

NOTA TÉCNICA

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

La dispersión de los contaminantes en el aire depende de múltiples factores, entre los cuales se encuentran la tasa de emisión del contaminante, la altura a la cual se liberan las emisiones, la temperatura de las emisiones generadas, las condiciones meteorológicas como la velocidad y dirección del viento, las características del terreno, entre otros aspectos. Los modelos de dispersión tienen en cuenta todas estas variables y permiten cuantificar los aportes de las fuentes de emisión a las concentraciones de contaminantes en el aire que respiramos.

- Los resultados del modelo del sitio de disposición final El Carrasco permiten:
- Conocer el aporte de las fuentes fijas y móviles en la calidad del aire del área alrededor del sitio de disposición final El Carrasco.
- Evaluar el cumplimiento normativo en el entorno de la operación de El Carrasco.
- Orientar el rediseño del sistema de vigilancia de calidad del aire del sitio de disposición final El Carrasco.
- Delimitar el área de influencia del proyecto en términos de calidad del aire.

FUENTES DE EMISIÓN DE LA OPERACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL EL CARRASCO

Las emisiones de las actividades realizadas en El Carrasco fueron estimadas empleando factores de emisión de compilaciones internacionales como la de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA), referencias de literatura internacional y datos de mediciones realizadas en El Carrasco (caudales de las teas, composición del biogás, caudal y composición de lixiviados).

El inventario de emisiones realizado para la implementación del modelo de dispersión incluyó:

- Emisiones de fuentes móviles por combustión y resuspensión en vías. Estas emisiones fueron controladas con la aplicación riego.
- Emisiones fugitivas de material particulado y emisiones por combustión de la maquinaria usada para las actividades de cobertura de los residuos.

- Emisiones por combustión de maquinaria y emisiones fugitivas de H_2S , producto de actividades de descarga y compactación de residuos (frente activo).
- Emisiones por combustión de biogás a través de las teas que constituyen el sistema de manejo de gases del relleno.
- Emisiones fugitivas de olores (H_2S y NH_3) que se generan a través de la superficie de todo el relleno sanitario.
- Emisiones de amoníaco (NH_3) por la actividad de almacenamiento y manejo de lixiviados.

En la Tabla 1 se presentan los principales contaminantes emitidos para cada una de las actividades de mayor importancia realizadas en la operación del relleno sanitario.

Tabla 1 Contaminantes emitidos por las actividades desarrolladas durante la operación del relleno sanitario

						
	Teas del sistema de manejo de gases	Disposición de residuos en el frente activo	Cobertura de residuos en el frente activo	Manejo de lixiviados	Vehículos requeridos para la operación	Emisiones fugitivas a través de la superficie del relleno
PM 10	○	○	○		○	
PM 2.5	○	○	○		○	
SO ₂	○	○	○		○	
NO ₂	○	○	○		○	
CO	○	○	○		○	
H ₂ S		○				○
NH ₃				○		○

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

La implementación del modelo requiere información de variables meteorológicas que incluyen temperatura, humedad relativa, altura de capa de mezcla, velocidad y dirección de viento, entre otras. El modelo también requiere información de algunas variables a diferentes alturas. Para la simulación de dispersión de contaminantes se empleó información meteorológica del año 2021 simulada mediante WRF (Weather Research Forecasting model), el cual es un modelo de última generación diseñado para propósitos de investigación atmosférica y aplicaciones operacionales de predicción meteorológica.

La Figura 1 presenta el comportamiento del viento para el periodo diurno, nocturno y total. Durante el día predominan vientos que provienen del noroeste y durante la noche predominan vientos del sureste. Las mayores velocidades se registran cerca del mediodía y a partir de ese punto la velocidad del viento disminuye sistemáticamente hasta cerca de las 5:00 a.m., punto a partir del cual, con el amanecer, empiezan a incrementarse nuevamente.

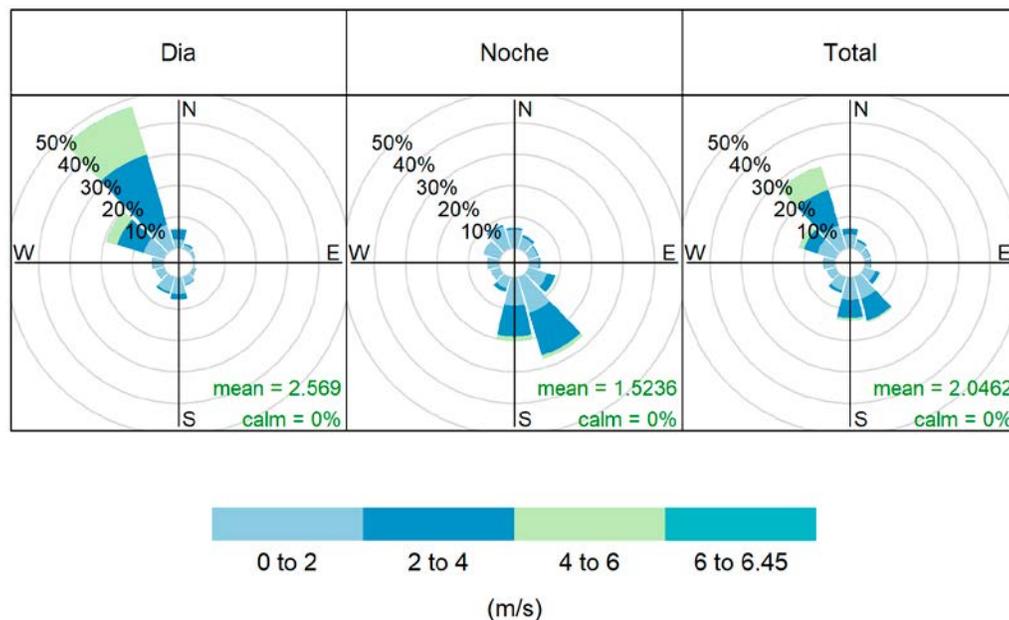


Figura 1 Rosa de vientos. Presenta el comportamiento del viento durante el día indicando de dónde proviene el viento.

CONCENTRACIONES DE FONDO

Con el fin de verificar el cumplimiento normativo, los aportes del proyecto requieren ser sumados a las concentraciones de fondo en la zona de estudio. Este valor representa los niveles de los contaminantes en el aire que entra al relleno sanitario. Para la definición de la concentración de fondo se emplearon los resultados de la campaña de calidad del aire realizada en agosto del año 2022 por Induanálisis SAS, laboratorio acreditado por el IDEAM. En la Tabla 2 se presentan los promedios de la campaña de medición empleados para definir las concentraciones de fondo.

Tabla 2. Concentraciones de fondo

Contaminante	Concentración promedio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
PM 2.5	6.7
PM10	28.1
SO ₂	6.1
NO ₂	7.5
O ₃	20.4
CO	479.8
H ₂ S	1.16
NH ₃	6.8

RESULTADOS DEL MODELO

La Figura 2 presenta la concentración promedio anual del contaminante PM10. En gran parte del área simulada las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles. Solo se presentan concentraciones superiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en sitios ubicados muy cerca de las vías dentro del sitio de disposición, lo cual se relaciona con las emisiones por resuspensión.

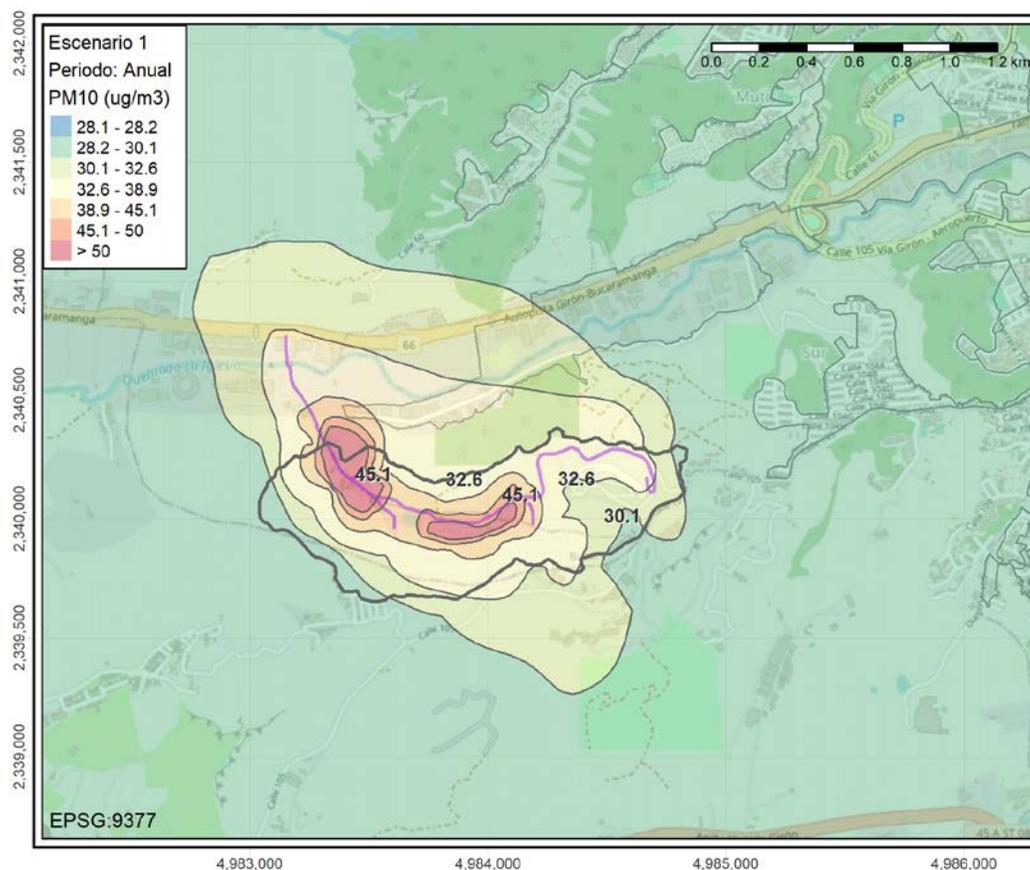


Figura 2 Concentración promedio anual de PM10

La Figura 3 presenta la concentración máxima diaria para el contaminante H₂S. Las mayores concentraciones se presentan alrededor del frente activo, sin embargo, todas las concentraciones dentro del predio El Carrasco y en sus alrededores, se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles (7 µg/m³).

La Tabla 3 presenta las concentraciones máximas de PM 2.5, NO₂, CO, H₂S y NH₃ en el dominio de simulación para sus mayores tiempos de exposición. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los límites permisibles, incluso dentro del predio del sitio de disposición final El Carrasco.

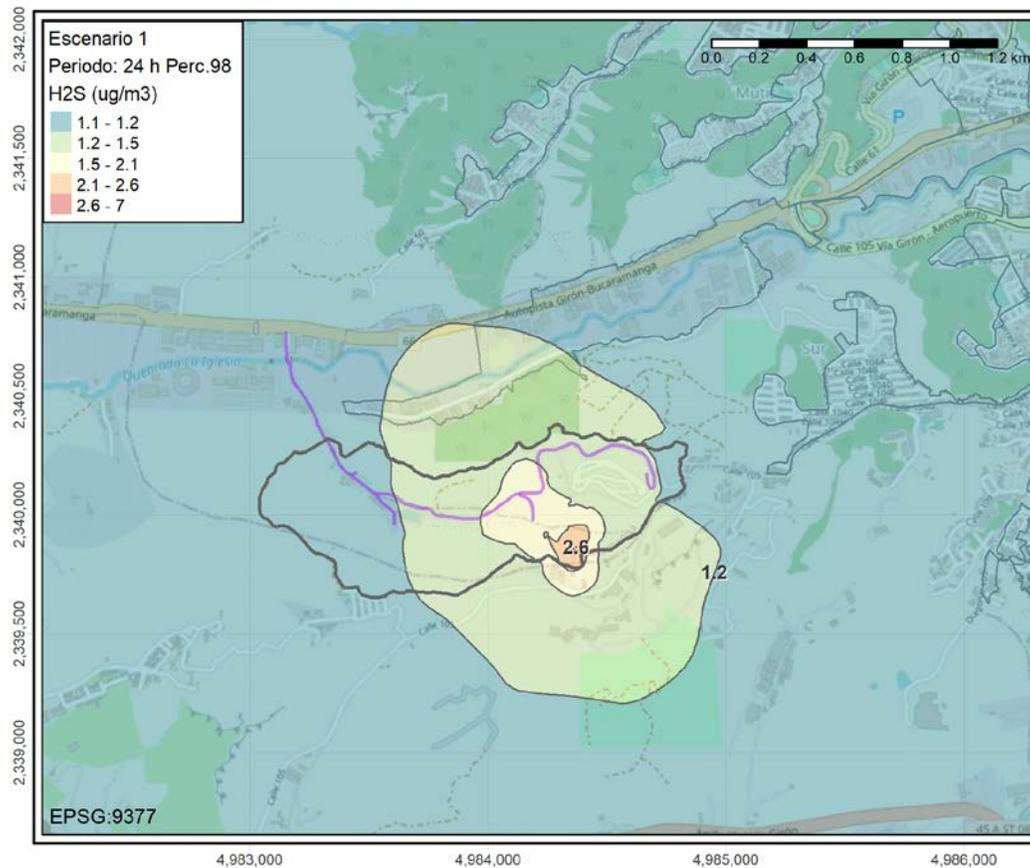


Figura 3 Máxima concentración diaria de H₂S

Tabla 3 Concentraciones máximas y comparación con los límites normativos

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración (µg/m ³)	Norma (µg/m ³)
PM 2.5	Anual	11.5	25
SO ₂	24 horas	30.4	50
NO ₂	Anual	23.3	60
CO	8 horas	624	5000
H ₂ S	24 horas	2.6	7
NH ₃	24 horas	63.8	91

En cuanto al contaminante SO_2 es importante resaltar que las fuentes externas (ladrilleras) contribuyen con cerca de un 98% de los aumentos de concentración simulados. Esto es explicado por el tipo de combustible empleado por dichas fuentes (carbón mineral). No obstante, también es importante considerar que los resultados de 24 horas corresponden a un escenario crítico en el cual las tres ladrilleras aledañas a El Carrasco se encuentran operando simultáneamente bajo condiciones meteorológicas adversas.

CALIDAD DEL AIRE EN EL PARQUE CONTEMPLATIVO EL CARRASCO

La Figura 4 presenta las concentraciones simuladas en el parque contemplativo El Carrasco, incluyendo la concentración de fondo (en gris) y el aporte de las fuentes simuladas (en azul). Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los niveles normativos (línea roja). Adicionalmente, es importante resaltar que es muy común que estas zonas clausuradas sean destinadas para este tipo de usos (parques). A nivel internacional existen múltiples ejemplos exitosos en los que este tipo de restauraciones han mejorado la calidad de vida y el confort de las personas que viven en el entorno de estas zonas recuperadas.



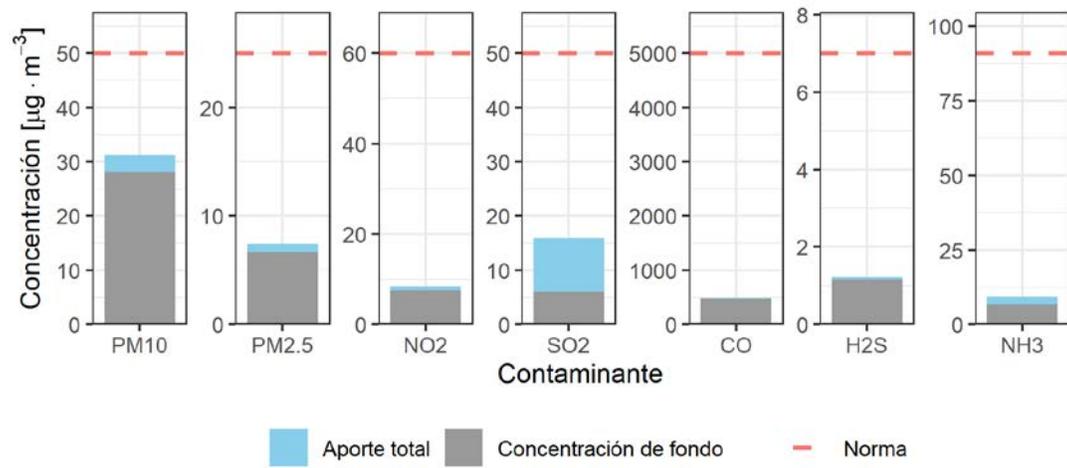


Figura 4 Concentraciones simuladas en el parque contemplativo El Carrasco