



Instituto de Investigación
e Ingeniería Ambiental
3iA_UNSAM

Saneamiento de basurales a cielo abierto y remediación de sitio en la Cuenca Matanza Riachuelo

Proyecto Final Integrador de la carrera de Ingeniería Ambiental

Celeste Sofía Merino

DNI 39558828

Legajo CYT - 6910

Índice

1	Introducción	5
1.1	Los basurales a cielo abierto.....	5
1.2	La problemática en la Cuenca Matanza Riachuelo	6
1.3	Objetivos del proyecto.....	7
2	Aproximación a la problemática a través del análisis de un caso	9
2.1	Tipología de residuos.....	10
2.2	Metodología de estimación de impactos generados	12
2.2.1	Generación de lixiviados.....	12
2.2.2	Generación de metano	17
2.2.3	Impactos Generados	18
2.2.4	Impactos esperados sin saneamiento	23
2.3	Memoria descriptiva de alternativas.....	25
2.3.1	Erradicación de basurales	27
2.3.2	Cierre técnico de basurales	42
2.4	Impactos esperados.....	52
2.5	Memoria de cálculo de erradicación.....	55
2.5.1	Remoción de Residuos.....	55
2.5.2	Muestreo de caracterización.....	57
2.5.3	Remediación de suelo	62

2.6	Memoria de cálculo de cierre técnico.....	66
2.6.1	Celda de confinamiento de residuos	66
2.6.2	Cobertura final	67
2.6.3	Sistema de extracción y control de biogás	68
2.6.4	Sistema de Drenaje Pluvial.....	70
2.6.5	Monitoreo Ambiental.....	75
2.7	Planos	78
2.7.1	Alternativa de Erradicación.....	78
2.7.2	Alternativa de Cierre técnico.....	78
2.8	Cómputos y presupuestos de alternativas	79
2.8.1	Costos de inversión inicial	79
2.8.2	Costos de operación.....	82
2.8.3	Costos de mantenimiento	88
2.8.4	Análisis económico comparativo	92
2.9	Estudios de impacto ambiental de alternativas	92
2.9.1	Línea de base.....	93
2.9.2	Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales	99
2.10	Análisis comparativo de alternativas	107
3	Herramientas para la toma de decisiones	109
3.1	Diagnóstico y caracterización de basurales en Cuenca Matanza Riachuelo .	109

3.1.1	Basurales a cielo abierto en la CMR	109
3.1.2	Índice de prioridad de saneamiento.....	111
3.1.3	Diagnostico basurales en CMR hoy	121
3.2	Estimación de dimensionamiento para alternativa de Erradicación	127
3.2.1	Remoción de Residuos.....	127
3.2.2	Muestro de caracterización.....	129
3.2.3	Remediación de suelo	130
3.3	Estimación de costos para alternativa de Erradicación.....	130
3.4	Estimación de dimensionamiento y costos para alternativa de Cierre técnico	131
3.5	Análisis comparativo de alternativas para todos los BCA	133
4	Bibliografía.....	136
5	Anexos.....	143
5.1	Anexo I.....	143
5.2	Anexo II.....	147
5.3	Anexo III.....	153
5.4	Anexo IV	154
5.5	Anexo V	157
5.6	Anexo VI	166

1 Introducción

1.1 Los basurales a cielo abierto

La gestión de los residuos sólidos es una problemática global directamente relacionada con el desarrollo de las naciones. Este último viene acompañado de un aumento de la extracción de recursos y la adopción de patrones de consumo lineales, y regionalmente también se ve agravado por el incremento poblacional y la tendencia a la urbanización. Según la Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe de la ONU, 145.000 toneladas por día de residuos se destinan a basurales, los mismos representan un 27% del total de residuos generados, dentro de un contexto de constante aumento.

Un basural a cielo abierto (BCA), o simplemente basural, es un sitio de disposición final de residuos inadecuado. En ellos, los residuos sólidos se disponen de manera indiscriminada sin medidas de control tanto operativas como para proteger el ambiente circundante. Además, muchas veces son emplazados sin ningún planeamiento previo por lo que pueden encontrarse localizados en áreas sensibles y sin las medidas ingenieriles pertinentes, necesarias para evitar la dispersión de contaminación al ambiente.

Los residuos que se encuentran principalmente en los BCA de las zonas urbanas son los residuos sólidos urbanos (RSU), cuya composición posee una alta carga orgánica, proveniente de desechos alimenticios. Estos residuos son a su vez de una composición muy variada, conteniendo papeles y cartones, plásticos, restos de poda y jardín, y menores proporciones de otros desechos. Algunos componentes importantes relacionados con el impacto que pueden generar son: los yesos, por su contenido de azufre; y los metales, que provienen de chatarras y de residuos electrónicos.

Los impactos que genera un BCA en el ambiente y en la salud son causados principalmente por las emisiones de la descomposición de los residuos, como son los lixiviados y el biogás. Además, los basurales son característicos por la proliferación de vectores transmisores de enfermedades como son insectos y roedores, la generación de malos olores, y por el impacto en el paisaje que produce la disposición abierta de los residuos.

Los lixiviados son un líquido generado tanto por la descomposición de los residuos como por la disolución de constituyentes de los mismos cuando el agua los atraviesa. Los componentes disueltos y suspendidos en ellos pueden ser una fuente de contaminación para el suelo y para cuerpos de agua subterráneos y eventualmente superficiales. Algunos de los contaminantes más comunes son los metales pesados, los cuales además de contaminar las aguas pueden alterar

la química de los suelos, impactando de esta manera a los organismos y a las plantas que dependen de ellos.

Por otro lado, el biogás se genera como resultado de la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos. El mismo está compuesto principalmente por una mezcla de metano y dióxido de carbono, y si hay presencia de compuestos con azufre puede contener ácido sulfhídrico. El metano, un gas inflamable que puede causar explosiones e incendios, es también un gran contribuyente al efecto invernadero, con un potencial de calentamiento global mucho mayor al del dióxido de carbono.

Paralelamente, la presencia de basurales es una fuente de malos olores, tanto por la descomposición como por la quema de residuos. Esta última, principalmente cuando se trata de plásticos, emite sustancias tóxicas en el aire como son: óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, metales pesados, dioxinas y furanos y material particulado.

Más específicamente, los impactos que genera un basural van a depender directamente de las características puntuales de cada sitio, como su localización, cercanía a cuerpos de agua y condiciones climáticas y geológicas. Como también de la composición y cantidad de residuos en el lugar.

1.2 La problemática en la Cuenca Matanza Riachuelo

En la Cuenca Matanza Riachuelo (CMR) el agua proveniente de las lluvias forma arroyos como el Rodríguez, Morales, Chacón, Cañuelas, Aguirre, Ortega, Santa Catalina, La Paja y Del Rey; que luego confluyen en el curso principal llamado Matanza (río arriba) y Riachuelo (cerca de la desembocadura). Este curso recorre 64 km a largo de 14 municipios del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y de la zona sur de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) hasta su desembocadura en el Río de la Plata, como se observa en la Figura 1.

En la Cuenca viven aproximadamente 5.800.000 personas, por lo que hay una alta densidad poblacional en su superficie de 2047 km². La acumulación de población significa un gran impacto

sobre el ambiente, sumado a que es una de las zonas más urbanizadas e industrializadas del país.

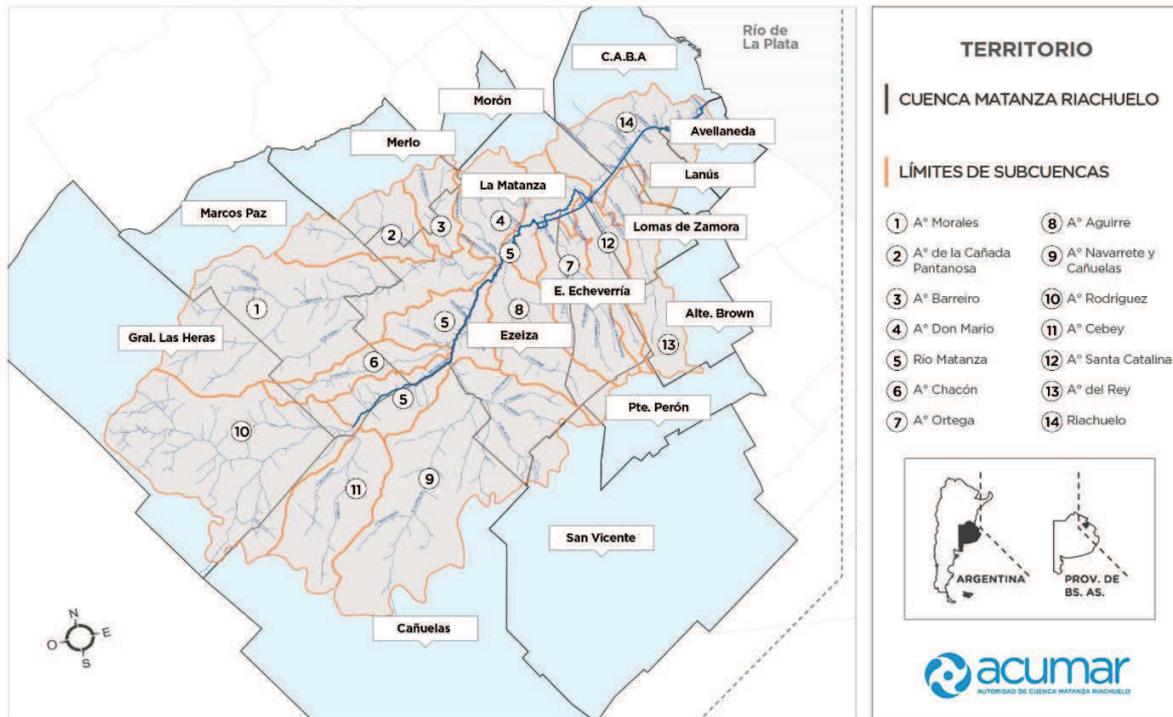


Figura 1: Cuenca Matanza Riachuelo con Municipios que la conforman y división de subcuencas.

La Cuenca Matanza Riachuelo sufre una degradación ambiental muy importante, es la cuenca fluvial más contaminada de la Argentina. Para atender esta problemática ambiental de la cuenca, se crea en el año 2006 la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) mediante la Ley N° 26.168, la cual en el 2008 fue intimada para implementar un plan de saneamiento.

La mala gestión de los residuos es una de las tantas causas de la degradación de la cuenca. Según el Diagnóstico de la gestión integral de residuos sólidos urbanos en la Argentina del Banco Mundial de 2015, 569.117 habitantes de los partidos del Gran Buenos Aires no están cubiertos con un sitio de disposición final adecuado en relleno sanitario. Como resultado, muchos residuos son acumulados en vertederos a cielo abierto ilegales, uno de los problemas ambientales más graves de la provincia y que está íntimamente ligado a la contaminación del Riachuelo. (Clarín, 2019)

1.3 Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto final integrador es establecer la mejor alternativa para el saneamiento de un BCA en la CMR, con el fin de eliminar o mitigar sus impactos ambientales y minimizando

los costos. A partir de ese diseño como caso testigo se plantean recomendaciones para la toma de decisiones de la totalidad de BCA en la CMR. Específicamente los objetivos son:

- Estudiar y diseñar un saneamiento con detalle para el basural “Ruta 3”
 - Analizar el impacto de un basural a cielo abierto, a través de la estimación de su generación de lixiviados y metano.
 - Diseñar una alternativa de erradicación que conste de la reubicación de los residuos a un lugar de disposición final formal y la remediación in situ del suelo.
 - Diseñar una alternativa de cierre de basural en el sitio, conformando, compactando y sellando los residuos sólidos. Teniendo en consideración la captación y control de biogás y lixiviados, la estabilidad de talud y el control de los escurrimientos pluviales.
 - Analizar los costos económicos y los impactos ambientales de ambas alternativas.
- Estudiar y estimar saneamiento de todos los basurales de la CMR
 - Estudiar la ubicación actual, el área y el volumen que ocupan los basurales a cielo abierto de la cuenca hoy en día mediante imágenes satelitales y sistemas de información geográfica.
 - Elaborar un Índice de prioridad de saneamiento de los sitios a partir de su caracterización y de su área de influencia.
 - Estimar el diseño de cada alternativa y los costos económicos para todos los sitios identificados.
 - Generar herramientas para la toma de decisiones con el fin de lograr el saneamiento de basurales, analizando los beneficios y desventajas de cada alternativa según las características particulares de cada sitio.

2 Aproximación a la problemática a través del análisis de un caso

La mala disposición de residuos sólidos urbanos que deriva en la formación de un basural a cielo abierto es un problema muy complejo que precisa para su comprensión de un detallado análisis. De manera de dar una correcta solución a este problema ambiental se modeló en detalle el comportamiento de un sitio en particular de la CMR. Y luego se diseñó, calculó, cotizó, y evaluó las alternativas propuestas para sanear dicho BCA.

Se tomó como caso testigo al sitio denominado “Ruta 3”, ubicado en el Municipio de La Matanza, como se observa en la Figura 2. Este sitio comenzó a recibir residuos en el año 2006 y el área impactada por su acumulación es de 70.368 m², con un volumen de 39.218 m³ generado por los residuos acumulados tal como en la Figura 3.

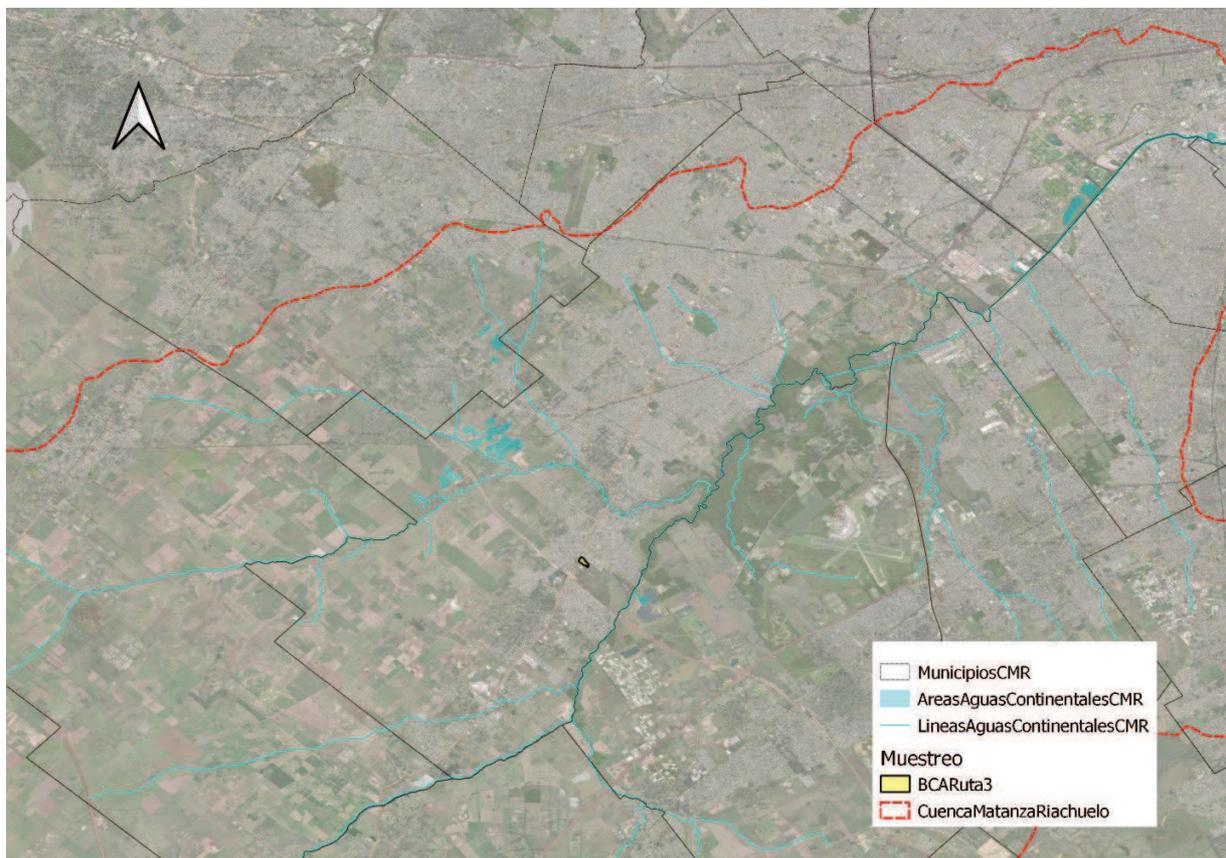


Figura 2: Ubicación de BCA Ruta 3 dentro de CMR.

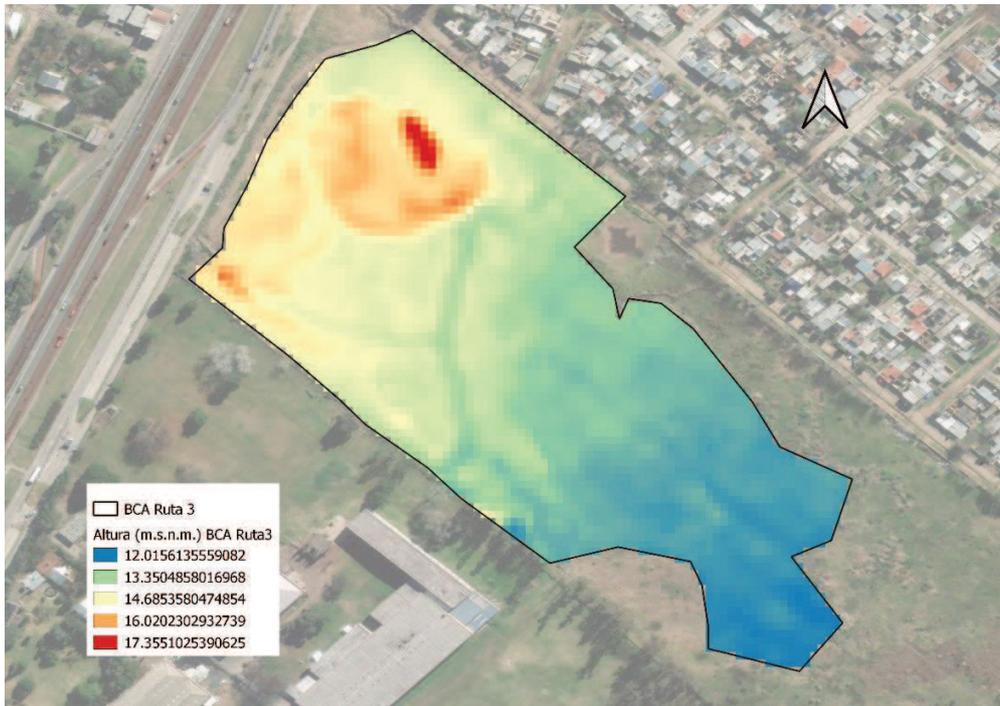


Figura 3: Disposición de residuos en sitio "Ruta 3" y su altura sobre el nivel del mar en año 2013.

2.1 Tipología de residuos

Dado el alto grado de urbanización que posee la mayoría de la CMR los residuos que se encuentran dispuestos en los BCA a lo largo de la misma son de tipo urbano, también llamados municipales. Los residuos sólidos urbanos (RSU) incluyen tanto los residuos residenciales como los comerciales.

La composición de los RSU es principalmente de desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, entre otros. Particularmente en la zona del AMBA, a partir de un estudio de la CEAMSE y la Universidad de Buenos Aires se determinó la composición física de los residuos entre los años 2010 y 2011, la cual se puede observar en la Tabla 1. Dado el desvío estándar siempre menor al 3% para todos los componentes entre las distintas mediciones en los municipios del AMBA, se asume que todos los municipios que conforman a la cuenca en estudio tienen los mismos porcentajes de composición que el AMBA.

Tabla 1: Composición física total del AMBA – 2010/2011

Componentes	Composicion AMBA
Papeles y Cartones	13.80%
Diarios y Revistas	2.71%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	0.63%
Papel Mezclado	6.31%
Cartón	3.49%
Envases Tetrabrick	0.65%
Plásticos	15.22%
PET (1)	1.99%
PEAD (2)	2.02%
PVC (3)	0.33%
PEBD (4)	6.30%
PP (5)	2.85%
PS (6)	1.55%
Otros (7)	0.18%
Vidrio	2.00%
Verde	1.03%
Ambar	0.17%
Blanco	0.79%
Plano	0.01%
Metales Ferrosos	1.29%
Metales No Ferrosos	0.38%
Materiales Textiles	5.22%
Madera	1.30%
Goma, cuero, corcho	1.26%
Pañales Descartables y Apositos	4.72%
Materiales de Construcción y Demolición	2.59%
Residuos de Poda y Jardín	12.75%
Residuos Peligrosos	0.04%
Residuos Patógenos	0.01%
Medicamentos	0.01%
Desechos Alimenticios	37.65%
Miscelaneos Menores a 25,4 mm	1.53%
Aerosoles	0.18%
Pilas	0.00%
Material Electronico	0.04%
Otros	0.03%

También a partir del mismo estudio se obtuvo el peso volumétrico de los RSU del AMBA, de 291,92 kg/m³. Para los fines de cálculos de este proyecto, donde los residuos se encuentran dispuestos y sufrieron algún grado de compactación, se asume una densidad de los residuos de 600 kg/m³ valor que según Sakurai (1981) posee la basura recién rellena.

Según Tchobanoglous (1982) para la mayoría de los residuos municipales el contenido de humedad varía entre el 13 y 40%, estos valores dependen de la composición de los desechos, la estación del año y las condiciones meteorológicas y de humedad. Para el AMBA, de acuerdo con el estudio de caracterización del CEAMSE y FIUBA, los valores calculados de humedad oscilan entre un 43 y 49%, con un promedio de 46,8%.

La composición presentada se asume como la esperable a encontrar en los BCA de la CMR, dada la poca segregación de los residuos. Se deduce también, que la fracción mayoritaria de los residuos que se generan es de desechos alimenticios, seguida en menor medida de plásticos, papeles y cartones, y residuos de poda y jardín. No obstante, estos porcentajes pueden ser muy variables según cada sitio particular de BCA y la dinámica que posean, tanto en el origen de los residuos que se disponen como en las tareas de recuperación que se pueden dar en el sitio.

2.2 Metodología de estimación de impactos generados

Los impactos que genera en el ambiente un sitio de disposición de residuos, ya sea que se encuentre activo o ya no reciba residuos, son la generación de lixiviados y la emisión de gases como el metano. Para una correcta gestión de estos sitios es importante conocer los volúmenes que generan de cada uno. Para los lixiviados este conocimiento se obtiene a través de la realización de un balance hídrico a partir de los flujos de agua que acceden al sitio, que varían internamente y que egresan. Para el caso del volumen de metano generado se precisa conocer la tasa de degradación de los residuos a partir de la cantidad de biodegradables en el sitio y el tiempo que llevan allí.

Es importante para estas estimaciones el conocimiento de la evolución histórica de cada sitio, ya que variables como el tamaño y la forma en que opera el basural definen los resultados a obtener.

2.2.1 Generación de lixiviados

La estimación de la generación de lixiviados de los BCA se hizo siguiendo el Documento guía para la realización de balances hídricos en vertederos de la Sociedad pública de gestión ambiental del gobierno Vasco (IHOBE) del 2015. El análisis se realizó para el sitio testigo de acuerdo con las características del mismo, su geometría e infraestructura, que influyen en los

movimientos de agua que ocurren en él. Así como también teniendo en cuenta las características de los residuos que fueron definidas anteriormente.

El modelo conceptual planteado consistió en definir los siguientes términos del balance hídrico.

Entradas:

- Precipitación
 - Las precipitaciones que caen directamente sobre el vertedero son la principal entrada de agua al mismo. Se obtiene a partir de datos aportados por observatorios meteorológicos, en este caso se utilizan valores medios mensuales de la estación Ezeiza Aero del Servicio Meteorológico nacional (SMN).
- Humedad de materiales depositados
 - Los residuos y materiales de cobertura que se depositan en el vertedero presentan una humedad que constituye una entrada de agua. Para determinar el volumen de agua que aportan al balance se multiplicaron las cantidades de residuos que ingresan por su porcentaje de humedad, de acuerdo con la Ecuación 1.

$$V_{HR} = \frac{m_{res} \cdot \%hum}{\rho_{agua}} \quad (Ecuación 1)$$

Salidas:

- Evapotranspiración
 - El agua que alcanza la superficie del vertedero puede sufrir evaporación y ser devuelta a la atmosfera. En un vertedero el pasaje de estado líquido a gaseoso se produce desde superficies con afloraciones de agua, desde superficies mojadas o húmedas y desde la parte más superficial del interior del cumulo de residuos. A la vez que se produce este proceso, cuando hay presencia de plantas, el agua sufre traspiración al ser absorbida por las raíces y transformarse como resultado de su metabolismo en vapor y expulsarse al aire.
Los valores de evapotranspiración potencial que se utilizaron fueron provistos por el SMN en la estación Buenos Aires, calculados mediante el método de Penman Monteith (Vives et al., 2012). Estos son la evapotranspiración máxima que se produciría si hubiera suficiente agua, ya sea de precipitación o de la humedad de la capa superficial. Como no siempre existe agua disponible para alcanzar el máximo posible, se debe calcular la evapotranspiración real. Para esto, además

de los datos de precipitaciones, es necesario el parámetro de agua disponible para la evapotranspiración (ADE).

El valor de ADE depende de las características de la capa superficial del vertedero, con su correspondiente punto de marchitez y capacidad de campo, y también varía respecto a la profundidad de esta. El punto de marchitez es la humedad residual que puede tener una capa y la capacidad de campo se trata de la máxima humedad posible que puede tener una capa, por lo que el ADE es la resta de ambos.

Según Schroeder y otros (1994) el punto de marchitez de los residuos urbanos y su capacidad de campo son de 0,07 y 0,3 m³ de agua por cada m³ de terreno respectivamente, por lo que el agua máxima disponible que pueden retener es de 0,23 m³ por m³ de terreno. Para zonas donde no hay vegetación se considera que la evaporación alcanza una profundidad de 0,15 metros de acuerdo con la FAO (2006). De esta manera el agua máxima evapotranspirable potencialmente por cada m² es de 34 milímetros.

Para calcular la lluvia útil, que finalmente ingresará en la masa de residuos, se siguió el siguiente procedimiento para cada mes de los años tenidos en cuenta: Si la precipitación era mayor que la evapotranspiración potencial entonces la evapotranspiración real tomaba un valor igual a esta, y el exceso de precipitaciones se aportaba al ADE. Si el ADE alcanzaba su valor máximo, el agua en exceso se consideró la lluvia útil de ese periodo. Por otro lado, si la precipitación era menor que la evapotranspiración potencial, se tuvo en cuenta al ADE para determinar la evaporación real. La evapotranspiración real se obtuvo a partir de la suma de toda el agua que se podía evaporar, incluyendo las precipitaciones y consumiendo el ADE.

En la Figura 4 se observa el aporte resultante de lluvia útil al vertedero para cada año tenido en cuenta que, junto con el área en cada año, se usó para obtener el volumen de agua infiltrada. Se evidencia que en los meses más fríos donde la evapotranspiración es menor hay excesos de precipitaciones, pero no siempre se traducen en lluvia útil ya que esos excesos aportan agua a la capa superficial de residuos.

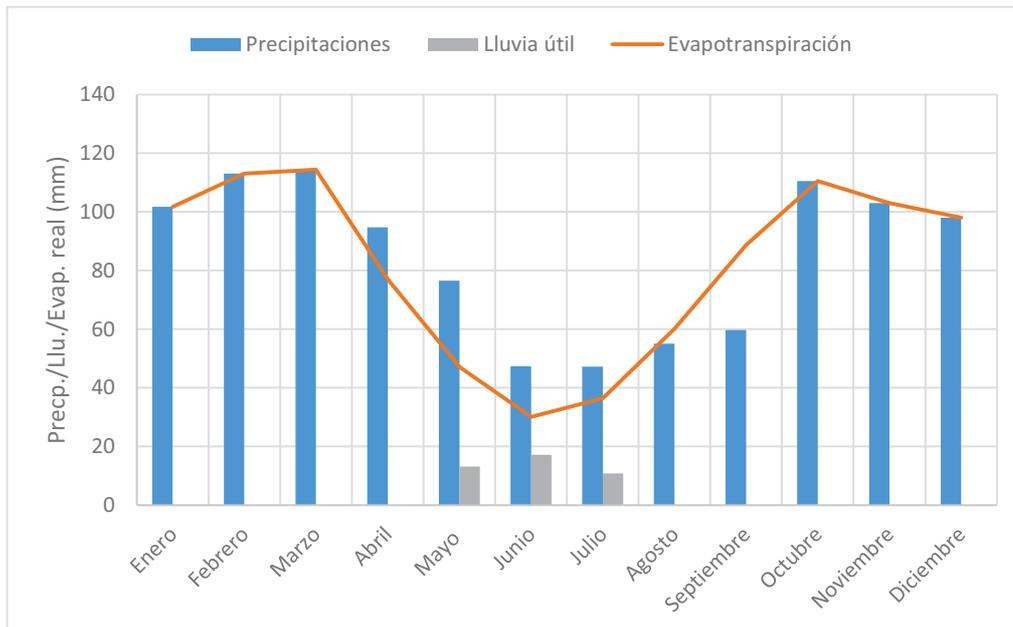


Figura 4: Gráfico con valores promedio mensuales de precipitaciones, lluvia útil y evapotranspiración real para vertederos de CMR.

- Flujo superficial derivado de precipitación
 - El agua precipitada que no ha sido evapotranspirada puede eliminarse lateralmente mediante escorrentía superficial cuando existen zonas selladas, de manera que el agua no se infiltra o lo hace en menor medida. En el caso de cubiertas con impermeabilización toda la lluvia útil se considera salida en el balance. Cuando la cubierta no es impermeable se asume que existe un porcentaje de infiltración, el agua que finalmente escurre se calcula teniendo en cuenta el tipo de material, a su permeabilidad y la pendiente que posea. En este caso que se analizan basurales informales donde no hay ningún tipo de cobertura este término no fue tenido en cuenta.
- Lixiviados controlados
 - Los lixiviados que son generados y extraídos mediante sistemas de gestión como colectores por gravedad o como bombeo son una de las salidas más importantes de los vertederos formales, donde los caudales deben ser correctamente medidos.
- Lixiviados incontrolados
 - Las filtraciones subterráneas de lixiviados del vertedero hacia el terreno sobre el que está dispuesto son la principal salida de los vertederos incontrolados. Cuando no existe ninguna característica constructiva del terreno que genere una zona

sumidero se considera que la infiltración es difusa a través de toda la superficie donde están depositados los residuos.

- Vapor de agua con el biogás y consumo por reacciones químicas o biológicas
 - El agua también se elimina en forma de vapor junto con los gases que emite el vertedero, además la generación del biogás implica un consumo de agua en si misma. Este término es comparativamente muy pequeño respecto a los demás, pero en algunos casos de vertederos clausurados puede ser de importancia. Según Tchobanoglous y Kreith (2002), la cantidad de agua que acompaña al biogás en forma de vapor es de 0,035 kg por cada m³ de biogás generado, y el consumo medio de agua en la reacción es de 0,215 kg/m³.

Para calcular estos volúmenes se requiere el volumen total de biogás generado. En base a datos de la cantidad y el tipo de los residuos depositados año a año, se calcula la cantidad de metano emitida (procedimiento detallado en la siguiente sección a partir de la Ecuación 4). En base a esta cantidad másica y considerando la composición del gas de un vertedero cuando alcanza condiciones estacionarias (Tabla 2), se calcula el volumen total para condiciones de 1 atm y 32,2°C con la Ecuación 2.

Tabla 2: Composición típica del gas de vertedero (IHOBE, 2008).

Componente	Proporción %
CH ₄	55
CO ₂	40
N ₂	5
NMVOG	0 - 2

$$V_{Biogas} = \frac{M_{CH_4}}{0,55} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3}{16 \text{ kg}} \cdot \frac{305,35 \text{ k}}{273,15 \text{ k}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Con el volumen total y los valores de masa de agua emitida como vapor y consumida por m³ de gas generado se calcularon los volúmenes de agua que sale del vertedero por reacciones químicas o biológicas.

Con cada uno de estos términos definido y calculado para un sitio específico se plantea el balance hídrico (Ecuación 3), donde se despeja al termino de lixiviados incontrolados para conocer cuánto de lo generado en el basural impacta en el ambiente.

$$V_{Lluvia\ util} + V_{humedad\ residuo} - V_{Flujo\ superficial} - V_{eliminada\ por\ biogás} = V_{Lixiviados} \quad (Ecuación\ 3)$$

2.2.2 Generación de metano

El procedimiento para el cálculo del metano generado se realizó siguiendo el procedimiento de la guía de IHOBE (2008). Mediante este, se calcula primero el carbono orgánico degradable descomponible (DDOC) vertido cada año (Ecuación 4). Suponiendo que para el comienzo de la descomposición anaerobia pasa un año, se calcula el DDOC acumulado en el vertedero (Ecuación 5), junto con el degradado cada año (Ecuación 6).

$$DDOC_{vertida, T} = W \cdot DOC_f \cdot MCF \cdot \sum_i x_i \cdot DOC_i \quad (Ecuación\ 4)$$

$$DDOC_{acumulada, T} = DDOC_{vertida, T} + (DDOC_{acumulada, T-1} \cdot e^{-K}) \quad (Ecuación\ 5)$$

$$DDOC_{degradada, T} = DDOC_{acumulada, T-1} \cdot (1 - e^{-K}) \quad (Ecuación\ 6)$$

Donde:

- W: Cantidad de residuos depositados en el vertedero (tn);
- DOC_f : Fracción de carbono orgánico degradable que se descompondrá, 0,5;
- MCF: Factor de corrección de metano según vertedero,
 - 1 para vertedero moderno gestionado,
 - 0,4 para un vertedero no gestionado poco profundo (<5m);
- X_i : Fracción de las distintas categorías de residuos degradables (Tabla 1);
- DOC_i : Fracción de carbono orgánico degradable de las categorías de residuos (Tabla 3);
- K: Ratio generación de metano del conjunto de los residuos, para zonas húmedas 0,09 1/año, para zonas áridas 0,05;

Tabla 3: Fracción de carbono orgánico degradable de cada categoría de residuo.

Categoría de residuos	DOC
Residuos de alimentos	0,15
Restos de jardín y parques	0,2
Papel y cartón	0,4
Madera	0,43
Textiles	0,24
Pañales	0,24

Finalmente, con el carbono orgánico degradable que se degrada en cada año, se calculó la cantidad de metano generada en el sitio en estudio con la Ecuación 7. Donde se multiplica por la relación entre pesos moleculares del metano y el carbono y la fracción de metano en el biogás, que es 0,55.

$$CH_4_{generado, T} = DDOC_{degradada, T} \cdot \frac{16}{12} \cdot F \quad (\text{Ecuación 7})$$

2.2.3 Impactos Generados

En este proyecto la recopilación de información sobre el sitio Ruta 3 se realizó a partir de información obtenida por inspecciones de imágenes satelitales a través del tiempo (hasta el año 2020). Para conocer los años de operación del BCA se consultaron las imágenes históricas de Google Earth y se identificó el año donde comienza la deposición de residuos. Luego, para obtener el área del sitio en cada año se delimitó el polígono correspondiente cuando existían imágenes disponibles. Para los años sin imágenes el área se estimó a través de la tendencia entre áreas de años sucesivos.

Para conocer la cantidad de residuos que ingresa al vertedero por año se estimó la variación de volumen de este. Para esto se utilizó el volumen y área actual conocidos, y a través de una regresión lineal se obtuvieron los diferentes volúmenes correspondientes al área año a año. Con esta evolución temporal de volumen y la densidad de los residuos depositados se obtuvieron las nuevas toneladas que ingresaron al sitio en cada año.

En la Figura 5 y hasta la Figura 10 se observan las imágenes a través de los años del sitio con sus fechas correspondientes, obtenidas con Google Earth. Para cada momento se calculó el área delimitando la zona sobre la que hay residuos depositados, en la Figura 11 dichos puntos son de color naranja. El resto de la evolución temporal del área, de color azul, se completó a partir de la tendencia lineal entre 2 años medidos, usando el método de mínimos cuadrados.



Figura 5: Sitio de BCA Ruta 3, 11/2/2006.

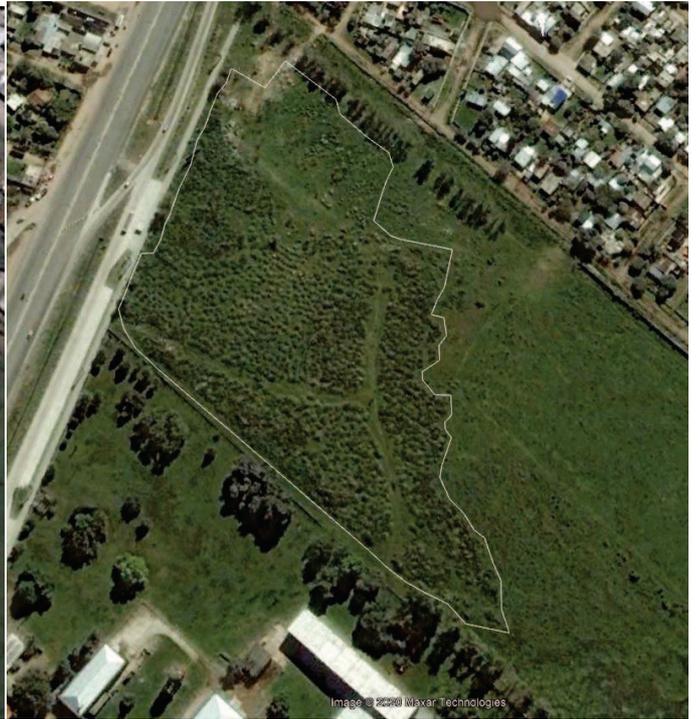


Figura 6: Sitio de BCA Ruta 3, 20/8/2008.



Figura 7: Sitio de BCA Ruta 3, 12/9/2012.



Figura 8: Sitio de BCA Ruta 3, 2/8/2015.



Figura 9: Sitio de BCA Ruta 3, 3/12/2018.



Figura 10: Sitio de BCA Ruta 3, 15/4/2020 (actualidad).

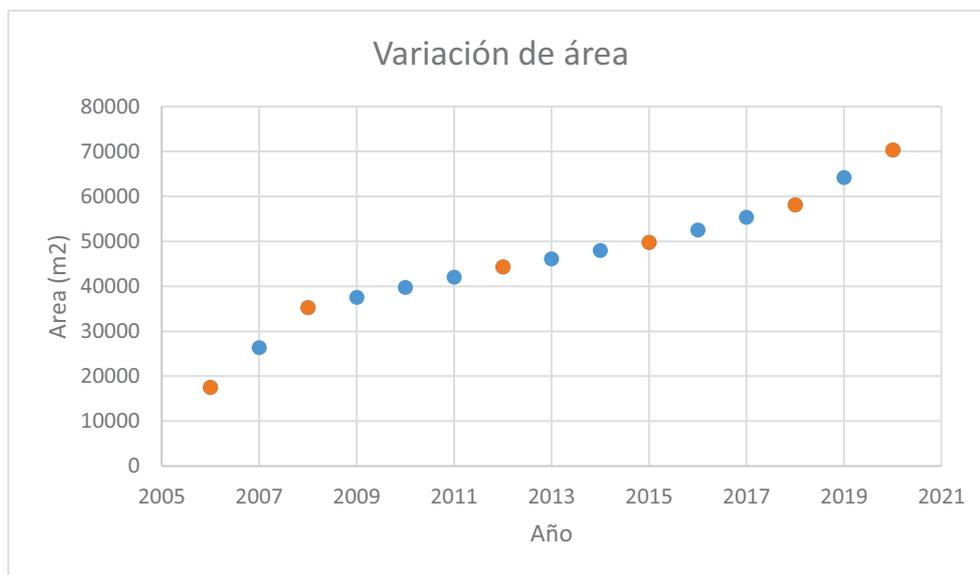


Figura 11: Evolución temporal del área para sitio "Ruta 3".

La variación de volumen obtenida con la evolución de área del sitio se observa en la Figura 12. La diferencia entre cada año se utilizó como el valor de "generación" de residuos una vez pasado

a toneladas con una densidad de 600 kg/m^3 , de basura recién rellena. Este valor se utilizó como la cantidad de residuos depositados año a año en las fórmulas de la metodología de estimación de impactos generados, junto con los parámetros de la sección “Tipología de residuos”.

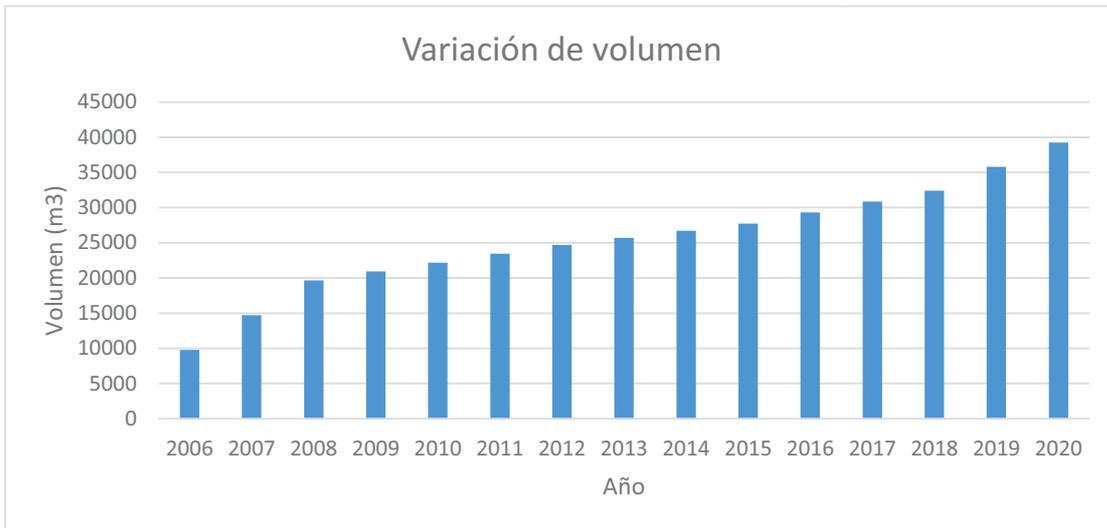


Figura 12: Evolución temporal del volumen para sitio “Ruta 3”.

Los resultados de la generación de lixiviados para el sitio Ruta 3, a partir de la Ecuación 3, se observan en la Figura 13. El termino de salida de agua a partir del vapor con el biogás y el consumo por reacciones químicas o biológicas es despreciable debido a que la porción de agua que acompaña dichos procesos es muy pequeña. Puede destacarse que al pasar el tiempo el termino más importante es el del volumen aportado por las precipitaciones como lluvia útil, esto se debe a el área del sitio, principal receptora del agua, siempre se encuentra en aumento. Por

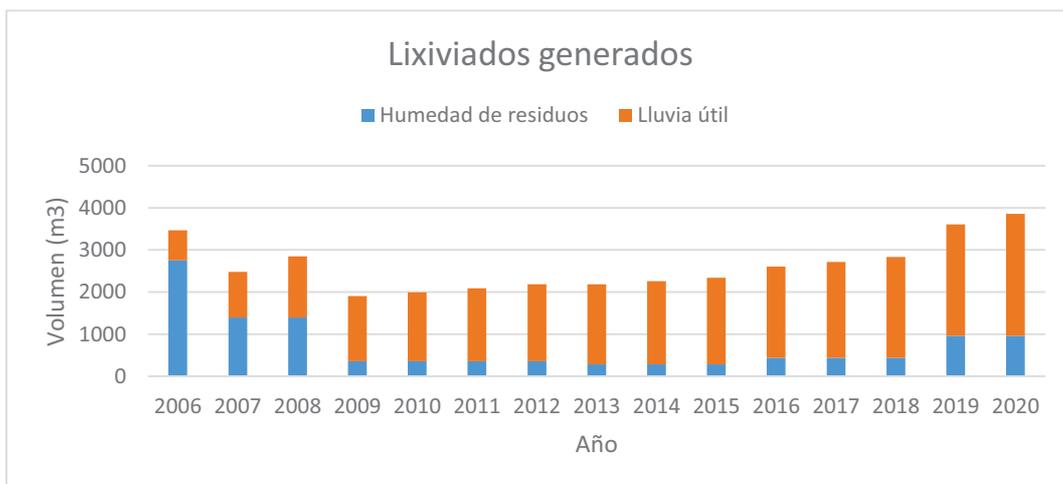


Figura 13: Resultados del balance hídrico para el sitio Ruta 3.

otro lado, la humedad aportada por los residuos cobró una gran importancia en los primeros años de funcionamiento del BCA. Esto se explica porque en los primeros años el crecimiento del basural fue mucho más abrupto, recibiendo una gran cantidad de residuos en poco tiempo, mientras que en los años sucesivos se estabilizó.

A lo largo de los 14 años de funcionamiento de este sitio la cantidad de lixiviados generados es de 39171,5 m³. Es importante tener en cuenta que la totalidad del volumen que se genera en el vertedero no se encuentra disponible para ser infiltrada en el terreno directamente. Una proporción de ella se mantiene aportando humedad al cumulo de residuos, que como mínimo posee un valor de acuerdo con su punto de marchitez. Al restar la humedad residual mínima que debe permanecer en el volumen de residuos cada año a los lixiviados generados se obtiene un volumen libre total capaz de infiltrar de 36426,2 m³. Los volúmenes libres a lo largo de cada año de funcionamiento del basural son considerablemente menores al caudal limitante de infiltración, resultado de la velocidad dado el coeficiente de permeabilidad y al área afectada. Sumado a esta falta de saturación del subsuelo, los movimientos horizontales en el acuífero Pampeano y los procesos de dilución y transformación que se dan en él, demuestran que en este sitio es poco probable la contaminación del acuífero Puelche. Igualmente, el aporte de contaminantes de esta fuente puntual aumenta la presión ya existente sobre el recurso de agua subterránea que ya se encuentra deteriorado a lo largo de la cuenca.

En cuanto a la generación de metano, los resultados se observan en la Figura 14. En este caso el volumen de CH₄ generado se observa aproximadamente estable a lo largo de los años, después del tercer año de funcionamiento del basural. Estas variaciones obedecen al balance entre la entrada de basura al sitio y la acumulada de años anteriores disponible para ser

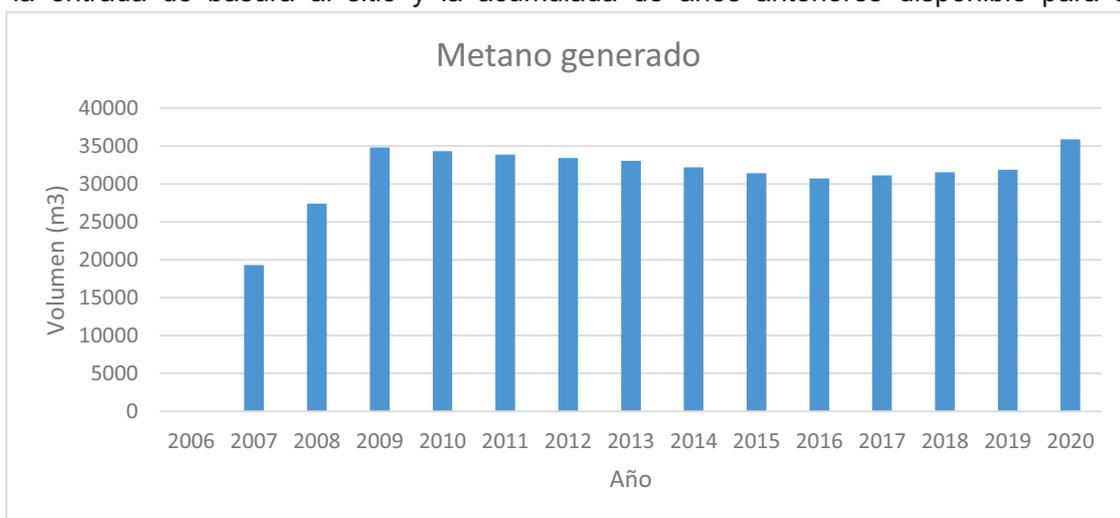


Figura 14: Resultados de metano generado para el sitio Ruta 3.

degradada. El año que tardan los residuos en comenzar a degradarse generando metano se explica porque primero es necesario que los microorganismos entren en la etapa metanogénica, que es estrictamente anaeróbica y se da luego de la hidrólisis, la etapa acidogénica y la etapa acetogénica.

El total de metano generado hasta la actualidad por el sitio Ruta 3 es de 440905,7 m³. Al tratarse de sitios sin cobertura superficial gran parte del biogás generado, que contiene metano, difunde naturalmente a la atmosfera. Otra porción del mismo puede encontrarse entre los poros de los residuos, con el peligro que al aumentar su concentración se puedan generar incendios espontáneos.

2.2.4 Impactos esperados sin saneamiento

Si el BCA no es intervenido y saneado, y continua en el sitio tal como se encuentra, continuará generando impactos en el medio. Las siguientes proyecciones se realizaron suponiendo que no existe una posterior deposición de residuos, sino que se analiza la continuidad del pasivo ambiental. Se estimaron los impactos a 30 años, que es usualmente el tiempo que se da seguimiento a un relleno sanitario tras su cierre.

En cuanto a los lixiviados, ya no hay ingreso de agua por nuevos residuos depositados, pero el área afectada receptora de precipitaciones es la máxima. En la Figura 15 se observa que los lixiviados generados cada año tienden al valor del volumen obtenido por el producto de los metros de lluvia útil con el área del basural, que es fija.

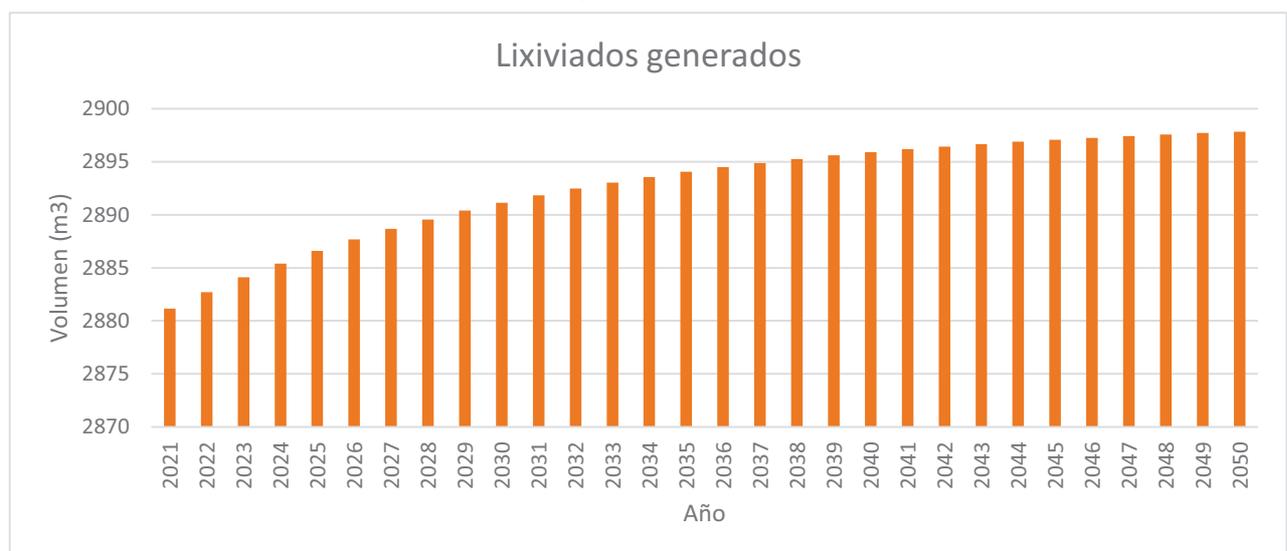


Figura 15: Resultados del balance hídrico a futuro sin saneamiento para el sitio Ruta 3.

Los primeros años la cantidad de lixiviados libres es menor por el consumo de agua de las reacciones de generación de metano. A lo largo de los años, al degradarse la fracción de carbono biodegradable, disminuye el potencial de generación de metano del sitio. En la Figura 16 se observa el volumen generado año a año, y se destaca la rapidez en que se degradan los residuos, al poseer el basural sin control condiciones propicias de humedad.

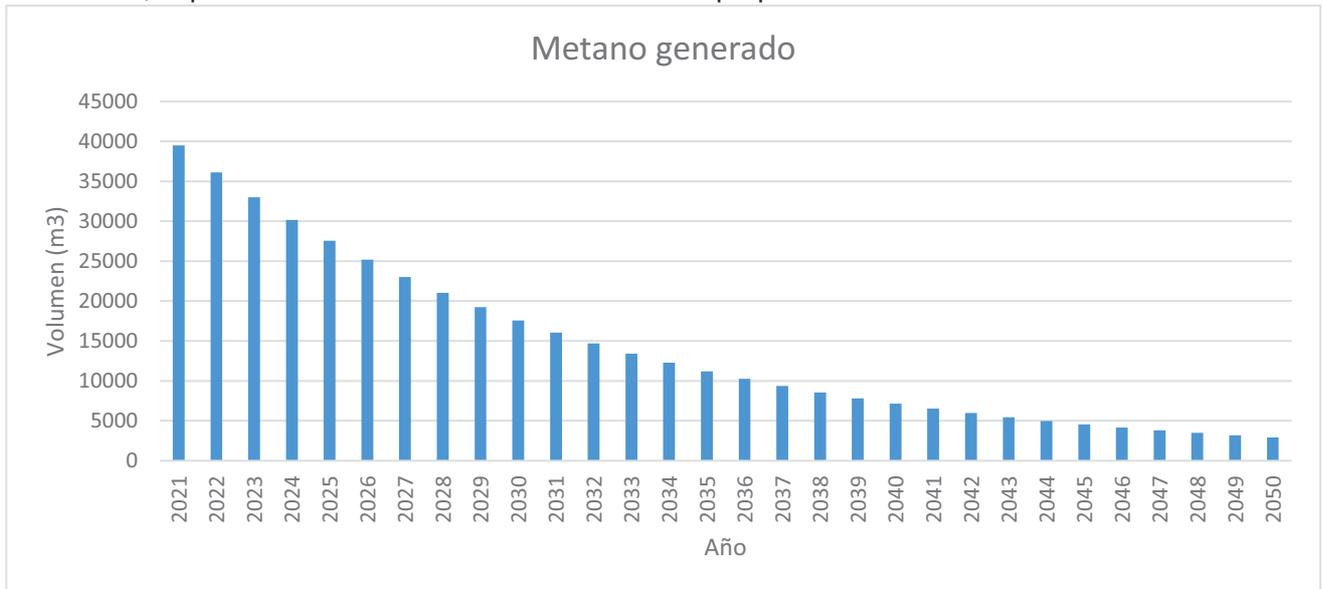


Figura 16: Resultados de metano generado a futuro sin saneamiento para el sitio Ruta 3.

2.3 Memoria descriptiva de alternativas

Lo descripto a continuación se encuadra en la Ley N° 13.592 de Gestión integral de los residuos sólidos urbanos y el decreto 1.215/10 que la reglamenta. En el artículo 9 se enuncia que debe desarrollarse un programa específico de erradicación de basurales, orientado a eliminar las prácticas de arrojo en sitios no adecuados, cerrar y sanear los basurales existentes, e impedir el establecimiento de nuevos basurales. Las actividades de cierre y saneamiento pueden tratarse de: “la eliminación definitiva de las prácticas de vertido de basura en el sitio y la recuperación ambiental del predio”, o “la reconversión de las prácticas existentes de vertido no controlado o deficientemente controlado de basura, orientando su transición a un sistema controlado de disposición final en el mismo sitio, cumpliendo con los requisitos y pautas establecidos por la normativa aplicable y siempre que resulte técnica y económicamente factible, ambientalmente adecuado y socialmente aceptable”. Todas estas prácticas deben llevarse a cabo siguiendo las pautas técnicas establecidas por la Autoridad de Aplicación.

Es importante considerar en este proyecto que los sitios a sanear se encuentran clausurados, esto quiere decir que ya no poseen ningún tipo de disposición de residuos. Debido a esto, el saneamiento se centrará en el control de los residuos encontrados en cada sitio hasta el momento de la intervención, asumiéndose que los RSU generados por la población en la actualidad poseen una adecuada gestión tal como indica el PMGIRSU de ACUMAR. A través de esta gestión los residuos se disponen finalmente en el relleno sanitario del CEAMSE en Ezeiza, por esta razón tampoco se considera una alternativa de adaptación de la operación del basural como relleno sanitario.

Para el saneamiento del BCA van a tenerse en cuenta 2 metodologías de saneamiento distintas: de erradicación y de cierre técnico. La erradicación implica la reubicación de los residuos a un lugar de disposición final formal y la limpieza del sitio. Dicha alternativa incluye la remediación del sitio para eliminar la contaminación que pudiera haber. Mientras que el cierre consta de la conformación y confinación de los residuos en el sitio, controlando la contaminación que estos puedan producir. Esta última metodología ya fue implementada con anterioridad por parte de ACUMAR en algunos sitios.

Para cualquier alternativa que se vaya a llevar a cabo se procederá como primer paso a la notificación de los eventuales usuarios del basural para evitar depósitos de residuos en el sitio o en zonas aledañas al mismo. Para esto se instalará la debida señalética de información en el ingreso al sitio. Es importante como etapa previa realizar un acondicionamiento de las vías de acceso al sitio, de manera de asegurar un ingreso rápido, fácil y seguro de operarios,

herramientas y maquinarias requeridas. Simultáneamente se deberá hacer un cerramiento del sitio, no solo para establecer los límites del área a intervenir, sino para controlar la entrada y salida de personal. Además de un cercado, será necesario instalar una caseta de control y vigilancia para evitar que se continúe disponiendo residuos o que la población entre en contacto con ellos. El cerramiento impide también la entrada de animales, luego de la construcción de este se deberá realizar una eliminación de la fauna nociva. A través de esta se evitará la migración de los vectores transmisores de enfermedades hacia zonas aledañas en el momento de movilizar los residuos.

De manera más específica, la alternativa de erradicación, una vez retirados los residuos del lugar, se encontrará encuadrada dentro de la resolución N° 95/14 de remediación en sitios contaminados, reglamentación de la ley N° 14.343 de Pasivos ambientales. De acuerdo con la misma se deberá caracterizar el sitio para determinar las sustancias contaminantes, así como su concentración y extensión en el suelo. Y en caso de confirmarse la existencia de contaminación, se deberá elaborar un plan de remediación acorde.

La alternativa de Cierre técnico se encuadrará por su lado dentro de la resolución N° 1.143/02 de Disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios. En este caso no se tratan realmente de rellenos sanitarios, donde el sitio de emplazamiento es debidamente seleccionado, sino que para minimizar los costos y los riesgos de exposición por la movilización de los residuos se instala la celda en el mismo sitio donde se encuentra originalmente el BCA. A pesar de esto, el diseño de la encapsulación de los residuos es muy similar, por lo que dicha resolución servirá de guía técnica para el diseño cuando corresponda. Una vez finalizadas las tareas de contención de los residuos en el sitio y previo a la aprobación del nuevo uso que se le dará al lugar se seguirá, al igual que la otra alternativa, a la resolución N° 95/14. En base a esta normativa se realizará la caracterización del suelo para asegurar el éxito de la tarea de contención y la ausencia de contaminantes en el sitio. Los monitoreos de agua subterránea de acuerdo con esta resolución se omiten debido a que ya están cubiertos por la red de monitoreo requerida por la resolución de disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios.

2.3.1 Erradicación de basurales

2.3.1.1 Remoción de Residuos

Para la alternativa de saneamiento de erradicación de los basurales se lleva a cabo un tratamiento previo a los residuos existentes, de manera de reducir el volumen a transportar a disposición final. El tratamiento consiste en la separación de la fracción orgánica, que a su vez tras su tratamiento mediante compost (detallado en la siguiente sección), permite nivelar y remediar el suelo del sitio gracias a su aplicación como enmienda.

Se comienza en primer lugar con la remoción de los residuos del sitio, moviéndolos con herramientas mecánicas hacia el sector donde se realizará la segregación. Luego estos son cargados a un trommel donde se separa la fracción orgánica a compostar de la fracción rechazo. Esta última se acopia en un contenedor para finalmente ser transportada al relleno sanitario.

Para transportar los residuos a la zona de segregación se selecciona un tractor topador mediano CAT D5, de una potencia neta de 170 HP (Figura 17). Tras la segregación esta maquinaria es también utilizada para compactar los residuos, de manera de hacer más eficiente el transporte de estos.



Figura 17: Tractor topador mediano CAT D5.

Para ayudar en el movimiento de los residuos y cargarlos en el trommel y en los contenedores se utiliza una pala cargadora de cadenas CAT 963K de potencia neta 193 HP (Figura 18). Tanto esta maquinaria como la topadora se encuentra sobre orugas y con la correspondiente configuración para eliminación de residuos, de manera de aumentar su vida útil.



Figura 19: Pala cargadora de cadenas CAT 963K.

Para la separación de la fracción orgánica se utiliza un trommel Eggersmann Terra Select T40 de malla de 60 mm, que posee un motor diesel de 55 kW (Figura 19). El equipo está adaptado para residuos, posee abre bolsas y una capacidad de hasta 92 m³/h. Este equipamiento posee la ventaja de poder movilizarse fácilmente gracias a su tamaño compacto y a su barra de remolque, que le permite ser transportado por vía pública detrás de pequeños vehículos comerciales.



Figura 18: Trommel Eggersmann Terra Select T40.

Los contenedores que se utilizan para acumular la fracción de rechazo tras su paso por el trommel son de sistema Roll off de 30 m³. Estos cumplen la función de acumular los residuos y una vez llenos se cargan a un camión cargador para ser transportados. En este caso se utilizan camiones elevadores autocargadores roll off a cable marca Scorza de sistema acoplado, permitiendo en un solo viaje transportar 60 m³ (Figura 20).



Figura 20: Camión elevador autocargador roll off a cable acoplado.

Los camiones transportarán la fracción de rechazo hacia el relleno sanitario de Ezeiza ubicado en las coordenadas -34.83743665546146 de latitud y -58.61154254088935 de longitud, a 4,27 km del sitio Ruta 3. Los viajes se realizan una vez llenos un par de contenedores, momento en el cual se reemplazan en el mismo lugar por otro par de contenedores vacíos. Cuando el camión finaliza la descarga en el relleno sanitario, emprende el viaje de vuelta para volver a empezar el ciclo hasta completar la cantidad de viajes necesaria para el flujo de residuos que se manipula en el sitio.

2.3.1.2 Muestreo de caracterización

Debido al origen domiciliario de los residuos dispuestos el BCA que se pretende remediar en este proyecto se asume que la contaminación que reste en el suelo tras su eliminación no será muy elevada. De no encontrarse dispuestos en el lugar residuos peligrosos, como hidrocarburos o pesticidas, o de producirse una acumulación de material que pudiera derivar en una concentración excepcional de algún contaminante, se estima que el tratamiento planteado en la siguiente sección es suficiente para un saneamiento ambiental adecuado del sitio.

De manera de confirmar los supuestos sobre la calidad del sitio resultante tras la remoción de los RSU se efectúa una caracterización de las aguas subterráneas y del suelo. Se lleva a cabo un muestreo de suelo de identificación de acuerdo con la “Guía para el muestreo de suelos” del Ministerio de Ambiente de Perú (2014) y un muestreo de aguas subterráneas siguiendo las “Especificaciones técnicas para encuadrar los estudios de suelos y aguas subterráneas en sitios potencialmente contaminados y/o sujetos a cambio de uso” del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (2018) de manera de identificar si existen niveles de contaminación por encima de los niveles guía. Las sustancias químicas disueltas en el recurso hídrico subterráneo o presentes en el suelo no deben superar los niveles guía del decreto N° 831/93 reglamentario de la Ley Nacional N° 24.051 (residuos peligrosos). Las concentraciones se comparan con los niveles de calidad de agua para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional y de calidad de suelos respectivamente, cuyos valores se encuentran en las Tablas 1 y 2 del Anexo I.

Para realizar el muestreo de suelo de identificación se debe determinar el área de interés donde se supone que existe contaminación, de acuerdo con esta se determinará a su vez el número de puntos de muestreo. Los puntos de muestreo de suelo se dividen entre puntos de muestreo superficial y de profundidad, de acuerdo con las características del lugar, en este caso se tendrá en cuenta la profundidad del nivel freático en el sitio.

La metodología para la toma de muestras será a partir de sondeos manuales para las muestras superficiales, estas deben ser compuestas tomadas en una profundidad de 20 cm. Para las muestras en profundidad serán tomadas a partir de sondeos semimecánicos, que se pueden aplicar desde suelos rocosos a arenosos y alcanzan hasta 10 m.

Los puntos de muestreo de agua subterránea se seleccionan de manera similar pero teniendo en cuenta también el sentido del flujo subterráneo freático. La selección de estos puntos está íntimamente relacionada con la de los puntos de suelo en profundidad debido a que la perforación realizada para tomar estas muestras será aprovechada para la instalación de los respectivos freatímetros.

Debe tenerse en cuenta que en caso de obtenerse valores por encima de los niveles guía, un plan de remediación con las tecnologías existentes en la actualidad no sea necesariamente factible. Los objetivos de remediación de la normativa son demasiado exigentes por lo que es probable que el balance costo-beneficio sea negativo (A. Barreda, 2021). De todas formas está contemplado, demostrando que no existen riesgos a la salud humana y al medio ambiente, un

proceso similar al de atenuación natural. Mediante un plan de monitoreo que evalúa el comportamiento de las sustancias contaminantes en el tiempo.

2.3.1.3 Remediación de suelo

La alternativa de remediación fue seleccionada teniendo en cuenta las problemáticas ambientales de las vías de exposición de los contaminantes y los planes de reuso de la tierra que se quieren efectuar. Se considera que luego del retiro de los residuos los niveles de contaminación son relativamente bajos por lo que se busca una técnica costo efectiva en términos de tiempo y dinero. Gracias a la gran extensión en área que poseen los basurales se facilitan las alternativas de remediación basadas en suelo, es por esto por lo que se opta por una remediación in-situ (US EPA, 2002).

Para que la superficie resultante tras la remoción de los residuos sea correctamente saneada y apta para la restauración del sitio se plantea la aplicación de compost maduro, una técnica económica y simple para la remediación de suelos. El uso de esta enmienda no solo ayuda en la degradación de los contaminantes orgánicos e inorgánicos típicos de los basurales que pueden haber quedado en el suelo debajo de los residuos, sino que mejora la estructura del suelo, proporciona nutrientes a las plantas y facilita la revegetación de suelo perturbado o erosionado (US EPA, 1998).

En este caso se aprovecha el potencial como materia prima de la fracción orgánica de los RSU que se encuentran en el sitio para confeccionar la enmienda. El proceso por el cual se recuperan los desechos acumulados en basurales o rellenos sanitarios para su reciclaje, procesamiento o disposición es conocido como Minería de vertedero o basural (landfill mining o bio mining). Más allá de permitir un uso alternativo al espacio ocupado por basural y de eliminar la fuente de contaminación, que también brinda la simple erradicación del basural, la minería de basural tiene como objetivos la reutilización de los materiales recuperados y la generación de energía a través de ellos (Chakrabarti, M. y Dubey, A., 2015).

La recuperación de los residuos durante la minería de basural está asociada generalmente a tratamientos mecánico biológicos (TMB). Estos son una combinación de procesos mecánicos, como la segregación de materiales inertes, y tratamientos biológicos de la fracción orgánica separada, mediante degradación aeróbica o anaeróbica. Usualmente estos procesos son un pretratamiento de los residuos previo a disposición en relleno sanitario, para reducir los impactos negativos que eso genera. Entre los objetivos de los TMB se incluyen la minimización del volumen de desechos a enterrarse; la inactivación de procesos biológicos y bioquímicos para

reducir la generación de lixiviados, metano y malos olores; la inmovilización de contaminantes que contaminarían los lixiviados; la reducción del asentamiento de los rellenos sanitarios; y la reducción de la duración de los cuidados tras la vida útil del relleno. Por otra parte, los TMB se utilizan para la obtención de productos comerciables a partir de corrientes de residuos mezclados: reciclables, materiales de alto poder calorífico para sistemas “Waste-to-energy”, y restos orgánicos biológicamente estabilizados (Di Lonardo, M. C., et. al., 2012).

En este caso, al tratarse de un basural con más de 10 años de actividad, no se considera el reciclaje del material depositado ya que su calidad no se espera que sea muy alta. Se plantea tan solo la recuperación del suelo, compuesto por la fracción ya estabilizada, y de la fracción orgánica fresca, que se procesará a través de compostaje.

Estas fracciones biodegradables que se obtienen tras el cribado de los RSU y su posterior compostaje aeróbico son conocidas como “producto similar al compost” (CLOs: Compost Like Outputs). Debido a que su origen son residuos mezclados en lugar de materiales orgánicos obtenidos por recolección diferenciada, la calidad del producto final no es tan alta como la de compost verde. Dependiendo de la eficiencia del cribado y del post tratamiento pueden presentar diferentes cantidades de metales, vidrios, plástico y otra contaminación. Sin embargo, son una valiosa fuente de materia orgánica y de nutrientes de plantas, por lo que pueden ser aptos para restauración de tierra y biorremediación (Nason, M., et.al., 2007).

Entre los beneficios de usar los residuos orgánicos presentes en los BCA se destaca principalmente su apropiado tratamiento y disposición final, reduciendo los costos e impactos que acarrearía su transporte y disposición final en relleno sanitario. Además, su aplicación tras haberse estabilizado con la técnica de compost reabastece y preserva la materia orgánica y fertilidad de los suelos sin necesidad de aportes externos, con los gastos que esto conlleva (Civeira, G., 2010).

Cabe mencionar que la actual normativa respecto a compost no contempla a los residuos (FORSU) no separados en origen, como los que se tratan en este trabajo, como material para originar compost que pueda ser registrado para su venta o apto para aplicación agrícola. Por esta razón el producto obtenido será solamente utilizado en el lugar a remediar con el objetivo de recuperar el suelo. De todas maneras se tendrán en cuenta los parámetros de calidad del compost clase B como referencia de características a alcanzar (SENASA, 2019).

2.3.1.3.1 Proceso de compostaje

El proceso de compostaje aeróbico con que se trata a la fracción orgánica de los RSU tiene como principales objetivos reducir el volumen de residuo, eliminar los organismos patógenos, y formar un producto final estabilizado (CLO) libre de olores que pueda ser aplicado en suelos. Para que dicho proceso se desarrolle adecuadamente se deben garantizar ciertas condiciones (físicas, químicas y biológicas), que permitan a las poblaciones bacterianas establecerse y actuar sobre la materia a tratar. A continuación se describirán, según la Red Española de Compostaje (2015), cada una de las variables que controlan el compostaje y que deberán mantenerse en los intervalos óptimos para alcanzar el rendimiento y la calidad deseada.

Temperatura: La actividad metabólica y el crecimiento de los diferentes consorcios microbianos que degradan la materia orgánica depende de la temperatura. Sus valores afectan a la cinética de la degradación y determinan la desinfección al final del proceso. El rango óptimo es el termófilo, entre 40 y 70°C, estas temperaturas favorecen una rápida estabilización de los sustratos y destruyen a los organismos patógenos y las semillas. De todas maneras, en el proceso de compostaje se pasa por diferentes etapas marcadas por la temperatura (Figura 21) por lo que esta variable es una de las más importantes para realizar un seguimiento del proceso.

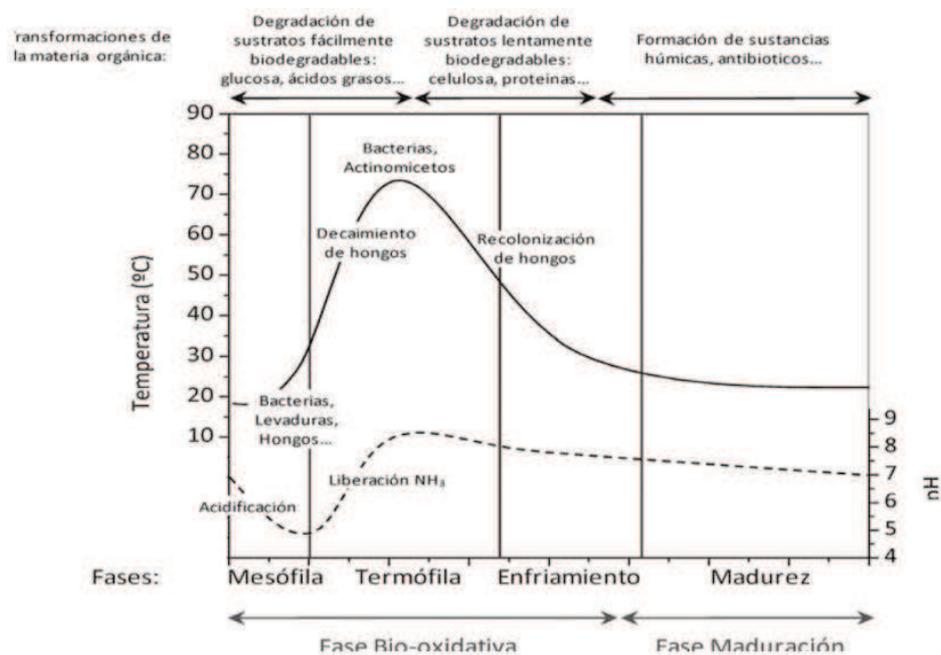


Figura 21: Evolución de la temperatura a lo largo del proceso de compostaje.

Humedad (contenido de agua): El agua es esencial para que tengan lugar la mayoría de los procesos microbiológicos, no solo porque los microorganismos la necesitan para vivir, sino

también porque para que un sustrato pueda ser degradado debe estar primero disuelto en agua. Además, el agua es importante en el proceso al actuar como refrigerante de la pila de compostaje. Los valores adecuados de humedad están entre el 55 y 85% al inicio, y entre el 30 y 40% al final, para facilitarse el cribado del producto final. Los límites superiores de los valores de humedad deben respetarse ya que si esta es demasiado elevada los poros pueden colmatarse, reduciendo la disponibilidad de oxígeno y dando lugar a descomposición anaerobia del residuo lo cual no es un efecto deseado. A lo largo del proceso de compostaje se requieren aportes de agua para mantener las condiciones óptimas ya que debido a las altas temperaturas se evaporan grandes cantidades de agua reduciendo la humedad.

Tamaño de partícula/Porosidad: Los procesos microbianos relacionados con el compostaje ocurren en su mayoría en la superficie de las partículas del residuo a tratar. El tamaño de partícula juega un papel importante gracias a que a menores tamaños de partícula la relación superficie/volumen es mayor, lo que incrementa el espacio disponible para que se den estas reacciones microbianas. Sin embargo, a la vez que se reduce el tamaño, también disminuye la porosidad de la matriz del compost. Debido a la gran proximidad entre las partículas sólidas los espacios intersticiales son muy pequeños, lo que limita la transferencia de oxígeno y como resultado reduce la velocidad de degradación de los residuos a compostar. Para alcanzar un compromiso entre estas dos variables se recomiendan tamaños de partícula entre 1 y 5 cm.

Relación C/N: Las proporciones adecuadas de los nutrientes principales no solo facilitan el proceso biológico, además, su disponibilidad en el compost final determina su calidad y capacidad fertilizante. Se destacan el carbono (C), el nitrógeno (N) y el fósforo (P) por su importancia para el crecimiento de los microorganismos, su síntesis celular y la degradación de los sustratos. Para un buen desarrollo del compostaje se considera de interés que el material de partida tenga una relación C/N en torno a 20 y 35. Se debe tener en cuenta que a lo largo del proceso esta relación decrece constantemente por la eliminación de carbono como CO₂. De ser necesario aumentar la relación C/N se pueden añadir residuos ricos en carbono como vegetales, pero es más usual que se deba disminuir la relación para lo que se pueden adicionar residuos de elevado contenido de nitrógeno como urea, restos animales, entre otros.

pH: Las condiciones óptimas de pH para el desarrollo de los microorganismos involucrados en el proceso de compostaje se encuentran en torno a la neutralidad, entre 6 y 9. Valores muy alcalinos harán que se libere N en forma de amoníaco, el cual es tóxico para los microorganismos, mientras se reduciría la relación C/N. Además, elementos como el calcio o el magnesio precipitarán en forma de hidróxidos o carbonatos dejando de estar biodisponibles para los microorganismos. En

cambio, se favorecerá la complejación de ciertos metales (Cu, Zn, Pb) con la materia orgánica, transfiriéndose de los impropios al compost. Para minimizar estos efectos se debería evitar que el pH alcance valores por encima de 8 durante el compostaje. Por otro lado, valores muy ácidos solubilizarán metales tóxicos como el Al, Cu, Zn, entre otros, liberándolos a la fase líquida lo que afectará al metabolismo celular causando inhibiciones y desactivación de los microorganismos implicados en el proceso.

Disponibilidad de oxígeno: La presencia de oxígeno es fundamental para el metabolismo aerobio de los microorganismos, también lo es para el proceso de compostaje, donde para cada etapa los requerimientos son distintos. A su vez, a mayor intensidad de los procesos de degradación, mayor es el consumo de oxígeno. Entonces, los momentos de mayor requerimiento de oxígeno son durante la primera fase mesófila e inicio de la termófila, cuando se produce un crecimiento microbiológico más rápido. Por el contrario, en la fase de maduración final, donde los nutrientes disponibles se reducen drásticamente, la necesidad de oxígeno para su degradación no es limitante (Figura 21). Es importante en ese momento donde finaliza la fase de degradación que se reduzca la aireación, ya que se podría inducir la degradación y mineralización de los compuestos húmicos. Para garantizar la adecuada presencia de oxígeno en cada momento, los sistemas de compostaje deben ser aireados, a través de aireación natural, volteo mecánico o aireación forzada según se seleccione. Además de dotar de oxígeno al sistema, la aireación cumple otras funciones, como la regulación de la humedad (mediante la evaporación por la interacción aire-agua), el control de la temperatura del sistema, la eliminación del CO₂ y NH₃ por arrastre en la fase gas, así como ayuda a incrementar la porosidad y homogeneizar el sistema. Pero se debe evitar una aireación excesiva ya que puede producir el enfriamiento de la masa, la reducción de la humedad y la disminución en la actividad microbiológica.

Higienización: Para conseguir la higienización del producto final se debe asegurar el paso por un tiempo suficiente por una fase termofílica, de manera de eliminar los microorganismos patógenos. El proceso de compostaje al ser exotérmico calienta la masa, que al estar apilada, evita la disipación de calor. Esto provoca un aumento de temperatura que a su vez aumenta la actividad microbiológica, siendo un proceso de calentamiento retroalimentado. Al alcanzar una temperatura de 60-70°C la actividad microbiológica se reduce y comienza el enfriamiento debido a que se trata de una temperatura excesiva para la viabilidad de los propios microorganismos. En todo este proceso de estabilización térmica se dan las condiciones necesarias para la higienización gracias a que se alcanzan altas temperaturas que reducen notablemente o eliminan a los virus, bacterias u hongos patógenos que pueda presentar los residuos utilizados.

Existen distintos niveles de calidad que debe tener el producto final de acuerdo con el mercado al que vaya destinado, pero para cualquier aplicación que tenga el compost siempre se deben cumplir unos mínimos de forma de proteger al suelo de posibles contaminaciones. Asegurar las condiciones adecuadas mencionadas anteriormente es imprescindible para alcanzar un nivel de calidad acorde, además de favorecer el desarrollo adecuado del proceso de compostaje. Para esto es muchas veces necesario incorporar pretratamientos mecánicos como la segregación con trommel seleccionada en este caso. La implementación de este pretratamiento reduce la presencia de potenciales contaminantes que podrían mermar la calidad del producto final mientras se proporciona una materia prima homogénea, porosa, y con una humedad y tamaño de partícula adecuado.

Con ciertos materiales de origen, para alcanzar las condiciones adecuadas para el desarrollo del compostaje, se precisa la adición de materiales estructurantes complementarios. En este caso donde se utiliza FORSU no se realiza ninguna mezcla, ya que se considera que los parámetros de porosidad (relacionada con la densidad y por ende la capacidad de intercambio de gases), equilibrio de nutrientes y agua son los más adecuados. Esto es gracias a que los contaminantes físicos presentes como son metal, plástico, vidrio, entre otros, otorgan porosidad sin necesidad de aportes de material para tal fin (Red Española de Compostaje, 2014a).

Al final del proceso de compostaje también es necesario otro tratamiento mecánico, de afino, para separar restos de fracciones indeseables y obtener un compost de la calidad deseada. Una vez que el material está madurado, el primer paso del refinado es el cribado, utilizando un trommel Eggersmann Terra Select T30 con un diámetro de malla de 10 mm y una capacidad de hasta 34 m³/h (Figura 22). Con este post tratamiento se eliminan materiales no degradados, como pueden ser restos de material de rechazo que hayan quedado del pre tratamiento. Para que el refinado se dé de forma óptima el contenido de humedad se debe encontrar entre el 40 y 45%, con el objetivo de evitar la formación de agregados si fuera mayor (lo que dificulta el proceso de cribado) y el exceso de polvo si fuera menor.



Figura 22: trommel Eggersmann Terra Select T30.

Estos pre y post tratamiento son una parte del sistema de compostaje, donde la principal es la operación del compostaje propiamente dicho. De acuerdo con la tecnología, el compostaje se puede clasificar en relación con el aislamiento del material a compostar con el exterior, teniendo sistemas abiertos, semi-cerrados y cerrados. En la siguiente sección se van a desarrollar estos diferentes sistemas de manera de seleccionar el más adecuado para la aplicación en este trabajo.

2.3.1.3.2 Sistemas de Compostaje

Los sistemas abiertos de compostaje son generalmente de bajo costo, poco tecnificados, se aplican cuando la disponibilidad de terreno es elevada. La forma en que se amontona y se manipula el material es muy variada, más frecuentemente se utilizan sistemas dinámicos utilizando maquinaria para el volteo, en lugar de métodos estáticos con aireación.

En los sistemas semi-cerrados el proceso de compostaje se lleva a cabo dentro de una gran nave cubierta y cerrada, con un sistema de extracción de la atmósfera interior a través de tuberías superiores. Esa atmósfera interior es tratada por medio de un biofiltro, ya que normalmente esta viciada de los gases producto de la fermentación. Este tipo de instalaciones están ideadas para servir a poblaciones medianas o grandes, su diseño que controla factores ambientales adversos como los malos olores permite su ubicación en las cercanías de la población. Generalmente el control de las operaciones de trabajo es superior al que se logra con sistemas abiertos y de tiempos de proceso más cortos. La clasificación de estos sistemas depende de la forma en que

se coloca el material en su interior y la movilidad de este, existen sistemas de trincheras/canales semi-cerrados, pilas extendidas/compostaje en mesetas.

Y en los sistemas cerrados o compostaje en reactores, el material a compostar nunca está en contacto directo con el exterior, sino a través de un sistema de conductos y turbinas. Al ser un sistema cerrado el tratamiento de los olores generados en la fermentación se facilita. Este tipo de tecnología es la más avanzada, tanto por el proceso como por la calidad del producto final, su desarrollo posicionó al compostaje como un tratamiento moderno de los residuos orgánicos. Las distintas variables de proceso pueden ser registradas, controladas y optimizadas en este tipo de sistemas. La aireación, basada en la demanda al medir niveles de O₂ y CO₂ en el aire de descarga, se realiza forzosamente y permite un seguimiento preciso del proceso de degradación. La humedad de la masa es modificada por riego, pudiendo recircularse los lixiviados generados mientras no se haya superado la fase termófila. En este tipo de sistemas el proceso se puede controlar automatizadamente, y gracias a lo mencionado anteriormente, la degradación es más rápida y completa, con instalaciones de mínimo impacto ambiental. En general son dispositivos estancos, y los tipos son muy variados, como túneles estáticos y tambores/cilindros rotatorios.

Teniendo en cuenta las diferentes tecnologías que existen, y sus niveles de sofisticación, se selecciona en este trabajo la opción de sistemas abiertos. A pesar de ser el sistema con menor control de las variables de proceso, y por ende de la calidad final, es una solución adecuada para la problemática que se plantea en este caso. En primer lugar se emplazará en lugares que actualmente son un pasivo ambiental y que ocasionan impactos ambientales considerablemente mayores a los que puedan causar las instalaciones abiertas de compostaje. A su vez, estos BCA se extienden en el terreno, y tras movilizar los residuos se disponibilizará área suficiente para esta alternativa que es la más intensiva en requerimientos de espacio. En cuanto a los tiempos de proceso más largos en este caso tampoco sería problemático. Al no ser una planta que recibe materiales periódicamente para tratar, sino que se aplica a los residuos presentes en el sitio por única vez y luego se reutiliza el sitio, se puede utilizar el espacio hasta que se estabilice el material sin perjuicios por la necesidad de espacio en caso de tener un proceso continuo. Respecto a que el sistema es el que tiene menos control sobre la calidad final, en este caso no es el principal objetivo por alcanzar, gracias a los usos a los que se planea destinar el compost (de remediación, sin fines de agricultura). De todas formas, el material original a tratar tampoco es el de calidad más alta al estar mezclado, por lo que desde el inicio la calidad final estará limitada por esa variable y no tanto como resultado del proceso elegido. Por último, no es menor considerar que los sistemas abiertos son los de menor costo, en especial en este caso que el

producto final no será comercializado sino que simplemente se utiliza para restaurar un pasivo ambiental. Incluso, plantear una alternativa más tecnificada requeriría a la larga los costos de dismantelar las instalaciones para llevar a cabo la restauración. Por todas estas razones se selecciona un sistema abierto de compostaje, estos a su vez también se diferencian entre sí. A continuación se detallarán las dos alternativas existentes para finalizar con la selección del sistema a diseñar.

Como sistema dinámico se encuentra la tecnología de pilas o hileras volteadas. Es un sistema relativamente simple, el más económico, y el más utilizado en la práctica. La mezcla de materiales a compostar se dispone en hileras o pilas de sección triangular o trapezoidal, minimizando el espacio requerido para el proceso.

La forma y dimensiones de la pila dependerá de la estructura del material a tratar, si se entrelaza bien, dada una base se podrá alcanzar mayor altura. Suelen tener una base de entre 3 y 4 metros como mucho, una altura de entre 2 y 2,5 metros y una longitud de hasta unas decenas de metros. La distancia entre las pilas debe ser tal de posibilitar el acceso de la tecnología utilizada para su volteo. El tamaño de la pila debe seleccionarse teniendo en cuenta la proporción de materiales fácilmente degradables en el residuo, que marcará el consumo de oxígeno, y su estructura y porosidad, que definirá la capacidad de reposición del oxígeno a través de los poros y la distribución del calor generado en la fermentación.

Para asegurar la adecuada homogeneización e higienización del material se debe hacer pasar a todo el material por la zona central de la pila donde hay mayor temperatura, mediante volteos y riegos periódicos con suficiente frecuencia o condicionados por mediciones de parámetros de la pila. Para la eliminación de posibles patógenos o semillas de malas hierbas se debe definir un tiempo de duración de la fase termofílica de al menos tres semanas, con temperaturas mayores a 55°C. Luego de la etapa de degradación, el proceso de maduración también se realiza en pilas, durante un periodo definido de entre 4 y 8 semanas con volteos cada 2 a 4 semanas. La temperatura baja a valores cercanos a la del ambiente y se puede controlar semanalmente, pero esto hace que el proceso de compostaje en su conjunto sea lento, necesitando como mínimo de 100-120 días para alcanzar valores adecuados de estabilización. En sistemas abiertos este tiempo está limitado por las condiciones meteorológicas que pueden incluso duplicar el tiempo mínimo necesario.

Las ventajas de este tipo de sistemas recaen en que se consigue una mayor homogeneización del material, una disminución mecánica del tamaño medio de partícula (contribuyendo a menor

volumen), y una mayor garantía de higienización. Las desventajas que se presentan son la dificultad de controlar los parámetros como temperatura, el posible déficit de oxígeno en capas profundas y la dispersión de malos olores y de vectores indeseables.

El otro sistema abierto de compostaje, que aumenta en nivel de sofisticación, es la pila estática aireada. Los materiales se colocan sobre tubos perforados o una base porosa, conectados a un sistema que aspira o insufla aire a través de la pila. Este tipo de aireación forzada cumple las funciones de suministro de O₂, enfriamiento de la pila, eliminación del vapor de agua, CO₂, y otros productos de descomposición. Este tipo de pila no sufre ningún tipo de movimiento hasta que la etapa activa de compostaje se complete.

Este sistema se compone de una red de distribución de aire, una capa base de un material de elevada porosidad (para prevenir el atasco de los orificios de aire y ayudar a difundir mejor el flujo a través de la tubería), los materiales a compostar, una capa externa de material estable compuesta por compost maduro (para aislar la pila, separar plagas del material a compostar y ayudar a retener olores, NH₃ y agua) y un sistema de control y suministro de aire (que cuando es realizado por aspiración posibilita un tratamiento posterior de los gases).

En cuanto a las dimensiones de las pilas, la altura oscila entre 3 y 4 metros, limitada por el equipo que la forma, y la anchura y longitud varía con la configuración de la instalación. Debido a que durante el proceso de compostaje no hay mecanismos de homogeneización del material, los materiales se deben mezclar cuidadosamente previo a disponerse en la pila. La humedad debe ser mantenida en los niveles adecuados, con valores iniciales controlados y una aireación que no seque demasiado. Asimismo, la mezcla debe ser relativamente porosa y con una buena estructura para que resista a compactarse y asentarse.

Las principales ventajas de esta tecnología son los buenos controles de parámetros como oxígeno y temperatura, que posibilitan una transformación de los residuos orgánicos a compost de manera más rápida, con un uso más eficiente del espacio y escasos requerimientos de personal. Por otro lado, las principales desventajas vienen relacionadas con el carácter estático del sistema, con lo que las características de los sustratos a compostar deben ser cuidadas por problemas de compactación, cortocircuitos en el sistema de aire y descomposición inconsistente en el lote de compost. Por todas estas razones mencionadas es que este sistema de pila se usa para materiales homogéneos, los RSU al ser heterogéneos y requerir mezcla tienden a utilizar otros sistemas.

En línea con la selección de sistemas abiertos por sobre los semi-cerrados y cerrados, se prefieren sistemas dinámicos en lugar de estáticos. No solo las ventajas de eficiencia de tiempo, espacio y control no son definitorias para la selección en este caso, sino que las características del material de entrada no son las adecuadas para pilas estáticas. Las ventajas de homogeneización e higienización que posee el sistema de volteo tienen una importancia muy grande al tratarse RSU, donde el material es heterogéneo y potencialmente contaminado.

La planta de compostaje a instalar se tratará entonces de una planta de sistema abierto parcialmente mecanizada, donde la maquinaria principal es la pala cargadora frontal. Esta cargadora es una herramienta imprescindible para los volteos de las pilas de compostaje. A su vez, tiene una gran variedad de usos, se utiliza para transportar el material, cosechar el compost cuando está estabilizado (aplicarlo en el suelo), cargar el material en el trommel para su cribado, entre otros (Rodríguez Salinas M. A. y Córdova y Vázquez A., 2006). En este caso se utilizará el mismo modelo de pala cargadora utilizado para la movilización de los residuos, Figura 18.

2.3.2 Cierre técnico de basurales

Para esta alternativa, también conocida como saneamiento ambiental, las acciones que deben llevarse a cabo son la conformación, compactación y sellado de los RSU en el lugar, así como la implantación de los sistemas de control para minimizar los impactos que puedan generar.

2.3.2.1 Celda de confinamiento de residuos

El método para la confinación de los residuos que se seleccionó es el de área, dada su versatilidad para ser aplicado en distintos tipos de terreno, y en este caso, a que la excavación de zanjas del método de trinchera no sería viable dado los altos niveles freáticos. Por consiguiente, se procederá al movimiento, compactación, y sellado de los residuos sólidos a nivel superficial. Si el sitio poseyera barrancas o estuviera a la vera del cauce de un río se usarían terrazas para brindar la estabilidad necesaria para evitar deslizamientos.

El plan de clausura consistirá en amontonar los residuos en la menor área posible. Preferiblemente, transportando los residuos que están dispersados a lo largo del área del basural a cielo abierto hacia la zona que posea mayor concentración de residuos, identificada como la de mayor altura a partir de los datos (Figura 3). En la nueva celda generada se buscará igualar la altura de la basura de forma de generar una meseta en el sitio, con una altura final similar a la más alta en ese lugar, de manera de minimizar lo máximo posible el movimiento de residuos. En la Figura 23 se observa la localización final de la celda de confinamiento para el sitio “Ruta 3”.



Figura 23: Nueva celda para confinación de residuos en blanco y área actual de basural a cielo abierto en rojo.

Este plan se llevará a cabo con tractor topador, que se utilizará para empujar los residuos más lejanos hacia el área de la nueva celda, mientras los compacta. A su vez, para ayudar con el manejo de los residuos sólidos en cortas distancias (menores a 90 m), se utilizará una pala cargadora. Esta servirá de apoyo clave, acarreando hacia la zona de conformación, apilando, esparciendo, compactando y triturando residuos. Los modelos de estas maquinarias son los mismos utilizados para movilizar a los residuos en la etapa de erradicación (Figura 17 y Figura 18). En todas estas operaciones se deben cuidar los niveles topográficos.

Durante la confinación de los residuos se debe garantizar la estabilidad de los taludes originados, la misma depende directamente de la resistencia al esfuerzo cortante del tipo de basura que se está conformando, cuando está se ve sobrepasada pueden presentarse fallas en la estructura. A modo de prevención se debe evitar la conformación de taludes con inclinaciones mayores de 3:1, y que la superficie de contacto del talud quede apoyada sobre materiales limosos o sobre arenas finas uniformes de granos redondeados. Además, tanto los residuos como el material de cobertura final deben estar muy bien compactados y no encontrarse muy hidratados. Para esto último son importantes las estructuras de desvío de pluviales, y para prevenir las fallas por erosión es importante la plantación de árboles y plantas sobre la cubierta final.

Mientras se construyen los taludes se compactan los residuos con un compactador especial de rellenos sanitarios CAT 816K, con una potencia neta de 185 kW (Figura 24), que posee un



Figura 24: Compactador de rellenos sanitarios CAT 816K.

sistema de cilindros dentados para compactar un mayor volumen de residuos dentro de un área definida, y se opera subiendo y bajando sobre el talud.

2.3.2.2 Cobertura final

Una vez conformados y compactados los residuos se procede a construir la cobertura final. Se propone la instalación de una cobertura final compleja de manera de minimizar los mantenimientos a largo plazo de la misma. Además, asegurando que no ingrese agua en la masa de residuos se busca una muy baja generación de lixiviados que tengan el potencial de contaminar el ambiente.

En primer lugar y en contacto directo con los residuos se coloca un sistema de recolección de gas, este consiste en una capa porosa de al menos 30 cm. Se utilizará suelo con una K mayor a 10^{-2} cm/seg, particularmente arena gruesa mezclada con grava. Esta capa posee una doble función al actuar como cimiento para soportar la carga de la cobertura superior. Una vez colocada se compacta la capa utilizando un compactador de suelo vibratorio CAT CS68B, de 117 kW de potencia bruta (Figura 25).



Figura 25: Compactador de suelo vibratorio CAT CS68B.

Por encima de la capa de ventilación se coloca una barrera hidráulica para evitar la infiltración de agua en la masa de residuos. Se coloca una capa de al menos 45 cm de suelo de baja permeabilidad, conductividad hidráulica (K) igual o menor a 10^{-7} cm/seg. El tipo de suelos de la zona de estudio, limos loessicos, no alcanza por sí solo los valores objetivo de conductividad hidráulica. Por esta razón, y para minimizar costos, se utiliza el suelo del sitio extraído de las áreas aledañas que poseían residuos, y se adiciona un 10% de bentonita. La bentonita es una arcilla con una alta superficie específica y gran capacidad de hinchamiento, lo que la hace un material de muy baja conductividad hidráulica. Además de usarse el mínimo porcentaje necesario para alcanzar la conductividad objetivo, es importante procurar un contenido de humedad de

compactación de alrededor de 20%, la cual permite que las arcillas se reacomoden reduciendo vacíos (Tembrás, C., 2019). Para compactar correctamente este suelo se utiliza un compactador de suelo vibratorio CAT CP68B, que posee un tambor de pisones adecuado para compactación de materiales cohesivos (Figura 26).



Figura 26: Compactador de suelo vibratorio CAT CP68B.

Al tratarse la zona de estudio de una de alta humedad con grandes precipitaciones se precisa colocar una capa de drenaje para interceptar y desviar fuera del sitio al agua que atraviese las capas de cobertura superiores. El espesor de esta capa debe ser de al menos 30 cm y de un material poroso (K mayor a 10^{-2} cm/seg), para esto se utiliza la misma arena utilizada para el sistema de ventilación.

Luego de la capa de drenaje es importante colocar una capa de filtro, para que los suelos finos de la capa superficial no migren hacia esta, que es de grano grueso, y la obstruyan. Se usa para esto un filtro de tela sintética (geotextil).

En último lugar se coloca la capa de vegetación, que tiene como objetivo evitar la erosión de la cobertura, reducir la infiltración gracias a la evapotranspiración y recuperar el paisaje y enriquecer la biodiversidad del suelo. El grosor debe ser de aproximadamente 60 cm y compuesta por tierra nutritiva para el crecimiento de plantas, se utilizará tierra del lugar mezclada con compost. Para promover la escorrentía, la superficie terminada del relleno sanitario debe tener una pendiente mínima de 5%.

Esta capa final sirve como barrera física entre los residuos y el exterior, evitando el contacto humano, con vectores o el transporte de contaminantes. Pero además es la base para reutilizar el área, pudiendo tener un uso final que provea servicios ecosistémicos.

2.3.2.3 Sistema de extracción y control de biogás

Para evitar la acumulación de biogás y el aumento de presión en las celdas de confinamiento y los peligros de explosión y difusión lateral del mismo se le debe dar salida a través de un sistema de extracción. A su vez, para que los gases tóxicos y los malos olores no afecten los alrededores del sitio, y que los altos porcentajes de metano no acaben en la atmósfera contribuyendo al efecto invernadero, se instalará un sistema de colección activo. Posteriormente el gas será tratado y aprovechado energéticamente.

Debido a la baja profundidad de la masa de residuos en la celda, no se dispondrán pozos verticales para la extracción del biogás generado en ellas, estos precisan al menos 3 m de distancia a la base de la masa de residuos. Se dispondrá de un sistema de pozos horizontales ubicados en la capa de ventilación de la cobertura final, que gracias al filtro de geotextil ubicado por encima quedarán protegidos de potenciales obstrucciones. Estos constan de tuberías de HDPE de 20 cm de diámetro y SDR 17, material seleccionado gracias a su flexibilidad y resistencia al aplastamiento, recomendado para configuraciones horizontales. De una tubería cabecera se ramifican los pozos, que se encontrarán perforados para captar el gas y rodeados de grava. Estas ramificaciones, espaciadas cada 30 m, se unirán a la tubería cabecera la cual posee una inclinación del 3% para evitar bloqueos por condensado (US EPA, 2021).

La importancia de la instalación de un sistema de colección activo de biogás recae en la reducción de las emisiones directas de gases de efecto invernadero (GEIs), el metano capturado al ser quemado se convierte en agua y dióxido de carbono. La oxidación del metano es clave dado que este gas posee un potencial de cambio climático de 28 en un período de 100 años, respecto al dióxido de carbono (IPCC, 2013). A su vez, la producción de energía a partir del biogás de vertedero desplaza el uso de recursos energéticos no renovables como los combustibles fósiles. Como resultado, existe también una reducción indirecta de emisiones de GEIs.

En este proyecto, el aprovechamiento energético del biogás se dará a través de la generación eléctrica con microturbinas. Entre las ventajas de esta tecnología para las celdas de confinamiento de residuos se encuentran su bajo requerimiento de volumen de biogás y su capacidad de trabajar con un contenido mínimo de metano de hasta 35%. Las emisiones

atmosféricas de estos equipos son más limpias gracias a que emiten menores cantidades de óxidos de nitrógeno. Además, este tipo de equipos tolera contenidos altos de ácido sulfhídrico (H_2S), lo que los hace ideales para aplicaciones en vertederos donde se produce digestión anaerobia. En cuanto a eficiencia eléctrica, es un poco menor que la de tecnologías similares, pero el rendimiento total se ve incrementado gracias al aprovechamiento térmico de los gases de escape, logrando llegar a eficiencias del 90% (FEMP, 2011). Por último, el mantenimiento es más sencillo y por ende menos costoso que el de otros motores, gracias a que posee una única parte móvil y no requiere aceites lubricantes ni refrigeración (FENERCOM, 2010).

El equipo seleccionado de acuerdo con el potencial de generación del biogás generado fue una microturbina Capstone modelo C30, compatible para combustibles renovables como el biogás de vertedero (Figura 27).



Figura 27: Microturbina Capstone modelo C30, 30kW de potencia instalada.

El tratamiento previo que requiere el biogás de vertedero para su aprovechamiento energético con microturbinas debe ser tal de alcanzar un combustible de grado bajo. Para esto se requiere únicamente un tratamiento para la humedad que acarrea dicho gas. La humedad presente puede reducir drásticamente la eficiencia del sistema y formar mezclas corrosivas al combinarse con otros contaminantes. También puede acarrear otros problemas en la red de tuberías, acumulándose, creando bloqueos, o depositándose en las paredes (Conestoga-Rovers & Associates [CRA], 2010).

El equipo seleccionado para este tratamiento es un filtro de reducción de condensados (Figura 28), que debe ubicarse en el punto bajo de la red de biogás. Esta trampa permite, a través de una separación ciclónica, quitar tanto el vapor de agua, como partículas en suspensión.



Figura 28: Filtro de reducción de condensados de Aqualimpia engineering.

Para la extracción activa del biogás de la celda de residuos y su transporte hacia la microturbina para ser quemado y aprovechado se utiliza un soplador. Este equipo debe ser capaz de funcionar bajo diferentes condiciones resultado de las variaciones de la composición y el flujo del gas de vertedero, aplicando el vacío requerido al sistema de colección y suministrando la presión de descarga necesaria para la microturbina. El tipo de soplador seleccionado es el centrífugo, ya que es el utilizado típicamente para requerimientos de vacío menores. Estos son también los más utilizados gracias a su gran flexibilidad al ajustarse a flujos variables, además de poseer bajos costos de mantenimiento de largo plazo. Otro beneficio de este tipo de soplador para su uso en este proyecto en particular es que al reducirse el flujo de gas se ahorra en consumo de energía. El soplador puede estar en exterior pero debe encontrarse dentro de un refugio techado. Se recomiendan conexiones flexibles tanto en la entrada como la salida del soplador para absorber vibraciones durante la operación. Debido a la naturaleza del gas a movilizar el motor debe ser a prueba de explosiones, con una construcción resistente a chispas y con componentes que estén en contacto con el gas resistentes a la corrosión (US Army Corps of Engineers, 2013).

El equipo seleccionado en este caso, que cumple con todas las condiciones enunciadas arriba, es el Ventilador Anticorrosivo Seat 98 PP, tamaño 15 (Figura 29). Este soplador está fabricado en polipropileno de alta densidad y diseñado para extraer gases corrosivos e inflamables.

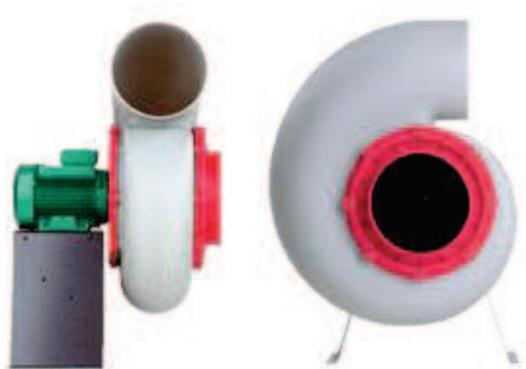


Figura 29: Ventilador anticorrosivo Seat 98 PP.

2.3.2.4 Sistema de Drenaje Pluvial

Para evitar el ingreso de aguas pluviales en la celda de confinamiento de residuos se construirá un sistema de drenajes pluviales. Se diseñó un canal abierto en la zona superior de la cuenca de aporte a la zona de estudio, para transportar el caudal generado por precipitación y desviarlo fuera del sitio. Para este diseño se contó con datos de las precipitaciones de la zona, y características topográficas para definir tanto la cuenca de aporte como el escurrimiento del agua en ella.

En cuanto al canal, se procuró ubicarlo paralelo a la curva de nivel correspondiente de manera de evitar pendientes muy fuertes. En la Figura 30 se observa la ubicación del canal respecto a la celda de residuos del sitio “Ruta 3”, ubicado de manera de interceptar los flujos de agua. El canal transportará, a lo largo de una línea de pendiente suave, al agua hacia un arroyo que desemboca finalmente en el Río Matanza.

En cuanto al material constructivo seleccionado para el canal, se decidió confeccionarlo mediante excavación en tierra de manera que encima del material pueda crecer vegetación y causar un menor impacto sobre el paisaje, y además para permitir que el agua infiltre en el terreno. De esta

manera, y ajustando los parámetros geométricos de una zanja trapezoidal, se aseguró que las velocidades del agua en el canal sean menores a las velocidades máximas erosivas.



Figura 30: Localización de canal de drenaje.

2.3.2.5 Monitoreo Ambiental

Para asegurar la correcta contención de los contaminantes en la celda y su aislación del medio natural se establece una red de monitoreo de calidad del agua subterránea, tal como indica la normativa de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios (Resolución N° 1143/02). El propósito de este monitoreo es: facilitar la alerta temprana ante una aparición de contaminación que pueda ser provocada por la movilización de los contaminantes de la celda y permitir la introducción oportuna de las medidas de control necesarias; alertar antes de la llegada de la contaminación a una fuente importante de abastecimiento de agua para así prever mecanismos de tratamiento y mitigación; identificar la contaminación que llega a un acuífero desde la fuente para tomar medidas de prevención; y, brindar evidencias para determinar responsabilidades legales por incidentes relacionados con la contaminación del recurso subterráneo.

En este tipo de sistemas de monitoreo la ubicación de los puntos, que se realizan teniendo en cuenta el tipo de acuíferos, con sus direcciones y sentido de escurrimiento, debe ser inmediatamente abajo y arriba de acuerdo con el gradiente hidráulico a partir de la fuente de la contaminación. En la Figura 31 se observa un esquema del diseño de una red de monitoreo de

detección ofensivo, según el Manual de Capacitación de Gestión de aguas subterráneas en la GIRH (Gestión integrada de los Recursos Hídricos) (Taylor, P., Owen, R., Tuinhof, A., 2010).

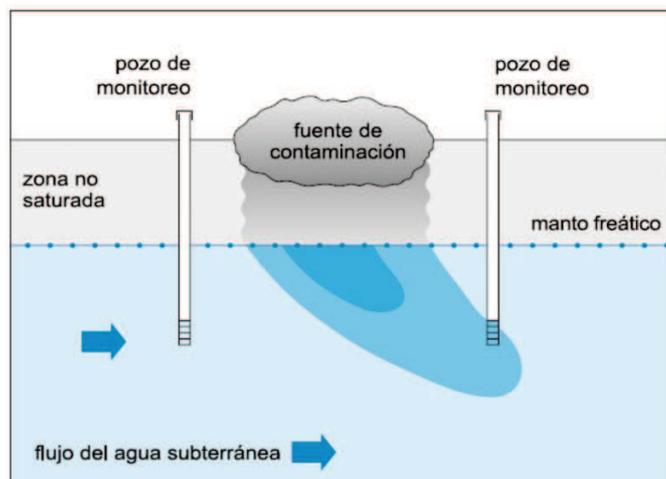


Figura 31: Esquema del diseño de una red de monitoreo de la calidad del agua subterránea.

Los parámetros a medir para la caracterización son: Conductividad específica, Color, pH, Cloruros (Cl^-), Turbidez, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno total Kjeldhal, Nitrógeno Amoniacal, Sulfatos ($\text{SO}_4^{=}$), Alcalinidad total (expresada como HCO_3^- o $\text{CO}_3^{=}$), Dureza total (expresada como CaCO_3), Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Fosfatos (PO_3^0), Hierro total, Cobre (Cu^{++}), Cadmio (Cd^{++}), Zinc (Zn^{++}), Cromo total, Manganeso (Mn^{++}), Níquel (Ni^{++}), Plomo (Pb^{++}), Arsénico (As^-), Cianuro (CN^-), Mercurio (Hg^{++}). Mientras que la frecuencia definida en el plan de monitoreo, que busca evaluar los potenciales impactos de una fuente puntual de contaminación, es semestral (Sundaram, B., et al., 2009). La toma de muestras se sostendrá desde el comienzo de la intervención del sitio hasta al menos transcurridos los 30 años que se exigen tras la clausura para las tareas de mantenimiento.

Por otro lado, una vez terminada la implantación de todos los sistemas de control que darían por finalizada la remediación y previo al cambio de uso del sitio, se llevara a cabo un monitoreo de suelo post remediación de acuerdo con la Resolución N° 95/14 de sitios contaminados. Se utiliza esta normativa solo para el análisis del suelo debido a que el monitoreo del agua subterránea se encuentra cubierto de manera más estricta por la normativa detallada en los párrafos anteriores.

Asumiendo que se alcanzaron los valores objetivo de calidad de suelos enunciados en la Tabla 2 del Anexo I se llevará a cabo un plan de monitoreo por 2 años, compuesto por un total de 4 monitoreos realizados uno cada 6 meses. Si en alguno de esos monitoreos se llegara a encontrar

un valor por encima de los valores límite, el plazo del plan de monitoreo se extenderá hasta 5 años. En paralelo se requerirá plantear medidas de remediación en caso de que sea factible, o acciones correctivas basadas en riesgo si existiera una limitación para alcanzar los objetivos.

El monitoreo de suelo se realizará solamente sobre la zona del sitio que solía poseer residuos dispuestos, obviando la zona dedicada a la celda de confinamiento. Al no tomar ninguna medida particular sobre ese sector de suelo se deberá asegurar que no haya presencia de algún remanente de contaminante, mientras que en la zona de la celda se comprobará la eficiencia de la medida al encontrarse la contaminación completamente aislada, sin emisiones de lixiviados ni gases. Se llevará a cabo entonces un muestreo de identificación de acuerdo con la “Guía para el muestreo de suelos” del Ministerio de Ambiente de Perú (2014), de manera análoga a lo planteado en la alternativa de erradicación.

2.4 Impactos esperados

Una vez finalizadas las actividades de cada una de las alternativas los impactos que genera el sitio en el medio se ven disminuidos en gran medida. En particular, la alternativa de Erradicación, que elimina la fuente de contaminación, elimina completamente los impactos. Por otro lado, el Cierre técnico de un basural a cielo abierto, aún con todas las medidas de control pertinentes, la eliminación completa de los impactos no es posible dado que los residuos permanecen en el sitio. A continuación se calculan los impactos esperados luego del aislamiento de la contaminación del ambiente de la alternativa de Cierre técnico.

Con el conjunto de medidas a tomar detalladas en los puntos anteriores y con la metodología de estimación de impactos generados, se volvieron a calcular los términos del balance hídrico para obtener los lixiviados generados. En cuanto a la generación de metano, se calculó la degradación año a año de los residuos acumulados que aun podían degradarse.

Las entradas del balance hídrico se tratan en este caso solo del agua aportada por la lluvia útil, dado que una vez confinados no se introducen nuevos residuos en el sitio que aporten humedad. La lluvia útil luego del cierre técnico varía dados los cambios en la evapotranspiración sobre la superficie de la cobertura final construida. El agua máxima disponible para ser evapotranspirada en la capa superior del terreno se ve modificada debido al cambio en el tipo de terreno, al tratarse de un suelo de buena calidad en la última capa de vegetación se supone un suelo franco arcillo limoso. Este suelo posee en el peor de los casos un punto de marchitez y una capacidad de campo, según Schroeder y otros (1994), de 0,17 y 0,3 m³ por m³ de terreno respectivamente. En cuanto a la profundidad que puede alcanzar la evapotranspiración, como se trata de una zona

con vegetación la misma se relaciona con la zona radicular, en este caso la profundidad máxima que alcanzan las raíces es el espesor de la capa de vegetación, de 0,6 m. Con estos datos, el agua máxima disponible para ser evapotranspirada es de 78 mm por m². Aplicando el balance de suelo con este nuevo valor de ADE se obtiene que en ningún mes existe un exceso de agua como lluvia útil (Figura 32). Gracias al incrementado almacenamiento de agua de la capa superficial, prácticamente no hay excesos de agua libres para infiltrar o sufrir escorrentía.

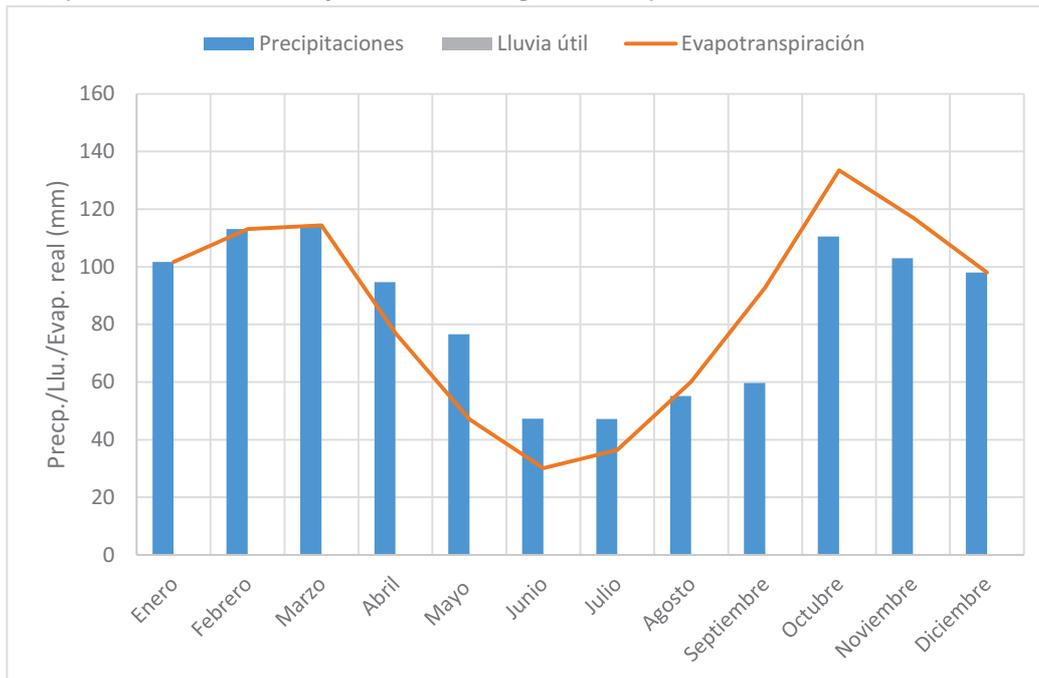


Figura 32: Gráfico con valores promedio mensuales de precipitaciones, lluvia útil y evapotranspiración real para residuos confinados.

A pesar de que no se estima una entrada neta de agua en el sitio, se calculó el coeficiente de escorrentía de la cobertura final que se aplicaría sobre la lluvia útil. Esto se realizó teniendo en cuenta que el cálculo del balance de suelo utiliza valores promedio, y que pueden ocurrir eventos extremos donde la precipitación es mayor o los valores de evapotranspiración no son tan altos como los esperados. En primer lugar, el agua libre se encuentra con la capa de vegetación, la cual se considera que posee una permeabilidad media, por lo que el porcentaje de escorrentía es mayor al 40%. El 60% que logra infiltrar esta capa llega eventualmente a la capa de drenaje donde luego se encontrará con la barrera hidráulica, en esta interfase se considera una escorrentía de 95%. Estos porcentajes se consideran en la parte superior de la celda donde la pendiente es de 5%. De manera global, considerando ambas capas que interceptan la lluvia útil, solamente un 3% de esa agua lograría alcanzar la masa de residuos y generar lixiviados. Considerando las partes de la celda del talud, con una pendiente mayor al 30%, el porcentaje capaz de infiltrar desciende a entre un 0,6 a 0%.

Para fines prácticos en este proyecto, se supondrá que el cierre técnico no genera lixiviados que se encuentren incontrolados y que puedan infiltrar en el terreno alcanzando cuerpos de agua subterráneos. El agua que extraordinariamente pueda ingresar a la celda se supondrá contenida en la masa de residuos y aportando humedad a los mismos.

En este caso donde las entradas de agua son tan pequeñas o nulas, el término de consumo de agua por las reacciones químicas y biológicas toma importancia. Se siguió el procedimiento detallado en el diagnóstico, con la diferencia que ya no existe vertido de residuos, sino que año a año se degradan los previamente acumulados. Para los residuos confinados en la celda se utiliza una tasa de generación de metano para zonas áridas, teniendo en cuenta la poca cantidad de agua que se encuentra disponible para que se dé la reacción de generación de biogás. La cantidad de metano generado de esta manera en los próximos 30 años luego del cierre técnico del basural se observa en la Figura 33. Se supondrá que las reacciones metanogénicas no se verán interferidas por la falta de una entrada exterior de agua gracias a que el volumen presente en la humedad residual de los residuos es ampliamente superior a lo que consumen.

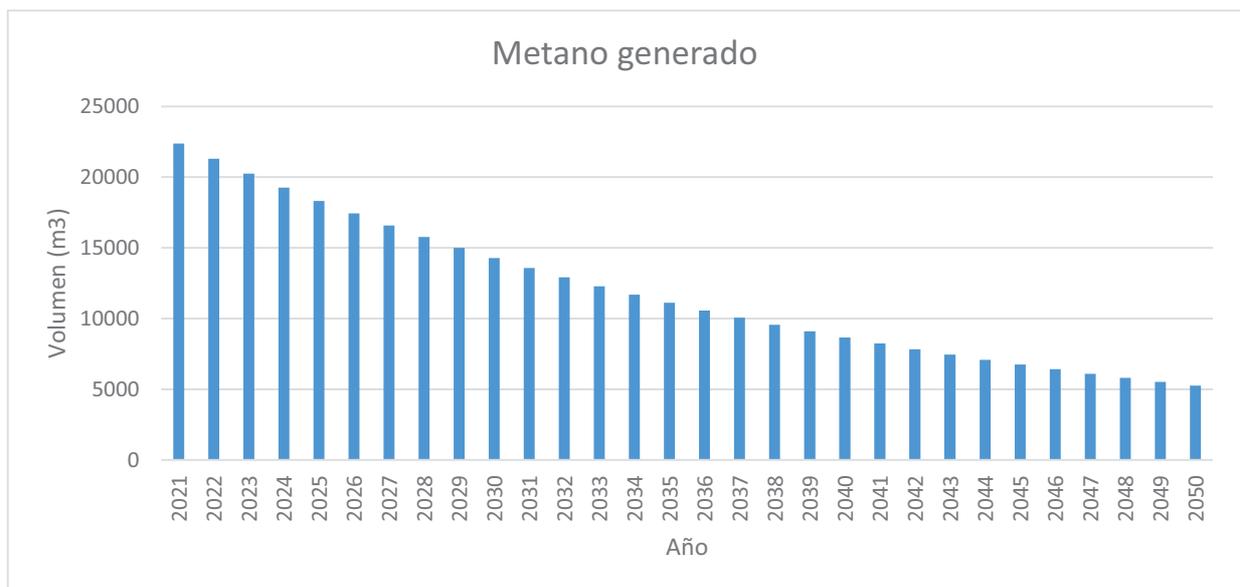


Figura 33: Metano Generado para el sitio Ruta 3 luego de su cierre técnico.

En comparación con los impactos generados que se producirían sin saneamiento del sitio, se evidencia que el mayor beneficio en el medio se da por la casi nula generación de lixiviados. A su vez en cuanto al metano, se generaría mucha menos cantidad, pero de manera más sostenida a lo largo del tiempo. No se evidencia una caída abrupta en la generación como en el caso sin saneamiento, pero el beneficio en este caso proviene de la posibilidad de captación del gas en lugar de ser liberado sin control a la atmósfera.

2.5 Memoria de cálculo de erradicación

2.5.1 Remoción de Residuos

La remoción de los residuos de los BCA a tratar es el primer paso necesario para realizar el saneamiento del sitio, esta etapa requiere de equipamiento mecánico para movilizarlos. Para la selección de las potencias de las maquinarias de esta alternativa se tuvo en cuenta al Manual para la rehabilitación y clausura de tiraderos a cielo abierto (SEDESOL, 2001). Las potencias según la cantidad de residuos a mover son las de la siguiente Tabla 4. Con la maquinaria seleccionada, de las Figura 17 y Figura 18, se pueden manejar entre 130 y 250 toneladas por día, por lo que se asume un flujo de 150 ton/día.

Tabla 4: Equipos en función de residuos a mover.

Residuos sólidos a manejar (ton/día)	Pala cargadora	Tractor topador
	Potencia (HP)	Potencia (HP)
0 – 20	<70	<80
20 – 50	70 – 100	80 – 110
50 – 130	100 – 130	110 – 130
130 – 250	150 – 190	150 – 180

Tras movilizarse hacia la zona de segregación y de carga, los residuos se vuelcan con la pala cargadora en el trommel. Las capacidades estimadas de cribado para el equipo seleccionado se observan en la Tabla 5, para una malla de 80 mm se esperan las mismas capacidades que para 60 mm. En este caso, utilizándose para residuos, se pueden tratar hasta 92 m³/h.

Tabla 5: Capacidades de cribado (m³/h) estimadas para equipo Terra Select T40.

Material	Tambor de cribado (mm)								
	10	12	15	20	25	30	40	50	60
Humus	37	43	49	57	66	72	80	86	86
Compost	34	40	46	52	57	63	75	80	86
Madera vieja	40	43	52	57	69	78	86	92	98
Grava	37	43	49	57	66	75	80	86	92
Residuos	46	49	52	57	66	75	80	86	92

Con las densidades esperadas de los residuos en los BCA, de 600 kg/m³, la capacidad del trommel puede llegar hasta 55,2 ton/h. Comparado con el flujo de los residuos movilizándose, que asumiendo días de trabajo de 8 horas queda en 18,75 ton/h, es evidente que la operación

de segregación no es la limitante en el proceso. Por esta razón, a medida que se alcancen volúmenes óptimos para la operación del trommel este se irá cargando y realizando la separación del FORSU y del rechazo. Con la composición considerada de los residuos de 51,7% de orgánicos, y una eficiencia de separación del trommel del 80%, el volumen de rechazo a transportar y disponer de forma definitiva se ve reducido en un 41,36%. Con las Ecuaciones 8 y 9 se obtienen las masas de FORSU y de rechazo obtenidas en un día promedio de trabajo.

$$m_{\text{FORSU}} = 150 \frac{\text{ton}}{\text{día}} * 0,517 * 0,8 * 1 \text{ día} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$m_{\text{Rechazo}} = 150 \text{ ton} - m_{\text{FORSU}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

El destino de la fracción orgánica se detalla en la sección de Remediación del suelo, mientras que el rechazo se acumula en un sector del sitio destinado para ello, compactándose y luego cargándose en los contenedores. Una vez llenos 2 contenedores de 30 m³ estos se cargan en el camión roll off acoplado y se transportan al relleno sanitario de Ezeiza para llevar a disposición final a la fracción rechazo. Para transportar la fracción de rechazo al relleno sanitario desde el sitio Ruta 3 deberán recorrerse 4,2 km, a través del camino ilustrado en la Figura 34. Mientras el camión se encuentre en viaje, en el sitio se llenarán otro par de contenedores, que una vez llenos y al retorno del camión serán reemplazados por los 2 contenedores ya vacíos.

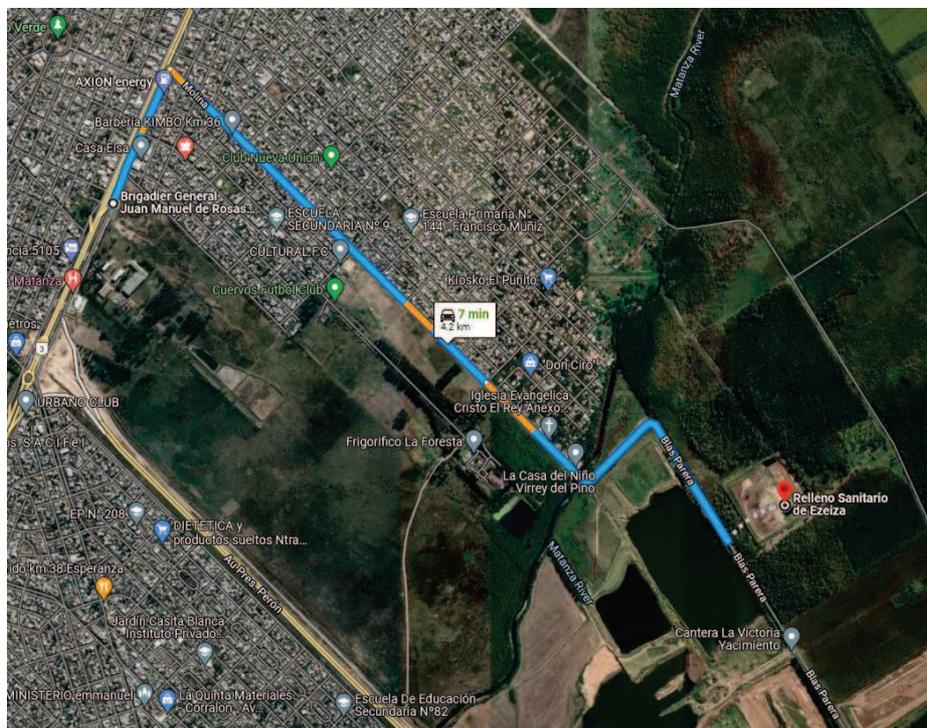


Figura 34: Ruta de Basural "Ruta 3" a Relleno Sanitario de Ezeiza.

Según la (Ecuación 9) todo el rechazo que se genera en un día en promedio es de 87,96 ton, se asume que su densidad es de 500 kg/m³ ya que tras la segregación el material ya no está compactado sino que esta suelto. Así el volumen que se obtiene en promedio por día de rechazo es de 175,92 m³, por lo tanto se calcula con la Ecuación 10 que serán necesarios 3 viajes de camión por día para transportar todo el residuo del pretratamiento.

$$\text{cantidad de viajes} = m_{\text{Rechazo}} * \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}}}{500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} / 60 \frac{\text{m}^3}{\text{viaje}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

El detalle de los cálculos descritos arriba para el sitio “Ruta 3” se puede observar en la Tabla 6. En este caso, con un flujo de 150 ton/día de la maquinaria de movimiento de residuos, el tiempo necesario para quitar todo el rechazo del lugar es de menos de 5 meses y medio.

Tabla 6: Parámetros de remoción de residuos para Ruta 3.

V Basural (m3)	m Basural (ton)	m FORSU (ton)	m Rechazo (ton)	V Rechazo (m3)	t retiro residuos (día)	Cant. viajes	Dist. a Relleno (km)
39218,44	23531,06	9732,45	13798,61	27597,23	157	3	4,2

2.5.2 Muestreo de caracterización

Para el diseño del plan de muestreo se usan a modo orientativo todas las hipótesis planteadas tras una investigación histórica y una inspección del sitio, los puntos de muestreo a seleccionarse deben encontrarse distribuidos en las áreas donde se identifica que hay probabilidad de contaminación. En este caso esas áreas serán las que poseían residuos dispuestos sobre el suelo, centrándose el análisis en donde haya mayor probabilidad de contaminación, en este caso donde la cantidad de residuos dispuestos por unidad de área sea mayor.

El tipo de muestreo seleccionado para el suelo es estadístico sistemático, se realiza sobre toda el área sospechosa de contaminación y siguiendo un patrón de rejilla regular, cubriendo de manera uniforme el sitio a muestrear. Para estimar de forma más precisa la contaminación en las zonas críticas donde se supone más concentración se realiza una densificación de los puntos de muestreo. En la Figura 35 se muestra un esquema de distribución a modo de ejemplo.

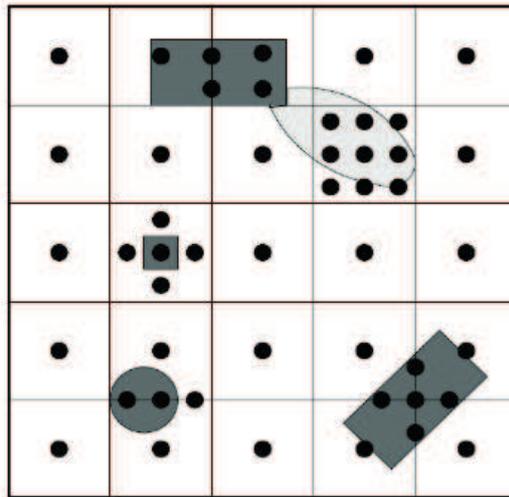


Figura 35: Esquema de distribución sistemática de puntos de muestreo y su densificación en áreas sospechosas de mayor contaminación.

El número mínimo de puntos de muestreo de suelo, que incluye tanto los superficiales como los de profundidad, es determinado de acuerdo con la Tabla 7. Según el área de interés se define la cantidad de muestras a tomar como mínimo, redondeando para arriba en los casos que corresponda. En caso de que el área supere las 100 hectáreas el número mínimo de muestreos se determina por medio de la Ecuación 11, donde X es la superficie en hectáreas.

$$N = 0,1 \cdot X + 40 \quad (\text{Ecuación 11})$$

Tabla 7: Número mínimo de puntos de muestreo para muestreo de identificación.

ÁREA DE POTENCIAL INTERÉS (HA)	PUNTOS DE MUESTREO EN TOTAL
0.1	4
0.5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33

20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

Previo al retiro de los residuos del BCA se generaban lixiviados que podían permear los suelos y contaminarlos en profundidad, por esta razón se espera que gran parte de la contaminación remanente en el sitio se encuentre debajo del suelo o incluso en el agua subterránea. Debido a esto se plantea una distribución de los puntos de muestreo equitativa entre superficiales y subsuperficiales. Las muestras en profundidad a analizar deben tomarse por cada metro de profundidad que se perfore, pero se contabilizan como un solo punto de muestreo respecto al total a definir.

La profundidad del muestreo de estos puntos fue seleccionada dependiendo del nivel freático particular del lugar, en la Figura 36 se observan las variaciones areales del nivel freático. Las profundidades oscilan entre un mínimo de 0,6 m y 17 m en toda la cuenca (ACUMAR, 2008).

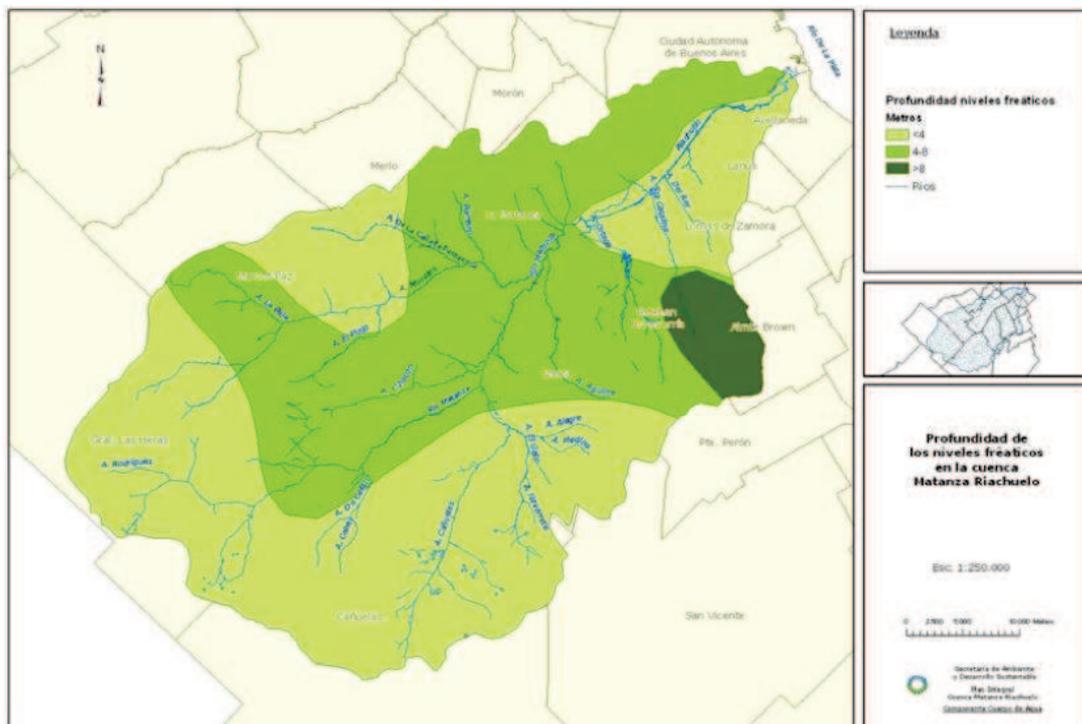


Figura 36: Variaciones areales de las profundidades medias de los niveles freáticos.

En cuanto al muestreo de las aguas subterráneas, la cantidad mínima de pozos de monitoreo a instalar debe ser de 3 por hectárea. La selección de las ubicaciones de estos pozos responderá a la fuente de contaminación, al igual que para los puntos de muestreo de suelo, y deberán tener en cuenta el sentido de escurrimiento hídrico subterráneo en el lugar. En la cuenca, la capa freática posee un flujo subterráneo con sentido regional de sudoeste a noreste (ACUMAR, 2008).

En la Figura 37 se aprecia con más detalle los diferentes flujos y sus sentidos en cada zona de la cuenca, en base a ella se decide el lugar donde se instalarán los pozos de monitoreo. Estos sitios coincidirán necesariamente con puntos de muestreo de suelo en profundidad debido a que la perforación para la construcción de freatímetros será aprovechada para extraer esas muestras.

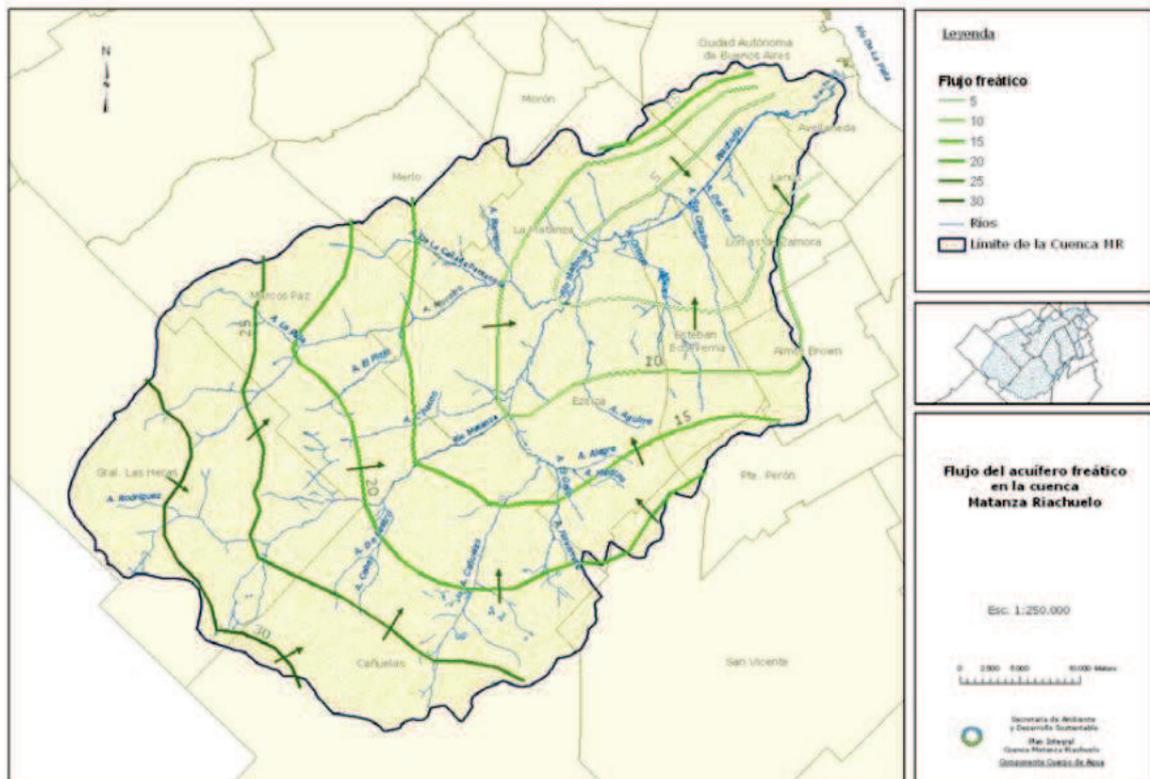


Figura 37: Flujo subterráneo de la capa freática.

De esta manera se realizó el diseño del muestreo para el caso de ejemplo del basural “Ruta 3”. Al poseer 7,037 Ha de superficie, corresponderían como mínimo 30 puntos de muestreo de suelo. Al desplegar la grilla regular sobre el sitio (Figura 38) se obtienen en principio 31 puntos dentro del área de interés, luego al identificarse las zonas críticas se adicionan puntos de manera de densificar el muestreo (Figura 39). De esta manera se tienen un total de 39 puntos de muestreo de suelo, los cuales a su vez se dividen entre muestreos en superficie y en profundidad.



Figura 38: Grilla regular para selección de puntos de muestreo en sitio Ruta 3.

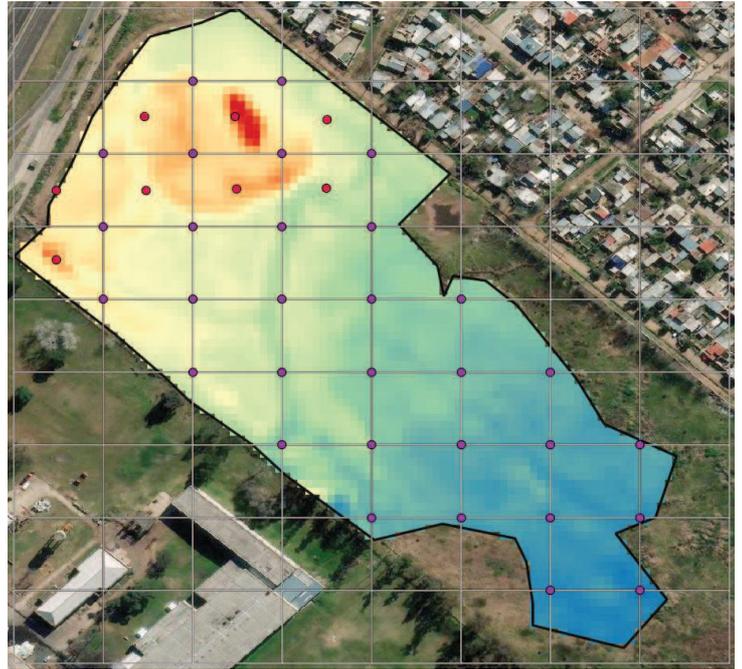


Figura 39: Densificación de puntos según altura de los residuos originalmente en el basural.

En este caso, donde la zona de criticidad es muy evidente y localizada, se decide tomar muestras en profundidad cercanas a dicha zona. Estos puntos también se despliegan teniendo en cuenta el sentido del flujo subterráneo que, de acuerdo con la Figura 37, allí es de Oeste a Este. Debido a que la profundidad del nivel freático en este sitio se encuentra entre 4 y 8 metros, la perforación se hará hasta 6 m (en principio, este valor se deberá ajustar según el nivel del freático en el momento del muestreo), y por lo tanto la cantidad de muestras a analizar de cada punto serán 6.

En la Figura 40 se muestra la ubicación de los 12 puntos de muestreo en profundidad. A su vez, teniendo en cuenta las casi 2 Ha que posee el área de densificación donde se espera que la contaminación sea crítica, de esos puntos en profundidad 6 serán aprovechados para la instalación de freatímetros. Estos últimos se seleccionaron en el extremo más al Este de la zona en estudio, donde se espera que la posible pluma de contaminación se haya expandido.

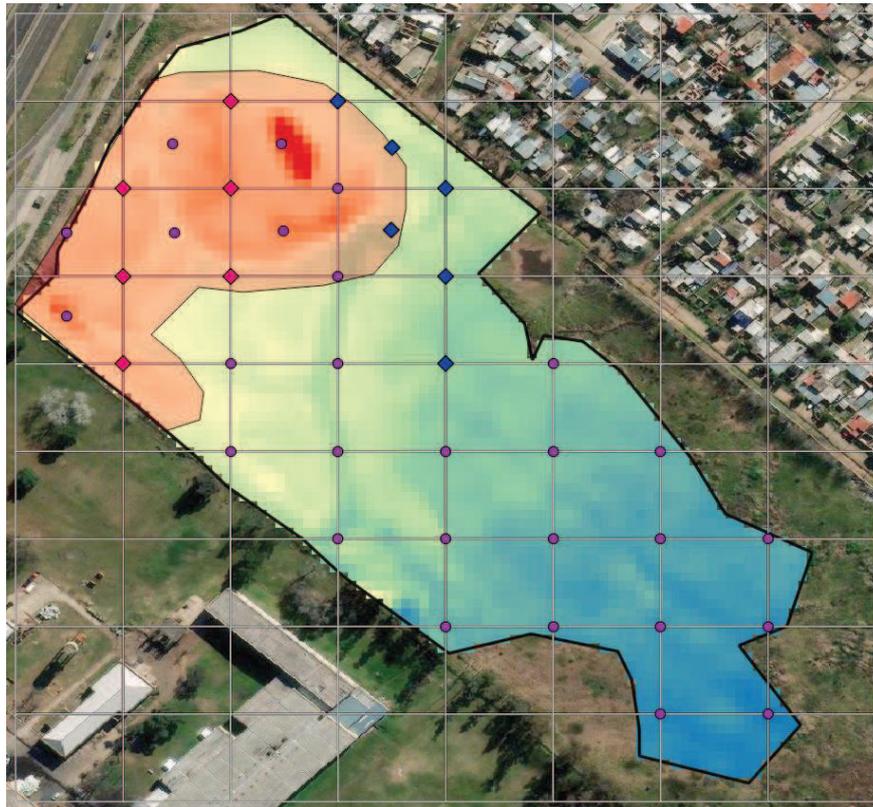


Figura 40: Puntos de muestreo de suelo en profundidad (rombos), y de muestreo de agua subterránea (en azul).

En la Tabla 8 se muestran en detalle los diferentes muestreos que se realizarán con su cantidad correspondiente para el sitio “Ruta 3”.

Tabla 8: Muestras a analizar para corroborar contaminación en sitio “Ruta 3”.

Área (Ha)	Área crítica (Ha)	Muestras de Suelo superficial	Muestras de Suelo en profundidad	Muestras Agua subterránea
7,037	1,973	27	72	6

2.5.3 Remediación de suelo

Para remediar el suelo del sitio una vez eliminada la fuente de contaminación se aplica compost maduro, confeccionado in-situ con la FORSU de los desechos que allí se encontraban.

Se asume que tras la segregación, la fracción orgánica resultante posee una densidad menor a la de los residuos iniciales. Por un lado porque los objetos más pesados se extraen como rechazo, y por el otro debido a que el material queda más suelto. Por esta razón se toma un valor de densidad del material a compostar de 350 kg/m³. En un día tipo, donde se manipulan 150

toneladas de RSU por día, la masa de material orgánico recuperado (Ecuación 8) y su volumen correspondiente son los de la Tabla 9. De la misma manera se observan allí, la masa de rechazo generado por día (Ecuación 9) con su volumen.

Tabla 9: Cantidad promedio diaria de fracción orgánica de RSU segregada.

m FORSU (ton/día)	V FORSU (m3/día)	m Rechazo (ton/día)	V Rechazo (m3/día)
62,04	177,26	87,96	175,92

Con la cantidad de orgánicos obtenida se construyen pilas de compostaje de las dimensiones detalladas en la Tabla 10, de acuerdo con lo señalado en la memoria descriptiva. Con una pala cargadora se forman pilas, de sección triangular y cuyo volumen se calcula con la Ecuación 12. La cantidad de pilas (N) a establecer depende directamente del volumen de la FORSU del sitio a sanear (Ecuación 13), y su disposición en el sitio será en hileras según permita la geometría del lugar. El volumen diario de orgánicos permite construir hasta 4,5 pilas de compostaje de 40 m3 por día de trabajo de erradicación. Debe ser previsto que los residuos originales sean movilizados de manera de asegurar este espacio.

$$V_{Pila} = \frac{(B \cdot h)}{2} * L \quad (Ecuación 12)$$

$$N = \frac{V_{FORSU \text{ Basural}}}{V_{Pila}} \quad (Ecuación 13)$$

Tabla 10: Dimensiones de pila de compostaje

Altura h (m)	Base (m)	Largo (m)	Volumen (m3)
2	4	10	40

A su vez, para almacenar el material de rechazo tras su salida del trommel y hasta su carga en el camión roll off, también se debe dedicar un área del sitio. Sus dimensiones se observan en la Tabla 11 y la forma en que se apilan estos residuos también posee sección triangular. Cabe destacar que este espacio se encontrará mayoritariamente vacío ya que el rechazo se compacta y carga constantemente en los camiones.

Tabla 11: Dimensiones de almacenamiento de rechazo.

Altura h (m)	Base (m)	Largo (m)	Volumen (m3)
4	10	9	180

El área que ocupan las pilas de compostaje a construir se calcula a partir de la Ecuación 14. Para permitir la manipulación y volteo de las pilas con la pala cargadora se dejan 4 metros de distancia entre pila y pila, el total de espacio que se debe dejar libre se calcula con la Ecuación 15. El área dedicada a la segregación, donde se encuentra el trommel y la pila del rechazo a ser cargado, se calcula con la Ecuación 16, el trommel seleccionado posee 11,86 m de largo y 4,95 m de ancho, obteniendo un área de segregación total de 148,71 m². El área total que ocupa la planta de compostaje se calcula entonces con la Ecuación 17.

Para el BCA “Ruta 3” la cantidad total de FORSU y la cantidad total de pilas a formar (N) se detallan en la Tabla 12, junto con el área que todas ellas ocuparían.

$$A_{Pilas} = N \cdot L \cdot B \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$A_{Separación} = (N + 1) \cdot L \cdot B_{Pasillo} \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$A_{Segregación} = L_{rechazo} \cdot B_{rechazo} + A_{Trommel} \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$A_{Total} = A_{Pilas} + A_{Separación} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Tabla 12: Parámetros de pilas de compostaje de sitio “Ruta 3”.

m FORSU (ton)	V FORSU (m ³)	N pilas	A pilas (m ²)
9732,45	27806,99	695,17	27806,99

El resto de las áreas que forman parte de la planta de compostaje se observan en la Tabla 13, así como la disponibilidad de espacio libre considerando el área total del sitio a sanear.

Tabla 13: Parámetros de disponibilidad de espacio de “Ruta 3”.

Área Basural (m ²)	A Separación (m ²)	A Planta compostaje (m ²)	A Disponible (m ²)
70367,90	27846,99	55802,69	14565,20

Este diseño de proceso de compostaje considera un total de 120 días para dar por completado el tratamiento de la FORSU, 80 días de degradación y 40 de maduración. En la primera etapa se mezcla con pala cargadora para airear y homogeneizar el material una vez por semana. Es importante incluir dentro del material a mezclar parte del suelo donde se establece la pila, ya que el objetivo del compostaje es remediar el suelo del sitio. Esto no es solo para asegurar el tratamiento de contaminantes que pueda haber en ese suelo, sino también para volver a colocar en el seno de la pila a los lixiviados generados en el proceso y que drenan a la parte inferior, de manera de darles un tratamiento adecuado. Una vez finalizada la degradación, la pila comienza la fase de maduración en la misma ubicación donde se encontraba. Se espera que el volumen

de la pila se vea disminuido en la mitad, y a partir de ese momento los volteos se realizan cada 2 semanas al menos.

Tras el cribado de afino el compost maduro obtenido se esparce a lo largo de toda la superficie del sitio, para recuperar el suelo degradado que allí hay. Esta recuperación consta de una única aplicación con una dosis elevada, lo cual es suficiente para asegurar la reactivación de las poblaciones microbianas y los ciclos de nutrientes del suelo. A partir de esta enmienda se da lugar al establecimiento de una cubierta vegetal, que por un lado contribuye a la protección del suelo y por otro mejora las propiedades físicas del suelo. Gracias a las raíces y restos vegetales que vuelven periódicamente al suelo los niveles de materia orgánica se mantienen en valores adecuados. Esta aplicación y el establecimiento de plantas a mediano plazo constituyen un método de atenuación natural asistida, donde todos los procesos que se dan naturalmente se ven acelerados (biodegradación, dispersión, dilución, adsorción/absorción, volatilización y estabilización química o bioquímica de contaminantes). Esta técnica es especialmente útil cuando se quiere recuperar suelo contaminado con elementos traza como son estos ex BCA atacados (Red Española de Compostaje, 2014b).

Es condición necesaria para llevar a cabo esta técnica de saneamiento que se cumplan todos los ensayos de composición y parámetros de interés, tanto de los residuos al inicio, de la FORSU, y del compost maduro al final. Ya que solo de esa manera se puede conocer si algún parámetro debe ser ajustado para favorecer el proceso, o si una concentración demasiado alta de algún componente tóxico imposibilitaría el tratamiento y/o uso del material. En caso de que el compost posea algún valor por encima de los definidos en el decreto reglamentario 831/93 de Residuos peligrosos se debería considerar algún tratamiento complementario o su traslado a relleno sanitario, con los costos asociados que esto implicaría. Pero aun en ese caso la normativa de remediación en sitios contaminados contempla otra alternativa, siempre y cuando: este justificada correctamente la imposibilidad de alcanzar los valores objetivo; se presente un análisis de riesgo; y la autoridad de aplicación brinde autorización. Sería posible plantear un monitoreo con el fin de comprobar que el comportamiento de los contaminantes en el tiempo no producirá un riesgo a la salud humana y al medio ambiente. La contraparte de esta alternativa será la imposibilidad, en el corto plazo, de dar un nuevo uso al sitio en cuestión.

2.6 Memoria de cálculo de cierre técnico

2.6.1 Celda de confinamiento de residuos

El plan para la conformación de los residuos consiste en su transporte hacia una nueva celda. Para esto se utilizan la pala cargadora y el tractor topador de igual potencia que la seleccionada para la alternativa de erradicación. En la Figura 41 se observan las alturas de referencia del año 2013, en base a estas y su distribución en el sitio se decidió la ubicación y altura de la nueva celda. El volumen de dicha celda (Figura 42 invertida) se calculó utilizando la Ecuación 18, donde la altura se fijó en este caso de 3 metros, buscando que sea similar a la altura actual en ese sitio.

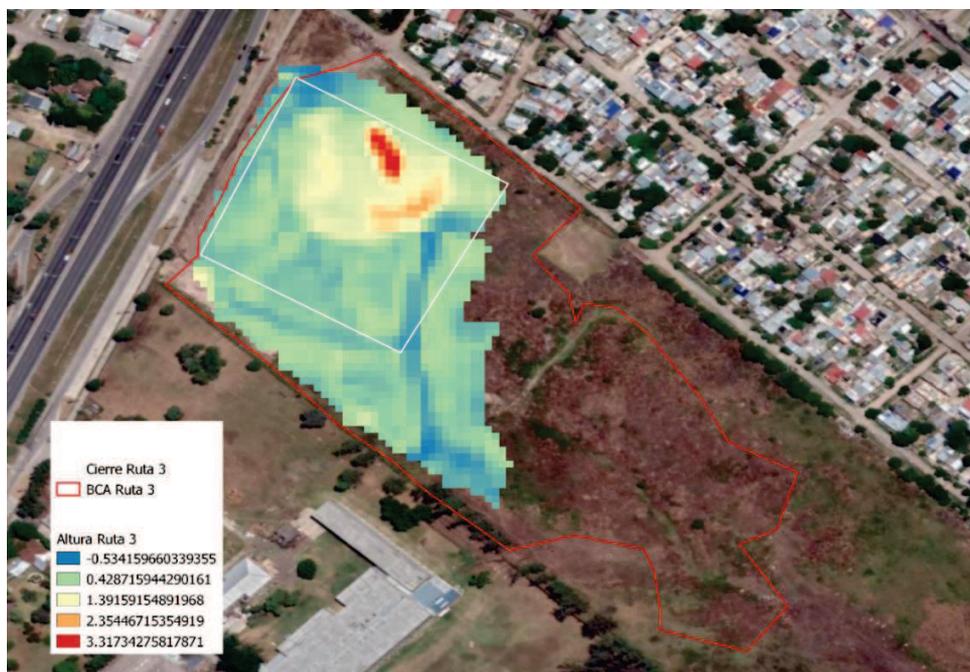


Figura 41: Alturas de sitio Ruta 3 en el año 2013, referencia para nueva celda.

Los parámetros c y d se ajustaron de manera que el volumen final sea superior al volumen de residuos dispuestos. Los lados a y b se calcularon tomando una inclinación de talud de 1:3 y teniendo en cuenta la altura de la celda, utilizando la Ecuación 19. Las dimensiones de los residuos confinados en el sitio se observan en la Tabla 14.

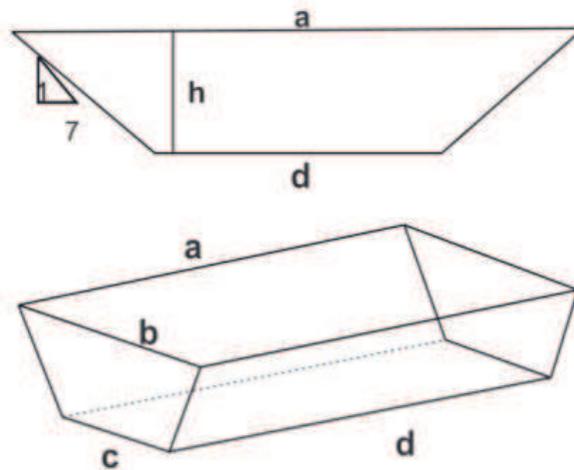


Figura 42: Parámetros de prisma trapezoidal, forma de celda.

$$V = \frac{1}{3}h(a \cdot b + c \cdot d + \sqrt{(a \cdot b) \cdot (c \cdot d)}) \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$\text{Lado inferior} = \text{Lado superior} + 2 \cdot (3 \cdot h) \quad (\text{Ecuación 19})$$

Tabla 14: Dimensiones de celda para confinar residuos.

Lados c y d (m)	Altura (m)	Lados a y b (m)	Volumen (m ³)
107	3	125	40449

2.6.2 Cobertura final

Con los grosores de las distintas capas de la cobertura final y siguiendo la morfología y los taludes de los residuos confinados se calculó el volumen necesario de cada material, que se observan en la Tabla 15. La capa del sistema de ventilación está compuesta por un 70% grava y 30% arena (3330 m³ + 1427 m³), y la de barrera hidráulica consiste en una mezcla de 6652 m³ de suelo del sitio con 739 m³ de bentonita.

La última capa de soporte de vegetación tendrá una terminación de pirámide de base rectangular (Figura 43) para obtener la pendiente necesaria de 5%. Este volumen adicional se calculó con la Ecuación 20, donde la altura h es 1/20 del lado superior más largo de la celda. En la Tabla 15 se observa el total de suelo a colocarse, de ese volumen 10630 m³ corresponden al prisma trapezoidal y 20418 m³ a la pirámide. A su vez, aplicando una dosis de compost de 5 kg/m²

sobre la parte superior de lo que ocupa el área de la celda (18198 m²), de ese total 182 m³ serán de compost en lugar del suelo del entorno.

$$V = \frac{a \cdot b \cdot h}{3} \quad (\text{Ecuación 20})$$

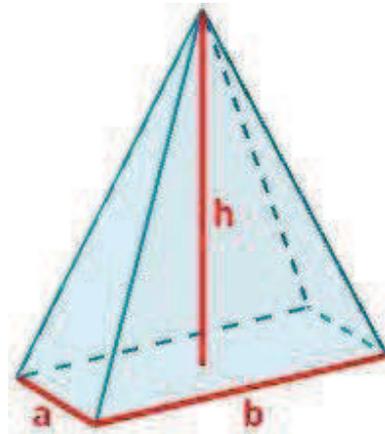


Figura 43: Parámetros de pirámide de base rectangular, superficie superior final.

Tabla 15: Dimensiones de capas de cobertura final.

Capa	Grosor (cm)	Volumen (m ³)
Sistema de ventilación/Arena gruesa + Grava	30	4757
Barrera hidráulica/Limos loessicos + bentonita	45	7391
Sistema de drenaje/Arena gruesa	30	5102
Soporte de vegetación/Limos loessicos + compost	60	31048

Entre el sistema de drenaje y el suelo soporte de la vegetación se coloca una capa de geotextil como filtro. La superficie necesaria se calculó sumando el área superior de la celda y las áreas de las 4 caras trapezoidales, obtenidas con la Ecuación 21. Los lados B y b corresponden a los lados inferior y superior coincidentes de una cara de la celda, mientras que la altura h corresponde a la longitud de la pendiente. La superficie necesaria de geotextil es de 17240 m².

$$A = \frac{B + b}{2} h \quad (\text{Ecuación 21})$$

2.6.3 Sistema de extracción y control de biogás

El diseño de la red de colección de biogás se realizó en base a las dimensiones de la celda de confinamiento. El largo de la tubería cabecera se calculó teniendo en cuenta el largo de la celda y la extensión del talud, de manera que la tubería se extienda más allá de la celda de

confinamiento. También se calculó el largo y la cantidad de ramificaciones (tubería perforada) espaciada cada 30 metros. Con los valores de largo obtenidos se calcularon los tramos de tubería de HDPE, de 12 m de longitud, necesarios para cubrir toda la celda. En la Tabla 16 se observan los resultados de los valores y los tramos necesarios. Habrá 4 hileras conectadas perpendicularmente a la tubería cabecera que se encuentra en el medio de la celda, siendo un total de 8 ramificaciones que se extienden a cada lado de ella.

Tabla 16: Dimensiones y cantidad de tramos de tubería de HDPE.

Tubería	Largo (m)	Cantidad de tramos	Total tramos
Cabecera	121	10	42
Ramificación (perforada)	53,5	8x4	

Para la selección del equipo de microturbina para el aprovechamiento energético del biogás se calculó su potencial de producción de energía eléctrica (P). Con el caudal de biogás capturado (m³/h), su poder calorífico y el rendimiento de la generación eléctrica, se calculó con la Ecuación 22 la potencia disponible (kW).

$$P = Q_{Biogás} \cdot PC_{Biogás} \cdot \eta \quad (\text{Ecuación 22})$$

Para ello se calculó en primer lugar el poder calorífico del biogás generado en el sitio, a partir de la Ecuación 23. Donde el porcentaje de metano en el total de biogás es 55% y su poder calorífico 9,96 kWh/m³ (Panesso et al., 2011).

$$PC_{Biogás} = \%CH_4 \cdot PC_{Metano} \quad (\text{Ecuación 23})$$

La cantidad de biogás (Q) a utilizarse como fuente de energía primaria fue calculada en la sección de impactos esperados, su cantidad de metano año a año puede observarse en la Figura 33. Dicho volumen total se asume generado de manera uniforme hora a hora los 365 días del año, por lo que el caudal de gas generado es el calculado con la Ecuación 24.

$$Q_{Biogás} = \frac{V_{Biogás \text{ anual}}}{365 * 24} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Y finalmente, la eficiencia eléctrica (η) seleccionada fue de 90%, gracias a la combinación del aprovechamiento térmico en la combustión brindada por el equipo seleccionado.

En la Tabla 17 se observa un resumen con los valores de biogás generados desde el principio del establecimiento de la celda y la colección de gas hasta el fin de su vida útil, con sus potencias correspondientes. En base al valor máximo alcanzado se seleccionó una microturbina de potencia instalada de 30 kW, la más pequeña del mercado.

La selección del soplador centrífugo se realizó de acuerdo con el caudal de biogás a movilizar, y de manera análoga a la microturbina, se optó por uno de los más pequeños del mercado. El caudal del soplador del tamaño elegido es de 100,2 m³/h.

Tabla 17: Generación de biogás y su potencia disponible desde establecimiento de la celda hasta 30 años.

Año	V total Biogás (m ³)	Q Biogás (m ³ /h)	Potencia (kW)
2021	40706,85	4,65	22,9
2050	9548,62	1,09	5,37

2.6.4 Sistema de Drenaje Pluvial

Para el diseño del drenaje pluvial se calculó el caudal pico de escorrentía para la zona de la celda de residuos con el método racional según Ven Te Chow y otros (1994), con la Ecuación 25. Donde el caudal está en m³/s y el área en hectáreas.

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Y donde la intensidad i [mm/h] se calcula específicamente para la zona a partir de una duración de diseño y un período de retorno. La lluvia para el método racional se supone uniforme en el tiempo y a lo largo de toda la cuenca. En este caso la relación intensidad-duración-frecuencia (IDF) se obtuvo a partir del modelo DIT según Caamaño Nelli y García (1999), actualizado para 3 parámetros (Caamaño Nelli, G.; et al.; 2012). La expresión logarítmica de este modelo se expresa en la Ecuación 26, donde los parámetros A, B y C para Buenos Aires se extrajeron del trabajo de Flores y Ferreira (2015). El factor de frecuencia Φ para un período de retorno T en años está dado por la Ecuación 27, mientras que el factor de persistencia δ para una duración d en minutos por la Ecuación 28. El período de 10 años se considera adecuado para el tipo de estructura hidráulica, teniendo en cuenta además la pequeña escala del sistema de drenaje.

$$\ln i_{d,T} = A \cdot \varphi - B \cdot \delta + C \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$\varphi = 2,584458 \cdot (\ln T)^{3/8} - 2,252573 \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$\delta = (\ln d)^{5/3} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Para este método la duración de diseño es igual al tiempo de concentración del área de drenaje que se está considerando, el cual es el tiempo requerido para el agua en fluir del punto más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. En este tiempo se supone que la escorrentía alcanza su pico, donde toda la cuenca está contribuyendo al flujo de salida. El tiempo de concentración [h] se estima con el método de Kirpich, expresado en la Ecuación 29, donde L [m] es la longitud del cauce principal y S [m/m] la pendiente del curso.

$$T_c = 0,000325 \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0,77} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Los parámetros de la cuenca estudiada para este caso, como son el área, la longitud del cauce principal y la pendiente del curso, se obtuvieron a partir de la topografía, estos valores se resumen en la Tabla 18. El basural en estudio se encuentra dentro de la subcuenca del Río Matanza (Figura 44).



Figura 44: Subcuenca Río Matanza, en blanco celda de confinamiento de residuos.

Tabla 18: Parámetros de cuenca de aporte de sitio Ruta 3.

Área (m2)	Longitud del cauce (m)	Pendiente (m/m)
341621,5	1417,4	0,0042

Puntualmente, se usaron curvas de nivel de 1 metro de resolución vertical para el trazado de la cuenca y de la longitud del cauce, observándose en la Figura 45. La zona más baja de la cuenca posee una cota de 14 metros mientras que la cota superior es de 20 metros.

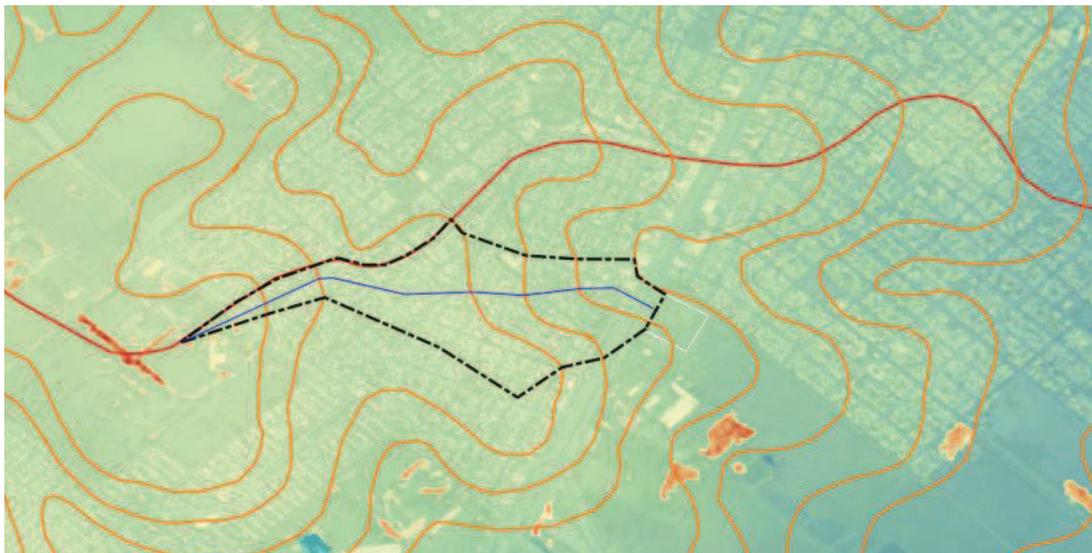


Figura 45: Curvas de nivel, delimitación de cuenca de aporte (en negro) y longitud del cauce (en azul).

El coeficiente de escorrentía C relaciona la tasa de lluvia con la tasa de escorrentía pico con valores entre 0 y 1. La proporción de lluvia que alcanza los drenajes depende del porcentaje de permeabilidad, de la pendiente y de las características de encharcamiento de la superficie. Al tratarse de un área no homogénea se clasificaron las diferentes coberturas, según los coeficientes de Ven Te Chow (1994), como se observa en la Figura 46, y se calculó el coeficiente de escorrentía ponderado con la Ecuación 30. Las áreas y sus correspondientes coeficientes se observan en la Tabla 19, el coeficiente de escorrentía ponderado final es de 0,76.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{Ecuación 30})$$

Tabla 19: Coeficientes de escorrentía para clasificación de cuenca.

Tipo de cobertura	Concreto/techo	Zonas verdes en buena condición y pendiente plana
Área (m2)	303719,8	37901,6
Coeficiente de escorrentía	0,83	0,25

Finalmente, el caudal de diseño es de 5,67 m³/s.

Para el diseño de los canales abiertos se buscó que los drenes posean una velocidad de flujo uniforme, para esto se utilizó la ecuación de Manning (Ecuación 31). (Chow, V. T., 1994)



Figura 46: Clasificación de la cuenca según coberturas, área de concreto/techo (en blanco) y zonas verdes de condición buena y pendiente plana (en verde).

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Donde v es la velocidad media [m/s], R el radio hidráulico (relación entre área mojada respecto a su perímetro mojado, (Ecuación 32), S la pendiente de la línea de energía (que en flujo uniforme coincide con la pendiente del canal y con la pendiente del nivel de agua), y n es el coeficiente de rugosidad de Manning. Este último se ve afectado por diversos factores como son la rugosidad superficial, vegetación, irregularidad del canal, alineamiento del canal, sedimentación y socavación, obstrucción, tamaño y forma del canal, nivel y caudal, cambio estacional, material en suspensión y carga de lecho.

$$R = \frac{A}{P} \quad (\text{Ecuación 32})$$

Según la tabla de valores de Ven Te Chow (1994) el coeficiente de rugosidad para un canal excavado en tierra, recto y uniforme con pastos cortos y algunas malezas es de 0,033. Se tuvo en cuenta un valor máximo dado la posibilidad de que posea un pobre mantenimiento a futuro. Para este material de canal, usando una geometría trapezoidal, las pendientes laterales seleccionadas apropiadas para su estabilidad son de 1,5:1.

Además de mantener un flujo uniforme, teniendo en cuenta el material del lecho del canal, el mismo se debe diseñar teniendo en cuenta la velocidad máxima permisible para no causar erosión. En este caso con un suelo de material de limo aluvial usado para transportar agua clara la velocidad es de 1,14 m/s.

Utilizando la Ecuación 31 y una pendiente de 0,001 se calculó el radio hidráulico, y con el caudal de diseño y la velocidad permisible se calculó el área mojada (Ecuación 33). Con ambos valores y la Ecuación 32 se calculó el perímetro mojado.

$$A = Q/v \quad (\text{Ecuación 33})$$

Con estos valores y sus expresiones según las Ecuaciones 34 y 35, de acuerdo con la Figura 47, se calcularon el ancho del canal (b) y la profundidad del agua (y).

$$A = (b + zy)y \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \quad (\text{Ecuación 35})$$

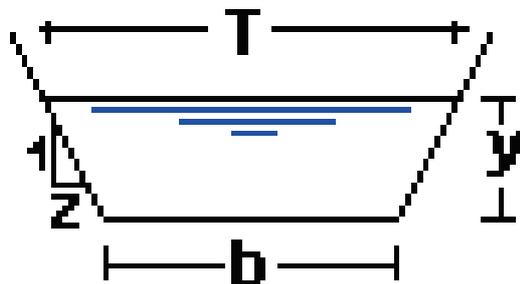


Figura 47: Elementos geométricos de sección de canal trapezoidal.

Para facilitar los cálculos se utilizó el software HCanales, fijándose el valor b del ancho del canal de manera de obtener una velocidad menor a la máxima permisible. También, en cuanto a la construcción, se seleccionó un borde libre de 1 metro por encima de la profundidad del agua en el canal. En la Tabla 20 se observa un resumen de los parámetros de diseño del canal.

Tabla 20: Parámetros de diseño de canal de drenaje pluvial.

Ancho de canal b (m)	Talud z	Tirante normal y (m)	Espejo de agua T (m)	Perímetro (m)	Radio hidráulico R (m)
0,55	1,5	1,9	6,26	7,41	0,88

Las dimensiones finales del canal a construir son entonces las de la Tabla 21. Donde el volumen de tierra que se debe excavar se calculó con la Ecuación 18 de acuerdo con la Figura 42, en este caso no invertida. Los lados a y d corresponden ambos a la longitud del canal, mientras que el lado c es el lado inferior del canal y el b el lado superior, obtenido de acuerdo con la altura y a la pendiente de las paredes laterales. Para la excavación del canal se utiliza otra pala cargadora del mismo modelo utilizado en el resto del proyecto, y se realizará durante la construcción de la barrera hidráulica y la capa de drenaje de la cobertura final de la celda de residuos. De esta manera se aprovechará el suelo excavado para la construcción de la última capa de cobertura, de soporte vegetal.

Tabla 21: Dimensiones constructivas de canal pluvial.

Longitud de canal (m)	Profundidad del canal h (m)	Lado superior del canal (m)	Volumen excavado (m ³)
962,43	2,9	9,25	11215,87

2.6.5 Monitoreo Ambiental

El diseño de la red de monitoreo de agua subterránea responde al comportamiento de la hidrogeología en la zona de estudio, la cual ya fue detallada en secciones anteriores. Teniendo en cuenta el flujo de Oeste a Este en el sitio del ex BCA “Ruta 3”, como indica la Figura 37, se ubicaron los puntos de instalación de los freáticos. Los mismos se posicionan justo antes de la celda establecida para contener los residuos, y justo después, como indica la Figura 48. La cantidad de pozos a establecerse en total es de 4, de manera de rodear adecuadamente a la amenaza puntual, y procurando mantener un número bajo de puntos de monitoreo para evitar incrementar los costos.



Figura 48: Ubicación de puntos de muestreo de red de monitoreo de agua subterránea.

El diseño del muestreo de suelo post remediación, para identificar si luego del retiro de los residuos el sitio alrededor de la celda sería considerado sitio contaminado, se realiza tal como se muestra en la sección de “Muestreo de Caracterización” de la alternativa de erradicación (para el sitio “Ruta 3” y omitiendo los puntos de muestreo de agua subterránea). Tomando como base los puntos distribuidos en el sitio como se observa en la Figura 39, y restando los puntos que coinciden en su ubicación con la celda de confinamiento, se despliega una nueva grilla de distribución de puntos a monitorear.

En la Figura 49 se observan la totalidad de los 27 puntos donde se tomará muestra de suelo. 4 de esos puntos serán para toma de muestras en profundidad ubicados alrededor de las caras de la celda conformada y cercanos a la zona de mayor criticidad. Tal como se mencionó en la sección anterior, debido a la profundidad del nivel freático en este sitio, la cantidad de muestras a tomar por cada uno de estos puntos será de 6.

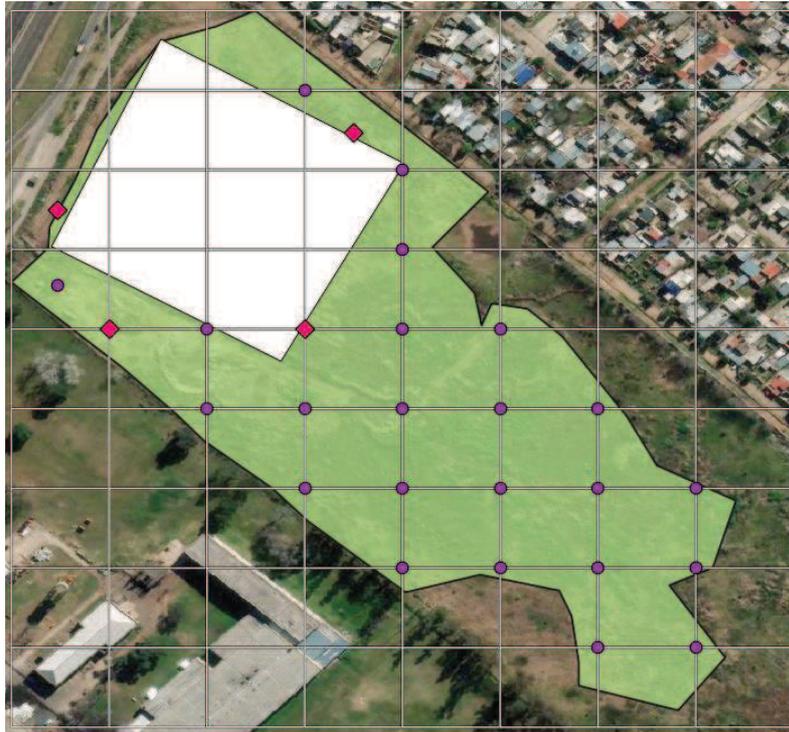


Figura 49: Puntos de muestreo de suelo en superficie y en profundidad (rombos).

En la Tabla 22 se muestra el detalle de los puntos a analizar por monitoreo. En este caso no se aprovecha la perforación para la toma de muestras en profundidad para el emplazamiento de freáticos ya que los monitoreos no necesariamente comienzan en el mismo momento. Además, el monitoreo post remediación requiere que el suelo sea analizado semestralmente, a diferencia del muestreo de caracterización que se realiza una única vez.

Tabla 22: Cantidades de puntos a muestrear por monitoreo.

Muestras de Suelo superficial	Muestras de Suelo en profundidad	Muestras Agua subterránea
23	24	4

2.7 Planos

Aquí se presentan los planos con los detalles técnicos de las alternativas propuestas, que acompañan lo enunciado en la memoria descriptiva y de cálculo anterior. Se evidencian las dimensiones de lo construido así como la distribución de cada tarea en el sitio de intervención.

En el Anexo II se pueden encontrar las figuras correspondientes tal como se describen a continuación.

2.7.1 Alternativa de Erradicación

Los planos elaborados son:

- E1: Vista superior de intervención y Pilas de compostaje
- E2: Detalle de trenes de segregación de FORSU y de afino

2.7.2 Alternativa de Cierre técnico

Los planos elaborados son:

- CT1: Vista superior de intervención, Detalle celda de residuos, y Detalle de freatómetro
- CT2: Vista lateral de corte de cobertura final y su detalle
- CT3: Detalle de Sistema de colección y Aprovechamiento energético de biogás

2.8 Cómputos y presupuestos de alternativas

En la siguiente sección se muestran los resultados del análisis de los costos de cada alternativa, teniendo en cuenta los proyectos en su totalidad. Se calcularon los costos desde la inversión inicial, la operación del saneamiento en sí mismo, y el mantenimiento en el largo plazo en caso de que hubiera. Adicionalmente se contemplan las posibles fuentes de ingreso que podría generar el proyecto, de manera de informar el balance final.

Los costos presentados en esta sección se expresan en pesos argentinos, en los casos que se obtuvieran costos en moneda extranjera, los cambios se realizaron con los valores oficiales de acuerdo con el Banco de la Nación Argentina. El precio del dólar oficial en el momento, que fue utilizado en este proyecto, es de \$145.

2.8.1 Costos de inversión inicial

La inversión inicial son los costos que se deben afrontar para llevar a cabo el proyecto en primer lugar. Estos costos están comprendidos principalmente por la compra de maquinarias, insumos, materiales, etc., necesarios para llevar a cabo las tareas planteadas, por ejemplo para mover los residuos en la erradicación, o para construir la celda en el cierre técnico. Adicionalmente se incluyen en estos costos a los trabajos preliminares necesarios que deben realizarse en el lugar previo al inicio de las actividades.

Los detalles de este cómputo y presupuesto de inversión inicial para la alternativa de Erradicación se observan en la Tabla 23, mientras que los de la de Cierre técnico en la Tabla 24.

Tabla 23: Compuo y presupuesto de Inversión inicial de alternativa de Erradicación.

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Importe	Total
TRABAJOS PRELIMINARES					\$5,998,280.00
Acondicionamiento de vías de acceso	m2	70568	\$85.00	\$5,998,280.00	
Cerramiento y señalización					
Construcción de caseta de control y vigilancia					
Eliminación de fauna nociva					
EQUIPAMIENTO Y MAQUINARIA					\$441,963,500.00
Tractor topador mediano CAT D5	u	1	\$60,885,500.00	\$60,885,500.00	
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	u	3	\$86,565,000.00	\$259,695,000.00	
Trommel Eggersmann Terra Select T40	u	1	\$29,435,000.00	\$29,435,000.00	
Camión roll off a cable acoplado Scorza	u	1	\$35,235,000.00	\$35,235,000.00	
Acoplado roll off	u	1	\$24,965,000.00	\$24,965,000.00	
Contenedor roll off 30 m3	u	4	\$2,050,000.00	\$8,200,000.00	
Trommel Eggersmann Terra Select T30	u	1	\$23,548,000.00	\$23,548,000.00	
MUESTREO CARACTERIZACIÓN					\$9,902,496.75
Instalación freaímetros	u	6	\$245,000.00	\$1,470,000.00	
Muestreo suelo superficial	u	27	\$82,175.85	\$2,218,747.95	
Muestreo suelo en profundidad	u	72	\$82,175.85	\$5,916,661.20	
Muestreo agua subterránea	u	6	\$49,514.60	\$297,087.60	
COMPOSTAJE					\$179,351.70
Caracterización FORSU	u	1	\$82,175.85	\$82,175.85	
Termómetro para pila de compostaje	u	1	\$15,000.00	\$15,000.00	
Caracterización compost maduro	u	1	\$82,175.85	\$82,175.85	
TOTAL					\$458,043,628.45

Tabla 24: Compuo y presupuesto de inversión inicial de alternativa de Cierre técnico.

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Importe	Total
TRABAJOS PRELIMINARES					\$5,998,280.00
Acondicionamiento de vías de acceso	m2	70568	\$85.00	\$5,998,280.00	
Cerramiento y señalización					
Construcción de caseta de control y vigilancia					
Eliminación de fauna nociva					
EQUIPAMIENTO Y MAQUINARIA					\$506,383,500.00
Tractor topador mediano CAT D5	u	1	\$60,885,500.00	\$60,885,500.00	
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	u	3	\$86,565,000.00	\$259,695,000.00	
Compactador de relleno sanitario CAT 816K	u	1	\$117,160,000.00	\$117,160,000.00	
Compactador de suelo vibratorio CAT CS68B	u	1	\$34,321,500.00	\$34,321,500.00	
Compactador de suelo vibratorio CAT CP68B	u	1	\$34,321,500.00	\$34,321,500.00	
COBERTURA FINAL					\$58,056,133.35
Arena gruesa (Capa Ventilación)	m3	1427	\$2,747.55	\$3,920,753.85	
Grava triturada gruesa (Capa Ventilación)	m3	3330	\$3,937.78	\$13,112,807.40	
Bigbag Bentonita (Adición Barrera Hidráulica)	u	1478	\$16,000.00	\$23,648,000.00	
Arena gruesa (Capa Drenaje)	m3	5102	\$2,747.55	\$14,018,000.10	
Rollo Filtro geotextil 4mx200m 150g	u	22	\$91,436.00	\$2,011,592.00	
Compost (Capa Vegetación)	m3	182	\$7,390.00	\$1,344,980.00	
EXTRACCIÓN Y CONTROL DE BIOGÁS					\$18,420,293.38
Tuberías HDPE (cabecera y ramificaciones)	u	42	\$84,475.34	\$3,547,964.28	
Microturbina Capstone C30	u	1	\$14,618,223.00	\$14,618,223.00	
Filtro de reducción de condensados	u	1	\$58,606.10	\$58,606.10	
Ventilador Anticorrosivo Seat 98 PP	u	1	\$195,500.00	\$195,500.00	
MONITOREO AMBIENTAL					\$980,000.00
Instalación freatímetros	u	4	\$245,000.00	\$980,000.00	
TOTAL					\$589,838,206.73

2.8.2 Costos de operación

Para el presupuesto de la operación se identificaron todos los costos que implicaría el funcionamiento de cada alternativa, desde el comienzo de las tareas particulares hasta su finalización. Aquí son de vital importancia los tiempos y tareas llevadas a cabo en cada etapa de la operación, que definen los recursos humanos y de maquinaria a ser utilizados y los costos que ellos implican.

En este proyecto en particular la etapa de operación posee un tiempo acotado de duración, definido por el completo retiro o aislamiento de los residuos en el sitio. Por esta razón no se tienen costos regulares mensuales o anuales, sino que son finitos hasta que se finalice con el trabajo a realizar.

Para facilitar el análisis, el cálculo, y la comprensión de la etapa de operación de cada alternativa se construyeron líneas de tiempo. En ellas se evidencia la duración de cada tarea, su relación con las demás y los hitos importantes que pudieran existir. En la Figura 50 se presenta la línea de tiempo de la alternativa de Erradicación, y en la Figura 51 la de Cierre técnico.

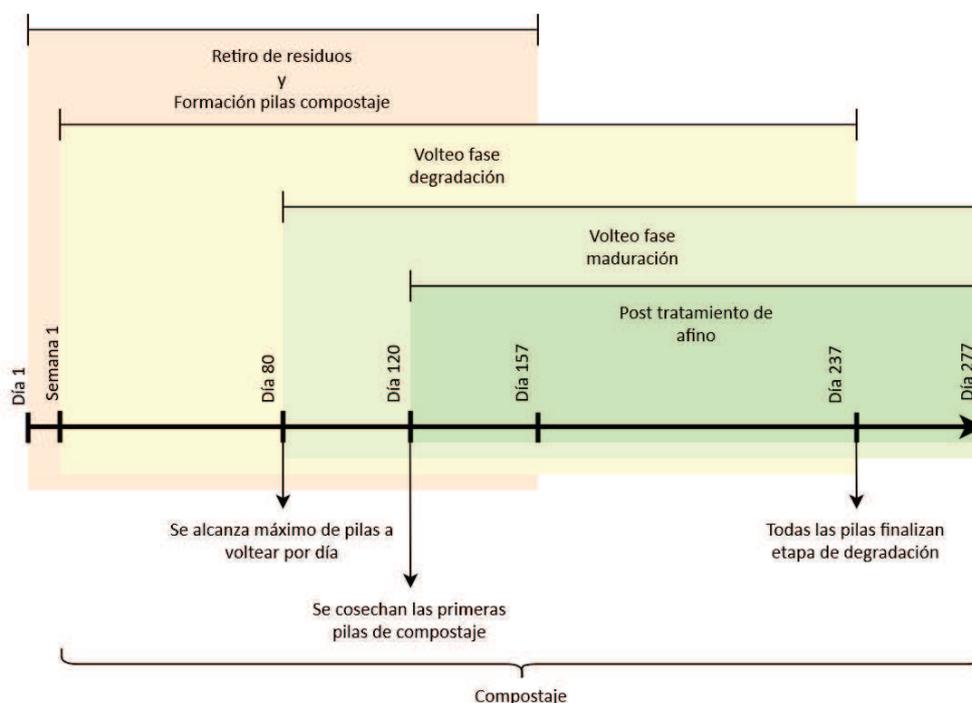


Figura 50: Línea de tiempo de la etapa de operación de la alternativa de Erradicación.

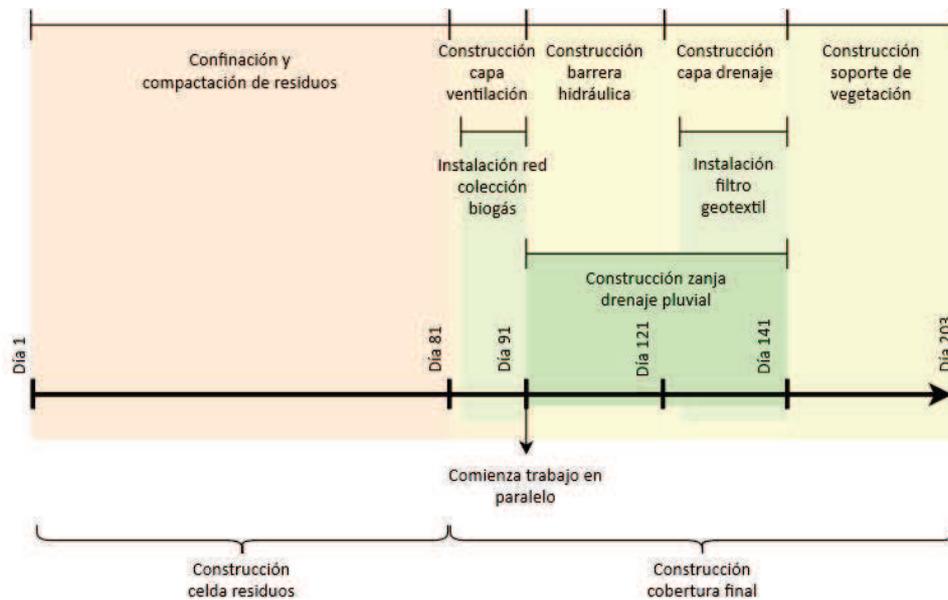


Figura 51: Línea de tiempo de la etapa de operación de la alternativa de Cierre Técnico.

Para calcular el consumo de combustible utilizado para operar las maquinarias de las alternativas se tuvo en cuenta el poder calorífico contenido en ese combustible, que da una idea de la energía que puede proveer, y la potencia de las maquinarias junto con el tiempo que se encuentran en operación, que indica la energía que consumen. Con la Ecuación 36 se obtienen los litros de combustible que utilizará cada maquinaria, con un poder calorífico del gasoil de 10,67 kWh/L (YPF, 2012). La energía consumida se calcula con las Ecuaciones 37 y 38, asumiendo un rendimiento de conversión de energía en las maquinarias del 100%.

$$V_{Gasoil} = \frac{E_{consumida}}{Poder\ calorífico_{Gasoil}} \quad (Ecuación\ 36)$$

$$E_{consumida} = P_{maquinaria} * t_{uso} \quad (Ecuación\ 37)$$

$$t_{uso} = Uso\ por\ día * Días\ duración\ etapa \quad (Ecuación\ 38)$$

En las Tablas 25, 26 y 27 se observa el detalle de las maquinarias, su potencia y tiempo de uso por día para las distintas etapas de la alternativa de Erradicación. Tal como indica la Figura 49 la duración del retiro de los residuos y la formación de las pilas de compostaje es de 157 días, mientras que el compostaje se encuentra separado en las etapas de volteo de pilas de 270 días, y de afino de 157 días.

La etapa del retiro de residuos tiene una duración según la capacidad de las maquinarias que movilizan los residuos, tal como se calculó en la memoria de cálculo. Se asume que durante las 8 horas de trabajo todas las maquinarias se encontrarán trabajando en un continuo.

Para los consumos de combustible de la pala cargadora utilizada para voltear las pilas se repartieron las horas totales que la misma debe trabajar de manera regular a lo largo de la duración de dicha etapa. Se calcularon las horas de uso por día, considerándose un tiempo estimado de volteo de 15 minutos durante la fase de degradación y de 7 minutos durante la de maduración, debido a la disminución de su volumen. Teniendo en cuenta la cantidad total de pilas, de 695, y que cada pila se debe voltear 11 veces durante la degradación y 3 veces durante la maduración. En promedio, a lo largo de toda la etapa de volteo, se requerirán 8 horas por día de funcionamiento de la maquinaria. Como se evidencia en la línea de tiempo, en un punto se alcanza una cantidad de pilas máxima que se encuentran activas y deben ser volteadas, a razón de un volteo por semana y 4,5 pilas formadas por día se tendrán como mucho 54 pilas a ser volteadas por día. En ese momento de trabajo más intenso, para poder realizar todos los volteos necesarios a todas las pilas, se requerirán al menos 2 palas cargadoras. Por esta razón la cantidad total de palas cargadoras a comprar es de 3, de manera de permitir continuar con el trabajo del retiro de los residuos.

En cuanto a la etapa de afino del compostaje, cada día se cosecharán 4,5 pilas de compostaje, que en total tienen un volumen de 90 m³. En base al rendimiento de la maquinaria seleccionada la misma deberá operar 3 horas por día hasta completar la cosecha de todo el compost.

En total el volumen de gasoil necesario para toda la etapa operativa de la alternativa de erradicación es de 85533,85 m³.

Tabla 25: Consumos de combustible de maquinaria durante retiro de residuos.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Tractor topador mediano CAT D5	127	1	8	159379,92	14937,2
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	144	2	8	180714,24	33873,3
Trommel Eggersmann Terra Select T40	55	1	8	69022,8	6468,87

Tabla 26: Consumos de combustible de maquinaria durante volteo de pilas de compostaje.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	144	2	4	155520	29150,89

Tabla 27: Consumos de combustible de maquinaria durante afino de compost.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Trommel Eggersmann Terra Select T30	25	1	3	11775	1103,56

Para la alternativa de cierre técnico los detalles de uso de las maquinarias se observan en las Tablas 28, 29, 30, 31, 32, 33. En la Figura 50 se detallan los tiempos de cada etapa, los cuales fueron estimados asumiendo que por día la maquinaria permite manejar 250 m³ de material. En total se utilizan 2 palas cargadoras a lo largo de toda la operación, lo que permite duplicar el flujo de trabajo, salvo en las etapas que se trabaja en paralelo como es la construcción de la zanja pluvial. Las duraciones de cada etapa son entonces: de 81 días para la construcción de la celda de residuos, de 10 días para la capa de ventilación, de 30 días para la barrera hidráulica, de 20 días para la capa de drenaje, de 50 días para la zanja de drenaje pluvial, y de 62 días para el soporte de vegetación.

En total el volumen de gasoil necesario para toda la etapa operativa de la alternativa de cierre técnico es de 67863,89 m³.

Tabla 28: Consumos de combustible de maquinaria durante Confinación y compactación de residuos.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Tractor topador mediano CAT D5	127	1	8	82192,37	7703,13
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	144	2	8	93194,50	17468,51
Compactador de relleno sanitario CAT 816K	185	1	8	119729,04	11221,09

Tabla 29: Consumos de combustible de maquinaria durante Construcción capa ventilación.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	144	2	8	10957,82	2053,95
Compactador de suelo vibratorio CAT CS68B	117	1	8	8903,23	834,42

Tabla 30: Consumos de combustible de maquinaria durante Construcción barrera hidráulica.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	144	1	8	34057,73	3191,91

Compactador de suelo vibratorio CAT CP68B	117	1	8	27671,90	2593,43
-------------------------------------------	-----	---	---	----------	---------

Tabla 31: Consumos de combustible de maquinaria durante Construcción capa drenaje.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	144	1	8	23510,02	2203,38
Compactador de suelo vibratorio CAT CS68B	117	1	8	19101,89	1790,24

Tabla 32: Consumos de combustible de maquinaria durante Construcción zanja drenaje pluvial.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	144	1	8	57567,74	5395,29

Tabla 33: Consumos de combustible de maquinaria durante Construcción soporte de vegetación.

Maquinaria	Potencia (kW)	Cantidad	Uso por día (h/día)	Energía consumida (kWh)	V Gasoil (L)
Pala cargadora de cadenas CAT 963K	144	2	8	71534,59	13408,55

Para calcular el consumo de combustible de los camiones de la etapa de erradicación se utilizó la Ecuación 39. Utilizando un rendimiento del combustible de 5 km/L y teniendo en cuenta que al ser ida y vuelta se debe duplicar el cálculo. En la Tabla 34 se observa el resultado de combustible necesario para transportar el rechazo al relleno sanitario.

$$V_{diesel} = \frac{2 * dist.recorrida * cant.viajes por día * cant.días}{Rendimiento} \quad (Ecuación 39)$$

Tabla 34: Consumo de combustible de camiones a relleno sanitario.

Cant. viajes por día	Dist. a relleno (km)	V diesel (L)
3	4,2	790,62

Los sueldos para pagar al personal que trabajará en la operación de ambas alternativas planteadas en este proyecto se calcularon considerando la cantidad de horas precisadas de cada tarea. De manera general para ambas opciones se tuvieron en cuenta 2 personas para las tareas de control y vigilancia y 2 para supervisar todas las operaciones llevadas a cabo. Se calculó

entonces que cada una de ellas trabaja por 8 horas a lo largo de la cantidad de días totales que duran todas las etapas de cada alternativa.

En la alternativa de erradicación se contrata un chofer para manejar el camión roll off y transportar el rechazo al relleno sanitario, se tuvo en cuenta que trabaja 8 horas por día a lo largo de la duración de la etapa de retiro de residuos. Para las horas trabajadas por los operarios de maquinaria se utilizaron las cantidades de maquinarias y sus horas de uso por día, a lo largo de la duración de la etapa correspondiente, tal como se describió anteriormente.

En la alternativa de cierre técnico, las horas a trabajar por los operarios de las maquinarias responde a las horas de uso de cada maquinaria, tal como se calculó con la otra alternativa. Para la instalación de la red de colección de biogás y del filtro de geotextil dentro de la cobertura final se destina mano de obra de construcción, de manera de colocar las tuberías y los rollos en donde corresponde, sin el uso de maquinarias. Para esto se consideró que 4 personas trabajarán 8 horas por día a lo largo de los días que duran las etapas de construcción de la capa de ventilación y de la capa de drenaje, etapas que se dan en paralelo a las instalaciones ya que dependen de ellas.

El cómputo y presupuesto de los costos operativos son los de la Tabla 35 y la Tabla 36, para las alternativas de erradicación y cierre técnico respectivamente.

Tabla 35: Compuo y presupuesto de operación de alternativa de Erradicación.

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Importe	Total
PERSONAL					\$10,248,032.56
Control y vigilancia	h	4429.98	\$453.75	\$2,010,103.45	
Supervisor	h	4429.98	\$606.00	\$2,684,567.91	
Chofer	h	1254.99	\$369.62	\$463,869.41	
Operario maquinaria	h	7650.84	\$665.22	\$5,089,491.78	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE					\$11,757,393.73
Camión a relleno sanitario	L	790.6248	\$136.20	\$107,683.10	
Maquinarias	L	85533.85	\$136.20	\$11,649,710.63	
TOTAL					\$22,005,426.29

Tabla 36: Compuo y presupuesto de operación de alternativa de Cierre técnico.

Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario	Importe	Total
PERSONAL					\$7,221,636.10
Control y vigilancia	h	3239.648	\$453.75	\$1,469,990.28	
Supervisor	h	3239.648	\$606.00	\$1,963,226.69	
Obrero para construcción	h	957.44	\$476.00	\$455,741.44	

Operario maquinaria	h	5009.888	\$665.22	\$3,332,677.70	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE					\$9,243,062.30
Maquinarias	L	67863.894	\$136.20	\$9,243,062.30	
TOTAL					\$16,464,698.40

2.8.3 Costos de mantenimiento

La etapa de mantenimiento consta de las tareas a realizar una vez finalizada la operación, y su duración depende del rango de tiempo considerado de responsabilidad. En la práctica la extensión de estos cuidados deberá perpetuarse mientras exista un pasivo ambiental en el sitio.

Para la alternativa de erradicación el cómputo y presupuesto del mantenimiento es nulo. Esto se da gracias a que al finalizarse el proyecto el pasivo es completamente eliminado, y el lugar se ve recuperado y en condiciones de ser utilizado para un nuevo uso.

Para la alternativa de cierre técnico se calcularon los costos de mantenimiento a lo largo de los 30 años de responsabilidad que establece la Resolución N° 1143/02 de Disposición de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios. Las distintas tareas que se realizan a lo largo del tiempo se observan en la Figura 52.

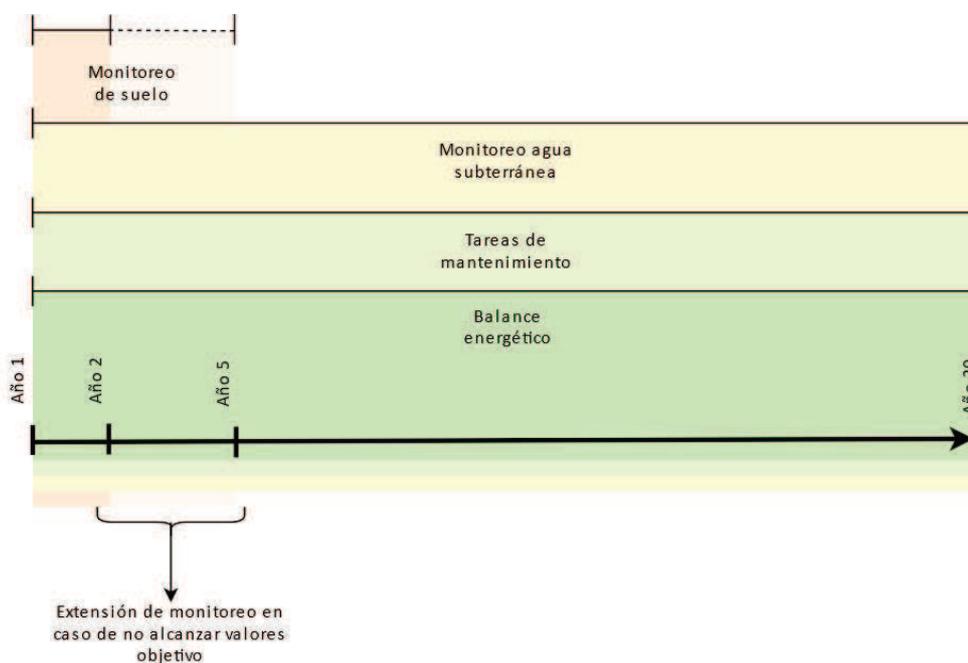


Figura 52: Línea de tiempo de la etapa de mantenimiento de la alternativa de Cierre Técnico.

Como se evidencia en la línea del tiempo, al igual que la etapa de operación, los costos de mantenimiento tampoco serán uniformes a lo largo de toda la etapa. Particularmente, el balance

energético resultante es variable debido al agotamiento de la generación de biogás. Los detalles de cada ítem del mantenimiento se describen a continuación.

En lo que respecta al monitoreo ambiental, la cantidad de campañas por año de toma de muestras y su análisis es 2, debido a que los monitoreos se dan semestralmente. Por un lado los monitoreos de suelo tienen una duración de 2 años, mientras que por el otro los monitoreos del agua subterránea se deben realizar mientras se encuentren los residuos encapsulados en el lugar, pero solo se consideran los 30 años que contempla la legislación. En la Tabla 37 se muestra consolidado por año la cantidad de monitoreos a realizar y los costos que conllevan.

Tabla 37: Detalle de monitoreos a realizar por año.

Tipo de monitoreo	Muestras anuales	Costo unitario	Costo anual
Red de monitoreo agua subterránea	8	\$49,514.60	\$396,116.80
Monitoreo de suelo superficial	46	\$82,175.85	\$3,780,089.10
Monitoreo de suelo en profundidad	48	\$82,175.85	\$3,944,440.80

El balance energético durante la etapa de mantenimiento se calculó en base a la diferencia entre la energía generada por las microturbinas y la energía consumida por el proyecto, que en este caso consta solamente del funcionamiento del ventilador centrífugo para extraer el biogás de la celda.

Para la generación de energía se consideró una generación, extracción y combustión continua del biogás captado. Se calculó a partir de las potencias disponibles año a año, tal como se mostró en la memoria de cálculo con la Ecuación 22, y entendiendo que las microturbinas operan las 24 horas los 365 días del año. Se debe destacar que estos kWh generados se ven disminuidos año a año como resultado de la disminución en la generación de biogás.

De igual manera, el ventilador centrífugo se encontraría funcionando en todo momento durante el mantenimiento del sitio. La energía consumida por este se calculó a partir de la potencia de su motor, de 0,25 kW indicado por el fabricante. En este caso se posee un consumo fijo de 2190 kWh por año.

De manera preliminar al comparar las potencias de generación contra las de consumo se prueba que el balance será positivo holgadamente durante los 30 años de responsabilidad tras el cierre. Asumiendo que los excedentes de energía generados por la quema del biogás son utilizados por instalaciones eléctricas de pequeña demanda de uso general pertenecientes a ACUMAR, los mismos se computan como un ahorro de consumo. De esta manera, utilizando los valores de

cargo variable de la tarifa 1-G de EDENOR (correspondientes al mes de agosto de 2022), se considera finalmente que los kWh del balance se comportan como ingresos de dinero, gracias al descarte del consumo de la red eléctrica. En la Tabla 38 se observan año a año los detalles del balance energético descrito, junto con el dinero equivalente que se asume como ingreso.

Tabla 38: Balance energético y ahorro de consumo por generación de microturbinas.

Año	Potencia disponible microturbina (kW)	Energía generada (kWh)	Balance (kWh)	Consumo evitado
2021	22.91	200653.41	198463.41	\$1,584,928.79
2022	21.79	190867.43	188677.43	\$1,506,777.94
2023	20.73	181558.71	179368.71	\$1,432,438.54
2024	19.72	172703.99	170513.99	\$1,361,724.73
2025	18.75	164281.12	162091.12	\$1,294,459.66
2026	17.84	156269.03	154079.03	\$1,230,475.15
2027	16.97	148647.70	146457.70	\$1,169,611.21
2028	16.14	141398.07	139208.07	\$1,111,715.63
2029	15.35	134502.00	132312.00	\$1,056,643.65
2030	14.61	127942.26	125752.26	\$1,004,257.57
2031	13.89	121702.44	119512.44	\$954,426.39
2032	13.22	115766.95	113576.95	\$907,025.50
2033	12.57	110120.93	107930.93	\$861,936.38
2034	11.96	104750.27	102560.27	\$819,046.28
2035	11.37	99641.53	97451.53	\$778,247.95
2036	10.82	94781.96	92591.96	\$739,439.39
2037	10.29	90159.39	87969.39	\$702,523.54
2038	9.79	85762.26	83572.26	\$667,408.10
2039	9.31	81579.59	79389.59	\$634,005.25
2040	8.86	77600.91	75410.91	\$602,231.49
2041	8.43	73816.26	71626.26	\$572,007.35
2042	8.02	70216.20	68026.20	\$543,257.25
2043	7.62	66791.72	64601.72	\$515,909.32
2044	7.25	63534.25	61344.25	\$489,895.16
2045	6.90	60435.65	58245.65	\$465,149.73
2046	6.56	57488.16	55298.16	\$441,611.14
2047	6.24	54684.43	52494.43	\$419,220.55
2048	5.94	52017.44	49827.44	\$397,921.95
2049	5.65	49480.52	47290.52	\$377,662.11
2050	5.37	47067.33	44877.33	\$358,390.34

Otros ítems que forman parte de la etapa de mantenimiento del cierre técnico son los sueldos del personal y las tareas de mantenimiento propiamente dicho. Estos ítems se destacan por ser fijos a lo largo de todo el período estudiado. Los sueldos son los anuales correspondientes al personal de seguridad encargado del control y la vigilancia del sitio, compuesto por 2 personas. Mientras que el mantenimiento es en particular del sistema de extracción y control de biogás, y de los drenajes pluviales, de esta manera se asegura el buen funcionamiento de las medidas de control de la celda.

En la Figura 53 se observa el detalle de todos los ítems que componen los costos de Mantenimiento descriptos arriba, en la Tabla 1 del Anexo III se pueden ver los valores a partir de los que se construyó el gráfico. Se destaca el gran costo de los 2 primeros años tras la construcción de la celda de residuos, esto se debe al gran número de muestras de suelo que deben analizarse, y a la complejidad de la medición de los analitos. Luego el costo anual de mantenimiento se mantiene casi estable, aumentando año a año por la menor generación de biogás. El consumo evitado gracias a la generación de energía es suficiente para costear a la red de monitoreo de agua subterránea y una porción del resto de los ítems, salvo los últimos 2 años proyectados.

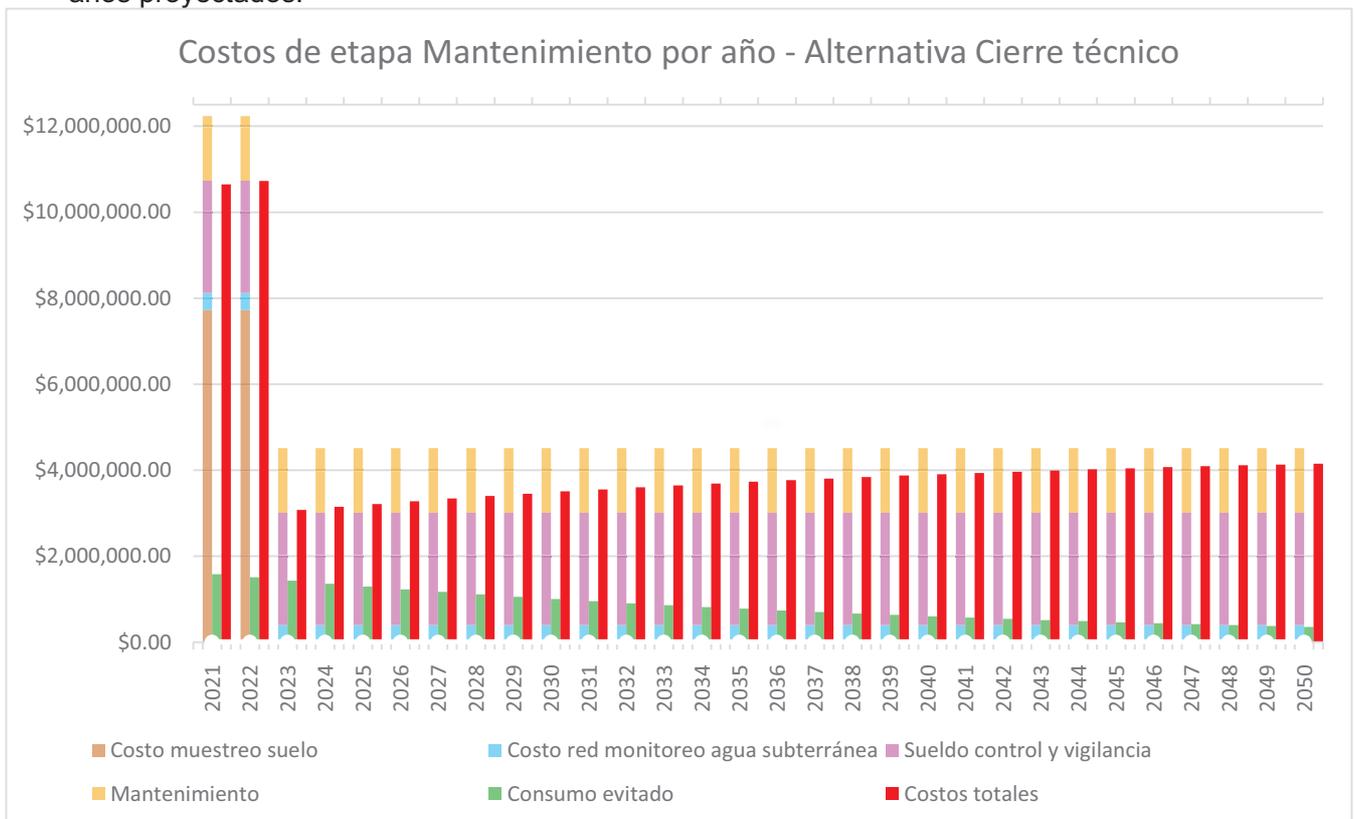


Figura 53: Detalle año a año de los ítems del costo de mantenimiento de la alternativa Cierre técnico.

2.8.4 Análisis económico comparativo

Se considerarán los costos de la inversión inicial en conjunto con los de la etapa de operación, debido a que tras la combinación de ambas se alcanza el objetivo de saneamiento del sitio, listo para el establecimiento de un nuevo uso de suelo.

La alternativa de Erradicación alcanza, con los presupuestos expuestos aquí, un total para saneamiento de \$480,049,054.74. Mientras que la de Cierre técnico alcanza un total de \$606,302,905.13. Al cierre técnico se le deben sumar los costos anuales de mantenimiento, que a partir del tercer año tras el saneamiento ronda los 3 millones de pesos, alcanzando para el final del período de responsabilidad los 4 millones de pesos por año. A lo largo de los 30 años el total de los costos de mantenimiento alcanza un valor de \$125,740,215.78.

2.9 Estudios de impacto ambiental de alternativas

Para la realización de las obras y actividades implicadas en el saneamiento de basurales a cielo abierto es necesario primero obtener una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), debido a que las mismas son susceptibles de producir efectos negativos al ambiente. El proceso para obtener la misma se conoce como Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), se encuentra enmarcado en la ley N° 11.723 de la provincia de Buenos Aires y es previsto en la ley nacional N° 25.675 (Ley General del Ambiente).

La EIA es un procedimiento que permite identificar, predecir, evaluar, y mitigar los potenciales impactos que se puedan causar al ambiente en el corto, mediano y largo plazo. En base a ella es posible la definición de la viabilidad ambiental de un proyecto. En el caso de este proyecto se espera que el impacto global de la intervención sea positivo respecto a la situación actual, pero es importante tener conocimiento de las actividades específicas que posean una posible afectación al ambiente. De esta manera, al comparar la evaluación de los impactos de cada alternativa planteada se podrá discernir cual es la más inocua.

La metodología a seguir consta de un diagnóstico ambiental y socioeconómico del área de influencia de la intervención, seguido de la identificación de las actividades que potencialmente generan impactos positivos o negativos de cada alternativa. Luego las acciones identificadas como negativas son cuantificadas y valorizadas en base a la relación entre estas y los factores ambientales sobre los que actúan, generando una Matriz de impacto.

2.9.1 Línea de base

La línea de base se construye para evaluar las modificaciones que las alternativas de proyecto propuestas podrían efectuar sobre la situación actual del ambiente y la sociedad. Esta caracterización se aplica al área de influencia del proyecto, que en este caso se compone de toda la Cuenca Matanza Riachuelo, ya que se propone una solución aplicable en todo su territorio. La caracterización descrita a continuación fue recuperada del Proyecto de Desarrollo Sustentable de la Cuenca Matanza Riachuelo realizado por el Banco Mundial (2009).

2.9.1.1 Clima

Según datos de la estación meteorológica Ezeiza del Servicio Meteorológico Nacional los promedios de temperatura y precipitación son los observados en la Figura 54. Con una media anual de temperatura de 17,7°C y de precipitación 992 mm. El clima de la región en estudio es Templado húmedo, con inviernos cortos y poco rigurosos, y veranos calurosos y a veces sofocante.

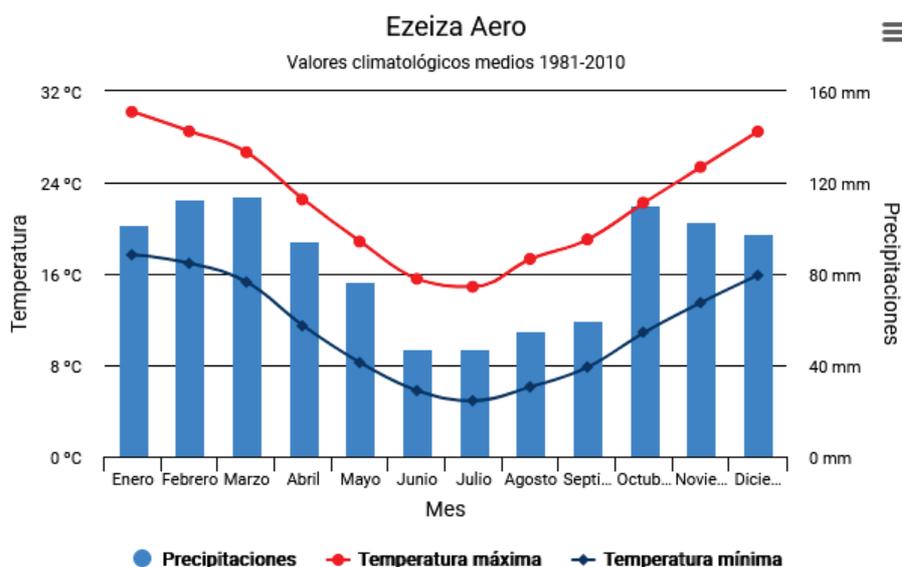


Figura 54: Valores medios de temperatura y precipitación en estación meteorológica Ezeiza.

Los vientos en superficie se registran en todas las épocas del año y en todas las direcciones, con predominación del sector Norte y Este y con menos frecuencia del Oeste. Las velocidades promedio son bastante regulares a lo largo del año, y excepcionalmente superan los 20 Km/h.

2.9.1.2 Geología y Geomorfología

La CMR se encuentra dentro de la llanura Chaco-Pampeana, con un paisaje suavemente ondulado y 3 zonas diferenciadas: llanura alta, llanura intermedia y llanura baja. La pendiente media del cauce del río es de aproximadamente 0,3 por mil, lo que la hace prácticamente llana y con dificultades de drenaje de aguas pluviales.

Las unidades geológicas principales son el Pampeano, presente en las llanuras intermedia y alta, y el Postpampeano, restringido a la llanura baja. El Pampeano está compuesto principalmente por limos, y en menor medida por arenas y arcillas de color castaño rojizo, con presencia de bancos calcáreos. Su estructura es de migajas y es atravesada por pequeños canales que le brindan una porosidad efectiva más elevada que la correspondiente a su tamaño de grano. Por otro lado el Postpampeano está representado por limos arcillosos y limos arenosos de colores grises o verdosos de origen fluvial. Su permeabilidad es baja, donde se encuentran los mínimos de infiltración.

2.9.1.3 Hidrología

El río Matanza Riachuelo que discurre por la cuenca de mismo nombre, al ser de llanura, posee en situaciones normales un cauce influente y efluente de acuerdo con las lluvias. Durante las lluvias los excedentes hídricos superficiales recargan los acuíferos subterráneos, mientras que cuando no ocurren el caudal se ve alimentado por el agua freática. Pero debido a la explotación que sufren los acuíferos, que genera una presión negativa, el comportamiento del río es influente todo el año. Esto deriva en el aumento de la carga polutante del acuífero freático.

La situación de la hidrología subterránea en la zona es compleja debido a su ubicación dentro de un gran aglomerado urbano. Tanto por la creciente demanda de provisión de agua y el aumento de la impermeabilización del sustrato que impide la recarga del acuífero, como por la contaminación multicausal que sufre.

Las fuentes de agua subterránea en la región se componen de un conjunto de capas acuíferas interrelacionadas, las cuales están asociadas a unidades hidrogeológicas apoyadas sobre un basamento impermeable. La porción más inferior denominada Hipopuelches está conformada por sedimentos continentales y contienen aguas con tenores salinos elevados. Luego la sección intermedia por encima denominada Puelches, situado entre los 30 y 70 m de profundidad, posee un acuífero de buena calidad química y bacteriológica lo que lo hace el más explotado de la región. La sección Epipuelches es la más superior y posee 2 niveles de acuíferos, uno freático de mala calidad por contaminación química y bacteriológica y otro semiconfinado entre 10 y 30

m de profundidad. Este último es el acuífero Pampeano, que es una fuente de provisión individual de agua más accesible que el Puelches por su menor profundidad. En la base del mismo existe frecuentemente un estrato acuitado de 5 a 6 m de espesor, el cual le da un carácter semiconfinado al acuífero Puelche.

2.9.1.4 Suelos

El material original del suelo en la Provincia de Buenos Aires es loess pampeano, sedimento de origen eólico, de color castaño, no consolidado, compuesto mayormente por partículas de tamaño limo. Al ser poroso y no estratificado tiene la propiedad de mantener paredes verticales en las excavaciones o acantilados debido al esqueleto rígido que le confieren sus partículas. En la llanura alta los suelos presentes son de los siguientes subgrupos: Argiudol Típico, Argialbol Típico, Natracuol Típico, Argialbol Argiacuico, Natracuol Molico, Argiudol Acuico. Mientras que en la llanura baja los suelos están compuestos por una acumulación de limos, arenas y arcillas pospampeanas, predominantemente hidromórficos y tendencias a sodificación intensa, por lo que son suelos más jóvenes y menos evolucionados que los anteriores.

La calidad de los suelos se ve fuertemente impactada por la urbanización de la zona. En particular, en la porción inferior de la cuenca los movimientos de suelos y los rellenos produjeron una modificación en las características naturales del suelo. En la porción superior, donde predomina la actividad agrícola, ganadera e industrial, también se produjeron grandes cambios en el suelo. Desde la introducción de especies y la alteración del suelo por el sobrepastoreo, hasta el enriquecimiento de nitrógeno por parte de excrementos, y la contaminación por vertido de residuos y de efluentes cloacales.

2.9.1.5 Medio ambiente biológico

El área de la CMR se encuentra dentro de la región biogeográfica denominada Pastizal Pampeano. En ella se distinguen tres avientes bien diferenciados: los terrenos altos; la barranca de transición, donde se encuentran varios tipos de humedales; y las tierras bajas, asociadas a los ríos y arroyos. En cuanto a ecorregiones, la Cuenca se emplaza en las de Pampa y Campos de Malezales (o Llanura Pampeana).

Antiguamente el río Matanza Riachuelo era una zona con una gran variedad de flora y fauna, pero la misma se vio modificada por la intensa urbanización y las actividades agropecuarias de la cuenca. Hoy en el área podemos observar una predominancia de gramíneas de entre 0,5 y 1m de altura que coexisten con especies introducidas como paraísos, ligustros, entre otros. Originalmente el paisaje estaba constituido por pastizales, lagunas con vegetación palustre,

arbustales (de chilcas, carquejas, etc.) y algunos bosques aislados de especies de suelos drenados (xerófilas), tales como el "tala", "espinillo", "algarrobo", entre otros.

2.9.1.6 Medio ambiente socioeconómico

Dentro de los límites de la cuenca hídrica se encuentran 16.696 establecimientos industriales y de servicios registrados. De esos el 49% corresponde a industria manufacturera, el 28,1% a comercios al por mayor y menor, el 6,6% a servicios comunitarios y sociales, el 4,2% a servicios de transporte, almacenamiento y comunicaciones, el 3% a servicios de hotelería y restaurantes, el 2,2% a servicios sociales y de salud, y el 1,3% a agricultura, ganadería, caza y silvicultura. De este total, su distribución en los diferentes distritos que componen la cuenca se ve detallada en la Figura 55, evidenciándose a la Ciudad de Buenos Aires con la mayor cantidad de establecimientos, seguida del Partido de Lanús y el de La Matanza. A su vez, el 68% de estos establecimientos posee hasta 150 empleados, por lo que la mayoría de las industrias de la cuenca tienen un carácter pequeño y mediano (PyME), con las implicancias que esto tiene para su adecuación ambiental (Alonso, L., 2019).

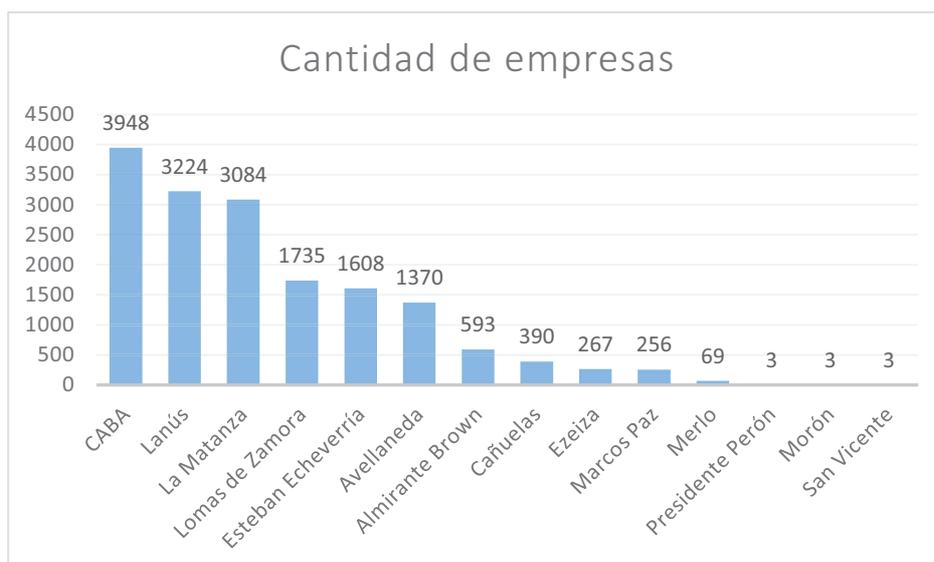


Figura 55: Establecimientos industriales y de servicios por distrito en CMR.

Los tres sectores en que se divide la cuenca poseen grandes diferencias socio-urbanas. En la cuenca baja se encuentra la mayor concentración de población (52% del total de 5.800.000 personas), mayor consolidación urbana y usos de suelo mixtos industrial-residencial, con el mayor número de villas y asentamientos precarios. En la cuenca media vive el 44% de los habitantes de la cuenca, con un predominio de asentamientos habitacionales como clubes de campo y barrios cerrados que potencian fenómenos de segregación socio-territorial. Algunos

problemas en este sector son los basurales a cielo abierto y las ocupaciones informales en el lecho de inundación del Río Matanza. Por último, la cuenca alta está habitada por el 3% de la población, con una densidad predominantemente rural donde la actividad agrícola intensiva deriva en problemas por el uso de pesticidas y sustancias tóxicas. Aquí también existen zonas anegables no aptas para asentamiento y la proliferación de urbanizaciones privadas, que al transformar tierra rural en tierra antropizada demanda una costosa extensión de infraestructura y deriva finalmente en impactos socio-ambientales.

A partir del Índice de Calidad de Vida (ICV) en la CMR elaborado por María Laura Henry y otros (2020), que da cuenta del grado en que su población logra disponer de recursos de infraestructura, sanidad, educación y ambiente, se puede medir como la misma puede satisfacer sus necesidades humanas, decidir sobre sus trayectorias vitales y desarrollarse integralmente en un marco de equidad social. Cada una de estas dimensiones del índice se calculó por radio censal, obteniéndose como resultado los mapas de las Figuras 56, 57, 58 y 59, y a partir de ellos el ICV de la Figura 60. En general las mejores situaciones se observan en la cuenca baja y fuera del área de riesgo de inundación, donde la cercanía a la CABA, con su gran capital económico, favorece todas las dimensiones.

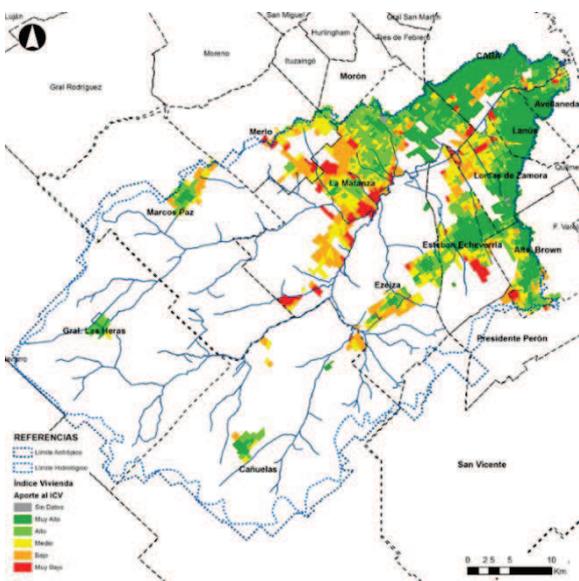


Figura 56: Dimensión de Vivienda del ICV en CMR.

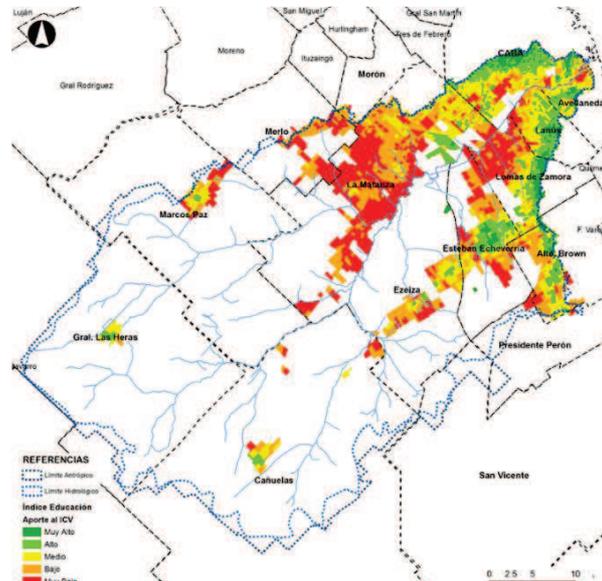


Figura 57: Dimensión de Educación del ICV en CMR.

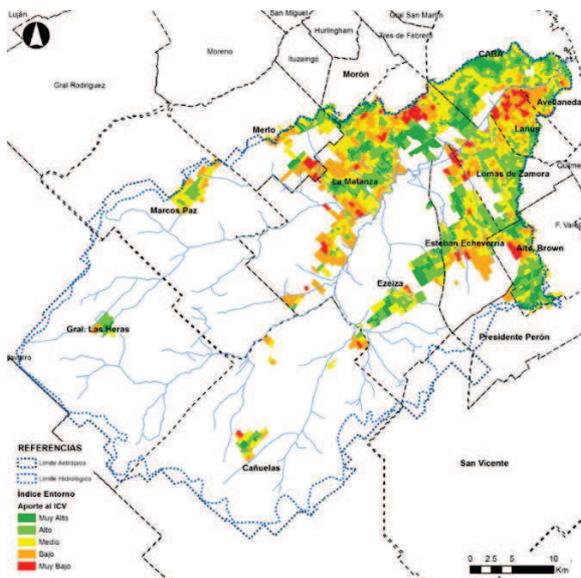


Figura 58: Dimensión de Entorno del ICV en CMR.

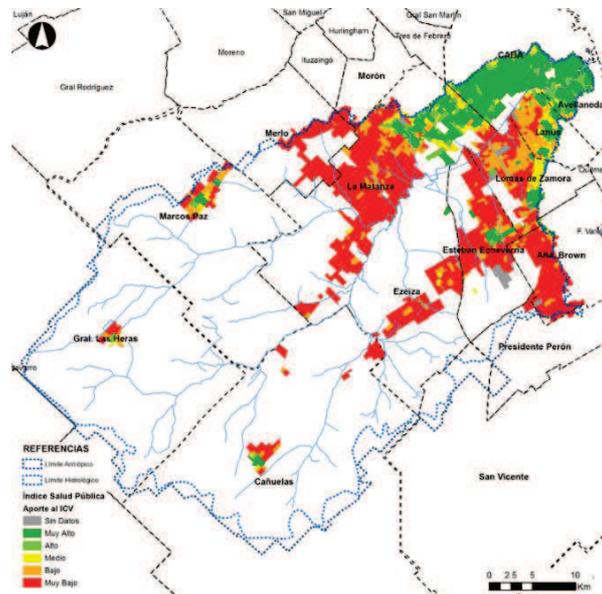


Figura 59: Dimensión de Salud Pública del ICV en CMR.

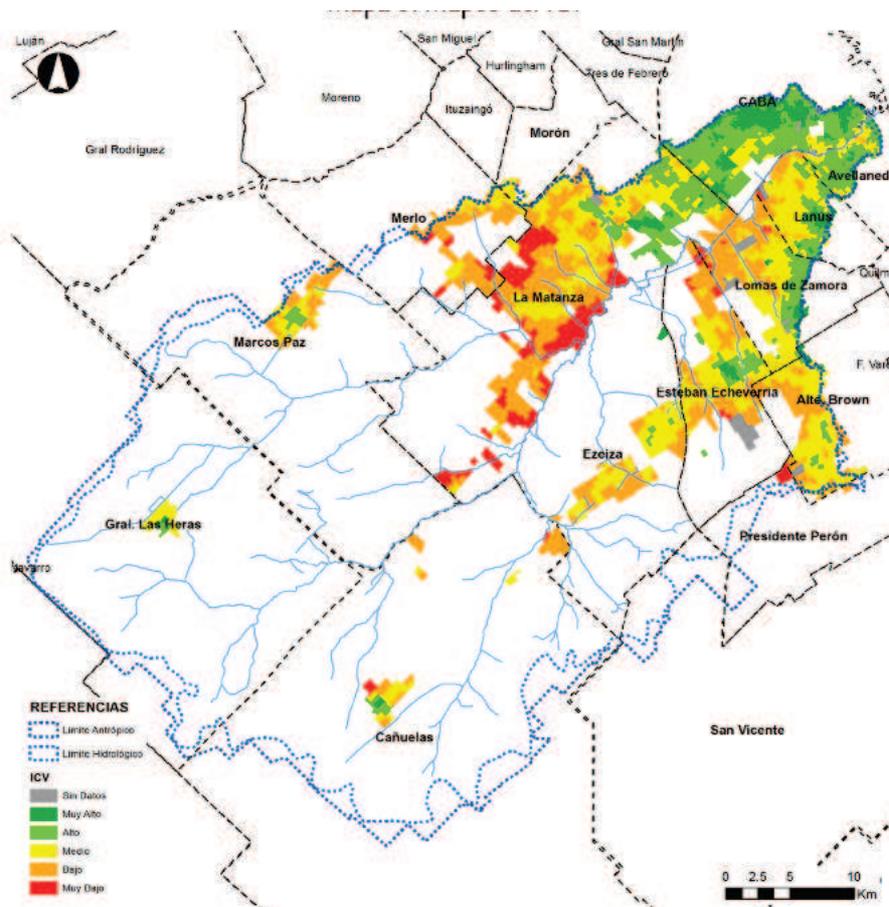


Figura 60: ICV en CMR.

2.9.2 Identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales

A continuación se detallan las acciones de cada alternativa de proyecto que interaccionan con los factores del medio potencialmente impactados. Los factores considerados, divididos en medio físico, biológico y antrópico, son:

Medio físico:

- Aire: Calidad, Gases de Efecto Invernadero, Ruidos y vibraciones, Olores
- Agua: Calidad superficial, Calidad subterránea
- Suelo: Calidad, Morfología, Uso

Medio biológico:

- Flora: Biodiversidad
- Fauna: Biodiversidad, Fragmentación

Medio antrópico:

- Aspectos económicos: Proveedores de materiales y servicios, Empleo
- Socio-culturales: Salud, Paisaje

La metodología seguida para evaluar los potenciales impactos de las acciones sobre estos medios consiste en calificarlos mediante la valoración de atributos. Cada uno de estos atributos y la forma en que se valoran es la siguiente:

Signo (+ o -): Un signo positivo implica un impacto beneficioso para el factor ambiental, mientras que uno negativo se trata de un impacto perjudicial.

Signo	
Beneficioso	+
Perjudicial	-

Intensidad (i): Es el grado probable de destrucción sobre el factor, el valor más alto expresa una destrucción total del factor y el más bajo una afectación mínima.

Intensidad	
Baja	1
Media	2

Alta	3
Muy alta	8
Total	12

Extensión (EX): Se refiere al área de influencia del impacto.

Extensión	
Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4
Total	8
Crítica	12

Momento (MO): Se trata del tiempo que transcurre entre la acción y la aparición del impacto sobre el factor del medio considerado. Cuando ese tiempo es nulo se considera crítico, si es dentro del primer año será inmediato, si es entre 1 y 5 años será de medio plazo y si tarda más de 5 años en manifestarse será de largo plazo.

Momento	
Largo plazo	1
Medio plazo	2
Inmediato	4
Crítico	8

Persistencia (PE): Es el tiempo de permanencia del efecto una vez generado el impacto. Si la persistencia del efecto es de menos de 1 año el impacto será fugaz, si dura entre 1 y 10 será temporal y si la duración es mayor a 10 años será considerado permanente.

Persistencia	
Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4

Reversibilidad (RV): Es la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, o sea, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales antes de que se ejerza la acción, por medios naturales una vez que la misma deja de actuar sobre el medio. Si es reversible en menos de 2 años será de corto plazo, si es entre 2 y 10 años se considerará de medio plazo y si no se podrá volver a las condiciones iniciales en forma natural será irreversible.

Reversibilidad	
Corto plazo	1
Medio plazo	2
Irreversible	4

Sinergia (SI): Es el reforzamiento de dos o más efectos simples. Si el fenómeno no se produce se asigna un valor de 1, según su magnitud puede tener mayor valor.

Sinergia	
Sin sinergismo	1
Sinérgico	2
Muy sinérgico	4

Acumulación (AC): Es un fenómeno por el cual los efectos se incrementan progresivamente.

Acumulación	
Simple	1
Acumulativo	4

Efecto (EF): De acuerdo a su manifestación o forma de operar sobre el medio.

Efecto	
Indirecto	1
Directo	4

Periodicidad (PR): Es la manifestación de la posibilidad de ocurrencia del efecto en el tiempo.

Periodicidad	
Irregular	1
Periódico	2
Continuo	4

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado, para retornar a las condiciones previas a la acción, por medio de la intervención humana.

Recuperabilidad	
Recuperable inmediatamente	1
Recuperable en mediano plazo	2
Mitigable	8
Irrecuperable	10

Con la cuantificación de cada atributo se obtiene la importancia de cada impacto de manera numérica, utilizando la siguiente fórmula: $I = \pm(3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$

Para visualizar mejor la matriz, donde cada casillero corresponde a un impacto, se relacionan los valores numéricos con un color.

Valores	Tipo
Positivos	Positivo
> -51	Leve
Entre -51 y -80	Medio
< -80	Alto

2.9.2.1 *Alternativa de Erradicación*

Para la alternativa de Erradicación las acciones de potencial impacto separadas por etapa son:

Trabajos preliminares:

- Acondicionamiento de vías de acceso
- Cerramiento y señalización
- Construcción de caseta de control y vigilancia
- Eliminación de fauna nociva

Operación y Mantenimiento:

- Movimiento y segregación de residuos
- Transporte de rechazo a relleno sanitario
- Compostaje de fracción orgánica
- Recuperación del sitio

2.9.2.2 *Alternativa de Cierre Técnico*

Las siguientes acciones de la alternativa de Cierre técnico que serán evaluadas de acuerdo a su impacto se encuentran diferenciadas según las etapas del proyecto.

Trabajos preliminares:

- Acondicionamiento de vías de acceso
- Cerramiento y señalización
- Construcción de caseta de control y vigilancia
- Eliminación de fauna nociva

Operación y Mantenimiento:

- Movimiento y compactación de residuos
- Construcción cobertura final
- Construcción zanja drenaje pluvial
- Aprovechamiento energético de biogás

2.9.2.3 Matriz de evaluación de impacto ambiental de alternativas

En la Tabla 39 se encuentra la evaluación de los impactos de las acciones sobre los factores del ambiente de la alternativa de Erradicación, y en la Tabla 40 de la alternativa de Cierre técnico. Los trabajos preliminares en ambas alternativas generan los mismos efectos sobre los factores ambientales. En las acciones de operación y mantenimiento se observan grandes diferencias en los factores impactados y la magnitud en que se verían afectados debido a la gran diferencia en las tareas a realizar de cada alternativa. Se puede observar que dados los impactos intrínsecos al medio ambiente en general no existe una alternativa inequívocamente más inocua que la otra. Pero sí se evidencia que la alternativa de Erradicación posee menores impactos sobre el factor físico del suelo, teniendo inclusive impactos positivos tanto para la morfología como para la calidad y el uso.

Debe destacarse que a pesar de que algunos impactos positivos sobre ciertos factores ambientales son similares entre las alternativas, el hecho de que la última acción de la Erradicación se trate de la recuperación del sitio conlleva un beneficio asociado de eliminar los impactos negativos en el medio a partir de ese momento. Por el contrario, la alternativa de Cierre técnico requiere un mantenimiento continuo de las instalaciones, acciones que siempre llevarán impactos asociados sobre algunos factores.

Tabla 39: Matriz de impacto ambiental de la alternativa de Erradicación.

			Acciones del proyecto							Valor Medio	
			Trabajos preliminares			Operación y Mantenimiento					
			Acondicionamiento de vías de acceso	Cerramiento, señalización y vigilancia	Eliminación de fauna nociva	Movimiento y segregación de residuos	Transporte de rechazo a relleno sanitario	Compostaje de fracción orgánica	Recuperación del sitio		
Factores Ambientales	Medio Físico	Aire	Calidad	-34			-53	-39	-29		-22
			GEIs	-57			-72	-58			-27
			Ruidos y vibraciones	-46			-46	-41			-19
			Olores				-50	-38	-35		-18
	Agua	Calidad superficial			-23			-23		-7	
		Calidad subterránea			-21			-24		-6	
	Suelo	Calidad	-24				-24	+	+	-7	
		Morfología				+			+	+	
		Uso		+					+	+	
	Importancia media			-18	+	-5	-25	-22	-12	+	-12
Medio Biológico	Flora	Biodiversidad	-32	-24					+	-8	
		Biodiversidad	-29		-21				+	-7	
	Fauna	Fragmentación	-28	-45			-19	-21	+	-16	
Importancia media			-30	-23	-7		-6	-7	+	-10	
Medio antrópico	Aspectos económicos	Proveedores de materiales y servicios	+	+	+	+	+	+		+	
		Empleo	+	+	+	+	+	+		+	
	Aspectos socio-culturales	Salud	-19		+	-35	-22		+	-11	
		Paisaje	-33			+			+	-5	
Importancia media			-13	+	+	-9	-6	+	+	-4	
Valor medio por acción			-20	-8	-4	-11	-11	-6	+	-9	

Tabla 40: Matriz de impacto ambiental de la alternativa de Cierre técnico.

			Acciones del proyecto							Valor Medio	
			Trabajos preliminares			Operación y Mantenimiento					
			Acondicionamiento de vías de acceso	Cerramiento, señalización y vigilancia	Eliminación de fauna nociva	Movimiento y compactación de residuos	Construcción cobertura final	Construcción zanja drenaje pluvial	Aprovechamiento energético de biogás		
Factores Ambientales	Medio Físico	Aire	Calidad	-34			-53	-39	-34		-23
			GEIs	-57			-72	-57	-57		-35
			Ruidos y vibraciones	-46			-46	-59	-46	-39	-34
			Olores				-50				-7
		Agua	Calidad superficial			-23					-3
			Calidad subterránea			-21					-3
		Suelo	Calidad	-24					-28		-7
			Morfología				+	-51	-43		-13
			Uso		+			+			+
	Importancia media			-18	+	-5	-25	-23	-23	-4	-14
	Medio Biológico	Flora	Biodiversidad	-32	-24			+	-31	-37	-18
			Fauna	Biodiversidad	-29		-21		+	-25	-40
			Fauna	Fragmentación	-28	-45					-32
	Importancia media			-30	-23	-7		+	-19	-36	-16
	Medio antrópico	Aspectos económicos	Proveedores de materiales y servicios	+	+	+	+	+	+	+	+
			Empleo	+	+	+	+	+	+	+	+
		Aspectos socio-culturales	Salud	-19		+	-35				
Paisaje			-33			+	-42	-38	-29		-20
Importancia media			-13	+	+	-9	-11	-10	-7	-7	
Valor medio por acción			-20	-8	-4	-11	-11	-17	-16	-12	

2.10 Análisis comparativo de alternativas

En primera instancia se comparan los costos de llevar adelante cualquiera de las dos alternativas. Allí se evidencia que la diferencia en el costo total de sanear completamente el BCA (inversión inicial + operación) no es enormemente inferior para la Erradicación respecto del Cierre técnico, tan solo un 20,82% menos costosa. La diferencia que hace más beneficiosa económicamente a la alternativa de Erradicación es el hecho de que tras su saneamiento no requiere ningún tipo de mantenimiento. Los costos anuales del Cierre técnico son considerables, con un piso de \$3,077,278.26 y siempre en aumento año a año.

Cabe destacar que, a pesar de que la generación de energía del metano proveniente de la natural degradación de los residuos no logra paliar económicamente la totalidad de los costos de mantenimiento, la inversión inicial contemplada para la instalación del sistema de control de biogás se ve recuperada en el año 16 tras el saneamiento. Gracias a esto se puede concluir que la introducción de nuevas tecnologías en el saneamiento ambiental de un pasivo es viable, e incluso permiten disminuir los costos de mantenimiento que de todas maneras son fijos.

Otro ejemplo que demuestra el valor de invertir en mejores soluciones técnicas es la segregación de los residuos previo a su erradicación del sitio a sanear. Esta actividad permite no solo disminuir a la mitad el transporte de residuos al relleno sanitario, con sus costos e impactos asociados, sino que genera un insumo que es finalmente aplicado como compost, evitando la necesidad de comprar mejoradores de suelo externos y transportarlos al sitio.

Tanto la quema de metano para generar energía como la segregación de la fracción orgánica son alternativas que incorporan criterios de sostenibilidad en el diseño de las tareas de saneamiento ambiental. Como ya se expuso, económicamente es beneficioso considerar estas tareas que en primera instancia requieren mayor inversión inicial. Pero además, ambientalmente traen aparejados beneficios aún mayores, a pesar de la dificultad de su valoración económica. En el caso de la quema del biogás, se evita emitir 356.632 m³ de metano, liberando a la atmósfera solo dióxido de carbono, con un potencial de cambio climático 28 veces menor. Para el caso del compostaje in situ se tienen beneficios directos en el desarrollo del suelo y la biodiversidad de su vegetación, obtenidos como resultado de un proceso de digestión aeróbica que evita la generación de metano que sería inevitable en una celda o relleno sanitario.

Otra comparación pertinente para el análisis de las alternativas descriptas en este proyecto es respecto a los impactos que genera cada una de ellas. Es importante que los tomadores de decisiones consideren los costos de mantenimiento de largo plazo, incluso posteriores al periodo

de responsabilidad de 30 años, de la alternativa de Cierre técnico. Pero sobre todo los impactos que genera llevar a cabo dicha alternativa, donde al no eliminarse la fuente de contaminación se sigue teniendo un pasivo en el sitio, con los riesgos que eso implica si alguno de los controles contemplados fallara en su función de minimizar los impactos.

Paralelamente, no se deben ignorar los impactos en el paisaje y las perturbaciones intrínsecas de las tareas de mantenimiento de las instalaciones remanentes de la alternativa de Cierre técnico. Esto podría derivar en una desvalorización del suelo del sitio, debido a la percepción negativa de la ciudadanía y la imposibilidad de desarrollar un uso completamente nuevo del lugar.

La alternativa de Erradicación podría permitir usos residenciales si así lo indicaran los muestreos de caracterización planteados. Pero no se descarta la posibilidad de que el proceso de compostaje no elimine completamente a los contaminantes presentes en la fracción orgánica de los residuos. Por ejemplo, metales como el zinc y níquel tienen menor afinidad para formar complejos con las sustancias húmicas que otros metales, encontrándose más biodisponibles que ellos (Red Española de Compostaje, 2015). Aún luego de la estabilización del material se evidencia que no existe alternativa que no conlleve un riesgo. Pero existen estrategias para reaccionar frente a los riesgos que puedan aflorar al intervenir un sitio específico que deben tenerse en cuenta. Las investigaciones de restauración ecológica generan información y recomendaciones de intervención que son de vital importancia para llevar adelante tareas como las propuestas en este proyecto. La implantación de plantas tolerantes a los contaminantes particulares encontrados en el sitio es prioritaria al momento de llevar tareas de revegetación tras el saneamiento del suelo.

Por todo lo expuesto en este análisis se concluye que la alternativa más apropiada para adoptar en el sitio de estudio Ruta 3 es la de Erradicación gracias a que da una solución al pasivo ambiental más integral, económica y sostenible en el largo plazo.

3 Herramientas para la toma de decisiones

Para poder estudiar la problemática de los basurales en consolidado para toda la CMR se comenzó con la elaboración de un diagnóstico de los mismos. El diagnóstico se acompañó con la caracterización de los sitios y la construcción de un índice de prioridad de saneamiento a partir de Sistemas de Información Geográfica (SIG), de manera de ponderar la heterogeneidad de los sitios identificados.

Luego, a partir de esa información generada se estimó el dimensionamiento de las alternativas planteadas para el caso testigo de la primera parte de este proyecto para todos los sitios de la cuenca, junto con los costos asociados. Es importante destacar que por un lado la cantidad de residuos dispuestos en los basurales influye directamente, además de en la magnitud de los impactos que genera, en los costos de la metodología a seleccionar ya que implica una mayor cantidad de material a transportar, tratar o disponer. Por otro lado, los sitios de disposición de residuos también difieren entre sí por las características de su lugar de emplazamiento. Lo cual deriva en diferencias de doble índole, principalmente en los impactos ambientales que pueden producir, pero a la vez en el costo de transporte según su distancia al relleno sanitario de Ezeiza.

3.1 Diagnóstico y caracterización de basurales en Cuenca Matanza Riachuelo

3.1.1 Basurales a cielo abierto en la CMR

En el marco del Plan Maestro Integral de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PMGIRSU) de la ACUMAR se realizan inspecciones de la CMR para identificar y realizar un seguimiento de basurales ilegales. Gracias a las inspecciones realizadas, principalmente mediante visitas al lugar, se actualiza el indicador de basurales remanentes de la línea de base. Las tipologías en las que se clasifican los basurales según su volumen de residuos acumulados estimados son los definidos en la Tabla 41 por ACUMAR (20 de Abril de 2020).

Tabla 41: Tipologías de basurales según volumen de residuos acumulados estimados.

Tipología	Volumen (m ³)
Puntos de arroj	< 15
Microbasurales	15 – 500
Basurales	500 – 15.000
Macrobasurales	> 15.000

Es importante señalar que los puntos de arroj no son considerados en la evolución del indicador por parte de ACUMAR, al ser dados por limpios, ya que su limpieza es responsabilidad de los

municipios. De todas formas, en los análisis subsiguientes de la línea de base tampoco podían ser estudiados debido a que por su pequeño tamaño su identificación en imágenes se dificulta.

En 2017 se realizó una nueva línea de base (Figura 61) donde se identificaron 162 puntos de arrojó, 118 microbasurales, 19 basurales y 2 macrobasurales.

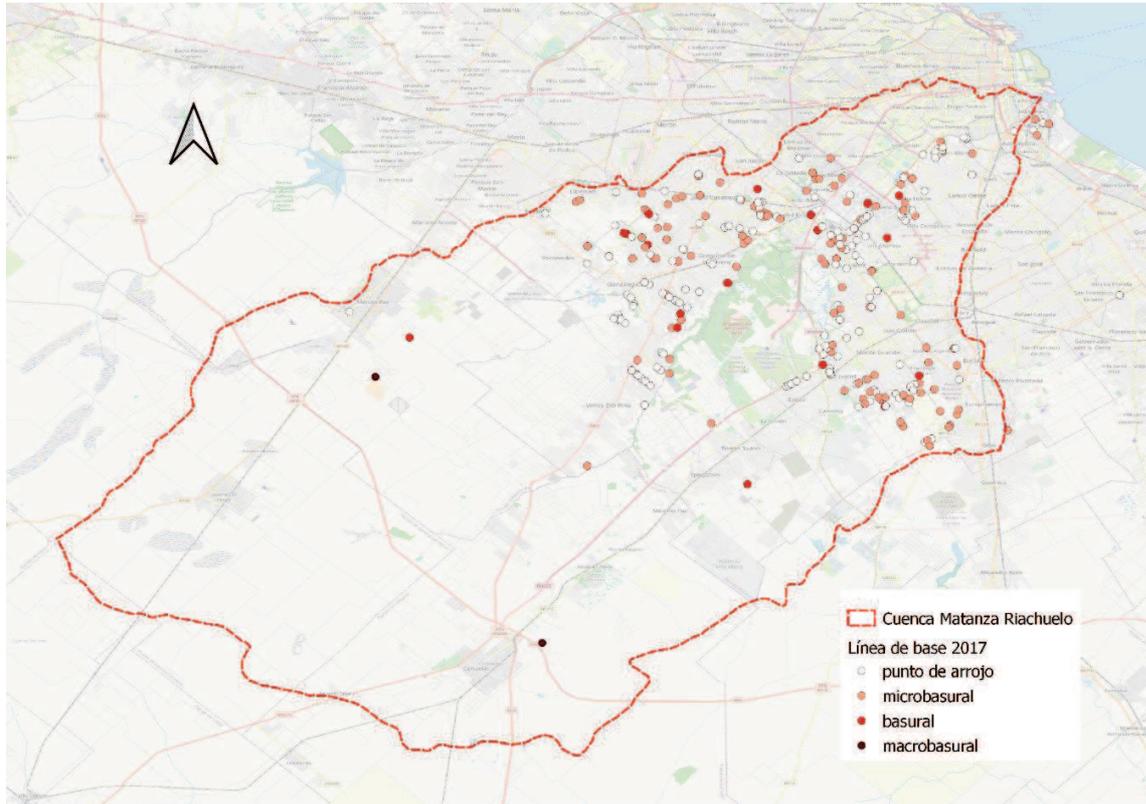


Figura 61: Línea de base de basurales de ACUMAR del 2017.

En la actualidad algunos de estos sitios fueron limpiados gracias al convenio entre la ACUMAR y la CEAMSE, pero dada la dinámica de generación de estos sitios es importante realizar inspecciones regularmente para asegurar un correcto mantenimiento de ellos. Incluso es frecuente la reaparición de disposición de residuos en sitios previamente erradicados. Por ejemplo, al lado del exbasural de Cañuelas, el último macrobasural saneado por ACUMAR, se puede observar la disposición de residuos en el terreno y el humo generado por la quema de los mismos (Figura 62).



Figura 62: Sitio de disposición de residuos informal identificado junto a exbasural de Cañuelas.

Para tener un adecuado seguimiento de los sitios y también identificar los nuevos que se originan es importante la utilización de herramientas como imágenes satelitales, que permiten inspeccionar el sitio visualmente sin importar problemáticas de acceso y requiriendo mínimos recursos.

3.1.2 Índice de prioridad de saneamiento

Las herramientas SIG permiten tanto la identificación visual de los BCA como la relación espacial con otros aspectos, como son el ambiente circundante y los asentamientos urbanos. De esta manera se confeccionó un diagnóstico completo del cual a través de la peligrosidad de cada sitio particular se elaboró un índice de prioridad de saneamiento (IPS).

En primer lugar, para la identificación de los sitios informales de disposición de residuos presentes actualmente en la cuenca se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth. La línea de base del 2017 fue actualizada analizando las imágenes del terreno del año 2020 en las ubicaciones de macrobasurales, basurales y microbasurales. A los sitios donde se observó la presencia de residuos se los incluyó dentro de la nueva línea de base y se les delimitó el área del predio.

Luego, a dichos sitios se les realizó un análisis espacial mediante SIG, de manera de calificar los impactos potenciales que tienen en el ambiente y en la salud de la población. Se analizaron el

tamaño del basural, la cantidad de habitantes en un área de influencia, la distancia a algún cuerpo de agua superficial, y la profundidad de las aguas subterráneas. Según estos criterios a cada sitio se le asignó un valor de peligrosidad alto, medio o bajo de acuerdo con el valor que posea.

En base a dicha valoración se confeccionó un índice de prioridad de saneamiento, calculado mediante la Ecuación 40, y cuyos resultados asignarán distintos niveles de prioridad de saneamiento a los BCA según la Tabla 42.

$$I = VAL_{TAM} + VAL_{POB} + VAL_{SUP} + VAL_{SUB} \quad (\text{Ecuación 40})$$

Tabla 42: Categorías de índice de prioridad de saneamiento calculado.

Prioridad de saneamiento	Valor del índice
Alta	10 – 12
Media	7 – 9
Baja	4 – 6

La forma en que se calcularon los valores de los distintos criterios de clasificación de basurales se detalla a continuación, donde la valoración de peligrosidad para la Ecuación 40 es de 1, 2 o 3 según sea baja, media o alta respectivamente.

3.1.2.1 Tamaño de basural

La caracterización de los basurales respecto a su tamaño se realizó mediante la estimación del volumen de residuos dispuestos en ellos. Para esto, además del área del predio, se utilizaron datos de la altura del terreno obtenidos a partir de un modelo digital de elevación (MDE). Estos permiten describir la topografía del terreno, representando todas las estructuras antrópicas y la vegetación, a través de puntos distribuidos en forma homogénea sobre la superficie terrestre y cuya altura está referida al nivel medio del mar (Instituto Geográfico Nacional [IGN], s.f.-a). El MDE utilizado fue confeccionado por el IGN a través de fotos de vuelos aerofotogramétricos y posee una resolución espacial de 5 metros y una precisión vertical submétrica (Figura 63). Las fotos fueron tomadas en el año 2013 por lo que el análisis de los BCA se realizó para estimar su volumen en ese momento, con las fotos aéreas correspondientes (IGN, s.f.-b).

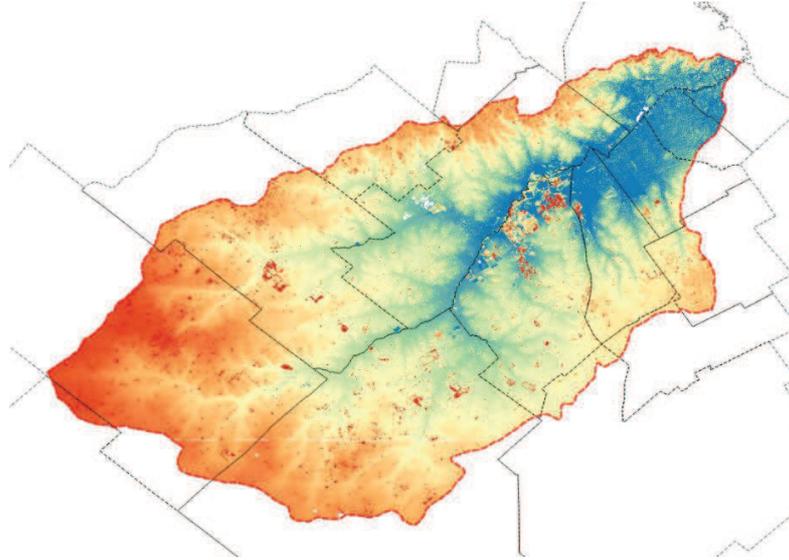


Figura 63: Modelo digital de elevación para CMR.

La metodología seguida para el cálculo de volumen constó en primer lugar de la generación de una superficie a partir de una regresión polinomial de puntos con la altura base del terreno sin residuos (Figura 64). Luego, una vez alineada la superficie generada con el MDE original se le restó a este la primera obteniendo una capa raster con las alturas netas de los residuos por encima de la superficie. Dicho raster se recortó por el área del predio del BCA correspondiente y se utilizó para calcular el volumen (Figura 65).



Figura 64: Sitio de basural con sus respectivos puntos de altura de base.



Figura 65: Raster de BCA con alturas de residuos sobre el terreno.

A partir de las alturas de los residuos analizadas de 33 basurales del 2013 se calculó una altura promedio de residuos en los sitios de la cuenca, que se utilizó para estimar el volumen de los sitios relevados en la actualidad. Para esto no se tuvieron en cuenta a los sitios con una altura promedio mayor a 2 metros ya que no eran representativos del conjunto sino que correspondían a sitios excepcionalmente grandes.

Cuando fue posible el volumen actual se calculó a partir de la relación Área/Volumen de ese mismo sitio obtenida para el año 2013, asumiendo que los nuevos residuos que se disponen ocupan el mismo espacio que los que ya se encuentran allí. Esto provee mayor exactitud a la estimación de los volúmenes actuales ya que utilizar una altura promedio puede subestimarlos. En la Figura 66 se observa un ejemplo de esto, donde hay un crecimiento en el área de un basural entre el 2013 y la actualidad.



Figura 66: Área de disposición de residuos de BCA en 2013 y en la actualidad.

El criterio para la clasificación de los sitios de basurales según su tamaño se definió de acuerdo con la peligrosidad de los rangos de volumen indicados en la Tabla 43.

Tabla 43: Peligrosidad según tamaño de basural.

Peligrosidad	Metros cúbicos de BCA
Alta	> 15.000
Media	5.000 – 15.000
Baja	50 – 5.000

3.1.2.2 Cantidad de habitantes en área de influencia

Para caracterizar los basurales según los impactos más importantes en la salud de la población debido a su cercanía se calculó la cantidad de habitantes dentro de un área de influencia de 1000 metros. Dentro del mismo se asume que la población sufre los efectos de las emisiones del BCA y de la proliferación de vectores transmisores de enfermedades.

El cálculo se realizó a partir de la densidad poblacional obtenida a partir de la cantidad de habitantes por radio censal del 2010 y el área de cada radio (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], s.f.). A la capa geográfica con información censal (Figura 67) se la intersecó con la del área de influencia de cada basural y se calculó su superficie dentro del mismo (Figura 68). Luego con la densidad poblacional se estimó la cantidad de habitantes que aporta y finalmente se sumaron los aportes de cada radio a cada área de influencia.

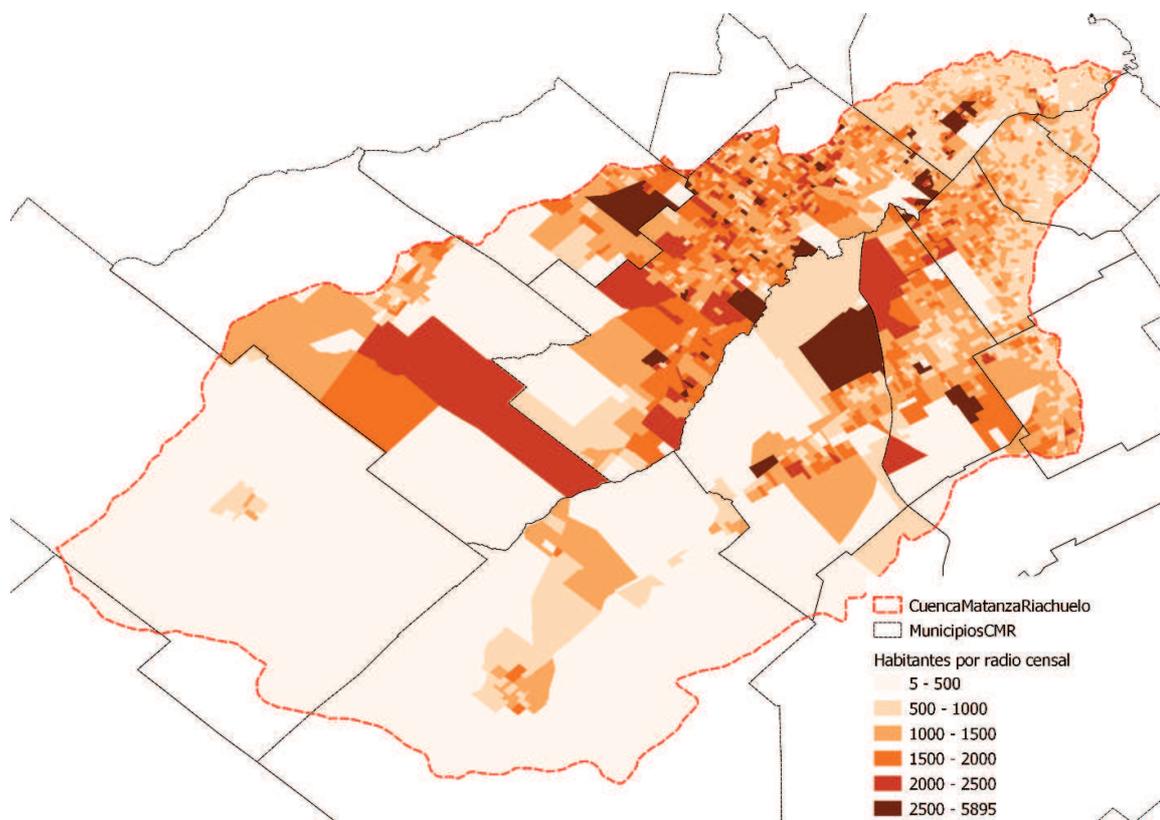


Figura 67: Habitantes por radio censal en Cuenca Matanza Riachuelo.

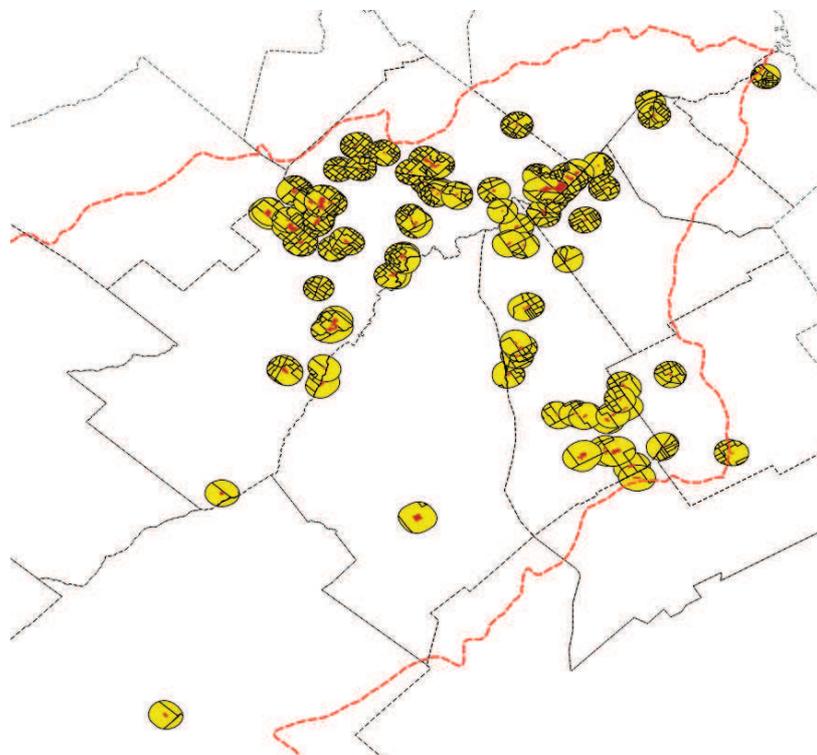


Figura 68: Área de influencia de los BCA de la cuenca con radios censales delimitados.

Los rangos para clasificar los sitios de BCA según este criterio analizado se encuentran en la Tabla 44.

Tabla 44: Peligrosidad según cantidad de habitantes en área de influencia.

Peligrosidad	Habitantes en área de influencia
Alta	20.000 – 50.000
Media	5.000 – 20.000
Baja	0 – 5.000

3.1.2.3 Distancia a cuerpo de agua superficial

Para analizar la distancia a cuerpos de agua superficiales se utilizaron datos de la ubicación de líneas y áreas de aguas continentales (Figura 69), disponibles a partir de las capas SIG de objetos geográficos del IGN (IGN, s.f.-c). Estas ubicaciones junto con las de los BCA se usaron para calcular la menor distancia entre cada basural y algún cuerpo de agua superficial.

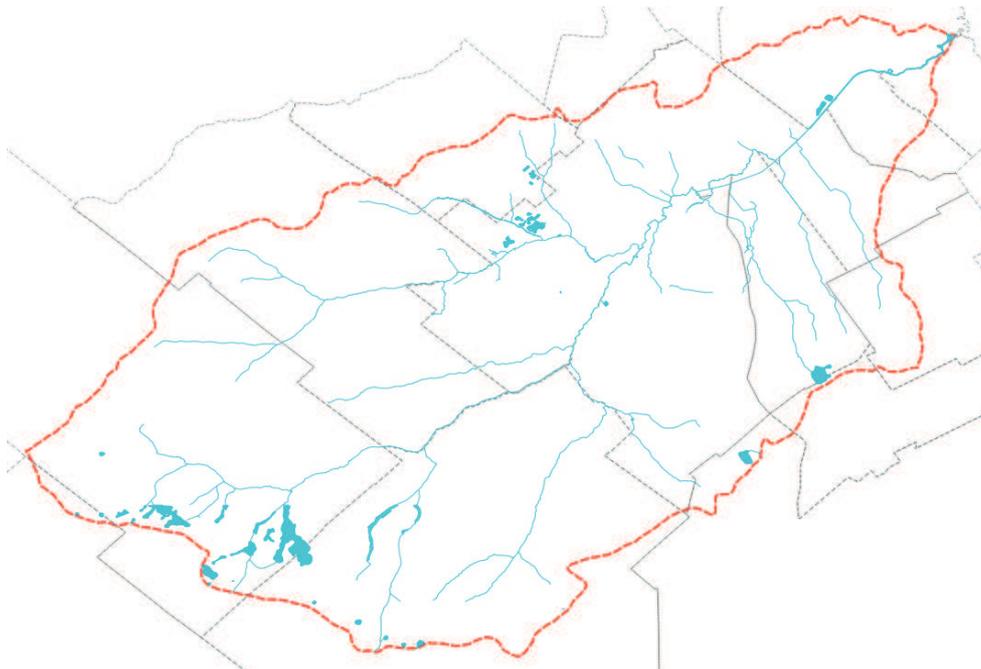


Figura 69: Líneas y áreas de aguas continentales en CMR.

Este criterio es importante dado la contaminación de aguas superficiales por lixiviados, tanto mediante escorrentía superficial, como por infiltración y subsiguiente transporte horizontal de los mismos. Los rangos de distancia para la clasificación según este criterio se encuentran en la Tabla 45.

Tabla 45: Peligrosidad según metros a cuerpo de agua superficial más cercano.

Peligrosidad	Metros a cuerpo de agua más cercano
Alta	0 – 200
Media	200 – 1.500
Baja	1.500 – 6.000

3.1.2.4 Profundidad de aguas subterráneas

Para analizar los impactos de los basurales en las aguas subterráneas y valorizar su peligrosidad se calculó el tiempo que tardarían en infiltrar sus lixiviados en el acuífero Puelches.

El acuífero Puelches, ampliamente explotado a lo largo de Buenos Aires para abastecimiento de agua potable, se sitúa por debajo del acuífero Pampeano. Este acuífero incluye en su parte superior a la capa freática y es altamente vulnerable a la contaminación. Su recarga es de forma directa a través de los excesos de agua del balance hidrológico y posee un medio poroso de alta permeabilidad, por lo que no está protegido de ingresos de agua contaminada. Ambos acuíferos están conectados hidráulicamente, el Puelche se recarga indirectamente a través de la filtración vertical descendente del Pampeano, por lo que no está exento de contaminación. A pesar de esta conexión, existe una unidad de menor permeabilidad (acuitardo) entre ambos acuíferos que funciona como protección del más inferior (Universidad Nacional de La Plata [UNLP], 2008).

Estas capas hidrogeológicas se observan de manera esquemática en la Figura 70, en base a los distintos espesores que poseen a lo largo de la cuenca se modeló la infiltración y llegada de los lixiviados al Puelche.

Para modelar la infiltración se utilizó la ley de Darcy, que permite conocer la velocidad de flujo de un líquido filtrando en dirección vertical, con flujo laminar y en condiciones saturadas (Ecuación 41).

$$v = K * i \quad (\text{Ecuación 41})$$

Donde: K es el coeficiente de permeabilidad [m/día] de una capa dada su textura, e i el gradiente hidráulico que se asume igual a 1 ya que la altura piezométrica del freático es siempre mayor a la del Puelche.

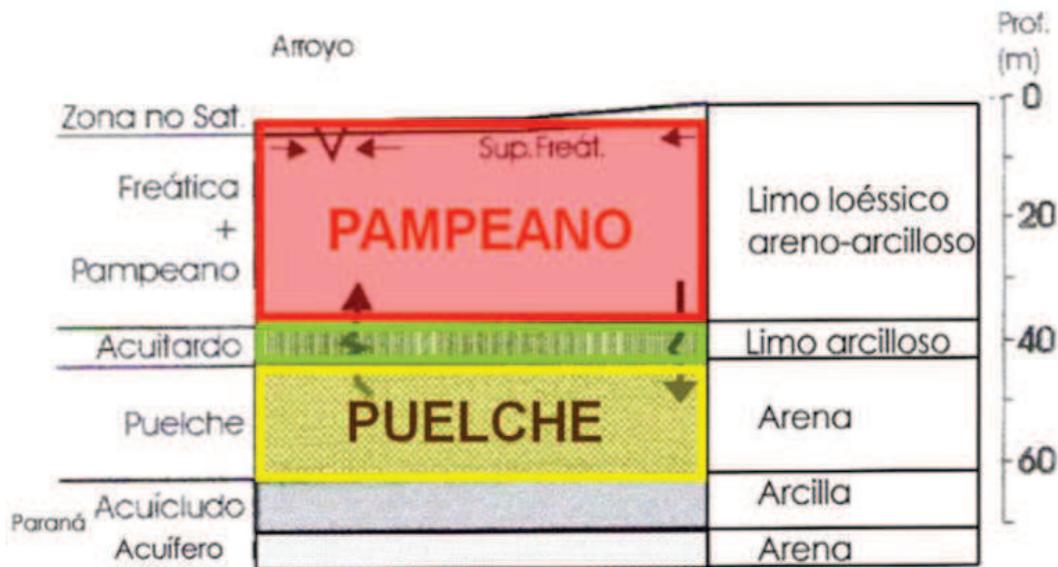


Figura 70: Capas hidrogeológicas en base a Meconi 2004.

El tiempo que tomarían en llegar los lixiviados al acuífero Puelche se calculó con la Ecuación 42, calculando por separado para las capas del subsuelo del Pampeano y del Acuitardo, y luego sumándolos. Se utilizaron los datos de espesor de las capas hidrogeológicas en cada punto de basural, obtenidos de los mapas isopáquicos de las Figura 71 y Figura 72 (Vives et al., 2012); y los coeficientes de permeabilidad de 1 m/día para el Pampeano y de 0,0005 m/día para el acuitardo (Instituto Nacional del Agua [INA], 2010).

$$t = \frac{\text{espesor}}{K} \quad (\text{Ecuación 42})$$

Las imágenes de los mapas isopáquicos se vectorizaron y georreferenciaron para coincidir con el sistema de referencia donde están localizados los BCA. El valor de espesor utilizado para cada zona fue el valor medio de las isopacas entre las que se encuentra.

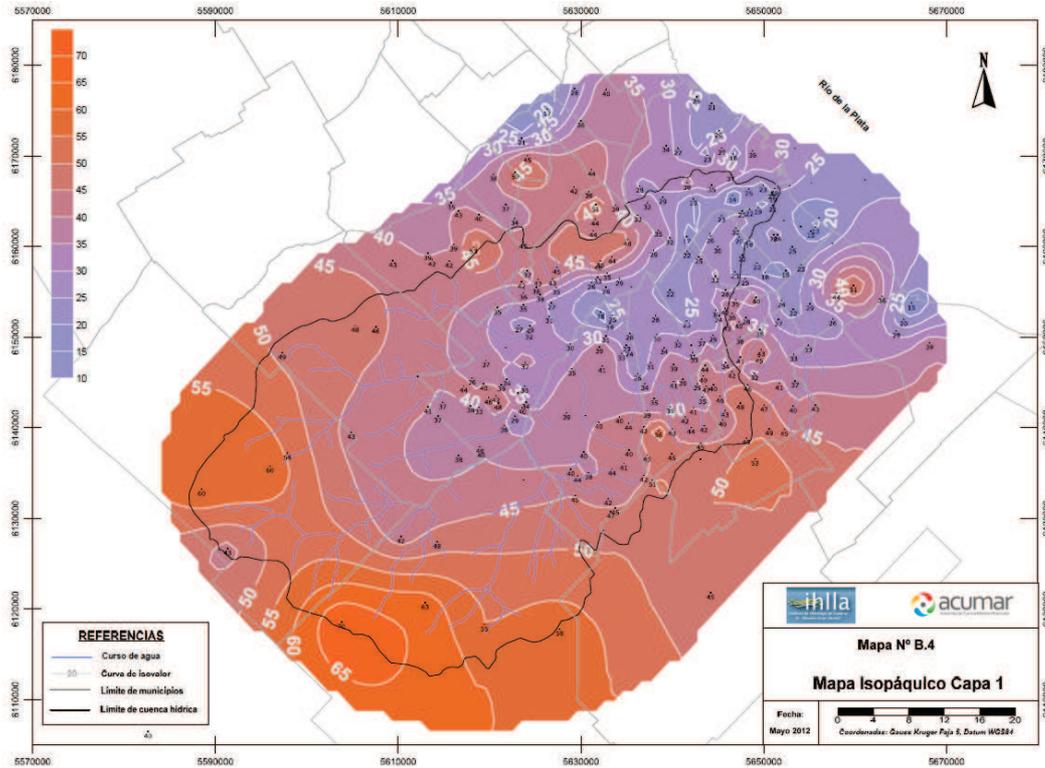


Figura 71: Mapa con espesores de unidad hidrogeológica Pampeano.

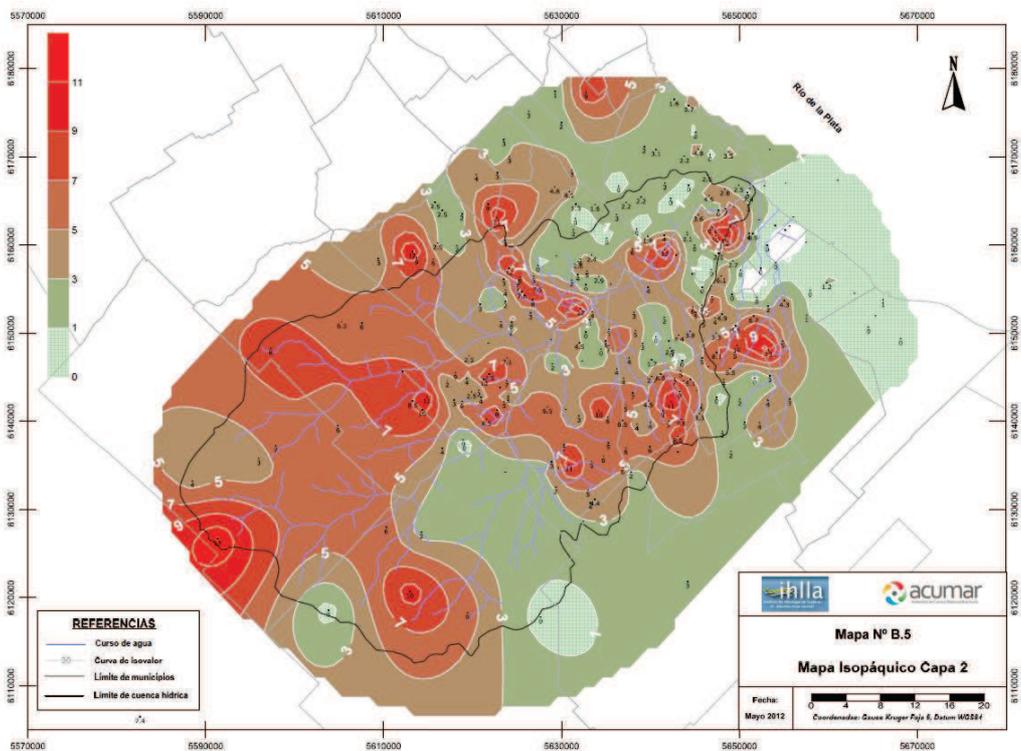


Figura 72: Mapa con espesores de unidad hidrogeológica Acuitardo.

Al analizar los valores obtenidos con la Ecuación 42 para cada basural, se desprende que la unidad acuitado es la limitante para definir el tiempo que tomará en verse afectado el Puelche. Esto se debe a su baja permeabilidad, siendo el tiempo en que se atraviesa el Pampeano despreciable.

Para la clasificación de este criterio se utilizaron los rangos indicados en la Tabla 46.

Tabla 46: Peligrosidad según tiempo de alcance a acuífero Puelche.

Peligrosidad	Años para alcanzar acuífero Puelche
Alta	10 - 20
Media	20 - 40
Baja	40 - 50

3.1.3 Diagnostico basurales en CMR hoy

Como resultado del análisis de peligrosidad según los diferentes criterios enunciados de los 89 sitios de disposición de residuos relevados en la cuenca se confeccionaron los siguientes mapas:

En la Figura 73 se observa la valoración de acuerdo con el volumen de los basurales, en general la distribución de tamaños es muy variable, pero se evidencia que en las zonas más urbanizadas pertenecientes a la cuenca media y baja hay mayor cantidad de sitios de menor tamaño. Esto puede indicar puntos de arrojado generados espontáneamente por la población del lugar.

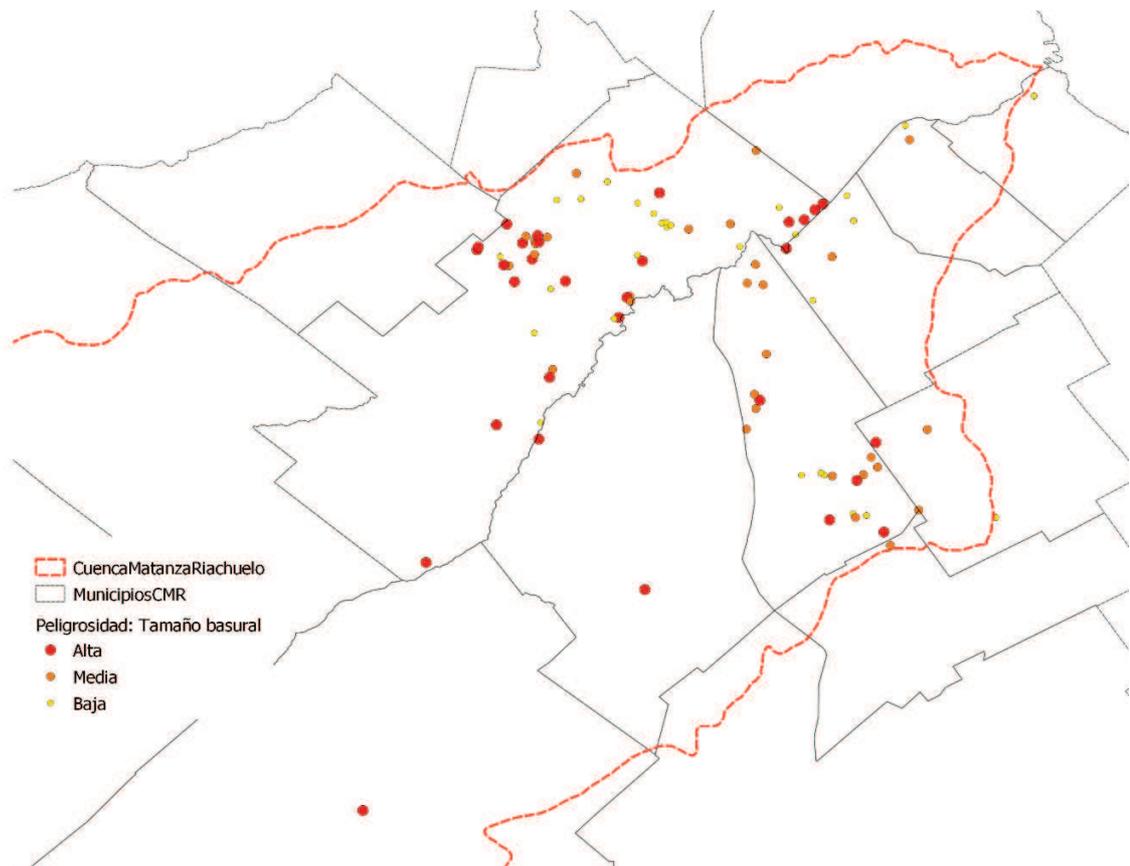


Figura 73: Mapa de BCA según peligrosidad por tamaño.

En la Figura 74 se observa la peligrosidad de los sitios según la población directamente afectada. Lo sitios de mayor peligrosidad coinciden con las zonas más urbanizadas, donde el tamaño de los radios censales es más pequeño.

En la Figura 75, donde se observan los BCA según su peligrosidad por cercanía a cuerpos de agua superficiales, se evidencia que muchos sitios se encuentran directamente a la vera del río o de un arroyo.

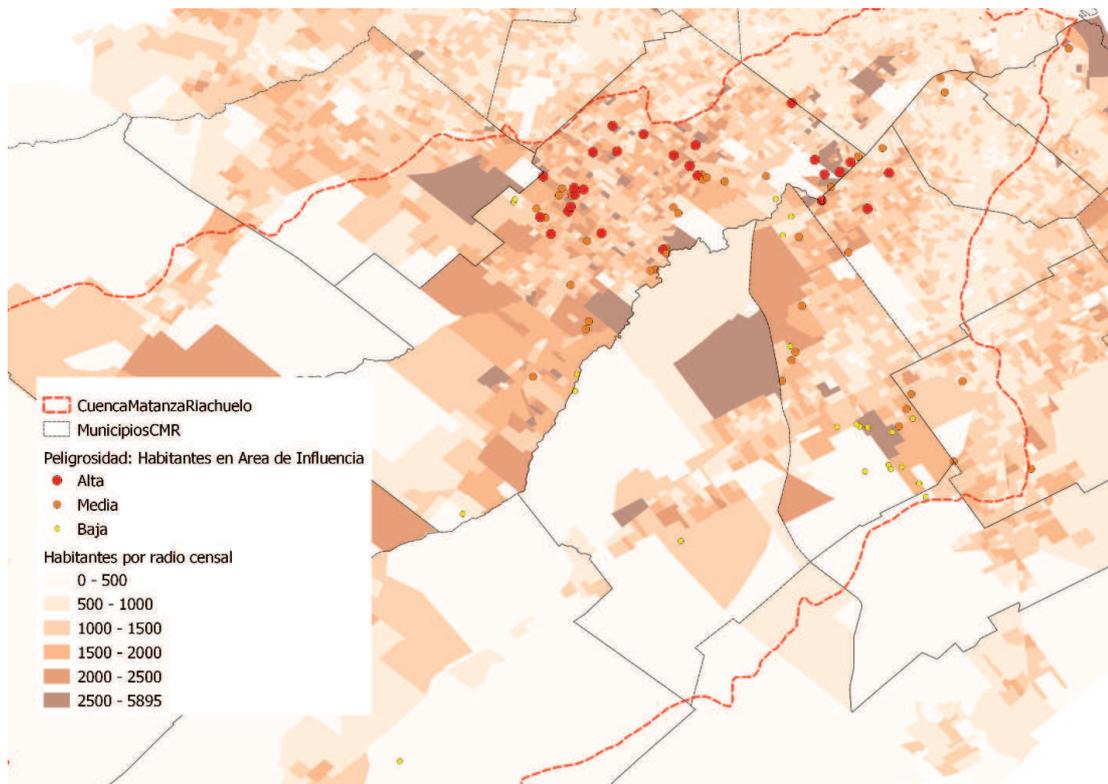


Figura 74: Mapa de BCA según peligrosidad por habitantes en su área de influencia.

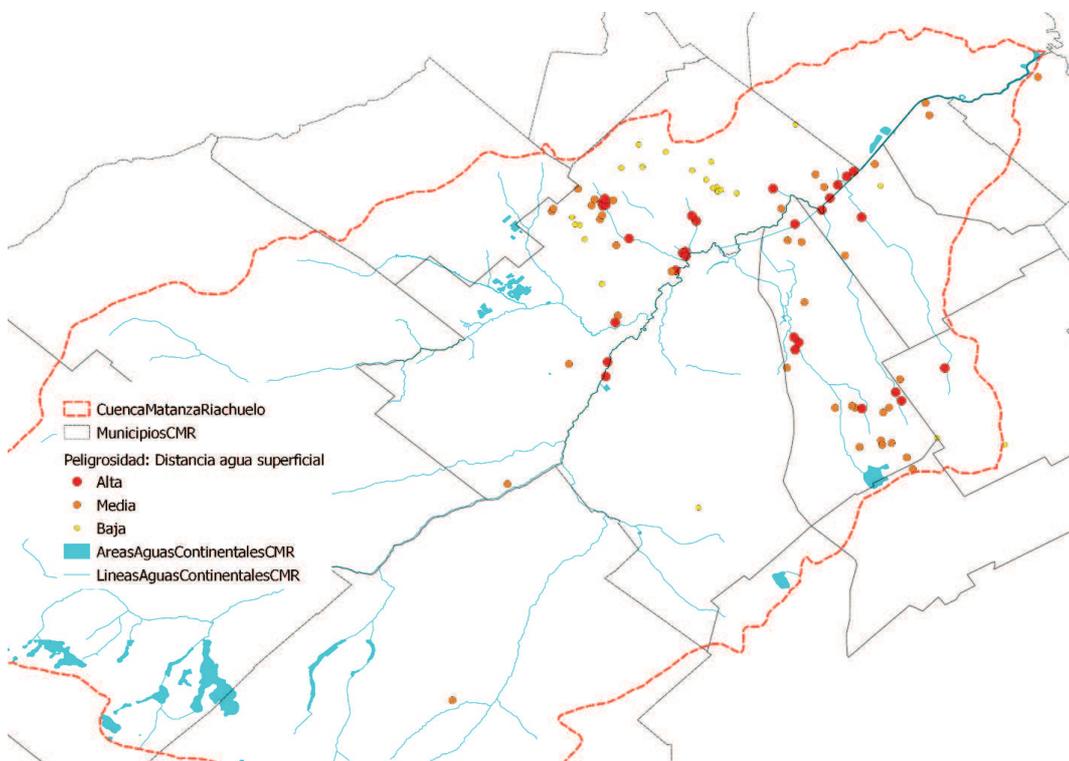


Figura 75: Mapa de BCA según peligrosidad por menor distancia a aguas superficiales.

Y por último en la Figura 76 se ve la peligrosidad de los sitios de acuerdo con la rapidez en que los lixiviados alcanzarían el acuífero Puelche. La correlación entre los tiempos más cortos y los menores espesores de la unidad hidrogeológica del acuitardo es directa.

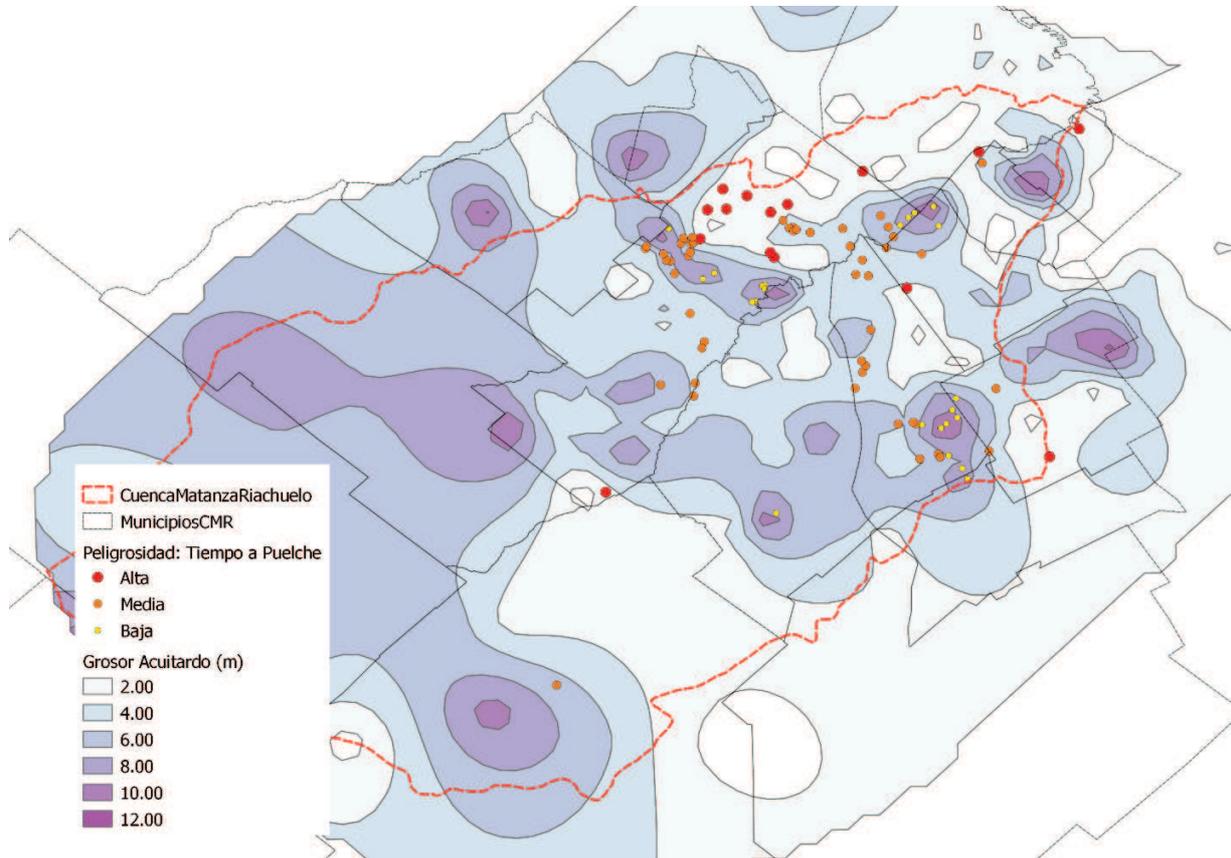


Figura 76: Mapa de BCA según peligrosidad por tiempo de infiltración a acuífero Puelche.

Al combinar todos estos criterios y calcular el índice de prioridad de saneamiento con la Ecuación 40 se obtienen a los BCA de la Cuenca Matanza Riachuelo clasificados como se ve en el mapa de la Figura 77.

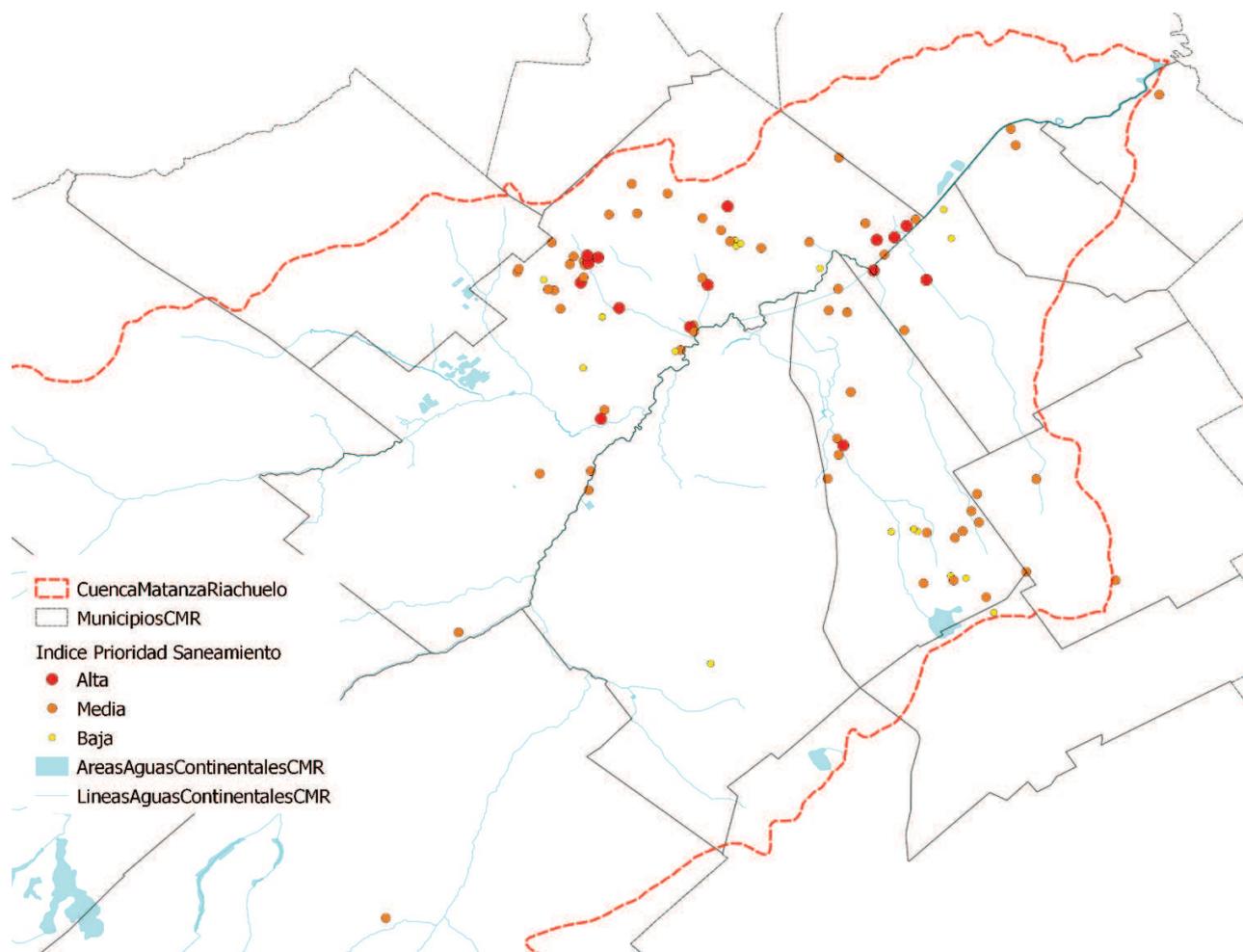


Figura 77: índice de prioridad de saneamiento de BCA en la CMR.

Este análisis presentado dio como resultado una descripción de los sitios y su entorno. En la Tabla 1 del Anexo IV se indican los diferentes sitios relevados con su área; volumen; año aproximado de apertura; la valoración de peligrosidad según los criterios: de tamaño, población en el área de influencia, cercanía a cuerpos de agua superficiales y tiempo de infiltración a acuífero Puelche.

El procedimiento para la estimación del tamaño de los BCA por si solo es una herramienta imprescindible para el diseño de sus alternativas de cierre. Gracias a esa información se facilitaría la selección de la alternativa de saneamiento más favorable para cada sitio, teniendo en cuenta aspectos económicos. Un tamaño mayor de basural, con una mayor cantidad de residuos dispuestos, implica mayor dificultad y mayores costos de saneamiento.

Una vez seleccionadas las alternativas para cada sitio, para alcanzar el objetivo de saneamiento de todos los sitios de la CMR, sería necesario implementar un plan de acción. Además del criterio

económico que brinda el tamaño, se deben analizar aspectos sociales y ambientales. En este caso, la población en el área de influencia, la cercanía a cuerpos de agua superficiales y la rapidez en que se ve afectado el acuífero. Incluyendo estos criterios se obtiene información para una toma de decisiones sostenible.

Se destaca la incorporación de estos tres criterios sociales y ambientales dado que se trata de los receptores de los impactos generados. A pesar de que el criterio del tamaño del basural también indica la potencialidad de la generación de impactos, su importancia se ve relativizada al analizar el alcance de estos. Por ejemplo, un sitio de gran tamaño que genera una gran cantidad de lixiviados y de biogás, pero que se encuentra alejado de la población y del agua superficial y subterránea, no es tan preocupante como uno que genere impactos moderados instantáneamente en un entorno más sensible.

Teniendo en cuenta lo mencionado, es que es importante la elaboración de este índice elaborado a partir de distintos criterios en simultáneo. El índice de prioridad de saneamiento permite identificar los lugares donde es urgente priorizar los esfuerzos para la eliminación de la generación de impactos. Se plantea utilizarlo como herramienta de gestión en el momento de diseñar el plan de saneamiento de los sitios de la cuenca. De los sitios localizados en la Figura 77, 15 poseen una prioridad de saneamiento alta, según el plan de acción que se propone, esos sitios deben ser los primeros en donde focalizar los esfuerzos de saneamiento. Continuando con los 57 sitios de prioridad media, y por último saneando los 17 sitios de prioridad baja.

En conclusión, el análisis realizado permitiría eliminar y mitigar prioritariamente los sitios que producen más impactos en el ambiente y en la salud de la población. Se debe tener en cuenta que la inversión en saneamiento de un plan de acción en simultáneo en los 89 sitios relevados sería particularmente alta. Para hacer un uso eficiente de recursos, y facilitar la factibilidad económica de este proyecto, se recomendará una gestión escalonada de los sitios. Por esta razón se evidencia la necesidad de una organización del plan de acción a tomar, el cual en este caso fue enfocado de una manera sostenible.

3.2 Estimación de dimensionamiento para alternativa de Erradicación

Para realizar un diseño aproximado tal como el descrito en la primer parte del proyecto para el sitio Ruta 3 se debieron estudiar algunas variables que son necesarias para dichos cálculos. A continuación se detalla cómo se obtuvieron o estimaron las mismas para la totalidad de los basurales identificados en el diagnóstico.

3.2.1 Remoción de Residuos

En la alternativa de Erradicación el transporte del rechazo al relleno sanitario es un factor muy importante para luego costear su ejecución. En la Figura 78 se observa la ubicación de todos los puntos BCA junto con la del relleno sanitario, donde se evidencia la distribución de los mismos alrededor de él y a lo largo del territorio.

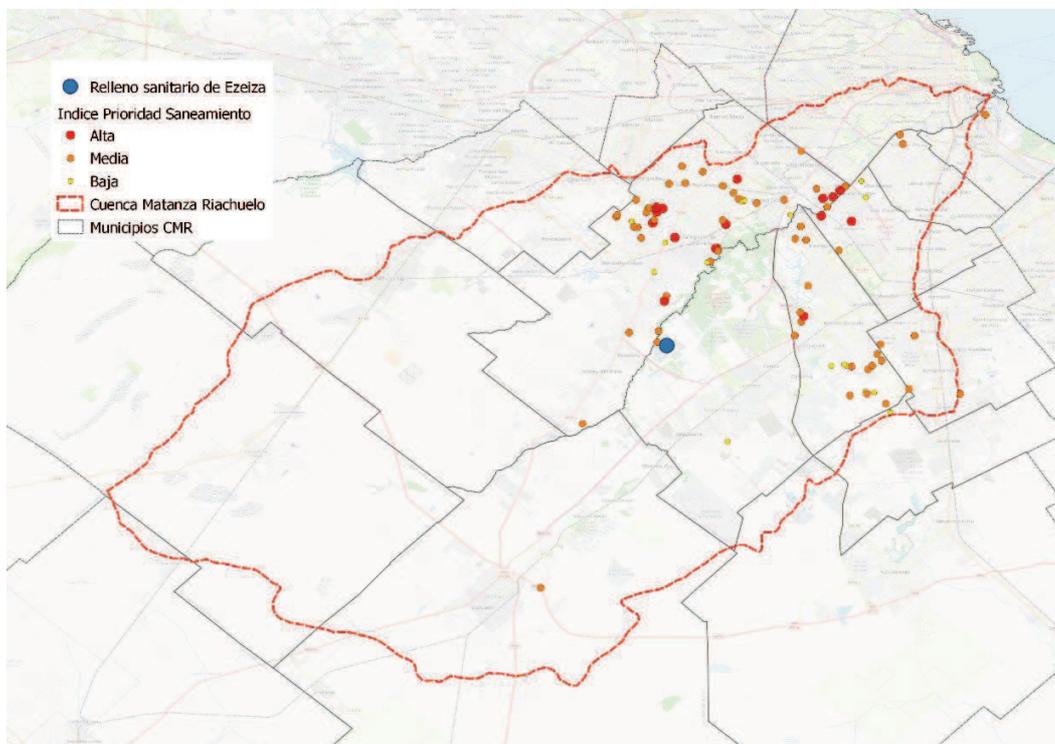


Figura 78: Ubicación del relleno sanitario de Ezeiza respecto a los puntos de BCA en la CMR.

Las distancias a recorrer por los camiones de cada BCA al Relleno Sanitario de Ezeiza fueron estimadas a partir de la distancia lineal entre ambos (Figura 79). Esta aproximación se realiza debido a la falta de una red de callejero completa y correcta para toda la CMR, pero se corrige utilizando la diferencia entre esta y la ruta real calculada para el sitio "Ruta 3". La distancia real recorrida en dicho sitio es de 4,27 km, mientras que la distancia lineal calculada es de 3,05 km.

Las rutas reales de todos los sitios se estiman entonces aumentando en un 140% la distancia lineal.

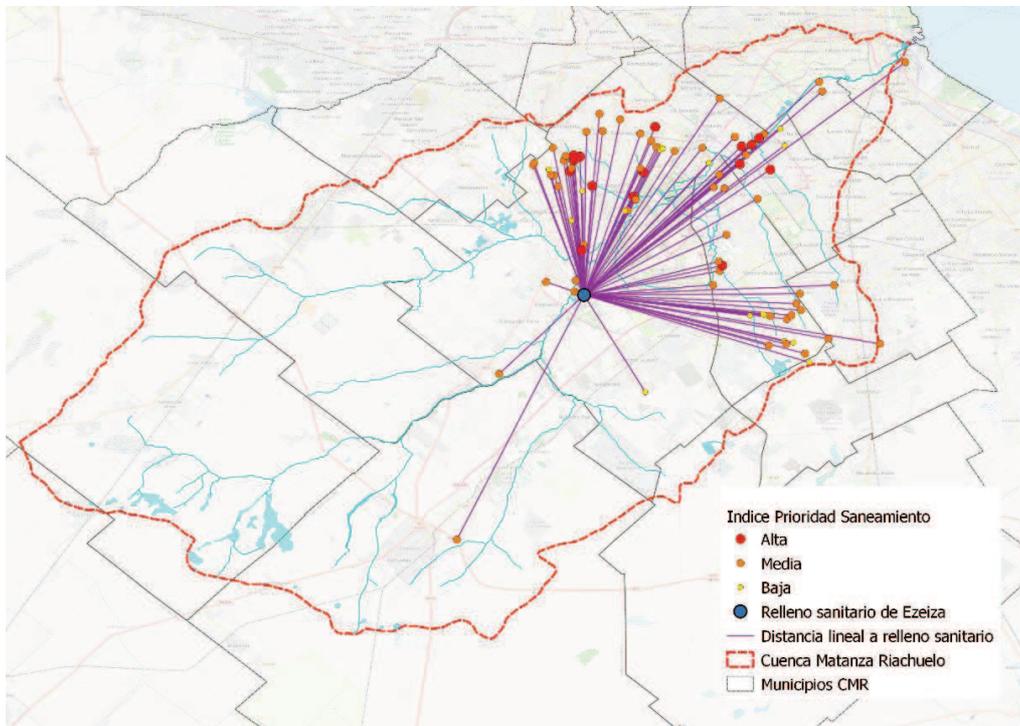


Figura 79: Distancia lineal de cada BCA al Relleno Sanitario de Ezeiza.

En cuanto al retiro de residuos en sí mismo, las maquinarias seleccionadas junto con sus potencias permiten movilizar los residuos a un dado flujo (18,75 ton/h), así se pueden retirar los residuos de todos los sitios BCA analizados en el diagnóstico. Debido a las diferencias de volumen entre los distintos sitios se obtendrán diferentes cantidades de días para remover la totalidad de los residuos, calculados a través de la Ecuación 43, donde Q es el flujo de movimiento de residuos en toneladas por día. Se procuró mantener los tiempos de trabajo por debajo de los 6 meses, si la duración del retiro de los residuos es superior se considera la opción de duplicar la maquinaria de manipulación de residuos. Incluso, en condiciones de contaminación susceptibles de afectar la salud humana, donde se considere que el saneamiento del BCA debe realizarse cuanto antes, también puede duplicarse el flujo de trabajo. Con un manejo duplicado de 37,5 ton/h de residuos la capacidad de segregación del trommel (55,2 ton/h) aún es más que suficiente para tratar todo el caudal de residuos que recibiría. Pero, como por día se generaría el doble de rechazo, la cantidad de viajes de camión al relleno sanitario también debería duplicarse.

$$t_{\text{retiro residuos}} = m_{\text{Basural}}/Q \quad (\text{Ecuación 43})$$

Con estas aproximaciones y la información de la caracterización se realizaron los cálculos y aproximaciones para la totalidad de los sitios en estudio, que se muestran en la Tabla 1 del Anexo V. Los casos que precisan duplicar el trabajo de movimiento para mantenerse debajo de los 6 meses de duración para la remoción de los residuos se muestran en color naranja. Esos 9 basurales son clasificados de peligrosidad alta respecto al volumen. Cabe aclarar que para los dos sitios de mayor tamaño en la CMR incluso duplicando el trabajo los tiempos son muy altos, esos sitios se muestran en rojo. En esos casos no es posible mantener los tiempos de retiro de residuos por debajo de los 7 meses ni siquiera quintuplicando la maquinaria trabajando en el sitio, por lo que se intuye que esta alternativa de saneamiento no será viable económicamente en esos sitios.

3.2.2 Muestro de caracterización

Para estimar la cantidad de puntos de muestreo a realizar por sitio se utilizó la Ecuación 11 como se describe en la memoria de cálculo anteriormente. Mientras que para estimar las profundidades del nivel freático para cada ex BCA se precisó georreferenciar en primer lugar el mapa de la Figura 37 que presenta sus variaciones areales.

En la Figura 80 se observan las ubicaciones de los basurales en el área correspondiente, por la cual se les asigna la profundidad del nivel freático y por ende la cantidad de muestras a analizar por punto de muestreo en profundidad (2, 6 y 10 metros según la zona).

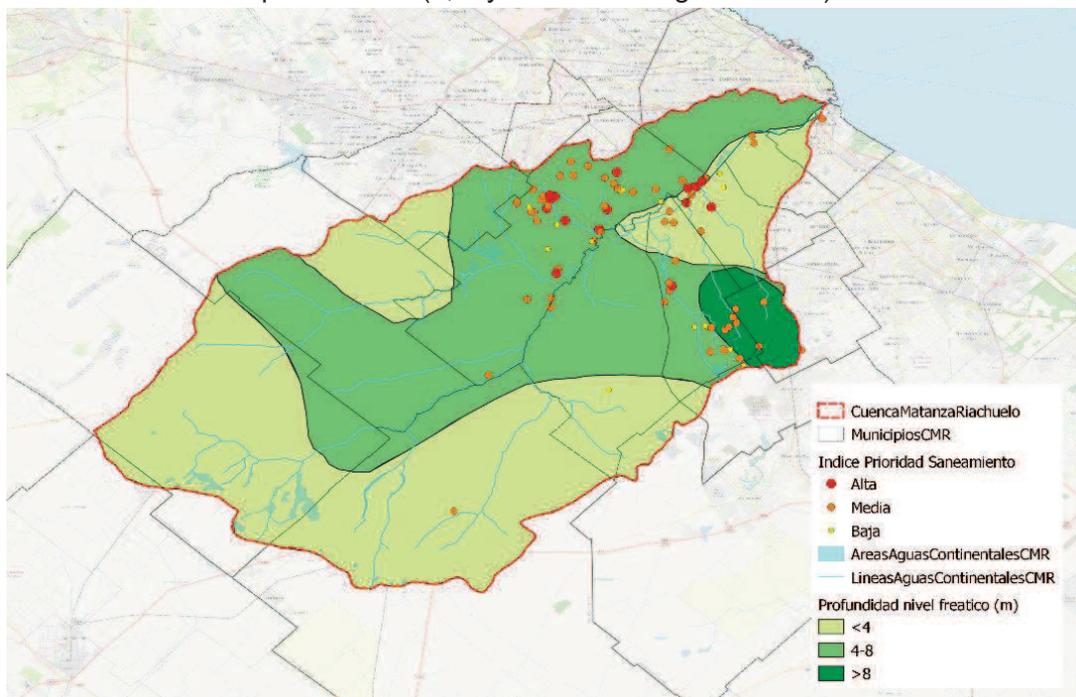


Figura 80: Ubicaciones de BCA respecto a profundidad el nivel freático.

Es importante señalar que las consideraciones para la selección de la cantidad de puntos a muestrear funcionan como guía general para todos los ex BCA. Teniendo en cuenta las particularidades de cada sitio estas definiciones pueden ser ajustadas más adecuadamente, como se realizó con el caso Ruta 3. Las aproximaciones para la totalidad de los ex BCA se detallan en la Tabla 2 del Anexo V.

3.2.3 Remediación de suelo

Los volúmenes de fracción orgánica y de rechazo obtenidos se calcularon de la misma manera que para el caso ejemplo, con las Ecuaciones 8 y 9. Con el volumen de FORSU y las dimensiones de pila descriptas se forman una cantidad de pilas calculadas con la Ecuación 13.

Las áreas para la totalidad de las pilas que requiere cada sitio, considerando su separación y el área dedicada a la segregación se calcularon de la misma forma que lo enunciado en la sección anterior. Particularmente al calcular las áreas, el área de segregación es fija para todos los sitios ya que las dimensiones del trommel y del espacio para el rechazo son siempre los mismos.

En la Tabla 3 del Anexo V se observan todos estos parámetros para todos los BCA de la cuenca. En verde se ven las áreas disponibles positivas y en rojo las negativas, donde el espacio del sitio no sería suficiente para establecer la planta de compostaje. Se puede comprobar que en la gran mayoría de sitios existe un exceso de espacio. De los 89 BCA, 5 sitios de peligrosidad alta poseen un déficit de espacio muy grande, por lo que esta alternativa de compostaje no sería viable. Mientras tanto, otros 8 no tienen espacio suficiente por unos cientos de metros, en estos casos se puede considerar el uso de zonas aledañas para complementar la falta de espacio. Incluso en ciertos de estos casos, donde la falta de espacio disponible es menor a 148,71 m², el espacio libre dedicado para la segregación se puede utilizar para ubicar pilas de compostaje una vez retirado todo el rechazo del lugar.

3.3 Estimación de costos para alternativa de Erradicación

Para cada una de las etapas de esta alternativa planteada se identificaron los ítems del cómputo y presupuesto que varían de acuerdo con el sitio que se está interviniendo. Particularmente para esta alternativa, casi todos los BCA siguen el mismo flujo de trabajo, variando la cantidad de días necesarios para finalizar el saneamiento. Por lo tanto, la cantidad de maquinaria en los casos que se mantiene el flujo es la misma, pero el tiempo que se utiliza la misma y los recursos humanos para operarla no. Otros ítems dependen de la superficie afectada o de la ubicación en la Cuenca respecto al relleno sanitario de Ezeiza. A continuación se detalla para cada ítem las salvedades que se consideraron para estimar los costos.

Trabajos preliminares: Los costos dependen directamente del área del BCA a sanear.

Equipamiento y maquinaria, Consumo de combustible, y Personal: Los casos donde el flujo de trabajo no se comporta como en la mayoría de los sitios son en los BCA denominados: Barrio Sarmiento, Lavalleja I, Doblas, Villa Palito, Barrio 17 de Octubre 5, Juana de Arco 4, Vicente Ibañez, RamonCarrillo 2, Predio Cespedes, Tristan Suarez, y Ramon Carrillo. En esos sitios donde el flujo de trabajo es duplicado, durante la etapa de retiro de residuos, la cantidad de tractores topadores será de 2 y la de pala cargadoras de 4. Esta diferencia tendrá su impacto en el volumen de gasoil requerido para alimentar dichas maquinarias, en el personal que operará a las mismas, y a su vez, al duplicarse la cantidad de viajes al relleno sanitario por día, en el volumen de diesel requerido por los camiones roll off.

Muestro caracterización: Se calcularon los costos con la cantidad de puntos de muestreo y de freatímetros calculada como se indica en la memoria de cálculo, al no poder analizar en detenimiento cada sitio y sus zonas críticas es esperable que la cantidad esté sobredimensionada. Por ejemplo, con el sitio Ruta 3 que fue enunciado en la primera parte de este proyecto, los costos estimados sin el análisis detallado del sitio son un 52,6% más elevados.

Compostaje: Al depender del flujo de trabajo los costos se mantienen constantes para todos los sitios, con el mismo valor que Ruta 3.

En las Tablas 1 y 2 del Anexo VI se observa el detalle de los costos para cada uno de los sitios, con los subtotales de inversión inicial y de operación, y con el total de saneamiento.

3.4 Estimación de dimensionamiento y costos para alternativa de Cierre técnico

Para el dimensionamiento del Cierre técnico se requiere, tal como se mostró en la memoria de cálculo de la sección anterior, detalles particulares del sitio que imposibilitan un cálculo con el nivel de detalle como el que se pudo alcanzar con la alternativa de Erradicación. Las variables que son clave para una buena estimación son: la forma del área de basural y la distribución de residuos en ella, características de las inmediaciones del sitio como la cuenca de drenaje y cobertura, evolución histórica de área y volumen, etc.

De manera de obtener costos de saneamiento a comparar con los de la otra alternativa, se estableció una relación lineal entre los ítems del cómputo y presupuesto dependientes de las dimensiones del sitio del caso Ruta 3 y las dimensiones de cada BCA de la totalidad de la Cuenca. De esta manera se construyó para cada caso la estimación de sus costos de saneamiento. Se dejó fuera del alcance de este análisis la estimación de los costos de la etapa

de mantenimiento debido a la complejidad de realizar el balance energético sin la cantidad de biogás generado. Además, la alternativa de Erradicación no posee etapa de mantenimiento por lo que no sería comparable con ella.

A continuación se detalla cada ítem que será extrapolado. Se tuvo en cuenta para las estimaciones dos tipos de relaciones: directamente con el volumen de residuos en el lugar, y a través de la estimación del área de la celda a construir. Para esta última se tuvo en cuenta que en el caso de ejemplo Ruta 3 el área resultante de la celda constó de aproximadamente el 25% del área del sitio original. De esta manera para estimar ciertos costos de cada basural en estudio se extrapolaron los costos usando como relación al 25% del área de Ruta 3 con el 25% del área actual del BCA a calcular. Por último cabe mencionar que en esta alternativa también se optará por mantener los flujos de trabajo constantes, variando el tiempo que tomará finalizar las tareas de saneamiento del sitio, pero sin un tope de días que se busque respetar.

Trabajos preliminares: Los costos dependen directamente del área del BCA a sanear.

Equipamiento y maquinaria: Siempre constante.

Cobertura final: Los volúmenes de los distintos materiales que componen a la cobertura final y la cantidad de rollos de geotextil como filtro de la capa de drenaje se relacionan con el área final de la celda.

Extracción y control de biogás: Se considera el costo del sistema separado en colección y control. La colección por parte de las tuberías está relacionada directamente con el área de la celda, mientras que el control de su captación y aprovechamiento es fijo.

Monitoreo ambiental: Costo constante dado que se plantea siempre la instalación de 4 puntos de monitoreo.

Personal: Las horas de trabajo de control y vigilancia así como las de supervisor se considerarán constantes, mientras que las de los obreros de construcción y operarios de maquinaria se relacionarán directamente con el volumen del BCA.

Consumo de combustible: El volumen de gasoil necesario para operar las maquinas depende del volumen del sitio, debido a que eso definirá el tiempo que tomará movilizar los materiales para conformar la celda.

3.5 Análisis comparativo de alternativas para todos los BCA

En la Figura 81 se comparan los presupuestos estimados para cada una de las alternativas en todos los sitios de la CMR. Para elaborar este gráfico no se consideraron los 2 sitios de mayor tamaño de la cuenca (Tristan Suarez y Ramon Carrillo) debido a que al ser tan superiores respecto a los demás dificulta la escala para visualización. En esos sitios la alternativa de Erradicación no es viable debido a que ni siquiera quintuplicando el flujo de trabajo es posible mantener el tiempo de retiro de residuos debajo de los 7 meses. Además de estos dos sitios, hay otros 3 (Doblas, Juana de Arco 4 y Predio Cespedes) donde no es viable la Erradicación debido a que el área del BCA no es suficiente para establecer las pilas de compostaje. Estos sitios se observan en rojo, donde necesariamente la alternativa que puede llevarse adelante es la de Cierre técnico.

Al comparar los presupuestos para cada alternativa en los diferentes sitios de diferente tamaño, se destacan 2 grandes conclusiones. Por un lado es inherente a ambas alternativas la dependencia entre los costos y el tamaño del basural. La segunda conclusión que resalta es que en la amplia mayoría de los sitios los costos de la alternativa de Erradicación son menores que los de la de Cierre técnico, en la misma medida que la diferencia que se obtuvo para el caso testigo.

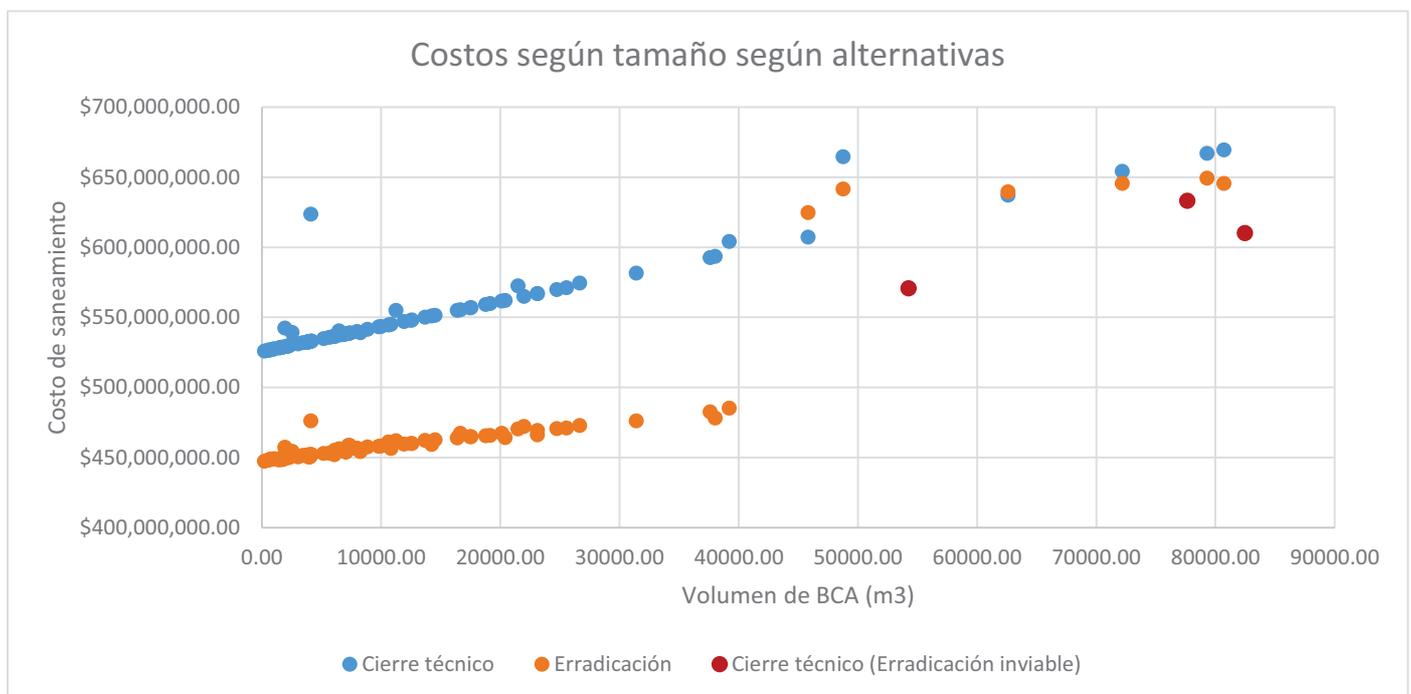


Figura 81: Gráfico comparativo de alternativas para todos los sitios de la CMR.

Luego de los volúmenes mayores a 40.000 m³ el comportamiento de los costos según la alternativa deja de ser lineal, se observa un abrupto aumento en los costos de la alternativa de Erradicación. Esto coincide con los sitios que poseen un flujo de trabajo de remoción de residuos duplicado, por lo que el aumento en los costos es resultado del aumento en la inversión inicial de las maquinarias así como del gasoil para operarlas.

Debe tenerse en cuenta que este análisis posee varias limitaciones. Por un lado para el Cierre técnico no se calcularon los tiempos de saneamiento, en caso de que se quiera tener un techo de tiempo de saneamiento ideal los flujos de trabajo del Cierre técnico podrían aumentarse, impactando en los costos. Pero a su vez, esos lugares de mayor tamaño son los que poseen una mayor cantidad de residuos disponibles para degradarse, por lo que tienen un mayor potencial de generación de biogás. Un detallado análisis del diseño permitiría calcular si el balance energético generaría una cantidad de electricidad capaz de costear en el largo plazo parte de la inversión inicial, disminuyendo los costos de saneamiento totales de la alternativa. Es trascendental para obtener una conclusión entonces calcular para cada caso en particular cada uno de los ítems de los costos de Cierre técnico.

Por lo expuesto aquí, la primera recomendación que debe seguirse para un adecuado saneamiento de un basural a cielo abierto es una completa caracterización del mismo. A partir de campañas al lugar que permitan obtener una composición de los residuos en el lugar, así como una estimación de volúmenes más exacta. La disposición en el espacio de los residuos en el lugar y las características del medio que lo rodea brindan opciones de diseño que podrían dar una solución más eficiente y sostenible. Una detallada definición de las áreas de criticidad de residuos, donde su altura es más grande, permitiría mejores diseños para cualquiera de las alternativas que se analice.

Para la alternativa de Cierre técnico es muy importante esto último mencionado ya que derivará en la forma en que se dispondrá la celda de residuos, y las dimensiones de esta. Esto Influye directamente en el cálculo de los costos, que a diferencia de la estimación presentada en este proyecto de una reducción del 75% del área, se podría obtener una precisión mayor e incluso una reducción mayor. Por ejemplo, un sitio con un gran área de basural pero de poca altura de residuos permitiría una remediación con una celda muy pequeña. De esta manera se pueden obtener costos de saneamiento de Cierre técnico considerablemente menores a los aproximados en el análisis anterior.

Es interesante considerar entonces que solo con un diseño detallado de cada alternativa para un caso en particular de BCA se puede definir correctamente la preferencia de una alternativa por sobre la otra. Y que particularmente la estimación del diseño en este proyecto para el Cierre técnico es muy poco exhaustiva en comparación con la de Erradicación, lo que puede derivar en conclusiones erróneas sobre su selección.

Igualmente, y en concordancia con lo que arrojan los valores de costo estimados, siempre se recomendará llevar a delante la alternativa de Erradicación sobre la de Cierre técnico. Esto aplica solo en caso de no encontrar limitaciones técnicas o económicas, y tras corroborar que el Cierre técnico no posea costos considerablemente menores a lo largo de todas sus etapas. Los beneficios socio ambientales de la alternativa de Erradicación la vuelven la más estratégica y la que genera menos impactos tanto en el corto como en el largo plazo. Esto es gracias a la eliminación completa del pasivo ambiental y la falta de responsabilidad y cuidados post clausura tras el saneamiento, tal como se desarrolló en la primera sección de este proyecto.

Como conclusión, se destacan los beneficios de sanear basurales por medio de la Erradicación. Es necesario realizar más estudios en detalle, y para sitios diferentes al utilizado como ejemplo en este proyecto, de manera de corroborar las conclusiones obtenidas respecto a los costos. Pero es de vital importancia que se comience a tener en cuenta esta solución que pareciera ser superior en términos ambientales y sociales a la de Cierre técnico, salvo cuando se introducen medidas de protección con el fin de aprovechar el lugar disponible para utilizarse como relleno sanitario dentro de una GIRSU. De esta manera, si se confirma la viabilidad en casos particulares, se podrían modificar las prácticas usuales utilizadas hoy en día para el saneamiento de basurales.

4 Bibliografía

Alonso, L. (2019). *La intervención de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR) y su impacto económico en las curtiembres de la Cuenca (2009-2018)*. Tesis de maestría en sociología económica. IDAES. UNSAM.

ONU Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina para América Latina y el Caribe. Ciudad de Panamá, Panamá. Recuperado de: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26448/Residuos_LAC_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Andrea Barreda. (2021). *Los niveles guía como herramientas de evaluación de sitios contaminados. Una revisión de términos, métodos y cumplimiento de niveles objetivo de remediación*. Ambiente en Diálogo, (2), e028, abril-julio 2021. ISSN 2718-8914. Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). Buenos Aires, Argentina. Recuperado de: <http://ojs.opds.gba.gov.ar/index.php/aed/index>

Antonis Mavropoulos. (2015). *Wasted Health: The Tragic Case of Dumpsites*. ISWA.

The World Bank. (2015). *Diagnóstico de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Argentina. Recopilación, generación y análisis de datos—Recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final de Residuos Sólidos Urbanos*. Recuperado de: <http://ars.org.ar/documentos-download/Banco%20mundial%20Diagn%C3%B3stico%20de%20la%20Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20RSU%20en%20Argentina%20BM%20-%20Jul%202015.pdf>

The World Bank. (2009). *Proyecto de Desarrollo Sustentable de la Cuenca Matanza Riachuelo: Evaluación Ambiental (Vol. 6). Capítulo cinco: Línea de base y diagnóstico ambiental cuenca matanza riachuelo y río de la plata acumar*. Washington, D.C.: World Bank Group. Recuperado de: <http://documents.worldbank.org/curated/en/773331467999698955/Chapter-five-linea-de-base-y-diagnostico-ambiental-cuenca-matanza-riachuelo-y-rio-de-la-plata-acumar>

Clarín. (6 de Febrero de 2019). *Cierran otro basural y buscan erradicarlos de la Provincia*. Recuperado de: https://www.clarin.com/ciudades/cierran-basural-buscan-erradicarlos-provincia_0_ILfLYM8UW.html

Conestoga-Rovers & Associates (2010). *Landfill Gas Management Facilities Design Guidelines*. British Columbia. Ministry of Environment. Disponible en:

<https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/waste-management/garbage/designguidelinesfinal.pdf>

Di Lonardo, M. C., Lombardi, F., Gavasci, R. (2012). *Characterization of MBT plants input and outputs: a review*. Rev Environ Sci Biotechnol. 11:353–363. <https://doi.org/10.1007/s11157-012-9299-2>

ACUMAR. (20 de Abril de 2020). *Basurales remanentes de la Línea de Base, por tipología*. Recuperado de: <http://www.acumar.gob.ar/indicadores/basurales-remanentes-la-linea-base-tipologia/>

ACUMAR (2008). *Evaluación Ambiental del Proyecto de Desarrollo Sustentable de la Cuenca Hídrica Matanza-Riachuelo. Capítulo 5: Línea de Base y Diagnóstico Ambiental Cuenca Matanza Riachuelo y Río de la Plata*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Recuperado de: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/773331467999698955/pdf/E19510v060Capi1Box0338917B01PUBLIC1.pdf>

Henry, M.L.; Cipponeri, M.; Bonifacio, V.; Salvioli, M.L.; Larrivey, G. y Guerrero Borges, V. (2020). *Diseño y aplicación de un Índice de Calidad de Vida en áreas urbanas: el caso de la cuenca Matanza-Riachuelo*. Estudios Socioterritoriales. Revista de Geografía, (28), 055. DOI: <https://doi.org/10.37838/unicen/est.28-055>

Instituto Geográfico Nacional. (s.f.-a). *Modelo Digital de Elevaciones de la Argentina*. <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones/Introduccion>

Instituto Geográfico Nacional. (s.f.-b). *Productos y servicios fotogramétricos*. <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Fotogrametria/ProductosYServicios>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (s.f.). *Unidades Geoestadísticas - Cartografía y códigos geográficos del Sistema Estadístico Nacional*. <https://www.indec.gob.ar/indec/web/Institucional-Indec-Codgeo>

Instituto Geográfico Nacional. (s.f.-c). *Capas SIG*. <https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG>

Nason, M., Williamson, J., Tandy, S., Christou, M., Jones, D. y Healey, J. (2007). *Using organic wastes and composts to remediate and restore land: best practice manual*. School of the

Environment and Natural Resources, Bangor University. Recuperado de: <http://ies.bangor.ac.uk/TWIRLS/Web%20version%20Manual.pdf>

Universidad Nacional de La Plata. (2008). *Condiciones Hidrogeológicas en la Cuenca Matanza-Riachuelo. Informe de Avance I*. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Vives, L.; Mancino, C.; Scioli, C. (2012). *Modelo conceptual y numérico del flujo de agua subterránea de la cuenca del río Matanza-Riachuelo*. Proyecto de Aguas Subterráneas en la Cuenca Matanza Riachuelo. Instituto de Hidrología de Llanuras.

Instituto Nacional del Agua. (2010). *Balance de agua subterránea en la cuenca del matanza-riachuelo mediante modelación numérica*. Laboratorio de hidráulica.

ACUMAR. (20 de Julio de 2018). *Cerramos el último macrobasural de la Cuenca Matanza Riachuelo*. Recuperado de: <http://www.acumar.gob.ar/prensa/cierre-basural-canuelas/>

ACUMAR. (13 de Junio de 2018). *Cerramos el basural de Marcos Paz*. Recuperado de: <http://www.acumar.gob.ar/prensa/cerramos-basural-marcos-paz/>

CEAMSE, FIUBA. (2011). *Estudio Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires*. Instituto De Ingenieria Sanitaria. Facultad De Ingenieria. Universidad De Buenos Aires. Recuperado de: <http://www.fi.uba.ar/sites/default/files/Informe%20ECRSU%20AMBA%202011%20IF.pdf>

Sakurai, k. (1981). *Análisis de residuos sólidos*. Aspectos básicos del servicio de aseo. Programa regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos.

Tchobanoglous, G.; Theissen, H.; Eliassen, R. (1982). *Desechos sólidos. Principios de ingeniería y administración*. Mérida, Venezuela.

IHOBE (2015). *Documento Guía para la realización de Balances hídricos en Vertederos*. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial. Gobierno Vasco.

IHOBE (2008): *Guía técnica para la medición estimación y cálculo de las emisiones al aire. Sector residuos*.

Caterpillar (2001). *Manual de Eliminación de Residuos*. ASDS0227

US Army Corps of Engineers (2013). *Landfill Gas Collection and Treatment Systems*. Environmental Quality. Manual No. 200-1-22. Washington DC. Recuperado de:

https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_200-1-22.pdf

US EPA (1997). *Guía para Rellenos Sanitarios en Países en Desarrollo*. CalRecovery, Inc. California.

US EPA (1998). *An Analysis of Composting as an Environmental Remediation Technology*. Solid Waste and Emergency Response. Recuperado de: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/analpt_all.pdf

US EPA (2002). *Technical Approaches to Characterizing and Redeveloping Brownfields Sites: Municipal Landfills and Illegal Dumps*. Technology Transfer and Support Division. National Risk Management Research Laboratory. Office of Research and Development. Cincinnati, Ohio. Recuperado de: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/300041E6.PDF?Dockey=300041E6.PDF>

SENASA (Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental y Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) (2019). Resolución Conjunta 1/2019. Marco Normativo para la Producción, Registro y Aplicación de Compost. 7 de Enero de 2019, Ciudad de Buenos Aires.

SEDESOL (2001). *Manual para la Rehabilitación y Clausura de Tiraderos a Cielo Abierto*. Secretaría de desarrollo social. México.

Tembrás, C. (2019). *Diseño de barreras de fondo en rellenos sanitarios de alta eficiencia en la retención de metales*. Centro de Vinculación de Ingeniería Geoambiental, Medios Porosos y Flujos Subterráneos, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

Chakrabarti, M.; Dubey, A. (2015). *Remediation Techniques, for Open Dump Sites, used for the Disposal of Municipal Solid Waste in India*. Journal of Basic and Applied Engineering Research, 2, 1510-1513. Recuperado de: https://www.krishisanskriti.org/vol_image/25Jan201610010534%20%20%20%20%20%20%20%20%20Mayurika%20Chakrabarti%20%20%20%20%20%20%20%20%20201510-1514.pdf

Chow, V. T.; Maidment, D. R.; Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.

Caamaño Nelli, G.; C. M. García. (1999). *Relación Intensidad-Duración-Recurrencia de Lluvias Máximas: Enfoque a través del Factor de Frecuencia, Caso Lognormal*. Ingeniería Hidráulica en México. Vol. XIV, N° 3, septiembre-diciembre, pp. 37-44. D.F., México.

Caamaño Nelli, G.; A. Rico y C. M. Dasso. (2012). *El modelo DIT 3p para predicción de lluvias máximas*. III Taller sobre Regionalización de Precipitaciones Máximas, pp. 71-82, UNR Editora. 286 pág. ISBN 978-950-673-953-9

EDENOR (2022). Cuadro Tarifario - Período 08/22. Recuperado de: <https://www.enre.gov.ar/web/Tarifasd.nsf/todoscuadros/6831EEB39C0A5E2F032586CB006834CA?opendocument>

Flores, K.; Ferreira, L. (2015). *Análisis Estadístico De Datos Pluviográficos De Buenos Aires En El Período 1961-2013*. Departamento de Hidrometeorología, Servicio Meteorológico Nacional. XII CONGREGMET, 26-29 de Mayo de 2015, Mar del Plata, Argentina. Recuperado de: <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/260#>

GCBA. (2018). *Especificaciones técnicas para encuadrar los estudios de suelos y aguas subterráneas en sitios potencialmente contaminados y/o sujetos a cambio de uso*. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/vfbs-pliego_especificaciones_tecnicas_suelos_y_aguas.pdf

Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.

Civeira, G. (2010). *Influence of Municipal Solid Waste Compost on Soil Properties and Plant Reestablishment in Peri-Urban Environments*. Chilean Journal of Agricultural Research 70(3):446-453. Recuperado de: https://oes.chileanjar.cl/files/V70_I3_2010_ENG_GabrielaCiveira.pdf

US EPA (2021). *LFG Energy Project Development Handbook*. Landfill Methane Outreach Program. Recuperado de: https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-07/pdh_full.pdf#%5B%7B%22num%22%3A456%2C%22gen%22%3A0%7D%2C%7B%22name%22%3A%22FitR%22%7D%2C-145%2C-4%2C757%2C796%5D

IPCC (2013). *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United

Kingdom and New York, NY, USA. Recuperado de: https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

FEMP - Federación Española de Municipios y Provincias (2011). *Estudio del Potencial de Reducción de Emisiones en los Vertederos Municipales*. FEMP - Federación Española de Municipios y Provincias. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Recuperado de: https://www.miteco.gob.es/images/es/resreduccionvertederosfemp_tcm30-178823.pdf

FENERCOM – Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (2010). *Guía de la Cogeneración*. Consejería de Economía y Hacienda. Recuperado de: <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2010/04/Guia-de-la-Cogeneracion-fenercom-2010.pdf>

Panesso, A. F.; Cadena, J. A.; Mora Flórez, J. J.; Ordoñez, M. (2011). *Análisis del Biogás Captado en un Relleno Sanitario como Combustible Primario para la Generación de Energía Eléctrica*. Scientia Et Technica, XVII (47), 23-28. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84921327006>

Perú. MINAM. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Calidad Ambiental. Lima. Recuperado de: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

Red Española de Compostaje (2015). *Ingeniería y aspectos técnicos de la estabilización aeróbica II.3*. Madrid, Spain: Mundi-Prensa. Recuperado de: <https://elibro.net/es/ereader/unsam/55268?page=29> .

Red Española de Compostaje (2014a). *Valoración de la fracción orgánica de residuos municipales: materia prima, proceso y producto III.3*. Madrid, Spain: Mundi-Prensa. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/unsam/55263?page=100> .

Red Española de Compostaje (2014b). *Residuos orgánicos en la restauración/rehabilitación de suelos degradados III.4*. Madrid, Spain: Mundi-Prensa. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/unsam/55258?page=32> .

Rodríguez Salinas M. A. y Córdova y Vázquez A. (2006). *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Instituto Nacional de Ecología (INE). Deutsche Gesellschaft für Technische

Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Mexico. Recuperado de:
<http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual%20de%20Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf>

Sundaram, B., Feitz, A., Caritat, P. de, Plazinska, A., Brodie, R., Coram, J. and Ransley, T. (2009). *Groundwater Sampling and Analysis – A Field Guide*. Geoscience Australia, Record 2009/27 95 pp. Recuperado de: <https://www.phosynanalytical.com.au/wp-content/uploads/2012/04/GeoscienceAustralia.pdf>

Taylor, P., Owen, R., Tuinhof, A. (2010). Manual de Capacitación de Gestión de aguas subterráneas en la GIRH (Gestión integrada de los Recursos Hídricos). Cap-Net. AGW-net. GW-MATE. Recuperado de:
<https://www.argcapnet.org.ar/uploads/institucional/materiales/5a30385449880.pdf>

YPF (2012). *Ficha técnica N°17. Combustible: Gas Oil*. YPF S.A. Recuperado de:
<https://www.ypf.com/ProductosServicios/Documents/Gas%20Oil.pdf>

5 Anexos

5.1 Anexo I

Tabla 1: Niveles guía de calidad de agua para fuentes de agua de bebida humana con tratamiento convencional.

CONSTITUYENTE PELIGROSO	#CAS Y	NIVEL GUIA (ug/l)
ACIDO NITRIL-TRIACTICO	139-13-9	50
ACROLEINA	107-02-8	542
ALDICARB	116-06-3	3
ALDRIN	309-00-2	0.03
ALUMINIO (TOTAL)	7429-90-5	200
AMONIO (ug/1 NH4)	7664-41-7	50
ANTIMONIO (TOTAL)	7440-360	10
ARSENICO (TOTAL)	7440-38-2	50
ATRAZINA	1912-24-9	3
BARIO (TOTAL)	7440-39-3	1000
BENCENO	71-43-2	10
BENCIDINA	92-87-5	0.0015
BENDIOCARB	22781-23-3	40
BENZO(A) PIRENO	50-32-8	0.01
BERILIO (TOTAL)	7440-41-7	0.039
BHC-ALFA	319-84-6	0.131
BHC-BETA	319-85-7	0.232
BHC-GAMA (LINDANO)	58-89-9	3
BIS (2-CLOROETIL) ETER	111-44-4	3.85
BIS (CLOROMETIL) ETER	542-88-1	0.000038
BIS (2 CLOROISOPROPIL) ETER	108-60-1	5
BIS (ETILHELIX) FTALATO	117-81-7	21400
BORO (TOTAL)	7440-42-8	1000
BROMETANO	74-83-9	2
BROMOXIMIL	1689-84-5	5
CADMIO (TOTAL)	7440-43-9	5
CARBARIL	63-25-2	90
CARBOFURANO	1563-66-2	40
CIAZAZINA	21725-46-2	10
CIANURO (TOTAL)	57-12-5	100
CINC (TOTAL)	7440-66-6	5000
CLORDANO	57-74-9	0.3
CLOROBENCENO	108-90-7	100
CLOROFENOL (2-)	95-57-8	0.1
CLOROFORMO	67-66-3	30
CLOROMETANO	74-67-3	1.9

CLORPIRIFOS	2991-88-2	90
CLORURO DE VINILO	74-01-4	20
COBRE (TOTAL)	7440-50-8	1000
CROMO (TOTAL)	7440-47-3	50
CROMO (+6)	18540-29-9	50
D (2,4-)	94-75-7	100
DDT	50-29-3	1
DIAZINON	333-41-5	20
DIBROMOCLOROPROPANO (DBCP)	96-12-8	0.2
DIBROMOETILENO	106-93-4	0.05
DICAMBA	1918-00-9	120
DICLOFOP-METIL	51338-27-3	9
DICLOROBENCENO (1,2-)	95-50-1	200
DICLOROBENCENO (1,4-)	106-46-7	5
DICLOROETANO (1,2-)	107-06-2	10
DICLOROETILENO (1,1-)	75-35-4	0.3
DICLOROETILENO (1,2-sis)	540-59-0	70
DICLOROETILENO (1,2-trans)	156-60-5	100
DICLOROFENOL (2,4-)	120-83-2	0.03
DICLOROMETANO	75-09-2	50
DICLOROPROPANO (1,2-)	78-87-5	5
DICLOROPROPILENO (1,2-)	563-54-2	87
DIELDRIN	60-57-1	0.03
DIMETILFENOL (2,4-)	105-67-9	400
DIMETOATO	60-51-5	20
DINITROFENOL (2,4-)	51-28-5	70
DINITROTOLUENO (2,4-)	121-14-2	1.1
DIQUAT	85-00-7	70
DIURON	330-54-1	150
ENDOSULFAN	108-60-1	138
ENDRIN	72-20-8	0.2
ESTIRENO	100-42-5	100
ETILBENCENO	100-41-4	700
FENOL	108-95-2	2
FLUORANTENO	206-44-0	190
FLUORURO (TOTAL)	16984-48-8	1500
FORATO	298-02-2	2
GLIFOSATO	1071-83-6	280
HEPTACLORO	76-44-88	0.1
HEPTACLORO EPOXIDO	1024-57-3	0.1
HEXACLOROBENCENO	118-74-1	0.01

HEXACLOROBUTADIENO	87-68-3	4.5
HEXACLOROCICLOPENTADIENO	77-47-4	1
HEXACLOROETANO	67-72-1	24
HIDROCARB. AR. POLINUCLEARES	74-87-3	0.03
HIERRO (TOTAL)	7439-89-6	300
ISOFORONE	78-59-1	5
MALATION	121-75-5	190
MANGANESO (TOTAL)	7439-96-5	100
MERCURIO (TOTAL)	7439-97-6	1
METIL PARATION	298-00-0	7
METIL AZINFOS (GUTION)	86-50-0	20
METOLACLOR	51218-45-2	50
METOXICLORO	72-43-5	30
METRIBUZINA	21087-64-9	80
NIQUEL (TOTAL)	7440-02-0	25
NITRATO	1918-00-9	10000
NITRITO	51338-27-3	1000
NITROBENCENO	98-95-3	30
ORGANOCLORADOS TOTALES	106-46-7	10
ORGANOCLORADOS (NO PLAG.)	107-06-2	1
PARAQUAT	1910-42-5	10
PARATION	56-38-2	50
PCB (TOTAL)	1336-36-3	0.00079
PCB - 1016 (AROCHLOR 1016)	12674-11-2	2
PCB - 1221 (AROCHLOR 1221)	11104-28-2	2
PCB - 1232 (AROCHLOR 1232)	11141-16-5	2
PCB - 1242 (AROCHLOR 1242)	53469-21-9	2
PCB - 1248 (AROCHLOR 1248)	12672-29-6	2
PCB - 1254 (AROCHLOR 1254)	11097-69-1	2
PCB - 1260 (AROCHLOR 1260)	11096-82-5	2
PENTAFLUOROBENCENO	608-93-5	572
PENTAFLUOROFENOL	87-86-5	10
PLAGUICIDAS TOTALES	85-00-7	100
PLATA (TOTAL)	7440-22-4	50
PLOMO (TOTAL)	7439-92-1	50
SELENIO (TOTAL)	7782-49-2	10
SIMAZINE	122-34-9	10
T (2,4,5-)	93-76-5	280
TALIO (TOTAL)	7440-28-0	18
TEMEFOS	3383-96-8	280
TERBUFOS	13071-79-9	1

TETRACLOROETANO (1,1,2,2-)	79-34-5	1.7
TETRACLOROETILENO	127-18-4	10
TETRACLOROFENOL (2,3,4,6-)	58-90-2	1
TETRACLORURO DE CARBONO	56-23-5	3
TOLUENO	108-88-3	1000
TOXAFENO	8001-35-2	5
TP (2,4,5-)	93-72-1	10
TRIALATO	2303-17-5	230
TRIBROMOMETANO	75-25-2	2
TRICLOROETANO (1,1,1-)	71-55-6	200
TRICLOROETANO (1,1,2-)	79-00-5	6
TRICLOROETILENO	79-01-6	30
TRICLOROFENOL (2,3,4-)	15950-66-0	10
TRICLOROFENOL (2,4,6-)	88-06-2	10
TRICLOROFLUORMETANO	75-69-4	2
TRIALOMETANOS	86-50-0	100
URANIO TOTAL	51218-45-2	100
XILENOS (TOTALES)0	1330-20-7	10000

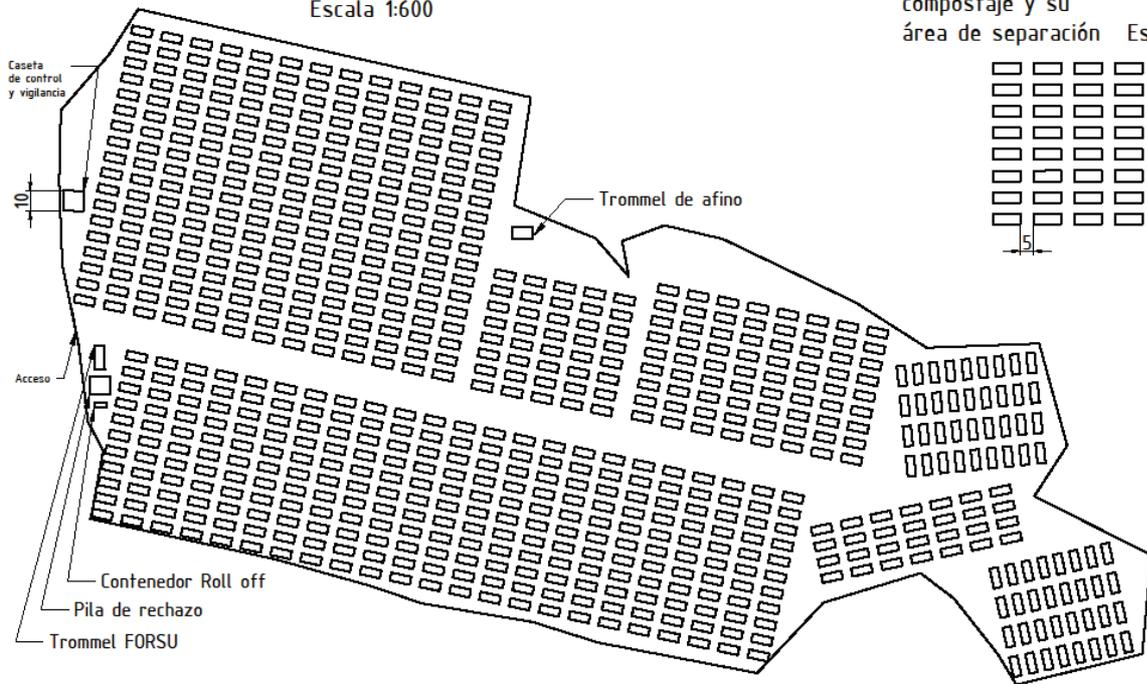
Tabla 2: Niveles guía de calidad de suelos (ug/g peso seco).

CONSTITUYENTE PELIGROSO	# C A S	USO AGRICOLA	USO RESIDENCIAL	USO INDUSTRIAL
ACIDO FTALICO, ESTERES		30		J
ALIFATICOS CLORADOS		0.1	5	50
ALIFATICOS NO CLORADOS		0.3		
ANTIMONIO (TOTAL)	7440-36-0	20	20	40
ARSENICO (TOTAL)	7440-38-2	20	30	50
BARIO (TOTAL)	7440-39-3	750	500	2000
BENCENO	71-43-2	0.05	0.5	5
BENZO(A) ANTRACENO	56-55-3	0.1	1	10
BENZO(A) PIRENO	50-32-8	0.1	1	10
BENZO(b)FLUORANTENO	205-99-2	0.1	1	10
BENZO(k) FLUORANTANO	207-08-9	0.1	1	10
BERILIO (TOTAL)	7440-41-7	4	4	8
BORO	7440-42-8	2		
CADMIO (TOTAL)	7440-43-9	3	5	20
CIANURO (LIBRE)		0.5	10	100
CIANURO (TOTAL)	57-12-5	5	50	500
CINC (TOTAL)	7440-66-6	600	500	1500
CLOROBENCENO	108-90-7	0.1	1	
CLOROBENCENOS		0.05	2	10
CLOROFENOLES	95-57-8	0.05	0.5	5

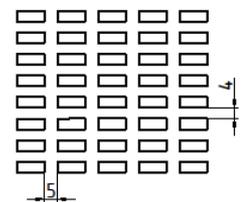
COBALTO		40	50	300
COBRE (TOTAL)	7440-50-8	150	100	500
COMP. FEN. NO CLORADOS		0.1	1	10
CROMO (TOTAL)	7440-47-3	750	250	800
CROMO (+6)	18540-29-9	8	8	
DIBENZO (AH) ANTRACENO	53-70-3	0.1	1	10
DICLOROBENCENO (1,2-)	95-50-1	0.1	1	10
DICLOROBENCENO (1,3-)	541-73-1	0.1	1	10
DICLOROBENCENO (1,4-)	106-46-7	0.1	1	10
ESTAÑO	7440-31-5	5	50	300
ESTIRENO	100-42-5	0.1	5	50
ETILBENCENO	100-41-4	0.1	5	50
FENANTRENO	85-01-8	0.1	5	50
FLUORURO (TOTAL)	16984-48-8	200	400	2000
HEXACLOROBENCENO	118-74-1	0.05	2	10
HEXACLOROCICLOHEXANO	60-87-31	0.01		
INDENO(1,2,3-CD) PIRENO	193-39-5	0.1	1	10
MERCURIO (TOTAL)	7439-97-6	0.8	2	20
MOLIBDENO		5	10	40
NAFTALENO	91-20-3	0.1	5	50
NIQUEL (TOTAL)	7440-02-0	150	100	500
PCB's		0.5	5	50
PCDDs Y PCDFs		0.00001	0.001	
PIRENO	129-00-0	0.1	10	100
PLATA (TOTAL)	7440-22-4	20	20	40
PLOMO (TOTAL)	7439-92-1	375	500	1000
QUINOLEINA	91-22-5	0.1		
SELENIO (TOTAL)	7782-49-2	2	3	10
SULFURO (ELEMENTAL)		500		
TALIO (TOTAL)	7440-28-0	1		
TIOFENO		0.1		
TOLUENO	108-88-3	0.1	3	30
VANADIO		200	200	
XILENOS (TOTALES)	1330-20-7	0.1	5	50

5.2 Anexo II

Vista superior sitio de intervención con 695 pilas de compostaje
Escala 1:600

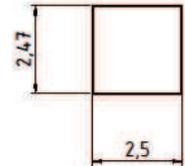
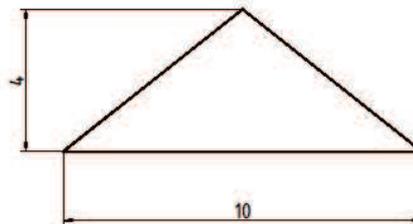
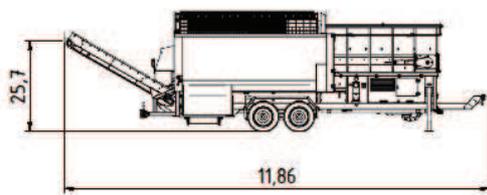


Detalle pilas de compostaje y su área de separación
Escala 1:800

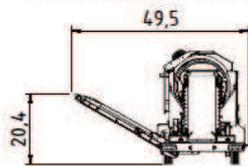


Dibujó:	Fecha:	Nombre:	saneamiento de basurales a cielo abierto y remediación de sitio en la Cuenca Matanza Riachuelo	 Universidad Nacional de San Martín
Revisó:	02/09/22	C. S. Merino		
Aprobó:				
Escala:	Erradicación BCA intervenido y pilas de compostaje			Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental I ₂ A_16_941/
Piano N°:	E1			Alumno: Celeste Sofía Merino Carrera: Ingeniería Ambiental

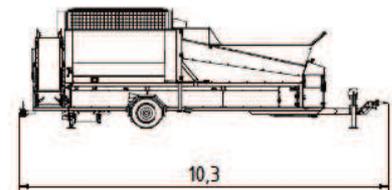
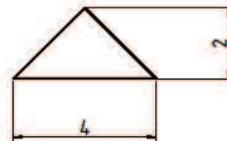
Tren de segregación FORSU: Trommel, pila de rechazo y contenedor roll off



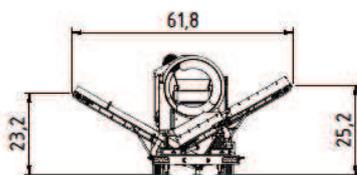
Vista lateral Trommel T40



Tren de afino: Pila de compostaje y Trommel

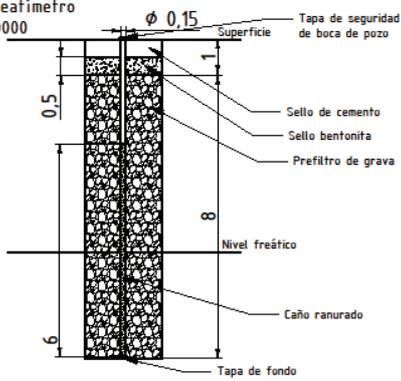


Vista lateral Trommel T30

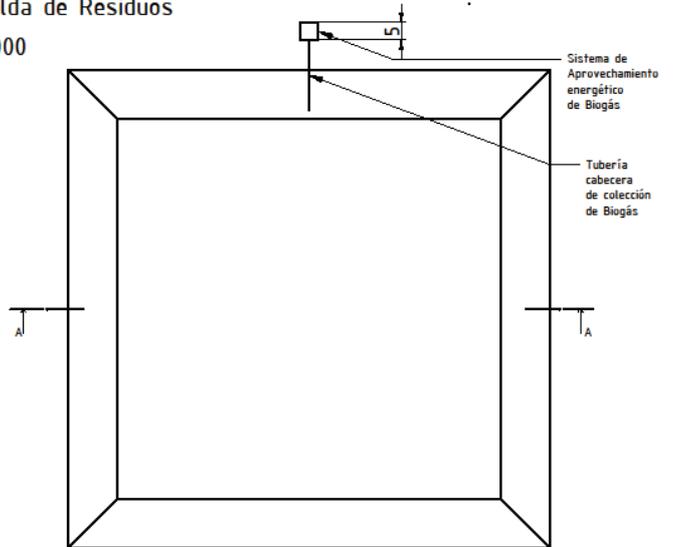


Elaboró:	Fecha:	Nombre:	Consentimiento de bioreservas a cielo abierto y reanexión de sitio en la Cuenca Marañón Riochuro	 Universidad Nacional de San Martín Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental I ² A_11_5247
Revisó:	26/09/22	C. G. Merino		
Aprobó:				
Escala:	Eradicación Segregación FORSU y Afino de compost			Alumno: Celeste Sofía Merino Carrera: Ingeniería Ambiental
Plano N°:	E2			

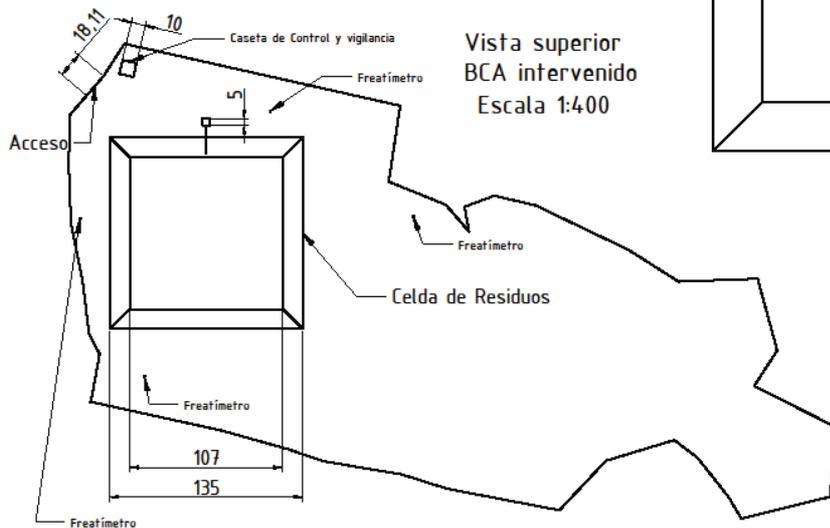
Detalle Freatímetro
Escala 1:10000



Detalle Celda de Residuos
Escala 1:1000

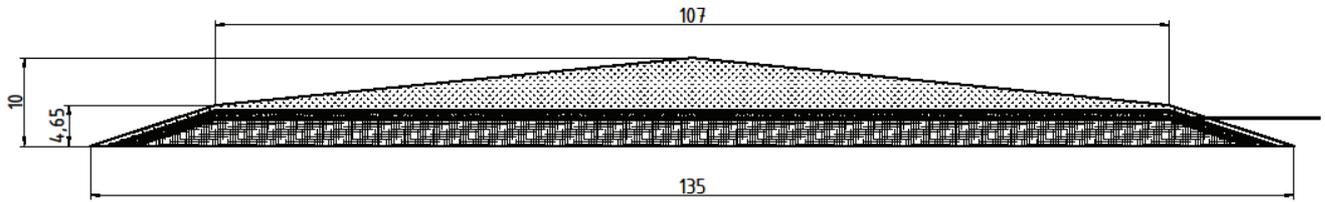


Vista superior
BCA intervenido
Escala 1:400

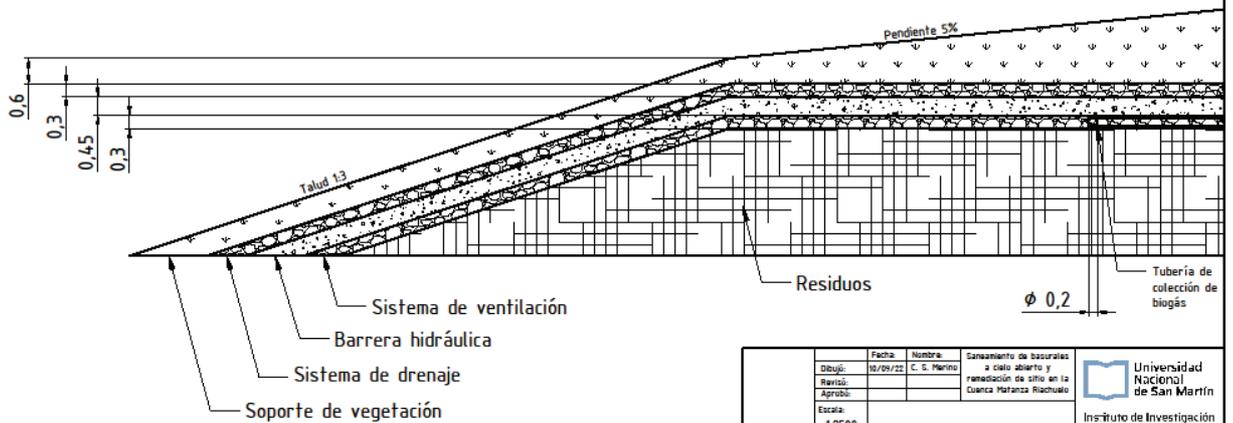


Fecha:	Nombre:	Consentimiento de sacralidad a cielo abierto y remediación de sitio en la Cuenca Holarca Riachuelo	 Universidad Nacional de San Martín Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental IIA-UNSAM
Dibujó:	10/09/22	C. S. Merino	
Revisó:			
Aprobó:			Alumna: Celeste Sofía Merino
Escala:	Cierre Técnico BCA intervenido, Celda de Residuos y Freatímetros		Carera: Ingeniería Ambiental
Plano N°:	CT1		

Vista lateral Corte A
Escala 1:2500



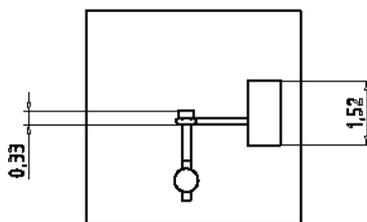
Detalle capas Cobertura final
Escala 1:12000



Fecha:	Nombre:	Saneamiento de basurales a ciclo abierto y remediación de sitio en la Cuenca Hielanca Riachuelo	 Universidad Nacional de San Martín
Dibujó:	C. S. Merino		
Revisó:			
Aprobó:			
Escala:	Cierre Técnico Cobertura final		Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental IICA-UNSAM
Plano N°:			

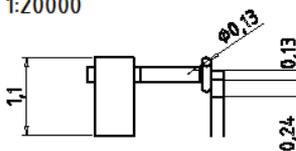
Vista superior de sistema de aprovechamiento de biogás

Escala 1:12000



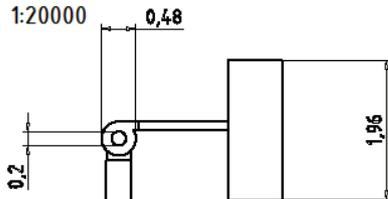
Vista lateral derecha de sistema de aprovechamiento de biogás

Escala 1:20000



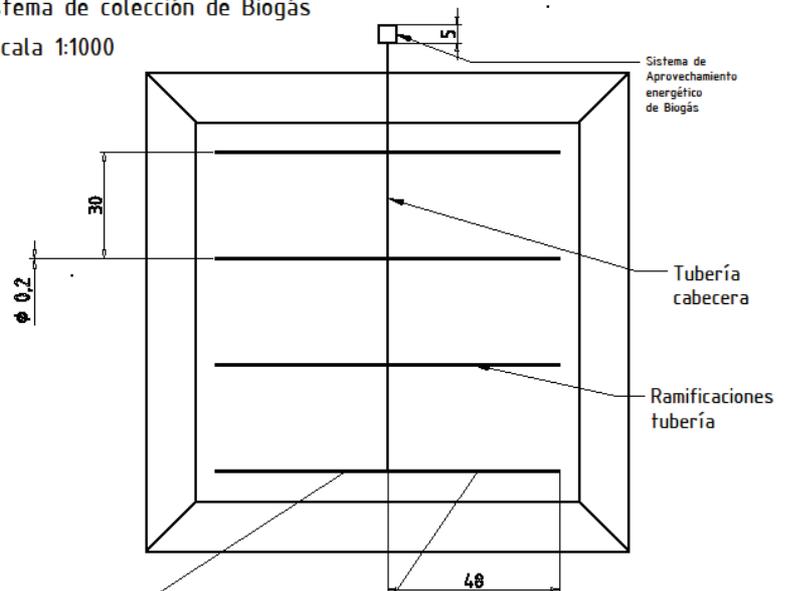
Vista anterior de sistema de aprovechamiento de biogás

Escala 1:20000



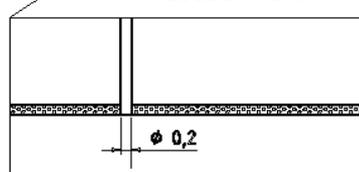
Detalle Celda de Residuos y Sistema de colección de Biogás

Escala 1:1000



Detalle Tubería de colección de Biogás

Escala 1:15000



Fecha:	Nombre:	Consentimiento de licencias:	 Universidad Nacional de San Martín
Dibujó:	19/09/22	C. S. Merino	
Revisó:			
Aprobó:			
Escala:	Cierre Técnico Sistema de colección y aprovechamiento de Biogás		Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental IIA-UNSAM
Plano N°:	CT3		

5.3 Anexo III

Tabla 1: Costos de los ítems de Mantenimiento de la alternativa Cierre técnico.

Año	Ingreso por balance energético	Costo muestreo suelo	Costo red monitoreo agua subterránea	Sueldo control y vigilancia	Mantenimiento	Costos totales
2021	-\$1,584,928.79	\$7,724,529.90	\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$10,649,317.91
2022	-\$1,506,777.94	\$7,724,529.90	\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$10,727,468.76
2023	-\$1,432,438.54		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,077,278.26
2024	-\$1,361,724.73		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,147,992.07
2025	-\$1,294,459.66		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,215,257.14
2026	-\$1,230,475.15		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,279,241.65
2027	-\$1,169,611.21		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,340,105.59
2028	-\$1,111,715.63		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,398,001.17
2029	-\$1,056,643.65		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,453,073.15
2030	-\$1,004,257.57		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,505,459.23
2031	-\$954,426.39		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,555,290.41
2032	-\$907,025.50		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,602,691.30
2033	-\$861,936.38		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,647,780.42
2034	-\$819,046.28		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,690,670.52
2035	-\$778,247.95		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,731,468.85
2036	-\$739,439.39		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,770,277.41
2037	-\$702,523.54		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,807,193.26
2038	-\$667,408.10		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,842,308.70
2039	-\$634,005.25		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,875,711.55
2040	-\$602,231.49		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,907,485.31
2041	-\$572,007.35		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,937,709.45
2042	-\$543,257.25		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,966,459.55
2043	-\$515,909.32		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$3,993,807.48
2044	-\$489,895.16		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$4,019,821.64
2045	-\$465,149.73		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$4,044,567.07
2046	-\$441,611.14		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$4,068,105.66
2047	-\$419,220.55		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$4,090,496.25
2048	-\$397,921.95		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$4,111,794.85
2049	-\$377,662.11		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$4,132,054.69
2050	-\$358,390.34		\$396,116.80	\$2,613,600.00	\$1,500,000.00	\$4,151,326.46

5.4 Anexo IV

Tabla 1: Características de sitios BCA relevados en diagnóstico.

Basural	Área (m2)	Volumen (m3)	Año apertura aproximada	Valoración según criterios				IPS
				Vol	Pob	Sup	Acu	
Acoyte	5400.5	3467.6		1	1	3	2	Media
Aguaribay	11573.2	7431.0	2010	2	2	3	2	Media
Almafuerte	42992.6	26658.8	2004	3	2	2	2	Media
Almafuerte 2	8064.9	5178.4	2004	2	2	2	2	Media
Amat	11474.5	7367.7		2	2	3	1	Media
Arroyo Ortega	2671.9	1715.6		1	1	2	2	Baja
Arroyo Susana	8811.1	5657.5		2	2	3	1	Media
Arroyo Susana 2	31340.0	20123.1		3	3	3	1	Alta
Arroyo Susana 3	10269.6	6594.0		2	2	3	1	Media
Avenida Argentina	9684.9	6218.6		2	2	1	2	Media
Avenida Ingeniero Huergo	16865.7	10829.3	2015	2	1	2	2	Media
Ayacucho	34270.1	22004.5	2018	3	1	2	1	Media
Bacara	2220.3	1425.7		1	2	2	3	Media
Baliza Chiriguano I	1115.7	716.4	2010	1	1	2	2	Baja
Barrio 17 de Octubre	13821.7	8874.8	2004	2	2	3	2	Media
Barrio 17 de Octubre 2	12439.5	7987.3	2004	2	2	3	2	Media
Barrio 17 de Octubre 3	38550.9	24753.2	2016	3	3	3	2	Alta
Barrio 17 de Octubre 4	19615.2	12594.8	2019	2	3	2	3	Alta
Barrio 17 de Octubre 5	112422.7	72185.6	2008	3	3	3	2	Alta
Barrio Costa Azul	15285.4	9814.6		2	2	2	2	Media
Barrio Jose Hernandez	2708.5	1739.1		1	2	3	2	Media
Barrio Roggio I	1594.9	1024.0		1	3	1	2	Media
Barrio Roggio II	6225.7	3997.4		1	2	1	2	Baja
Barrio Roggio III	3385.6	2173.8		1	2	1	2	Baja
Barrio Sarmiento	71375.9	45829.8	2000	3	3	3	1	Alta
Berna	9600.3	6164.3	2005	2	3	1	3	Media
Besares	4738.7	3042.6		1	2	2	1	Baja
Cañuelas	31809.0	20424.3	2017	3	1	2	2	Media
Cascotera el Vesubio	18588.6	11935.6		2	2	3	2	Media
Cascotera Russo	13403.1	6475.8	2005	2	2	1	2	Media
Cespedes	39799.3	25554.8		3	3	1	2	Media
Club Aleman	25960.6	16669.1		3	2	2	1	Media
Colectora General Paz	15578.8	10003.0		2	3	1	3	Media
Colonia	5641.5	3878.0	2010	1	3	1	3	Media

Darragueira I	10989.5	7056.2		2	2	2	2	Media
De Los Incas	5898.4	3787.3		1	3	1	3	Media
De Sanzio	11498.2	8265.5	2010	2	2	2	2	Media
Defensa	355.6	228.3	2009	1	2	2	3	Media
Doblas	29015.7	54263.5	2012	3	1	2	2	Media
Dolores	2408.8	1546.6	2008	1	1	2	2	Baja
Edison	27466.5	11243.0	2010	2	2	2	2	Media
El Plata	17354.8	1943.2	2004	1	2	1	3	Media
Fair	27212.1	17472.7	2005	3	2	3	2	Alta
Fair 2	10587.5	6798.2	2016	2	1	3	2	Media
Galasso	6203.0	3982.9		1	2	2	1	Baja
General Villegas	22620.4	14524.4		2	1	3	1	Media
Granja Don Oscar	2427.0	1558.4		1	1	2	2	Baja
Itati	9476.7	6084.9		2	3	3	2	Alta
Juana de Arco	13604.0	2532.0	2002	1	1	2	2	Baja
Juana de Arco 2	10784.8	6924.8	2019	2	1	2	2	Media
Juana de Arco 3	103709.2	4108.9	2011	1	1	2	1	Baja
Juana de Arco 4	87730.6	77658.8	2002	3	1	2	2	Media
Junin	9522.5	6114.3		2	1	3	1	Media
La Bastilla	58579.4	37613.3		3	3	2	2	Alta
La Bastilla 2	9445.6	6064.9		2	3	2	2	Media
La Ribera	36000.0	23115.3		3	2	3	1	Media
Larsen	3406.2	2187.1		1	3	1	3	Media
Las Camelias I	6481.2	4161.5		1	2	1	2	Baja
Las Camelias II	3593.4	2307.3		1	3	1	2	Media
Lavalleja I	131815.3	48767.6	2005	3	3	1	2	Media
Los Achiras	870.6	559.0		1	3	2	2	Media
Magnasco	1481.0	950.9		1	2	1	2	Baja
Mar del Plata	22195.8	14251.7		2	1	3	2	Media
Marconi I	25557.9	16410.5		3	2	3	3	Alta
Marconi II	3399.0	2182.5		1	2	3	3	Media
Matanza	59233.9	38033.5		3	3	3	2	Alta
Norquin	6473.4	4156.5	2012	1	2	1	2	Baja
Pedro Echague	11334.3	7277.7	2016	2	2	3	2	Media
Peñaloza	6096.3	3914.4		1	2	2	3	Media
Polledo	48912.6	31406.3	2010	3	3	2	1	Media
Predio Arce	6271.1	4026.6		1	3	1	1	Baja
Predio Ayacucho	16560.6	10633.4	2012	2	2	2	1	Media

Predio Cespedes	61410.0	82469.6	2004	3	1	2	2	Media
Predio Cipres	42657.1	21491.8	2012	3	1	2	1	Media
Predio Mainer	19507.5	12525.6		2	2	2	2	Media
Predio Palermo	29848.3	19165.3		3	1	2	3	Media
Puente Molina	29267.9	18792.7		3	1	3	2	Media
Ramon Carrillo	238892.5	1057908.1	2000	3	3	3	1	Alta
RamonCarrillo 2	125703.3	80712.9	2008	3	3	2	2	Alta
Recuero II	27354.5	17564.1		3	3	3	1	Alta
Rotonda Querandi	11267.1	7234.5		2	2	1	2	Media
Ruta 16 Banquina	21329.8	13695.7		2	1	2	1	Baja
Ruta 3	70367.9	39218.4	2006	3	2	2	2	Media
Teuco	6350.5	4077.6		1	2	2	1	Baja
Tristan Suarez	133965.8	278093.4	2004	3	1	1	1	Baja
Tuyu	36002.4	23116.8		3	2	3	1	Media
Vicente Ibañez	123496.5	79296.0		3	2	3	2	Alta
Villa Palito	97525.6	62620.3		3	3	1	3	Alta
Vogel	929.8	597.0		1	3	1	3	Media

5.5 Anexo V

Tabla 1: Parámetros para remoción de los residuos de todos los BCA.

Basural	V Basural (m3)	m Basural (ton)	m FORSU (ton)	m Rechazo (ton)	V Rechazo (m3)	t retiro residuos (día)	Cant. viajes	Dist. a Relleno (km)
Defensa	228.35	137.01	56.67	80.34	160.68	1	3	44.65
Los Achiras	559.03	335.42	138.73	196.69	393.38	2	3	25.51
Vogel	597.01	358.21	148.15	210.05	420.11	2	3	20.74
Baliza Chiriguano I	716.37	429.82	177.77	252.05	504.09	3	3	19.02
Magnasco	950.94	570.56	235.99	334.58	669.16	4	3	9.53
Barrio Roggio I	1024.04	614.42	254.13	360.30	720.60	4	3	20.80
Bacara	1425.66	855.40	353.79	501.61	1003.21	6	3	36.49
Dolores	1546.65	927.99	383.82	544.17	1088.35	6	3	18.76
Granja Don Oscar	1558.38	935.03	386.73	548.30	1096.60	6	3	21.22
Arroyo Ortega	1715.58	1029.35	425.74	603.61	1207.22	7	3	17.45
Barrio Jose Hernandez	1739.13	1043.48	431.58	611.90	1223.79	7	3	24.51
El Plata	1943.17	1165.90	482.22	683.68	1367.37	8	3	31.38
Barrio Roggio III	2173.83	1304.30	539.46	764.84	1529.68	9	3	20.42
Marconi II	2182.49	1309.50	541.61	767.89	1535.78	9	3	17.11
Larsen	2187.12	1312.27	542.75	769.51	1539.03	9	3	20.92
Las Camelias II	2307.30	1384.38	572.58	811.80	1623.60	9	3	20.23
Juana de Arco	2531.99	1519.19	628.34	890.86	1781.71	10	3	21.65
Besares	3042.65	1825.59	755.06	1070.52	2141.05	12	3	13.20
Acoyte	3467.63	2080.58	860.53	1220.05	2440.10	14	3	2.04
De Los Incas	3787.31	2272.39	939.86	1332.53	2665.05	15	3	21.31
Colonia	3877.98	2326.79	962.36	1364.43	2728.86	16	3	22.61
Peñaloza	3914.40	2348.64	971.40	1377.24	2754.48	16	3	21.80
Galasso	3982.90	2389.74	988.40	1401.35	2802.69	16	3	29.37
Barrio Roggio II	3997.44	2398.47	992.01	1406.46	2812.92	16	3	20.32
Predio Arce	4026.63	2415.98	999.25	1416.73	2833.46	16	3	28.23
Teuco	4077.59	2446.55	1011.90	1434.66	2869.32	16	3	11.47
Juana de Arco 3	4108.90	2465.34	1019.66	1445.68	2891.35	16	3	22.58
Norquin	4156.50	2493.90	1031.48	1462.42	2924.85	17	3	16.36
Las Camelias I	4161.54	2496.92	1032.73	1464.20	2928.39	17	3	20.05
Almafuerte 2	5178.41	3107.05	1285.08	1821.97	3643.95	21	3	17.77
Arroyo Susana	5657.53	3394.52	1403.97	1990.55	3981.09	23	3	13.67
La Bastilla 2	6064.90	3638.94	1505.07	2133.88	4267.75	24	3	16.17
Itati	6084.87	3650.92	1510.02	2140.90	4281.80	24	3	25.09
Junin	6114.28	3668.57	1517.32	2151.25	4302.50	24	3	22.62
Berna	6164.27	3698.56	1529.72	2168.84	4337.67	25	3	23.06

Avenida Argentina	6218.61	3731.17	1543.21	2187.96	4375.91	25	3	25.99
Cascotera Russo	6475.76	3885.45	1607.02	2278.43	4556.86	26	3	15.47
Arroyo Susana 3	6594.01	3956.40	1636.37	2320.03	4640.07	26	3	13.27
Fair 2	6798.17	4078.90	1687.03	2391.87	4783.73	27	3	14.62
Juana de Arco 2	6924.84	4154.90	1718.47	2436.43	4872.87	28	3	21.91
Darragueira I	7056.23	4233.74	1751.07	2482.67	4965.33	28	3	35.82
Rotonda Querandi	7234.53	4340.72	1795.32	2545.40	5090.79	29	3	20.56
Pedro Echague	7277.68	4366.61	1806.03	2560.58	5121.16	29	3	26.03
Amat	7367.68	4420.61	1828.36	2592.24	5184.49	29	3	22.12
Aguaribay	7431.02	4458.61	1844.08	2614.53	5229.06	30	3	14.41
Barrio 17 de Octubre 2	7987.27	4792.36	1982.12	2810.24	5620.48	32	3	17.07
De Sanzio	8265.49	4959.29	2051.16	2908.13	5816.26	33	3	19.91
Barrio 17 de Octubre	8874.79	5324.87	2202.37	3122.51	6245.01	35	3	17.37
Barrio Costa Azul	9814.62	5888.77	2435.60	3453.18	6906.35	39	3	6.36
Colectora General Paz	10003.00	6001.80	2482.34	3519.46	7038.91	40	3	28.66
Predio Ayacucho	10633.42	6380.05	2638.79	3741.26	7482.52	43	3	21.71
Avenida Ingeniero Huergo	10829.34	6497.60	2687.41	3810.19	7620.39	43	3	19.22
Edison	11243.04	6745.82	2790.07	3955.75	7911.50	45	3	13.49
Cascotera el Vesubio	11935.55	7161.33	2961.93	4199.40	8398.81	48	3	22.41
Predio Mainer	12525.59	7515.36	3108.35	4407.00	8814.01	50	3	16.69
Barrio 17 de Octubre 4	12594.77	7556.86	3125.52	4431.35	8862.69	50	3	17.59
Ruta 16 Banquina	13695.66	8217.40	3398.72	4818.68	9637.36	55	3	24.95
Mar del Plata	14251.70	8551.02	3536.70	5014.32	10028.64	57	3	20.76
General Villegas	14524.38	8714.63	3604.37	5110.26	10220.52	58	3	19.58
Marconi I	16410.52	9846.31	4072.43	5773.88	11547.75	66	3	16.75
Club Aleman	16669.06	10001.43	4136.59	5864.84	11729.68	67	3	22.43
Fair	17472.67	10483.60	4336.02	6147.58	12295.16	70	3	14.84
Recuero II	17564.08	10538.45	4358.70	6179.75	12359.49	70	3	13.88
Puente Molina	18792.66	11275.60	4663.59	6612.01	13224.02	75	3	1.09
Predio Palermo	19165.30	11499.18	4756.06	6743.12	13486.24	77	3	13.36
Arroyo Susana 2	20123.12	12073.87	4993.75	7080.12	14160.24	80	3	13.47
Cañuelas	20424.26	12254.55	5068.48	7186.07	14372.14	82	3	33.77
Predio Cipres	21491.81	12895.08	5333.41	7561.68	15123.35	86	3	24.14
Ayacucho	22004.51	13202.71	5460.64	7742.07	15484.13	88	3	21.32
La Ribera	23115.30	13869.18	5736.29	8132.89	16265.77	92	3	27.70
Tuyu	23116.82	13870.09	5736.67	8133.42	16266.85	92	3	11.69

Barrio 17 de Octubre 3	24753.16	14851.90	6142.75	8709.15	17418.31	99	3	17.19
Cespedes	25554.75	15332.85	6341.67	8991.18	17982.37	102	3	14.06
Almafuerte	26658.81	15995.29	6615.65	9379.64	18759.27	107	3	17.21
Polledo	31406.31	18843.79	7793.79	11050.00	22099.99	126	3	18.97
La Bastilla	37613.30	22567.98	9334.12	13233.86	26467.72	150	3	15.79
Matanza	38033.53	22820.12	9438.40	13381.72	26763.43	152	3	23.22
Barrio Sarmiento	45829.84	27497.90	11373.13	16124.77	32249.54	92	6	26.98
Lavalleja I	48767.63	29260.58	12102.17	17158.40	34316.80	98	6	15.61
Doblas	54263.46	32558.08	13466.02	19092.06	38184.11	109	6	17.54
Villa Palito	62620.28	37572.17	15539.85	22032.32	44064.64	125	6	22.59
Barrio 17 de Octubre 5	72185.62	43311.37	17913.58	25397.79	50795.58	144	6	17.76
Juana de Arco 4	77658.76	46595.25	19271.80	27323.46	54646.91	155	6	20.25
Vicente Ibañez	79295.98	47577.59	19678.09	27899.50	55799.00	159	6	5.70
RamonCarrillo 2	80712.94	48427.77	20029.72	28398.04	56796.08	161	6	25.00
Predio Cespedes	82469.65	49481.79	20465.67	29016.12	58032.24	165	6	17.34
Tristan Suarez	278093.41	166856.05	69011.66	97844.39	195688.77	556	6	13.88
Ramon Carrillo	1057908.07	634744.84	262530.47	372214.38	744428.75	2116	6	25.86

Tabla 2: Muestras a analizar para corroborar contaminación en todos los sitios.

Basural	Area (Ha)	Muestras de Suelo superficial	Muestras de Suelo en profundidad	Muestras Agua subterránea
Defensa	0.036	2	4	1
Los Achiras	0.087	2	12	1
Vogel	0.093	2	12	1
Baliza Chiriguano I	0.112	3	18	1
Magnasco	0.148	3	18	1
Barrio Roggio I	0.159	3	18	1
Bacara	0.222	3	6	1
Dolores	0.241	3	18	1
Granja Don Oscar	0.243	3	18	1
Arroyo Ortega	0.267	3	18	1
Barrio Jose Hernandez	0.271	3	6	1
El Plata	1.735	7.5	75	6
Barrio Roggio III	0.339	3	18	2
Marconi II	0.340	3	18	2
Larsen	0.341	3	18	2
Las Camelias II	0.359	3	18	2
Juana de Arco	1.360	7.5	45	5
Besares	0.474	3	18	2

Acoyte	0.540	4.5	27	2
De Los Incas	0.590	4.5	27	2
Colonia	0.564	4.5	27	2
Peñaloza	0.610	4.5	9	2
Galasso	0.620	4.5	9	2
Barrio Roggio II	0.623	4.5	27	2
Predio Arce	0.627	4.5	9	2
Teuco	0.635	4.5	27	2
Juana de Arco 3	10.371	16.5	99	32
Norquin	0.647	4.5	27	2
Las Camelias I	0.648	4.5	27	2
Almafuerte 2	0.806	4.5	27	3
Arroyo Susana	0.881	4.5	27	3
La Bastilla 2	0.945	4.5	27	3
Itati	0.948	4.5	9	3
Junin	0.952	4.5	45	3
Berna	0.960	4.5	27	3
Avenida Argentina	0.968	4.5	45	3
Cascotera Russo	1.340	7.5	45	5
Arroyo Susana 3	1.027	7.5	45	4
Fair 2	1.059	7.5	45	4
Juana de Arco 2	1.078	7.5	45	4
Darragueira I	1.099	7.5	15	4
Rotonda Querandi	1.127	7.5	45	4
Pedro Echague	1.133	7.5	75	4
Amat	1.147	7.5	75	4
Aguaribay	1.157	7.5	45	4
Barrio 17 de Octubre 2	1.244	7.5	45	4
De Sanzio	1.150	7.5	15	4
Barrio 17 de Octubre	1.382	7.5	45	5
Barrio Costa Azul	1.529	7.5	45	5
Colectora General Paz	1.558	7.5	45	5
Predio Ayacucho	1.656	7.5	75	5
Avenida Ingeniero Huergo	1.687	7.5	15	6
Edison	2.747	9.5	57	9
Cascotera el Vesubio	1.859	7.5	45	6
Predio Mainer	1.951	7.5	45	6
Barrio 17 de Octubre 4	1.962	7.5	45	6
Ruta 16 Banquina	2.133	9.5	57	7
Mar del Plata	2.220	9.5	19	7
General Villegas	2.262	9.5	57	7

Marconi I	2.556	9.5	57	8
Club Aleman	2.596	9.5	95	8
Fair	2.721	9.5	57	9
Recuero II	2.735	9.5	57	9
Puente Molina	2.927	9.5	57	9
Predio Palermo	2.985	9.5	57	9
Arroyo Susana 2	3.134	10.5	63	10
Cañuelas	3.181	10.5	21	10
Predio Cipres	4.266	11.5	69	13
Ayacucho	3.427	10.5	105	11
La Ribera	3.600	10.5	21	11
Tuyu	3.600	10.5	63	11
Barrio 17 de Octubre 3	3.855	10.5	63	12
Cespedes	3.980	10.5	63	12
Almafuerte	4.299	11.5	69	13
Polledo	4.891	11.5	69	15
La Bastilla	5.858	15	90	18
Matanza	5.923	15	30	18
Barrio Sarmiento	7.138	15	30	22
Lavalleja I	13.182	16.5	99	40
Doblas	2.902	9.5	57	9
Villa Palito	9.753	15	90	30
Barrio 17 de Octubre 5	11.242	16.5	99	34
Juana de Arco 4	8.773	15	90	27
Vicente Ibañez	12.350	16.5	99	38
RamonCarrillo 2	12.570	16.5	33	38
Predio Cespedes	6.141	15	90	19
Tristan Suarez	13.397	16.5	33	41
Ramon Carrillo	23.889	19	38	72

Tabla 3: Parámetros para planta de compostaje de todos los BCA.

Basural	m FORSU (ton)	V forsu (m3)	N pilas	A pilas (m2)	Area Basural (m2)	A separación (m2)	A Planta comp. (m2)	A disponible (m2)
Defensa	56.67	161.90	4.05	161.90	355.63	201.90	512.52	-156.89
Los Achiras	138.73	396.37	9.91	396.37	870.64	436.37	981.44	-110.80
Vogel	148.15	423.30	10.58	423.30	929.79	463.30	1035.30	-105.51
Baliza Chiriguano I	177.77	507.92	12.70	507.92	1115.68	547.92	1204.56	-88.88

Magnasco	235.99	674.24	16.86	674.24	1481.01	714.24	1537.19	-56.19
Barrio Roggio I	254.13	726.07	18.15	726.07	1594.85	766.07	1640.86	-46.00
Bacara	353.79	1010.84	25.27	1010.84	2220.35	1050.84	2210.38	9.97
Dolores	383.82	1096.62	27.42	1096.62	2408.77	1136.62	2381.94	26.83
Granja Don Oscar	386.73	1104.93	27.62	1104.93	2427.04	1144.93	2398.58	28.46
Arroyo Ortega	425.74	1216.40	30.41	1216.40	2671.86	1256.40	2621.50	50.37
Barrio Jose Hernandez	431.58	1233.09	30.83	1233.09	2708.55	1273.09	2654.90	53.65
El Plata	482.22	1377.76	34.44	1377.76	17354.82	1417.76	2944.23	14410.59
Barrio Roggio III	539.46	1541.31	38.53	1541.31	3385.55	1581.31	3271.33	114.23
Marconi II	541.61	1547.45	38.69	1547.45	3399.04	1587.45	3283.61	115.43
Larsen	542.75	1550.73	38.77	1550.73	3406.24	1590.73	3290.16	116.08
Las Camelias II	572.58	1635.94	40.90	1635.94	3593.41	1675.94	3460.59	132.83
Juana de Arco	628.34	1795.25	44.88	1795.25	13603.96	1835.25	3779.21	9824.75
Besares	755.06	2157.32	53.93	2157.32	4738.65	2197.32	4503.35	235.30
Acoyte	860.53	2458.65	61.47	2458.65	5400.53	2498.65	5106.01	294.52
De Los Incas	939.86	2685.31	67.13	2685.31	5898.40	2725.31	5559.33	339.07
Colonia	962.36	2749.60	68.74	2749.60	5641.47	2789.60	5687.91	-46.44
Peñalozza	971.40	2775.42	69.39	2775.42	6096.33	2815.42	5739.55	356.78
Galasso	988.40	2823.99	70.60	2823.99	6203.02	2863.99	5836.69	366.33
Barrio Roggio II	992.01	2834.30	70.86	2834.30	6225.67	2874.30	5857.31	368.36
Predio Arce	999.25	2855.00	71.37	2855.00	6271.13	2895.00	5898.70	372.42
Teuco	1011.90	2891.13	72.28	2891.13	6350.49	2931.13	5970.96	379.52
Juana de Arco 3	1019.66	2913.33	72.83	2913.33	103709.19	2953.33	6015.36	97693.83
Norquin	1031.48	2947.08	73.68	2947.08	6473.38	2987.08	6082.86	390.52
Las Camelias I	1032.73	2950.65	73.77	2950.65	6481.23	2990.65	6090.01	391.22
Almafuerte 2	1285.08	3671.64	91.79	3671.64	8064.92	3711.64	7531.99	532.93

Arroyo Susana	1403.97	4011.35	100.28	4011.35	8811.11	4051.35	8211.41	599.70
La Bastilla 2	1505.07	4300.19	107.50	4300.19	9445.55	4340.19	8789.09	656.47
Itati	1510.02	4314.35	107.86	4314.35	9476.65	4354.35	8817.40	659.25
Junin	1517.32	4335.20	108.38	4335.20	9522.46	4375.20	8859.11	663.35
Berna	1529.72	4370.64	109.27	4370.64	9600.30	4410.64	8929.99	670.31
Avenida Argentina	1543.21	4409.17	110.23	4409.17	9684.94	4449.17	9007.05	677.89
Cascotera Russo	1607.02	4591.50	114.79	4591.50	13403.13	4631.50	9371.70	4031.44
Arroyo Susana 3	1636.37	4675.34	116.88	4675.34	10269.58	4715.34	9539.38	730.20
Fair 2	1687.03	4820.09	120.50	4820.09	10587.55	4860.09	9828.90	758.65
Juana de Arco 2	1718.47	4909.91	122.75	4909.91	10784.82	4949.91	10008.52	776.30
Darragueira I	1751.07	5003.07	125.08	5003.07	10989.46	5043.07	10194.85	794.61
Rotonda Querandi	1795.32	5129.49	128.24	5129.49	11267.14	5169.49	10447.68	819.46
Pedro Echague	1806.03	5160.08	129.00	5160.08	11334.34	5200.08	10508.87	825.47
Amat	1828.36	5223.90	130.60	5223.90	11474.51	5263.90	10636.50	838.01
Aguaribay	1844.08	5268.80	131.72	5268.80	11573.16	5308.80	10726.32	846.84
Barrio 17 de Octubre 2	1982.12	5663.20	141.58	5663.20	12439.47	5703.20	11515.11	924.36
De Sanzio	2051.16	5860.47	146.51	5860.47	11498.18	5900.47	11909.64	-411.46
Barrio 17 de Octubre	2202.37	6292.48	157.31	6292.48	13821.70	6332.48	12773.67	1048.04
Barrio Costa Azul	2435.60	6958.85	173.97	6958.85	15285.41	6998.85	14106.40	1179.01
Colectora General Paz	2482.34	7092.41	177.31	7092.41	15578.79	7132.41	14373.53	1205.26
Predio Ayacucho	2638.79	7539.40	188.48	7539.40	16560.61	7579.40	15267.50	1293.11
Avenida Ingeniero Huergo	2687.41	7678.31	191.96	7678.31	16865.74	7718.31	15545.33	1320.41

Edison	2790.07	7971.63	199.29	7971.63	27466.53	8011.63	16131.97	11334.55
Cascotera el Vesubio	2961.93	8462.65	211.57	8462.65	18588.57	8502.65	17114.00	1474.57
Predio Mainer	3108.35	8881.00	222.03	8881.00	19507.51	8921.00	17950.71	1556.79
Barrio 17 de Octubre 4	3125.52	8930.05	223.25	8930.05	19615.25	8970.05	18048.82	1566.43
Ruta 16 Banquina	3398.72	9710.62	242.77	9710.62	21329.79	9750.62	19609.94	1719.85
Mar del Plata	3536.70	10104.86	252.62	10104.86	22195.77	10144.86	20398.44	1797.34
General Villegas	3604.37	10298.20	257.45	10298.20	22620.44	10338.20	20785.11	1835.33
Marconi I	4072.43	11635.52	290.89	11635.52	25557.93	11675.52	23459.76	2098.18
Club Aleman	4136.59	11818.84	295.47	11818.84	25960.59	11858.84	23826.38	2134.20
Fair	4336.02	12388.62	309.72	12388.62	27212.14	12428.62	24965.94	2246.19
Recuero II	4358.70	12453.44	311.34	12453.44	27354.51	12493.44	25095.58	2258.93
Puente Molina	4663.59	13324.53	333.11	13324.53	29267.91	13364.53	26837.77	2430.14
Predio Palermo	4756.06	13588.75	339.72	13588.75	29848.27	13628.75	27366.20	2482.07
Arroyo Susana 2	4993.75	14267.87	356.70	14267.87	31339.99	14307.87	28724.45	2615.55
Cañuelas	5068.48	14481.38	362.03	14481.38	31808.98	14521.38	29151.47	2657.51
Predio Cipres	5333.41	15238.30	380.96	15238.30	42657.11	15278.30	30665.32	11991.79
Ayacucho	5460.64	15601.83	390.05	15601.83	34270.09	15641.83	31392.36	2877.73
La Ribera	5736.29	16389.41	409.74	16389.41	36000.04	16429.41	32967.52	3032.52
Tuyu	5736.67	16390.49	409.76	16390.49	36002.41	16430.49	32969.68	3032.73
Barrio 17 de Octubre 3	6142.75	17550.70	438.77	17550.70	38550.87	17590.70	35290.11	3260.76
Cespedes	6341.67	18119.05	452.98	18119.05	39799.27	18159.05	36426.80	3372.47
Almafuerte	6615.65	18901.86	472.55	18901.86	42992.57	18941.86	37992.43	5000.15
Polledo	7793.79	22267.97	556.70	22267.97	48912.56	22307.97	44724.65	4187.91
La Bastilla	9334.12	26668.90	666.72	26668.90	58579.39	26708.90	53526.51	5052.88
Matanza	9438.40	26966.86	674.17	26966.86	59233.87	27006.86	54122.43	5111.44

Barrio Sarmiento	11373.13	32494.67	812.37	32494.67	71375.94	32534.67	65178.04	6197.90
Lavalleja I	12102.17	34577.64	864.44	34577.64	131815.25	34617.64	69343.99	62471.26
Doblas	13466.02	38474.34	961.86	38474.34	29015.73	38514.34	77137.39	-48121.66
Villa Palito	15539.85	44399.57	1109.99	44399.57	97525.56	44439.57	88987.84	8537.72
Barrio 17 de Octubre 5	17913.58	51181.67	1279.54	51181.67	112422.74	51221.67	102552.04	9870.70
Juana de Arco 4	19271.80	55062.28	1376.56	55062.28	87730.62	55102.28	110313.26	-22582.64
Vicente Ibañez	19678.09	56223.12	1405.58	56223.12	123496.50	56263.12	112634.94	10861.56
RamonCarrillo 2	20029.72	57227.78	1430.69	57227.78	125703.29	57267.78	114644.27	11059.02
Predio Cespedes	20465.67	58473.34	1461.83	58473.34	61409.99	58513.34	117135.38	-55725.39
Tristan Suarez	69011.66	197176.17	4929.40	197176.17	133965.80	197216.17	394541.06	-260575.26
Ramon Carrillo	262530.47	750087.05	18752.18	750087.05	238892.47	750127.05	1500362.81	-1261470.34

5.6 Anexo VI

Tabla 1: Subtotales de presupuesto de inversión inicial de alternativa de Erradicación para todos los BCA.

Basural	Trabajos preliminares	Tipo de flujo de trabajo	Equipamiento y maquinaria	Muestro caracterización	Compostaje	Total inversión inicial
Defensa	\$30,228.60	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$787,569.70	\$179,351.70	\$442,960,650.00
Los Achiras	\$74,004.49	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$1,444,976.50	\$179,351.70	\$443,661,832.69
Vogel	\$79,032.52	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$1,444,976.50	\$179,351.70	\$443,666,860.72
Baliza Chiriguano I	\$94,832.59	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,020,207.45	\$179,351.70	\$444,257,891.74
Magnasco	\$125,885.47	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,020,207.45	\$179,351.70	\$444,288,944.62
Barrio Roggio I	\$135,562.57	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,020,207.45	\$179,351.70	\$444,298,621.72
Bacara	\$188,729.53	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$1,034,097.25	\$179,351.70	\$443,365,678.48
Dolores	\$204,745.29	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,020,207.45	\$179,351.70	\$444,367,804.44
Granja Don Oscar	\$206,298.05	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,020,207.45	\$179,351.70	\$444,369,357.20
Arroyo Ortega	\$227,108.49	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,020,207.45	\$179,351.70	\$444,390,167.64
Barrio Jose Hernandez	\$230,226.42	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$1,034,097.25	\$179,351.70	\$443,407,175.37
El Plata	\$1,475,159.49	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,546,595.23	\$179,351.70	\$452,164,606.41
Barrio Roggio III	\$287,771.94	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,314,722.05	\$179,351.70	\$444,745,345.69
Marconi II	\$288,918.64	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,314,722.05	\$179,351.70	\$444,746,492.39
Larsen	\$289,530.44	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,314,722.05	\$179,351.70	\$444,747,104.19
Las Camelias II	\$305,440.04	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,314,722.05	\$179,351.70	\$444,763,013.79
Juana de Arco	\$1,156,336.73	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,786,805.13	\$179,351.70	\$449,085,993.55
Besares	\$402,785.63	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$2,314,722.05	\$179,351.70	\$444,860,359.38
Acoyte	\$459,045.37	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,177,568.48	\$179,351.70	\$445,779,465.55
De Los Incas	\$501,363.94	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,177,568.48	\$179,351.70	\$445,821,784.12
Colonia	\$479,524.98	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,177,568.48	\$179,351.70	\$445,799,945.16
Peñaloza	\$518,188.24	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$1,698,403.18	\$179,351.70	\$444,359,443.11
Galasso	\$527,256.95	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$1,698,403.18	\$179,351.70	\$444,368,511.82
Barrio Roggio II	\$529,181.79	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,177,568.48	\$179,351.70	\$445,849,601.96
Predio Arce	\$533,045.77	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$1,698,403.18	\$179,351.70	\$444,374,300.64
Teuco	\$539,791.56	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,177,568.48	\$179,351.70	\$445,860,211.73
Juana de Arco 3	\$8,815,281.35	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$18,915,777.88	\$179,351.70	\$469,873,910.93
Norquin	\$550,237.51	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,177,568.48	\$179,351.70	\$445,870,657.69
Las Camelias I	\$550,904.52	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,177,568.48	\$179,351.70	\$445,871,324.69
Almafuerte 2	\$685,518.54	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,472,083.08	\$179,351.70	\$446,300,453.32

Arroyo Susana	\$748,944.27	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,472,083.08	\$179,351.70	\$446,363,879.05
La Bastilla 2	\$802,871.94	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,472,083.08	\$179,351.70	\$446,417,806.71
Itati	\$805,515.50	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$1,992,917.78	\$179,351.70	\$444,941,284.97
Junin	\$809,408.88	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$4,951,248.38	\$179,351.70	\$447,903,508.95
Berna	\$816,025.54	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,472,083.08	\$179,351.70	\$446,430,960.32
Avenida Argentina	\$823,219.84	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$4,951,248.38	\$179,351.70	\$447,917,319.92
Cascotera Russo	\$1,139,266.42	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,786,805.13	\$179,351.70	\$449,068,923.25
Arroyo Susana 3	\$872,914.46	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,492,290.53	\$179,351.70	\$448,508,056.69
Fair 2	\$899,941.45	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,492,290.53	\$179,351.70	\$448,535,083.68
Juana de Arco 2	\$916,709.77	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,492,290.53	\$179,351.70	\$448,551,851.99
Darragueira I	\$934,104.22	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,027,015.03	\$179,351.70	\$446,103,970.94
Rotonda Querandi	\$957,706.55	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,492,290.53	\$179,351.70	\$448,592,848.78
Pedro Echague	\$963,419.12	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$7,957,566.03	\$179,351.70	\$451,063,836.85
Amat	\$975,333.67	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$7,957,566.03	\$179,351.70	\$451,075,751.40
Aguaribay	\$983,718.23	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,492,290.53	\$179,351.70	\$448,618,860.46
Barrio 17 de Octubre 2	\$1,057,354.98	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,492,290.53	\$179,351.70	\$448,692,497.21
De Sanzio	\$977,345.58	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,027,015.03	\$179,351.70	\$446,147,212.31
Barrio 17 de Octubre	\$1,174,844.91	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,786,805.13	\$179,351.70	\$449,104,501.73
Barrio Costa Azul	\$1,299,259.67	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,786,805.13	\$179,351.70	\$449,228,916.50
Colectora General Paz	\$1,324,197.12	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,786,805.13	\$179,351.70	\$449,253,853.94
Predio Ayacucho	\$1,407,651.83	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,252,080.63	\$179,351.70	\$451,802,584.16
Avenida Ingeniero Huergo	\$1,433,587.84	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$3,616,044.23	\$179,351.70	\$447,192,483.77
Edison	\$2,334,654.63	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,115,325.43	\$179,351.70	\$452,592,831.76
Cascotera el Vesubio	\$1,580,028.20	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$6,081,319.73	\$179,351.70	\$449,804,199.63
Predio Mainer	\$1,658,137.95	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$6,081,319.73	\$179,351.70	\$449,882,309.38
Barrio 17 de Octubre 4	\$1,667,296.18	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$6,081,319.73	\$179,351.70	\$449,891,467.61
Ruta 16 Banquina	\$1,813,032.01	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$7,526,296.23	\$179,351.70	\$451,482,179.93
Mar del Plata	\$1,886,640.59	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$4,403,613.93	\$179,351.70	\$448,433,106.22
General Villegas	\$1,922,737.44	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$7,526,296.23	\$179,351.70	\$451,591,885.37
Marconi I	\$2,172,424.16	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$7,820,810.83	\$179,351.70	\$452,136,086.69

Club Aleman	\$2,206,649.77	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$10,943,493.13	\$179,351.70	\$455,292,994.59
Fair	\$2,313,031.53	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,115,325.43	\$179,351.70	\$452,571,208.66
Recuero II	\$2,325,133.27	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,115,325.43	\$179,351.70	\$452,583,310.39
Puente Molina	\$2,487,772.52	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,115,325.43	\$179,351.70	\$452,745,949.65
Predio Palermo	\$2,537,103.13	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,115,325.43	\$179,351.70	\$452,795,280.25
Arroyo Susana 2	\$2,663,899.18	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,985,070.98	\$179,351.70	\$453,791,821.85
Cañuelas	\$2,703,763.09	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,533,685.28	\$179,351.70	\$450,380,300.06
Predio Cipres	\$3,625,854.01	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$10,443,845.73	\$179,351.70	\$456,212,551.44
Ayacucho	\$2,912,957.28	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$12,730,971.28	\$179,351.70	\$457,786,780.26
La Ribera	\$3,060,003.52	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$5,828,199.88	\$179,351.70	\$451,031,055.09
Tuyu	\$3,060,205.11	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$9,279,585.58	\$179,351.70	\$454,482,642.39
Barrio 17 de Octubre 3	\$3,276,824.14	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$9,574,100.18	\$179,351.70	\$454,993,776.01
Cespedes	\$3,382,938.15	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$9,574,100.18	\$179,351.70	\$455,099,890.02
Almafuerte	\$3,654,368.76	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$10,443,845.73	\$179,351.70	\$456,241,066.19
Polledo	\$4,157,567.52	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$11,032,874.93	\$179,351.70	\$457,333,294.15
La Bastilla	\$4,979,248.41	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$13,929,727.05	\$179,351.70	\$461,051,827.16
Matanza	\$5,034,879.06	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$8,999,176.05	\$179,351.70	\$456,176,906.81
Barrio Sarmiento	\$6,066,954.68	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$10,177,234.45	\$179,351.70	\$605,837,540.83
Lavalleja I	\$11,204,296.46	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$21,271,894.68	\$179,351.70	\$622,069,542.84
Ruta 3	\$5,981,271.33	Flujo normal	\$441,963,500.00	\$15,107,785.45	\$179,351.70	\$463,231,908.48
Doblas	\$2,466,337.45	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$8,115,325.43	\$179,351.70	\$600,175,014.57
Villa Palito	\$8,289,673.00	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$17,463,902.25	\$179,351.70	\$615,346,926.95
Barrio 17 de Octubre 5	\$9,555,932.68	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$19,504,807.08	\$179,351.70	\$618,654,091.45
Juana de Arco 4	\$7,457,102.79	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$16,580,358.45	\$179,351.70	\$613,630,812.94
Vicente Ibañez	\$10,497,202.60	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$20,682,865.48	\$179,351.70	\$620,773,419.78
RamonCarrillo 2	\$10,684,779.85	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$15,259,259.38	\$179,351.70	\$615,537,390.93
Predio Cespedes	\$5,219,849.25	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$14,224,241.65	\$179,351.70	\$609,037,442.60
Tristan Suarez	\$11,387,092.69	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$16,142,803.18	\$179,351.70	\$617,123,247.56
Ramon Carrillo	\$20,305,860.11	Flujo duplicado	\$589,414,000.00	\$25,889,074.65	\$179,351.70	\$635,788,286.46

Tabla 2: Subtotales de presupuesto de operación y total de saneamiento de alternativa de Erradicación para todos los BCA.

Basural	Consumo de combustible	Personal	Total operación	Total saneamiento
Defensa	\$1,726,475.71	\$2,680,394.14	\$4,406,869.85	\$447,367,519.85
Los Achiras	\$1,813,336.11	\$2,744,569.78	\$4,557,905.90	\$448,219,738.58
Vogel	\$1,821,778.94	\$2,751,940.90	\$4,573,719.84	\$448,240,580.55
Baliza Chiriguano I	\$1,852,982.40	\$2,775,103.87	\$4,628,086.27	\$448,885,978.01
Magnasco	\$1,909,730.85	\$2,820,627.54	\$4,730,358.39	\$449,019,303.00
Barrio Roggio I	\$1,936,343.05	\$2,834,814.21	\$4,771,157.27	\$449,069,778.99
Bacara	\$2,058,697.84	\$2,912,757.21	\$4,971,455.05	\$448,337,133.52
Dolores	\$2,074,462.61	\$2,936,236.38	\$5,010,698.99	\$449,378,503.43
Granja Don Oscar	\$2,080,091.77	\$2,938,512.74	\$5,018,604.51	\$449,387,961.71
Arroyo Ortega	\$2,118,079.43	\$2,969,020.94	\$5,087,100.37	\$449,477,268.01
Barrio Jose Hernandez	\$2,132,373.68	\$2,973,591.83	\$5,105,965.52	\$448,513,140.88
El Plata	\$2,196,326.37	\$3,013,188.31	\$5,209,514.68	\$457,374,121.09
Barrio Roggio III	\$2,244,205.66	\$3,057,953.82	\$5,302,159.48	\$450,047,505.17
Marconi II	\$2,241,803.44	\$3,059,634.89	\$5,301,438.32	\$450,047,930.71
Larsen	\$2,248,488.24	\$3,060,531.80	\$5,309,020.03	\$450,056,124.23
Las Camelias II	\$2,279,690.04	\$3,083,855.33	\$5,363,545.38	\$450,126,559.16
Juana de Arco	\$2,342,233.73	\$3,127,461.22	\$5,469,694.95	\$454,555,688.51
Besares	\$2,462,673.28	\$3,226,564.41	\$5,689,237.69	\$450,549,597.07
Acoyte	\$2,549,249.32	\$3,309,041.44	\$5,858,290.75	\$451,637,756.30
De Los Incas	\$2,678,791.13	\$3,371,080.65	\$6,049,871.77	\$451,871,655.89
Colonia	\$2,706,456.36	\$3,388,678.09	\$6,095,134.45	\$451,895,079.61
Peñaloza	\$2,714,170.06	\$3,395,745.14	\$6,109,915.20	\$450,469,358.31
Galasso	\$2,752,326.66	\$3,409,039.91	\$6,161,366.57	\$450,529,878.39
Barrio Roggio II	\$2,732,636.19	\$3,411,861.74	\$6,144,497.92	\$451,994,099.89
Predio Arce	\$2,761,294.55	\$3,417,526.35	\$6,178,820.90	\$450,553,121.54
Teuco	\$2,730,532.59	\$3,427,415.70	\$6,157,948.29	\$452,018,160.02
Juana de Arco 3	\$2,768,581.50	\$3,433,491.66	\$6,202,073.16	\$476,075,984.09
Norquin	\$2,764,497.28	\$3,442,729.52	\$6,207,226.80	\$452,077,884.49
Las Camelias I	\$2,775,886.15	\$3,443,707.35	\$6,219,593.50	\$452,090,918.19
Almafuerte 2	\$3,040,396.27	\$3,641,052.11	\$6,681,448.37	\$452,981,901.69
Arroyo Susana	\$3,152,817.77	\$3,734,034.52	\$6,886,852.28	\$453,250,731.33

La Bastilla 2	\$3,270,080.96	\$3,813,092.71	\$7,083,173.67	\$453,500,980.38
Itati	\$3,310,873.00	\$3,816,968.18	\$7,127,841.18	\$452,069,126.15
Junin	\$3,308,987.80	\$3,822,675.90	\$7,131,663.70	\$455,035,172.65
Berna	\$3,324,217.30	\$3,832,375.95	\$7,156,593.26	\$453,587,553.58
Avenida Argentina	\$3,350,796.25	\$3,842,922.83	\$7,193,719.07	\$455,111,038.99
Cascotera Russo	\$3,376,072.07	\$3,892,826.76	\$7,268,898.83	\$456,337,822.08
Arroyo Susana 3	\$3,397,892.66	\$3,915,775.36	\$7,313,668.02	\$455,821,724.71
Fair 2	\$3,457,685.41	\$3,955,397.05	\$7,413,082.46	\$455,948,166.14
Juana de Arco 2	\$3,524,119.20	\$3,979,979.48	\$7,504,098.67	\$456,055,950.66
Darragueira I	\$3,623,626.69	\$4,005,479.82	\$7,629,106.51	\$453,733,077.45
Rotonda Querandi	\$3,601,041.69	\$4,040,080.94	\$7,641,122.63	\$456,233,971.41
Pedro Echague	\$3,638,618.57	\$4,048,455.60	\$7,687,074.17	\$458,750,911.02
Amat	\$3,644,244.49	\$4,065,922.38	\$7,710,166.87	\$458,785,918.27
Aguaribay	\$3,623,840.24	\$4,078,214.19	\$7,702,054.42	\$456,320,914.88
Barrio 17 de Octubre 2	\$3,784,594.86	\$4,186,165.99	\$7,970,760.85	\$456,663,258.06
De Sanzio	\$3,873,916.90	\$4,240,159.54	\$8,114,076.44	\$454,261,288.74
Barrio 17 de Octubre	\$4,022,268.46	\$4,358,406.74	\$8,380,675.20	\$457,485,176.94
Barrio Costa Azul	\$4,201,564.44	\$4,540,799.34	\$8,742,363.78	\$457,971,280.27
Colectora General Paz	\$4,396,175.35	\$4,577,357.74	\$8,973,533.09	\$458,227,387.03
Predio Ayacucho	\$4,520,219.53	\$4,699,702.73	\$9,219,922.25	\$461,022,506.41
Avenida Ingeniero Huergo	\$4,555,193.85	\$4,737,725.03	\$9,292,918.88	\$456,485,402.64
Edison	\$4,623,616.78	\$4,818,011.09	\$9,441,627.87	\$462,034,459.63
Cascotera el Vesubio	\$4,875,668.58	\$4,952,407.25	\$9,828,075.83	\$459,632,275.46
Predio Mainer	\$4,987,713.83	\$5,066,916.49	\$10,054,630.32	\$459,936,939.70
Barrio 17 de Octubre 4	\$5,013,487.97	\$5,080,342.50	\$10,093,830.47	\$459,985,298.07
Ruta 16 Banquina	\$5,372,443.87	\$5,293,991.86	\$10,666,435.73	\$462,148,615.66
Mar del Plata	\$5,484,038.47	\$5,401,902.38	\$10,885,940.85	\$459,319,047.07
General Villegas	\$5,545,973.77	\$5,454,820.52	\$11,000,794.29	\$462,592,679.66
Marconi I	\$6,020,006.91	\$5,820,862.36	\$11,840,869.27	\$463,976,955.96
Club Aleman	\$6,150,554.50	\$5,871,037.25	\$12,021,591.75	\$467,314,586.35
Fair	\$6,280,316.96	\$6,026,993.39	\$12,307,310.35	\$464,878,519.01

Recuero II	\$6,293,404.75	\$6,044,734.59	\$12,338,139.34	\$464,921,449.73
Puente Molina	\$6,460,231.17	\$6,283,164.46	\$12,743,395.63	\$465,489,345.27
Predio Palermo	\$6,709,203.41	\$6,355,483.35	\$13,064,686.75	\$465,859,967.01
Arroyo Susana 2	\$6,962,888.75	\$6,541,366.92	\$13,504,255.66	\$467,296,077.51
Cañuelas	\$7,313,281.03	\$6,599,807.59	\$13,913,088.62	\$464,293,388.68
Predio Cipres	\$7,473,387.89	\$6,806,986.72	\$14,280,374.61	\$470,492,926.05
Ayacucho	\$7,571,363.88	\$6,906,487.21	\$14,477,851.10	\$472,264,631.36
La Ribera	\$7,966,130.90	\$7,122,057.65	\$15,088,188.55	\$466,119,243.64
Tuyu	\$7,724,632.38	\$7,122,353.18	\$14,846,985.56	\$469,329,627.95
Barrio 17 de Octubre 3	\$8,242,822.92	\$7,439,917.64	\$15,682,740.55	\$470,676,516.57
Cespedes	\$8,403,607.16	\$7,595,481.24	\$15,999,088.41	\$471,098,978.43
Almafuerte	\$8,749,824.48	\$7,809,745.99	\$16,559,570.47	\$472,800,636.66
Polledo	\$10,048,201.27	\$8,731,091.36	\$18,779,292.63	\$476,112,586.78
La Bastilla	\$11,627,526.79	\$9,935,679.18	\$21,563,205.98	\$482,615,033.13
Matanza	\$11,923,456.47	\$10,017,233.97	\$21,940,690.44	\$478,117,597.26
Barrio Sarmiento	\$10,841,353.03	\$8,058,751.80	\$18,900,104.83	\$624,737,645.66
Lavalleja I	\$11,067,539.85	\$8,406,356.13	\$19,473,895.98	\$641,543,438.82
Ruta 3	\$11,757,407.15	\$10,247,188.65	\$22,004,595.80	\$485,236,504.28
Doblas	\$12,195,799.20	\$9,056,633.41	\$21,252,432.61	\$621,427,447.18
Villa Palito	\$14,024,814.13	\$10,045,428.00	\$24,070,242.13	\$639,417,169.08
Barrio 17 de Octubre 5	\$15,685,696.14	\$11,177,216.92	\$26,862,913.05	\$645,517,004.51
Juana de Arco 4	\$16,875,132.59	\$11,824,808.89	\$28,699,941.48	\$642,330,754.42
Vicente Ibañez	\$16,441,426.50	\$12,018,528.45	\$28,459,954.95	\$649,233,374.73
RamonCarrillo 2	\$17,724,338.52	\$12,186,185.89	\$29,910,524.41	\$645,447,915.34
Predio Cespedes	\$17,660,626.69	\$12,394,042.88	\$30,054,669.58	\$639,092,112.18
Tristan Suarez	\$54,983,492.46	\$35,540,614.13	\$90,524,106.58	\$707,647,354.14
Ramon Carrillo	\$212,785,489.69	\$127,809,751.12	\$340,595,240.81	\$976,383,527.27

Tabla 3: Subtotales de presupuesto de inversión inicial de alternativa de Cierre técnico para todos los BCA.

Basural	Trabajos preliminares	Equipamiento y maquinaria	Cobertura final	Control de biogás	Colección de biogás	Monitoreo ambiental	Total inversión inicial
Defensa	\$30,228.60	\$506,383,500.00	\$283,217.25	\$14,872,329.10	\$17,308.16	\$980,000.00	\$522,566,583.11
Los Achiras	\$74,004.49	\$506,383,500.00	\$693,361.45	\$14,872,329.10	\$42,373.16	\$980,000.00	\$523,045,568.20
Vogel	\$79,032.52	\$506,383,500.00	\$740,469.98	\$14,872,329.10	\$45,252.08	\$980,000.00	\$523,100,583.68

Baliza Chiriguano I	\$94,832.59	\$506,383,500.00	\$888,503.73	\$14,872,329.10	\$54,298.82	\$980,000.00	\$523,273,464.23
Magnasco	\$125,885.47	\$506,383,500.00	\$1,179,443.80	\$14,872,329.10	\$72,078.94	\$980,000.00	\$523,613,237.30
Barrio Roggio I	\$135,562.57	\$506,383,500.00	\$1,270,110.36	\$14,872,329.10	\$77,619.81	\$980,000.00	\$523,719,121.84
Bacara	\$188,729.53	\$506,383,500.00	\$1,768,241.22	\$14,872,329.10	\$108,061.91	\$980,000.00	\$524,300,861.76
Dolores	\$204,745.29	\$506,383,500.00	\$1,918,295.78	\$14,872,329.10	\$117,232.14	\$980,000.00	\$524,476,102.31
Granja Don Oscar	\$206,298.05	\$506,383,500.00	\$1,932,843.89	\$14,872,329.10	\$118,121.22	\$980,000.00	\$524,493,092.26
Arroyo Ortega	\$227,108.49	\$506,383,500.00	\$2,127,820.68	\$14,872,329.10	\$130,036.76	\$980,000.00	\$524,720,795.04
Barrio Jose Hernandez	\$230,226.42	\$506,383,500.00	\$2,157,033.11	\$14,872,329.10	\$131,822.01	\$980,000.00	\$524,754,910.64
El Plata	\$1,475,159.49	\$506,383,500.00	\$13,821,037.02	\$14,872,329.10	\$844,640.23	\$980,000.00	\$538,376,665.84
Barrio Roggio III	\$287,771.94	\$506,383,500.00	\$2,696,187.52	\$14,872,329.10	\$164,771.17	\$980,000.00	\$525,384,559.72
Marconi II	\$288,918.64	\$506,383,500.00	\$2,706,931.17	\$14,872,329.10	\$165,427.74	\$980,000.00	\$525,397,106.65
Larsen	\$289,530.44	\$506,383,500.00	\$2,712,663.27	\$14,872,329.10	\$165,778.05	\$980,000.00	\$525,403,800.86
Las Camelias II	\$305,440.04	\$506,383,500.00	\$2,861,723.15	\$14,872,329.10	\$174,887.49	\$980,000.00	\$525,577,879.78
Juana de Arco	\$1,156,336.73	\$506,383,500.00	\$10,833,928.71	\$14,872,329.10	\$662,090.12	\$980,000.00	\$534,888,184.65
Besares	\$402,785.63	\$506,383,500.00	\$3,773,771.71	\$14,872,329.10	\$230,625.20	\$980,000.00	\$526,643,011.64
Acoyte	\$459,045.37	\$506,383,500.00	\$4,300,879.43	\$14,872,329.10	\$262,838.15	\$980,000.00	\$527,258,592.05
De Los Incas	\$501,363.94	\$506,383,500.00	\$4,697,369.77	\$14,872,329.10	\$287,068.72	\$980,000.00	\$527,721,631.54
Colonia	\$479,524.98	\$506,383,500.00	\$4,492,756.62	\$14,872,329.10	\$274,564.27	\$980,000.00	\$527,482,674.98
Peñaloza	\$518,188.24	\$506,383,500.00	\$4,854,999.66	\$14,872,329.10	\$296,701.91	\$980,000.00	\$527,905,718.90
Galasso	\$527,256.95	\$506,383,500.00	\$4,939,966.04	\$14,872,329.10	\$301,894.43	\$980,000.00	\$528,004,946.52
Barrio Roggio II	\$529,181.79	\$506,383,500.00	\$4,958,000.24	\$14,872,329.10	\$302,996.54	\$980,000.00	\$528,026,007.67
Predio Arce	\$533,045.77	\$506,383,500.00	\$4,994,202.58	\$14,872,329.10	\$305,208.96	\$980,000.00	\$528,068,286.41
Teuco	\$539,791.56	\$506,383,500.00	\$5,057,405.08	\$14,872,329.10	\$309,071.44	\$980,000.00	\$528,142,097.17
Juana de Arco 3	\$8,815,281.35	\$506,383,500.00	\$82,591,971.24	\$14,872,329.10	\$5,047,414.41	\$980,000.00	\$618,690,496.10
Norquin	\$550,237.51	\$506,383,500.00	\$5,155,275.14	\$14,872,329.10	\$315,052.54	\$980,000.00	\$528,256,394.29
Las Camelias I	\$550,904.52	\$506,383,500.00	\$5,161,524.42	\$14,872,329.10	\$315,434.45	\$980,000.00	\$528,263,692.48
Almafuerte 2	\$685,518.54	\$506,383,500.00	\$6,422,747.64	\$14,872,329.10	\$392,511.14	\$980,000.00	\$529,736,606.43
Arroyo Susana	\$748,944.27	\$506,383,500.00	\$7,016,994.85	\$14,872,329.10	\$428,827.17	\$980,000.00	\$530,430,595.39
La Bastilla 2	\$802,871.94	\$506,383,500.00	\$7,522,252.92	\$14,872,329.10	\$459,704.83	\$980,000.00	\$531,020,658.79
Itati	\$805,515.50	\$506,383,500.00	\$7,547,020.91	\$14,872,329.10	\$461,218.46	\$980,000.00	\$531,049,583.97
Junin	\$809,408.88	\$506,383,500.00	\$7,583,498.72	\$14,872,329.10	\$463,447.72	\$980,000.00	\$531,092,184.42
Berna	\$816,025.54	\$506,383,500.00	\$7,645,491.44	\$14,872,329.10	\$467,236.26	\$980,000.00	\$531,164,582.34
Avenida Argentina	\$823,219.84	\$506,383,500.00	\$7,712,896.12	\$14,872,329.10	\$471,355.54	\$980,000.00	\$531,243,300.60
Cascotera Russo	\$1,139,266.42	\$506,383,500.00	\$10,673,993.94	\$14,872,329.10	\$652,316.08	\$980,000.00	\$534,701,405.54

Arroyo Susana 3	\$872,914.46	\$506,383,500.00	\$8,178,494.05	\$14,872,329.10	\$499,809.46	\$980,000.00	\$531,787,047.07
Fair 2	\$899,941.45	\$506,383,500.00	\$8,431,714.83	\$14,872,329.10	\$515,284.46	\$980,000.00	\$532,082,769.84
Juana de Arco 2	\$916,709.77	\$506,383,500.00	\$8,588,820.23	\$14,872,329.10	\$524,885.58	\$980,000.00	\$532,266,244.68
Darragueira I	\$934,104.22	\$506,383,500.00	\$8,751,792.00	\$14,872,329.10	\$534,845.22	\$980,000.00	\$532,456,570.53
Rotonda Querandi	\$957,706.55	\$506,383,500.00	\$8,972,926.53	\$14,872,329.10	\$548,359.34	\$980,000.00	\$532,714,821.52
Pedro Echague	\$963,419.12	\$506,383,500.00	\$9,026,448.63	\$14,872,329.10	\$551,630.22	\$980,000.00	\$532,777,327.07
Amat	\$975,333.67	\$506,383,500.00	\$9,138,078.23	\$14,872,329.10	\$558,452.20	\$980,000.00	\$532,907,693.20
Aguaribay	\$983,718.23	\$506,383,500.00	\$9,216,634.71	\$14,872,329.10	\$563,252.99	\$980,000.00	\$532,999,435.04
Barrio 17 de Octubre 2	\$1,057,354.98	\$506,383,500.00	\$9,906,550.79	\$14,872,329.10	\$605,415.59	\$980,000.00	\$533,805,150.46
De Sanzio	\$977,345.58	\$506,383,500.00	\$9,156,928.16	\$14,872,329.10	\$559,604.17	\$980,000.00	\$532,929,707.01
Barrio 17 de Octubre	\$1,174,844.91	\$506,383,500.00	\$11,007,335.21	\$14,872,329.10	\$672,687.45	\$980,000.00	\$535,090,696.67
Barrio Costa Azul	\$1,299,259.67	\$506,383,500.00	\$12,172,999.72	\$14,872,329.10	\$743,924.30	\$980,000.00	\$536,452,012.79
Colectora General Paz	\$1,324,197.12	\$506,383,500.00	\$12,406,643.16	\$14,872,329.10	\$758,202.87	\$980,000.00	\$536,724,872.24
Predio Ayacucho	\$1,407,651.83	\$506,383,500.00	\$13,188,545.55	\$14,872,329.10	\$805,987.00	\$980,000.00	\$537,638,013.48
Avenida Ingeniero Huergo	\$1,433,587.84	\$506,383,500.00	\$13,431,544.72	\$14,872,329.10	\$820,837.32	\$980,000.00	\$537,921,798.98
Edison	\$2,334,654.63	\$506,383,500.00	\$21,873,803.07	\$14,872,329.10	\$1,336,766.12	\$980,000.00	\$547,781,052.92
Cascotera el Vesubio	\$1,580,028.20	\$506,383,500.00	\$14,803,571.06	\$14,872,329.10	\$904,685.49	\$980,000.00	\$539,524,113.85
Predio Mainer	\$1,658,137.95	\$506,383,500.00	\$15,535,395.46	\$14,872,329.10	\$949,409.22	\$980,000.00	\$540,378,771.73
Barrio 17 de Octubre 4	\$1,667,296.18	\$506,383,500.00	\$15,621,200.59	\$14,872,329.10	\$954,653.00	\$980,000.00	\$540,478,978.87
Ruta 16 Banquina	\$1,813,032.01	\$506,383,500.00	\$16,986,625.98	\$14,872,329.10	\$1,038,097.76	\$980,000.00	\$542,073,584.85
Mar del Plata	\$1,886,640.59	\$506,383,500.00	\$17,676,278.21	\$14,872,329.10	\$1,080,244.24	\$980,000.00	\$542,878,992.15
General Villegas	\$1,922,737.44	\$506,383,500.00	\$18,014,476.13	\$14,872,329.10	\$1,100,912.41	\$980,000.00	\$543,273,955.09
Marconi I	\$2,172,424.16	\$506,383,500.00	\$20,353,836.32	\$14,872,329.10	\$1,243,876.92	\$980,000.00	\$546,005,966.50
Club Aleman	\$2,206,649.77	\$506,383,500.00	\$20,674,502.24	\$14,872,329.10	\$1,263,473.66	\$980,000.00	\$546,380,454.78
Fair	\$2,313,031.53	\$506,383,500.00	\$21,671,212.33	\$14,872,329.10	\$1,324,385.26	\$980,000.00	\$547,544,458.23
Recuero II	\$2,325,133.27	\$506,383,500.00	\$21,784,595.64	\$14,872,329.10	\$1,331,314.41	\$980,000.00	\$547,676,872.42
Puente Molina	\$2,487,772.52	\$506,383,500.00	\$23,308,392.34	\$14,872,329.10	\$1,424,437.67	\$980,000.00	\$549,456,431.64
Predio Palermo	\$2,537,103.13	\$506,383,500.00	\$23,770,579.77	\$14,872,329.10	\$1,452,683.17	\$980,000.00	\$549,996,195.17
Arroyo Susana 2	\$2,663,899.18	\$506,383,500.00	\$24,958,554.95	\$14,872,329.10	\$1,525,283.49	\$980,000.00	\$551,383,566.71
Cañuelas	\$2,703,763.09	\$506,383,500.00	\$25,332,047.18	\$14,872,329.10	\$1,548,108.59	\$980,000.00	\$551,819,747.95

Predio Cipres	\$3,625,854.01	\$506,383,500.00	\$33,971,284.42	\$14,872,329.10	\$2,076,075.29	\$980,000.00	\$561,909,042.82
Ayacucho	\$2,912,957.28	\$506,383,500.00	\$27,292,025.59	\$14,872,329.10	\$1,667,888.06	\$980,000.00	\$554,108,700.04
La Ribera	\$3,060,003.52	\$506,383,500.00	\$28,669,728.45	\$14,872,329.10	\$1,752,083.14	\$980,000.00	\$555,717,644.21
Tuyu	\$3,060,205.11	\$506,383,500.00	\$28,671,617.23	\$14,872,329.10	\$1,752,198.57	\$980,000.00	\$555,719,850.01
Barrio 17 de Octubre 3	\$3,276,824.14	\$506,383,500.00	\$30,701,160.18	\$14,872,329.10	\$1,876,229.32	\$980,000.00	\$558,090,042.74
Cespedes	\$3,382,938.15	\$506,383,500.00	\$31,695,361.59	\$14,872,329.10	\$1,936,987.61	\$980,000.00	\$559,251,116.44
Almafuerte	\$3,654,368.76	\$506,383,500.00	\$34,238,444.33	\$14,872,329.10	\$2,092,402.14	\$980,000.00	\$562,221,044.33
Polledo	\$4,157,567.52	\$506,383,500.00	\$38,953,004.85	\$14,872,329.10	\$2,380,521.43	\$980,000.00	\$567,726,922.91
La Bastilla	\$4,979,248.41	\$506,383,500.00	\$46,651,482.19	\$14,872,329.10	\$2,850,995.80	\$980,000.00	\$576,717,555.50
Matanza	\$5,034,879.06	\$506,383,500.00	\$47,172,695.90	\$14,872,329.10	\$2,882,848.55	\$980,000.00	\$577,326,252.61
Barrio Sarmiento	\$6,066,954.68	\$506,383,500.00	\$56,842,399.72	\$14,872,329.10	\$3,473,789.80	\$980,000.00	\$588,618,973.30
Lavalleja I	\$11,204,296.46	\$506,383,500.00	\$104,975,087.47	\$14,872,329.10	\$6,415,306.00	\$980,000.00	\$644,830,519.03
Ruta 3	\$5,981,271.33	\$506,383,500.00	\$56,039,616.87	\$14,872,329.10	\$3,424,729.61	\$980,000.00	\$587,681,446.91
Doblas	\$2,466,337.45	\$506,383,500.00	\$23,107,563.28	\$14,872,329.10	\$1,412,164.48	\$980,000.00	\$549,221,894.30
Villa Palito	\$8,289,673.00	\$506,383,500.00	\$77,667,451.16	\$14,872,329.10	\$4,746,463.92	\$980,000.00	\$612,939,417.18
Barrio 17 de Octubre 5	\$9,555,932.68	\$506,383,500.00	\$89,531,267.96	\$14,872,329.10	\$5,471,493.23	\$980,000.00	\$626,794,522.97
Juana de Arco 4	\$7,457,102.79	\$506,383,500.00	\$69,866,949.68	\$14,872,329.10	\$4,269,754.59	\$980,000.00	\$603,829,636.15
Vicente Ibañez	\$10,497,202.60	\$506,383,500.00	\$98,350,196.73	\$14,872,329.10	\$6,010,441.36	\$980,000.00	\$637,093,669.79
RamonCarrillo 2	\$10,684,779.85	\$506,383,500.00	\$100,107,642.06	\$14,872,329.10	\$6,117,843.50	\$980,000.00	\$639,146,094.52
Predio Cespedes	\$5,219,849.25	\$506,383,500.00	\$48,905,715.20	\$14,872,329.10	\$2,988,757.96	\$980,000.00	\$579,350,151.51
Tristan Suarez	\$11,387,092.69	\$506,383,500.00	\$106,687,738.47	\$14,872,329.10	\$6,519,970.64	\$980,000.00	\$646,830,630.90
Ramon Carrillo	\$20,305,860.11	\$506,383,500.00	\$190,249,289.51	\$14,872,329.10	\$11,626,638.64	\$980,000.00	\$744,417,617.36

Tabla 4: Subtotales de presupuesto de operación y total de saneamiento de alternativa de Cierre técnico para todos los BCA.

Basural	Personal constante	Personal variable	Consumo de combustible	Total operación	Total saneamiento
Defensa	\$3,433,216.97	\$22,057.86	\$53,817.22	\$3,509,092.04	\$526,075,675.15
Los Achiras	\$3,433,216.97	\$54,001.19	\$131,753.22	\$3,618,971.38	\$526,664,539.57
Vogel	\$3,433,216.97	\$57,670.16	\$140,704.82	\$3,631,591.95	\$526,732,175.63
Baliza Chiriguano I	\$3,433,216.97	\$69,199.49	\$168,834.34	\$3,671,250.80	\$526,944,715.04
Magnasco	\$3,433,216.97	\$91,858.83	\$224,119.05	\$3,749,194.85	\$527,362,432.16

Barrio Roggio I	\$3,433,216.97	\$98,920.23	\$241,347.60	\$3,773,484.80	\$527,492,606.64
Bacara	\$3,433,216.97	\$137,716.25	\$336,002.91	\$3,906,936.12	\$528,207,797.88
Dolores	\$3,433,216.97	\$149,402.97	\$364,516.42	\$3,947,136.36	\$528,423,238.67
Granja Don Oscar	\$3,433,216.97	\$150,536.03	\$367,280.87	\$3,951,033.86	\$528,444,126.13
Arroyo Ortega	\$3,433,216.97	\$165,721.44	\$404,330.55	\$4,003,268.95	\$528,724,063.99
Barrio Jose Hernandez	\$3,433,216.97	\$167,996.60	\$409,881.52	\$4,011,095.09	\$528,766,005.73
El Plata	\$3,433,216.97	\$187,705.69	\$457,968.17	\$4,078,890.82	\$542,455,556.66
Barrio Roggio III	\$3,433,216.97	\$209,987.65	\$512,332.16	\$4,155,536.79	\$529,540,096.51
Marconi II	\$3,433,216.97	\$210,824.40	\$514,373.68	\$4,158,415.06	\$529,555,521.70
Larsen	\$3,433,216.97	\$211,270.84	\$515,462.90	\$4,159,950.71	\$529,563,751.58
Las Camelias II	\$3,433,216.97	\$222,880.10	\$543,787.41	\$4,199,884.47	\$529,777,764.25
Juana de Arco	\$3,433,216.97	\$244,584.87	\$596,743.15	\$4,274,544.98	\$539,162,729.64
Besares	\$3,433,216.97	\$293,913.34	\$717,095.76	\$4,444,226.06	\$531,087,237.70
Acoyte	\$3,433,216.97	\$334,966.16	\$817,257.28	\$4,585,440.41	\$531,844,032.46
De Los Incas	\$3,433,216.97	\$365,846.09	\$892,598.76	\$4,691,661.81	\$532,413,293.35
Colonia	\$3,433,216.97	\$374,605.19	\$913,969.39	\$4,721,791.55	\$532,204,466.53
Peñalosa	\$3,433,216.97	\$378,122.81	\$922,551.74	\$4,733,891.52	\$532,639,610.42
Galasso	\$3,433,216.97	\$384,740.26	\$938,697.13	\$4,756,654.36	\$532,761,600.88
Barrio Roggio II	\$3,433,216.97	\$386,144.82	\$942,124.01	\$4,761,485.80	\$532,787,493.47
Predio Arce	\$3,433,216.97	\$388,964.37	\$949,003.21	\$4,771,184.55	\$532,839,470.97
Teuco	\$3,433,216.97	\$393,886.79	\$961,013.01	\$4,788,116.77	\$532,930,213.94
Juana de Arco 3	\$3,433,216.97	\$396,911.08	\$968,391.76	\$4,798,519.81	\$623,489,015.91
Norquin	\$3,433,216.97	\$401,509.22	\$979,610.38	\$4,814,336.56	\$533,070,730.85

Las Camelias I	\$3,433,216.97	\$401,995.93	\$980,797.87	\$4,816,010.77	\$533,079,703.25
Almafuerte 2	\$3,433,216.97	\$500,224.00	\$1,220,456.73	\$5,153,897.70	\$534,890,504.13
Arroyo Susana	\$3,433,216.97	\$546,505.87	\$1,333,376.16	\$5,313,099.00	\$535,743,694.39
La Bastilla 2	\$3,433,216.97	\$585,856.97	\$1,429,385.79	\$5,448,459.73	\$536,469,118.51
Itati	\$3,433,216.97	\$587,785.98	\$1,434,092.23	\$5,455,095.18	\$536,504,679.15
Junin	\$3,433,216.97	\$590,626.99	\$1,441,023.78	\$5,464,867.73	\$536,557,052.15
Berna	\$3,433,216.97	\$595,455.18	\$1,452,803.69	\$5,481,475.84	\$536,646,058.18
Avenida Argentina	\$3,433,216.97	\$600,704.87	\$1,465,612.00	\$5,499,533.83	\$536,742,834.44
Cascotera Russo	\$3,433,216.97	\$625,544.48	\$1,526,216.19	\$5,584,977.64	\$540,286,383.18
Arroyo Susana 3	\$3,433,216.97	\$636,967.12	\$1,554,085.36	\$5,624,269.45	\$537,411,316.52
Fair 2	\$3,433,216.97	\$656,688.76	\$1,602,202.62	\$5,692,108.35	\$537,774,878.19
Juana de Arco 2	\$3,433,216.97	\$668,924.62	\$1,632,055.94	\$5,734,197.53	\$538,000,442.21
Darragueira I	\$3,433,216.97	\$681,617.38	\$1,663,024.00	\$5,777,858.35	\$538,234,428.88
Rotonda Querandi	\$3,433,216.97	\$698,840.04	\$1,705,044.20	\$5,837,101.21	\$538,551,922.73
Pedro Echague	\$3,433,216.97	\$703,008.51	\$1,715,214.52	\$5,851,440.00	\$538,628,767.07
Amat	\$3,433,216.97	\$711,702.58	\$1,736,426.48	\$5,881,346.03	\$538,789,039.24
Aguaribay	\$3,433,216.97	\$717,820.81	\$1,751,353.86	\$5,902,391.64	\$538,901,826.68
Barrio 17 de Octubre 2	\$3,433,216.97	\$771,553.67	\$1,882,452.38	\$6,087,223.02	\$539,892,373.48
De Sanzio	\$3,433,216.97	\$798,428.88	\$1,948,023.07	\$6,179,668.92	\$539,109,375.92
Barrio 17 de Octubre	\$3,433,216.97	\$857,286.26	\$2,091,624.50	\$6,382,127.73	\$541,472,824.40

Barrio Costa Azul	\$3,433,216.97	\$948,071.92	\$2,313,125.20	\$6,694,414.09	\$543,146,426.87
Colectora General Paz	\$3,433,216.97	\$966,268.81	\$2,357,522.36	\$6,757,008.13	\$543,481,880.38
Predio Ayacucho	\$3,433,216.97	\$1,027,165.85	\$2,506,100.21	\$6,966,483.03	\$544,604,496.51
Avenida Ingeniero Huergo	\$3,433,216.97	\$1,046,091.40	\$2,552,275.14	\$7,031,583.51	\$544,953,382.49
Edison	\$3,433,216.97	\$1,086,053.67	\$2,649,775.91	\$7,169,046.56	\$554,950,099.48
Cascotera el Vesubio	\$3,433,216.97	\$1,152,949.17	\$2,812,988.92	\$7,399,155.06	\$546,923,268.91
Predio Mainer	\$3,433,216.97	\$1,209,945.98	\$2,952,050.90	\$7,595,213.85	\$547,973,985.58
Barrio 17 de Octubre 4	\$3,433,216.97	\$1,216,628.76	\$2,968,355.67	\$7,618,201.40	\$548,097,180.28
Ruta 16 Banquina	\$3,433,216.97	\$1,322,972.43	\$3,227,815.13	\$7,984,004.53	\$550,057,589.38
Mar del Plata	\$3,433,216.97	\$1,376,684.74	\$3,358,863.51	\$8,168,765.22	\$551,047,757.37
General Villegas	\$3,433,216.97	\$1,403,024.67	\$3,423,128.21	\$8,259,369.85	\$551,533,324.94
Marconi I	\$3,433,216.97	\$1,585,221.48	\$3,867,655.70	\$8,886,094.15	\$554,892,060.64
Club Aleman	\$3,433,216.97	\$1,610,195.96	\$3,928,588.95	\$8,972,001.88	\$555,352,456.65
Fair	\$3,433,216.97	\$1,687,822.91	\$4,117,984.77	\$9,239,024.64	\$556,783,482.87
Recuero II	\$3,433,216.97	\$1,696,653.56	\$4,139,529.97	\$9,269,400.50	\$556,946,272.92
Puente Molina	\$3,433,216.97	\$1,815,331.69	\$4,429,083.30	\$9,677,631.96	\$559,134,063.60
Predio Palermo	\$3,433,216.97	\$1,851,328.32	\$4,516,908.60	\$9,801,453.89	\$559,797,649.06

Arroyo Susana 2	\$3,433,216.97	\$1,943,851.60	\$4,742,648.80	\$10,119,717.37	\$561,503,284.08
Cañuelas	\$3,433,216.97	\$1,972,940.36	\$4,813,620.15	\$10,219,777.49	\$562,039,525.44
Predio Cipres	\$3,433,216.97	\$2,076,063.49	\$5,065,222.05	\$10,574,502.50	\$572,483,545.32
Ayacucho	\$3,433,216.97	\$2,125,589.71	\$5,186,057.15	\$10,744,863.83	\$564,853,563.87
La Ribera	\$3,433,216.97	\$2,232,889.59	\$5,447,849.58	\$11,113,956.14	\$566,831,600.35
Tuyu	\$3,433,216.97	\$2,233,036.70	\$5,448,208.49	\$11,114,462.15	\$566,834,312.16
Barrio 17 de Octubre 3	\$3,433,216.97	\$2,391,103.95	\$5,833,864.21	\$11,658,185.13	\$569,748,227.87
Cespedes	\$3,433,216.97	\$2,468,535.52	\$6,022,783.32	\$11,924,535.81	\$571,175,652.25
Almafuerte	\$3,433,216.97	\$2,575,185.50	\$6,282,990.11	\$12,291,392.58	\$574,512,436.91
Polledo	\$3,433,216.97	\$3,033,783.85	\$7,401,887.73	\$13,868,888.55	\$581,595,811.45
La Bastilla	\$3,433,216.97	\$3,633,365.74	\$8,864,759.85	\$15,931,342.56	\$592,648,898.05
Matanza	\$3,433,216.97	\$3,673,959.52	\$8,963,801.39	\$16,070,977.87	\$593,397,230.49
Barrio Sarmiento	\$3,433,216.97	\$4,427,066.79	\$10,801,247.88	\$18,661,531.64	\$607,280,504.94
Lavalleja I	\$3,433,216.97	\$4,710,850.75	\$11,493,629.76	\$19,637,697.48	\$664,468,216.51
Ruta 3	\$3,433,216.97	\$3,788,419.14	\$9,243,062.30	\$16,464,698.40	\$604,146,145.31
Doblas	\$3,433,216.97	\$5,241,736.71	\$12,788,896.18	\$21,463,849.86	\$570,685,744.16
Villa Palito	\$3,433,216.97	\$6,048,988.00	\$14,758,444.33	\$24,240,649.30	\$637,180,066.48
Barrio 17 de Octubre 5	\$3,433,216.97	\$6,972,979.77	\$17,012,818.30	\$27,419,015.03	\$654,213,538.00
Juana de Arco 4	\$3,433,216.97	\$7,501,673.45	\$18,302,735.93	\$29,237,626.35	\$633,067,262.50
Vicente Ibañez	\$3,433,216.97	\$7,659,825.97	\$18,688,599.69	\$29,781,642.63	\$666,875,312.43
RamonCarrillo 2	\$3,433,216.97	\$7,796,701.40	\$19,022,551.15	\$30,252,469.52	\$669,398,564.04

Predio Cespedes	\$3,433,216.97	\$7,966,395.72	\$19,436,574.82	\$30,836,187.51	\$610,186,339.03
Tristan Suarez	\$3,433,216.97	\$26,863,242.04	\$65,541,486.01	\$95,837,945.02	\$742,668,575.92
Ramon Carrillo	\$3,433,216.97	\$102,191,707.91	\$249,329,413.92	\$354,954,338.80	\$1,099,371,956.16