

## EVOLUCIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DERIVADO DE LA MIGRACIÓN DE GASES DEL VERTEDERO DE MONTE ESPERANZA". ISLA TELFERS, COLON

FIGURA No.1

### LOCALIZACIÓN REGIONAL DEL PROYECTO

#### LEYENDA

- Lugares Poblados
- Límite de Costa
- Red de drenajes
- Red Vial
  - Vía Principal
  - Vía Secundarias
- Canal de navegación
- Sitios de medición
- Lote B (7.99 ha.)
- Polígono TE04-01 (40.18 ha.)

Límites Administrativos - Provincia de Colón

Corregimientos del Distrito de Colón

Barrio Norte Cristóbal

Barrio Sur Cristóbal Este

Catíva

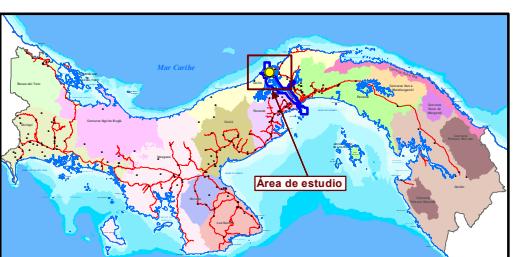


Norte de Cuadrícula U.T.M.  
Datum WGS84  
Zona 17

Escala:  
1:50,000

0 0.3 0.6 1.2 1.8 Kms.

### Localización Regional



Fuente: IGN "Tommy Guardia / Contraloría General de la República de Panamá / Base de Datos SIG - URS Holdings Inc. / Atlas Ambiental de la República de Panamá, Año 2010.

### 3.0 MIGRACIONES AÉREAS FUERA DEL VERTEDERO

La calidad del aire en toda propiedad cercana a actividades generadoras de emisiones, como es el caso del vertedero Monte Esperanza, puede verse afectada por el tipo de manejo que se realice a los desechos y del área en general utilizada para su manejo y disposición final. Las emisiones que pueden ser generadas son diversas, incluyendo gases con características peligrosas por la potencial generación de atmósferas explosivas o tóxicas.

Para evaluar el riesgo de las migraciones aéreas fuera del emplazamiento del vertedero, AECOM, por medio de varias campañas de campo, levanto datos sobre la calidad del aire en varios lugares a lo largo de la línea de propiedad del emplazamiento. Los parámetros que se recogieron son: Material particulado, exposición a gases químicos y olores.

#### 3.1 Calidad del Aire Ambiental

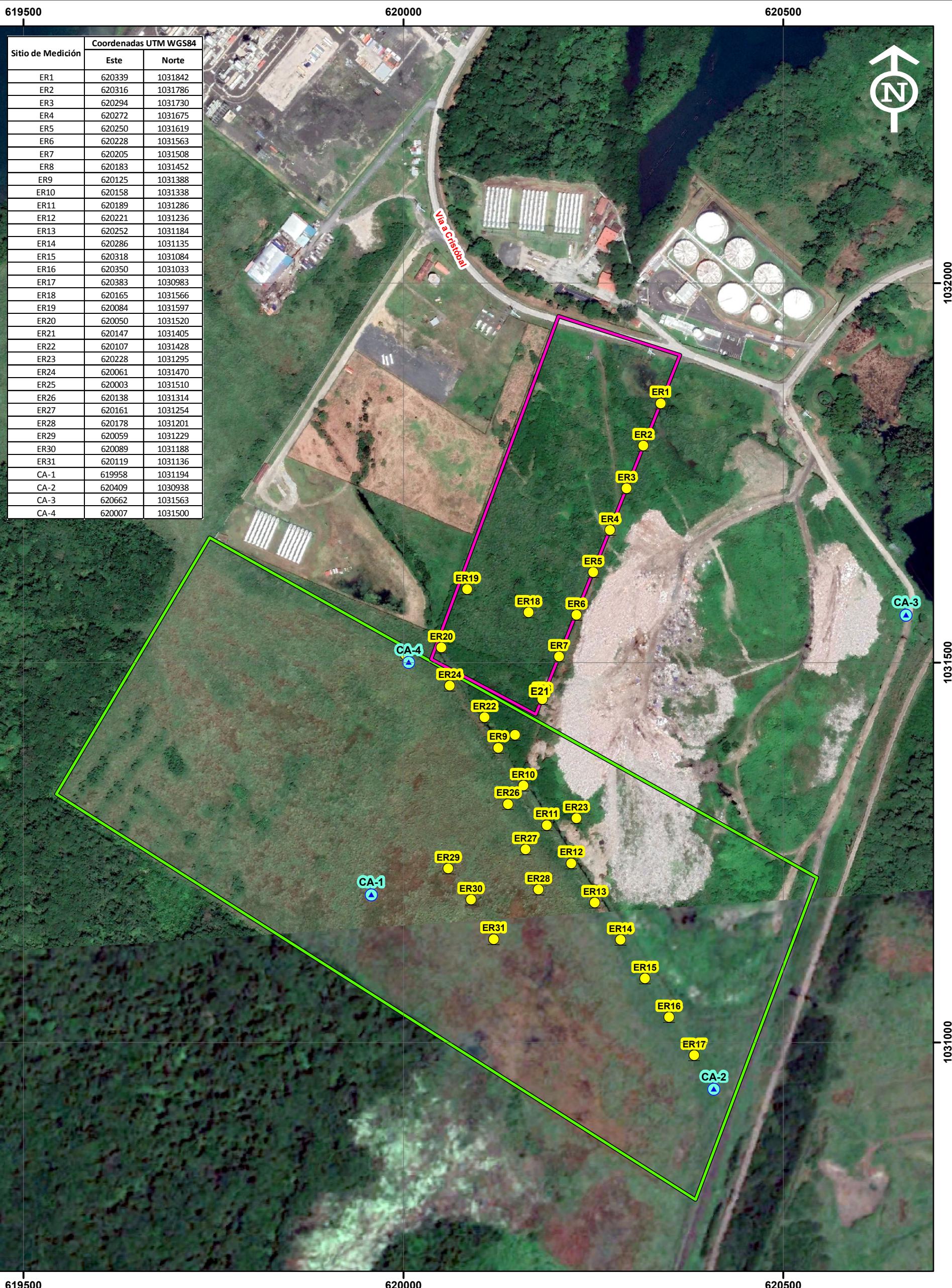
La evaluación de la calidad del aire fue realizada por medio de una estación de muestreo portátil “EPAS” que recoge muestras de la calidad del aire y permite evaluar las condiciones existentes por medio de lecturas directas en tiempo real. La estación se despliega fácilmente y registra contaminantes críticos, incluyendo: dióxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), partículas, compuestos orgánicos volátiles incluyendo la velocidad y la dirección del viento. El sensor de Partículas tiene la capacidad de medir partículas de 2,5 micras y/o 10 micras.



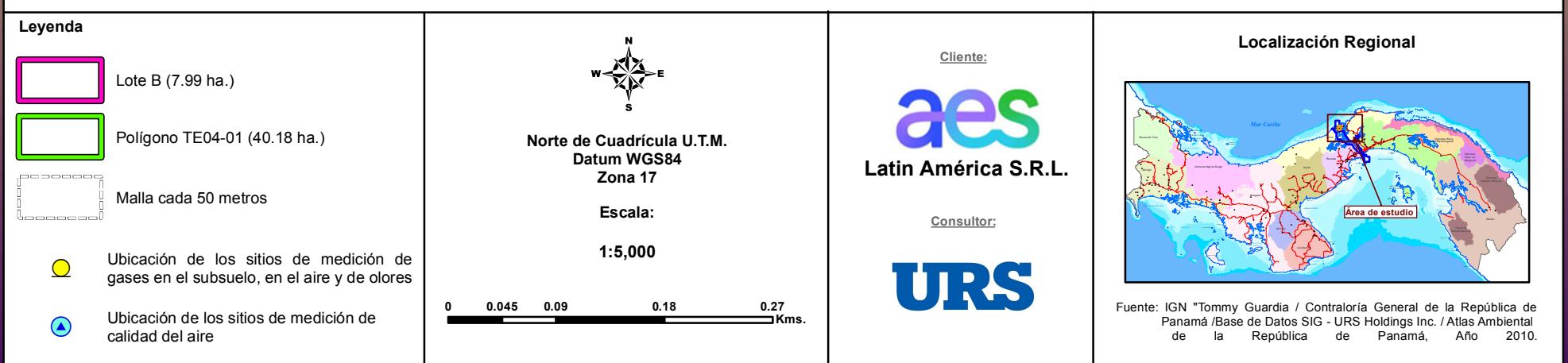
Las mediciones fueron realizadas entre los días 23 a 26 de marzo de 2021. Los puntos para la instalación de la estación de monitoreo de material particulado y gases se distribuyeron considerando los límites de la propiedad en evaluación y la ubicación del vertedero procurando abarcar la dispersión de emisiones hacia la propiedad (tomando en cuenta la dirección del viento). En total se establecieron cuatro (4) puntos de 24 horas de medición cuya ubicación se muestra en la **Figura No. 7**(a continuación). Un punto fue ubicado vientos arriba del vertedero (CA-3) y 3 puntos vientos abajo del vertedero (CA-1/CA-2 y CA-4). La descripción de cada sitio y coordenadas se incluye en la Tabla No. 9

**Tabla No. 9**  
**Coordenadas de Medición de Calidad del Aire**

Punto de Medición	Descripción de la ubicación	Coordenadas UTM (WGS 84)	
		Este	Norte
<b>CA-1</b>	Área central del polígono TE04-01(potencial sitio para desarrollo industrial)	619958	1031194
<b>CA-2</b>	Sureste del polígono TE04-01 y del vertedero	620409	1030938
<b>CA-3</b>	Carretera de acceso al vertedero, vientos arriba	620662	1031563
<b>CA-4</b>	Intersección entre Polígono TE04-01 con la esquina Suroeste del Lote B	620007	1031500



**EVOLUCIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DERIVADO DE LA MIGRACIÓN DE GASES DEL VERTEDERO DE MONTE ESPERANZA". ISLA TELFERS, COLON**  
**FIGURA No. 7. EVALUACIÓN DE GASES, CALIDAD DEL AIRE Y OLORES**



Los resultados obtenidos en dichas mediciones se presentan de forma resumida en la Tabla No. 10 a continuación, donde se indican los promedios obtenidos para cada parámetro y su relación con las normas de referencia empleadas. En el **Anexo No. 4** se presenta el informe de las mediciones realizadas, así como los certificados de calibración.

Los resultados reflejan que únicamente el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) alcanzó promedios de 24 horas que exceden la norma de referencia de la Organización Mundial de la Salud ( $83.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con mayores niveles en el Polígono TE04-01, especialmente en el área central (CA-1) y al Sureste del vertedero. La menor concentración se registró en el punto CA-4, intersección entre el Polígono TE04-01 con la esquina Suroeste del Lote B.

El PM mostró niveles similares entre los diversos puntos de medición, donde las concentraciones promedio en 24 horas para las partículas respirables menor a 10 micras ( $\text{PM}_{10}$ ), variaron entre  $22.5$  y  $25.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  siendo la mayor concentración en CA-4 y CA-1, mientras que el material particulado menor a 2.5 micras ( $\text{PM}_{2.5}$ ), reveló concentraciones de  $9.02$  a  $11.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con la mayor concentración en el sector central del Polígono TE04-01 (CA-1). Los compuestos orgánicos volátiles (VOC) también reportaron mayor concentración en el sector central de dicho polígono (CA-1) variando entre  $10.4$  y  $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Aun cuando para los VOC no hay una normativa específica a nivel nacional, a nivel internacional se manejan límites máximos para algunas sustancias específicas que forman parte del grupo de VOC. A manera de referencia, concentraciones menores a  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , se consideran bajos y no relacionados con afectaciones a la salud.

El  $\text{CO}_2$  es considerado en normas para ambientes de trabajo y espacios confinados (Reglamento Técnico COPANIT 43- Condiciones de higiene y seguridad para el control de la contaminación atmosférica en ambientes de trabajo producida por sustancias químicas), donde se establece niveles máximos de exposición de  $9000$  y  $30000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para períodos de 8 horas y 15 minutos respectivamente. Los registros obtenidos, aunque en ambientes abiertos, alcanzaron concentraciones muy superiores a dichos límites al oscilar entre  $564778.9$  y  $666276.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedios de 24 horas. La mayor concentración de este gas también se alcanzó en el sector central del Polígono TE04-01 (CA-1).

**Tabla No. 10**  
**Concentración de Material Particulado y Gases (23-26 marzo, 2021)**

Parámetros	Período promediado	Puntos de Medición.				Normas de Referencia	
		CA-1	CA-2	CA-3	CA-4	Anteproyecto Panamá <sup>1</sup>	OMS <sup>2</sup>
<b>Dióxido de Nitrógeno (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 hora (min/max) 24 horas	3.8 / 31.6 15.2	3.8 / 16.2 8.4	4.9 / 23.6 10.1	3.2 / 44.8 8.5	150 (24 horas)	200 (1 hora)
<b>Monóxido de Carbono (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 hora (min/max) 8 horas (min/max)	119.7 / 285.8 197.0 / 233.5	101.8 / 365.8 209.1 / 240.1	178.7 / 474.6 267.4 / 305.7	104.4 / 271.3 184.4 / 223.1	30000 (1 hora) 10000 (8 horas)	NC
<b>Dióxido de Carbono (µg/m<sup>3</sup>)</b>	24 horas	666276.1	647665.8	564778.9	663794.1	NC	NC
<b>Dióxido de Azufre (µg/m<sup>3</sup>)</b>	24 horas	<b>83.5</b>	<b>54.9</b>	<b>34.79</b>	7.1	365 (24 horas)	20 (24 horas)
<b>Ozono (µg/m<sup>3</sup>)</b>	1 hora (min/max) 8 horas (min/max)	3.7 / 8.5 5.2 / 7.5	2.8 / 8.5 5.9 / 8.5	2.1 / 8.5 4.7 / 7.4	3.7 / 117.8 7.4 / 33.0	235 (1 hora) 157 (8 horas)	100 (8 horas)
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles (µg/m<sup>3</sup>)</b>	24 horas	10.4	6.1	6.5	8.7	NC	NC
<b>Material particulado &lt; 10µ (µg/m<sup>3</sup>)</b>	24 horas	25.5	25.0	22.5	25.9	150 (24 horas)	50 (24 horas)
<b>Material particulado &lt; 2.5µ (µg/m<sup>3</sup>)</b>	24 horas	11.8	10.0	9.02	10.4	NC	25 (24 horas)

Se resaltan en negritas los valores que exceden límite de alguna norma de referencia.

NC: No considerado en la norma de referencia.

1: Anteproyecto de norma de calidad de aire ambiente para la república de Panamá.

2: Organización Mundial de la Salud. Guías de calidad de aire ambiente. 2005.

Fuente: Reporte Envirolab.

Falta velocidad y dirección del viento

En líneas generales, al analizar la distribución de los diversos parámetros medidos, encontramos que en la mayor parte de los casos la mayor concentración se registró en el sector central del Polígono TE04-01 (punto CA-1), pudiendo indicar cierta predominancia de las masas de aire en desplazarse en dirección Suroeste. Por otra parte, el área de ubicación de este punto presenta suelo descubierto fácilmente arrastrado por el viento y hubo presencia de equipos de perforación y vehículos durante las mediciones, lo cual también pudiera haber influenciado las mediciones.

### 3.2 Exposición a Gases

En todo vertedero los residuos orgánicos eliminados sufren una degradación biológica durante la cual se generan gases que pueden ser liberados a la atmósfera por medio de un proceso de migración vertical, especialmente en vertederos que no son manejados adecuadamente. Estos gases están conformados fundamentalmente por metano (50-70%), dióxido de carbono (20-50%), nitrógeno (4-20%), vapor de agua, ácido sulfídrico y compuestos orgánicos halogenados y organosulfurados.

La generación y emisión incontrolada de estos gases pueden generar condiciones de riesgo para el vertedero y las propiedades cercanas hacia las cuales pudieran movilizarse los gases que sean emitidos y transportados por las corrientes de aire, como pudiera ser el caso de la propiedad en evaluación por su colindancia con el vertedero de Monte Esperanza. Entre los riesgos existentes están los incendios, explosiones, toxicidad con efectos sobre la salud de las personas y daños a la fauna y vegetación. Estos gases también se relacionan con la generación de olores molestos, dicho efecto es evaluado en otra sección del presente documento.

La presencia o migración de gases provenientes del vertedero de Monte Esperanza en el área del proyecto fue verificada mediante la utilización del RKI GX-6000, un monitor de exposición química portátil con mediciones en tiempo real. El RKI GX-6000 es un monitor multigás programable diseñado para proporcionar un control continuo de la exposición de hasta seis gases simultáneamente. De forma complementaria se utilizó el monitor de gases Landtec GEM 5000 (medidor de gas metano y otros gases con mayor resolución), como método de verificación.

Los gases seleccionados y registrados por su relación con las emisiones potenciales del vertedero incluyen: metano ( $\text{CH}_4$ ), sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), compuestos orgánicos volátiles totales (COV), cloro ( $\text{Cl}_2$ ) y gases combustibles (% LEL como estándar  $\text{CH}_4$ ).



Las mediciones fueron realizadas entre los días 16 a 18 de marzo de 2021. El equipo se posicionó por el operador en puntos preseleccionados con una distribución equitativa a todo lo largo del límite de la propiedad con el vertedero para cubrir todo el lindero y en sectores internos del polígono de tal forma de evaluar la presencia de los gases en los globos de terreno que la conforman

(Lote B y Polígono TE04-01), a distancias variables del vertedero de Monte Esperanza. En total se seleccionaron 31 puntos de medición cuya ubicación se muestra en la **Figura No. 7**.

Los equipos eran mantenidos por varios minutos en cada punto y se colocaban a diversas alturas para detectar la presencia de gases considerando su diferencia de peso molecular respecto al aire y además se realizaba una verificación en el entorno inmediato de cada punto.

Los resultados obtenidos se comparan con valores de referencia para el límite explosivo superior (UEL) que se entiende como la concentración máxima de gases, vapores o nieblas en el aire por encima del cual la mezcla no es explosiva; y el límite explosivo inferior (LEL), el cual se define como la concentración mínima de gases, vapores o nieblas en el aire por debajo del cual la mezcla no es explosiva (CEPYME, Guía Técnica para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas. Vol 1), determinando así el riesgo de explosividad en el área.

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla No. 11 a continuación. Los registros muestran que el área de estudio mantuvo niveles de metano ( $\text{CH}_4$ ) por debajo del nivel mínimo de explosividad y las mediciones de concentración indicaron que solo fue detectado en un punto con 55% (E23). También se registraron valores de hasta 0.1% para  $\text{CO}_2$  y 2.0 ppm de  $\text{H}_2\text{S}$ , así como ausencia de gas cloro.

Para los VOC, la información de referencia indica que concentraciones menores a 135 ppb se consideran bajos y no relacionados con afectaciones a la salud. El CO alcanzó niveles de 0 a 4 ppm en todos los puntos de medición con excepción de ER23 donde sobrepasó el límite de referencia del Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental para Panamá con 40 ppm. En todos los puntos se registraron niveles de oxígeno aceptables respecto al límite para evitar asfixia establecido por la NIOSH de 19,5 %.

En líneas generales las condiciones registradas indican la ausencia de atmósferas tóxicas, explosivas o peligrosas en general para la salud, en la mayor parte del área. En el punto ER23 se encontró el mayor valor de CO y  $\text{CH}_4$ , punto ubicado del canal pluvial dentro del área del vertedero.

Las condiciones observadas pueden estar relacionadas con la ausencia de barreras significativas para la movilización de los gases, ya que se perciben corrientes continuas de aire tanto en dirección al vertedero como en sentido inverso, las cuales pueden remover con facilidad los gases que pudieran ser emitidos desde el vertedero de Monte Esperanza e incluso aquellos que pudieran ser emitidos en el área del proyecto donde se observó la presencia de desechos soterrados, como es el Lote B y el lindero del Polígono TE04-01 colindante al vertedero.

**Tabla No. 11**  
**Resultados Exposición a Gases (16 - 18 de marzo de 2021)**

Perforación	Gases Combustibles (% LEL CH <sub>4</sub> )	Oxígeno (%)	Dióxido de Carbono (%)	Sulfuro de Hidrógeno (ppm)	Monóxido de Carbono (ppm)	Compuestos Orgánicos Volátiles (ppb)	Cloro (ppm)
<b>ER1</b>	0	21.4	0.0	2.0	0	10.0	0
<b>ER2</b>	0	21.4	0.1	2.0	0	0.0	0
<b>ER3</b>	0	21.5	0.1	2.0	0	0.0	0
<b>ER4</b>	0	21.5	0.1	2.0	0	0.0	0
<b>ER5</b>	0	21.5	0.1	2.0	0	2.0	0
<b>ER6</b>	0	21.6	0.1	2.0	0	0.0	0
<b>ER7</b>	0	21.6	0.1	2.0	1	2.0	0
<b>ER8</b>	0	21.7	0.1	2.0	1	0.0	0
<b>ER9</b>	0	20.7	0.1	1.0	4	0.0	0
<b>ER10</b>	0	20.0	0.0	1.0	0	0.0	0
<b>ER11</b>	0	19.9	0.0	1.0	0	0.0	0
<b>ER12</b>	0	20.0	0.0	1.0	0	0.0	0
<b>ER13</b>	0	20.2	0.0	0.0	0	0.0	0
<b>ER14</b>	0	20.5	0.0	0.0	0	0.0	0
<b>ER15</b>	0	20.6	0.0	0.0	1	0.0	0
<b>ER16</b>	0	20.4	0.0	0.0	0	0.0	0
<b>ER17</b>	0	20.6	0.0	0.5	0	0.0	0
<b>ER18</b>	0	20.4	0.1	1.0	1	9.0	0
<b>ER19</b>	0	20.4	0.1	1.0	0	1.0	0
<b>ER20</b>	0	20.1	0.1	1.0	1	32.0	0
<b>ER21</b>	0	20.9	0.0	2.0	0	0.0	0
<b>ER22</b>	0	21.1	0.0	2.0	1	0.0	0
<b>ER23</b>	<b>55</b>	20.6	0.0	0.5	<b>40</b>	0.0	0
<b>ER24</b>	0	20.7	0.0	2.0	0	0.0	0
<b>ER25</b>	0	20.8	0.0	2.0	1	39.0	0

<b>ER26</b>	0	20.6	0.0	0.0	0	135.0	0
<b>ER27</b>	0	20.7	0.0	1.0	1	1.0	0
<b>ER28</b>	0	20.7	0.0	1.0	0	1.0	0
<b>ER29</b>	0	21.0	0.0	1.0	1	0.0	0
<b>ER30</b>	0	21.3	0.0	1.0	0	0.0	0
<b>ER31</b>	0	21.7	0.0	2.0	0	0.0	0
<b>Niveles de Referencia</b>	UEL: 5% LEL: 15%	NIOSH min 19.5%		COPANIT 43 8 horas: 10 ppm 15 min.: 15 ppm	Anteproyecto Calidad del Aire. Panamá 8.73 ppm (LE)	----	COPANIT 43 8 horas: 0.5 ppm 15 min.: 1.0 ppm

UEL: Límite explosivo inferior. LEL: Límite explosivo superior. LE: Límite de exposición.

Se destacan **en negritas** los valores que exceden límites de referencia.

Se reporta el mayor valor obtenido entre el GX-6000 y el GEM-5000

Fuente: URS Holdings, Inc.

### 3.3 Olores

El olor es un atributo organoléptico perceptible por el órgano del olfato por medio de la respiración de algunas sustancias volátiles. Las molestias por olor pueden ser causadas por efectos tanto físicos como mentales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los olores son elementos perturbadores de la salud humana, afectando negativamente la sensación de bienestar pudiendo provocar efectos secundarios como dolor de cabeza y náuseas. Los olores se caracterizan por:

- i) Intensidad: que mide la fuerza de la sensación percibida;
- ii) Aceptabilidad: que mide el grado de gusto o disgusto de una sensación.

La generación de olores es una consecuencia inevitable de operaciones que involucran la manipulación y eliminación de residuos putrescibles y algunos flujos de residuos industriales. Las emisiones de sulfuro son una fuente común de quejas por olores en los vertederos, siendo las emisiones de sulfuro de hidrógeno y amoníaco las más preocupantes. Por esta razón, el objetivo de esta actividad fue evaluar la potencial afectación existente en el área de estudio, en cuanto a la presencia de olores, por la presencia del vertedero.

Para detectar la migración de olores desde el vertedero, se llevó a cabo un programa de muestreo de campo para medir la intensidad de los olores utilizando el olfatómetro de campo Nasal Ranger®. El olfatómetro se utiliza para determinar la concentración de dilución-umbral (D/T) del olor ambiental, mientras que simultáneamente se utilizó el monitor de gases RKI GX-6000 para detectar la presencia de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), en cada punto de muestreo.



El olfatómetro de campo basa su funcionamiento en una serie calibrada de diluciones mediante la mezcla de olores ambientales con aire filtrado por filtros de carbón inodoro. Este proceso, denominado dilución-umbral (D/T), es una medida del número de diluciones necesarias para llevar los olores ambientales a niveles indetectables. El olfatómetro de campo calcula esta tasa de dilución de la siguiente manera:

$$\text{D/T} = \frac{\text{Volumen de aire filtrado por el carbón}}{\text{Volumen de aire ambiental con olor}}$$

La literatura cita como valores de referencia para los estándares de olor límites de dilución entre 2, 4, 7 y 15. El olfatómetro puede medir límites de dilución que van de 2 a 60, siendo un D/T de 60 el más diluido y un D/T de 2 el menos diluido. Cuanto más intenso sea el olor, mayor será el número de diluciones necesarias para evitar la detección. El valor de la dilución registrada constituye el umbral o límite de dilución (D/T).

Para esta evaluación se seleccionaron los mismos 31 sitios de muestreo seleccionados para el muestreo de gases cuya ubicación se muestra en la **Figura No. 7**. Las mediciones fueron realizadas entre los días 16 a 18 de marzo de 2021. Para cada punto se procedió al muestreo siguiendo los siguientes pasos:

- Medición con el olfatómetro de campo (Nasal Ranger), por medio del cual se registraron tres mediciones por punto, en un período de 15 minutos, en intervalos de separación de ocho minutos, procurando que en dos mediciones el instrumento se ubicara a favor del viento y en la tercera se posicionara en contra del viento.
- Registro de datos en formularios de campo: fecha, hora, coordenadas geográficas y medidas del límite de dilución (D/T) detectado. En el **Anexo 4** se incluyen los formularios de campo.
- Registro de las condiciones climáticas puntuales imperantes: humedad relativa, velocidad y dirección del viento, opacidad del cielo.
- Monitoreo de los niveles de sulfuro de hidrógeno y amoníaco con el RKI GX-6000.
- Registro de actividades en fotografías. En el **Anexo 5** se presenta un registro fotográfico de las actividades realizadas.

Los resultados obtenidos se describen en la Tabla No. 12 a continuación, se indican los registros obtenidos para las variables climatológicas y la cantidad de mediciones que alcanzo cada nivel de intensidad de olor (dilución umbral o límite de dilución).

**Tabla No. 12**  
**Resultados de la medición de Olores**

Sitios de Muestreo	Dilución Umbral (D/T)						Temperatura (CD)	Humedad (%)	Velocidad y Dirección viento (km)	Hora	Olor percibido
	0	2	4	7	15	30	60				
ER1	2	1						28.9	60.8	4.8	9:05
ER2	1	1	1					37.0	40.4	3.6	9:55
ER3	3							33.5	53.4	7.5	10:20
ER4	3							39.0	38.0	10.3	10:42
ER5	2	1						37.4	52.4	13.4	11:34
ER6	1	1	1					39.2	46.0	10.3	11:05
ER7	3							34.9	54.2	9.2	13:10
ER8	1	2						37.8	49.1	2.1	13:35
ER9	1		1	1				38.0	45.0	2.2	13:57
ER10	1	1	1					36.0	48.2	2.5	14:15
ER11	1		1	1				37.3	42.5	6.0	14:47
ER12		1	2					34.3	50.1	5.7	15:10
ER13		1	1	1				40.3	38.5	12.0	15:30

<b>ER14</b>	3					33.0	59.4	4.5	9:35	Ausencia de olor
<b>ER15</b>	3					32.8	61.5	3.0	10:00	Ausencia de olor
<b>ER16</b>	2	1				32.9	58.8	3.0	10:30	Caña fermentada
<b>ER17</b>	3					34.8	54.2	2.5	10:50	Ausencia de olor
<b>ER18</b>	1	2				31.9	67.0	1.0	8:32	Caña fermentada
<b>ER19</b>	1	2				32.0	65.0	0.1	9:14	Caña fermentada
<b>ER20</b>	1	2				32.6	62.0	0.6	8:52	Caña fermentada
<b>ER21</b>	1	1	1			34.2	55.5	1.0	15:02	Basura descompuesta
<b>ER22</b>	1	2				33.5	60.0	2.0	15:25	Basura descompuesta
<b>ER23</b>	1	1	1			34.7	53.6	4.0	10:50	Basura descompuesta
<b>ER24</b>	2	1				33.0	61.2	2.0	14:25	Combustible
<b>ER25</b>	1	1	1			31.4	61.3	3.0	13:55	Combustible
<b>ER26</b>	1	2				34.2	55.8	10.0	11:25	Combustible
<b>ER27</b>	3					37.5	45.3	4.0	11:45	Ausencia de olor
<b>ER28</b>	2	1				36.4	48.9	5.0	12:01	Caña fermentada
<b>ER29</b>	2	1				34.0	54.0	8.0	12:30	Caña fermentada
<b>ER30</b>	2	1				38.1	50.0	10.0	12:45	Basura descompuesta
<b>ER31</b>	3					33.0	58.6	10.0	13:00	Ausencia de olor

Fuente: URS Holdings, Inc.

Del total de 93 mediciones de olores realizadas entre los 31 sitios, 62 corresponden a mediciones a favor del viento y 31 en contra del viento. Durante los días de medición se presentaron velocidades de viento bajas entre los 2 y 13 km/h. con dirección predominante de Noreste a Suroeste (en 19 sitios), que representa el 61% de las mediciones. Esta condición se encontró en todos los registros en los cuales se obtuvo la mayor intensidad de olores (7), así como en la mayoría de los registros donde se encontró el segundo nivel más alto de olor (4). Esto indica que la mayor parte de los períodos en los cuales se detectó la presencia de los dos niveles de intensidad de olor más elevado corresponde con vientos provenientes del vertedero de Monte Esperanza.

Analizando la frecuencia de percepción de los olores, se encontró que el 56% de las mediciones corresponde a la intensidad más baja o ausencia de olores (Intensidad 0), el 29% de los valores fueron de intensidad muy baja (Intensidad 2), el 12% con intensidad baja (Intensidad 4), y por

último un 3% de valores de intensidad media (Intensidad 7). Como se mencionó anteriormente, los períodos con presencia de mayor intensidad de olores se relacionaron con vientos provenientes del vertedero, mientras que los registros de menor intensidad se registraron en períodos con vientos de dirección opuesta.

Por otra parte, la evaluación de la presencia de sulfuro de hidrógeno y amoníaco, en los puntos de medición de olores, permitió detectar la presencia de los niveles señalados en la Tabla No. 13 a continuación.

**Tabla No. 13**  
**Niveles de Amoníaco y Sulfuro de Hidrógeno**

Sitio de Medición	Concentración de Gases	
	Sulfuro de Hidrógeno (ppm)	Amoníaco (ppm)
<b>ER1</b>	2.0	77
<b>ER2</b>	2.0	60
<b>ER3</b>	2.0	224
<b>ER4</b>	2.0	170
<b>ER5</b>	2.0	111
<b>ER6</b>	2.0	107
<b>ER7</b>	2.0	60
<b>ER8</b>	2.0	0
<b>ER9</b>	1.0	9
<b>ER10</b>	1.0	34
<b>ER11</b>	1.0	43
<b>ER12</b>	1.0	53
<b>ER13</b>	0.0	77
<b>ER14</b>	0.0	0
<b>ER15</b>	0.0	9
<b>ER16</b>	0.0	0
<b>ER17</b>	0.5	0
<b>ER18</b>	1.0	26
<b>ER19</b>	1.0	26
<b>ER20</b>	1.0	0
<b>ER21</b>	2.0	0
<b>ER22</b>	2.0	0
<b>ER23</b>	0.5	2
<b>ER24</b>	2.0	0
<b>ER25</b>	2.0	1777
<b>ER26</b>	0.0	1156
<b>ER27</b>	1.0	0
<b>ER28</b>	1.0	0
<b>ER29</b>	1.0	0
<b>ER30</b>	1.0	0
<b>ER31</b>	2.0	0

Fuente: URS Holdings, Inc.

En la tabla anterior se observa que el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) presentó concentraciones entre 0.5 y 2.0 ppm en 26 de los sitios, estando en niveles no detectables en los cinco restantes. El sulfuro de hidrógeno es un gas incoloro e inflamable más pesado que el aire que huele a huevo podrido a bajos niveles de concentración en el aire, cuyo umbral de olor está entre 0,0005 y 0,3 ppm, de tal manera que los niveles registrados pudieron contribuir a los olores percibidos. Si bien los valores son bastante homogéneos en el área, las concentraciones más elevadas (2.0 ppm) se registraron principalmente en el Lote B y en límite entre este globo de terreno y el Polígono TE04-01.

Por otra parte, el amoníaco ( $NH_3$ ) estuvo en niveles no detectables en 13 sitios de medición y en los 18 sitios restantes fue detectado en concentraciones entre 2 y 1,777 ppm. La distribución de las mediciones, aunque es afectada por la circulación de las masas de aire, indica cierta tendencia a detectar la presencia de amoníaco en el perímetro del área de estudio con el vertedero y cerca del área de Petroport. El amoníaco es un gas incoloro, corrosivo y alcalino que tiene un olor muy penetrante con nivel de detección o umbral del olor que oscila entre 5 y 53 ppm, por lo cual en el área de estudio este compuesto contribuyó a la presencia de olores.

## 4.0 MIGRACIÓN DE GASES POR EL SUBSUELO

Los gases generados por la descomposición del material orgánico, ya sea bajo condiciones aerobias o anaerobias, dependiendo de las características del suelo y el manejo del vertedero, pueden migrar de forma vertical hacia la atmósfera u horizontal hacia las propiedades cercanas.

Considerando que el área de estudio se localiza contigua al Vertedero de Monte Esperanza, surge la necesidad de evaluar la migración de gases de vertedero (Metano y CO<sub>2</sub>). Si bien se puede esperar la presencia de gases de vertedero en el vapor del suelo más allá de los límites del vertedero de Monte Esperanza, se desconoce la presencia de migración por el subsuelo. Para determinar la migración de estos gases, se consideró la realización de perforaciones dirigidas a delinear la presencia y extensión de esta migración.

La delimitación de la migración de gases de vertedero contribuirá a evaluar y planificar los siguientes pasos para remediar/mitigar la situación existente si se desea el desarrollo de la propiedad bajo condiciones seguras (por ejemplo, instalación de respiraderos, sistemas de extracción de gas pasivos o activos, muros de retención, etc.).

La migración de gases de vertedero fue estimada mediante la definición de puntos de medición, distribuidos a todo lo largo del límite de la propiedad bajo estudio con el vertedero de Monte Esperanza, así como a distancias variables de dicho límite, en caso de presentarse valores de metano, como se muestra en la **Figura No.7**.

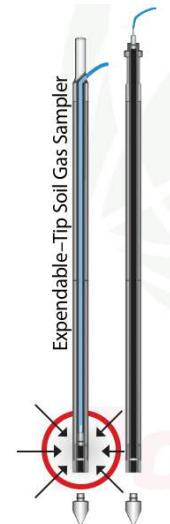
Una medición de gas que indique que el metano es superior al 100% del límite inferior de explosividad (LEL) del metano, es decir, a una concentración del 5% en volumen, se considerará como evidencia de una migración de metano a través del límite de la propiedad y por lo tanto un riesgo potencial. Esto, según lo señalado por el Código de Reglamentos Federales (CFR) de la EPA de USA 40 CFR 258.23, aplicable a los vertederos de residuos sólidos municipales (RSU), donde se establece que la concentración de gas metano no debe superar el límite inferior de explosividad para metano, lo cual corresponde a un nivel de 5% en volumen.

Los pasos metodológicos que fueron implementados para la realización de las mediciones de gases de vertedero en el subsuelo, así como la delimitación de la migración de gases, son listados a continuación.

- a) Se identificaron puntos de medición a lo largo del límite de la propiedad y el vertedero, a nivel cartográfico, espaciadas a intervalos de aproximadamente 60 metros.
- b) Cada punto fue verificado en campo en cuanto a las condiciones existentes de accesibilidad, de tal manera de realizar los ajustes que fuesen necesarios en su ubicación final. En cada punto se registró la coordenada UTM Datum WGS 84.



- c) Una vez identificado el punto, se procedió a posicionar la perforadora, la cual consistió en un equipo de perforación de empuje directo montado sobre orugas. La herramienta de empuje directo minimiza la perturbación de la superficie y del subsuelo al crear sólo agujeros de pequeño diámetro.
- d) Una vez en posición, el instrumental se introducía en el subsuelo mediante métodos de empuje directo hasta la profundidad deseada, donde la punta de accionamiento era separada tirando hacia atrás del utilaje, dejando al descubierto una sección de entrada con una pantalla, para la entrada del gas. Esta metodología es llamada muestreador de gas de punta extensible o “expendable-tip soil gas sampler”, en inglés.
- e) Las profundidades de muestreo oscilaron entre 1 y 3 metros por debajo de la superficie del suelo, seleccionadas a partir de información existente sobre la presencia de desechos y la profundidad del nivel freático.
- f) Una vez realizada la perforación se procedía de forma inmediata a la medición de gases en el subsuelo mediante un monitor de gas de vertedero portátil Landtec GEM 5000.
- g) El mismo procedimiento se implementó en cada punto de muestreo limitando la propiedad con el vertedero. Dependiendo de los resultados obtenidos en las mediciones realizadas, se definieron puntos de medición a mayor distancia del vertedero. En total se realizaron 31 puntos de medición.



En el **Anexo 5** se presenta un registro fotográfico de las actividades realizadas en campo donde pueden distinguirse las actividades y los equipos empleados. La Tabla No. 14 presenta los resultados para cada sitio de perforación.

**Tabla No. 14**  
**Resultados en mediciones de gases en el subsuelo**

Sitio de muestreo	Prof. (m)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S (ppm)	CO (ppm)	BAL (%)	COV* (ppb)	Cl <sub>2</sub> * (ppm)	PB (p. Hg)	PE (p. H <sub>2</sub> O)	DP (p. H <sub>2</sub> O)
<b>ER1</b>	1.0	0.0	0.1	20.9	1.0	0	79.9	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER2</b>	1.0	0.0	0.1	20	1.0	1	79.9	SR	SR	29.70	-0.02	0.021
<b>ER3</b>	1.0	1.5	16	1.4	2.0	6	81.5	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER4</b>	2.0	<b>77.1</b>	23.5	0.2	<b>11.0</b>	17	0.0	SR	SR	29.88	-0.02	0.021
<b>ER5</b>	2.5	<b>70.0</b>	29	0.0	3.0	9	1.0	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER6</b>	2.0	<b>59.6</b>	23.8	0.0	5.0	4	17.5	SR	SR	29.80	-0.02	0.021
<b>ER7</b>	2.0	1.9	3.9	13.2	3.0	15	81.2	SR	SR	29.70	-0.02	0.021
<b>ER8</b>	2.5	0	0	20.9	3.0	2	79.1	SR	SR	29.89	-0.02	0.021
<b>ER9</b> (17-marzo-21)	2.0	0	0.1	20.2	1.0	0	79.7	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER9</b> (16-marzo-21)	1.0	0	0.1	21.5	3.0	1	78.4	SR	SR	29.79	-0.02	0.021

Sitio de muestreo	Prof. (m)	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S (ppm)	CO (ppm)	BAL (%)	COV* (ppb)	Cl <sub>2</sub> * (ppm)	PB (p. Hg)	PE (p. H <sub>2</sub> O)	DP (p. H <sub>2</sub> O)
<b>ER10 (17-marzo-21)</b>	2.0	0	0.1	20.1	1.0	0	79.8	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER10 (16-marzo-21)</b>	1.0	0	0	21.4	3.0	1	78.5	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER11 (17-marzo-21)</b>	2.0	0	0	19.9	1.0	0	80.1	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER11 (16-marzo-21)</b>	1.5	0	0	21.2	2.0	2	78.8	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER12</b>	1.8	0	0	19.9	1.0	0	80.0	SR	SR	29.80	-0.02	0.021
<b>ER13</b>	1.8	0	0	20.2	0.0	0	79.8	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER14</b>	1.8	0	0	20.5	0.0	1	79.5	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER15</b>	1.8	0	0	20.7	1.0	2	79.3	SR	SR	28.70	-0.02	0.021
<b>ER16</b>	2.0	0	0	20.4	1.0	2	79.6	SR	SR	29.87	-0.02	0.021
<b>ER17</b>	2.5	0	0	20.6	0.0	1	79.4	SR	SR	29.88	-0.02	0.021
<b>ER18</b>	2.5	0	0.1	20.4	1.0	2	79.5	0	0.00	28.79	-0.02	0.021
<b>ER19</b>	2.5	<b>34.9</b>	9.1	0.1	2.0	2	81.9	361	<b>0.65</b>	29.79	-0.02	0.021
<b>ER20</b>	2.0	0.1	10	8.9	2.0	4	81.9	207	<b>0.55</b>	29.79	-0.02	0.021
<b>ER21</b>	2.0	7.2	5.8	16.2	4.0	6	77.0	17	0.00	29.79	-0.02	0.021
<b>ER22</b>	2.0	0	0	21.1	2.0	2	78.9	0	0.00	29.79	-0.02	0.021
<b>ER23</b>	3.0	<b>28.1</b>	13.7	0.0	2.0	1	58.3	860	0.80	27.87	-0.02	0.021
<b>ER24</b>	1.5	0	0	20.7	2.0	1	79.3	0	0.00	29.83	-0.02	0.021
<b>ER25</b>	1.5	0	0	21.1	4.0	9	78.1	7	0.00	29.82	-0.02	0.021
<b>ER26</b>	2.5	0	0	20.5	1.0	1	79.4	1	0.00	29.89	-0.02	0.021
<b>ER27</b>	2.0	0	0	20.5	1.0	1	79.5	2	0.00	29.90	-0.02	0.021
<b>ER28</b>	1.5	0	0	20.7	1.0	1	79.3	0	0.00	29.90	-0.02	0.021
<b>ER29</b>	1.0	0	0	21.1	2.0	1	78.9	1	0.00	28.70	-0.02	0.021
<b>ER30</b>	0.9	0	0	21.5	2.0	1	78.5	1	0.00	29.89	-0.02	0.021
<b>ER31</b>	0.9	0	0	21.8	2.0	0	78.2	1	0.00	29.89	-0.02	0.021

\*: Mediciones con el monitor RKI GX-6000, el resto fue registrado con el monitor Landtec GEM-5000.

Prof: Profundidad de la medición. CH4: Metano. CO2: Dióxido de carbono. Os: Oxígeno. H<sub>2</sub>S: Sulfuro de hidrógeno. CO: Monóxido de carbono. COV: Compuestos orgánicos volátiles. Cl<sub>2</sub>: Cloruro. PE: Presión estática. PB: Presión barométrica. DP: Diferencia de Presión. SR: Sin registro. p.Hg: pulgadas de mercurio, p.H<sub>2</sub>O: pulgadas de agua.

Fuente: URS Holdings, Inc.

Los registros obtenidos indican que se detectó la presencia de condiciones para la generación de gases de vertedero (presencia de metano, incremento en la concentración de dióxido de carbono y disminución de los niveles de oxígeno), en 9 de los 31 puntos de medición, en los cuales la concentración de metano osciló entre 0.1 y 77.1% en volumen, confirmándose la presencia de niveles significativos de este gas (mayores a 5% en volumen) en 6 de ellos (ER4, ER5, ER6, ER19,

ER21 y ER23). El balance de gases reporta, el resto de gases que no son gases de vertedero, por tanto, en las perforaciones que no se reportan gases de vertedero, este valor compensa.

Por su parte, considerando las perforaciones donde fueron reportados valores de compuestos orgánicos volátiles (COV) y el gas cloro, gases que dependiendo de las condiciones pueden generar ambientes peligrosos para la salud, se observa que fueron detectados asociados a las perforaciones donde se detectó la presencia de gases de vertedero (ER19 y ER23). Los COV tienen grados de toxicidad dependiendo de los compuestos específicos presentes y en el caso del cloro, a manera de referencia para ambientes de trabajo, el Reglamento Técnico COPANIT 43 (Condiciones de higiene y seguridad para el control de la contaminación atmosférica en ambientes de trabajo producida por sustancias químicas) establecen un máximo de 0.5 ppm como concentración máxima para un periodo de ocho horas de trabajo y 1 ppm como nivel máximo que no debe ser excedido por más de 15 minutos.

La **Figura No. 8** (al final de la sección) muestra de forma gráfica la distribución de la concentración de metano en el área de estudio, donde se observa que los puntos donde fue detectada su presencia se localizaron en el Lote B y en el límite del Polígono TE04-01 con el vertedero de Monte Esperanza, al norte de un canal pluvial que recorre el área de estudio.

Las observaciones de campo realizadas durante las perforaciones, así como la información disponible sobre excavaciones realizadas en el área (Mapeo de la Contaminación), evidencia que en las áreas donde fue detectada la presencia de metano, han sido utilizadas para la disposición de desechos, encontrándose de forma soterrada a profundidades variables. De tal manera que la presencia de gases de vertedero no solo puede deberse a un proceso de migración desde el vertedero de Monte Esperanza, sino que también puede estar relacionado con la producción de estos gases en el entorno de la perforación, es decir, generados en el subsuelo dentro del área de estudio.

En el caso del Lote B, la ausencia de metano en excavaciones realizadas en sectores con evidencias de la presencia de desechos soterrados, pudiera ser el reflejo de condiciones relacionadas con el tipo de suelo existente, las cuales pudieran estar favoreciendo la liberación de los gases generados y la oxigenación de las capas profundas con la consiguiente inhibición de la generación de gases de vertedero. Estas condiciones a las que se hace referencia corresponden a la predominancia de suelos franco-arenosos, franco-arcillosos y arenosos, mencionada en información disponible para la zona, los cuales se caracterizan por tener una mayor porosidad que suelos conformados por partículas más finas como son los suelos arcillosos y limosos. El grado de porosidad existente en el suelo pudiera estar favoreciendo la circulación de aire desde la atmósfera hacia el suelo, que se relacionaría con los altos niveles de oxígeno registrados en las perforaciones donde no se detectó la presencia de metano.

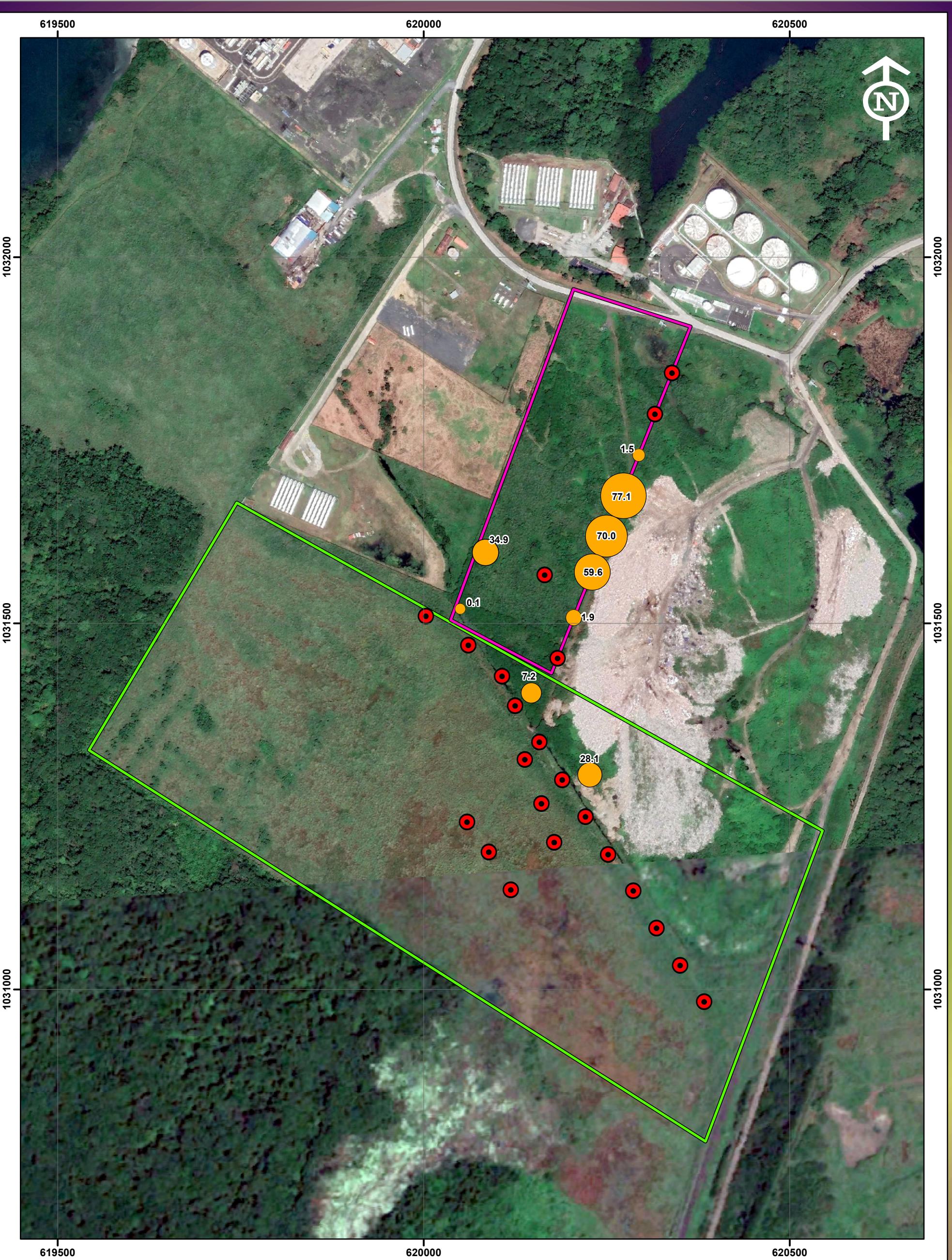
Por otra parte, información disponible indica la presencia de desechos y suelos profundos cubiertos con hidrocarburos pesados, los cuales son difíciles de biodegradar y por ende limitan la generación de gases de vertederos aún bajo condiciones anaeróbicas.

Evaluando las condiciones encontradas en el Polígono TE04-01, se observa que la presencia de metano se encontró en perforaciones ubicadas en un área con presencia de desechos soterrados contigua al veredero Monte Esperanza y al Norte/Noreste de un canal pluvial que recorre el polígono, mientras que no fue encontrada la presencia de este gas en el sector ubicado al Sur/Suroeste del canal pluvial que recorre la propiedad, donde no se reporta la presencia de desechos soterrados.

La ausencia de registros de metano en el Polígono TE04-01 pudiera indicar que el canal pluvial está comportándose como una barrera a la migración del gas desde los sectores con presencia de desechos. Adicionalmente, este sector posee diversas condiciones que limitan la presencia de un proceso de migración horizontal de gases, como es la predominancia de suelos franco arenoso y un nivel freático poco profundo, el cual se localizó entre 1.5 y 0.9 metros de profundidad, lo cual reduce el espesor de la sección del suelo donde pudiera presentarse un proceso de migración de gases, el cual estaría restringido a las capas más superficiales y aireadas.

Al evaluar los niveles encontrados para el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), gas asociado a la descomposición de materia orgánica en ambientes naturales y por la descomposición de desechos, se observan concentraciones entre 1 y 3 ppm en la mayor parte del área, incluyendo sectores sin presencia de desechos soterrados, estando las dos mayores concentraciones (5 y 11 ppm) en las excavaciones con presencia de gases de vertedero. Este gas no ha sido ampliamente estudiado en cuanto a sus efectos tóxicos a nivel ambiental, aunque se ha encontrado que la exposición de trabajadores a emisiones de sulfuro de hidrógeno puede tener efectos negativos pudiendo incluso ocasionar la muerte.

A manera de referencia tenemos que para ambientes de trabajo la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos (OSHA por sus siglas en inglés) ha establecido 20 ppm de  $H_2S$  como el nivel máximo de exposición para ocho horas de trabajo. Mientras que el Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos (NIOSH por sus siglas en inglés), recomienda un límite de exposición de 10 minutos bajo niveles de 10 ppm y establece que 100 ppm es una concentración con efectos peligrosos sobre la vida de los trabajadores. En Panamá el Reglamento Técnico COPANIT 43 (Condiciones de higiene y seguridad para el control de la contaminación atmosférica en ambientes de trabajo producida por sustancias químicas) se establecen 10 ppm como concentración máxima para un periodo de ocho horas de trabajo y 15 ppm como nivel máximo que no debe ser excedido por más de 15 minutos.



**EVOLUCIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DERIVADO DE LA MIGRACIÓN DE GASES DEL VERTEDERO DE MONTE ESPERANZA". ISLA TELFERS, COLON**  
**FIGURA No. 8. DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS CON PRESENCIA DE METANO**

