Responsabilidad extendida al productor

Respel Residuo peligroso

RS Relleno Sanitario

RSE Residuos sólidos especiales

RSO Residuos sólidos orgánicos

RSU Residuos sólidos urbanos (ordinarios)

RUPS Registro Único de prestadores de servicios

SAL (usuario o suscriptor) Sin ánimo de lucro

SGP Sistema general de participaciones

SMMLV Salario mínimo legal mensual vigente

spp Servicio puerta a puerta

SSPD Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

SST Seguridad y salud en el trabajo

SUI Sistema único de información de servicios públicos

UER Unidades Económicas de Reciclaje

UIS Universidad Industrial de Santander

VBA Valor base del aprovechamiento

GLOSARIO

Concentración de una sustancia en el aire: Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

Condiciones de referencia: Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad de aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25 °C y 760 mm Hg (1 atmosfera de presión).

Contaminación atmosférica: Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire.

Contaminantes: Fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas.

Controles o banderas: Son marcas que constan de una letra, cada una de las cuales le aporta una característica específica al dato que acompaña, ya sea de validez o de invalidez de este.

Emisión: Es la descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

Emisión fugitiva: Es la emisión ocasional de material contaminante.

Excedencia: Representación numérica para cada episodio que por contaminante supera el límite normativo correspondiente.

Fuente de emisión: Es toda actividad, proceso u operación, realizado por los seres humanos, o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

Fuente fija: Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa.

Fuentes Naturales: Emisiones provenientes de fuentes naturales como la re-suspensión del polvo, las biogénicas y los volcanes en actividad.

Inmisión: Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un "receptor". Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera.

Límite de inmisión: Para efectos de la aplicación de la presente resolución, corresponde al valor de inmisión que se deberá alcanzar en las zonas residenciales del área de afectación como consecuencia de la emisión generada por la actividad generadora de olores ofensivos.

Método de referencia: Es el procedimiento de medición y análisis probado exhaustivamente, señalado en la presente resolución, que debe utilizarse para

determinar la concentración de una sustancia contaminante y debe realizarse bajo estrictos parámetros técnicos.

Monitoreo: En el sentido más amplio de la palabra, medición repetida para seguir la evolución de un parámetro durante un periodo de tiempo.

Norma diaria: Establece la concentración máxima diaria permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras horarias, que podrá excederse sola una vez en un año.

Norma horaria: Establece la concentración máxima permisible de un contaminante, de las mediciones realizadas en un periodo de tiempo establecido (media hora, una hora, tres horas, 6 horas y 8 horas).

Olor: Propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando inspira determinadas sustancias volátiles.

Olor ofensivo: Es el olor generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana.

Sustancia de olor ofensivo: Es aquella que, por sus propiedades organolépticas, composición y tiempo de exposición puede causar olores desagradables.

Unidad de olor: Es la cantidad de (una mezcla de) sustancias olorosas presentes en un metro cúbico de gas oloroso (en condiciones normales 1 atmósfera de presión y 0 °C de temperatura) en el umbral del panel.

Unidad de olor: Es la cantidad de (una mezcla de) sustancias olorosas presentes en un metro cubico de gas oloroso (en condiciones normales 1 atmosfera de presión y 0 °C de temperatura) en el umbral del panel.

Unidad de olor europea: Cantidad de sustancia(s) olorosa(s) que, cuando se evapora en un metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales, origina una respuesta fisiológica de un panel (umbral de detección) equivalente al que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE) evaporada en un metro cúbico de gas neutro en condiciones normales.

Validación: Proceso que permite determinar si los datos resultantes de la etapa de monitoreo son confiables, representativos y de calidad, acopiando e inspeccionando mediante evidencia objetiva que confirme que los requerimientos específicos del uso final de los datos han sido cumplidos.

PRESENTACIÓN

La Contraloría Municipal de Bucaramanga, con fundamento en las facultades otorgadas por el artículo 267 y 272 de la Constitución Política, modificado por el Acto Legislativo 04 de 2019, en concordancia con el artículo 4 del Decreto 403 de 2020 y de conformidad con lo estipulado en la Resolución 0164 de 2022 presenta al Honorable Concejo Municipal, el Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente del Municipio de Bucaramanga, el cual se ha elaborado a partir de información técnica suministrada por las dependencias y entidades municipales de la ciudad de Bucaramanga a través de los principios de la vigilancia y el control fiscal.

El informe contempla temáticas de impacto para la Municipalidad, a través de dos capítulos que reflejan el estado ambiental desde el manejo de los olores de la de la Empresa de Aseo de Bucaramanga S.A. E.S.P. EMAB y los logros de la gestión por parte de la Administración con los recursos asignados para proteger, conservar, mitigar y corregir los efectos ambientales derivados del manejo de los residuos sólidos del municipio en el sitio de disposición final denominado “EL CARRASCO”.

En cuanto al primer capítulo, se la evaluación de la calidad del aire para sustancias generadoras de olores ofensivos en el área de influencia del sitio de disposición final “EL CARRASCO”.

En el segundo capítulo, se realiza el modelo de dispersión de contaminantes del sitio de disposición final “EL CARRASCO”.

Estos capítulos se desarrollan con el fin de plasmar y desarrollar los objetivos definidos desde la oficina de vigilancia fiscal y ambiental en la asignación de la auditoría INFORME RECURSOS NATURALES DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA.

OBJETIVO GENERAL

Emitir un concepto sobre el cumplimiento de los criterios evaluados, en todos los aspectos significativos, con el fin de evaluar la gestión fiscal adelantada por la EMPRESA DE ASEO DE BUCARAMANGA S.A E.S.P EMAB, referente a los impactos ambientales que generan sobre los habitantes de Bucaramanga las emisiones de olores emanadas del sitio de disposición final de residuos EL CARRASCO, durante la vigencia 2022 y lo corrido de la vigencia 2023.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA SUSTANCIAS GENERADORAS DE OLORES OFENSIVOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL EL CARRASCO

El presente estudio se refiere a la evaluación en calidad de aire de las sustancias generadoras de olores ofensivos que establece la Resolución 1541 de 2013, tales como Sulfuro de Hidrogeno (H₂S) y Amoniaco (NH₃), en el área de influencia del Sitio de disposición final El Carrasco, operado por la Empresa de Aseo de Bucaramanga EMAB, ubicado en el municipio de Bucaramanga, en el departamento de Santander.

La campaña de monitoreo de calidad de aire se realizó entre el 10 de noviembre al 27 de noviembre de 2022, durante 18 días continuos. A continuación, se presenta la identificación de las estaciones monitoreadas:

Tabla 1. Identificación estaciones de monitoreo

Estación de monitoreo	Coordenadas Geográficas		Coordenadas en CTM12		Parámetros Medidos
	Latitud	Longitud	Norte (m)	Este (m)	
Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	7°04'45.6"N	73°08'35.2"W	2340257.736	4984202.224	H ₂ S – NH ₃
Estación 2 - Parque Contemplativo	7°04'40.6"N	73°08'24.0"W	2340104.155	4984545.608	H ₂ S – NH ₃
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	7°04'32.1"N	73°08'27.4"W	2339843.276	4984441.273	H ₂ S – NH ₃

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

En la Tabla 2 fueron comparados los resultados de H₂S Y NH₃ con los niveles máximos permisibles, establecidos en la Resolución 1541 del 12 de noviembre de 2013 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) para un tiempo de exposición de 24 horas, el límite diario de Sulfuro de hidrogeno (H₂S) es 7 µg/m³ y para Amoniaco(NH₃) su límite es 91 µg/m³, cada vez que se supera el límite máximo horario y/o diario permitido en una estación por cada contaminante, se considera que se presenta una excedencia.

Tabla 2. Datos Válidos –Tiempo de Exposición 24 horas

Estación	Datos Válidos	Excedencias	% Excedencias norma diaria
H₂S – Sulfuro de Hidrogeno			
Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	18	0	0 %
Estación 2 - Parque Contemplativo	18	0	0 %
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	18	0	0 %
NH₃ – Amoniaco			
Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	18	0	0 %
Estación 2 - Parque Contemplativo	18	0	0 %
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	18	0	0 %

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

En las TABLA 3 se presenta el cumplimiento normativo según el tiempo de exposición horario para los parámetros de Sulfuro de hidrogeno (H₂S) y Amoniaco (NH₃), arrojando que durante los 18 días de monitoreo se presentó en la Estación 1- Vientos Arriba

Contenedores y la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical un porcentaje de cumplimiento a la norma horaria inferior a 100%, sin embargo para la Estación 2 - Parque Contemplativo la totalidad de los datos no excedieron los límites horarios de Sulfuro de hidrogeno (H₂S) el cual corresponde a 30 µg/m³ y para Amoniaco(NH₃) es 1400 µg/m³, en las tres estaciones los límites no fueron superados.

Tabla 3. Cumplimiento limite normativo -Tiempo de exposición 1 hora

Estación	Datos Válidos	Excedencias	% Cumplimiento norma horaria
H₂S – Sulfuro de Hidrogeno			
Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	432	2	99.54 %
Estación 2 - Parque Contemplativo	432	0	100 %
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	432	4	99.07 %
NH₃ – Amoniaco			
Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	432	0	100 %
Estación 2 - Parque Contemplativo	432	0	100 %
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	432	0	100 %

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

OBJETIVOS

Evaluar la calidad del aire para sustancias generadoras de olores ofensivos en el área de influencia del Sitio de disposición final El Carrasco ubicado en el municipio de Bucaramanga del departamento de Santander.

- Determinar las concentraciones de Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y Amoniaco (NH₃) para las estaciones de monitoreo.
- Comparar las concentraciones obtenidas en el monitoreo de sustancias generadoras de olores ofensivos, con los valores de referencia establecidos en la Resolución 1541 de 2013, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS.

ALCANCE

Desarrollar el monitoreo y caracterización de calidad del aire para sustancias generadoras de olores ofensivos, de acuerdo a los criterios establecidos en el Protocolo para el Monitoreo, Control y Vigilancia de Olores Ofensivos, adoptado mediante la Resolución 2087 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el área de influencia del Sitio de disposición final El Carrasco, ubicado en el Municipio de Bucaramanga departamento de Santander, con el fin de establecer las concentraciones de los contaminantes de interés mediante estaciones indicativas, y comparar estos resultados con los valores establecidos por la normatividad ambiental vigente.

Los contaminantes objeto de evaluación durante el monitoreo ejecutado corresponden a: Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y Amoniac (NH₃).

NORMATIVA DE REFERENCIA

Los olores ofensivos, reconocidos como contaminantes atmosféricos causantes de efectos adversos al medio ambiente y a la salud humana, se definen como el olor generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicios, que produce fastidio al receptor, aun cuando no genere afectación a la salud.

RESOLUCIÓN 1541 DE 2013

La Resolución 1541 del 12 de noviembre de 2013 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) “Por la cual se establecen los niveles permisibles de calidad de aire o inmisión, el procedimiento para la evaluación de actividades que generan olores ofensivos y se dictan otras disposiciones” y la Resolución 2087 de 2014 por la cual se adopta el “Protocolo para el Monitoreo, Control y Vigilancia de Olores Ofensivos”.

“ARTÍCULO 5. Niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión de sustancias de olores ofensivos por actividad”.

Tabla 4. Niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión de sustancias de olores ofensivos a condiciones de referencia (25 °c y 760 mmHg)

Sustancia	Nivel Máximo Permissible	
	(µg/m ³)	Tiempo de exposición
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	7	24 horas
	30	1 hora
Amoniac NH ₃	91	24 horas
	1400	1 hora

Fuente: Resolución 1541 de 2013 – MADS

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

- VALIDACIÓN DE DATOS

El uso de equipos automáticos como sistemas de medición, permite proporcionar mediciones de tipo puntual con alta resolución, siendo así, que las muestras o datos puedan ser analizados en línea usualmente por métodos electro-ópticos (fluorescencia o quimioluminiscencia) y puedan ser transmitidos en tiempo real.

AIRLAB Consulting S.A.S en su procedimiento interno GE-P41- Procedimiento de validación de datos de CAA, define la metodología utilizada en el proceso de validación de datos que se resume a continuación:

- Primera etapa de la validación: Se realiza durante el monitoreo en campo, por parte del personal idóneo y capacitado en el funcionamiento y operación de equipos de monitoreo de calidad de aire, que consiste en la calibración,

verificación y configuraciones de los equipos de análisis, monitores y sensores meteorológicos para garantizar la veracidad de la información que después será recolectada.

- Segunda etapa de validación: Los equipos son configurados con un programa implementado para la facilitar los metadatos necesarios y reducir el porcentaje de error humano.
- Tercera etapa de validación: Las estaciones automáticas cuentan con un tipo de telemetría que permite la transferencia de datos; en caso tal, que la telemetría presente fallas durante su transferencia, el mismo sistema o unidad móvil de monitoreo almacena los datos en datalogger y permite la descarga de los registros por medio USB y los trae con su respectiva descripción de validez inicial.
- Cuarta etapa de validación: La información recolectada en campo es revisada por personal competente que posee conocimiento de las variables que se miden, de la química de los contaminantes, del comportamiento local de los mismos, de los equipos del SVCAI, de los resultados de las calibraciones, entre otras, como lo indica el Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

BANDERAS DE VALIDACIÓN

Cada dato deberá ser marcado utilizando una bandera que indique su validez o invalidez como se muestra en las Tablas 7 y 8, respectivamente. Estas banderas son asignadas en cualquiera de las etapas de validación anteriormente mencionadas, bien sea de forma automática o manual.

Tabla 5. Banderas que indican validez del dato

Bandera	Validez	Descripción de la bandera
V	S	Dato válido
O	S	Dato corregido
R	S	Dato reconstruido
<	S	Falta de datos
^	S	Valor alto del equipo
_	S	Valor bajo del equipo
/	S	Cambio brusco de la concentración

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Tabla 6. Banderas que invalidan los datos

Bandera	Validez	Descripción de la bandera
C	N	Dato perturbado por calibración
S	N	Dato perturbado por calibración de span
Z	N	Dato perturbado por calibración de zero

M	N	Dato erróneo por razón desconocida
D	N	Dato erróneo por fallo técnico
T	N	Dato que no ha sufrido el proceso de validación adecuado
#	N	Datos insuficientes
B	N	Mal estado externo
E	N	Fallo eléctrico
F	N	Fallo en la corriente eléctrica
!	N	Señal fuera de rango
H	N	Valor de prueba
P	N	Proceso de purga del equipo

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

MÉTODOS DE REFERENCIA

Para realizar la evaluación de la calidad del aire se tienen como referencia las directrices establecidas en la Resolución 1541 del 12 de noviembre de 2013, además de lo establecido en el “Protocolo para el Monitoreo, Control y Vigilancia de Olores Ofensivos” que establece los lineamientos y criterios para su evaluación, monitoreo, control y vigilancia. Los métodos o técnicas utilizadas se describen en la Tabla 7.

Tabla 7. Métodos De Referencia Y Técnicas Analíticas

Contaminante	Método	Técnica analítica
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	RFSA-1219-255, Modificado RFSA-0616-237 Modificado	Fluorescencia Ultravioleta / modificado oxidación Termocatalítica a 300 °C
Amoniaco NH ₃	RFNA- 0819-254 Modificado	Modificado oxidación Termocatalítica a 600° C

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

EQUIPOS UTILIZADOS

Tabla 8. Equipos Utilizados Y Certificados De Calibración

Estación	Equipo	Serial	Marca	Modelo	Código Interno
Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	ANALIZADOR DE NH ₃	141P2180034	FPI	AQMS-650	EE-AA-NH3-005
	ANALIZADOR DE H ₂ S	140P218001B	FPI	AQMS-550	CO-AA-H2S-002

Estación 2- Predio Carrasco	ANALIZADOR DE NH3	141P218003A	FPI	AQMS-650	EE-AA-NH3-004
	ANALIZADOR DE H2S	23300821	SABIO	6023	AA-H2S-004
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	ANALIZADOR DE NH3	141P215000F	FPI	AQMS-650	AA-NH3-002
	ANALIZADOR DE H2S	140P218001C	FPI	AQMS-550	CO-AA-H2S-001

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Tabla 9. Estándar de Calibración

Patrón	Serial	Marca	Concentración	Vigencia
GAS H2S	SN2162	GCG	14,9 PPM	2024-11-04
GAS NO	SN2163	GCG	20,3 PPM	2021-12-02
GAS NO	SN2163	GCG	20,3 PPM	2024-12-02
GAS NH3	UMO122	GCG	4,1 PPM	2024-09-02

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

REGLA DE DECISIÓN EN LA DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

La regla de decisión es una regla que describe cómo se tiene en cuenta la incertidumbre de medición al momento de declarar la conformidad con un requisito especificado, el laboratorio AIRLAB CONSULTING S.A.S implementa la declaración binaria de aceptación simple, relacionada directamente con la Guía para establecer reglas de decisión en la declaración de conformidad ILAC-G8:09/2019. La regla de decisión Binaria con aceptación simple cuenta con dos conceptos de decisión asociados a la comparación de los resultados calculados con la normatividad vigente:

CUMPLE: Todo valor de concentración para los parámetros que se encuentran acreditados se encuentre por debajo o igual al límite máximo permisible de acuerdo con la normativa vigente.

NO CUMPLE: Todo valor de concentración para los parámetros que se encuentran acreditados que supere el valor establecido en la normatividad.

Teniendo en cuenta lo anterior el nivel de riesgo de la regla de decisión se establece como “riesgo compartido” en donde el laboratorio y el cliente comparten la responsabilidad de las consecuencias de estas declaraciones, sin embargo, la aplicación de esta metodología promueve la reducción de error en la toma de decisiones respecto al proyecto, garantizando al cliente fiabilidad y seguridad en las declaraciones de cumplimiento.

La anterior regla de decisión se define considerando el análisis realizado por el laboratorio para diferentes parámetros en diferentes proyectos con respecto a la

relación que tienen los datos con respecto a la incertidumbre y su distribución, datos consignados en el GC-P1- F3 Modelo de informe regla de decisión y declaración de la conformidad, lo anterior basándose en El índice de capacidad de medición (JCGM 106:2012) el cual es un parámetro que caracteriza la calidad de la medición, respecto a un requisito especificado por una tolerancia. Se define como:

$$C_m = T/2U$$

Donde T es la tolerancia del requisito especificado y U es la incertidumbre expandida.

La tolerancia es la diferencia entre los límites de tolerancia superior e inferior. Para el caso es los límites de inmisión permisibles en la normatividad vigente, según la bibliografía la relación T/2U o EMP/U debe estar alrededor de 10 y no menor a 3.

Por lo tanto, al presentarse que la relación entre la tolerancia de la especificación y la incertidumbre de la medición es aproximadamente igual a 10 o mayor, la decisión basada en la aceptación simple no implica mayores riesgos tanto para el laboratorio como para el cliente; a continuación, se presentan los resultados para el monitoreo:

Equipos Utilizados en la Estación 1- Vientos Arriba Contenedores, la Estación 2. Parque Contemplativo y la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical respectivamente.

Tabla 10. Equipo de H2S Utilizado en la Estación 1. Vientos Arriba Contenedores

Equipo:	Analizador H2S	Serial :	CO-AA-H2S-002
Maxima Concentración (ug/m3) diario	5.48	Incertidumbre (U)	0.064
Uexpandida (%) k=2	1.17	TUR	109.18
Limite Normativo (ug/m3)	7		

Equipo:	Analizador H2S	Serial :	CO-AA-H2S-002
Maxima Concentración (ug/m3) Horario	34.55	Incertidumbre (U)	0.404
Uexpandida (%) k=2	1.17	TUR	74.21
Limite Normativo (ug/m3)	30		

Fuente: Informe Emab vigencia 2022

Tabla 11. Equipo de NH3 Utilizado en la Estación 1- Vientos Arriba Contenedores

Equipo:	Analizador NH3	Serial :	EE-AA-NH3-005
Maxima Concentración (ug/m3) diario	12.05	Incertidumbre (U)	0.129
Uexpandida (%) k=2	1.07	TUR	705.78
Limite Normativo (ug/m3)	91		

Equipo:	Analizador NH3	Serial :	EE-AA-NH3-005
Maxima Concentración (ug/m3) horario	13.79	Incertidumbre (U)	0.148
Uexpandida (%) k=2	1.07	TUR	9488.12
Limite Normativo (ug/m3)	1400		

Fuente: Informe Emab vigencia 2022

Tabla 12. Equipo de H2S Utilizado en la Estación 2. Parque Contemplativo

Equipo:	Analizador H2S	Serial :	AA-H2S-004
Maxima Concentración (ug/m3) diario	5.81	Incertidumbre (U)	0.064
Uexpandida (%) k=2	1.11	TUR	108.54
Limite Normativo (ug/m3)	7		

Equipo:	Analizador H2S	Serial :	AA-H2S-004
Maxima Concentración (ug/m3) horario	17.97	Incertidumbre (U)	0.199
Uexpandida (%) k=2	1.11	TUR	150.40
Limite Normativo (ug/m3)	30		

Fuente: Informe Emab vigencia 2022

Tabla 13. Equipo de NH3 Utilizado en la Estación 2. Parque Contemplativo

Equipo:	Analizador NH3	Serial :	EE-AA-NH3-004
Maxima Concentración (ug/m3) diario	4.61	Incertidumbre (U)	0.049
Uexpandida (%) k=2	1.06	TUR	1862.24
Limite Normativo (ug/m3)	91		

Equipo:	Analizador NH3	Serial :	EE-AA-NH3-004
Maxima Concentración (ug/m3) horario	10.99	Incertidumbre (U)	0.116
Uexpandida (%) k=2	1.06	TUR	12017.79
Limite Normativo (ug/m3)	1400		

Fuente: Informe Emab vigencia 2022

Tabla 14. Equipo de H2S Utilizado en la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical

Equipo:	Analizador H2S	Serial :	CO-AA-H2S-001
Maxima Concentración (ug/m3) diario	4.69	Incertidumbre (U)	0.055
Uexpandida (%) k=2	1.17	TUR	127.57
Limite Normativo (ug/m3)	7		

Equipo:	Analizador H2S	Serial :	CO-AA-H2S-001
Maxima Concentración (ug/m3) horario	39.42	Incertidumbre (U)	0.461
Uexpandida (%) k=2	1.17	TUR	65.05
Limite Normativo (ug/m3)	30		

Fuente: Informe Emab vigencia 2022

Tabla 15. Equipo de NH3 Utilizado en la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical

Equipo:	Analizador NH3	Serial :	AA-NH3-002
Maxima Concentración (ug/m3) diario	26.04	Incertidumbre (U)	0.279
Uexpandida (%) k=2	1.07	TUR	326.60
Limite Normativo (ug/m3)	91		

Equipo:	Analizador NH3	Serial :	AA-NH3-002
Maxima Concentración (ug/m3) horario	80.85	Incertidumbre (U)	0.865
Uexpandida (%) k=2	1.07	TUR	1618.32
Limite Normativo (ug/m3)	1400		

Fuente: Informe Emab vigencia 2022

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPUESTOS DE LOS COMPUESTOS DE ESTUDIO

Sulfuro de Hidrógeno (H2S)

El ácido sulfhídrico (H2S) es un gas incoloro inflamable, de sabor algo dulce y olor a huevos podridos que puede ser venenoso en altas concentraciones. Generalmente se puede detectar el olor a bajas concentraciones en el aire, entre 0.0005 y 0.3 partes por millón (ppm) (0.0005 a 0.3 partes de ácido sulfhídrico en 1 millón de partes de aire). Sin embargo, en altas concentraciones, una persona puede perder la capacidad para olerlo.

Ocurre en forma natural y como producto de actividades humanas. Se encuentra entre los gases de volcanes, manantiales de azufre, emanaciones de grietas submarinas, pantanos y cuerpos de aguas estancadas y en el petróleo crudo y gas natural. El ácido sulfhídrico también está asociado con alcantarillas municipales, plantas para el tratamiento de desagües, operaciones de manejo de cerdos y abonos y operaciones relacionadas con pulpa de madera y papel. Las fuentes industriales de ácido sulfhídrico incluyen a las refinerías de petróleo, plantas de gas natural, plantas petroquímicas, plantas de hornos de coque, plantas que procesan alimentos y curtidurías. En la boca y en el tracto gastrointestinal hay bacterias que producen ácido sulfhídrico al degradar materiales que contienen proteínas de origen animal o vegetal.

El ácido sulfhídrico es liberado principalmente en forma de gas y se dispersa al aire, sin embargo, en algunas ocasiones, puede ser liberado en el residuo líquido de una industria o como resultado de un evento natural. En estado gaseoso, permanece en la atmósfera durante un promedio de 18 horas. En este período, el ácido sulfhídrico puede transformarse a anhídrido sulfuroso y a ácido sulfúrico.

La exposición a niveles bajos de ácido sulfhídrico puede producir irritación de los ojos, la nariz o la garganta y provocar dificultades respiratorias en personas asmáticas. Exposiciones breves a concentraciones altas de ácido sulfhídrico (mayores de 500 ppm) pueden causar pérdida del conocimiento y posiblemente la muerte.

En la mayoría de los casos, las personas que pierden el conocimiento parecen recuperarse sin sufrir otros efectos, sin embargo, algunas personas parecen sufrir efectos permanentes o a largo plazo tales como dolor de cabeza, incapacidad para concentrarse y alteraciones de la memoria y la función motora.

Amoniaco (NH₃)

El amoníaco es un gas incoloro de olor muy penetrante. Esta forma del amoníaco se conoce también como amoníaco gaseoso o amoníaco anhidro (“sin agua”). La mayoría de la gente está familiarizada con el olor del amoníaco debido a su uso en sales aromáticas, detergentes de uso doméstico y productos para limpiar vidrios. El amoníaco se disuelve fácilmente en agua.

Es una sustancia química producida tanto por los seres humanos como la naturaleza. La cantidad de amoníaco producida cada año por seres humanos es casi la misma producida anualmente por la naturaleza, sin embargo, cuando se encuentra amoníaco en niveles que pueden causar preocupación, éstos probablemente se deben a su producción directa o indirecta por seres humanos.

El amoniaco no permanece mucho tiempo en el aire ambiente, ya que es incorporada rápidamente por plantas, bacterias y animales.

No se han descrito efectos adversos en seres humanos expuestos a las concentraciones de amoníaco que se encuentran típicamente en el ambiente. La exposición a niveles altos de amoníaco en el aire puede ser irritante para la piel, los ojos, la garganta y los pulmones y puede producir tos y quemaduras. La exposición a niveles muy altos de

amoníaco puede producir daño del pulmón y la muerte. Algunas personas asmáticas pueden ser más sensibles a los efectos de respirar amoníaco que otras personas.

La ingesta de soluciones concentradas de amoníaco puede producir quemaduras en la boca, la garganta y el estómago. Derramar amoníaco en los ojos puede producir quemaduras y ceguera.

MONITOREO DE SULFURO DE HIDRÓGENO (H₂S)

La medición de dióxido de azufre se basa en los principios de la espectroscopia de fluorescencia clásica. El dióxido de azufre (SO₂) exhibe una absorción ultravioleta fuerte (UV) espectro entre 200 y 240 nm, cuando el SO₂ absorbe UV, hay una emisión de fotones (300-400). La cantidad de fluorescencia emitida es directamente proporcional a la concentración de SO₂.

La muestra de aire se pasa por un “kicker” de hidrocarburos; un dispositivo que elimina hidrocarburos a partir de la muestra de aire:

Figura 1. Analizador H₂S – FPI y Sabio



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

MONITOREO DE AMONIACO (NH₃)

La medición de NO/ NO₂/ NO_x/ NH₃ por medio del método de Quimioluminiscencia en fase gaseosa se realiza de la siguiente forma:

- La muestra de aire muestra ingresa en la celda de reacción a través de tres tubos separados (alternando), canalizando el NO, NO_x y NX. El canal NO_x viaja a través de una bobina de retardo, permitiendo muestrear la misma muestra de aire para NO, NO₂ y NO_x.
- La muestra que ingresa por canal de NO_x pasa a través de un convertidor, donde el NO₂ se convierte en NO.
- El analizador también aspira aire a través de un convertidor externo (canal NX) que convierte NH₃ en NO (y algunos NO en NO₂). Para pasar posteriormente a través del convertidor de molibdeno.

- La muestra de aire (canales NO, NOX y NX) ingresa a la celda de medición donde el NO reacciona con el ozono de acuerdo con la siguiente reacción:



Esta reacción libera energía en forma de radiación de quimioluminiscencia (1100 nm), que se filtra mediante el filtro de paso de banda óptico y es detectado por un tubo fotomultiplicador (PMT).

Figura 2. Analizador NH3 - FPI



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

CALCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES

Los niveles permisibles o de inmisión para sustancias generadoras de olores ofensivos se establecen a condiciones de referencia (25°C y 760 mmHg), por lo tanto, es necesario expresar las concentraciones obtenidas en tales condiciones, para lo anterior se parte de la ecuación de gas ideal y se establecen las correspondientes relaciones.

$$PV = nRT$$

Donde:

P: Presión V: Volumen

n: Número de moles

R: Constante de los gases ideales

T: Temperatura (K)

LOCALIZACIÓN

Según la zona de estudio, se define como un área de como cañones urbanos y corredores de tráfico donde el público puede estar expuesto a altas concentraciones de contaminantes provenientes de emisiones de fuentes puntuales o fuentes móviles.

El monitoreo de sustancias generadoras de olores ofensivos se ejecutó en tres estaciones de monitoreo denominadas: Estación 1- Vientos Arriba Contenedores, Estación 2- Parque Contemplativo y Estación 3- Vientos Abajo Finca El Fical ubicada en el municipio de Bucaramanga, departamento de Santander, como se presenta en la figura 3.

Figura 3. Georreferenciación de los Puntos De Monitoreo



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S., Google Earth Pro – 2022

Figura 4. Formato de implantación SVCAI – Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores

GESTION DE EQUIPOS						AIRLAB consulting															
Formato de Implantación																					
CODIGO: GE-P43-F1			VERSION: 2			FECHA: 2022-06-10															
Cliente:	EMAB					Proyecto :	POO-034														
Nombre Estación :	ESTACION 1. VIENTOS ARRIBA CONTENEDORES					Fecha Inicio Monitoreo	10/11/2022														
Coordenadas Geográficas :	7°04'45.6"N		73°08'35.2"W			Fecha Final Monitoreo	27/11/2022														
Departamento	SANTANDER		Municipio/Ciudad	BUCARAMANGA		Vereda / Barrio	CARRASCO														
Profesional o Tecnico responsable:	JOSHUA RUBIANO			Parámetros / Meteorología :	NH3	X	H2S	X													
Shelter / Maleta	SHELTER				DV	X	VV	X	PRB	X	TEM	X	HR	X	PRE	X	RS	X			
Cuadrante Cartesiano	Fotos Panorámicas																				
TIPO DE ESTACIÓN																					
Niveles I al III						Nivel IV															
TIPO DE ÁREA	Urbana					TRAFICO	Distancia al borde (mts)					INDUSTRIAL	Tipo								
	Suburbana	X					Ancho de la vía (mts)						Distancia de la Fuente (Km)								
	Rural						Tráfico Diario Sentido 1						Dirección (grados)								
TIEMPO	Fija					Tráfico Diario Sentido 2					PUNTO CRITICO	Fuente evaluada									
	Indicativa	X				Velocidad Prom (km/h)						Calle Encajonada									
EMISIÓN DOMINANTE	Tráfico					% Vehiculos Pesados					RURALES DE FONDO	Calle libre									
	Punto Crítico					Vía: Destapada / Pavimentada						Cercana Ciudades Regionales	X								
	Industrial					Tiempo de muestreo en días	18														

De fondo		x	INDICATIVAS	tiempo: Seco / Húmedo	H	
EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN						
Cantidad	Uds.	Equipo	Serial	Marca	Modelo	Código Interno
1	Ud.	Analizador Automático de NH3	141P2180034	FPI	AQMS-650	EE-AA-NH3-005
1	Ud.	Analizador Automático de H2S	140P218001B	FPI	AQMS-550	CO-AA-H2S-002
1	Ud.	Horno termo Catalizador	140P2180022	FPI	HTC100	CO-AA-HTC-002
1	Ud.	Horno termo Catalizador	141P2180014	FPI	HTC100	EE-AA-HTC-002
1	Ud.	Estación Meteorológica	MO5535A1975	AMBIENT WEATER	WS-2000	AA-MET-002
1	Ud.	Calibrador Multigas	07301211	SABIO	2010	AA-CAL-001
1	Ud.	Generador de Aire Zero	09400519	SABIO	2020	AA-GAZ-001
ESTANDAR DE CALIBRACIÓN						
Patrón	Trazabilidad	Descripción	Serial	Marca	Concentración	Vigencia
GAS H2S	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Hidroxido de Azufre	SN2162	GCG	14.9 PPM	2024-11-04
GAS SO2	NIST	Gas de Verificación Estándar Primario Dioxido de Azufre	SN2163	GCG	19.9 PPM	2024-12-02
GAS NO	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Oxidos de Nitrogeno	SN2163	GCG	20.3 PPM	2024-12-02
GAS NH3	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Amoniaco	UMO122	GCG	4.1 PPM	2024-09-02
REGISTRO FOTOGRÁFICO						
						
Fotografía 1			Fotografía 2			

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Figura 5. Formato de implantación SVCAI - Estación 2 - Parque Contemplativo

GESTION DE EQUIPOS							AIRLAB consulting										
Formato de Implantación																	
CODIGO: GE-P43-F1			VERSION: 2		FECHA: 2022-06-10												
Cliente:	EMAB			Proyecto:		POO-034											
Nombre Estación:	ESTACIÓN 2. PARQUE CONTEMPLATIVO			Fecha Inicio Monitoreo		10/11/2022											
Coordenadas Geográficas:	7°04'40.6"N		73°08'24.0"W		Fecha Final Monitoreo		27/11/2022										
Departamento	SANTANDER		Municipio/Ciudad	BUCARAMANGA		Vereda/Barrio	CARRASCO										
Profesional o Técnico responsable:	JOSHUA RUBIANO			Parámetros / Meteorología:	NH3	x	H2S	x									
Shelter / Maleta	SHELTER				DV	x	VV	x	PRB	x	TEM	x	HR	x	PRE	x	RS
Cuadrante Cartesiano	Fotos Panorámicas																
																	



TIPO DE ESTACIÓN															
Niveles I al III	Nivel IV														
TIPO DE ÁREA	<table border="1"> <tr><td>Urbana</td><td>X</td></tr> <tr><td>Suburbana</td><td></td></tr> <tr><td>Rural</td><td></td></tr> </table>	Urbana	X	Suburbana		Rural									
Urbana	X														
Suburbana															
Rural															
TIEMPO	<table border="1"> <tr><td>Fija</td><td></td></tr> <tr><td>Indicativa</td><td>X</td></tr> </table>	Fija		Indicativa	X										
Fija															
Indicativa	X														
EMISIÓN DOMINANTE	<table border="1"> <tr><td>Tráfico</td><td></td></tr> <tr><td>Punto Crítico</td><td></td></tr> <tr><td>Industrial</td><td></td></tr> <tr><td>De fondo</td><td>X</td></tr> </table>	Tráfico		Punto Crítico		Industrial		De fondo	X						
Tráfico															
Punto Crítico															
Industrial															
De fondo	X														
TRAFICO	<table border="1"> <tr><td>Distancia al borde (mts)</td><td></td></tr> <tr><td>Ancho de la vía (mts)</td><td></td></tr> <tr><td>Tráfico Diario Sentido 1</td><td></td></tr> <tr><td>Tráfico Diario Sentido 2</td><td></td></tr> <tr><td>Velocidad Prom (km/h)</td><td></td></tr> <tr><td>% Vehículos Pesados</td><td></td></tr> <tr><td>Vía: Destapada / Pavimentada</td><td></td></tr> </table>	Distancia al borde (mts)		Ancho de la vía (mts)		Tráfico Diario Sentido 1		Tráfico Diario Sentido 2		Velocidad Prom (km/h)		% Vehículos Pesados		Vía: Destapada / Pavimentada	
Distancia al borde (mts)															
Ancho de la vía (mts)															
Tráfico Diario Sentido 1															
Tráfico Diario Sentido 2															
Velocidad Prom (km/h)															
% Vehículos Pesados															
Vía: Destapada / Pavimentada															
INDICATIVAS	<table border="1"> <tr><td>Tiempo de muestreo en días</td><td>18</td></tr> <tr><td>Tiempo: Seco / Húmedo</td><td>H</td></tr> </table>	Tiempo de muestreo en días	18	Tiempo: Seco / Húmedo	H										
Tiempo de muestreo en días	18														
Tiempo: Seco / Húmedo	H														
INDUSTRIAL	<table border="1"> <tr><td>Tipo</td><td></td></tr> <tr><td>Distancia de la Fuente (Km)</td><td></td></tr> <tr><td>Dirección (grados)</td><td></td></tr> <tr><td>Fuente evaluada</td><td></td></tr> <tr><td>Calle Encajonada</td><td></td></tr> <tr><td>Calle libre</td><td></td></tr> </table>	Tipo		Distancia de la Fuente (Km)		Dirección (grados)		Fuente evaluada		Calle Encajonada		Calle libre			
Tipo															
Distancia de la Fuente (Km)															
Dirección (grados)															
Fuente evaluada															
Calle Encajonada															
Calle libre															
PUNTO CRITICO	<table border="1"> <tr><td>Cercana Ciudades Regionales</td><td>X</td></tr> </table>	Cercana Ciudades Regionales	X												
Cercana Ciudades Regionales	X														
RURALES DE FONDO															

EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN						
Cantidad	Uds.	Equipo	Serial	Marca	Modelo	Código Interno
1	Ud.	Analizador Automatico de NH3	141P218003A	FPI	AQMS-650	EE-AA-NH3-004
1	Ud.	Analizador Automatico de H2S	23300821	SABIO	6023	AA-H2S-004
1	Ud.	Horno termo Catalizador	140P2180023	FPI	HTC-100	CO-AA-HTC-001
1	Ud.	Calibrador Multigas	07301211	SABIO	2010	AA-CAL-001
1	Ud.	Generador de Aire Zero	09400519	SABIO	2020	AA-GAZ-001

ESTANDAR DE CALIBRACIÓN						
Patrón	Trazabilidad	Descripción	Serial	Marca	Concentración	Vigencia
GAS H2S	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Hidroxido de Azufre	SN2162	GCG	14,9 PPM	2024-11-04
GAS SO2	NIST	Gas de Verificación Estándar Primario Dioxido de Azufre	SN2163	GCG	19,9 PPM	2024-12-02
GAS NO	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Oxidos de Nitrogeno	SN2163	GCG	20,3 PPM	2024-12-02
GAS NH3	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Amoniaco	UMO122	GCG	4,1 PPM	2024-09-02

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Figura 6. Formato de implantación SVCAI - Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical

GESTION DE EQUIPOS				Formato de Implantación				AIRLAB consulting										
CODIGO: GE-P43-F1		VERSION: 2		FECHA: 2022-06-10														
Cliente:	EMAB			Proyecto :				POO-034										
Nombre Estación :	ESTACION 3. VIENTOS ABAJO FINCA EL FICAL			Fecha Inicio Monitoreo				10/11/2022										
Coordenadas Geográficas :	7°04'32.1"N		73°08'27.4"W		Fecha Final Monitoreo				27/11/2022									
Departamento	SANTANDER	Municipio/Ciudad	BUCARAMANGA		Vereda / Barrio				CARRASCO									
Profesional o Tecnico responsable:	JOSHUA RUBIANO		Parámetros / Meteorología :		NH3	X	H2S	X										
Shelter / Maleta	SHELTER				DV	X	VV	X	PRB	X	TEM	X	HR	X	PRE	X	RS	X
Cuadrante Cartesiano					Otros:													
				Fotos Panorámicas														
TIPO DE ESTACIÓN																		
Niveles I al III				Nivel IV														
TIPO DE ÁREA	Urbana		X	TRAFICO	Distancia al borde (mts)			INDUSTRIAL	Tipo									
	Suburbana				Ancho de la vía (mts)				Distancia de la Fuente (Km)									
TIEMPO	Rural				Tráfico Diario Sentido 1			PUNTO CRITICO	Dirección (grados)									
	Fija				Tráfico Diario Sentido 2				Fuente evaluada									
EMISIÓN DOMINANTE	Indicativa		X	Velocidad Prom (km/h)			RURALES DE FONDO	Calle Encajonada										
	Tráfico			% Vehículos Pesados				Calle libre										
	Punto Crítico			Vía: Destapada / Pavimentada			Cercana Ciudades Regionales		X									
	Industrial			Tiempo de muestreo en días	18													
	De fondo		X	INDICATIVAS	Tiempo: Seco / Húmedo		H											
EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN																		

Cantidad	Uds.	Equipo	Serial	Marca	Modelo	Código Interno
1	Ud.	Analizador Automatico de NH3	141P215000F	FPI	AQMS-650	AA-NH3-002
1	Ud.	Analizador Automatico de H2S	140P218001C	FPI	AQMS-550	CO-AA-H2S-001
1	Ud.	Horno termo Catalizador	141P215000F	FPI	HTC 100	EE-AA-HTC-003
1	Ud.	Horno termo Catalizador	141P2180010	FPI	HTC 100	EE-AA-HTC-001
1	Ud.	Calibrador Multigas	07301211	SABIO	2010	AA-CAL-001
1	Ud.	Generador de Aire Zero	09400519	SABIO	2020	AA-GAZ-001
ESTANDAR DE CALIBRACIÓN						
Patrón	Trazabilidad	Descripción	Serial	Marca	Concentración	Vigencia
GAS H2S	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Hidroxido de Azufre	SN2162	GCG	14,9 PPM	2024-11-04
GAS SO2	NIST	Gas de Verificación Estándar Primario Dioxido de Azufre	SN2163	GCG	19,9 PPM	2024-12-02
GAS NO	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Oxidos de Nitrogeno	SN2163	GCG	20,3 PPM	2024-12-02
GAS NH3	NIST	Gas de Calibración Estándar Primario Amoniaco	UMO122	GCG	4,1 PPM	2024-09-02
REGISTRO FOTOGRÁFICO						
						
Fotografía 1			Fotografía 2			

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

METEOROLOGÍA DEL SITIO EVALUADO

Todos los contaminantes del aire emitidos por Fuentes puntuales y dispersas son transportados, dispersos, o concentrados por condiciones meteorológicas y topográficas; el ciclo de la estancia aérea se inicia con la emisión de los contaminantes, seguido por su transporte y difusión en la atmosfera, el ciclo se completa cuando los contaminantes se depositan sobre la vegetación, los seres humanos, las superficies del agua y del suelo, cuando son arrastrados de la atmosfera por la lluvia, o cuando se escapan al espacio, en algunos casos, los contaminantes se pueden volver a introducir en la atmosfera por la acción del viento.

Tabla 16. Variables meteorológicas del monitoreo.

Día	Humedad Relativa (%)	Precipitación Acumulada (mm H ₂ O)	Presión Barométrica (mm Hg)	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad Viento (m/s)
2022-11-10	83.9	0.5	689.23	22.4	0.6
2022-11-11	85.2	0.0	688.74	21.9	0.6
2022-11-12	87.3	5.7	688.29	22.3	0.8
2022-11-13	88.1	5.9	688.42	22.2	0.5

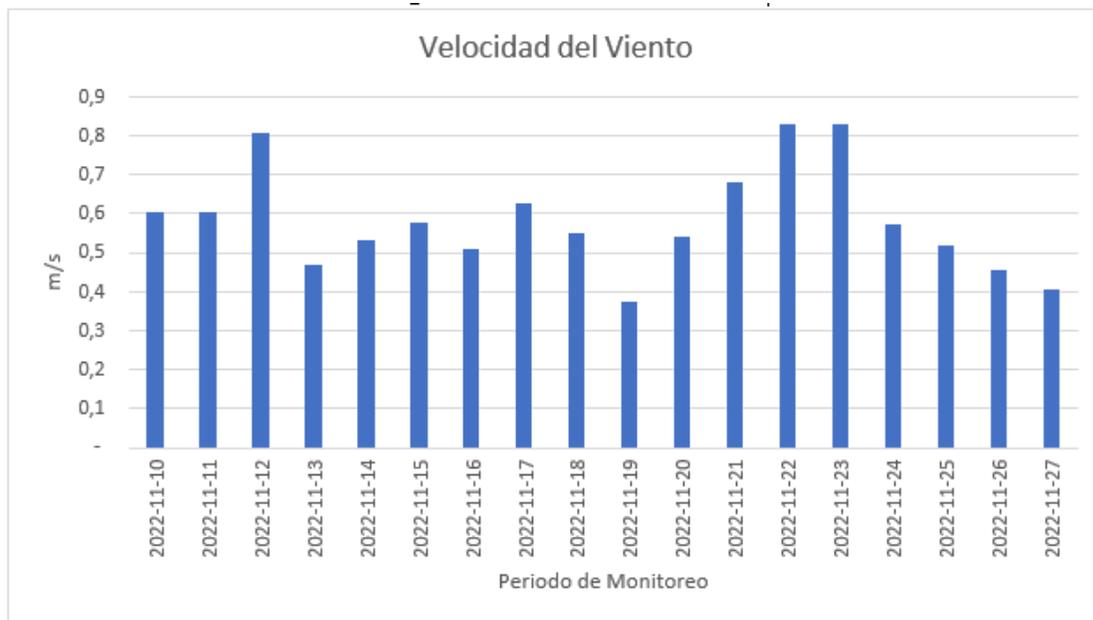
2022-11-14	87.1	0.0	688.00	22.4	0.5
2022-11-15	85.6	0.0	687.61	23.2	0.6
2022-11-16	86.2	0.0	687.75	23.4	0.5
2022-11-17	83.0	0.0	687.70	24.0	0.6
2022-11-18	85.8	0.0	687.30	23.4	0.6
2022-11-19	94.4	5.8	688.05	21.2	0.4
2022-11-20	82.3	0.0	686.67	23.7	0.5
2022-11-21	82.7	1.3	686.27	24.0	0.7
2022-11-22	86.5	0.7	686.79	23.17	0.8
2022-11-23	82.1	0.0	687.03	23.98	0.8
2022-11-24	83.2	5.4	687.35	23.2	0.6
2022-11-25	83.0	0.0	687.44	23.1	0.5
2022-11-26	85.3	1.8	687.72	22.8	0.5
2022-11-27	86.5	19.3	687.97	22.9	0.4
Promedio 18 días	85.46	46.40	687.68	22.96	0.58

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

VELOCIDAD DEL VIENTO

Relación entre la distancia recorrida por el aire y el tiempo que tarda en recorrerla. La "velocidad instantánea" o, con mayor brevedad, la "velocidad", corresponde al caso de un intervalo de tiempo infinitamente pequeño. La "velocidad media" corresponde al caso en que el intervalo de tiempo es finito. En la Figura 7 se muestra el comportamiento del viento día a día. Según lo descrito por el IDEAM. (2019). Glosario Meteorológico. Bogotá D. C. Subdirección de meteorología. Pág.298.

Figura 7. Registros de velocidad del viento m/s

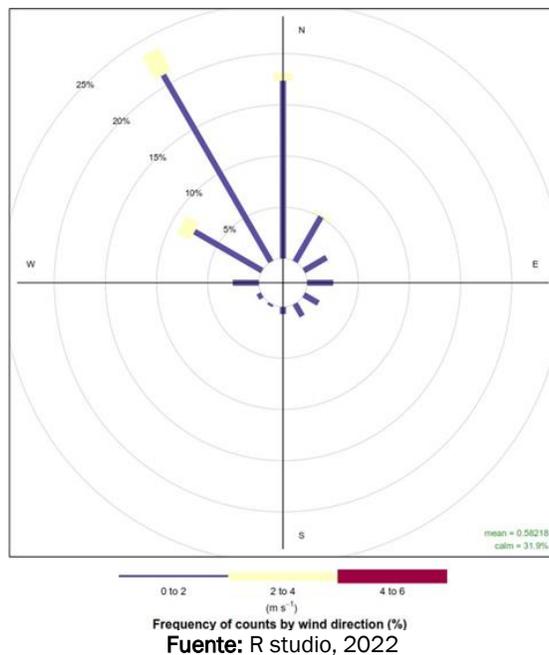


Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Los vientos fueron variables a lo largo del monitoreo en su velocidad, el rango se encontró entre 0.4 m/s a 0.8 m/s, el día 27 y el 19 de noviembre se evidenció el valor mínimo y el 12 de noviembre de 2022 con el valor máximo.

Los datos meteorológicos de dirección y velocidad del viento fueron procesados en el software R estudio para generar la rosa de vientos que se muestra a continuación en donde se puede evidenciar la procedencia más predominante en la dirección Noroeste:

Figura 8. Rosa de vientos

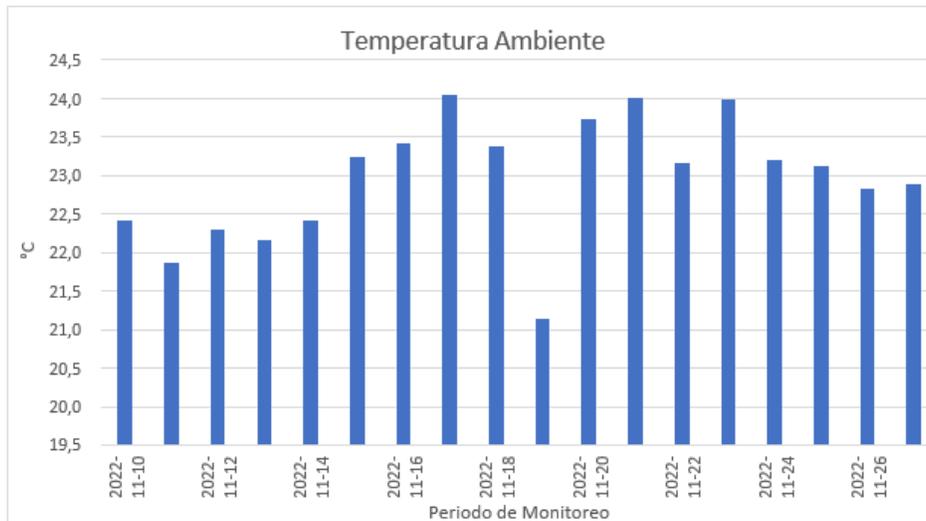


TEMPERATURA

La temperatura ambiente es la medida de la magnitud del calor ocasionada por la radiación solar sobre la atmósfera o sobre la tierra. La distribución espacial de la temperatura es consecuencia de los gradientes verticales, que a su vez dan origen a los pisos térmicos; de esta manera, a cada nivel altimétrico corresponde una temperatura específica y una posición en un gradiente de latitud-longitud. Esto según lo descrito por el IDEAM. (2019). Glosario Meteorológico. Bogotá D. C. Subdirección de meteorología. Pág. 274.

La temperatura diaria calculada a partir de las mediciones horarias para los 18 días de monitoreo, se reportó entre un rango de 21.2 °C y 24.0 °C, el día que se registró la mayor temperatura fue el 21 de noviembre de 2022 y la temperatura mínima el día 19 de noviembre del 2022.

Figura 9. Registros diarios de Temperatura



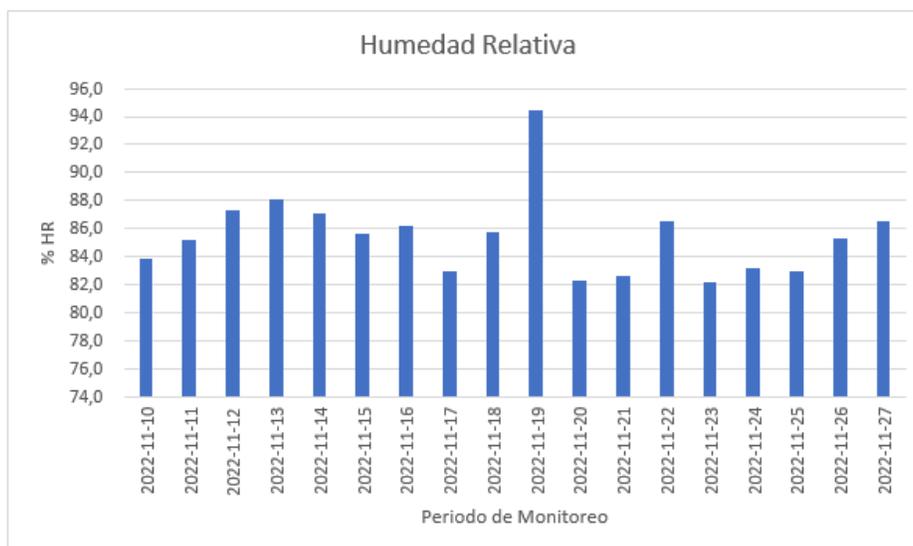
Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

HUMEDAD RELATIVA

Se define la humedad relativa como la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua contenida en un volumen de aire y la que tendría si estuviese saturado a la temperatura que se encuentra dicho aire.

En la Gráfica 3 se presentan los promedios diarios de humedad relativa durante el monitoreo que oscilaron entre 82.1% y 94.4%, registrando un valor máximo el día 19 de noviembre de 2022 y una mínima el 23 de noviembre de 2022. Según lo descrito por el IDEAM. (2019). Glosario Meteorológico. Bogotá D. C. Subdirección de meteorología. Pág. 147.

Figura 10. Registros diarios de Humedad Relativa



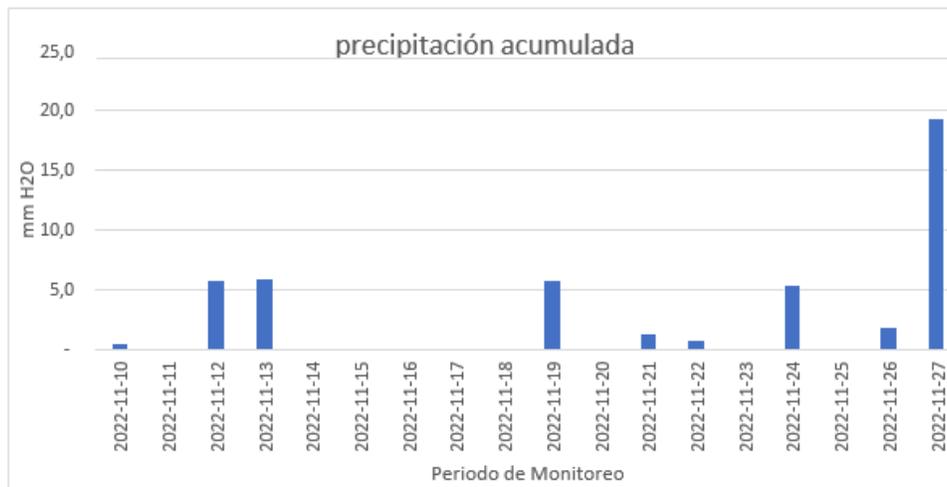
Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

PRECIPITACIÓN

La precipitación es la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado, según el IDEAM. (2019). Glosario Meteorológico. Bogotá D. C. Subdirección de meteorología. Pág. 2275.

En la figura 11 se muestran los valores de precipitación en los que de 18 días de monitoreo hubo presencia de lluvias en 9 días.

Figura 11. Registros de Precipitación acumulada



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

RESULTADOS DEL MONITOREO

Incertidumbre De La Medición

La incertidumbre es el parámetro asociado con el resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores, que podrían ser razonablemente atribuidos al valor a medir.

A continuación, se determina la incertidumbre para cada uno de los equipos de medición, utilizados en el monitoreo de Olores Ofensivos para los parámetros, Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) y amoniaco (NH₃).

🚧 Equipos Utilizados en la Estación 1- Vientos Arriba Contenedores

Figura 12. Cálculo Incertidumbre Analizador H₂S

CALCULO INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA					
Resolución de Analizador:	0.01	PPB	Factor de Cobertura (K)	2	95%
Concentración Gas:	14.900	PPB	lqbo (expandida)	0.27%	Caudalímetro Aire
Ubotella (Certificado) %	1%	%	lqbal (expandida)	0.18%	Caudalímetro Gas
Ubotella (Certificado) PPB	149	PPB	Límite Norma H2S 1541/2013	5.02	PPB
Conc Mullipunto (PPB)	0.0	100.0	200.0	300.0	400.0
Uresolución	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Desviación Estándar (S)	0,34	2,82	1,24	1,63	2,03
Urepetibilidad	0,172	1,411	0,619	0,813	1,014
Uanalizador (PPB)	0,172	1,411	0,619	0,813	1,014
Uanalizador (%)	16,206%	1,410%	0,305%	0,270%	0,251%
Ubotella(combinada)	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
Uqbo (%)	0,14%	0,14%	0,14%	0,14%	0,14%
Uqbal (%)	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%
Udiluidor (%)	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%
Umedida (%)	Despreciable	1,50%	0,61%	0,59%	0,58%
Uexpandida (%) k=2		3,01%	1,22%	1,18%	1,17%
Uexpandida (PPB)		3,01	2,43	3,55	4,66
TUR		0,60	0,48	0,71	0,93
FIN DEL CERTIFICADO					

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Equipos Utilizados en la Estación 2 –Parque Contemplativo

Figura 13. Cálculo Incertidumbre Analizador H₂S

CALCULO INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA					
Resolución de Analizador:	0.01	PPB	Factor de Cobertura (K)	2	95%
Concentración Gas:	14.900	PPB	lqbo (expandida)	0.27%	Caudalímetro Aire
Ubotella (Certificado) %	1%	%	lqbal (expandida)	0.18%	Caudalímetro Gas
Ubotella (Certificado) PPB	149	PPB	Límite Norma H2S 1541/2013	5.02	PPB
Conc Mullipunto (PPB)	0.0	100.0	200.0	300.0	400.0
Uresolución	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Desviación Estándar (S)	0,38	1,44	1,02	1,51	1,45
Urepetibilidad	0,190	0,718	0,511	0,755	0,727
Uanalizador (PPB)	0,190	0,718	0,511	0,755	0,728
Uanalizador (%)	19,042%	0,695%	0,251%	0,249%	0,180%
Ubotella(combinada)	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
Uqbo (%)	0,14%	0,14%	0,14%	0,14%	0,14%
Uqbal (%)	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%
Udiluidor (%)	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%
Umedida (%)	Despreciable	0,87%	0,58%	0,58%	0,56%
Uexpandida (%) k=2		1,74%	1,14%	1,16%	1,11%
Uexpandida (PPB)		1,74	2,33	3,49	4,45
TUR		0,35	0,46	0,70	0,89
FIN DEL CERTIFICADO					

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Figura 14. Cálculo Incertidumbre Analizador NH3

CALCULO INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA					
Resolución de Analizador:	0,01	PPB	Factor de Cobertura (K)	2	95%
Concentración Gas:	20.300	PPB	lqbo (expandida)	0,27%	Caudalímetro Aire
Ubotella (Certificado) %	1%	%	lqbal (expandida)	0,18%	Caudalímetro Gas
Ubotella (Certificado) PPB	203	PPB	Limite Norma NH3 1541/2013	130	PPB
Conc Multipunto (PPB)	0,0	1000,0	2000,0	3000,0	4000,0
Uresolucion	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Desviación Estándar (S)	1,49	6,78	7,81	12,16	6,50
Urepetibilidad	0,744	3,390	3,905	6,082	3,252
Uanalizador (PPB)	0,744	3,390	3,905	6,082	3,252
Uanalizador (%)	19,19%	0,344%	0,197%	0,204%	0,082%
Ubotella (combinada)	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
Uqbo (%)	0,14%	0,14%	0,14%	0,14%	0,14%
Uqbal (%)	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%
Udiluidor (%)	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%
Umedida (%)	Despreciable	0,63%	0,56%	0,56%	0,53%
Uexpandida (%) k=2		1,26%	1,12%	1,13%	1,06%
Uexpandida (PPB)		12,57	22,45	33,83	42,56
TUR		0,10	0,17	0,26	0,33
FIN DEL CERTIFICADO					

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Equipos Utilizados en la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical.

Figura 15. Cálculo Incertidumbre Analizador H2S

CALCULO INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA					
Resolución de Analizador:	0,01	PPB	Factor de Cobertura (K)	2	95%
Concentración Gas:	14.900	PPB	lqbo (expandida)	0,27%	Caudalímetro Aire
Ubotella (Certificado) %	1%	%	lqbal (expandida)	0,18%	Caudalímetro Gas
Ubotella (Certificado) PPB	149	PPB	Limite Norma H2S 1541/2013	5,02	PPB
Conc Multipunto (PPB)	0,0	100,0	200,0	300,0	400,0
Uresolucion	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Desviación Estándar (S)	0,19	2,56	3,60	2,50	3,02
Urepetibilidad	0,096	1,280	1,799	1,251	1,511
Uanalizador (PPB)	0,096	1,280	1,799	1,251	1,511
Uanalizador (%)	14,150%	1,330%	0,916%	0,424%	0,381%
Ubotella (combinada)	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%
Uqbo (%)	0,14%	0,14%	0,14%	0,14%	0,14%
Uqbal (%)	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%
Udiluidor (%)	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%	0,16%
Umedida (%)	Despreciable	1,43%	1,06%	0,68%	0,65%
Uexpandida (%) k=2		2,86%	2,11%	1,35%	1,30%
Uexpandida (PPB)		2,86	4,22	4,05	5,19
TUR		0,57	0,84	0,81	1,03
FIN DEL CERTIFICADO					

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Figura 16. Cálculo Incertidumbre Analizador NH₃

CALCULO INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA					
Resolución de Analizador:	0.01	PPB	Factor de Cobertura (K)	2	95%
Concentración Gas:	20.300	PPB	Uqbo (expandido)	0.27%	Caudalímetro Aire
Ubotella (Certificado) %	1%	%	Uqbal (expandido)	0.18%	Caudalímetro Gas
Ubotella (Certificado) PPB	203	PPB	Límite Norma NH3 1541/2013	130	PPB
Conc Multipunto (PPB)	0.0	1000.0	2000.0	3000.0	4000.0
Uresolucion	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Desviación Estándar (S)	1.05	6.36	10.81	7.92	9.74
Urepetibilidad	0.523	3.180	5.407	3.959	4.868
Uanalizador (PPB)	0.523	3.180	5.407	3.959	4.868
Uanalizador (%)	14.68%	0.323%	0.274%	0.133%	0.122%
Ubotella (combinada)	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Uqbo (%)	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%	0.14%
Uqbal (%)	0.09%	0.09%	0.09%	0.09%	0.09%
Udiluidor (%)	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%
Umedida (%)	Despreciable	0.62%	0.59%	0.54%	0.54%
Uexpandida (%) k=2		1.23%	1.19%	1.08%	1.08%
Uexpandida (PPB)		12.34	23.70	32.53	43.17
TUR		0.09	0.18	0.25	0.33
FIN DEL CERTIFICADO					

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Sulfuro de Hidrogeno (H₂S)

La Tabla 17, muestra los promedios diarios (24 horas) por cada día de monitoreo, las celdas sombreadas indican la excedencia en el límite 24 horas establecido por la Resolución 1541 de 2013.

Tabla 17. Concentraciones Diarias Reportadas de H₂S

Fecha	Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores	Estación 2 - Parque Contemplativo	Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	Límite H ₂ S 24 horas - Res. 1541 / 2013
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
2022-11-10	0.22	5.81	3.40	7
2022-11-11	0.24	2.52	2.07	7
2022-11-12	0.31	2.97	3.92	7
2022-11-13	0.88	1.94	2.11	7
2022-11-14	1.32	1.65	1.06	7
2022-11-15	1.32	2.83	3.96	7
2022-11-16	1.22	3.85	3.23	7
2022-11-17	0.93	2.97	4.69	7
2022-11-18	0.87	3.38	1.33	7
2022-11-19	1.92	3.22	3.87	7
2022-11-20	5.48	3.26	2.65	7

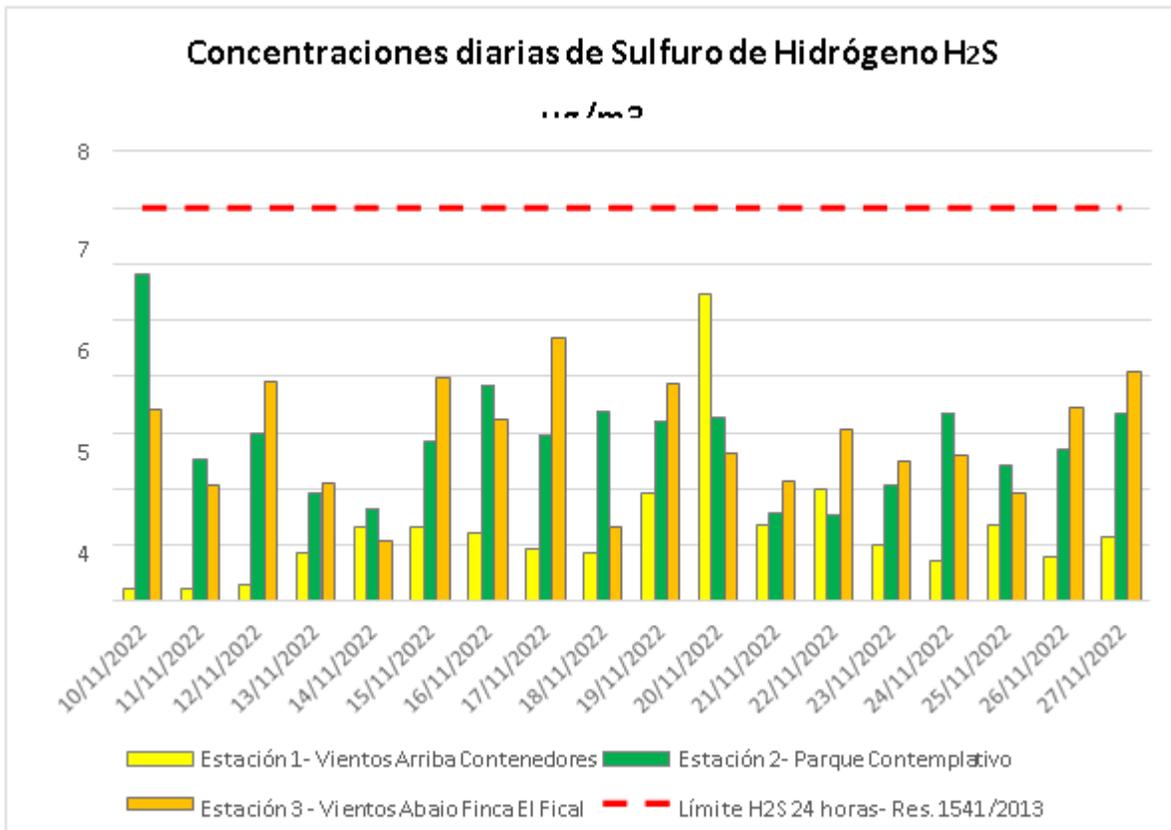
2022-11-21	1.37	1.57	2.13	7
2022-11-22	1.99	1.54	3.06	7
2022-11-23	1.01	2.06	2.51	7
2022-11-24	0.72	3.35	2.60	7
2022-11-25	1.34	2.41	1.93	7
2022-11-26	0.80	2.69	3.45	7
2022-11-27	1.13	3.34	4.10	7
Mínimo	0.22	1.54	1.06	
Promedio	1.28	2.85	2.89	
Máximo	5.48	5.81	4.69	

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

La figura 17, presenta los valores diarios de Sulfuro de Hidrogeno (H2S), las concentraciones de las 3 estaciones se encontraron en un rango de 0.22 µg/m³ a 5.81 µg/m³, donde la mayor

concentración se presentó el día 10 de noviembre de 2022 en la Estación 2 - Parque Contemplativo y la menor concentración se presentó el 10 de noviembre de 2022 en la Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores.

Figura 17. Concentraciones diarias de Sulfuro de Hidrógeno H2S



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

En la tabla 18 se observa que, para un tiempo de exposición de 24 horas no se presentan excedencias en las 3 estaciones monitoreadas, siendo el límite diario de Sulfuro de hidrogeno (H₂S) es 7 µg/m³ establecido en la Tabla N°2 del Artículo N°5 de la Resolución 1541de 2013.

Tabla 18. Datos Válidos tiempo de exposición 24 horas

Estación	Datos Válidos	Excedencias	% Excedencias norma diaria
H₂S – Sulfuro de Hidrogeno			
Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	18	0	0 %
Estación 2 - Parque Contemplativo	18	0	0 %
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	18	0	0 %

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

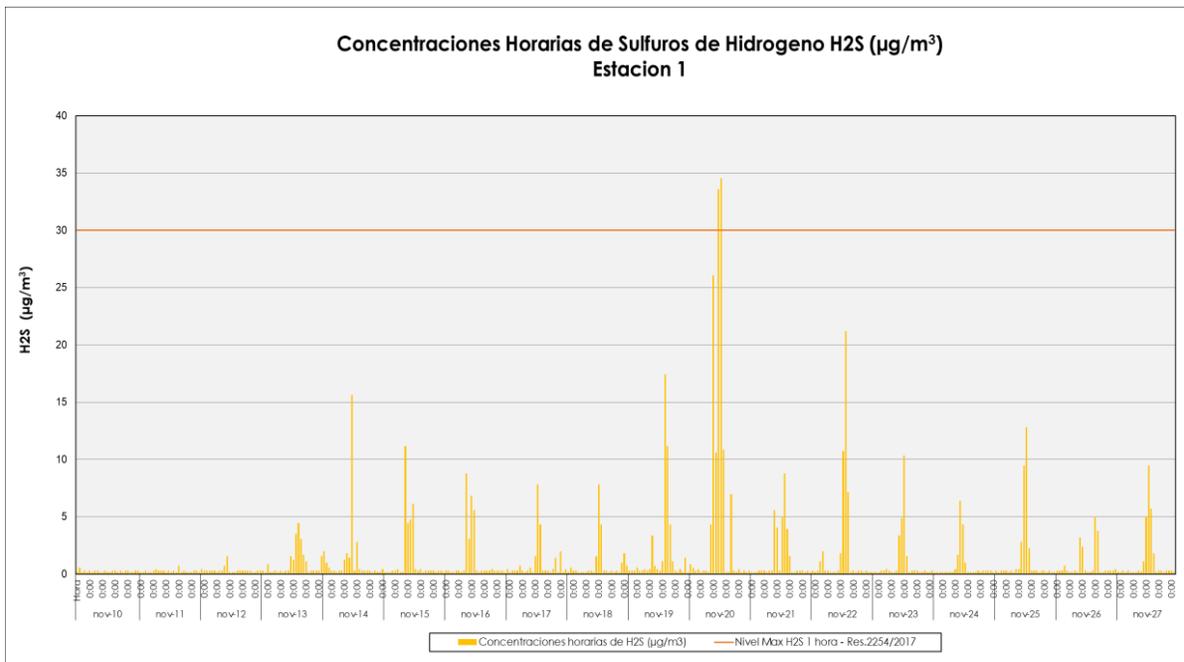
En la figura 18, 19 y 20 se presentan todos los datos máximos horarios reportados durante el monitoreo de H₂S – Sulfuro de Hidrogeno, en la Tabla 18 se observa que los registros horarios reportados para las estaciones Estación 1- Vientos Arriba Contenedores y Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical presentan excedencias en la norma inferiores al 1% de datos tomados durante el muestreo, y en la Estación 2 - Parque Contemplativo no exceden los límites máximos permisibles para los tiempos de exposición, establecido como nivel máximopermisible para tiempo de exposición de 1 hora (horaria) 30 µg/m³ en la Tabla N°2 del Artículo N°5 de la Resolución 1541de 2013.

Figura 18. Datos Válidos tiempo de exposición 1 hora

Estación	Datos Válidos	Excedencias	% Excedencias norma horaria
H₂S – Sulfuro de Hidrogeno			
Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	432	2	0.46 %
Estación 2 - Parque Contemplativo	432	0	0 %
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	432	4	0.92 %

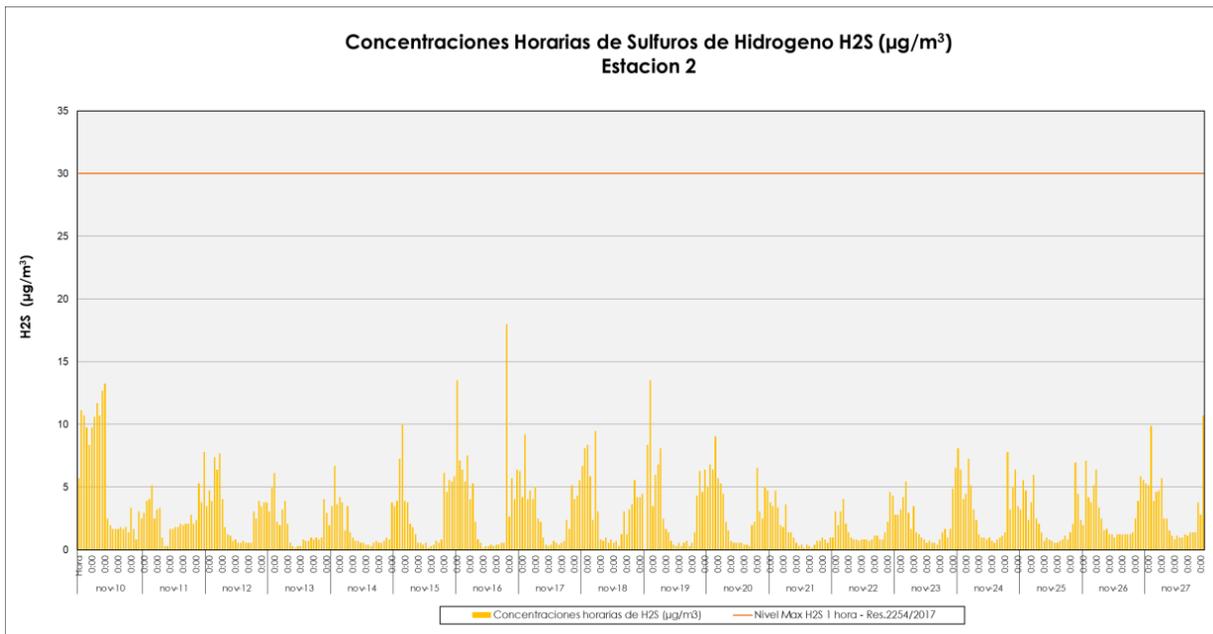
Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

Figura 19. Concentraciones horarias (H₂S) - Estación 1- Vientos Arriba Contenedores



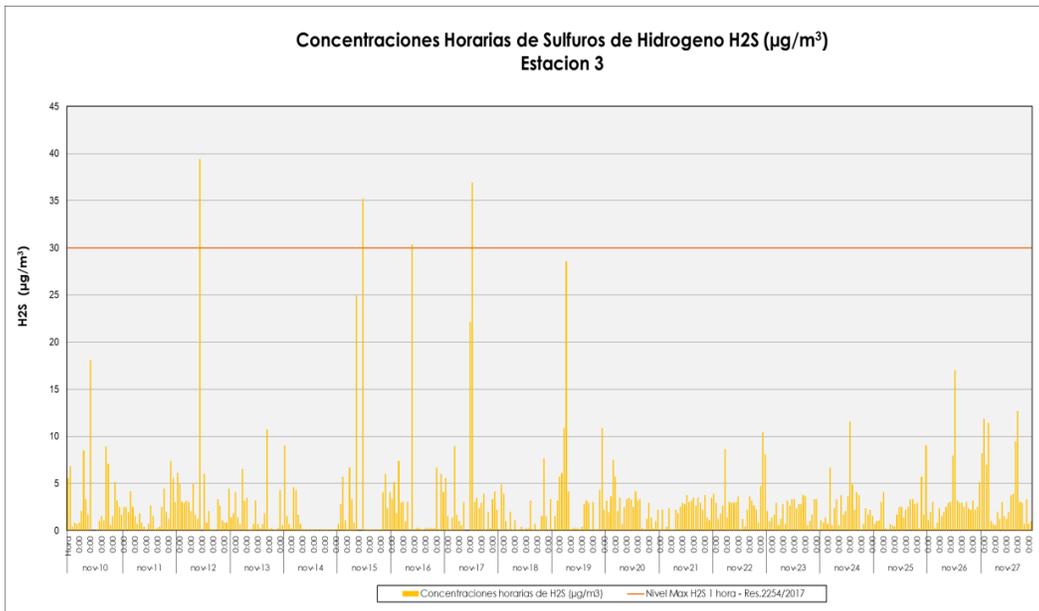
Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Figura 20. Concentraciones horarias (H₂S) - Estación 2 - Parque Contemplativo



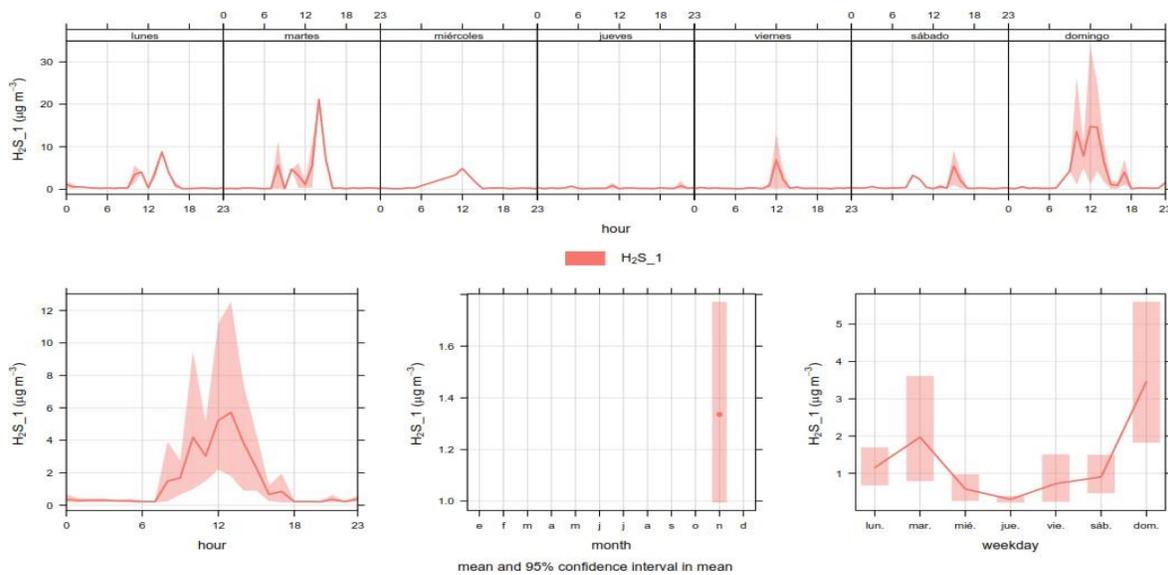
Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Figura 21. Concentraciones horarias (H₂S) - Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical



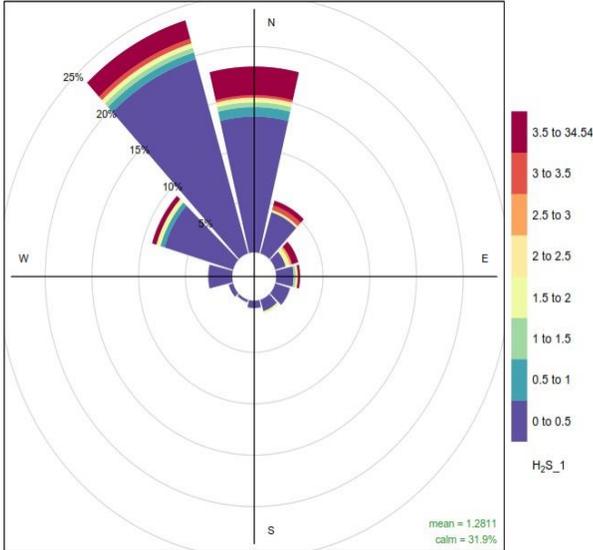
Respecto a la variación en el tiempo de H₂S durante el monitoreo la Estación 1 Vientos Arriba Contenedores las concentraciones más altas de la semana se presentan el día domingo presentando picos más altos generalmente a partir de las 06:00 A.M, en la gráfica calendarplot se observa que la concentración más alta se presentó el día domingo 20 de noviembre la concentración más baja de la campaña se da el 10 de noviembre de 2022.

Figura 22. Variación en el tiempo H₂S- Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores

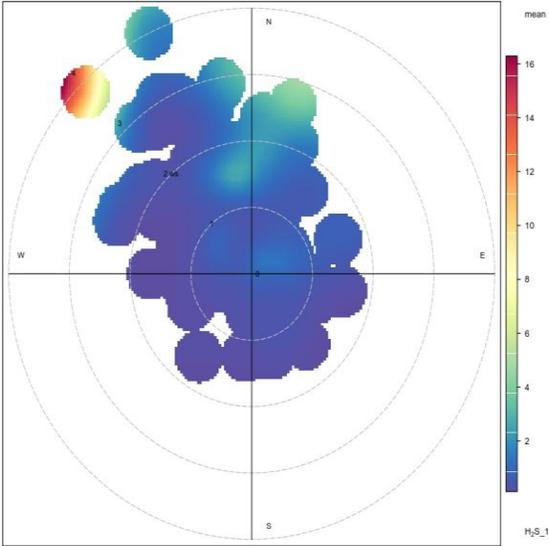


Al genera la gráfica polar donde se evidencia de donde provienen los picos de concentración y a qué velocidad del viento se relaciona, la gráfica muestra que para la Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores los picos máximos de concentración se presentanen sentido Noroeste a una velocidad promedio de 4 m/s.

Figura 23. Rosa de Contaminante H₂S - Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores



Frequency of counts by wind direction (%)

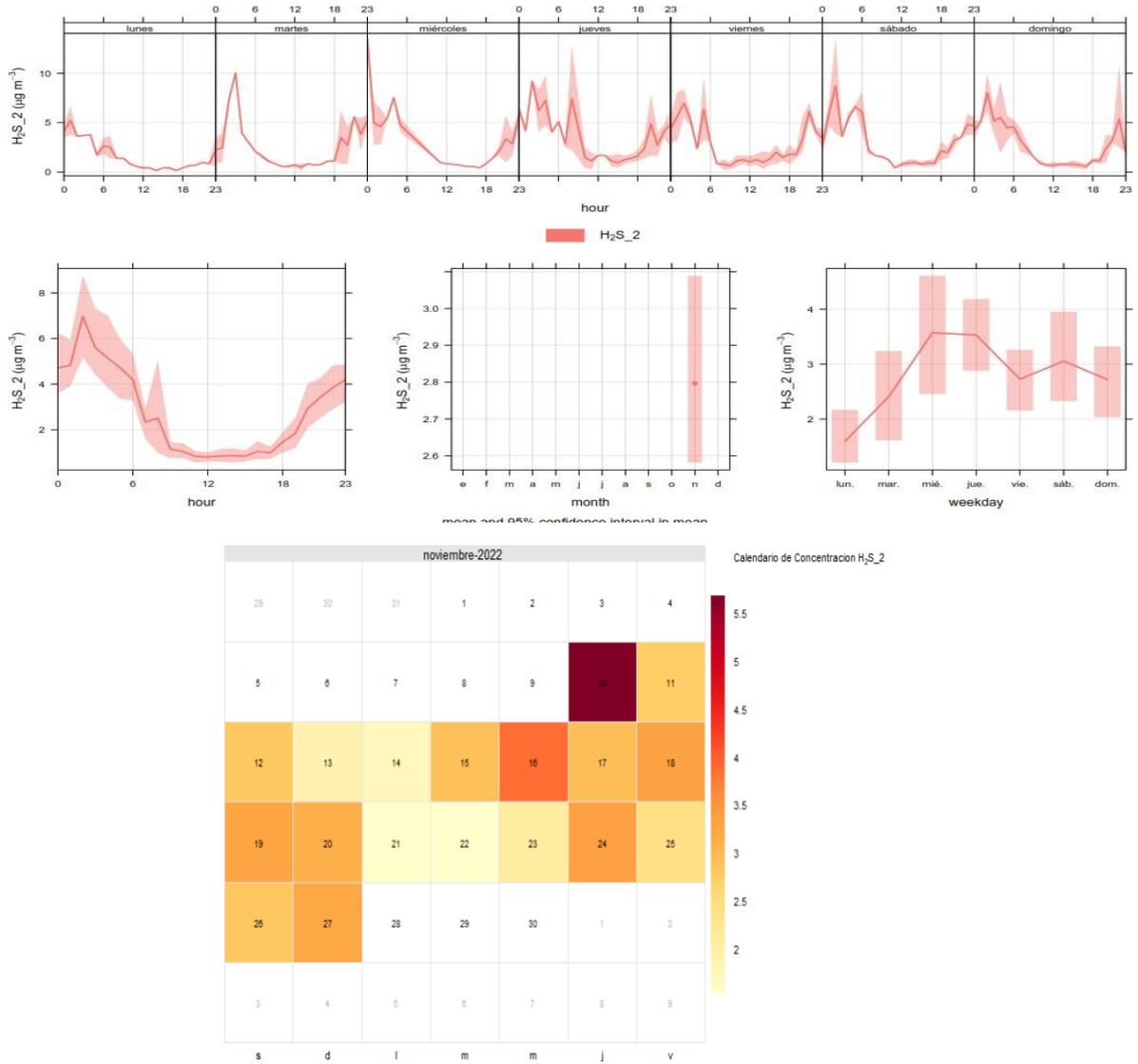


Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

En la figura 24 variación en el tiempo H₂S en la Estación 2 Parque Contemplativo, se observa que las concentraciones más altas de la semana se presentan los días miércoles y jueves, presentando picos más altos generalmente a partir de las 00:00 A.M, en la gráfica calendar plot se observa que la concentración más alta se presentó el día

9 y 10 de noviembre la concentración más baja de la campaña se presenta el 22 de noviembre de 2022.

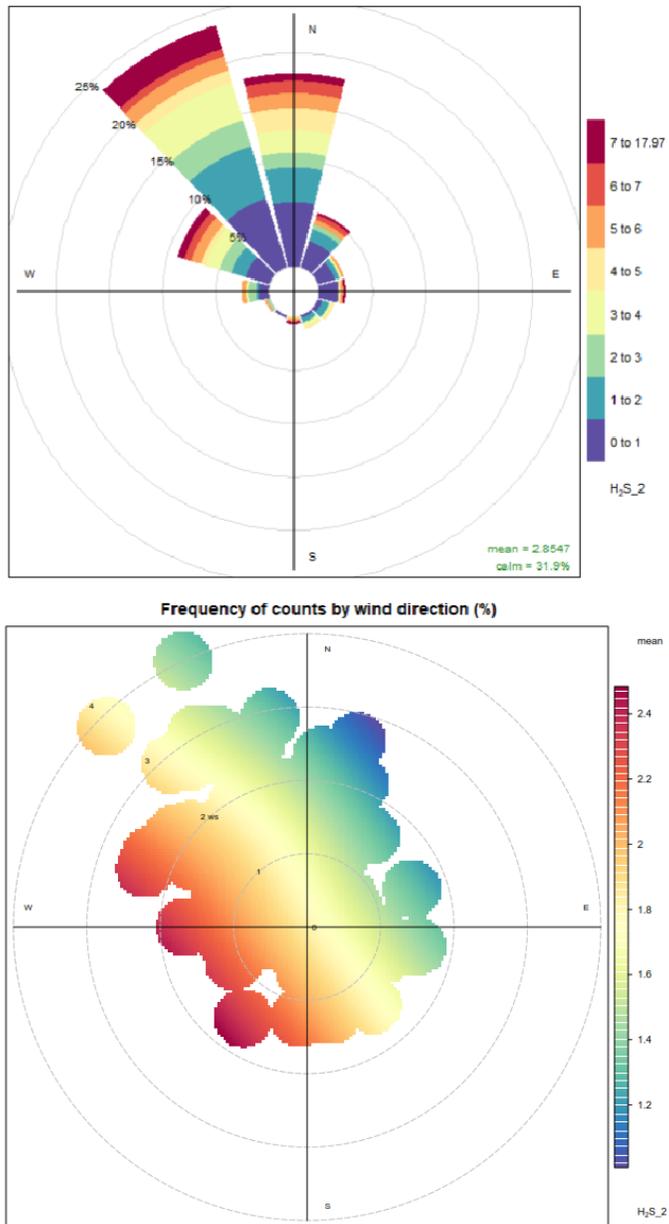
Figura 24. Variación en el tiempo H₂S- Estación 2 - Parque Contemplativo



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Al generar la gráfica polar donde se evidencia de donde provienen los picos de concentración y a qué velocidad del viento se relaciona, la gráfica muestra que para la Estación 2 - Parque Contemplativo los picos máximos de concentración se presentan en sentido Noroeste a una velocidad entre de 1 a 3 m/s.

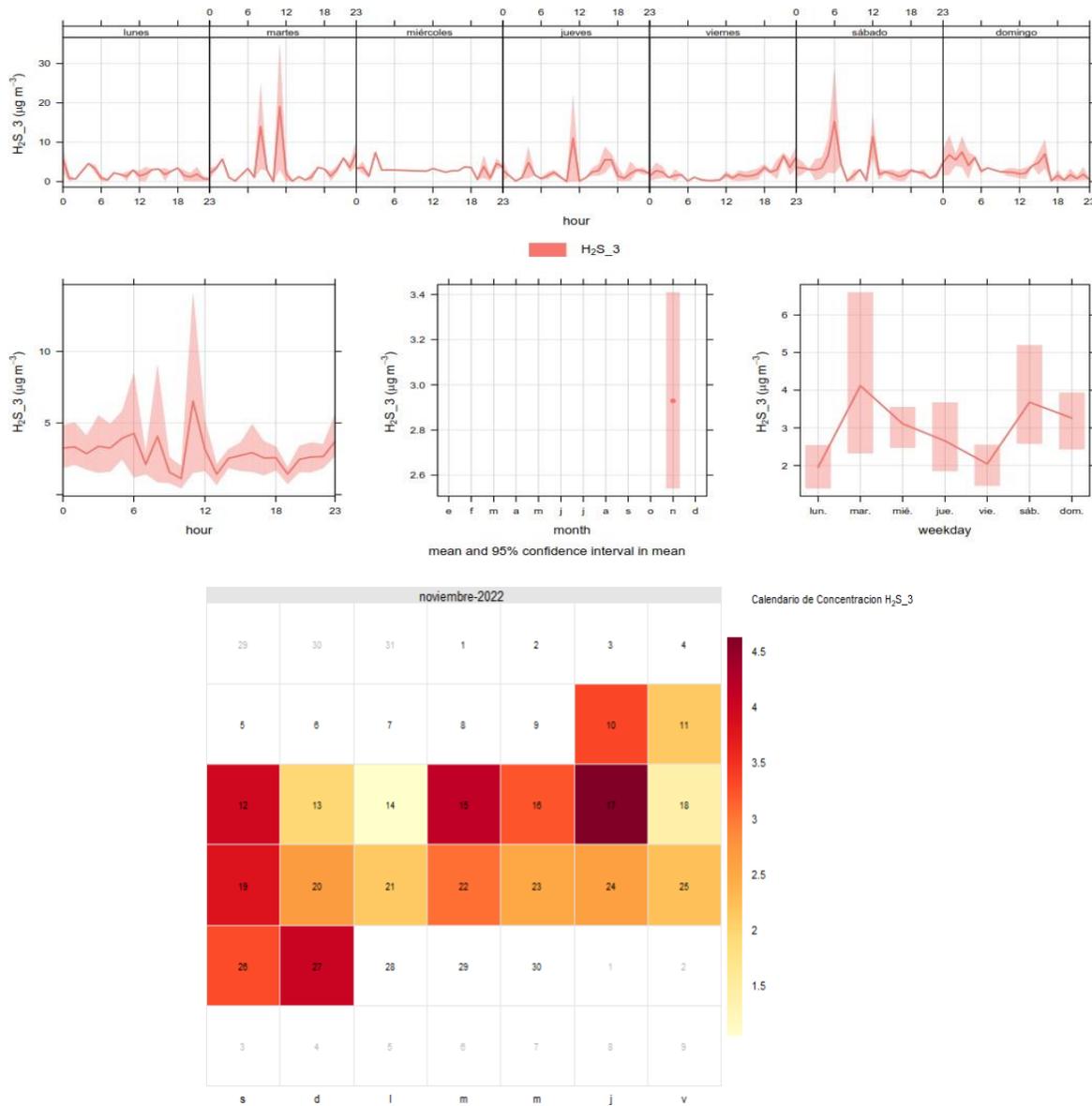
Figura 25. Rosa de Contaminante H₂S – Estación 2 - Parque Contemplativo



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

En la figura 26 mediciones de H₂S en el Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical, se observa que las concentraciones más altas de la semana se dan el día martes, presentando picos más altos generalmente a partir de las 06:00 A.M, en la gráfica calendar plot se observa que la concentración más alta se presentó el día 17 de noviembre y la concentración másbaja de la campaña se da el 14 de noviembre de 2022.

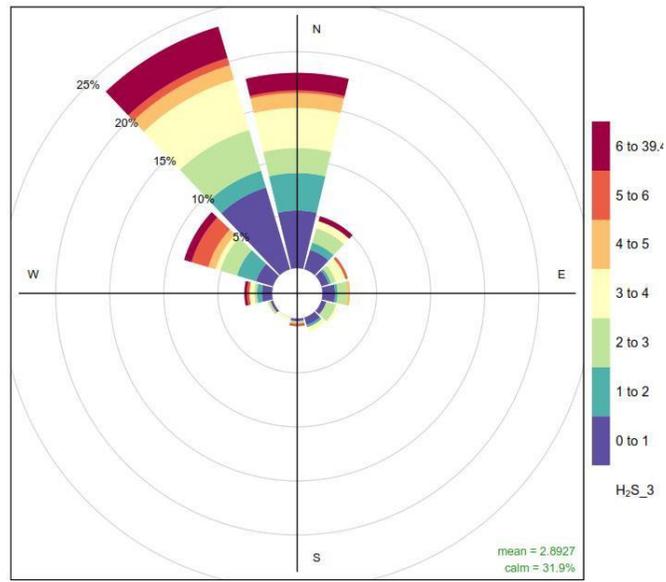
Figura 26. Variación en el tiempo H₂S- Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical



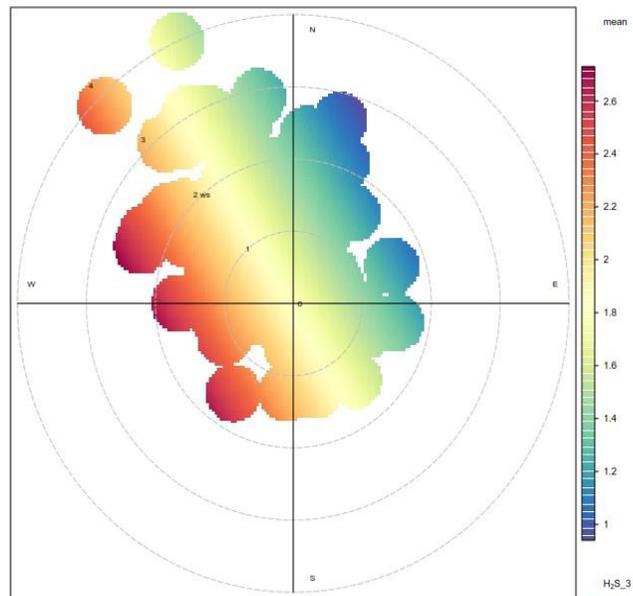
Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Al generar la gráfica polar donde se evidencia de donde provienen los picos de concentración y a qué velocidad del viento se relaciona, la gráfica muestra que para la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical, los picos máximos de concentración se presentan en sentido Noroeste a una velocidad entre 1 a 4 m/s.

Figura 27. Rosa de Contaminante H₂S – Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical



Frequency of counts by wind direction (%)



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Amoniaco (NH₃)

La Tabla 19 muestra los promedios diarios (24 horas) de amoniaco por cada día de monitoreo.

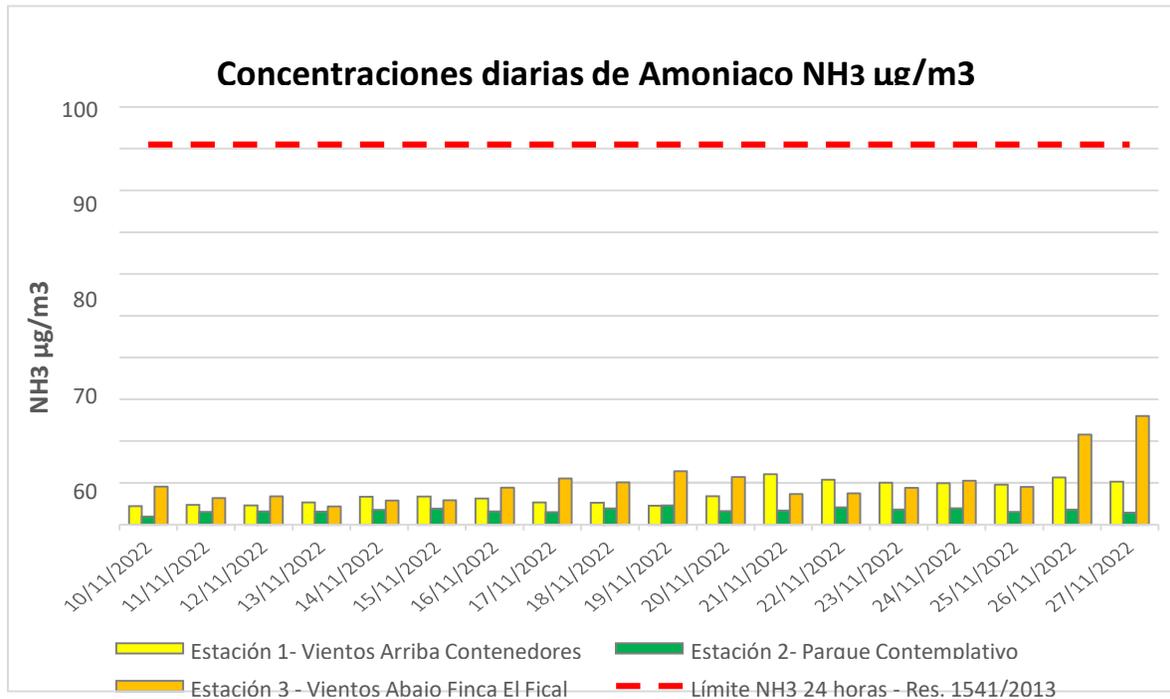
Tabla 19. Concentraciones diarias Reportadas de NH₃

Fecha	Estación 1- Vientos Arriba Contenedores	Estación 2- Parque Contemplativo	Estación 3- Vientos Abajo Finca El Fical	Límite NH ₃ 24 horas - Res. 1541 / 2013
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
2022-11-10	4.44	1.93	9.14	91
2022-11-11	4.70	3.07	6.36	91
2022-11-12	4.61	3.16	6.78	91
2022-11-13	5.31	3.13	4.37	91
2022-11-14	6.70	3.54	5.82	91
2022-11-15	6.77	3.85	5.88	91
2022-11-16	6.27	3.20	8.88	91
2022-11-17	5.30	3.03	11.07	91
2022-11-18	5.28	3.90	10.12	91
2022-11-19	4.54	4.61	12.79	91
2022-11-20	6.80	3.24	11.46	91
2022-11-21	12.05	3.35	7.33	91
2022-11-22	10.76	4.10	7.54	91
2022-11-23	10.08	3.59	8.82	91
2022-11-24	9.93	3.88	10.57	91
2022-11-25	9.60	3.04	9.07	91
2022-11-26	11.32	3.59	21.54	91
2022-11-27	10.31	2.88	26.04	91
Mínimo	4.44	1.93	4.37	
Promedio	7.49	3.40	10.20	
Máximo	12.05	4.61	26.04	

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

En la Tabla N°2 del Artículo N°5 de la Resolución 1541 de 2013 se establece como nivel máximo permisible para tiempo de exposición de 24 horas (diaria) 91 µg/m³. Se identifica que los registros horarios reportados para las 3 estaciones durante los 18 días, no exceden los límites máximos permisibles para los tiempos de exposición establecidos en la norma como se observa en la tabla 19.

Figura 28. Concentraciones diarias Amoniaco NH₃



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Tabla 20. Datos Válidos tiempo de exposición diario

Estación	Datos Válidos	Excedencias	% Excedencias norma diaria
NH₃ - Amoniaco			
Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores	18	0	0 %
Estación 2 - Parque Contemplativo	18	0	0 %
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	18	0	0 %

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

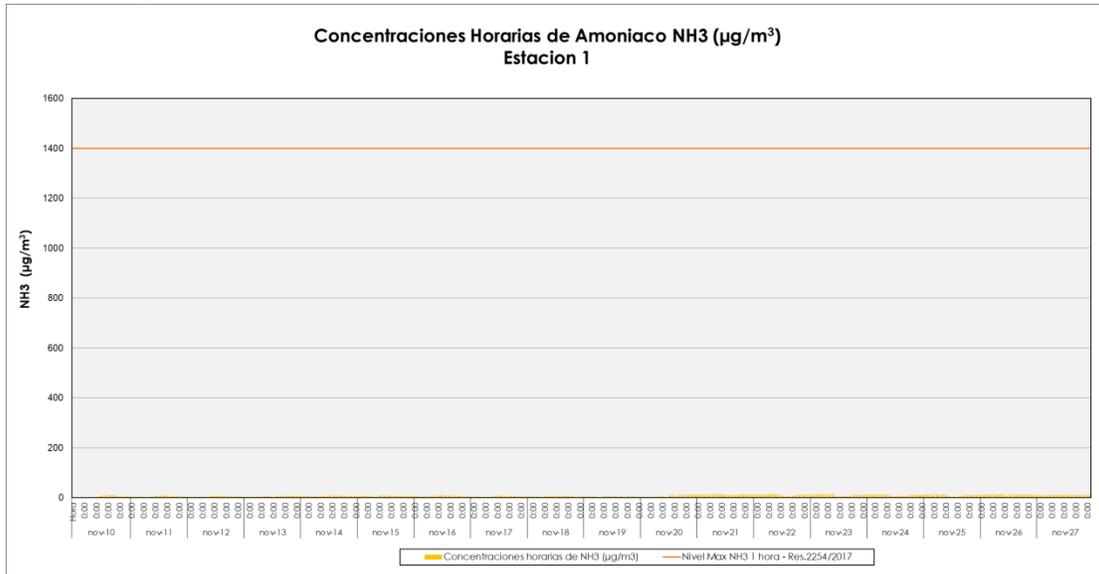
Tabla 21. Datos Válidos tiempo de exposición horario

Estación	Datos Válidos	Excedencias	% Excedencias norma horaria
NH₃ - Amoniaco			
Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores	432	0	0 %
Estación 2 - Parque Contemplativo	432	0	0 %
Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical	432	0	0 %

Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

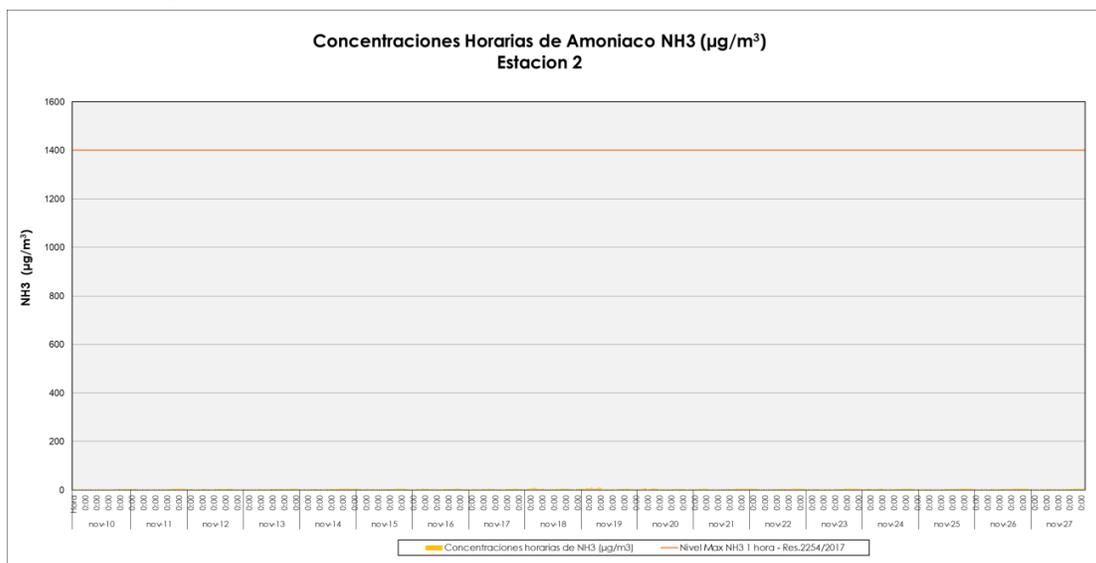
Como se observa en la tabla 21 los registros horarios reportados para las 3 estaciones durante los 18 días, no exceden los límites máximos permisibles para los tiempos de exposición establecidos en la norma.

Figura 29. Concentraciones horarias de (NH₃) – Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores



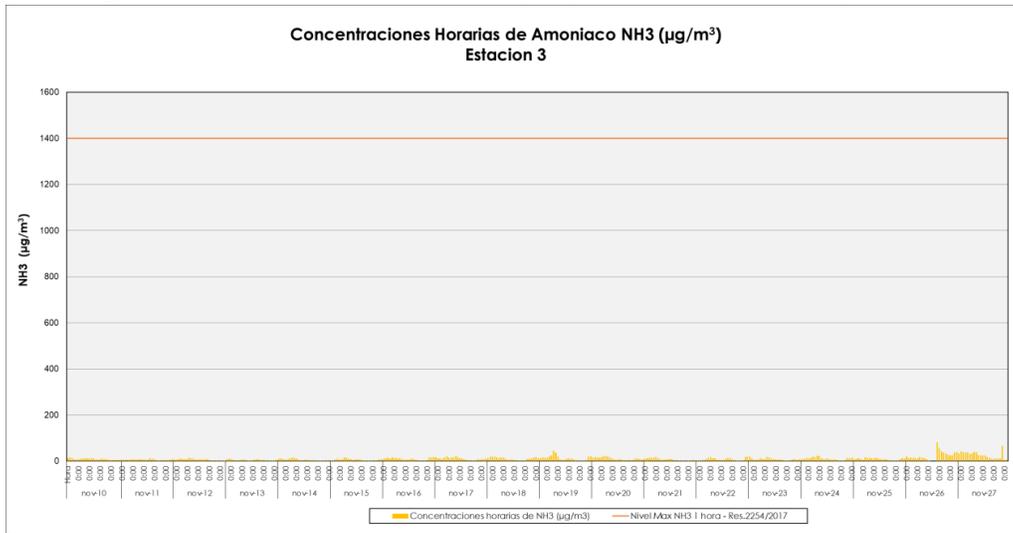
Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

Figura 30. Concentraciones horarias de (NH₃) – Estación 2 - Parque Contemplativo



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

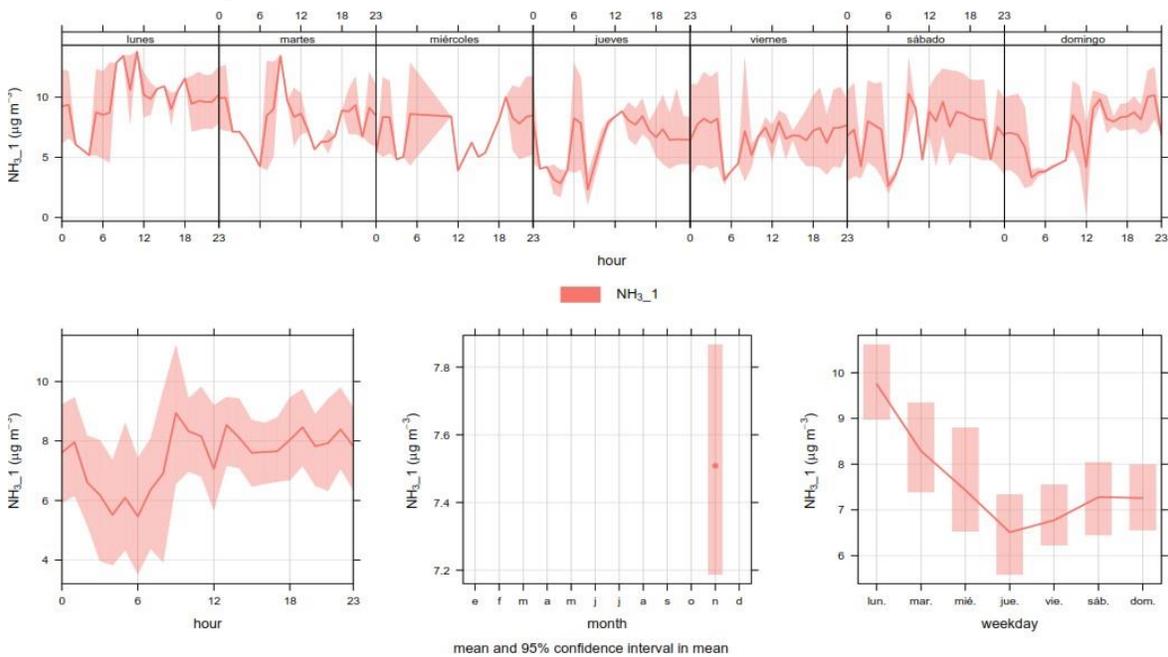
Figura 31. Concentraciones horarias de (NH₃) – Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

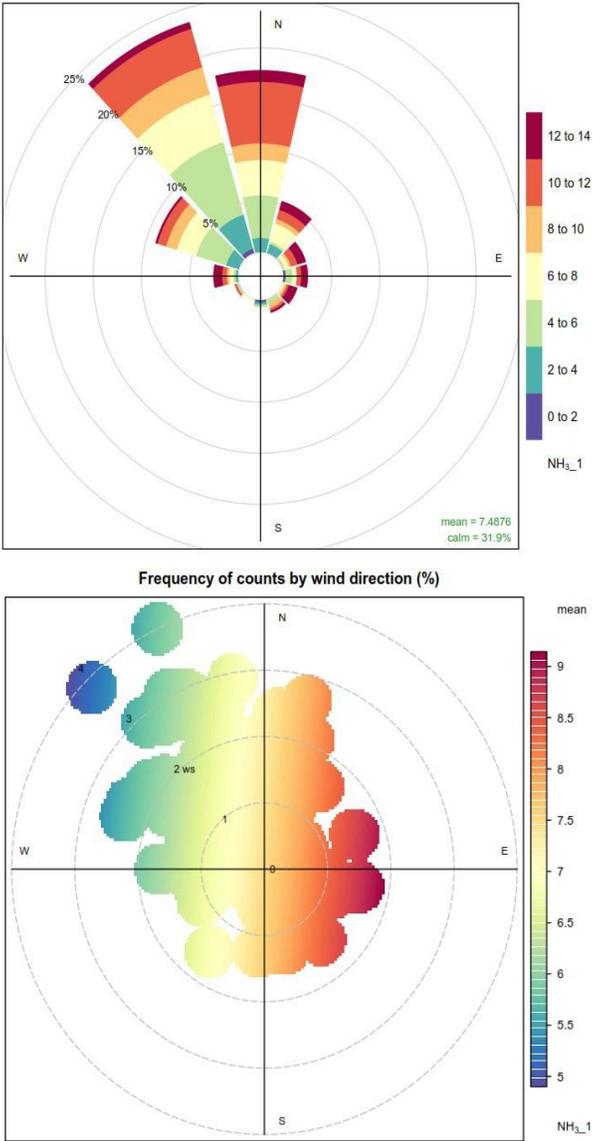
En la figura 32 mediciones de NH₃ en la Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores, se evidencia que las concentraciones más altas de la semana se dan los días lunes a miércoles, presentando picos más altos generalmente a partir de las 06:00 A.M, en la gráfica calendar plot se observa que la concentración más alta se presentó el 21 de noviembre la concentración más baja de la campaña se da el 10 de noviembre de 2022.

Figura 32. Variación en el tiempo NH₃- Estación 1 - Vientos Arriba Contenedores



Al genera la gráfica polar donde se evidencia de donde provienen los picos de concentración y a qué velocidad del viento se relaciona, la gráfica muestra que para la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical, los picos máximos de concentración se presentan mayormente en sentido Noreste a una velocidad promedio de 0 a 2 m/s.

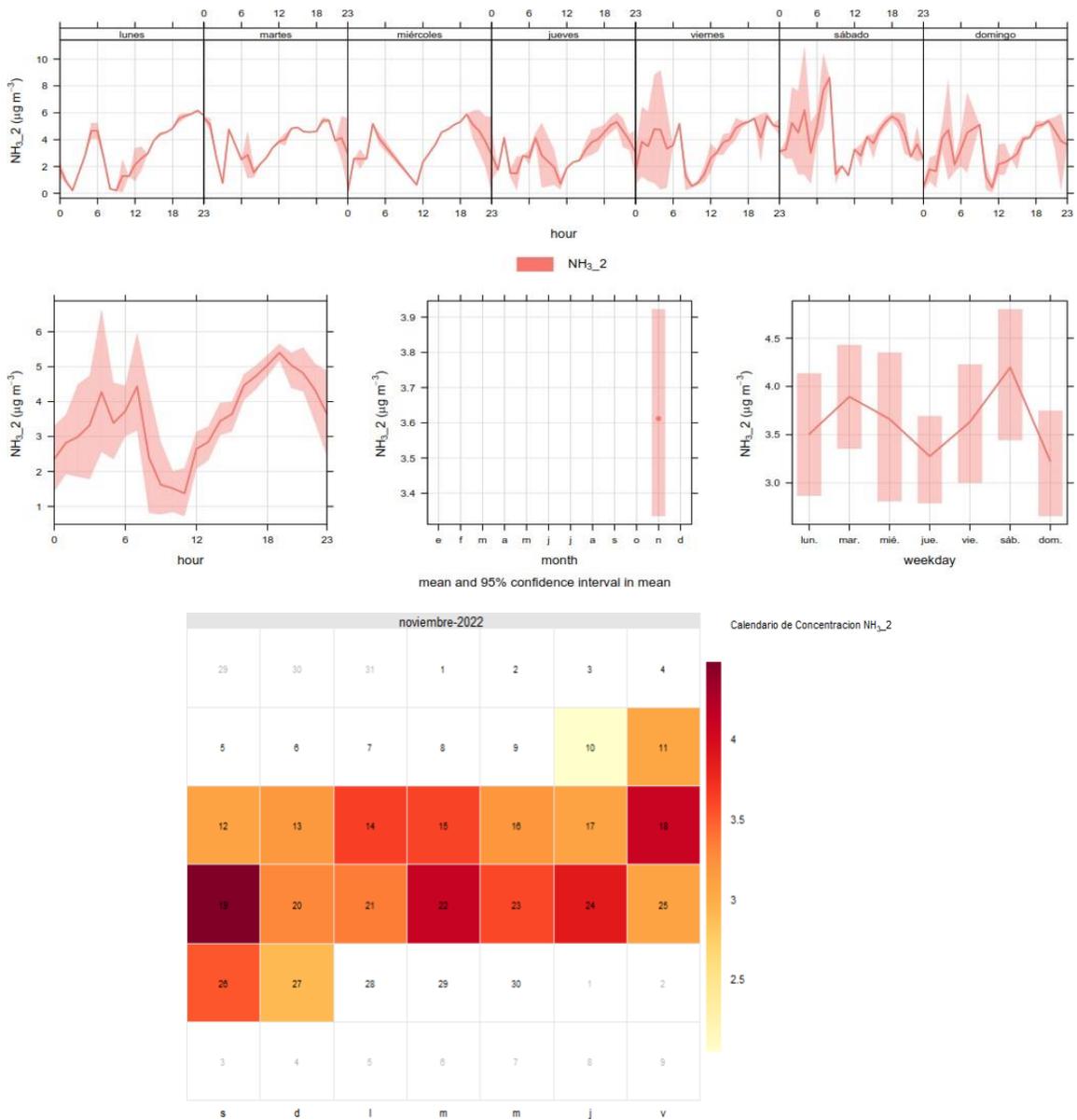
Figura 33. Rosa de Contaminante NH₃ -Estación 1- Vientos Arriba Contenedores



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

En la figura 34 se muestra la tendencia diaria en las mediciones de NH₃, se evidencia que la concentración más alta de la semana se presenta el día sábado, presentando picos más altos generalmente a partir de las 12:00 P.M, en la gráfica calendar plot se observa que la concentración más alta se presentó el 19 de noviembre y la concentración más baja de la campaña se da el 9 de noviembre de 2022.

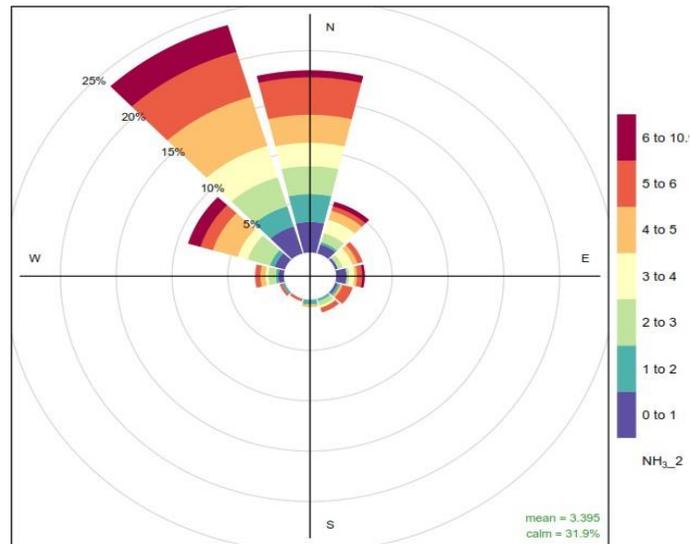
Figura 34. Variación en el tiempo NH₃- Estación 2 - Parque Contemplativo



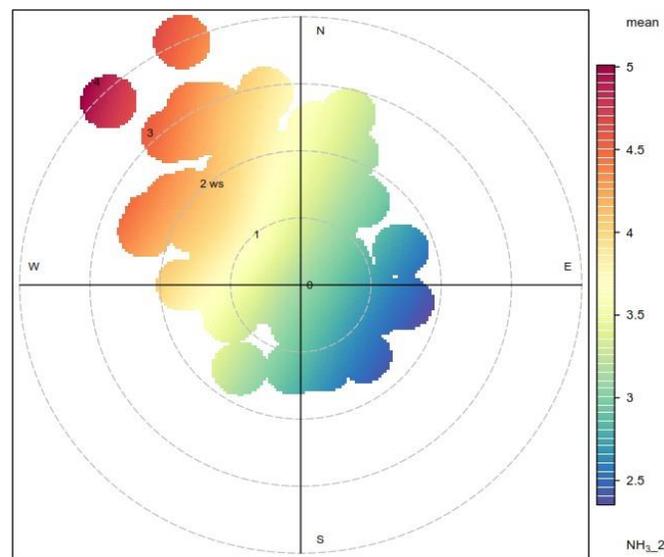
Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Al generar la gráfica polar donde se evidencia de donde provienen los picos de concentración y a qué velocidad del viento se relaciona, la gráfica muestra que para la Estación 2 - Parque Contemplativo, los picos máximos de concentración provienen en sentido Noroeste a una velocidad promedio de 0 a 2 m/s que pueden provenir del interior del sitio de disposición final el carrasco.

Figura 35. Rosa de Contaminante NH₃ – Estación 2 - Parque Contemplativo



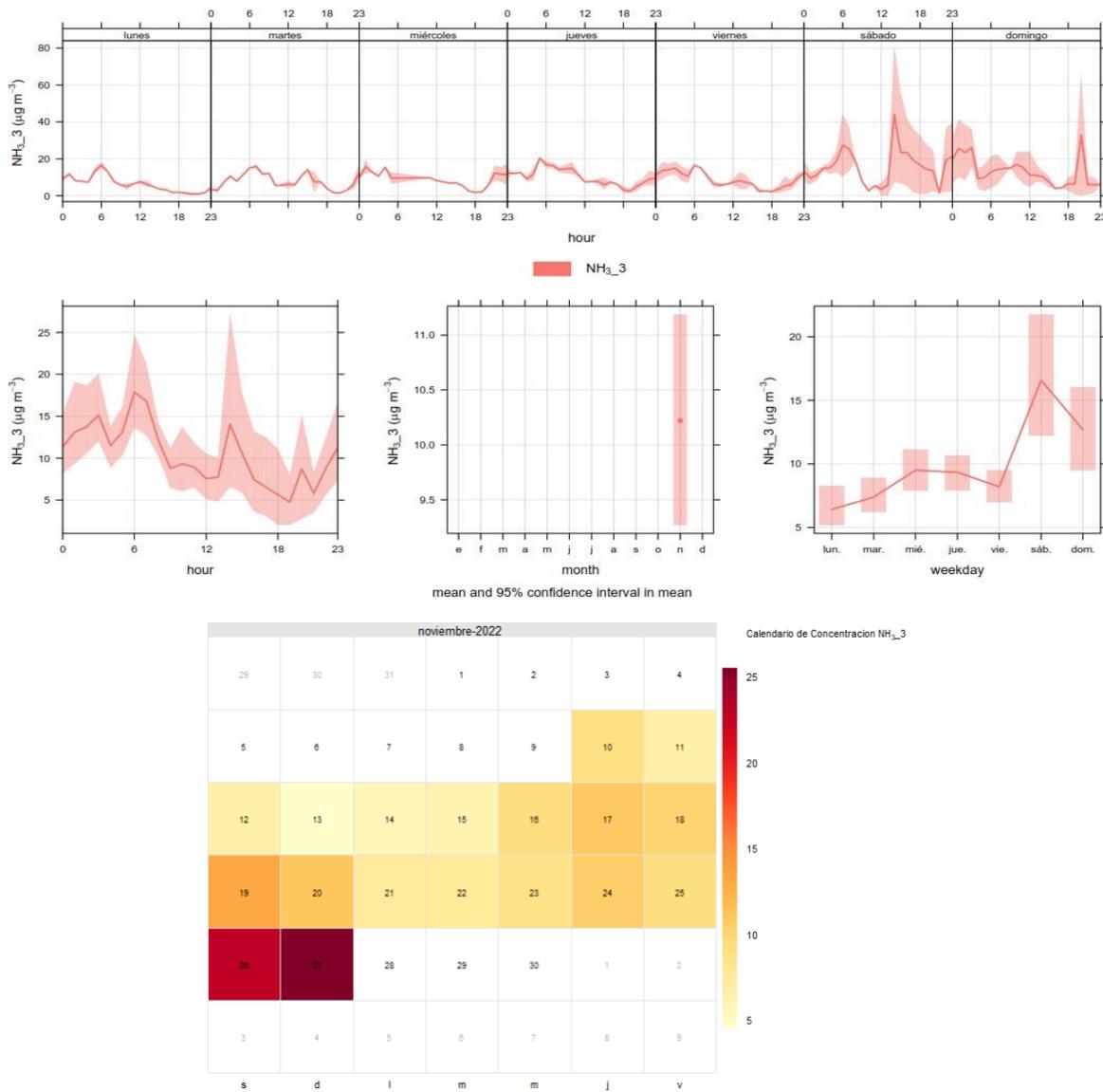
Frequency of counts by wind direction (%)



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

En la figura 36 mediciones de NH₃ en la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical, se muestra la tendencia diaria en las mediciones de NH₃, se evidencia que la concentración más alta de la semana se presenta el día sábado, presentando picos más altos generalmente a partir de las 06:00 A.M, en la gráfica calendar plot se observa que la concentración más alta se presentó el 27 de noviembre la concentración más baja de la campaña se da el 13 de noviembre de 2022.

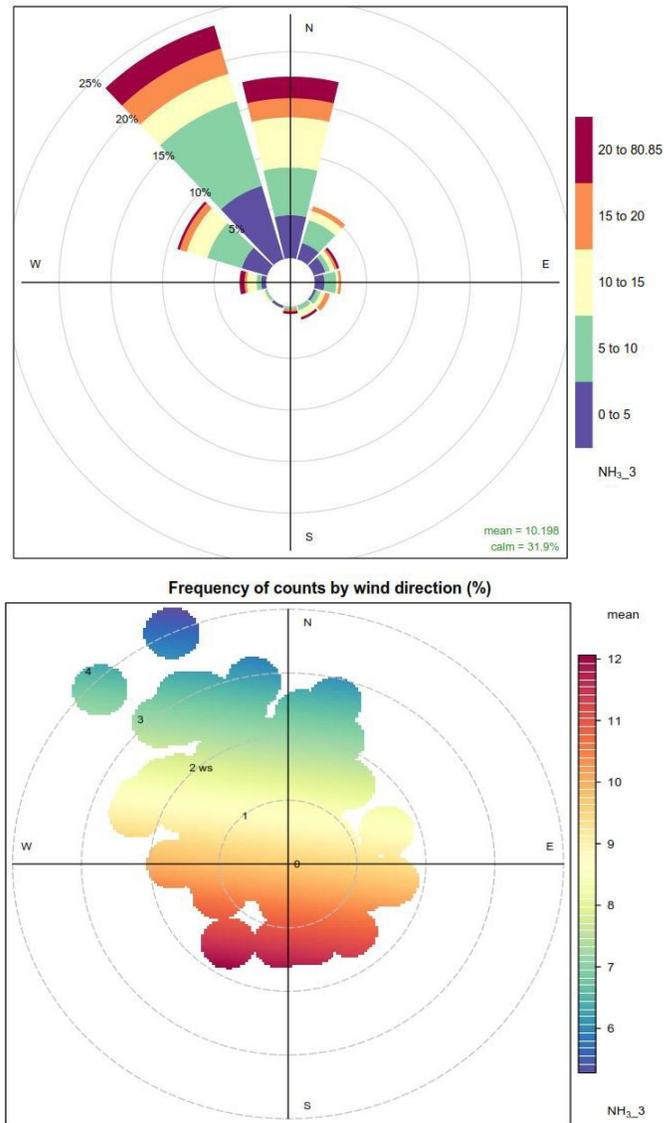
Figura 36. Variación en el tiempo NH₃- Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. - 2022

Al genera la gráfica polar donde se evidencia de donde provienen los picos de concentración y a qué velocidad del viento se relaciona, la gráfica muestra que para la Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical, los picos máximos de concentración provienen en sentido Noroeste a una velocidad promedio de 0 a 2 m/s que pueden provenir del interior del sitio de disposición final el carrasco.

Figura 37. Rosa de Contaminante NH₃ –Estación 3 - Vientos Abajo Finca El Fical



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

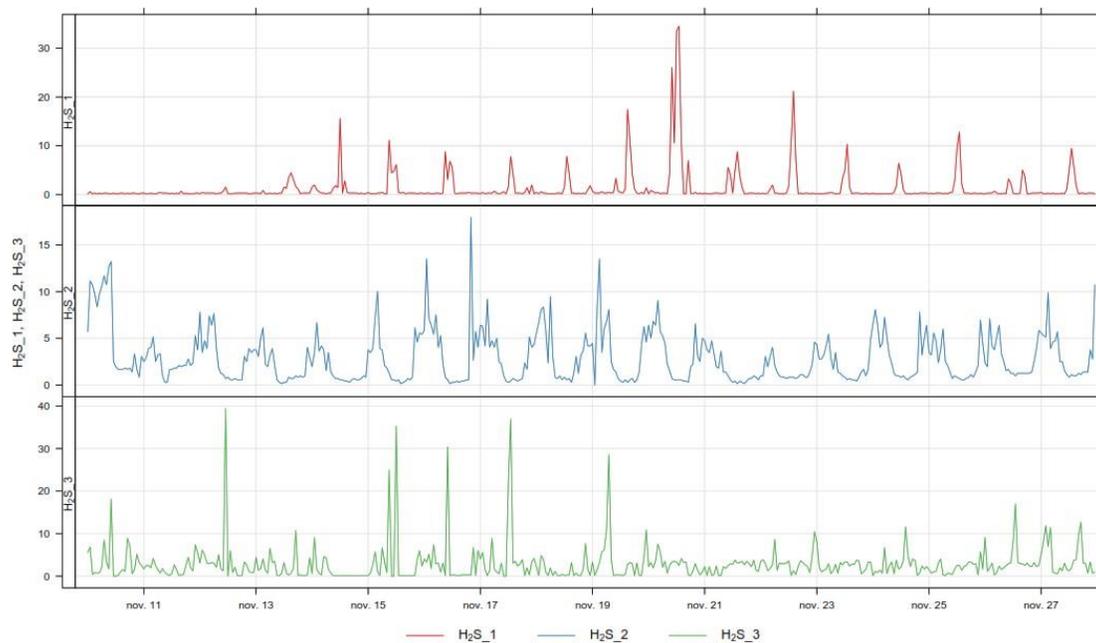
ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos para las tres estaciones de seguimiento se analizan a partir de la tendencia de los contaminantes, con el objetivo de comprender los eventos de altas concentraciones en el área de estudio.

Sulfuro De Hidrogeno – H₂s

Las concentraciones horarias se evalúan a partir de la ilustración 11, donde se observa que el comportamiento de las tendencias no sigue patrones similares entre sí.

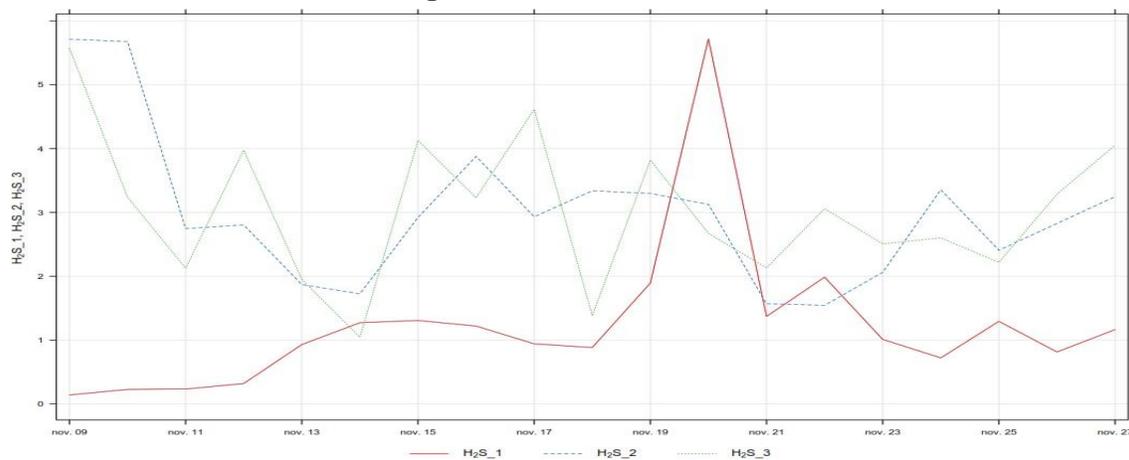
Figura 38. Comparación horaria H₂S



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

Las concentraciones 24 horas no muestran un comportamiento de aumento constante o pico de concentraciones en las tres estaciones, las máximas concentraciones se presentan en cada estación como eventos aislados como se evidencia en la figura 39.

Figura 39. Comparación diaria H₂S

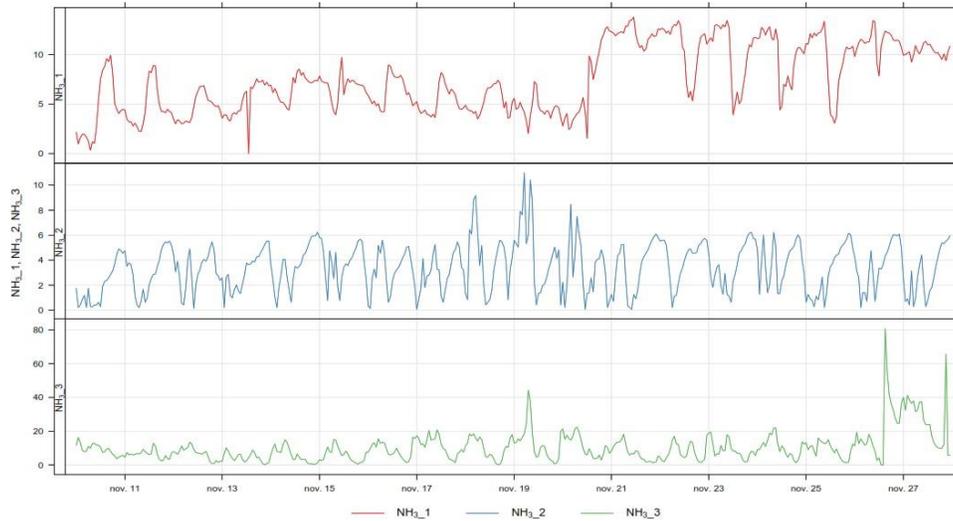


Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

Amoniaco- NH_3

Las bajas concentraciones obtenidas de NH_3 para las tres estaciones en una comparación de los valores horario, muestran un alto ruido en la variabilidad de los resultados, estas muestran eventos de concentraciones máximas que no se correlacionan entre cada estación como se observa en la figura 40.

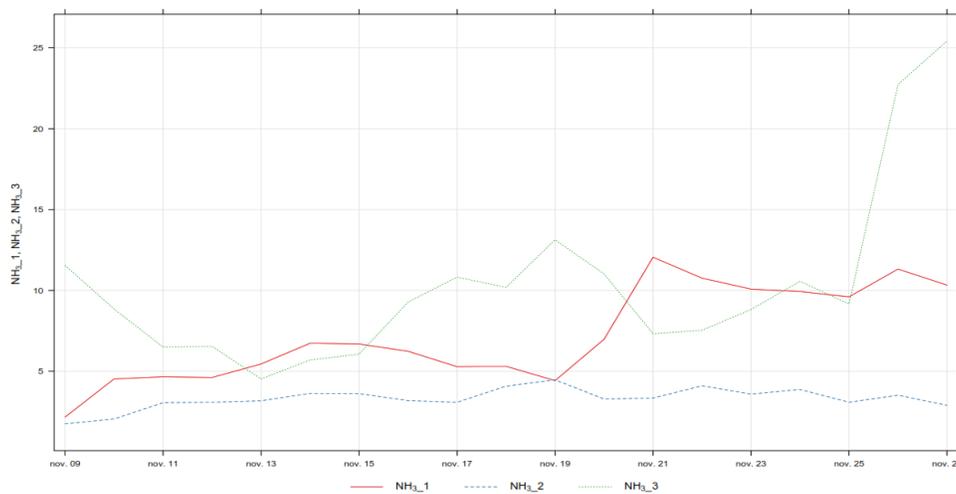
Figura 40. Comparación horaria NH_3



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

Las concentraciones diarias de NH_3 no presentan eventos simultáneos en las tres estaciones, por lo que estas no se relacionan a eventos generales del área de estudio donde se puede presentar por diversas fuentes emisiones de este compuesto, como se observa en la figura 41 los picos de concentraciones diarias no se correlacionan.

Figura 41. Comparación diaria NH_3



Fuente: AIRLAB Consulting S.A.S. – 2022

MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL EL CARRASCO

Introducción

Este estudio presenta la simulación de dispersión de contaminantes del aire para el sitio de disposición final de residuos El Carrasco, que sirve a seis (6) municipios del departamento de Santander: Bucaramanga, Girón, Piedecuesta, Floridablanca, Rionegro y el Playón. El principal propósito de la simulación es identificar los posibles impactos que se puedan asociar a las emisiones generadas por el sitio de disposición final en su escenario de operación y adicional, evaluar el cumplimiento normativo de los límites máximos permisibles establecidos por la Resolución 2254 de 2017 y la Resolución 1541 del 2013 para el escenario de operación actual que considera las emisiones de las fuentes que hacen parte del desarrollo de la actividad.

Las simulaciones consideraron los contaminantes: material particulado, en sus fracciones PM10 y PM2.5, dióxidos de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y amoníaco (NH₃), que son los contaminantes de interés según la naturaleza de las actividades desarrolladas en el área.

La simulación se realizó empleando el modelo regulatorio AERMOD, el cual es un modelo gaussiano de estado estacionario recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA). Para la simulación se empleó meteorología del modelo Weather Research Forecasting, WRF. La guía actual de modelos de calidad del aire de la EPA (U.S. Environmental Protection Agency, 2017) señala que el proceso que realiza la EPA para recomendar un modelo implica una determinación del mérito técnico del modelo que incluye evaluación de desempeño y revisión por pares científicos, y que el uso de modelos recomendados por la EPA (dentro de los que se incluye AERMOD) para aplicaciones particulares no requiere validaciones adicionales.

La simulación se realizó para el escenario actual de operación, en el cual se consideraron las emisiones de las teas que constituyen el sistema de manejo de gases del sitio de disposición final, las emisiones del frente activo del sitio asociadas a las actividades de disposición y cobertura de los residuos, las emisiones de la actividad de almacenamiento y manejo de lixiviados, las emisiones fugitivas que ocurren a través de la superficie del sitio de disposición y las emisiones de los vehículos requeridos para las actividades de operación. La simulación se realizó considerando las medidas de control de material particulado que consisten en el riego de vías. Adicionalmente, el modelo incluyó fuentes de emisión externas, que por su cercanía al Carrasco pueden no estar consideradas dentro de las mediciones empleadas para caracterizar la concentración de fondo.

Normatividad Aplicable Y Contaminantes Simulados

Las simulaciones consideraron los contaminantes: material particulado, en sus fracciones PM10 y PM2.5, dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y los referentes a olores ofensivos; sulfuro de hidrógeno (H₂S) y amoníaco (NH₃) que son los contaminantes regulados de interés según la naturaleza de las actividades desarrolladas en el sitio de disposición. Los niveles máximos permisibles en aire ambiente de estos contaminantes se encuentran establecidos en la Resolución 2254 de 2017 y en la Resolución 1541 de 2013 y se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Niveles máximos permisibles en aire ambiente (µg/m³)

Contaminante	Anual	24 horas	8 horas	1 hora
PM10	50	75		
PM2.5	25	37		
SO ₂		50		100
NO ₂	60			200
CO			5000	35000
H ₂ S		7		30
NH ₃		91		1400

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el impacto de las emisiones atmosféricas de las fuentes asociadas a las actividades desarrolladas en la operación del sitio de disposición final El Carrasco en Bucaramanga, Santander.

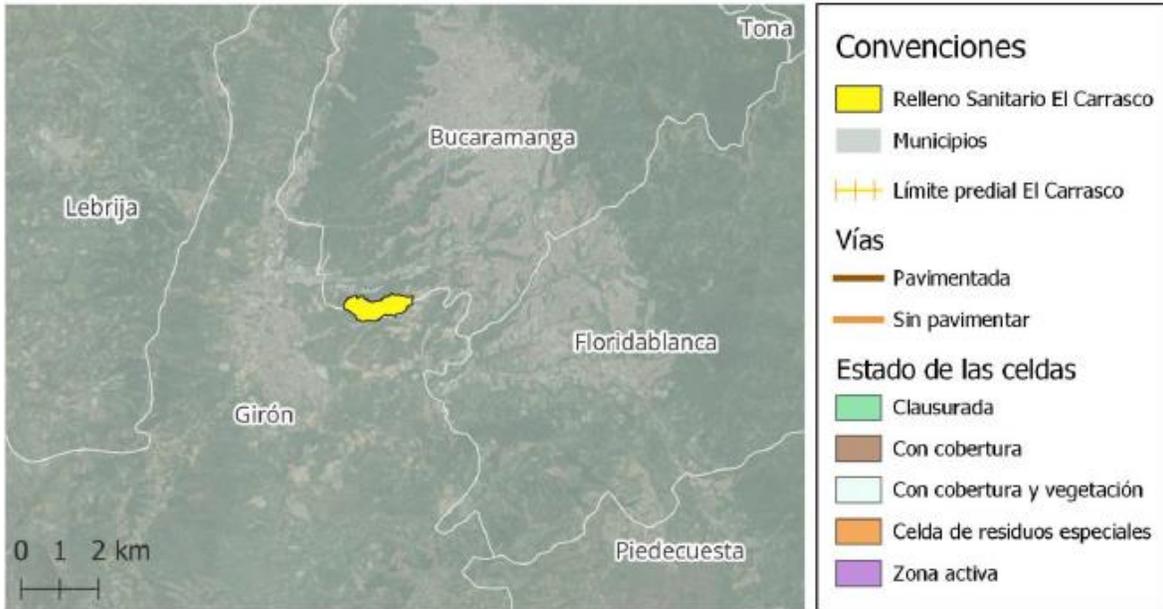
Objetivos específicos

- Estimar las emisiones atmosféricas de las fuentes asociadas a las actividades desarrolladas en la operación del sitio de disposición final El Carrasco.
- Evaluar el cumplimiento normativo de las concentraciones de contaminantes para el escenario de simulación actual de operación.

Descripción Del Proceso Y Sus Fuentes De Emisión

El sitio de disposición final “El Carrasco” se encuentra localizado en el Kilómetro 6 – Vía Girón-Bucaramanga en el Departamento de Santander. A continuación, en la Figura 42 se identifica la localización general del sitio de disposición final El Carrasco.

Figura 42. Localización sitio de disposición final El Carrasco.



Fuente: Emab, 2022

Figura 43. Estado de las subzonas.



Fuente: Emab, 2022

La Figura 43 presenta también el estado de las subzonas del sitio. Algunas de estas ya han sido cerradas y clausuradas y otras se encuentran con cobertura y vegetación. Actualmente, la disposición de residuos se está realizando en la subzona denominada celda de respaldo o zona activa (Figura 43). El sitio también cuenta con un área de disposición de residuos especiales voluminosos”.

Diariamente, ingresan al sitio de disposición final El Carrasco cerca de 130 vehículos pesados con diferentes tipos de residuos. Cada vehículo es registrado en la báscula y posteriormente, según el tipo de residuo que transporte se dirige a la celda de disposición, celda de residuos especiales voluminosos, planta de compostaje o centro de acopio de reciclaje Bello Renacer. En la planta de compostaje se reciben residuos orgánicos (principalmente recolectados en las plazas de mercado) y material de poda.

El Carrasco recibe diariamente cerca de 900 toneladas de residuos no aprovechables que son descargados en el área diariamente delimitada para este fin, denominada como frente de operación. Para esparcir y compactar los residuos se emplea un Buldócer, que realiza la actividad con una frecuencia de al menos tres veces. Todos los días los residuos descargados son cubiertos con material de cobertura o lonas impermeables, incluyendo los taludes que se forman de la celda diaria. Por otro lado, las actividades de transporte, disgregación y compactación del material de cobertura se realizan únicamente durante el periodo diurno.

La descomposición de los residuos dispuestos en el sitio genera biogás conformado principalmente por dióxido de carbono y metano. Para evitar la acumulación de gases, facilitar su salida y controlar la presión interna de poros, el sitio cuenta con un sistema de manejo de gases que está compuesto por una red de chimeneas y trincheras drenantes. Las chimeneas cuentan con tubería perforada revestida en piedra y malla eslabonada que permiten la evacuación pasiva de los gases. Su construcción inicia antes de la disposición de basuras y se ubican sobre el lecho drenante que va en el fondo de las zonas que se llenarán con residuos. Posteriormente se van levantando con el llenado hasta alcanzar una altura igual a la de los residuos. De allí en adelante la chimenea se prolonga empleando tubería no perforada (chimenea) sobresaliendo 2 metros por encima de la cobertura final. Sobre esta tubería se instala un quemador para realizar la combustión del biogás evacuado por los drenes.

Los lixiviados son recolectados y transportados de manera subterránea por medio de una red principal de tubería de polietileno de alta densidad que llegan a las lagunas de estabilización (pondajes) las cuales cuentan con una capacidad de almacenamiento de 7000 m³. Estas lagunas permiten que haya una retención favorable para generar un proceso de homogenización de los lixiviados provenientes de los diferentes afluentes de las diversas celdas o subzonas. Posteriormente, estos pasan a la Planta de Tratamiento de Lixiviados – PTLX, la cual consta de cinco fases que garantizan su estabilización a través de procesos fisicoquímicos generando un vertimiento con bajas concentraciones de DQO, DBO₅, sólidos y metales.

Fuentes De Emisión Y Su Idealización En El Modelo De Dispersión

Las emisiones atmosféricas asociadas a la operación del sitio incluyen: las emisiones por combustión de biogás a través de las teas que constituyen el sistema de manejo de gases del sitio; las emisiones fugitivas y emisiones por combustión de la maquinaria usada para las actividades de disposición y cobertura de los residuos; las emisiones de la actividad de almacenamiento y manejo de lixiviados; las emisiones fugitivas que ocurren a través de la superficie del sitio de disposición final, y las emisiones de los vehículos requeridos para las actividades del proyecto. Dentro de las medidas de manejo, el proyecto realiza control de emisiones de material particulado mediante el riego de vías y de los gases generados en el proceso mediante la combustión del biogás extraído por las chimeneas instaladas.

La Tabla 23 presenta las actividades del proyecto que pueden generar emisiones atmosféricas significativas, el tipo de fuentes de emisión de cada actividad y su idealización en el modelo de dispersión.

Las emisiones del sistema de manejo de gases incluyen las generadas por combustión de biogás a través de las teas o quemadores. Estas emisiones son representadas en el modelo durante las 24 horas de los 365 días simulados. Por otro lado, en los 4 meses en que se simuló cada polígono del frente activo, se consideraron emisiones directas de gases H₂S y NH₃ a través de las teas.

Tabla 23. Idealización de actividades en el modelo de dispersión

Componente	Idealización de actividades en el modelo	Fuentes	Temporalidad
Sistema de manejo de gases	Emisiones por combustión y liberación de gases a través de las chimeneas que constituyen el sistema de manejo de gases del sitio	Fuentes puntuales: emisiones por combustión (PM10, PM2.5, SO ₂ , NO ₂ CO, H ₂ S) del sistema de teas del sitio.	Operación durante las 24 horas del día
Fuentes puntuales: emisiones de H ₂ S y NH ₃ por liberación de gases en teas ubicadas en el frente activo.		Operación durante las 24 horas del día (sólo durante los periodos de 4 meses por cada polígono del frente activo)	
Frente activo	Emisiones fugitivas y emisiones por combustión de la maquinaria usada para las actividades de disposición y cobertura de los residuos.	Fuentes de área: emisiones fugitivas (PM10 y PM2.5) por manejo de material de cobertura y emisiones por combustión de maquinaria empleada (PM10, PM2.5, SO ₂ , NO ₂ , CO)	Emisiones durante el periodo diurno (11 horas)
Fuentes de área: emisiones por combustión de maquinaria para la disposición y compactación de residuos (PM10, PM2.5, SO ₂ , NO ₂ , CO)		Operación durante las 24 horas del día	

Fuentes de área: emisiones fugitivas de H ₂ S por manejo de residuos		Operación durante las 24 horas del día	
Manejo de lixiviados	Emisiones asociadas a la actividad de almacenamiento y manejo de lixiviados.	Fuentes de área: emisiones de NH ₃ por almacenamiento y manejo de lixiviados	Operación durante las 24 horas del día
Área de sitio	Emisiones fugitivas del suelo del sitio sanitario.	Fuentes de área: emisiones fugitivas de H ₂ S y NH ₃ del suelo del sitio	Operación durante las 24 horas del día
Transporte	Emisiones de los vehículos requeridos para las actividades de operación	Fuentes móviles: emisiones por combustión (PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ , NO ₂ , CO) y resuspensión (PM ₁₀ , PM _{2.5}).	Operación durante las 24 horas del día según perfil horario de la actividad
Fuentes externa	Emisiones por combustión en las ladrilleras aledañas al sitio de disposición final	Fuentes puntuales: emisiones por combustión (PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ , NO ₂) de hornos.	Operación durante 48 horas a la semana para 2 fuentes y 24 horas al día para 1 fuente

Fuente: Emab, 2022

Descripción Del Modelo

Los modelos de dispersión son una solución costo-efectiva para simular los impactos de las fuentes de emisión en las concentraciones ambiente de contaminantes bajo diferentes condiciones atmosféricas. Entre los diferentes enfoques de modelación, el modelo gaussiano es el comúnmente empleado para propósitos regulatorios.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos considera el uso de modelos tipo “screening” y modelos refinados. Los modelos tipo “screening” realizan una primera aproximación a la dispersión de contaminantes que permita determinar si se requiere realizar modelación avanzada. Entre los modelos avanzados recomendados por la EPA para propósitos regulatorios se encuentra el modelo AERMOD, con el cual es posible hacer un procesamiento más refinado incluyendo modelos digitales de elevación, características de la superficie, información meteorológica en superficie y en altura, entre otros, obteniendo superficies de concentración promedio anuales y máximos de concentración (horaria, 24 horas) para el dominio de simulación.

La simulación se realizó empleando el modelo AERMOD (Software AERMOD View versión 10.0.1). AERMOD es un modelo de dispersión de pluma gaussiana de estado estacionario, lo cual implica que para cada hora la tasa de emisión y condiciones meteorológicas se consideran uniformes dentro del dominio de modelación (Bluett et al., 2004; U.S. Environmental Protection Agency, 2004). En la capa límite el modelo asume una distribución gaussiana de las concentraciones en la dirección vertical y horizontal, mientras que en la capa límite convectiva se asume distribución gaussiana en la dirección horizontal y una distribución vertical descrita a través de una función de

densidad de probabilidad bi-gaussiana. Los detalles de la formulación del modelo se encuentran en United States Environmental Protection Agency (USEPA), (2016).

El proceso de desarrollo de AERMOD incluyó siete etapas dentro de las que se encuentran la formulación del modelo, evaluación del desarrollo del modelo, revisión interna, revisión de la formulación, evaluación de desempeño, revisión por pares y envío a la oficina de la EPA para su consideración como modelo regulatorio. Como resultado de este proceso AERMOD se encuentra dentro de la lista de modelos regulatorios recomendados de la EPA.

La guía actual de modelos de calidad del aire de la EPA (U.S. Environmental Protection Agency, 2017) señala que el proceso que realiza la EPA para recomendar un modelo implica una determinación del mérito técnico del modelo que incluye evaluación de desempeño y revisión por pares científicos, y que el uso de modelos recomendados por la EPA (dentro de los que se incluye AERMOD) para aplicaciones particulares no requiere validaciones adicionales. Además, la EPA considera que la práctica de calibración es inaceptable para los modelos gaussianos debido a que la gran incertidumbre, tanto en fuentes de emisión como en meteorología, hace difícil estimar de forma precisa la concentración en un punto y momento dado. Según, Irwin, (2014), AERMOD es un modelo diseñado para predecir el patrón promedio de concentración de un grupo de horas que tengan condiciones dispersivas muy similares, y es un error común tratar los resultados del modelo como pseudo-monitores, ya que el modelo no está construido para predecir las variaciones estocásticas que impactan las observaciones de corto plazo.

RESULTADOS

Concentraciones ambientales

En esta sección se presentan los resultados de las simulaciones para cada contaminante y tiempo de exposición. Los resultados para tiempo de exposición anual corresponden a la concentración promedio del año simulado. Para tiempos de exposición cortos los resultados se presentan empleando el percentil 98, el cual se refiere a la octava concentración máxima simulada durante el año. Esta forma de presentación de resultados para tiempos de exposición cortos obedece a las recomendaciones de la EPA, que fueron recientemente acogidas en términos de referencia publicados por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, según las cuales para los tiempos de exposición cortos la presentación de resultados del modelo no debe ser realizada con el primer máximo. Sin embargo, el modelo fue configurado para reportar el primer, segundo y octavo máximo. Estos datos pueden ser consultados en los anexos correspondientes a las salidas del modelo de dispersión. Los resultados presentados en esta sección incluyen la concentración de fondo.

Esta sección también presenta los resultados de concentración y aportes por grupo de fuentes en receptores de interés para el mayor tiempo de exposición de cada contaminante (anual o 24 horas). La Tabla 24 presenta los receptores de interés y en la

Figura 44 presenta su ubicación. Por otro lado, la Tabla 24 presenta los grupos de fuentes considerados para el análisis de aportes de emisiones.

Tabla 24. Coordenadas de receptores de interés

Id	Nombre	X UTM Z18N	Y UTM Z18N	X MAGNA SIRGAS ORIGEN UNICO	Y MAGNA SIRGAS ORIGEN UNICO
1	Pueblo Viejo	704350.4	782285.7	4983455.0	2339618.6
2	El Fical	705380.8	782474.5	4984485.3	2339802.8
3	Parque Contemplativo	705415.4	782822.7	4984521.3	2340150.5
4	Zona industrial	704685.3	783110.2	4983793.1	2340441.0
5	El porvenir	706065.9	783157.5	4985172.7	2340482.2

Fuente: Emab, 2022

Figura 44. Ubicación de los receptores de interés



Fuente: Emab, 2022

Tabla 25. Grupos de fuentes

Grupos de fuentes	Descripción
F. MÓVILES	Fuentes relacionadas a las emisiones por combustión y resuspensión de vías.
TEAS	Fuentes puntuales del proyecto
MANEJO RESIDUOS	Fuentes del área activa. Emisiones por combustión y fugitivas de H ₂ S por actividades de compactación y descarga
COBERTURA DE RESIDUOS	Fuente del área activa. Emisiones por combustión y fugitivas de material particulado por el manejo de material de cobertura

EMISIONES FUGITIVAS	Fuente de área. Emisiones fugitivas de H ₂ S y NH ₃ en todas las subzonas del sitio.
LIXIVIADOS	Fuente de área correspondiente a las emisiones de NH ₃ por el manejo de lixiviados en los pondajes.
FUENTES EXTERNAS	Corresponde a las emisiones por parte de las empresas de fabricación de ladrillos aledañas al sitio.

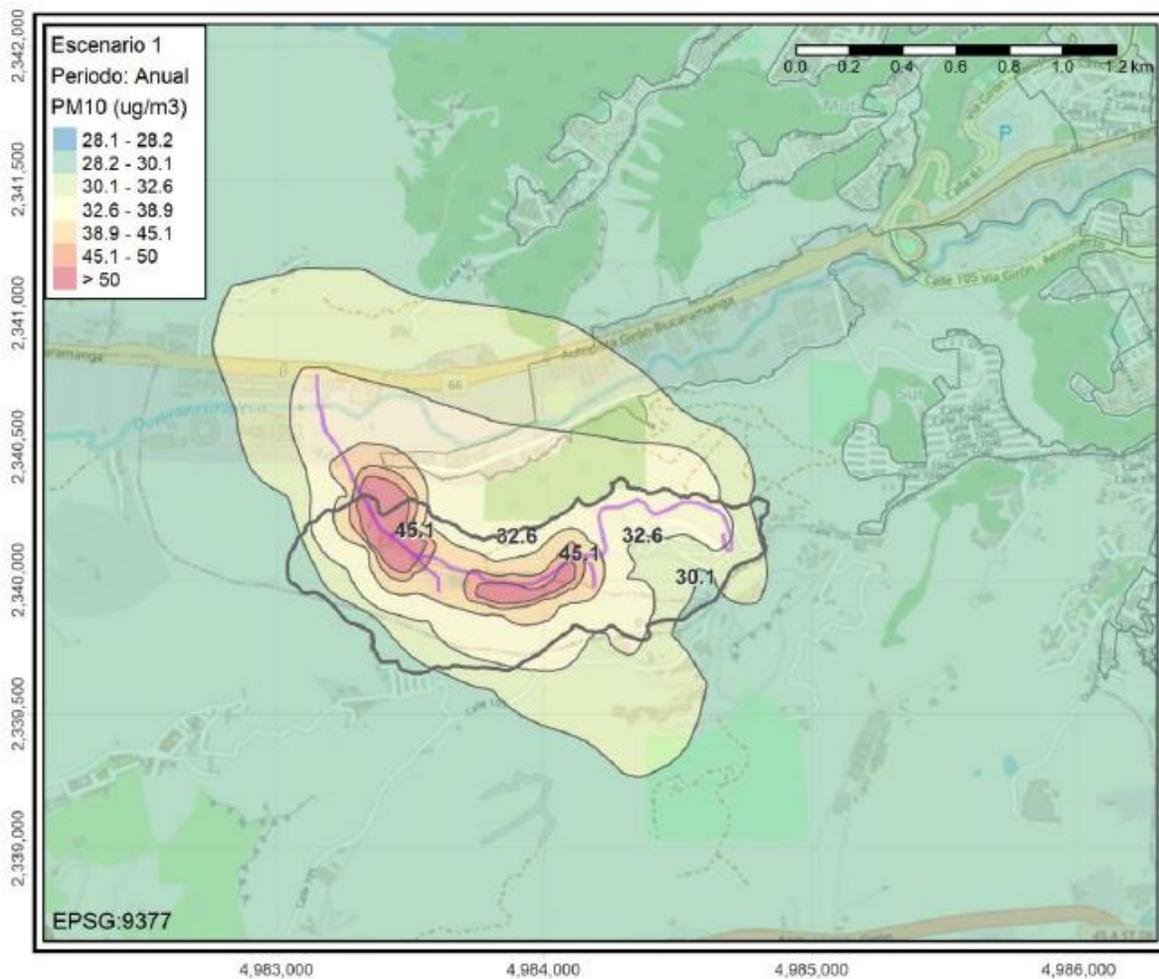
Fuente: Emab, 2022

Material particulado PM10

Tiempo de exposición anual

La Figura 45 presenta la concentración promedio anual del contaminante PM10 para el escenario operativo del proyecto. En gran parte del dominio las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles. Solo se presentan concentraciones superiores a 50 µg/m³ en receptores ubicados muy cerca de las vías internas, lo cual se debe a las emisiones por resuspensión. Sin embargo, los factores tomados para la estimación de estas emisiones podrían generar sobreestimaciones de acuerdo con Fitz and Bumiller, (2021).

Figura 45. Mapa de isopletas de PM10 para el periodo anual



Fuente: Emab, 2022

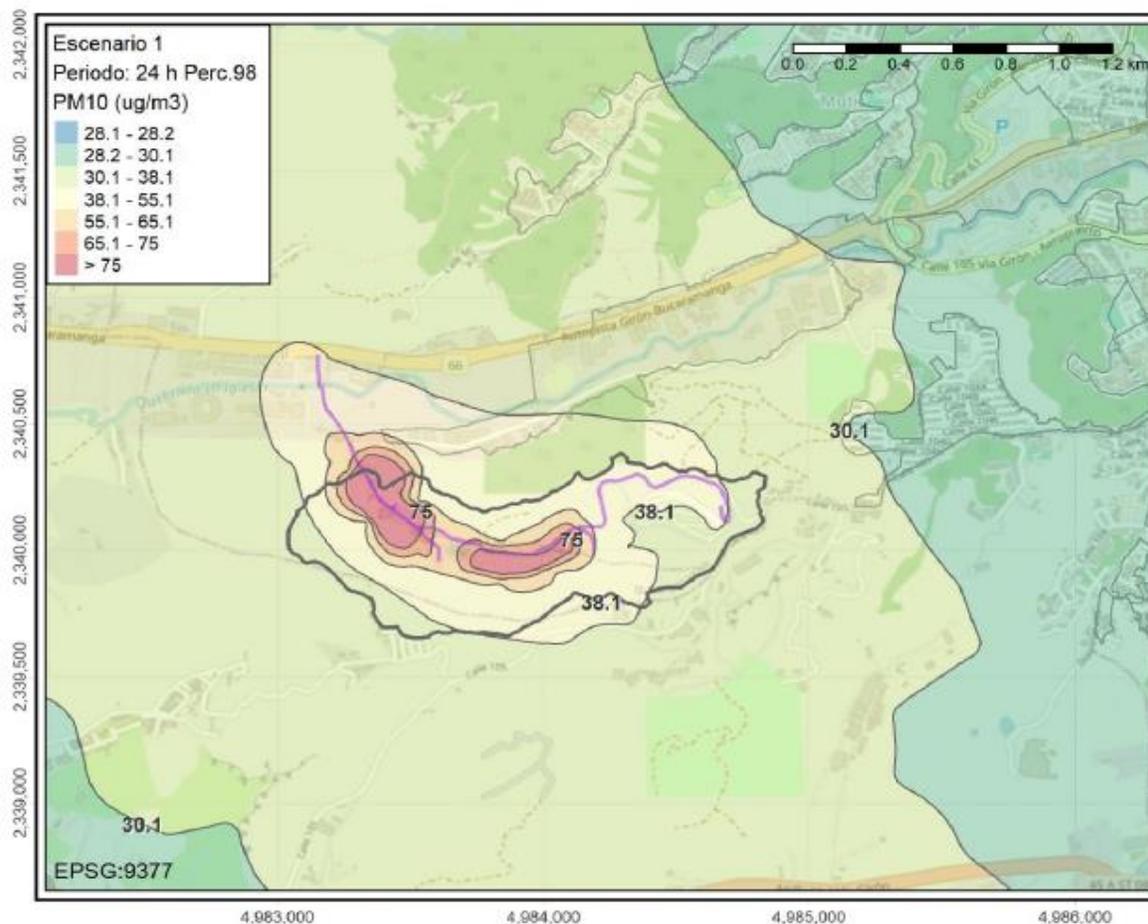
La Tabla 26 presenta los aportes de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por grupo de fuentes, el aporte total de las fuentes simuladas (incluye fuentes externas) y concentración máxima (fondo incluido) para tiempo de exposición anual en los receptores de interés. El mayor aporte se presenta por las fuentes móviles en las vías de acceso. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 26. Aportes de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para exposición anual en receptores de interés

Id	Nombre	Aporte total	Cobertura de residuos	F. móviles	Fuentes externas	Manejo residuos	Teas	Conc. fondo incluido
4	Zona industrial	6,21	0,01	5,80	0,25	0,05	0,09	34,31
3	Parque Contemplativo	3,09	0,02	2,60	0,40	0,01	0,06	31,19
2	El Fical	1,72	0,20	0,92	0,51	0,03	0,06	29,82
1	Pueblo Viejo	0,71	0,00	0,62	0,05	0,01	0,02	28,81
5	El porvenir	0,38	0,00	0,20	0,17	0,00	0,01	28,48

Fuente: Emab, 2022

Figura 46. Mapa de isopletas de PM10 para el periodo 24 horas



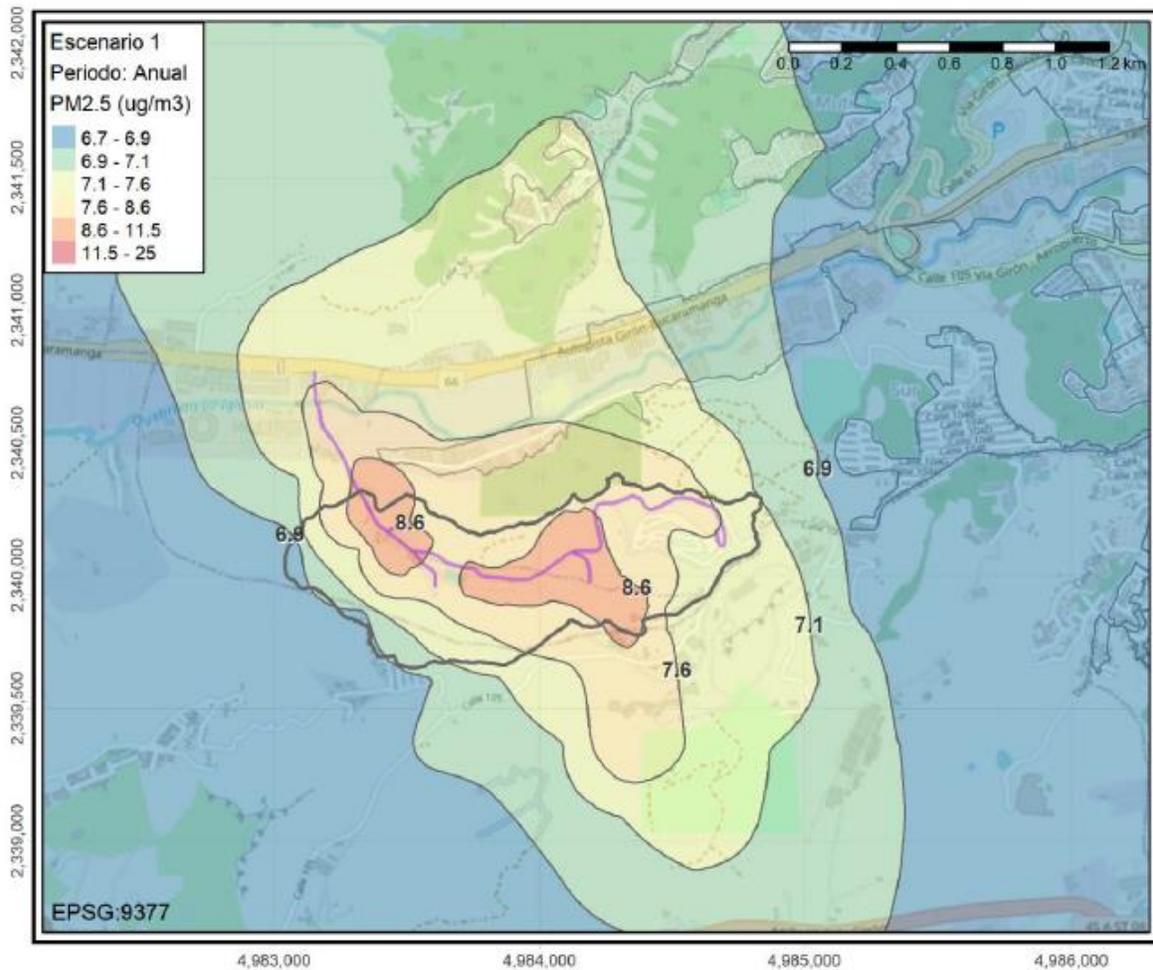
Fuente: Emab, 2022

Material particulado (PM2.5)

Tiempo de exposición anual

La Figura 47 presenta la concentración promedio anual del contaminante PM2.5 para el escenario operativo del sitio de disposición. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 47. Mapa de isopletras de PM2.5 para el periodo anual



Fuente: Emab, 2022

La Tabla 27 presenta los aportes de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por grupo de fuentes, el aporte total de las fuentes simuladas (incluye fuentes externas) y concentración máxima (fondo incluido) para tiempo de exposición anual en los receptores de interés. Se observa que el mayor aporte se presenta por las fuentes móviles en las vías de acceso. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 27. Aportes de PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para exposición anual en receptores de interés

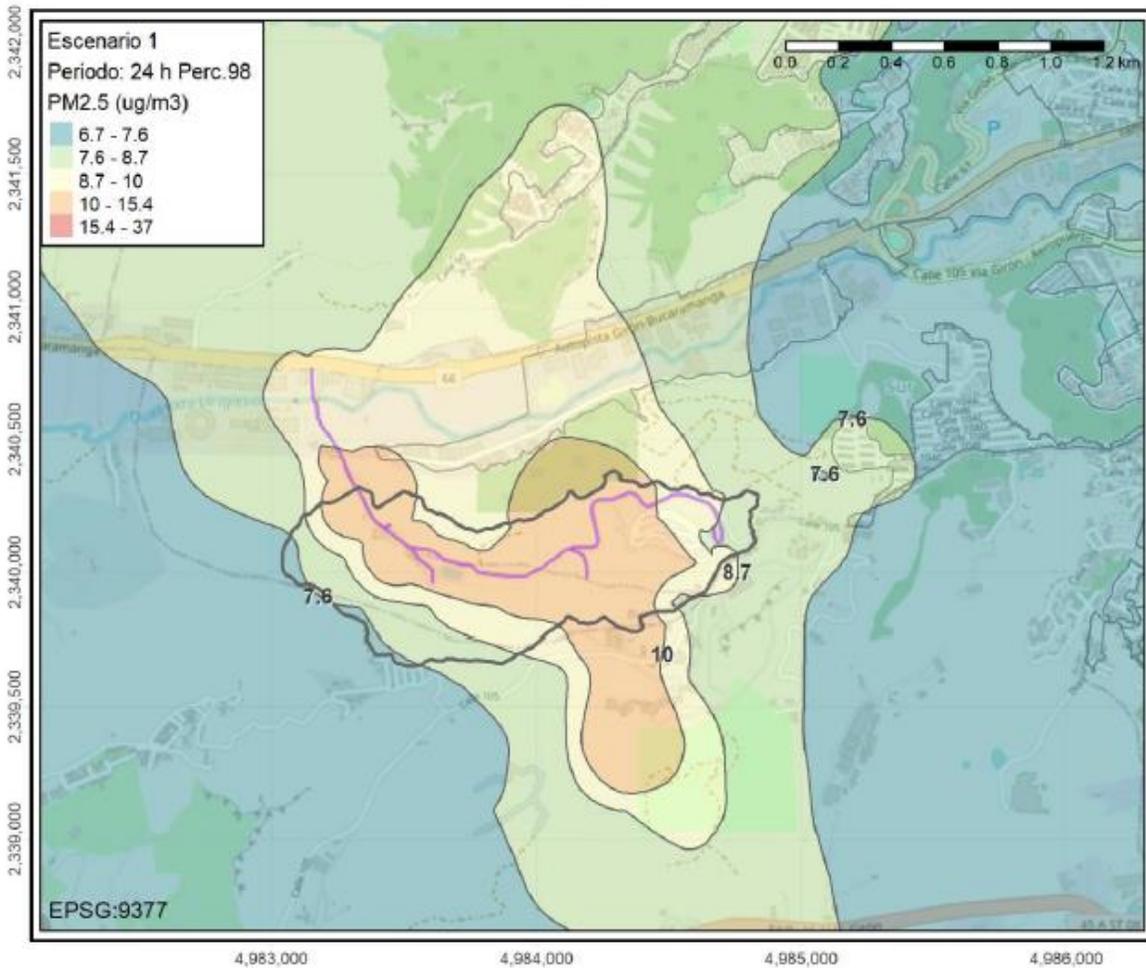
Id	Nombre	Aporte total	Cobertura de residuos	F. móviles	Fuentes externas	Manejo residuos	Teas	Conc. fondo incluido
4	Zona industrial	1,00	0,01	0,59	0,25	0,05	0,09	7,70
2	El Fical	0,82	0,13	0,09	0,51	0,03	0,06	7,52
3	Parque Contemplativo	0,75	0,01	0,26	0,40	0,01	0,06	7,45
5	El porvenir	0,20	0,00	0,02	0,17	0,00	0,01	6,90
1	Pueblo Viejo	0,15	0,00	0,06	0,05	0,01	0,02	6,85

Fuente: Emab, 2022

Tiempo de exposición 24 horas

La Figura 48 las isopletas del percentil 98 de la concentración máxima de 24 horas para el contaminante PM2.5 para el proyecto. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 48. Mapa de isopletas de PM2.5 para el periodo 24 horas



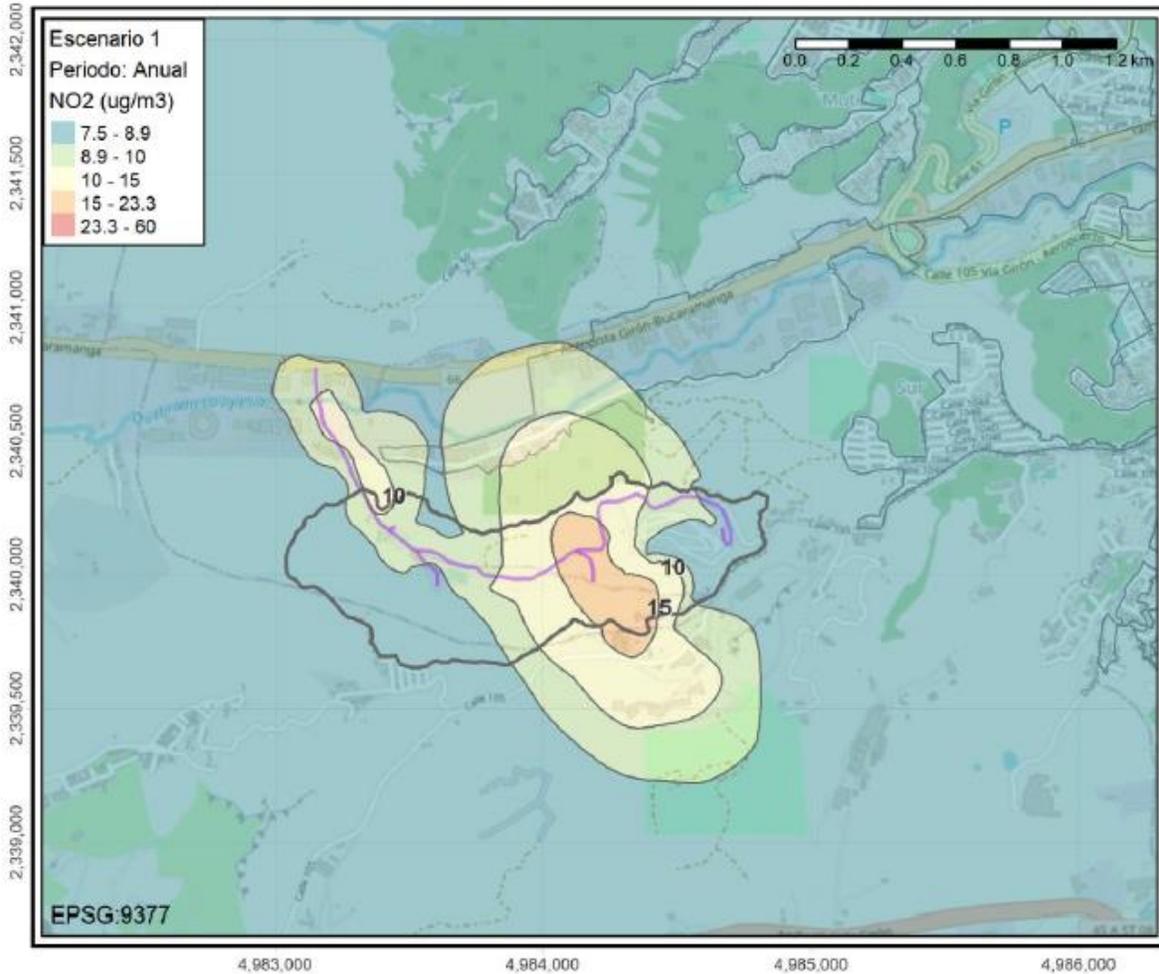
Fuente: Emab, 2022

Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Tiempo de exposición anual

La Figura 49 presenta la concentración promedio anual del contaminante NO₂ para el escenario operativo del sitio de disposición. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 49. Mapa de isopletas de NO₂ para el periodo anual



Fuente: Emab, 2022

La Tabla 28 presenta los aportes de NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por grupo de fuentes, el aporte total de las fuentes simuladas (incluye fuentes externas) y concentración máxima (fondo incluido) para tiempo de exposición anual en los receptores de interés. Se observa que en todos los receptores las concentraciones se encuentran por debajo del nivel máximo permisible (60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 28. Aportes de NO₂ (µg/m³) para exposición anual en receptores de interés

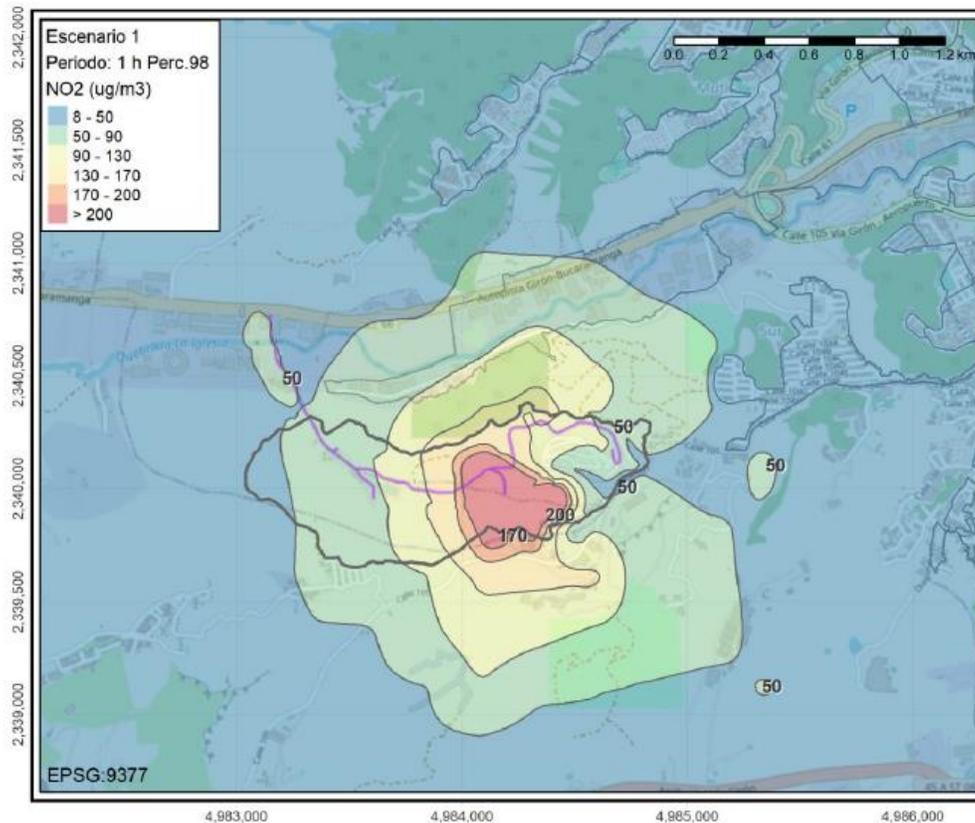
Id	Nombre	Aporte total	Cobertura de residuos	F. móviles	Fuentes externas	Manejo residuos	Teas	Conc. fondo incluido
2	El Fical	2,14	0,85	0,05	0,18	0,94	0,12	9,64
4	Zona industrial	2,07	0,05	0,31	0,08	1,45	0,19	9,57
3	Parque Contemplativo	0,88	0,09	0,13	0,15	0,39	0,13	8,38
1	Pueblo Viejo	0,49	0,01	0,03	0,02	0,38	0,05	7,99
5	El porvenir	0,20	0,01	0,01	0,07	0,10	0,01	7,70

Fuente: Emab, 2022

Tiempo de exposición 1 hora

La Figura 50 presenta las isopletas del percentil 98 de la concentración máxima de 1 hora para el contaminante NO₂ para el proyecto. En gran parte del dominio las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 50. Mapa de isopletas de NO₂ para el periodo 1 hora.



Fuente: Emab, 2022

El modelo predice algunas concentraciones superiores a 200 µg/m³ cerca de las fuentes que representan las emisiones de combustión de la maquinaria empleada en el frente activo. Sin embargo, es importante resaltar que es ampliamente reconocido que los modelos de dispersión son más confiables para estimar las concentraciones de

tiempos de exposición largos que para tiempos de exposición cortos (Barratt, 2001), y que las estimaciones para tiempos cortos pueden estar impactadas por incertidumbres tanto en las condiciones meteorológicas como incertidumbres propias de los modelos gaussianos.

Adicionalmente, para el NO₂ debe tenerse en cuenta que las emisiones de equipos de combustión corresponden principalmente a NO, y que solo una parte es convertida a NO₂. Para este modelo se empleó el enfoque nivel 2 de la guía de modelos de calidad del aire de la EPA, en la que se asume una conversión basada en una relación de equilibrio de NO₂ a NO_x en aire ambiente propuesta por la EPA. Sin embargo, este sigue siendo un enfoque conservador que sobreestima la formación de NO₂.

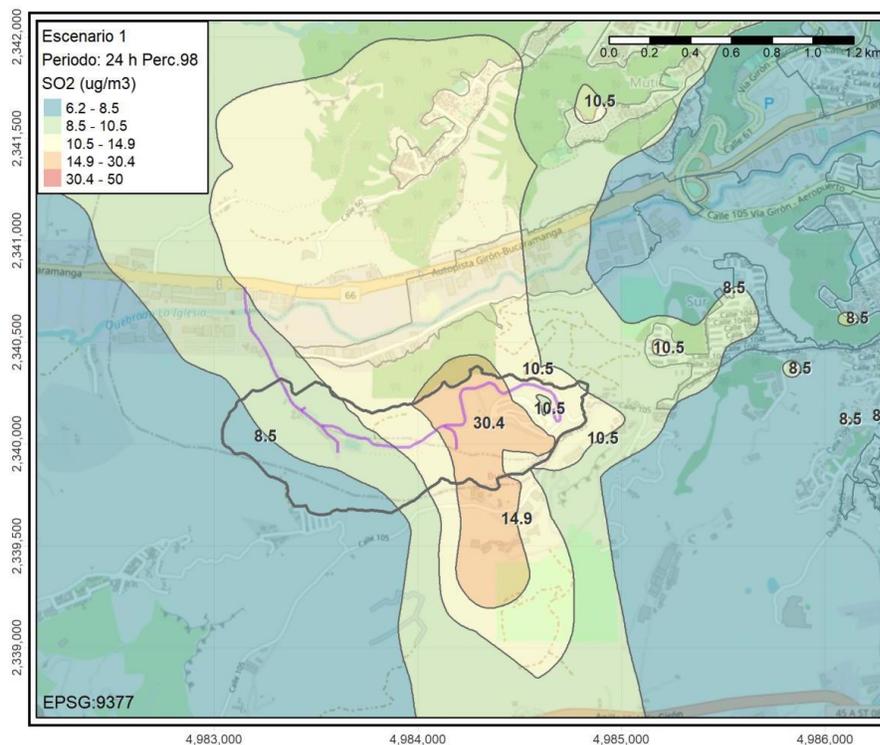
Dióxido de azufre (SO₂)

Tiempo de exposición 24 horas

La Figura 51 presenta las isopletas del percentil 98 de la concentración máxima de 24 horas para el contaminante SO₂ teniendo en cuenta todas las fuentes del proyecto y las fuentes externas (ladrilleras) ubicadas en áreas aledañas a El Carrasco. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Las mayores concentraciones están asociadas a las emisiones de fuentes externas (ladrilleras) que emplean carbón como combustible. Es importante resaltar que los resultados corresponden a la octava concentración máxima de 24 horas del periodo simulado (365 días) y no al promedio anual del contaminante, por lo cual los resultados reflejan un escenario que podría presentarse con las tres ladrilleras operando simultáneamente bajo condiciones meteorológicas desfavorables para la dispersión de contaminantes. Adicionalmente, como se mencionó anteriormente, los modelos de dispersión son más confiables para estimar las concentraciones de tiempos de exposición largos que para tiempos de exposición cortos (Barratt, 2001), y las estimaciones para tiempos cortos pueden estar impactadas por incertidumbres tanto en las condiciones meteorológicas como incertidumbres propias de los modelos gaussianos.

Figura 51. Mapa de isoplethas de SO₂ para el periodo 24 horas.



Fuente: Emab, 2022

La Tabla 29 presenta los aportes de SO₂ (µg/m³) por grupo de fuentes, el aporte total de las fuentes simuladas (incluye fuentes externas) y concentración máxima (fondo incluido) para tiempo de exposición de 24 horas en los receptores de interés. Se observa que, en todos los receptores, la mayor parte de los aportes a las concentraciones de SO₂ (98% aproximadamente) son atribuibles a las fuentes externas. Sin embargo, todas las concentraciones se encuentran por debajo del nivel máximo permisible.

Tabla 29. Aporte de SO₂ (µg/m³) para tiempo de exposición diario en receptores de interés

Id	Nombre	Aporte total	Cobertura de residuos	F. móviles	Fuentes externas	Manejo de residuos	Teas	Conc. fondo incluido
2	El Fical	10,10	0	0	10,07	0	0,07	16,20
3	Parque Contemplativo	9,78	0	0	9,76	0	0,05	15,88
4	Zona industrial	6,32	0	0	6,19	0	0,13	12,42
5	El porvenir	5,12	0	0	5,11	0	0,02	11,22
1	Pueblo Viejo	1,42	0	0	1,40	0	0,04	7,52

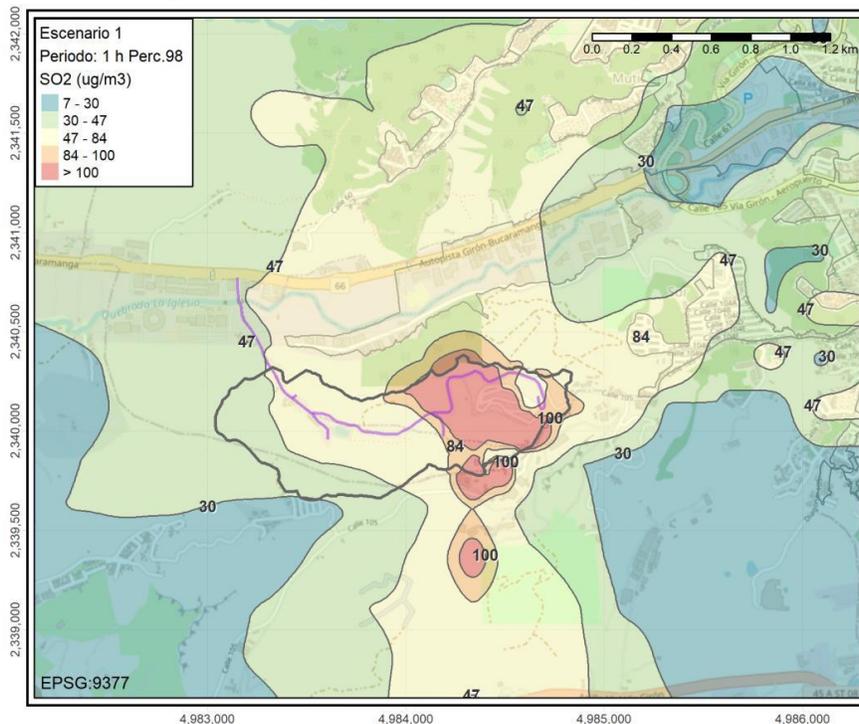
Fuente: Emab, 2022

Tiempo de exposición 1 hora

La Figura 52 presenta las isoplethas del percentil 98 de la concentración máxima de 1 hora para el contaminante SO₂ teniendo en cuenta todas las fuentes del proyecto y las

fuentes externas (ladrilleras ubicadas en predios aledaños). Las concentraciones superiores a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se presentan en los receptores ubicados muy cerca de las ladrilleras aledañas al sitio de disposición final. Estas fuentes de emisión son hornos que emplean carbón mineral como combustible.

Figura 52. Mapa de isopletras de SO₂ para el periodo 1 hora



Fuente: Emab, 2022

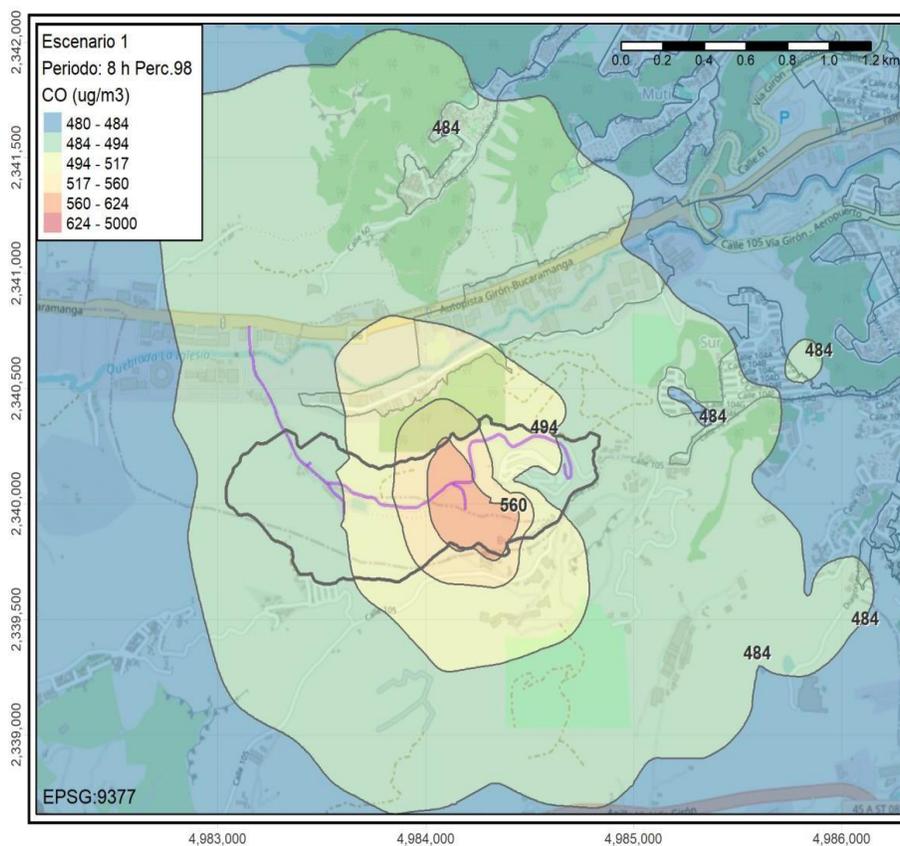
Es importante resaltar que los resultados corresponden a la octava concentración máxima de 1 hora del periodo simulado (8760 horas) y no al promedio anual del contaminante, por lo cual los resultados reflejan un escenario que podría presentarse con las tres ladrilleras operando simultáneamente bajo condiciones meteorológicas desfavorables para la dispersión de contaminantes. Adicionalmente, como se mencionó anteriormente, los modelos de dispersión son más confiables para estimar las concentraciones de tiempos de exposición largos que para tiempos de exposición cortos (Barratt, 2001), y las estimaciones para tiempos cortos pueden estar impactadas por incertidumbres tanto en las condiciones meteorológicas como incertidumbres propias de los modelos gaussianos.

Monóxido de carbono (CO)

Tiempo de exposición 8 horas

La Figura 53 presenta las isopletras del percentil 98 de la concentración máxima de 8 horas para el contaminante CO teniendo en cuenta todas las fuentes del proyecto y las fuentes externas. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 53. Mapa de isopletas de CO para el periodo 8 horas.



Fuente: Emab, 2022

La Tabla 30 presenta los aportes de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por grupo de fuentes, el aporte total de las fuentes simuladas y concentración máxima (fondo incluido) para tiempo de exposición de 8 horas en los receptores de interés. Se observa que en todos los receptores las concentraciones se encuentran por debajo del nivel máximo permisible ($5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabla 30. Aportes de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para tiempo de exposición de 8 h en receptores de interés

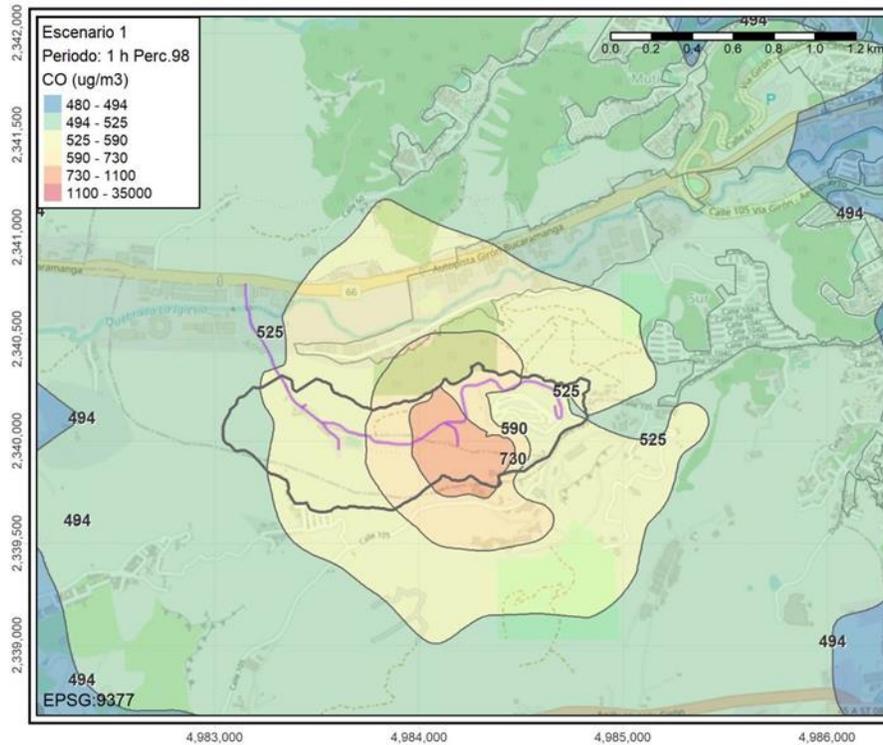
Id	Nombre	Aporte total	Cobertura de residuos	F. móviles	Manejo de residuos	Teas	Conc. fondo incluido
4	Zona industrial	23,16	2,47	0,31	7,47	16,91	502,96
2	El Fical	13,90	3,42	0,05	4,67	9,27	493,70
3	Parque Contemplativo	12,42	0,68	0,13	4,71	9,06	492,22
1	Pueblo Viejo	9,35	0,20	0,13	4,69	5,56	489,15
5	El porvenir	3,63	0,13	0,04	1,47	2,30	483,43

Fuente: Emab, 2022

Tiempo de exposición 1 hora

La Figura 54 presenta las isoplethas del percentil 98 de la concentración máxima de 1 hora para el contaminante CO teniendo en cuenta todas las fuentes del proyecto. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 54. Mapa de isoplethas de CO para el periodo 1 hora.



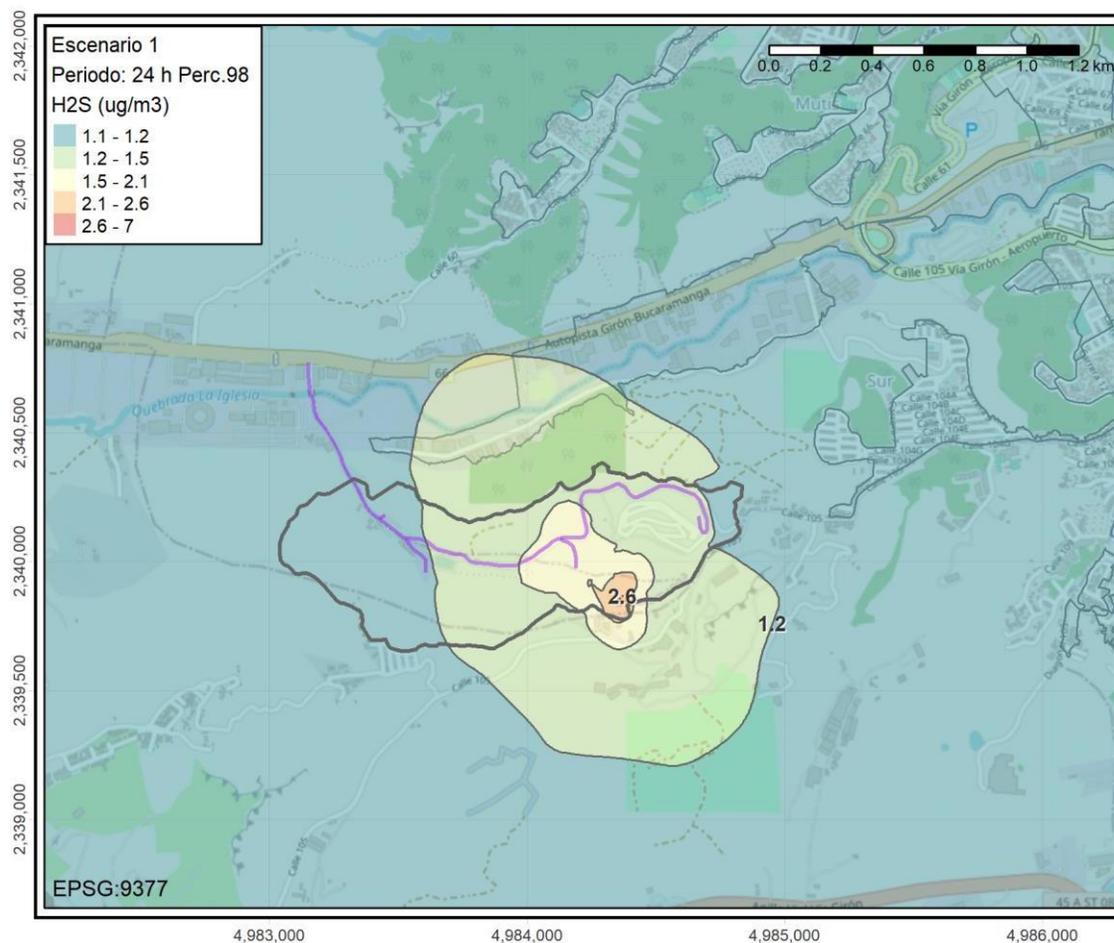
Fuente: Emab, 2022

Sulfuro de hidrógeno (H₂S)

Tiempo de exposición 24 horas

La Figura 55 presenta las isoplethas del percentil 98 de la concentración máxima de 24 horas para el contaminante H₂S teniendo en cuenta todas las fuentes del proyecto. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 55. Mapa de isoplethas de H₂S para el periodo 24 horas.



La Tabla 31 presenta los aportes de H₂S (µg/m³) por grupo de fuentes, aporte total de las fuentes y concentración máxima (fondo incluido) para tiempo de exposición de 24 horas en receptores de interés. Se observa que en todos los receptores las concentraciones se encuentran por debajo del nivel máximo permisible (7 µg/m³).

Tabla 31. Aportes de H₂S (µg/m³) para exposición crónica en receptores de interés

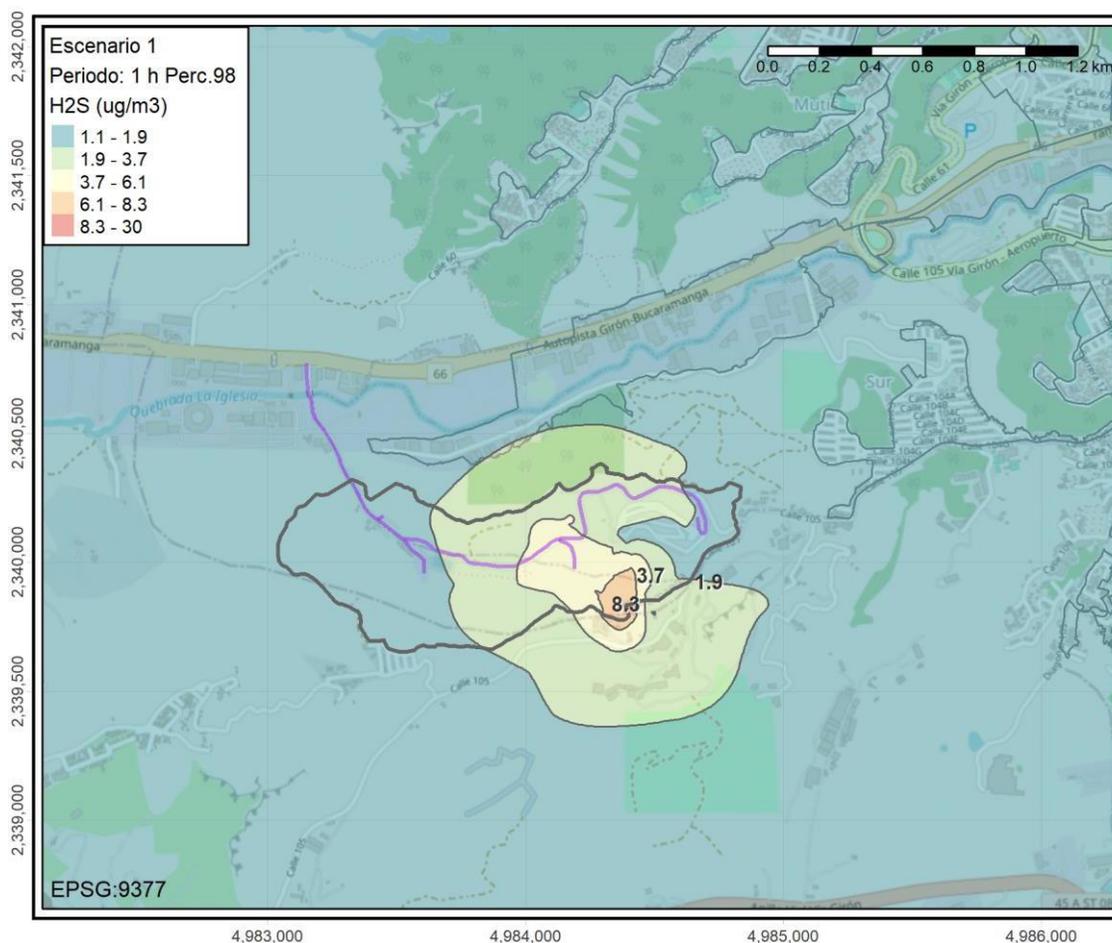
Id	Nombre	Aporte total	Emisiones fugitivas	Manejo residuos	Teas	Conc. fondo incluido
2	El Fical	0,09	0,08	0,01	0,01	1,25
4	Zona industrial	0,07	0,05	0,01	0,01	1,23
3	Parque Contemplativo	0,06	0,05	0,00	0,01	1,22
1	Pueblo Viejo	0,03	0,02	0,00	0,00	1,19
5	El porvenir	0,01	0,01	0,00	0,00	1,17

Fuente: Emab, 2022

Tiempo de exposición 1 hora

La Figura 56 presenta las isopletas del percentil 98 de la concentración máxima de 1 hora para el contaminante H₂S teniendo en cuenta todas las fuentes del proyecto. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 56. Mapa de isopletas de H₂S para el periodo 1 hora.



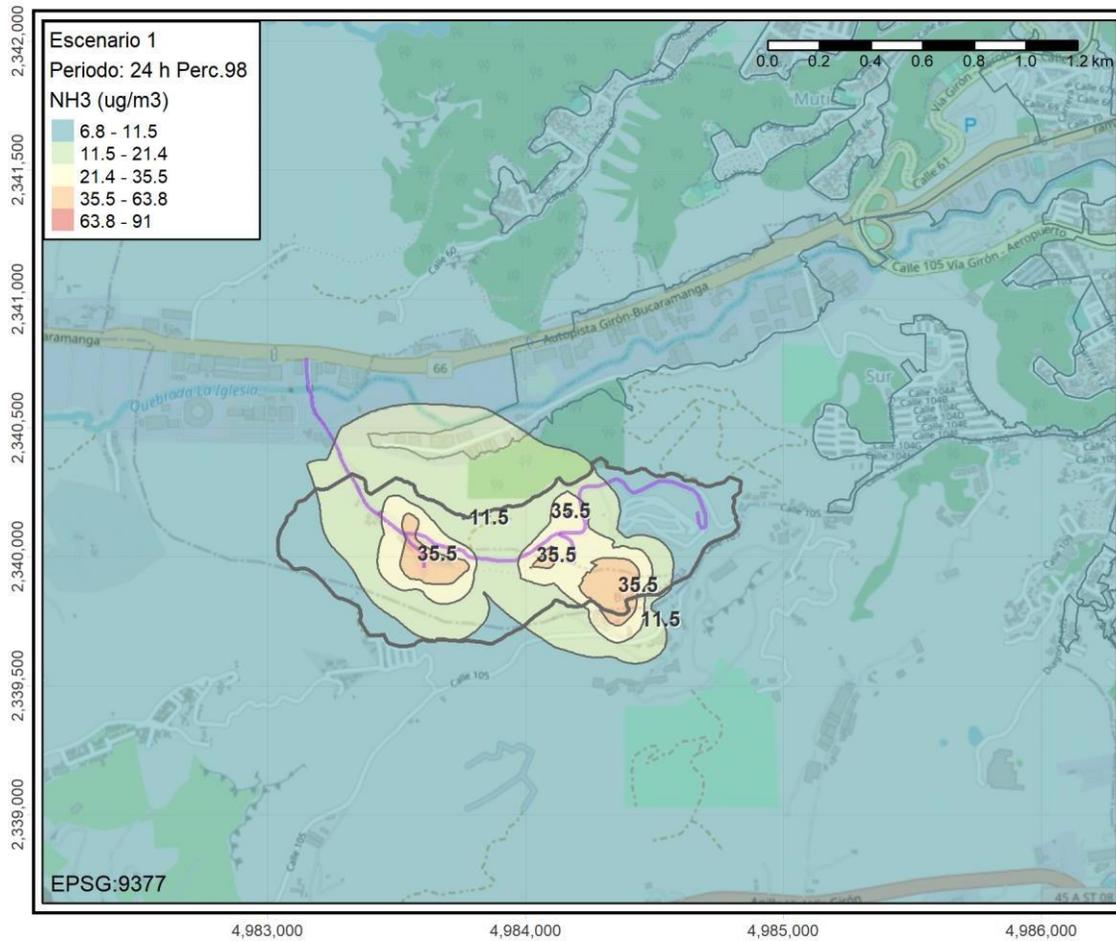
Fuente: Emab, 2022

Amoniaco (NH₃)

Tiempo de exposición 24 horas

La Figura 57 presenta las isopletras del percentil 98 de la concentración máxima de 24 horas para el contaminante NH₃ teniendo en cuenta todas las fuentes del proyecto. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles.

Figura 57. Mapa de isopletras de NH₃ para el periodo 24 horas.



Fuente: Emab, 2022

La Tabla 32 presenta los aportes de NH₃ (µg/m³) por grupo de fuentes y concentración máxima para exposición de 24 horas en receptores de interés. Se observa que en todos los receptores las concentraciones se encuentran por debajo del nivel máximo permisible (91 µg/m³).

Tabla 32. Aportes de NH₃ para exposición crónica en receptores de interés

Id	Nombre	Aporte total	Emisiones fugitivas	Lixiviados	Manejo residuos	Teas	Conc. fondo incluido
4	Zona industrial	7,30	2,47	6,54	0,20	0,09	14,06

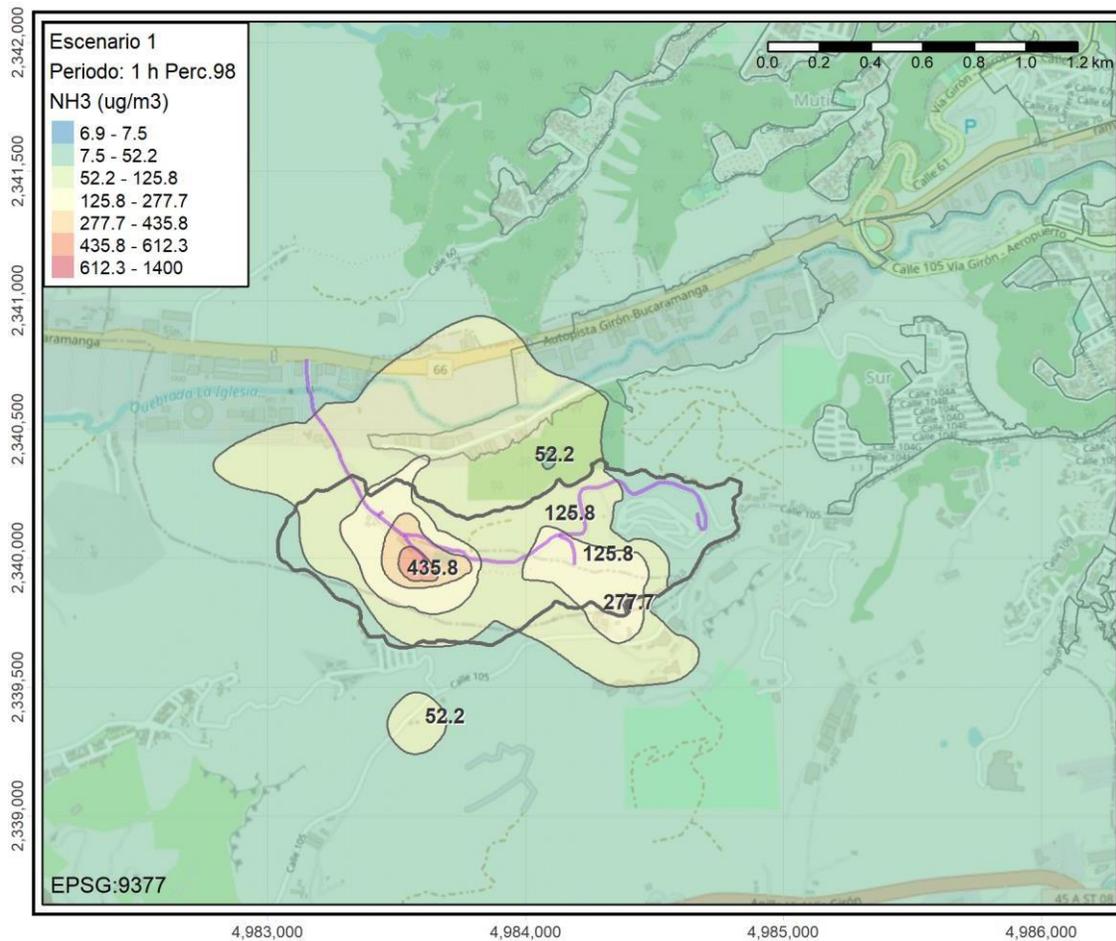
2	El Fical	3,50	3,33	0,12	0,20	0,03	10,26
3	Parque Contemplativo	2,57	2,46	0,10	0,18	0,04	9,33
1	Pueblo Viejo	1,05	0,96	0,43	0,08	0,02	7,81
5	El porvenir	0,51	0,46	0,05	0,04	0,01	7,27

Fuente: Emab, 2022

Tiempo de exposición 1 hora

La Figura 58 presenta las isoplethas del percentil 98 de la concentración máxima de 1 hora para el contaminante NH₃ teniendo en cuenta todas las fuentes del proyecto. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles (1400 µg/m³).

Figura 58. Mapa de isoplethas de NH₃ para el periodo 1 hora.



Fuente: Emab, 2022

Aportes del proyecto

Con el fin de evaluar la magnitud de los aportes del proyecto en las concentraciones en el aire ambiental, se tomaron como referencia los criterios de “Significant Impact Level” (SIL) reportados en la EPA (TCEQ, 2019) para contaminantes criterio. Estos valores representan los aumentos detectables de concentración en el aire ambiental que pueden ser atribuibles a un proyecto. La referencia cita que concentraciones mayores al SIL representan un cambio detectable en las concentraciones, puesto que supera la variabilidad ambiental típica de las concentraciones en el aire causada por la variabilidad intrínseca de las emisiones y meteorología que controlan el transporte y formación de los contaminantes (USEPA, 2018) .

La Tabla 33 presenta los valores límites para evaluar las concentraciones de contaminantes criterio basados en los SIL.

Tabla 33. Límites para evaluar contaminantes criterio

Contaminante	Tiempo promedio	SIL ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Material particulado (PM10)	Anual	1
Material particulado (PM2.5)	Anual	0.2
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	Anual	1
Dióxido de azufre (SO_2)	24 horas	5
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	500

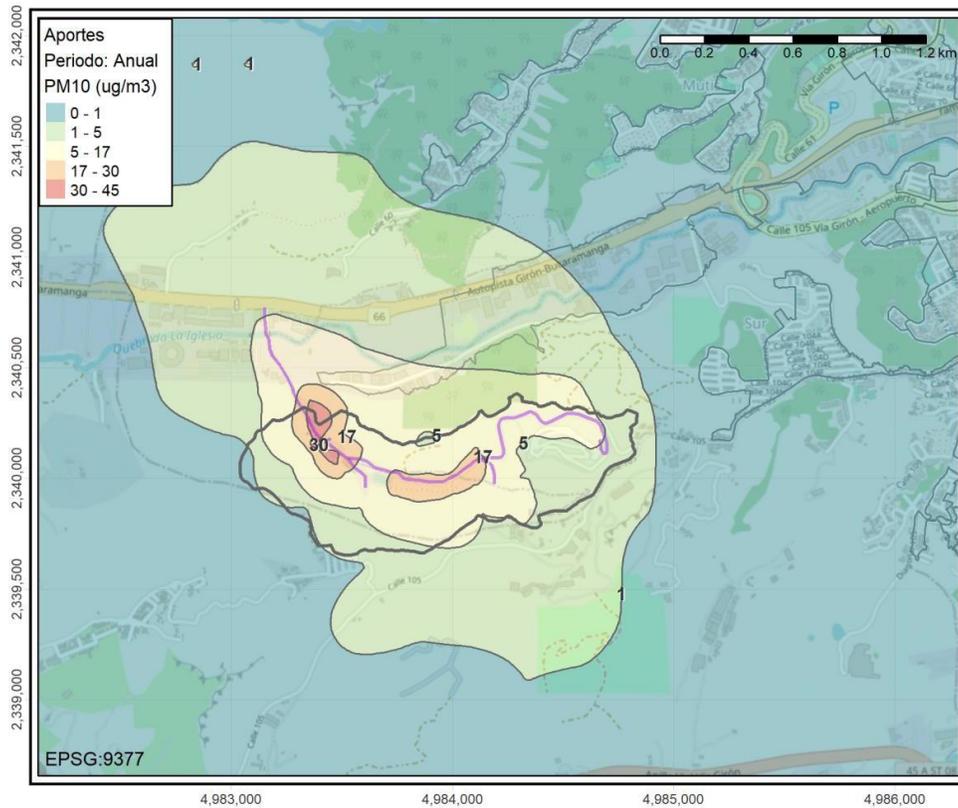
Fuente: Emab, 2022

En esta sección se presentan los resultados de los aportes de concentraciones de contaminantes criterio generados por el sitio de disposición final El Carrasco contrastados con los SIL reportados por la EPA.

Aporte de PM10 por el proyecto

El criterio de concentración SIL para PM10 en el periodo anual corresponde a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la Figura 59 se observan que los aumentos de concentraciones detectables causados por el proyecto (áreas con concentraciones superiores a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sólo se presentan en el área del sitio de disposición final y en áreas cercanas a este, y corresponden en gran medida a suelo de uso industrial sin afectaciones en áreas residenciales ni presencia de receptores sensibles. Se evidencia que el máximo aporte a la concentración anual de PM10 que genera el sitio de disposición es $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, atribuible a las fuentes móviles por resuspensión de vías. Aunque el proyecto no genera aumentos detectables en áreas residenciales, los resultados comparativos frente al SIL confirman la necesidad de inclusión de este contaminante en las estaciones ubicadas dentro del sitio de disposición final como parte del sistema de vigilancia de calidad del aire industrial (SVCAI) requerido por el proyecto.

Figura 59. Aportes de PM10 por parte del sitio de disposición final en periodo anual

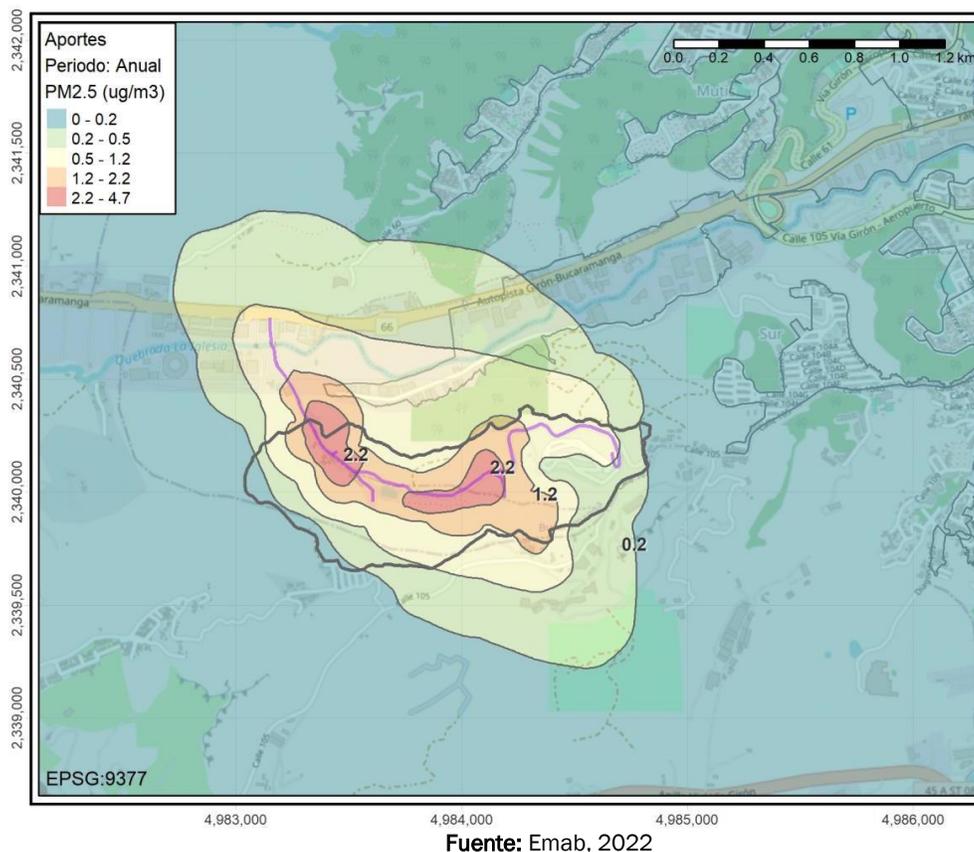


Fuente: Emab, 2022

Aporte de PM2.5 por el proyecto

El criterio de concentración SIL para PM2.5 en el periodo anual corresponde a $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la Figura 60 se observa los aumentos de concentraciones detectables causados por el proyecto (áreas con concentraciones superiores a $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Al igual que para el caso de PM10, los aportes de concentraciones de PM2.5 sólo se presentan en el área del sitio de disposición final y en áreas cercanas a este, que corresponde en gran medida a suelo de uso industrial sin afectaciones en áreas residenciales. La máxima concentración de PM2.5 que genera el sitio de disposición es $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ atribuibles también a principalmente a las fuentes móviles. Aunque el proyecto no genera aumentos detectables en áreas residenciales, los resultados comparativos frente al SIL confirman la necesidad de inclusión de este contaminante en las estaciones ubicadas dentro del sitio de disposición final como parte del sistema de vigilancia de calidad del aire industrial (SVCAI) requerido por el proyecto.

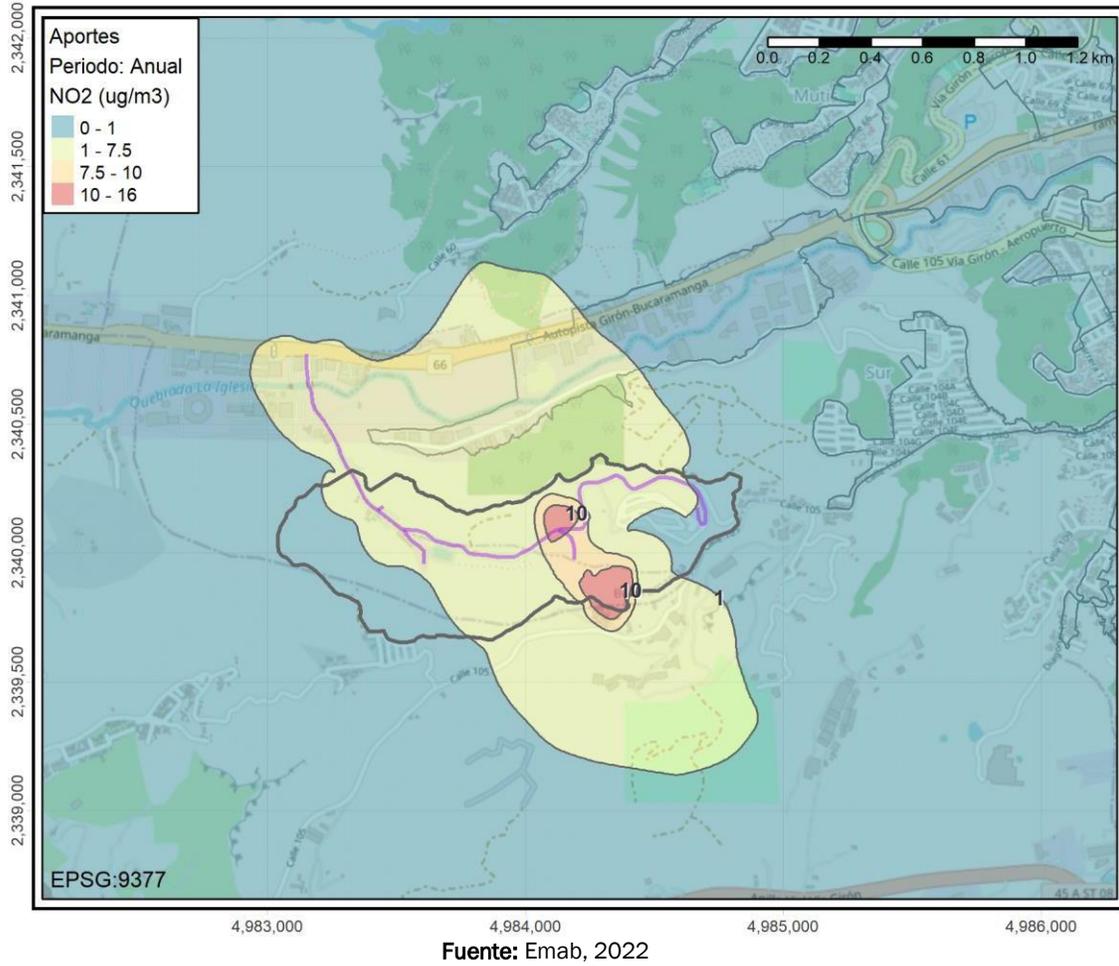
Figura 60. Aportes de PM2.5 por parte del sitio de disposición final en periodo anual.



Aporte de NO₂ por el proyecto

El criterio de concentración SIL para NO₂ en el periodo anual corresponde a 1 µg/m³. En la Figura 61 se observa que los aumentos de concentraciones detectables causadas por el proyecto (áreas con concentraciones superiores a 1 µg/m³) sólo se presentan dentro del área del sitio de disposición final y una muy pequeña parte en un área de suelo de uso industrial. La máxima concentración de NO₂ que genera el sitio de disposición es 15 µg/m³ atribuibles a la combustión de la maquinaria que trabaja en actividades de descarga y compactación de residuos en el frente activo del sitio. Aunque el proyecto no genera aumentos detectables en áreas residencias, los resultados comparativos frente al SIL confirman la necesidad de inclusión de este contaminante en las estaciones ubicadas dentro del sitio de disposición final como parte del sistema de vigilancia de calidad del aire industrial (SVCAI) requerido por el proyecto.

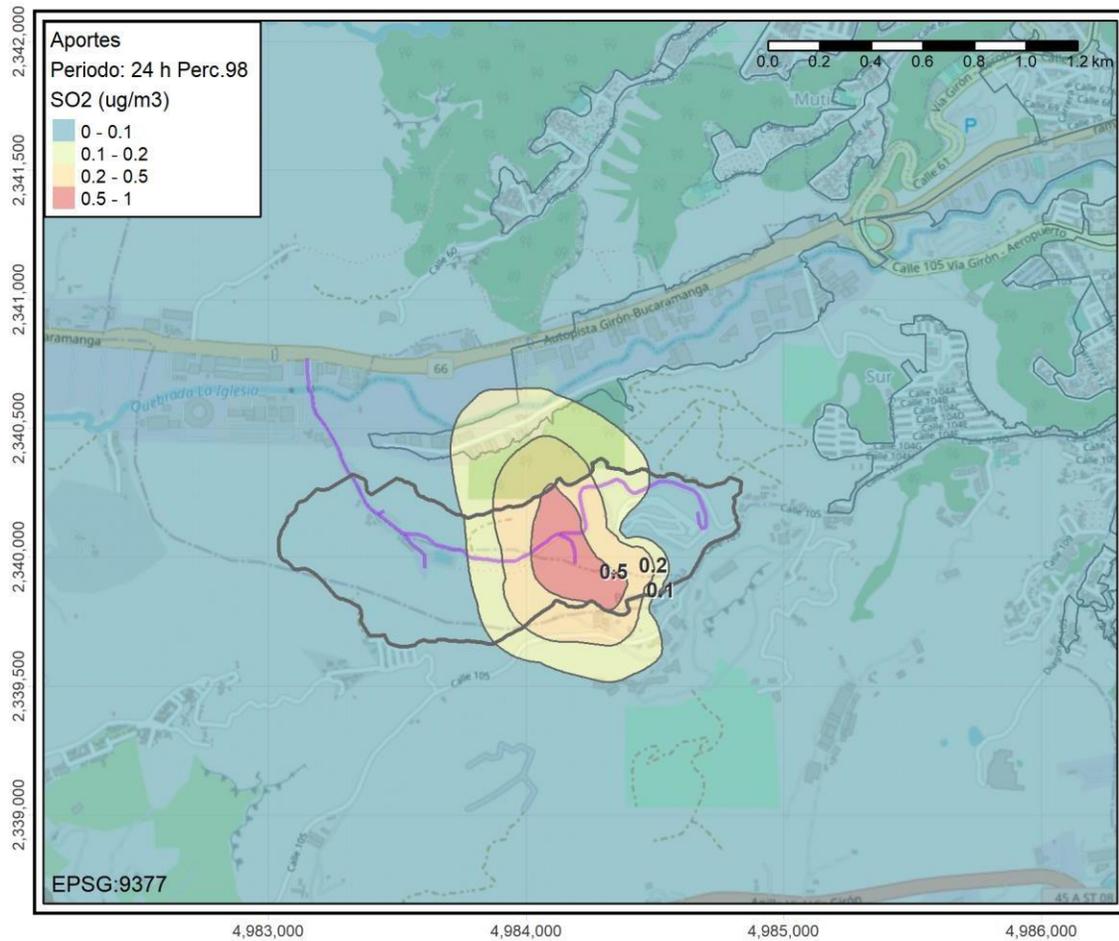
Figura 61. Aportes de NO₂ por parte del sitio de disposición final en periodo anual.



Aporte de SO₂ por el proyecto

El criterio de concentración SIL para SO₂ en el periodo 24 horas corresponde a 5 µg/m³. En la Figura 62 se observa que el proyecto no genera aumentos detectables de concentración, dado que, en toda el área estudiada (dentro y fuera del sitio de disposición) los valores de concentración se encuentran por debajo del SIL. La máxima concentración de SO₂ que genera el sitio de disposición es 0.9 µg/m³ atribuibles a la combustión en las fuentes puntuales (teas) del sitio de disposición final. Los resultados comparativos frente al SIL concluyen que no es necesaria la inclusión de este contaminante en el sistema de vigilancia de calidad del aire industrial (SVCAI) del proyecto.

Figura 62. Aportes de SO₂ por parte del sitio de disposición final en periodo 24 horas

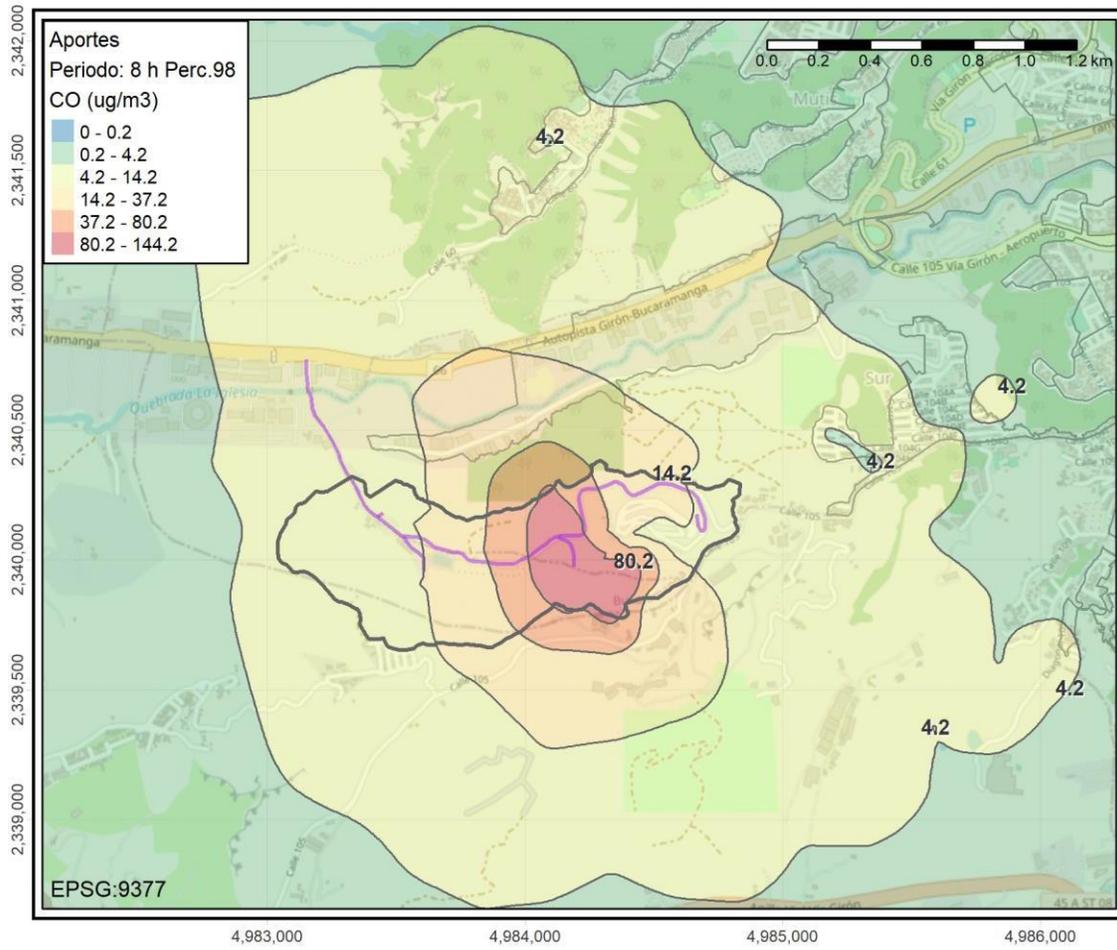


Fuente: Emab, 2022

Aporte de CO por el proyecto

El criterio de concentración SIL para CO en el periodo 8 horas corresponde a 500 µg/m³. En la Figura 63 se observa que el proyecto no genera aumentos detectables de concentraciones, dado que, en toda el área estudiada (dentro y fuera del sitio de disposición) los valores de concentración se encuentran por debajo del SIL. La máxima concentración de CO que genera el sitio de disposición es 144 µg/m³ atribuibles en su mayor parte a la combustión de la maquinaria que trabaja en actividades de descarga y compactación de residuos en el frente activo y a la combustión en las fuentes puntuales (teas) del sitio de disposición final. Los resultados comparativos frente al SIL concluyen que no es necesaria la inclusión de este contaminante en el sistema de vigilancia de calidad del aire industrial (SVCAI) para el proyecto.

Figura 63. Aportes de CO por parte del sitio de disposición final en periodo 8 horas



Fuente: Emab, 2022

CONCLUSIONES

En el análisis de Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) para las tres estaciones no registraron excedencias para los tiempos de exposición 24 horas al nivel máximo permisible establecido en 7 µg/m³ por la Resolución 1541 de 2013 expedida por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible – MADS, presentando un cumplimiento del 100 % con respecto al límite normativo.

En el análisis de Sulfuro de Hidrógeno (H₂S) se registraron dos estaciones con excedencias en el tiempo de exposición de una hora. Sin embargo, estas estaciones presentaron un porcentaje de cumplimiento de 99.54 % y 99.07 %, en la Estación 1- Vientos Arriba Contenedores y en la Estación 3- Vientos Abajo Finca El Fical respectivamente. En la Estación 2- Parque Contemplativo no presenta excedencias para los tiempos de exposición horario establecido en 30 µg/m³ por la Resolución 1541 de 2013 expedida por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible – MADS, presentando un cumplimiento del 100 % con respecto al límite normativo.

En el análisis de Amoniaco (NH₃) para las tres estaciones no se registraron excedencias, siendo el nivel máximo permisible diario establecido 91 µg/m³ y horario 1400 µg/m³ por la Resolución 1541 de 2013 expedida por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible – MADS, presentando un cumplimiento del 100 % con respecto al límite normativo.

Las tendencias de los valores obtenidos para el parámetro H₂S y NH₃ en las tres estaciones, muestran que los eventos de concentraciones máximas se presentan de forma aislada en cada estación, asociándose a eventos puntuales a nivel de micro localización de cada una de las estaciones.

El modelo de dispersión permitió estimar los impactos de las emisiones de fuentes fijas, fuentes móviles y de área en el sitio de disposición final El Carrasco. Para los contaminantes PM_{2.5}, CO, H₂S y NH₃ se presentan concentraciones muy inferiores a los niveles máximos permisibles para todos los tiempos de exposición. Para el contaminante PM₁₀ se presentan algunas excedencias normativas en los dos tiempos de exposición para ciertos receptores del dominio cercanos a las vías de acceso al sitio, sin embargo, se encuentran dentro o muy cerca del límite predial del Carrasco. Estas son consideradas emisiones en su mayoría por resuspensión de las fuentes móviles.

En el caso de los contaminantes NO₂ y SO₂, para tiempos de exposición largos, anual y 24 h respectivamente, en todo el dominio de simulación se presenta cumplimiento normativo y solo se presentan algunas excedencias a la norma horaria en ciertos puntos del dominio, que, para el caso del NO₂, corresponden a puntos dentro del área del frente activo en donde se realiza manejo de residuos y maquinaria y en el caso del SO₂ son los receptores ubicados cerca de las fuentes externas (ladrilleras). Es importante resaltar que es ampliamente reconocido que los modelos de dispersión son más confiables para estimar las concentraciones de tiempos de exposición largos que para tiempos de exposición cortos (Barratt, 2001), y que las estimaciones para tiempos cortos pueden estar impactadas por incertidumbres tanto en las condiciones meteorológicas como incertidumbres propias de los modelos gaussianos.

En cuanto a los receptores de interés (áreas residenciales cercanas al sitio de disposición final El Carrasco) la simulación confirmó el cumplimiento de los niveles normativos de todos los contaminantes para todos los tiempos de exposición.

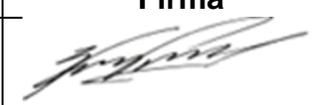
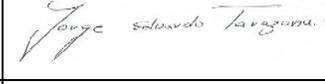
De acuerdo con los análisis realizados a los aportes de concentraciones de contaminantes criterio generados por el sitio de disposición final El Carrasco, contrastados con los SIL reportados por la EPA, se puede concluir que las concentraciones de los contaminantes SO₂ y CO se encuentran incluso por debajo del límite de aportes detectables, lo que permite concluir que no es necesaria su inclusión dentro del sistema de vigilancia de calidad del aire para el proyecto (SVCAI), dada su baja contribución de emisiones tanto dentro como fuera del límite predial del sitio. Por otro lado, los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5} y NO₂, sólo presentan concentraciones por encima del límite detectable en el área del sitio de disposición final y en áreas cercanas a este sin receptores sensibles, que corresponde en gran medida a suelo de uso industrial sin afectaciones en áreas residenciales. Estos últimos tres contaminantes serán incluidos dentro del SVCAI del sitio.

Se recomienda realizar seguimiento periódico a la calidad del aire en el sitio de disposición final El Carrasco para asegurar el comportamiento encontrado en este estudio a través del tiempo.

Bucaramanga, diciembre 06 de 2023



VIVIANA MARCELA BLANCO MORALES
Contralora Municipal de Bucaramanga

Nombre	Rol	Firma
GERMAN PEREZ AMADO	Supervisor	
EDWARD JESUS SANTOS GONZALEZ	Profesional Universitario	
JORGE EDUARDO TARAZONA VILLAMIZAR	Profesional Universitario	
JAIME HUMBERTO PINZÓN	Profesional Universitario	