

REPORTE LEVANTAMIENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO VERTEDERO MORROMPULLI

INFORME TÉCNICO EQUIPO DE GEOINFORMACIÓN DEPARTAMENTO DE SEGUIMIENTO E INFORMACIÓN AMBIENTAL

Cristobal Lagos
Gabriela Sáez

02 de agosto de 2023

1 RESUMEN

A petición de la División de Fiscalización (DFZ) de la Oficina Regional de Los Ríos, se solicita apoyo técnico al equipo de Geoinformación del Departamento de Seguimiento e Información Ambiental, con objeto de analizar un levantamiento aerofotogramétrico realizado con dron para evidenciar el estado actual de la UF “Vertedero Municipal Morrompulli” ubicada en la comuna de Valdivia, región de Los Ríos, producto de un derrumbe o deslizamiento ocurrido en las terrazas que conformaban el frente activo del vertedero. Conforme a realizar el análisis del levantamiento, las imágenes capturadas en los vuelos fueron procesadas mediante el *software Agisoft Metashape*, para la creación un MDE (Modelo Digital de Elevación) y la generación de un ortomosaico del área levantada. Se calculó el volumen total del frente activo del vertedero determinando un volumen de 375741.8 m³ que corresponden a 150297 toneladas y el volumen del sector de deslizamiento, 12813.3 m³ correspondiendo a 5125 toneladas. Se calcularon las pendientes de los taludes del frente activo del vertedero, determinando pendientes entre 52% y 85%. Adicionalmente se identificaron los canales de conducción de aguas y líquidos lixiviados presentes en el área de estudio.

2 ANTECEDENTES

El presente documento responde a la solicitud de DFZ, Oficina Regional de Los Ríos realizada con fecha 05 de julio de 2023, con motivo de una inspección realizada al Vertedero Morrompulli, producto de un derrumbe de las terrazas que conformaban el frente activo del vertedero ocurrido el día 25 de junio de 2023, lo que produjo el desplazamiento de una masa de residuos sólidos domiciliarios por unos 350 metros, llegando hasta el predio colindante a una propiedad particular, y la obstrucción y disposición de una gran cantidad de residuos en el estero “El Mosco”, que se utiliza para el abastecimiento de agua para la población aledaña al vertedero.

La UF “Vertedero Municipal Morrompulli” cuenta con una superficie de 4 hectáreas y estaría recibiendo los residuos sólidos domiciliarios de 11 de las 12 comunas de la Región de Los Ríos, con un ingreso promedio de 400 toneladas diarias.



En el marco de esta contingencia ambiental, con fecha 29 de junio de 2023 se realizaron vuelos de dron sobre el área afectada por el derrumbe y deslizamiento de residuos, en conjunto con equipo de la Delegación Presidencial de Valdivia, cuyas imágenes se solicita procesar y analizar.

Al respecto, se cuenta con los siguientes antecedentes:

- Imágenes de tres levantamientos aerofotogramétricos del sector del Vertedero Municipal Morrompulli.

Tabla 1. Equipos utilizados.

Equipo	Precisión nominal posicionamiento
Dron <i>DJI Matrice M30T</i>	Horizontal (± 1.5 m) Vertical (± 0.5 m)

Fuente: Recopilado de la ficha técnica del equipo.

Tabla 2. Resumen de vuelos realizados

N° Vuelo	N° de imágenes	Fecha levantamiento	Lugar
1	305	29/06/2023	Vertedero Municipal Morrompulli
2	70	29/06/2023	Vertedero Municipal Morrompulli
3	128	29/06/2023	Vertedero Municipal Morrompulli

Fuente: Elaboración propia.

3 OBJETIVO

Realizar análisis de levantamiento aerofotogramétrico en UF “Vertedero Municipal Morrompulli”.

3.1 Objetivos específicos

- Estimación del volumen total del frente activo del vertedero.
- Estimación de volumen en sector de deslizamiento.
- Determinación de diseño geométrico de taludes.
- Identificación de canales de conducción de aguas y líquidos lixiviados, presentes en el área de estudio.

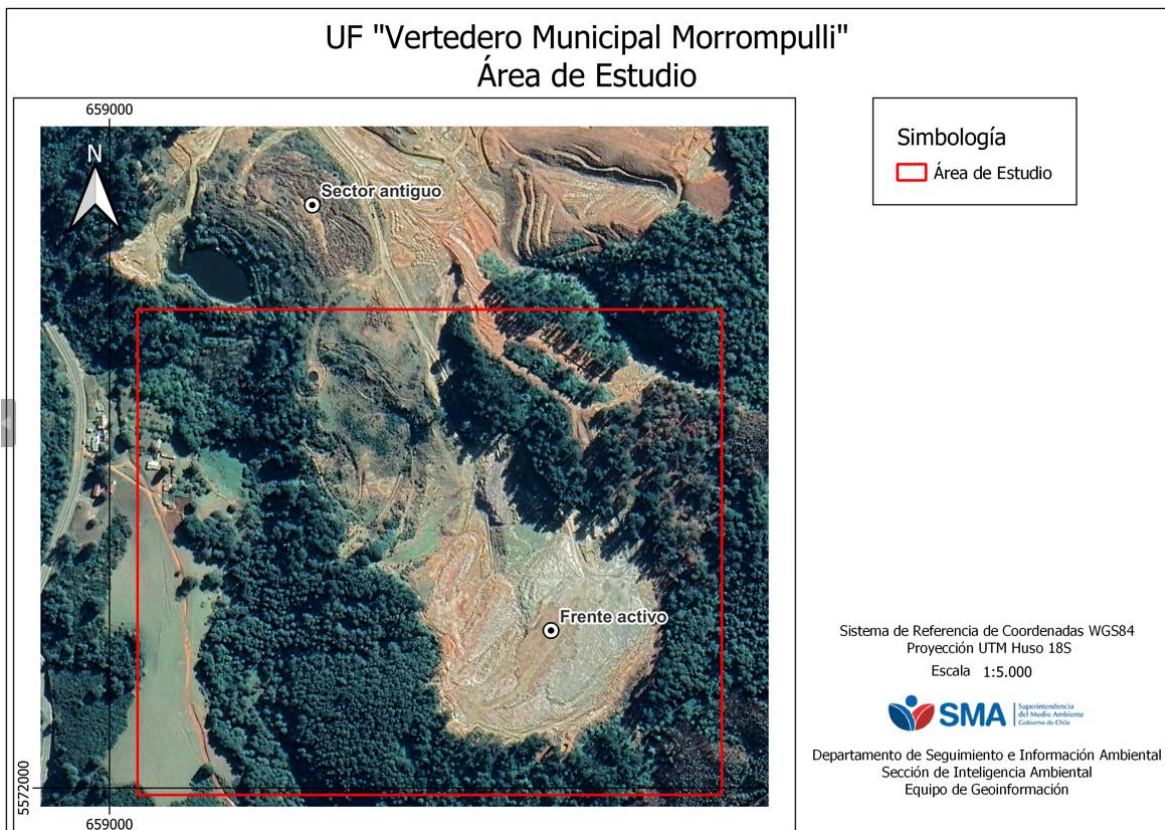
4 METODOLOGÍA

4.1 Área de Estudio

La UF "Vertedero Municipal Morrompulli" se ubica en la comuna de Valdivia, sector Camino Viejo a La Unión. Esta se conforma de un sector antiguo, que se encuentra sellado, y de un sector nuevo, que corresponde actualmente al frente activo del vertedero, según se aprecia en la Figura 1.

El área de estudio corresponde al área afectada por el derrumbe y deslizamiento de residuos sólidos domiciliarios ocurrido el 25 de junio de 2023, en el sector del frente activo del vertedero.

Figura 1. Área de Estudio



Fuente: QGIS

4.2 Método

A continuación, se detalla la metodología utilizada para el análisis de levantamientos aerofotogramétricos, considerando los objetivos planteados en el inicio de este reporte.



4.3 Procesamiento de levantamientos aerofotogramétricos

El set de imágenes capturadas en los vuelos fue procesado mediante el *software Agisoft Metashape*¹. El flujo de trabajo general considera en primer lugar, importar las imágenes del vuelo en el *software*, las cuales posteriormente son posicionadas y orientadas de forma automatizada. Luego se prosigue con la creación un MDE (Modelo Digital de Elevación) y finalmente se genera un ortomosaico que corresponderá al área levantada.

4.4 Determinación de volúmenes y diseño geométrico de taludes

Conforme a realizar la estimación de volumen tanto del frente activo del vertedero como del sector donde ocurrió el deslizamiento, se utilizó el modelo digital de elevaciones de 12cm/píxel de resolución, resultante del procesamiento de las imágenes. Para llevar a cabo lo anterior, se delimitó, de forma aproximada, el perímetro del frente activo del vertedero y de las áreas con presencia de basura. Este perímetro generado se considerará como plano referencial para el cálculo de volúmenes.

Adicionalmente, se considerará una densidad promedio de las basuras de 400 kg/m³ para los rellenos sanitarios² conforme a la determinación de toneladas a partir del volumen estimado.

En tanto para la determinación de pendiente de talud, se determinó la diferencia de altura entre el borde inferior y superior de los taludes del frente activo del vertedero, además de considerar la distancia horizontal entre ambos puntos. Matemáticamente se determina de la siguiente forma.

Ecuación 1. Determinación de pendientes de taludes

$$i\% = \frac{dA}{Dist} * 100$$

Donde:

i%: pendiente en porcentaje.

dA: diferencia de altura borde superior talud – borde inferior talud.

Dist: distancia horizontal entre ambos puntos del talud.

¹Flujo de trabajo procesamiento Aerofotogramétrico:

<https://agisoft.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000153696-aerial-data-processing-with-gcps-orthomosaic-dem-generation>

²Densidad de basura presente en rellenos sanitarios, pág. 38. <https://sni.gob.cl/storage/docs/Residuos-Solidos-2013.pdf>



4.5 Identificación de Canales

De acuerdo con la solicitud de DFZ, Oficina Regional de Los Ríos, se realizó la identificación de canales de conducción de aguas y líquidos lixiviados, presentes en el área de estudio, mediante fotointerpretación de la ortofoto generada anteriormente.

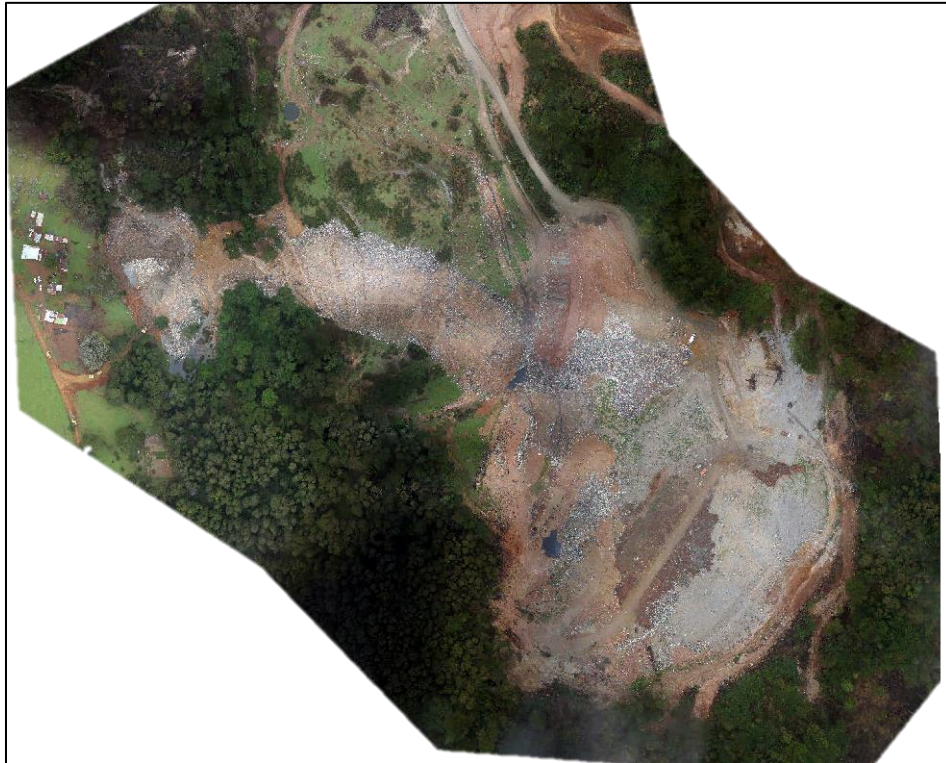
Se consideraron en el análisis aquellas estructuras tipo canal o zanja, que se encontraran claramente definidos y con escurrimiento de aguas superficiales o aguas estancadas, producto de los taponamientos generados por los deslizamientos de tierra y basura.

5 RESULTADOS

5.1 Ortofoto

La Figura 2 corresponde a la ortofoto resultante de los vuelos realizados sobre la UF “Vertedero Municipal Morrompulli”. El producto final se exportó con una resolución de 3 cm/píxel.

Figura 2. Ortoimagen resultante del levantamiento en el Vertedero Municipal Morrompulli.

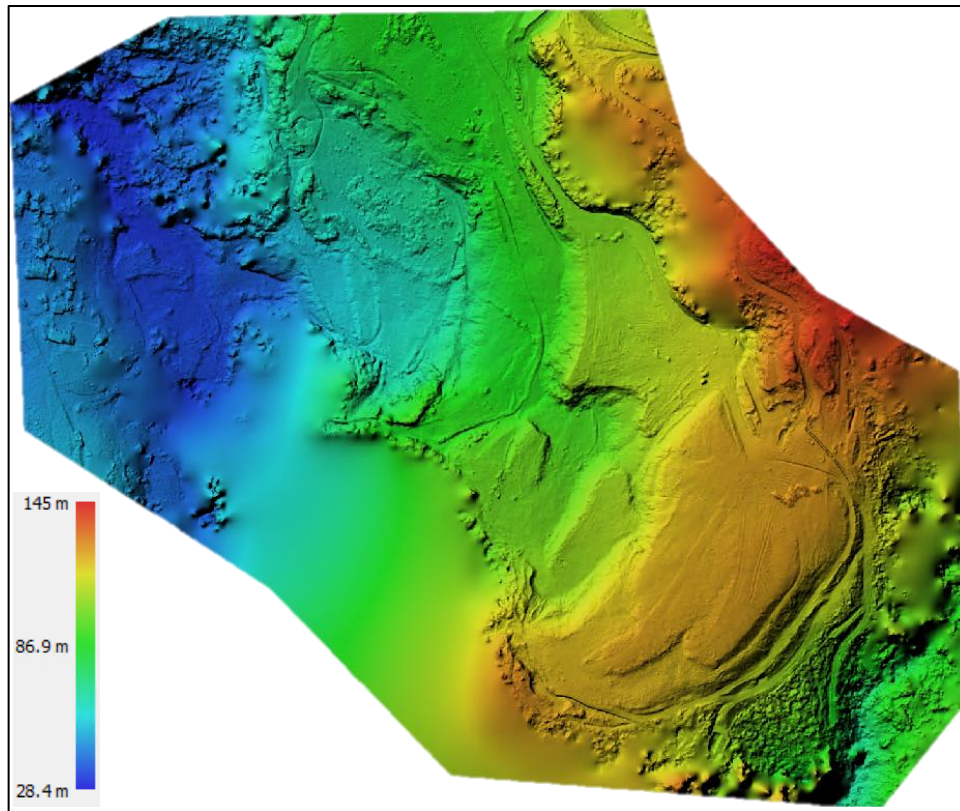


Fuente: Agisoft Metashape Pro.

5.2 Modelo Digital de Elevación (MDE)

La Figura 3 corresponde al MDE resultante de los vuelos realizados sobre la UF “Vertedero Municipal Morrompulli”. El producto final se obtuvo con una resolución de 10 cm/píxel.

Figura 3. MDE resultante del levantamiento en el Vertedero Municipal Morrompulli.

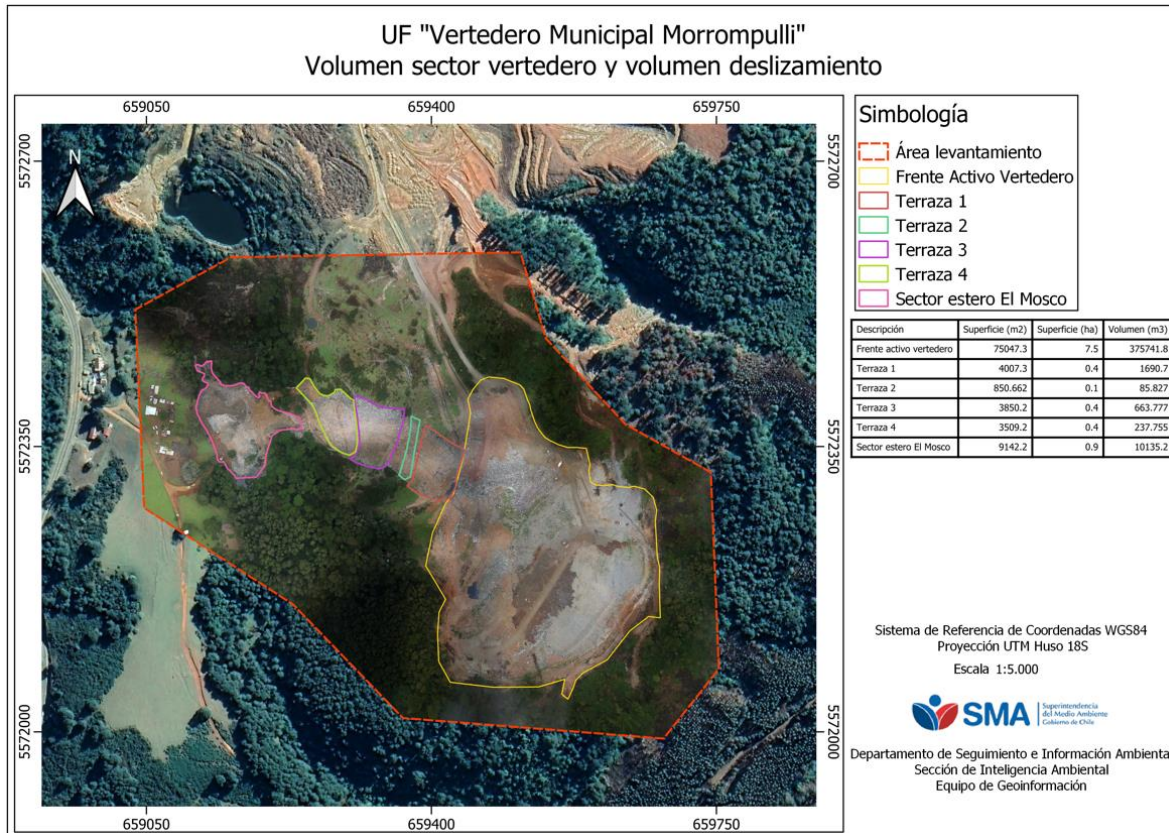


Fuente: Agisoft Metashape Pro.

5.3 Determinación de volumen sector vertedero.

En la Figura 4 se delimita, de forma aproximada, el área correspondiente al deslizamiento ocurrido en el vertedero. El desplazamiento de la masa de residuos recorre una longitud cercana a los 350 metros desde el talud del sector del frente activo del vertedero.

Figura 4. Determinación de volúmenes sector vertedero y residuos desplazados.



Fuente: QGIS

La tabla 3, muestra los volúmenes, en metros cúbicos determinados tanto para el sector del frente activo del vertedero como para los sectores donde ocurrió el desplazamiento de residuos. Adicionalmente, se realiza la conversión a toneladas de lo calculado previamente y se determinan las superficies intervenidas.

Tabla 3. Resumen de volúmenes y toneladas calculadas.

Descripción	Superficie (m ²)	Superficie (ha)	Volumen (m ³)	Toneladas
Frente activo vertedero	75047.3	7.5	375741.8	150297
Terraza 1	4007.3	0.4	1690.7	676
Terraza 2	850.662	0.1	85.827	34
Terraza 3	3850.2	0.4	663.777	266
Terraza 4	3509.2	0.4	237.755	95
Sector estero El Mosco	9142.2	0.9	10135.2	4054

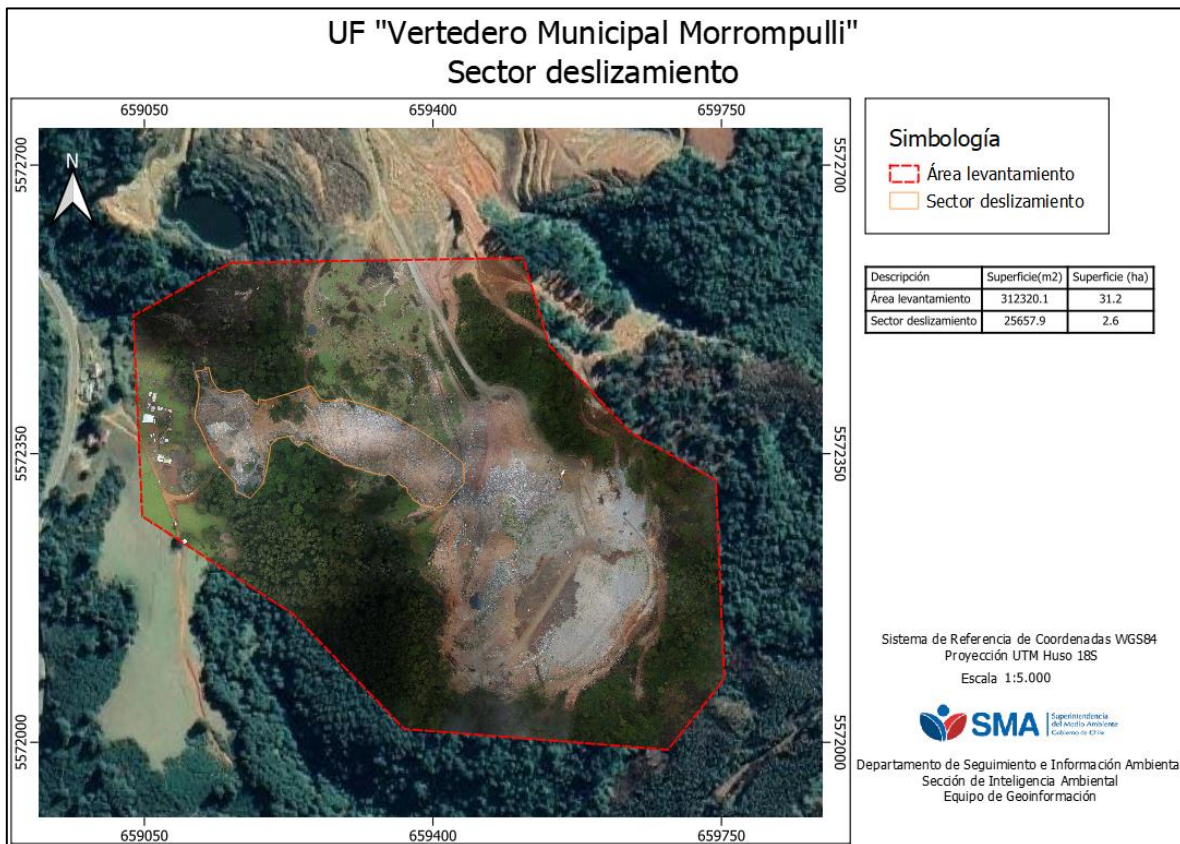
Fuente: Elaboración propia



5.4 Delimitación área deslizamiento del vertedero

En la Figura 5 se delimita, de forma aproximada, el área correspondiente al deslizamiento ocurrido en el vertedero. El desplazamiento de la masa de residuos recorre una longitud cercana a los 350 metros desde el talud del sector del frente activo del vertedero.

Figura 5. Sector de deslizamiento del vertedero identificado.



Fuente: QGIS

La tabla 4, muestra el área total abarcada en el levantamiento aerofotogramétrico realizado sobre la UF. Adicionalmente, se muestra el área abarcada por el deslizamiento del vertedero.

Tabla 4. Resumen de áreas calculadas.

Descripción	Superficie (m ²)	Superficie (hectáreas)
Área levantamiento	312320.1	31.2
Sector deslizamiento	25657.9	2.6

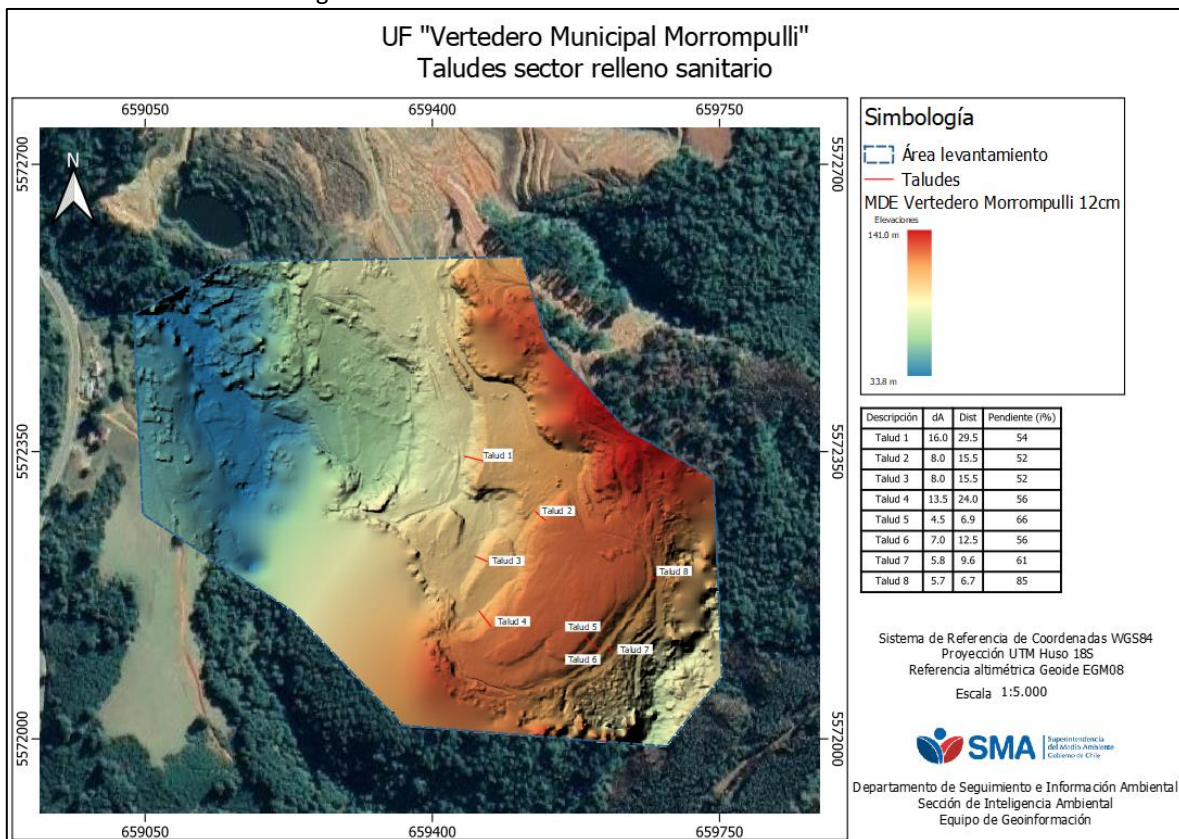
Fuente: Agisoft Metashape Pro.



5.5 Taludes vertedero

En la Figura 6 se identifican ocho (8) taludes existentes en el frente activo del vertedero. Adicionalmente, la tabla 5 muestra las pendientes, en porcentaje (%), calculadas para cada talud identificado.

Figura 6. Taludes existentes en el sector del vertedero.



Fuente: QGIS

Tabla 5. Resumen de pendientes en % calculadas.

Descripción	dA	Dist	Pendiente (i%)
Talud 1	16.0	29.5	54
Talud 2	8.0	15.5	52
Talud 3	8.0	15.5	52
Talud 4	13.5	24.0	56
Talud 5	4.5	6.9	66
Talud 6	7.0	12.5	56
Talud 7	5.8	9.6	61
Talud 8	5.7	6.7	85



Fuente: Elaboración propia

5.6 Identificación de canales

En la Figura 7 se observan los canales de conducción de aguas presentes en el área de estudio.

En aquellos casos en que el deslizamiento del material modificó sustancialmente la superficie del terreno, no fue posible identificar la presencia de canales, ya que el escurrimiento de agua se observa de manera libre por el terreno.

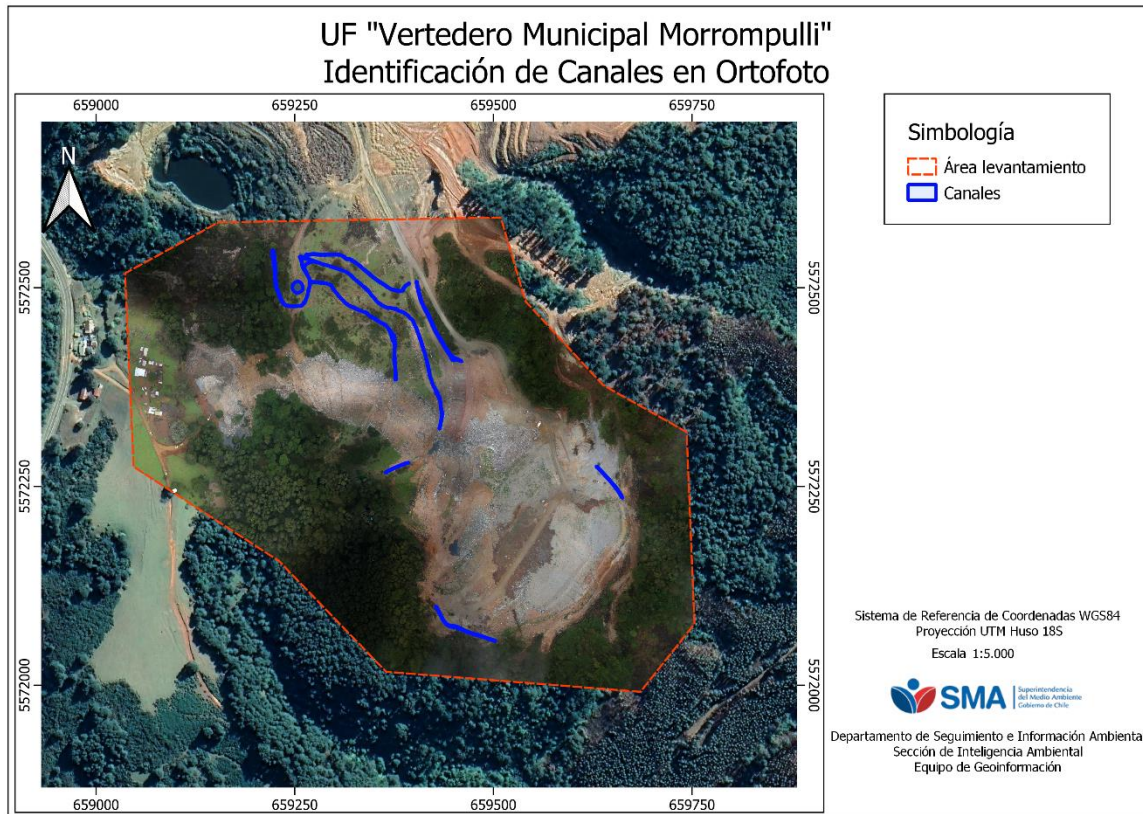
Se observa un sistema de 3 canales principales que escurren en distintos niveles de las terrazas o terraplenes (en distintas cotas del terreno bajo el talud principal, ver Figura 8), y que confluyen a un solo canal, que se dirige al norte del vertedero. Estos se encuentran en gran parte con presencia de basura y restos de residuos domiciliarios que interrumpen el flujo de las aguas. Si bien no fue posible determinar el trazado completo de este último tramo, se puede observar que este va en dirección de una piscina de acumulación presente en el área norte del vertedero, según se observa en la Figura 9, sobre la base de una imagen satelital obtenida de Google Earth.

Además, se observaron dos estructuras tipo canal o zanja en la parte alta del vertedero, con escasa presencia de agua, que no tienen continuación o conexión entre si ni con otras estructuras similares.

Finalmente, se identificó también una acumulación de agua tipo pozo o laguna, que no se encuentra actualmente conectada al sistema de canales, pero presenta señales de escurrimiento eventual en esa dirección (Figura 10).



Figura 7. Canales identificados a partir de la ortofoto.

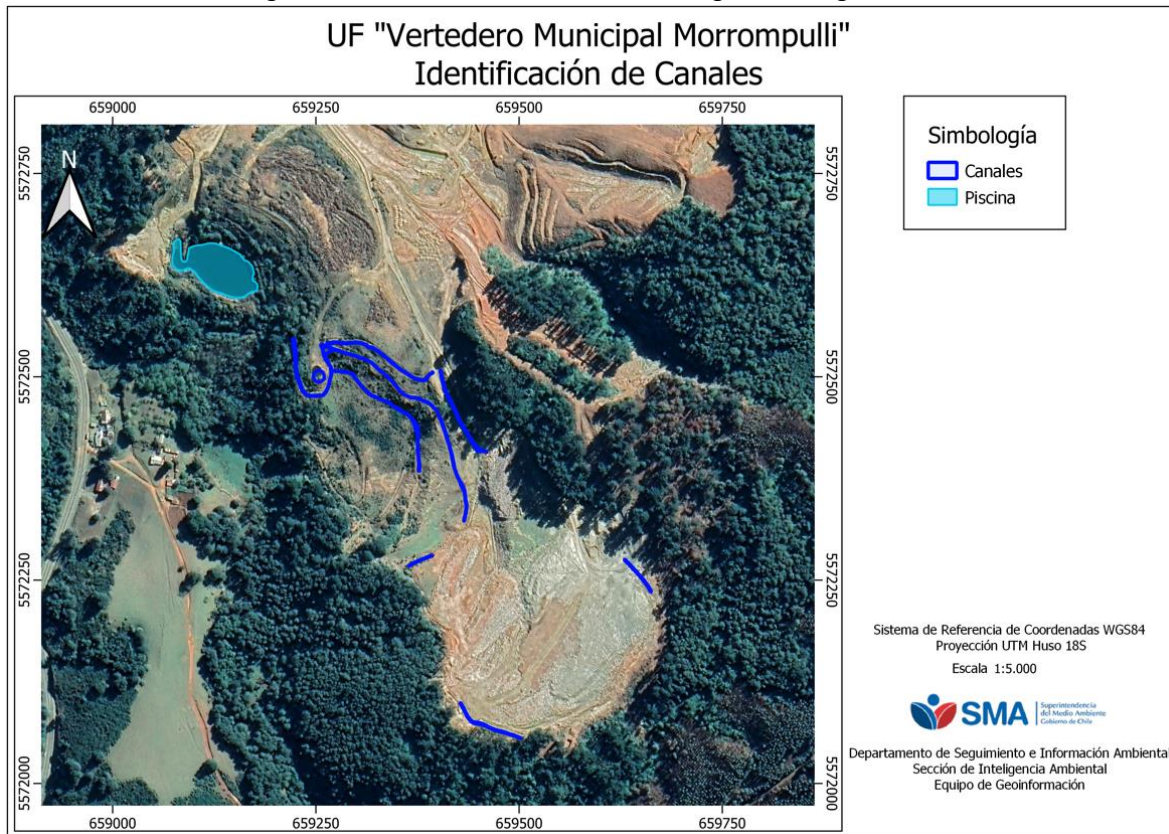


Fuente: QGIS

Figura 8. Sistema de canales del Vertedero Municipal Morrompulli sobre una foto captuada por dron.



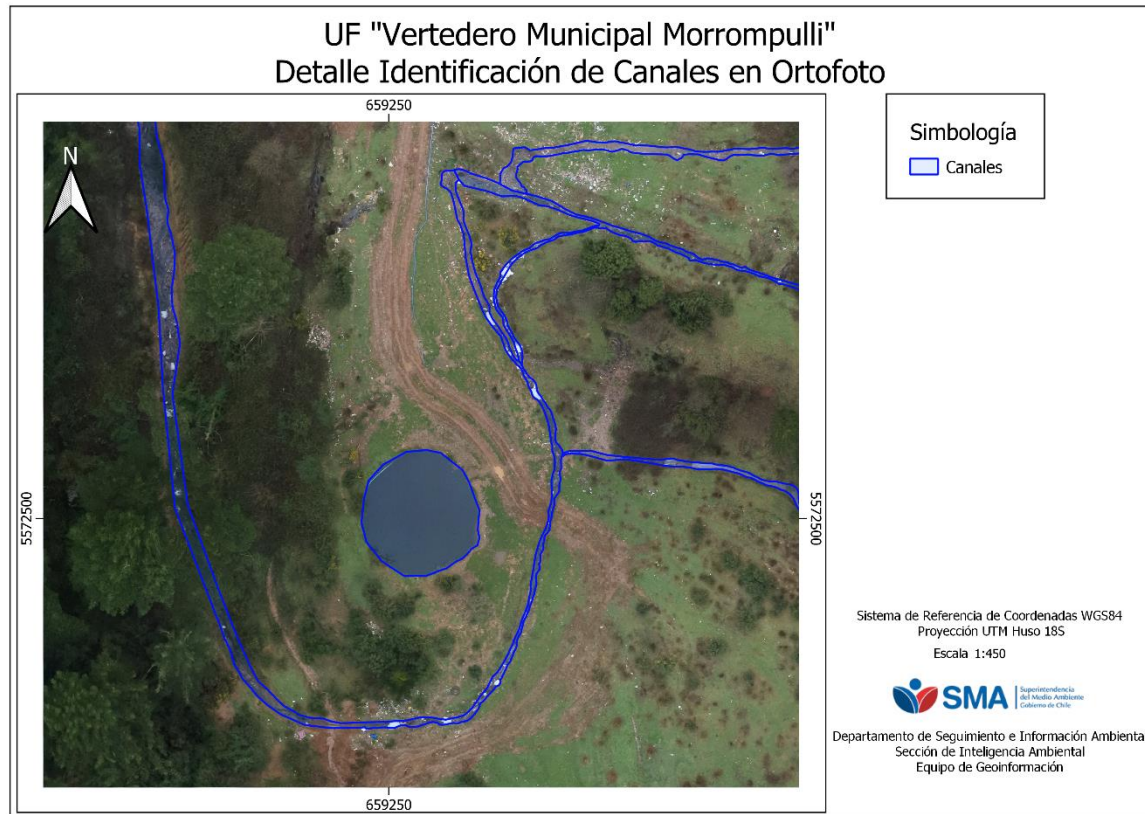
Figura 9. Sistema de canales sobre una imagen de Google Earth.



Fuente: QGIS



Figura 10. Detalle de canales identificados a partir de la ortofoto.



Fuente: QGIS

6 CONCLUSIONES

Respecto al análisis de volúmenes del Vertedero Municipal Morrompulli, se obtiene para el área del frente activo del vertedero un volumen de 375741.8 m³, correspondiendo a un total de 150297 toneladas. En tanto que para el área de deslizamiento se estimó un volumen total de 12813.3 m³, correspondiendo a 5125 toneladas. Al respecto, se considera una densidad de residuos domiciliarios de 400 kg/m³ para realizar la estimación de toneladas en base a los volúmenes calculados. Este valor de densidad se extrae del documento "Metodología de preparación y evaluación de proyectos de residuos sólidos domiciliarios y asimilables" que, para efectos de este reporte, es considerado un valor conservador en vista de que el documento citado indica que se deben esperar densidades del orden de 700 – 1000 kg/m³ para vertederos de las características de Morrompulli.

Así mismo, se debe tener en cuenta de que los volúmenes calculados a partir del levantamiento corresponden a valores aproximados, en vista de que no se cuenta con productos topográficos previos (Modelos de elevación, curvas de nivel u ortoimágenes en formato digital) que puedan ser utilizados como línea base de comparación respecto a la situación actual del vertedero.



Por otro lado, el análisis de perfiles del terreno indica la presencia de taludes con pendiente de 52% hasta 85% en el sector del frente activo del vertedero. De acuerdo con el DECRETO 189 que “Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los rellenos sanitarios”, los taludes deben cumplir con la relación geométrica 1V:3H, que, en términos de pendiente en porcentaje, corresponde aproximadamente a un 33%.

Finalmente, se identificó un sistema de canales que pasan por tres alturas diferentes, bajo el talud principal, que confluyen a un punto en común y dirigen las aguas hacia el norte del vertedero, donde existe una laguna, los que se observaron en su mayoría cubiertos por restos de residuos domiciliarios.

