

Estudio de la tarifa de disposición final de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios

ASOCIACIÓN GREMIAL DE EMPRESAS DE SERVICIOS MEDIOAMBIENTALES



N° DOCUMENTO	FECHA	PREPARADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
Informe final	07-12-21	GRS/PUCV	Joselyn Szantó	Marcel Szantó
Informe 1	19-11-21	GRS/PUCV	Joselyn Szantó	Marcel Szantó
Revisión 0	16-08-21	GRS/PUCV	Joselyn Szantó	Marcel Szantó

Abreviaturas

ALC	América Latina y el Caribe
EPA	Agencia de Protección Ambiental – Environmental Protection Agency
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos
Há	Hectárea
IPC	Índice de Precios al Consumidor
OMS	Organización Mundial de la Salud
PPC	Producción per cápita
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
RILes	Residuos Industriales Líquidos
RDS	Residuos Sólidos Domiciliarios
RSDyA	Residuos Sólidos Domiciliarios y Asimilables
RS	Relleno Sanitario
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SUBDERE	Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo
Ton	Toneladas

Índice

RESUMEN EJECUTIVO	7
CAPÍTULO 1	11
I. INTRODUCCIÓN	11
II. DIMENSIÓN DEL PROBLEMA	12
III. GENERACIÓN DE RSU EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE INGRESOS	16
IV. LA GESTIÓN DEL RESIDUO	19
a) <i>Situación actual del manejo de residuos en Chile.</i>	20
b) <i>PPC de RSD y por región.</i>	21
c) <i>Alternativas de disposición final de residuos sólidos utilizadas en Chile.</i>	22
d) <i>Instalaciones de disposición final de RSDyA operativas en Chile.</i>	23
V. RESUMEN DEL CAPÍTULO	25
CAPÍTULO 2	30
I. MODELO DE CONTRATACIÓN	30
a) <i>Empresa modelo.</i>	32
b) <i>Modelo de concesión.</i>	33
c) <i>Modelo de concesión mixto.</i>	35
CAPÍTULO 3	38
I. CÁLCULO DE LA TARIFA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS	38
a) <i>Vida Útil.</i>	39
b) <i>Tasa de descuento.</i>	40
II. DETERMINACIÓN DE INVERSIONES DEL PROYECTO	41
a) <i>Estudios previos y permisos ambientales.</i>	41
b) <i>Adquisición del terreno.</i>	42
c) <i>Obra de infraestructura que permiten utilizar el predio seleccionado.</i>	43
d) <i>Construcción del vaso de vertido.</i>	43
e) <i>Edificaciones.</i>	44
f) <i>Planta de tratamiento de lixiviados.</i>	44
g) <i>Sistema de captación y control de biogás.</i>	44
h) <i>Maquinaria y equipos.</i>	45
III. DETERMINACIÓN DE COSTOS OPERACIONALES DEL PROYECTO	46
CAPÍTULO 4	50
I. ESTIMACIÓN DE INVERSIONES	50
a) <i>Estudios previos y permisos ambientales.</i>	52
b) <i>Superficie predial y superficie de disposición de residuos.</i>	54
c) <i>Obras de infraestructura.</i>	55
d) <i>Construcción del vaso de vertido.</i>	56



e)	Construcción de obras de edificación de apoyo a la operación del RS.	57
f)	Construcción Planta de lixiviados.	58
g)	Sistema de captación y control de biogás.	59
h)	Maquinaria y equipos.	60
i)	Plan de cierre y monitoreo post cierre.	62
j)	Equipos de monitoreo y análisis.	63
k)	Otras inversiones.	64
II.	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN	65
a)	Costos de personal.	65
b)	Costos de mantención.	69
c)	Petróleo.	72
d)	Monitoreos, estudios, etc.	73
e)	Tratamiento de lixiviados.	74
f)	Otros costos de operación.	74
III.	MODELO DE COSTOS PARA TARIFICACIÓN	76
a)	Comentarios sobre de la determinación de tarifas de equilibrio.	82
CAPÍTULO 5		83
I.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	83
a)	Estructura de costos directos.	83
b)	Variación histórica de costos e indicadores relevantes.	84
c)	Análisis de estructura de la tarifa.	87
CAPÍTULO 6		89
I.	CRITERIOS DE REAJUSTABILIDAD	89
a)	Reajuste de costos de disposición final basados exclusivamente en el índice de precios al consumidor.	89
b)	Reajuste de costos de disposición final basados modificación a normativas.	90
CAPÍTULO 7		91
I.	CONCLUSIONES	91

Tablas

Tabla 1.	PPC por región	21
Tabla 2.	Sitios operativos de disposición final a nivel nacional	23
Tabla 3.	Sitios de disposición final y estación de transferencia en operación, año 2018	23
Tabla 4.	Comparación instalaciones de disposición final años 2012-2017.	24
Tabla 5.	Población atendida por tipo de instalación	24
Tabla 6.	Proyectos de RS con RCA.	27
Tabla 7.	Selección de equipos para manejo de desperdicios según el tonelaje de basura	45

Tabla 8. Causas de accidentes ocurridos en vertederos desde 1.977 a 2005	49
Tabla 9. Resumen de proyectos de RS en Chile.....	51
Tabla 10. Superficie utilizada en el vaso de vertido versus la superficie predial	52
Tabla 11. Gastos generales	53
Tabla 12. Cálculo de superficies. Caso 1: RS de 500.000 a 600.00 Ton/año de tasa de recepción de residuos.54	
Tabla 13. Cálculo de superficies. Caso 2: RS de 1.200.000 a 1.500.000 Ton/año de tasa de recepción de residuos	54
Tabla 14. Inversión estimada en obras de infraestructura para un RS de 500.000 a 600.000 Ton/año de disposición de residuos.....	56
Tabla 15. Inversión estimada en obras de infraestructura para un RS de 1.200.000 a 1.500.000 Ton/año de disposición de residuos.....	56
Tabla 16. Inversión estimada en habilitación de vaso de vertido por hectárea habilitada	57
Tabla 17. Inversión total estimada en habilitación de vaso de vertido	57
Tabla 18. Inversión obras de edificación	58
Tabla 19. Inversión en maquinarias año 1, para un RS de hasta 600.000 toneladas anuales.....	61
Tabla 20. Inversión en maquinarias año 1, para un RS de hasta 1.500.000 toneladas anuales.....	61
Tabla 21. Estimación de costo de cierre final por hectárea.....	62
Tabla 22. Estimación de costos totales de cierre final.....	63
Tabla 23. Parámetros y equipos de medición requeridos para cumplimiento de la resolución N°431/21 del Ministerio de Medio Ambiente.....	63
Tabla 24. Nómina personal para un RS de hasta 600.000 ton/año.....	67
Tabla 25. Nómina personal para un RS de hasta 1.500.000 ton/año.....	68
Tabla 26. Total costo personal para un RS de hasta 600.000 ton/año.....	69
Tabla 27. Total costo personal para un RS de hasta 1.500.000 ton/año.....	69
Tabla 28. Estimación horas de operación anual para un RS de hasta 600.000 ton/año	70
Tabla 29. Estimación costos de mantención anual para un RS de hasta 600.000 Ton/año	71
Tabla 30. Estimación costos de mantención anual para un RS de hasta 1.500.000 Ton/año	71
Tabla 31. Estimación consumo de petróleo para un RS de hasta 600.000 Ton/año	72
Tabla 32. Estimación consumo de petróleo para un RS de hasta 1.500.000 Ton/año.	72
Tabla 33. Frecuencia y tipo de monitoreos.....	73
Tabla 34. Frecuencia y tipo de estudios.....	73
Tabla 35. Costos de monitoreos y servicios de terceros	74
Tabla 36. Costos directos e indirectos de operación en RS de hasta 600.000 ton/año	76
Tabla 37. Cuadro de inversiones de los primeros años del proyecto.....	77
Tabla 38. Costo directo e indirecto de los primeros 5 años de proyecto. Caso 2: RS que recibe hasta 1.500.000 Ton/año de residuos	80
Tabla 39. Estructura de costos directos del Caso 1 y Caso 2	83
Tabla 40. Estructura de costos tarifa de disposición final Caso 1 y Caso 2.....	87
Tabla 41. Costos de disposición final en RS y vertederos.....	94

Gráficos

Gráfico 1. Generación de residuos por región	13
Gráfico 2. Crecimiento de la cantidad de residuos sólidos generados a nivel global	13
Gráfico 3. Generación de residuos por países de ALC seleccionados.....	15
Gráfico 4. Tasa de generación de residuos en países de ALC	16
Gráfico 5. Correlación entre el PIB y la PPC anual en países de ALC.....	17
Gráfico 6. Tasa de generación anual de residuos versus nivel de ingresos	18
Gráfico 7. Proyección de generación de residuos por grupo de ingresos.....	18
Gráfico 8. PPC de RSDyA por Región.....	22
Gráfico 9. Población atendida por RS ubicados en la Zona Norte de Chile.....	28
Gráfico 10. Población atendida por RS ubicados en la Zona Central de Chile	28
Gráfico 11. Población atendida por RS ubicados en la Zona Sur de Chile.....	29
Gráfico 12. Estimación de tarifas por disposición final para un RS de hasta 600.000 Ton/año a distintas tasas de descuento	80
Gráfico 13. Estimación de tarifas por disposición final para un RS de hasta 1.500.000 t/año a distintas tasas de descuento	81
Gráfico 14. Variación del índice nominal del costo de mano de obra del 2011 al 2021	84
Gráfico 15. Evolución del precio de diésel desde el período del 2011 al 2021.....	85
Gráfico 16. Variación del precio del dólar observado período 2011 al 2021.....	86
Gráfico 17. Variación del IPC (base 100) período 2011 al 2021	87

Resumen Ejecutivo

Ningún problema del medio ambiente ha tenido tanta importancia en el tiempo como la gestión de residuos sólidos. Organismos internacionales como ONU Medioambiente u organismos rectores de América del Norte como la EPA, se refieren a la disposición final como el método más económico, seguro y ambientalmente sustentable que existe, incluso cuando se ha optado por procesos de reciclaje, compostaje o cualquier otra tecnología de transformación de los residuos.

El relleno sanitario (RS) como método de disposición final es el más utilizado y, en muchos casos, ha evolucionado desde vertederos a cielo abierto a un RS mediante la implementación de un proyecto de ingeniería diseñado para este fin. El relleno es recomendado en el último informe de ONU Medioambiente para la contención de más de 145.000 toneladas diarias de residuos que son descargados sin ningún tratamiento ni control.

El documento “La Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe” publicado en el 2018 por ONU Medioambiente, analiza la situación actual del manejo de residuos en la región, sus desafíos ambientales y tendencias, y propone un conjunto de acciones para lograr una gestión eficiente, que permita transitar hacia un modelo de economía circular, clave para el desarrollo sostenible.

El informe antes mencionado, responde a la solicitud del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, así como de la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, los que, además, en el marco de la XXI Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe (Buenos Aires, Argentina, 9-12 de octubre de 2018), establecieron la Coalición voluntaria de gobiernos para el cierre progresivo de los basurales en América Latina y el Caribe.

En el caso de Chile, que cuenta con una cobertura de recolección cercana al 90%, presenta 128 puntos de disposición final, donde 30 son RS, 52 vertederos y 38 son vertederos a cielo abierto. Solo una parte del total de sitios de disposición final corresponde a RS, siendo evidente que existe una gran tarea pendiente en cuanto a la adecuada gestión de los residuos en el país.

La técnica de disposición en el suelo denominada RS ha sido la más utilizada en las últimas décadas, sin perjuicio de que esta forma de disposición en cuanto a la ingeniería civil, el diseño y la operación, es una de las más complejas. En ninguna obra civil, concomitan efectos químicos, físicos y biológicos simultáneamente como en el caso de los RS, que dan a cada instalación una identificación única por su comportamiento. Esta consideración tiene un alto impacto en aspectos operacionales, lo que evidentemente conlleva a situaciones que implican un costo adicional importante.

Las empresas operadoras de RS en Chile, enfrentan en la actualidad difíciles momentos. Por un lado, su rubro no posee prioridad en el mundo Municipal, el cual está

más enfocado en hacer frente a la pandemia del Covid-19, con los recursos con que dispone, que cumplir con las obligaciones económicas con sus contratistas.

Quizá la crisis en los RS se ha incrementado en el último año, debido principalmente a que los criterios de reajustabilidad de las tarifas de disposición final, no han sido suficientes como para reflejar el aumento de costos que posee esta actividad.

Por otro lado, cuando se analiza en el tiempo que se han demorado algunos municipios o grupos de ellos en iniciar la operación de un RS, es posible dimensionar que las soluciones para nuevas instalaciones deberán pasar por largos procesos de estudios e ingeniería, que en proyectos recientes han demandado casi una década. Sin duda, la emergencia sanitaria derivada de la falta de RS en un determinado sector, no es argumento suficiente como para abreviar dicho plazo, lección que debe haber aprendido la autoridad de la Región de Los Lagos, después del reciente revés legal en el Vertedero de "Puntra" en la Isla de Chiloé.

El presente trabajo, elaborado por el Grupo de Residuos Sólido (GRS) de la Escuela de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV), ante la solicitud de la Asociación Gremial de Empresas de Gestión Ambiental, es un estudio sin la profundidad de un trabajo de expertos en economía, pero con un análisis pocas veces realizado bajo el prisma del operador responsable, que identifica cada una de las partidas operacionales relevantes y asigna valores basados en las obligaciones que emanan de la legislación vigente, incluyendo la más reciente. Obviamente que la experiencia volcada en este documento no se focaliza solo en RS de América Latina y el Caribe (cuyo costo está entre los 6 y 28 USD\$ la tonelada) o de Chile (entre 6 y 12 USD\$ la tonelada), sino que además considera RS europeos, como el caso de "Meruelo", ubicado en Santander, España (96 euros la tonelada).

Las tarifas calculadas en el modelo propuesto solo consideran las actividades de disposición final en un RS., Todo lo que implique costos de transporte, trasvasije o acumulación intermedia, no fue considerados, dado que los objetivos y alcances del presente estudio no los contemplaban.

Existen diversas formas de calcular la tarifa de disposición final en un RS. La mayoría se basa en flujos de caja, los cuales se fuerzan con una tarifa a un valor actual neto de cero, a una determinada tasa de descuento y, de esta forma, se obtiene como resultado el mínimo valor de la tarifa de disposición final que permitirá remunerar al inversionista por su capital, a la vez de servir la deuda contraída con la Banca.

Para el cálculo de la tarifa, se identificaron las inversiones y gastos operacionales más relevantes, los cuales han sido incorporados a la evaluación económica del proyecto para determinar la tarifa de equilibrio del RS.

Se observaron en el estudio una serie de inversiones que se consideran antes de que la instalación entre en servicio. De igual forma, se considera la gestión y tratamiento del

líquido lixiviado, con algún desfase para la correcta determinación de sus características físico, químicas y biológicas. Se hace especial análisis del manejo del biogás, considerando las exigencias de la legislación y complementándolo con las características del RS para observar su evolución a la fase anaeróbica. El trabajo consideró una vida útil del proyecto de 20 años, basado principalmente en la duración media de proyectos de esta naturaleza, y teniendo a la vista las dificultades político-sociales de instalación de actividades como la analizada.

En el horizonte analizado de un proyecto, se deberían suponer tasas de descuento “apropiadas”, las que pueden ser calculados por el equipo de economía de nuestra Universidad con diversos modelos desarrollados para este fin. Sin embargo, debemos considerar la situación que vive el país a partir del 18 de octubre de 2019, amplificado por el efecto de la pandemia del Covid-19 y vuelto a incrementarse con la situación política actual, ha hecho que sea difícil la determinación de la tasa de descuento del proyecto. Por ello, se presenta un rango de tasas con las cuales se calcula también un rango en tarifas de disposición final.

En el capítulo 3 y 4 del documento, se determinan las inversiones del proyecto, los costos operacionales, pagos de impuestos, requerimiento de financiamiento y determinación del capital de trabajo que permite enfrentar obligaciones de corto plazo, principalmente al inicio de la etapa de operación.

Los cálculos antes descritos se realizan para dos escalas de proyecto: el caso 1 descrito corresponderá a un RS que recibirá de 500.000 a 600.000 toneladas por año; y el caso 2 simulará las inversiones y costos para un RS que recibirá de 1.200.000 a 1.500.000 toneladas por año.

Una vez que se obtienen las inversiones y costos operacionales directos e indirectos, se construye el flujo de caja del proyecto. Para ello, primero se calcula el EBITDA (beneficio antes de intereses, impuestos, depreciaciones y amortizaciones) del proyecto, luego la depreciación de activos -que permite calcular el beneficio antes de impuestos-, base sobre la cual se determina el pago de impuestos de primera categoría, y finalmente, al agregar el calendario de inversiones, se obtiene el flujo de caja del proyecto, que permite el cálculo de la tarifa de equilibrio de los dos casos analizados.

Dada la magnitud de las inversiones, estas se hacen progresivamente durante toda la vida útil del proyecto. Este calendario se calcula en base a las necesidades de nuevas celdas o alveolos, la vida útil de maquinaria y equipo contrastada con las horas consumidas de esta vida útil año a año de operación, el cierre progresivo del relleno con el fin de minimizar el impacto ambiental del RS y todos los costos de renovación o calibración de equipos de medición.

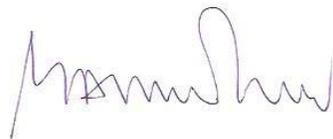
Debido a la dificultad de encontrar una tasa de descuento fija para el proyecto, se calculan rangos que van desde 8% a 18%, lo que aplicado a la escala del proyecto entrega valores por tonelada de residuos dispuesto. Para el caso 1 (relleno de hasta 600.000 t/año),

los precios calculados van desde 16.857 CLP\$/Ton para una tasa de descuento de un 8% y 20.244 CLP\$/Ton para una tasa de un 18%. Para el caso 2 (relleno de hasta 1.500.000 t/año) los precios calculados van desde los 11.778 CLP\$/Ton hasta los 14.550 CLP\$/Ton calculados para tasas de descuento de 8% y 18% respectivamente.

En el capítulo 6, se analizan los mayores costos en la estructura de la tarifa y se recomienda que el reajuste del servicio se haga ponderando, en cada caso, el incremento del costo de la mano de obra, la variación del dólar observado en el periodo de análisis, el incremento del precio del petróleo y la variación positiva del índice de precios al consumidor (IPC) acumulado en el periodo. De forma adicional, se recomienda que las variaciones legislativas que afecten la estructura de costos de un RS, también sean incorporadas en el análisis de reajuste de tarifas, dado que el costo de implementar nuevas obligaciones derivadas de una nueva normativa no puede ser considerados a priori en el cálculo de la tarifa.

Al analizar los cambios normativos y sociales en ciernes, resulta evidente la necesidad imperiosa de indexar a la tarifa de disposición final calculada, variables como: costo de mano de obra, precio del dólar, tasa de interés bancaria, modificación a normativas sanitarias o ambientales, entre otros. En caso de que esto no se incluya, es posible que en pocos años más, nuevamente se requiera un recalcule de la tarifa de equilibrio en un RS por el evidente cambio que se producirá en nuestro país en los próximos meses o años.

Finalmente, se concluye acerca de las repercusiones que tendría una tarifa insuficiente de un RS, así como una comparación de los cánones de vertido en distintas instalaciones de Latinoamérica, lo que nos permiten verificar que nuestros rellenos en muchos casos están percibiendo tarifas muy bajas en atención a las exigencias de nuestra normativa.



Marcel Szantó Narea

Director Grupo de Residuos Sólidos

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Valparaíso, 7 de diciembre de 2021.

CAPÍTULO 1

I. INTRODUCCIÓN

Ningún problema ambiental en el mundo ha adquirido la importancia de los residuos sólidos, con la excepción del cambio climático en el siglo XXI. El hombre en su actividad diaria, propio de su metabolismo, requiere de un aire limpio, agua potable y manejo de sus residuos. Vivir en un ambiente sano está garantizado por la constitución de cada país. Las denominadas “pestes”, sinónimo de desolación y muerte, acaparó la mayor atención del mundo científico dando origen a lo que podríamos denominar la ingeniería sanitaria. Es en Inglaterra, en el año 1.842, cuando aparece la figura del ilustre abogado y periodista Edwin Chadwick, quien desarrolló lo que él llamara muy humildemente la “idea sanitaria”, en una época en que las ciudades no tenían prácticamente agua corriente, las casas carecían de baños y, por supuesto, no podía hablarse de un sistema de desagüe de cloacas. Sir Edwin Chadwick (24 de enero de 1.800 – 16 julio de 1.890).

Durante siglos arrojar la basura en cualquier lugar fue el método empleado por el hombre que simplemente después de ensuciar seguía su camino. Sin embargo, hace 10.000 años, los pueblos nómadas se convirtieron en sedentarios y, por ende, la basura empezó a acumularse en las cercanías de los pueblos. Pero la verdad es que la basura no fue un problema sino hasta que el hombre empezó a vivir en las ciudades.

En Inglaterra alrededor de 1840, el abogado Edwin Chadwick realizó una investigación para saber por qué los pobres seguían siendo pobres. Su conclusión fue estremecedora: había una relación entre la pobreza y la enfermedad. A Chadwick le preocupó fundamentalmente la protección de la salud de las llamadas “clases trabajadoras”, que eran sin duda las más castigadas por las pestes. Propiciaba la construcción de obras públicas, en las que reclamaba la intervención del ingeniero.

Por primera vez aparece en un texto de ingeniería sanitaria la acepción de los derechos del hombre o los derechos humanos. Chadwick, que ya abogaba en esos tiempos por los derechos humanos, actuó en el parlamento inglés como secretario de la “Poor Law Commission”, presentando allí un valiosísimo documento: “Sanitary of the labouring population of Great Britain”, que tuvo poderosa influencia en el mundo entero.

La convicción de que existía una estrecha relación entre basura y enfermedades se difundió rápidamente por Europa y los Estados Unidos de América donde alrededor de 1.850 médicos estadounidenses y trabajadores de la salud iniciaron campañas de limpieza. Reunieron voluntarios para limpiar las casas, barrer las calles, recoger los desechos y acabar con la mugre putrefacta que, según se creía, generaba gases mortíferos. Pero se estaba frente a un error del punto de vista científico: los olores ni los gases de los residuos causaban enfermedades. La verdadera causa eran las bacterias.

Cuando las ciudades de los Estados Unidos de América empezaron a crecer a mediados del siglo XIX la mayoría de los gobiernos locales tenía planes inadecuados para el desecho de la basura. Algunos hombres con carreta se encargaban del reciclaje del desecho; la basura recogida por los trabajadores municipales era arrojada frecuentemente a los ríos y mares, siendo inevitablemente arrastrada hasta las costas donde obstruía los puertos y arruinaba las playas. Pero en 1896 un director de la escuela de sanidad de Nueva York, George Warry, revolucionaría el mundo de la recolección de basura. El Coronel desarrolló una gran campaña de relaciones públicas en Nueva York y uniformó de blanco a todos los barrenderos, aunque argumentaban que era impráctico con toda esa mugre, pero él quería asociarlo con la limpieza de los médicos y otras profesiones que vestían de blanco, llamándolos "sus alas blancas", y haciéndolos desfilar orgullosos por Nueva York.

Han transcurrido más de cien años desde la intervención del Coronel Warry y es posible seguir observando que los problemas de los residuos sólidos constituyen una de las preocupaciones de mayor envergadura en las ciudades, tanto grandes como pequeñas. Además, con implicaciones sobre el medio ambiente y la salud de la población, que demandan un tratamiento integral, para alcanzar soluciones adecuadas desde el punto de vista social y económico. Han pasado muchos años y la situación parece similar a lo que acontece en estos días.

II. DIMENSIÓN DEL PROBLEMA

Para comprender la dimensión del tema de los residuos basta mirar a los Estados Unidos de América. Allí actualmente se producen más de doscientos millones de toneladas al año de residuos, en promedio, generando cinco veces más basura que un ciudadano de la India y cuarenta y cinco veces más de lo que genera Chile en un año.

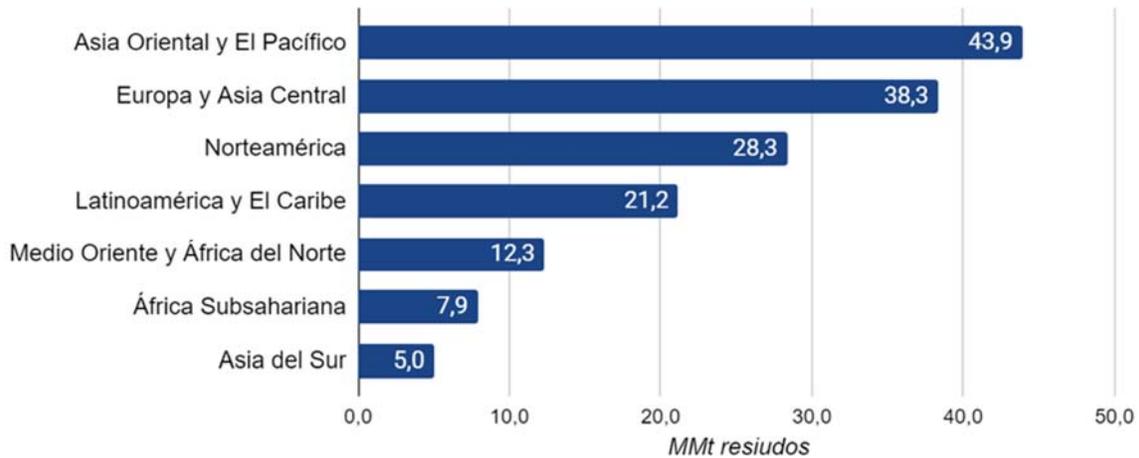
En América Latina y el Caribe (ALC) según informa la Organización Mundial de la Salud (OMS), se generan del orden de 400.000 toneladas por día y solo un veinte por ciento de ellas recibe tratamiento adecuado, encontrando vertidos incontrolados donde nacen, viven y mueren seres humanos que no tuvieron otra alternativa de trabajo para sobrevivir.

Es indudable el efecto polarizador que han tenido las fuerzas del mercado. Las ciudades como reflejo, y a la vez producto social, concentran la riqueza y la pobreza, pero también se encuentran las oportunidades económicas, sociales y políticas donde es posible que una sociedad completamente urbanizada en la que la mayoría de la población se concentrara en sólo una gran ciudad.

Pese a la falta de datos, hoy se puede estimar que la generación mundial de residuos al 2016, en promedio, fue de 0,74 kilogramos per cápita por día, mientras que la generación total de residuos sólidos fue aproximadamente 2.01 mil millones de toneladas. Para 2030, se estima que el mundo genere 2,59 mil millones de toneladas de residuos anualmente, mientras que para el 2050 esta cifra alcanzaría los 3,40 mil millones de toneladas (Banco Mundial, 2018).

En términos absolutos (Gráfico 1), las regiones de Asia Oriental y el Pacífico generan la mayor cantidad de residuos, mientras que Medio Oriente y África del Norte son las regiones que generan la menor cantidad de residuos.

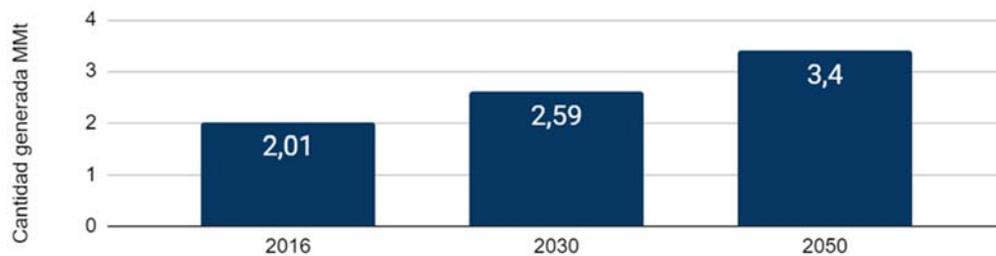
Gráfico 1. Generación de residuos por región
(En millones de toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050". Banco Mundial (2018).

Hoy es posible observar megaciudades en un planeta que se urbaniza con 7.000 millones de personas que habitan esta tierra, y donde la mitad reside en ciudades que están generando residuos sólidos. Se estima que hacia 2050 se alcancen los 9.000 millones y que las ciudades no detengan su crecimiento, llegando a acoger al 60% de la población mundial en 2030 y al 70% en 2050. Y es que cada vez son más habitantes, y más urbanos, y las ciudades más grandes y difusas, y la pregunta es como gestionarán los residuos controlando los impactos ambientales que estos provocan.

Gráfico 2. Crecimiento de la cantidad de residuos sólidos generados a nivel global



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050". Banco Mundial (2018).

Los desafíos que plantea esta expansión urbanizadora para la calidad de vida humana y la sostenibilidad medioambiental son incuestionables. El aumento demográfico en las ciudades y el cambio en sus patrones de producción y consumo comienzan a chocar con los límites de algunos recursos naturales finitos. Y, si no se introducen cambios, en 2030 será necesario el equivalente a dos planetas Tierra (huella ecológica mundial). Más del 70% de las emisiones de CO₂ proceden de usos urbanos (15.000 millones de toneladas en 1990, 25.000 millones en 2010 y en 2030 se prevén 36.500 millones). Por otro lado, se calcula que unas 200.000 personas, migran cada día a una ciudad, y los suburbios urbanos crecen bajo un modelo que no responde a las necesidades básicas de sus ciudadanos.

No se puede dejar de observar el comportamiento de ALC, con una población urbana en expansión de un 61% en 1975, a más del 78% en 2001. Que con el crecimiento económico y el aumento del consumo aporta una mayor generación de residuos preocupando a las autoridades cuando el Banco Mundial señala, que los residuos sólidos urbanos de la región aumentará de 131 millones de toneladas en 2015 a aproximadamente 179 millones en 2030. Esta preocupación también ha sido expresada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), cuando señala que “no cabe duda que la urbanización y el crecimiento son responsables de una producción creciente de residuos.”

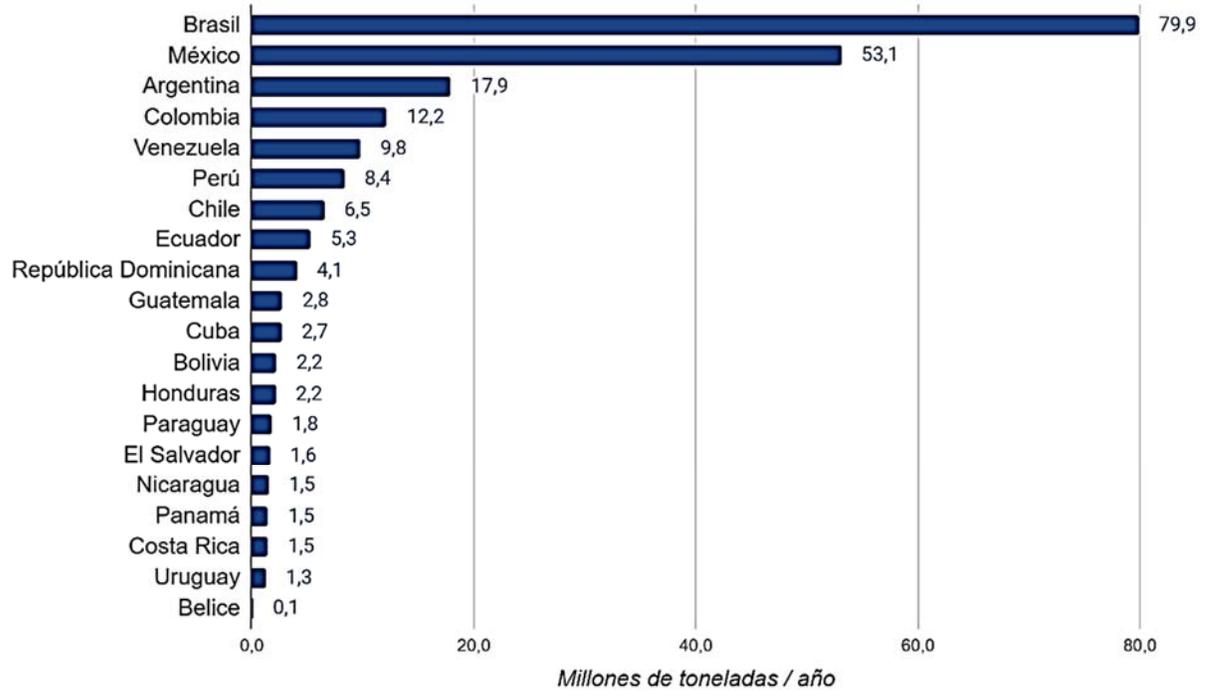
Los residuos que no son recolectados y los que luego de la recolección van a dar a botaderos a cielo abierto, suman un 33% del total de residuos generados, lo que significa que casi 180.000 toneladas /día de residuos tienen un destino sin ningún tipo de control ambiental y sanitario.

Además, la gestión de residuos es responsable del 5% de los gases de efecto invernadero que se producen en la región, considerando su recolección, transporte y la generación de CO₂ y metano por su descomposición.

Una inadecuada gestión o simple falta de recursos conlleva al desarrollo de vertederos de residuos que generan un alto impacto por las cantidades dispuestas de residuos en espacios aledaños a las grandes concentraciones de población.

Hoy se puede establecer que la región de ALC generó el 11% de los residuos del mundo (231 millones de toneladas de residuos en 2016), con un promedio de 0,99 kilogramos por persona por día. De acuerdo con el Gráfico 3, los tres países que generan la mayor cantidad de residuos son: Brasil (79,9 millones de toneladas al año), México (53 millones de toneladas al año) y Argentina (17,9 millones de toneladas al año) (véase Gráfico 3).

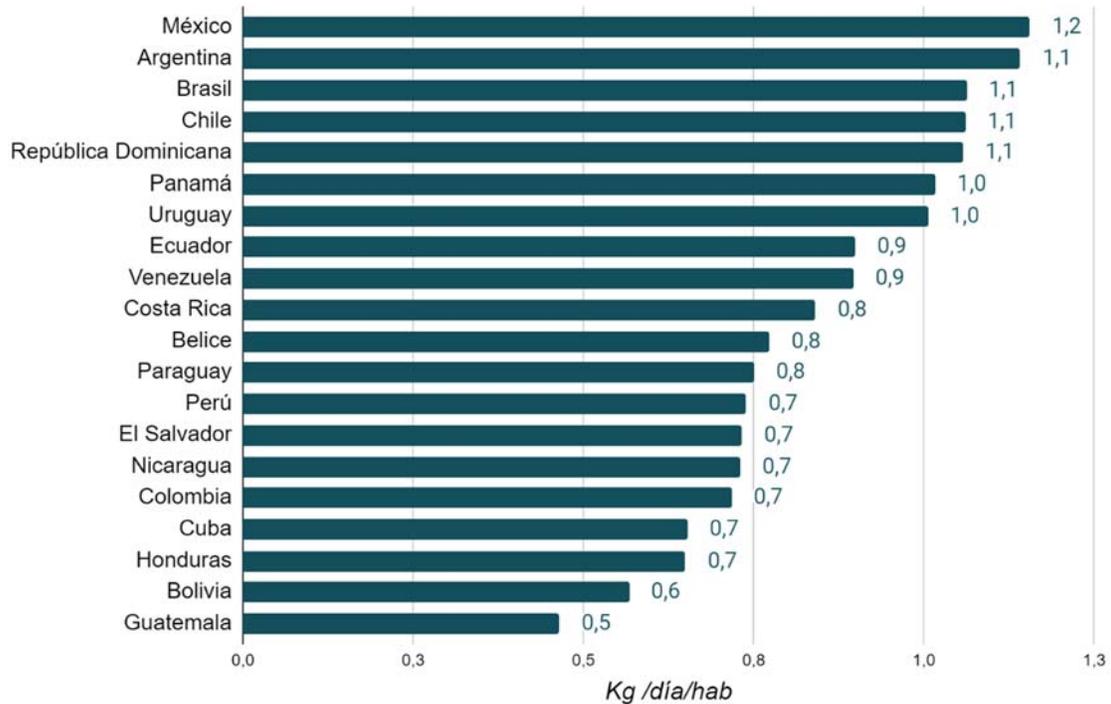
Gráfico 3. Generación de residuos por países de ALC seleccionados
(En toneladas por año)



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050", Banco Mundial (2018).

Así mismo, respecto a la generación per cápita de residuos sólidos, los valores son más cercanos, oscilando entre 0,5 y 1,2 Kg residuo/habitante*día, como se presenta en el Gráfico 4.

Gráfico 4. Tasa de generación de residuos en países de ALC
(En kg por habitante y por día)



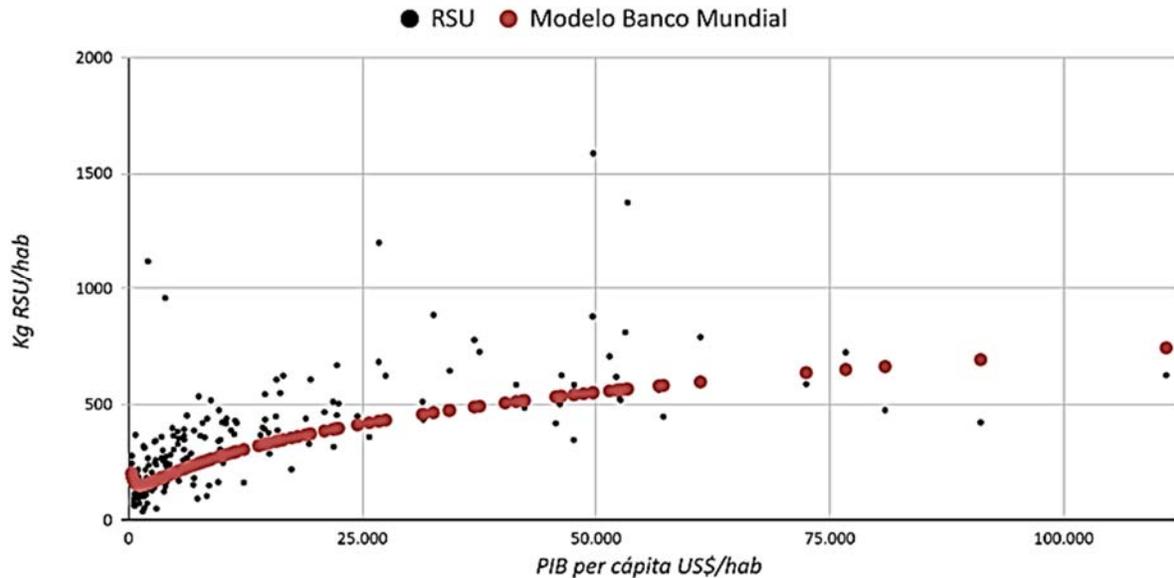
Fuente: Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050". Banco Mundial (2018).

III. GENERACIÓN DE RSU EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE INGRESOS

Hoy es necesario considerar las variables que implican una mayor o menor generación de residuos; el crecimiento poblacional en núcleos urbanos, el crecimiento o decrecimiento económico, estratificación social, el balance de ingresos en los servicios de gestión de residuos, etc.

En el estudio de referencia, el Banco Mundial establece un modelo de predicción de la generación de RSU a partir del ingreso per cápita del país, mediante una regresión logarítmica, intermedios, conforme la evidencia y sustento contractual son robustos, y en opinión del autor, es un caso que debe terminar en un buen puerto.

Gráfico 5. Correlación entre el PIB y la PPC anual en países de ALC



Fuente: Universidad Católica de Chile, Departamento de Economía (1996)

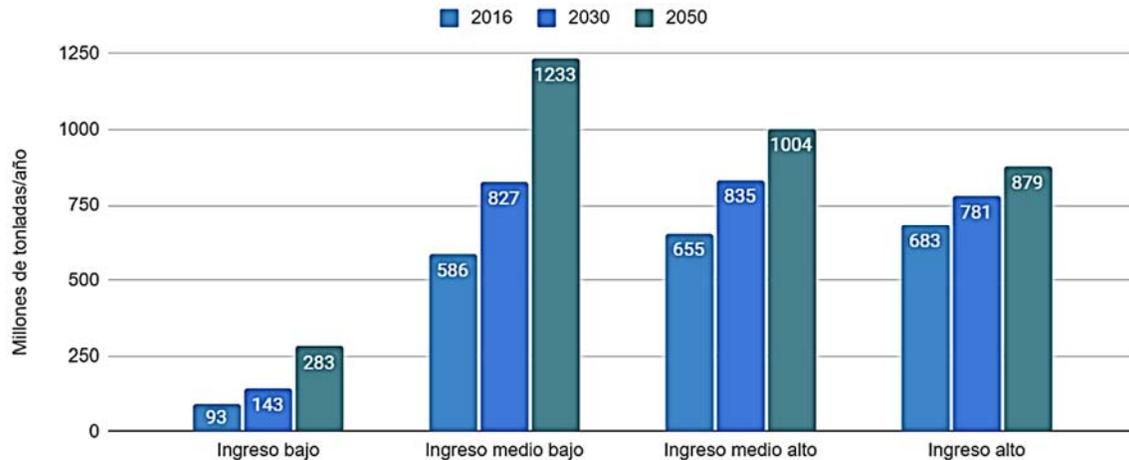
Resulta evidente la correlación que existe entre los ingresos per cápita y la producción de residuos. Lo que no lo es tanto, es si las grandes urbes están preparadas para gestionar los residuos que traerá el bienestar económico de los distintos países de Latinoamérica que se encuentran en franco crecimiento y cuyo mejor ejemplo es Chile.

En este sentido, es posible establecer que los países de altos ingresos de ACL alcanzarán la menor tasa de crecimiento en la generación de residuos para 2030, dado que han alcanzado un punto de desarrollo económico en el cual el consumo de materiales no tiene el mismo nivel que el crecimiento del PIB.

A su vez, las tendencias indican que los países de ingresos bajos aumentarán su actividad económica, su población y la generación de residuos.

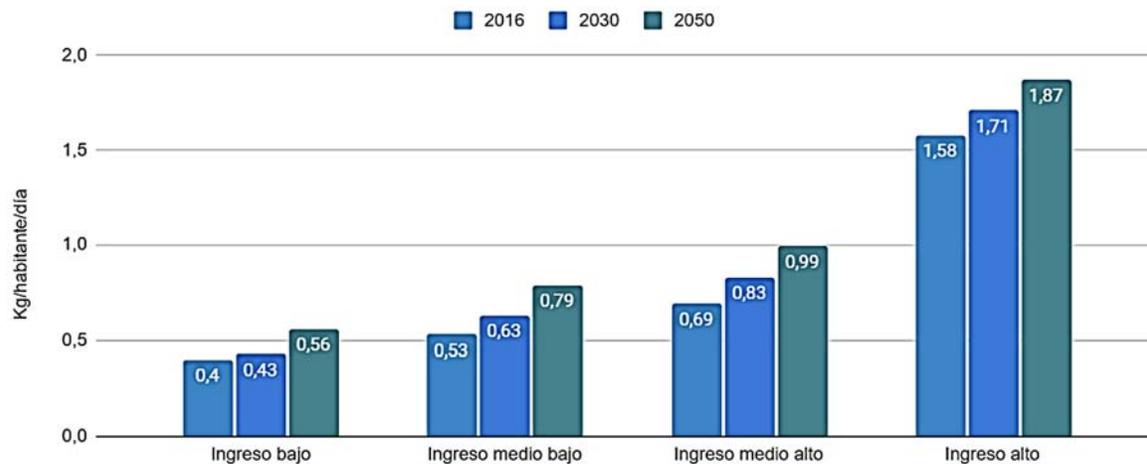
A nivel per cápita, las tendencias son similares: el mayor crecimiento en la generación de residuos se espera en aquellos países con ingresos bajos y medios (Gráfico 6).

Gráfico 6. Tasa de generación anual de residuos versus nivel de ingresos
(En millones de toneladas al año)



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050". Banco Mundial (2018).

Gráfico 7. Proyección de generación de residuos por grupo de ingresos
(En kilogramos por habitante por día)



Fuente: Elaboración propia a partir del estudio "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050". Banco Mundial (2018).

A nivel regional, se prevé que las áreas con altas proporciones de países con bajos ingresos y de ingresos medios bajos, experimenten el mayor aumento en la generación de residuos. En particular, se espera que (en condiciones de crecimiento económico y mayores grados de urbanización) en las próximas tres décadas las regiones de África Subsahariana y Asia del Sur tripliquen y doblen sus niveles de residuos actuales, respectivamente.

Las proyecciones realizadas por el estudio del Banco Mundial indican que las regiones con países de mayores ingresos, como América del Norte y Europa y Asia Central, experimentarán un aumento gradual en los niveles de generación de residuos.

IV. LA GESTIÓN DEL RESIDUO

La gestión de residuos sólidos urbanos implica una generación, almacenamiento, recolección y disposición final.

La obligatoriedad de otorgar un servicio de manejo de residuos sólidos nace en el mundo como una imperiosa necesidad al determinarse las afecciones a la salud de las personas.

En el mundo desarrollado, el tratamiento de los residuos sólidos urbanos más habitual ha sido el depósito en vertederos o RS. Es normal también conocer la disposición final como vertido controlado. En este tipo de instalaciones se recibe la totalidad de los residuos en el caso de América del Sur y el Caribe. Incluso en lugares donde existen tratamientos previos, los rechazos o fracciones que no pueden ser valorizadas, concluyen su proceso en la disposición final en vertedero o RS.

En los últimos años la mayoría de los países desarrollados han disminuido el uso de esta disposición final de los residuos por diversos problemas ambientales que se pueden generar, como la contaminación por lixiviados, los nuevos usos que tendrá el terreno tras el cierre de la instalación, entre otros. Pero lo que no cabe duda, es que esta forma de disposición final, será siempre la última etapa de tratamiento de residuos.

Las ciudades necesitan depositar los residuos sólidos que generan en algún lugar, más aún si esta producción crece año a año, y se sigue intentando hacerlo en un lugar próximo a la urbe lo que implica, tomar resguardos para no dañar la salud de las personas y la calidad del medio ambiente.

Esta necesidad, a medida que las sociedades se han desarrollado, se ha transformado en un proceso capaz de ser gestionado desde diversos focos.

En la actualidad conviven mayoritariamente en el mundo dos visiones sobre la gestión de los RSU; la tradicional enfocada en la disposición final o eliminación en vertedero de todo lo que se estima es residuos o desechos y la perspectiva moderna que ha creado modelos de gestión integral orientados hacia la sustentabilidad de todo el proceso, conformando RS, que probablemente en la próxima década estén conformados por el denominado "rechazo" e inertes. La primera visión considera a la basura urbana como algo sin valor y que por tanto debe ser sólo eliminado y la segunda ve al residuo como un elemento con valor intrínseco que debe ser reaprovechado.

La solución a este modelo lo apalanca una adecuada Gestión Integral de los Residuos Sólidos (GIRS), que se puede interpretar como la interacción dinámica entre actores que se desempeñan en los planos institucional, sectorial y regional, en busca de una solución eficiente y equitativa sobre el manejo de los residuos.

En el marco de la sustentabilidad ambiental y de los procesos de urbanización, privatización y descentralización, la gestión integral de los residuos sólidos urbanos constituye hoy una preocupación de singular importancia por sus impactos directos e indirectos, algunos de ellos irreversibles y permanentes, tanto sobre el medio ambiente (aire, agua, tierra, paisaje) como sobre la salud de la población.

Desde diversos ángulos, la gestión de los residuos sólidos urbanos tiene una nueva connotación, por tratarse de una actividad que produce impactos negativos en ambientes físicos y sociales, donde la complementariedad entre mercado e intervención estatal puede lograr soluciones eficientes y equitativas. Chile al igual que los países de ALC, no está exenta del comportamiento en la gestión de residuos.

El modelo económico permitió un notable progreso en la calidad del servicio de gestión de residuos en la última década. Sin embargo, no se observó en el mismo periodo una evolución en las tarifas impuesta a cada ciudadano y los valores con los que se adjudicó, especialmente lo referido a la disposición final.

En Chile la gestión de los residuos recae en el Alcalde bajo la responsabilidad de una adecuada gestión, situación que queda establecida en el Código Sanitario, por tratarse de un problema de salud que afecta a la población. De igual forma la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades establece como función privativa del Municipio la gestión de sus residuos.

De igual manera, la agencia de protección del medio ambiente de los Estados Unidos EPA responsabiliza a un inadecuado manejo de los residuos sólidos urbanos la proliferación de a lo menos de 22 enfermedades que afectan a las personas.

a) Situación actual del manejo de residuos en Chile.

La población total atendida a nivel nacional, de acuerdo al censo 2017, es de 17.573.865 personas. De este total, un 87,8% habita en zonas urbanas, y un 12,2% en zonas rurales.

Respecto de la población atendida por los servicios de aseo, de acuerdo a la información levantada en la encuesta en línea, un 96% de la población tiene cobertura de estos servicios, lo que se traduce en un total de 16.874.720 personas. Considerando la diferencia de cobertura en los servicios de recolección de RSD en zonas urbanas y rurales, en el país la cobertura en las áreas urbanas alcanza un 99,2% de la población urbana; en tanto que, en las zonas rurales, la cobertura de estos servicios alcanza a cubrir un 73,4% de la población de dichas áreas.

b) PPC de RSD y por región.

El Indicador Producción Per Cápita (PPC) representa la cantidad de Residuos Sólidos Domiciliarios y Asimilables (RSDyA) que genera cada habitante de un territorio, durante un período de 1 día (kg/hab*día).

Este indicador puede variar en función del aumento de la población, de las condiciones socioeconómicas, el carácter urbano o rural de la localidad, la población flotante, entre otros factores. Comunas con población flotante son aquellas que en ciertos periodos del año reciben un flujo significativo de población.

Esta situación produce un aumento explosivo en la generación de RSDyA en algunas localidades, con los consiguientes inconvenientes operativos que provoca en los sistemas de recolección, transporte y disposición final de RSDyA. En virtud de ello, el estudio encargado a la consultora SGS-SIGA determinó el índice de PPC bajo dos modalidades: la primera modalidad es considerando sólo la población comunal atendida por servicios de aseo (PCA) y la segunda es considerando la Población Total Atendida, que considera la suma de la Población Comunal Atendida más la población flotante (PFP).

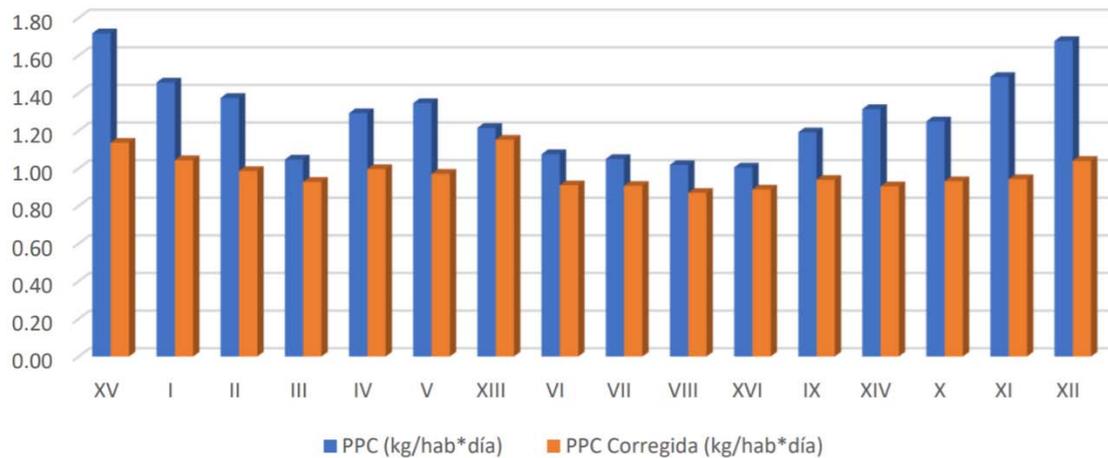
Tabla 1. PPC por región

REGIÓN	Población Regional Atendida (PRA)	Población Total Atendida (PTA) (PRA + PFP)	Generación de RSDyA (ton/año) 2017	PPC (kg/hab*día)	PPC Corregida (kg/hab*día)
XV	223.478	337.817	140.155	1,72	1,14
I	327.824	457.673	174.360	1,46	1,04
II	600.495	836.822	301.299	1,37	0,99
III	283.780	319.941	108.439	1,05	0,93
IV	723.810	939.709	341.700	1,29	1,00
V	1.747.155	2.422.733	859.017	1,35	0,97
XIII	7.064.123	7.448.451	3.133.510	1,22	1,15
VI	895.370	1.057.449	351.494	1,08	0,91
VII	962.563	1.114.152	368.973	1,05	0,91
VIII	1.519.204	1.778.072	564.591	1,02	0,87
XVI	406.886	460.625	149.248	1,00	0,89
IX	775.224	983.298	337.182	1,19	0,94
XIV	361.275	525.281	173.445	1,32	0,90
X	730.187	979.090	333.079	1,25	0,93
XI	95.576	150.698	51.857	1,49	0,94
XII	162.058	261.204	99.210	1,68	1,04

Fuente: SUBDERE 2018. Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables. Santiago de Chile, Chile.

En el Gráfico 8 se puede observar la PPC nacional por Región. Considerando la PPC calculada con la Población Regional Atendida.

Gráfico 8. PPC de RSDyA por Región



Fuente: SUBDERE 2018. Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables. Santiago de Chile, Chile.

c) Alternativas de disposición final de residuos sólidos utilizadas en Chile.

En Chile, mayoritariamente los RSDyA son dispuestos en sitios de disposición final, donde se reconocen tres tipos de sitios: basural, vertedero y RS. El basural es un lugar en el que se disponen residuos, ya sea en forma espontánea o programada, sin ningún tipo de control sanitario ni protección ambiental.

Un vertedero es un lugar de disposición final de residuos que fue planificado para ese uso, pero que no cuenta con las medidas sanitarias mínimas establecidas en el Decreto Supremo N° 189 de 2005 del MINSAL, por esta razón, en general, es foco de problemas ambientales.

Un RS, es una instalación de eliminación de residuos sólidos en la cual se disponen residuos sólidos domiciliarios y asimilables, diseñada, construida y operada para minimizar molestias, riesgos para la salud y la seguridad de la población y daños para el medio ambiente, en la cual los residuos son compactados en capas al mínimo volumen practicable y son cubiertas diariamente, cumpliendo con las disposiciones del DS N° 189 de 2005.

d) Instalaciones de disposición final de RSDyA operativas en Chile.

A junio de 2018, en Chile, existen 128 sitios operativos de disposición final de RSDyA. De ese total, 30 corresponden a RS, 8 rellenos manuales, 52 a vertederos y 38 a basurales.

Tabla 2. Sitios operativos de disposición final a nivel nacional

RELLENO SANITARIO	RELLENO MANUAL	VERTEDERO	BASURAL	TOTAL SITIOS
30	8	52	38	128

Fuente: SUBDERE, 2018. "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

Tabla 3. Sitios de disposición final y estación de transferencia en operación, año 2018

REGIÓN	Estación de Transferencia o Planta de Traslado		Relleno Sanitario		Vertedero	Basural	Total
	ET	PT	Tradicional	Manual			
Arica y Parinacota			1	0	1	1	3
Tarapacá			0	2	2	1	5
Antofagasta			2	4	5	2	13
Atacama			3	0	0	2	5
Coquimbo			1	0	8	0	9
Valparaíso	1	1	3	0	5	2	10
Región Metropolitana	2		3	0	1	0	4
Libertador Bernardo O'Higgins			2	0	0	0	2
Maule			4	0	1	0	5
Bio-Bio	1		4	0	2	1	7
Ñuble		1	1	0	0	0	1
Araucanía	1		1	2	10	3	16
Los Ríos			0	0	2	1	3
Los Lagos			2	0	8	8	18
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	1		3	0	6	10	19
Magallanes y la Antártica Chilena			0	0	1	7	8
TOTAL	6	2	30	8	52	38	128

Fuente: SUBDERE, 2018. "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

Tabla 4. Comparación instalaciones de disposición final años 2012-2017

INSTALACIONES	Cantidad de Instalaciones Año 2012	Cantidad de Instalaciones Año 2017
Rellenos Sanitarios Manuales	9	8
Rellenos Sanitarios Tradicionales	21	30
Vertederos	101	52
Basurales	29	38
TOTAL	161	128

Fuente: SUBDERE, 2018. "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

Durante el período 2012-2017, la cantidad de RS ha aumentado en 8 instalaciones, lo que ha permitido el cierre de 52 vertederos. Los Basurales han aumentado en 9. Respecto de la población atendida por tipo de instalación, en la tabla siguiente se presenta la distribución de la población atendida por tipo de sitio de disposición final.

Tabla 5. Población atendida por tipo de instalación

REGIÓN	RELLENO SANITARIO	RELLENO MANUAL	VERTÉDERO	BASURAL
I	0	12.030	441.148	4.495
II	243.691	349	592.781	0
III	288.047	0	0	31.894
IV	539.496	0	400.213	0
V	2.075.434	0	185.734	11.139
VI	819.854	0	0	0
VII	1.251.150	0	60.234	0
VIII	1.911.839	0	332.360	29.594
IX	63.351	125.507	275.258	43.869
X	389.554	0	400.502	189.033
XI	76.215	0	54.571	19.912
XII	0	0	138.589	122.616
XIII	7.443.364	0	155.513	0
XIV	0	0	501.024	24.258
XV	1.044	0	336.088	684
XVI	480.581	0	0	0
PAÍS	15.583.620	137.887	3.874.015	477.493

Fuente: SUBDERE, 2018. "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

Si se analiza la Tabla 5, resulta evidente el déficit de instalaciones que posee nuestro país.

La primera región dispone la totalidad de sus residuos en sitios inadecuados, la misma situación se visualiza en las regiones XII y XIV.

Es necesario resumir que 4,4 millones de personas no poseen sitios adecuados para la disposición final de residuos, por tanto, la brecha de tratamiento en RS asciende a 1,6 millones de toneladas de RSDyA por año.

V. RESUMEN DEL CAPÍTULO

La disposición final en Chile es el método mayoritariamente considerado que permite resolver un tema sanitario. Esta responsabilidad Municipal, frente a la fiscalización de la autoridad de salud y luego bajo la nueva institucionalidad con la SMA (Superintendencia de Medio Ambiente), es la que permite al país evitar problemas de salud pública, con la responsabilidad de contener más de 22 enfermedades según lo determina la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América.

Según los últimos antecedentes que se pueden recoger de parte de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), se puede establecer que a nivel Nacional se han identificado 128 sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos activos. De igual forma se logra identificar 56 sitios que cesaron sus operaciones, incluidos los sitios con cierre planificado y/o ejecutado con Resolución de Calificación Ambiental (RCA) aprobada, así como aquellos que sólo cesaron sus operaciones a través del abandono y 13 proyectos de instalación en distintas etapas de desarrollo.

De los 128 sitios activos que se han logrado determinar en el catastro, 30 responden a RS, 8 rellenos manuales, 52 vertederos, y 38 basurales.

Los residuos sólidos nacen como un problema, principalmente por el contenido de materia orgánica la que, en una rápida descomposición, no solo atrae vectores sino afecta al aire al agua y por supuesto a los seres vivos.

Los RS cómo es posible observar, son una solución sanitaria de primer orden. Confinando el residuo orgánico principalmente se disponen bajo un diseño de ingeniería.

Hoy no existe otra solución más económica, capaz de adaptarse a condiciones de inestabilidad de la planta hasta dar respuesta sanitaria bajo condiciones mínimas.

Una obra civil en ingeniería, que cumple con las etapas tradicionales del diseño, desde una ingeniería básica para llegar a una ingeniería de detalle, donde se construye bajo una programación exacta en materialidad y desarrollo.

Por otra parte, cualquier obra civil, requiere de un análisis financiero, ambiental y social que tiene como objeto mejorar el bienestar de los hombres que habitan esta tierra.

Llama la atención entonces, al estudiar al RS como una obra civil donde concommita la interacción de variables ambientales, físicas, químicas y biológicas además de la política y económica.

Ningún proyecto de ingeniería sanitaria u obra civil debe diseñarse para operar con fracciones absolutamente heterogéneas y con una composición absolutamente aleatoria como es la de nuestros residuos. Luego se complejiza esta situación cuando, de acuerdo a sus características, deben manejarse dos elementos como los líquidos lixiviados y la generación de biogás que emanan de los residuos.

Finalmente, a esta complejidad que se asimila a un metabolismo humano, debe agregarse los conflictos sociales y políticos que generan mientras se selecciona el lugar para establecer el relleno el que, obviamente, termina causando un pequeño impacto que arrastra como cualquier obra civil durante su vida útil.

Hoy el mundo, ante la generación de residuos bajo el modelo económico imperante, identifica el proceso de adquirir, usar y tirar o disponer, aunado a otros procesos como la obsolescencia programada, e inicia un plan para lograr una disminución de la generación de residuos, proponiendo un nuevo modelo de consumo más sustentable. Como respuesta a este proceso se ha establecido la denominada economía circular, la responsabilidad extendida del productor, entre otras herramientas.

Pese a todos los esfuerzos de quienes están en condiciones de aplicar otras alternativas solo con el propósito de obtener la ambiciosa condición de basura cero, esta no ha sido efectiva, pues la condición última es que la fracción rechazo varía entre un 20% y un 30%. Esta fracción es la que actualmente va a disposición final. Para el caso europeo no puede ir a disposición final la denominada fracción FORSU (fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos) que finalmente es llevada para una estabilización y en algunos casos con subsidios importantes, son llevados a planta para la generación de biogás o biodigestores con la finalidad de aprovechar el biogás (metano) y el sustrato que ha quedado en el digestor denominado "digestato", usarlo como un mejorador de suelo.

Existen muchos rellenos en nuestro país que cuentan con RCA favorable, sin embargo, muchos de ellos, aun operaran en la lógica de un vertedero, ello quizá se deba a las distintas condiciones topográficas y climáticas particulares, a continuación, se muestra una tabla donde dichos proyectos se subdividen en Zona Norte, Zona Sur, y Zona Centro.

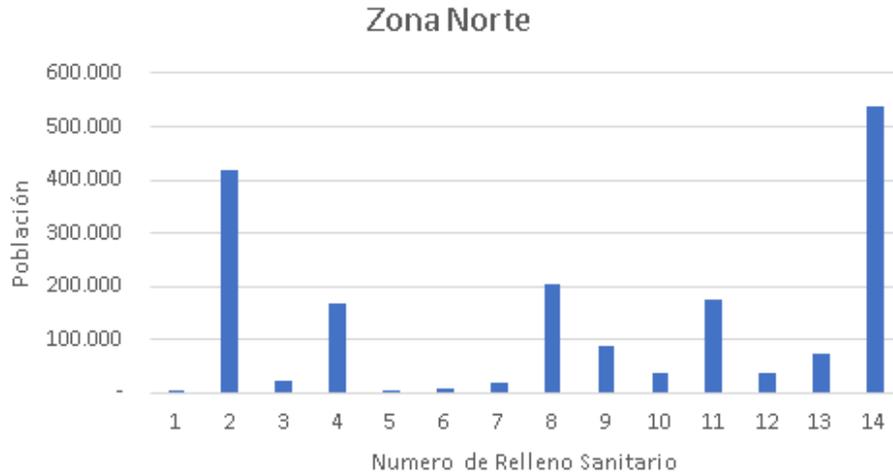
Tabla 6. Proyectos de RS con RCA

PROYECTOS AUDITADOS					
SELECCIÓN PROYECTOS	SITIOS DE DISPOSICION FINAL	RCA	POB	TON	
REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA	1 RELLENO SANITARIO CAMARONES	SI	1.044	248	ZONA NORTE
REGIÓN DE TARAPACA	2 VERTERO MUNICIPAL EL BORO	RCA 85/1999	419.280	165.937	
	3 VERTEDERO MUNICIPAL POZO ALMONTE	RCA 137/2003	21.868	4.573	
	4 RELLENO SANITARIO SANTA INES (Etapa construcción)	RCA 34 /2018	169.258	141.600	
	5 RELLENO SANITARIO CAMIÑA	RCA 026/2003	2.734	965	
REGIÓN DE ANTOFAGASTA	6 RELLENO SANITARIO MANUAL DE PICA	RCA 03/2005	9.296	1.874	
	7 VERTEDERO DE TALTAL	RCA 0120/2004	19.498	7.540	
	8 RELLENO SANITARIO CERRO COLORADO	RCA 95/1999 RCA 89/2017	205.654	57.740	
	9 VERTEDERO MUNICIPAL DE SAN PEDRO DE ATACAMA	RCA 0121/1999	88.384	34.724	
	10 RELLENO SANITARIO QUEBRADA ANCHA	RCA 342/2009	38.037	13.194	
REGIÓN DE ATACAMA	11 RELLENO SANITARIO EL CHULO	RCA 139/2006	176.324	62.326	
	12 RELLENO SANITARIO CERRO MONTEVIDEO	RCA 128/2012	36.561	11.976	
	13 RELLENO SANITARIO PROVINCIAL DEL HUASCO	RCA 04/2011	75.162	23.378	
REGIÓN DE COQUIMBO	14 RELLENO SANITARIO EL PANUL	RCA 65/2004; 99/2004	539.496	190.045	
REGIÓN DE VALPARAÍSO	1 RELLENO SANITARIO EL MOLLE	RCA 271/2008	1.414.830	494.153	
	2 RELLENO SANITARIO SAN PEDRO	RCA 250/2012	423.449	172.905	
	3 CTI LA HORMIGA	RCA 1371/2009	237.155	77.969	
REGIÓN METROPOLITANA	4 RELLENO SANITARIO SANTIAGO PONIENTE	RCA 179/2001	1.070.297	386.670	
	5 RELLENO SANITARIO LOMA LOS COLORADOS	RCA 990/1995	4.227.237	1.710.200	
	6 RELLENO SANITARIO CERRO LA LEONA				
	7 RELLENO SANITARIO SANTA MARTA	RCA 433/2001 RCA 076/2012	2.145.830	1.013.512	
REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS	8 RELLENO SANITARIO COLIHUES LA YESCA	RES. EX 976/1996	717.868	241.045	
	9 RELLENO SANITARIO LAS QUILAS	RES. EX 113/2003	101.985	37.618	
REGIÓN DEL MAULE	10 RELLENO SANITARIO EL RETAMO	RCA 143/2001 RCA 04/2002 RCA 012/2007	579.953	201.886	
	11 CENTRO DE TRATAMIENTO ECO MAULE	RCA 52/2004	191.831	66.613	
	12 RELLENO SANITARIO SAN ROQUE	RCA 05/2012	100.441	27.879	
	13 RELLENO SANITARIO PARQUE EL GUANACO	RCA 16/2002 RCA 004/2007	378.923	110.897	
REGIÓN DEL BIO-BÍO	1 RELLENO SANITARIO COPIULEMU	RCA 81/2000 EIA RES. EX 84/2009	396.875	127.371	
	2 RELLENO SANITARIO CEMARC	RES. EX 183/2004	754.453	261.449	
	3 RELLENO SANITARIO INTERCOMUNAL ARAUCO-CURANILAHUE	RES EX 161/2003	74.200	21.573	
	4 RELLENO SANITARIO LOS ÁNGELES	RES. EX 252/2002	686.310	220.629	
REGIÓN DEL ÑUBLE	5 RELLENO SANITARIO FUNDO LAS CRUCES (ECOBIO)	RES. EX 337/1999	480.581	157.083	ZONA SUR
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA	6 RELLENO SANITARIO DE COIPUE	EIA 010/1999	11.230	4.320	
	7 VERTEDERO DE GORBEA	ES. N°46 DEL (24-03-2010)	11.862	3.950	
REGIÓN DE LOS RÍOS	8 VERTEDERO DE HUALLIZADA	RCA 45 2010	23.812	7.700	
	9 RELLENO VILLARRICA	EIA 019/1999	114.277	27.568	
	10 CENTRO DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MALLECO NORTE (Etapa c	RCA N° 96/2018"	101.232	109.500	
REGIÓN DE LOS LAGOS	11 VERTEDERO MUNICIPAL DE VICTORIA	RCA 228 2014	63.351	22.680	
	12 VERTEDERO DE MORROMPULLI	EIA. RES. EX 563/2002	480.836	156.745	
REGIÓN DE LOS RÍOS	13 VERTEDERO INTERCOMUNAL PAILLACO – FUTRONO	RES. EX 454/2000	20.188	7.200	
	14 VERTEDERO INDUSTRIAL EL EMPALME	RES. EX 1453/2000	45.471	11.809	
	15 RELLENO SANITARIO LA LAJA	RCA 214/2009	387.314	112.488	
REGIÓN DE AYSÉN	16 CENTRO DE MANEJO RESIDUOS COYHAIQUE – CEMARC	RCA 747/2003 RCA 51/2010	71.866	27.200	
	17 RELLENO SANITARIO VILLA O'HIGGINS	SI	625	77	
	18 RELLENO SANITARIO PUERTO IBÁÑEZ	RCA 287 2002	3.724	717	
REGIÓN DE MAGALLANES					

Fuente: Elaboración propia con base en SUBDERE, 2018. "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

Al analizar la zona norte en la que se incorpora la Región de Arica y Parinacota, La I Región de Tarapacá, Región de Antofagasta, la Región de Atacama, y la Región de Coquimbo, podemos establecer el tamaño de los 14 rellenos, solo un caso supera los 500.000 ton/año donde anualmente mediante estos rellenos atiende a 1.802.596 habitantes que anualmente disponen 716.120 toneladas de residuos.

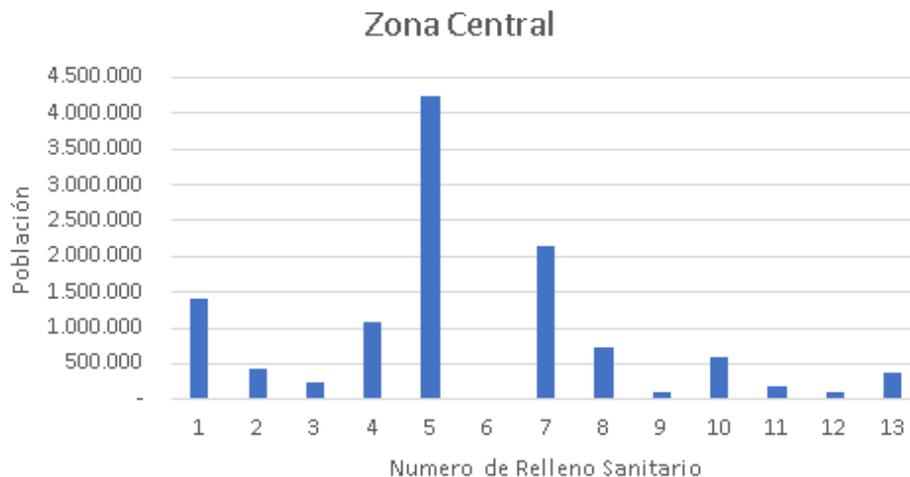
Gráfico 9. Población atendida por RS ubicados en la Zona Norte de Chile



Fuente: Elaboración propia con base en SUBDERE, 2018. "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

La zona Central con 13 instalaciones de disposición final da servicios a 11.589.799 habitantes disponiendo un tonelaje de 4.541.347 ton.

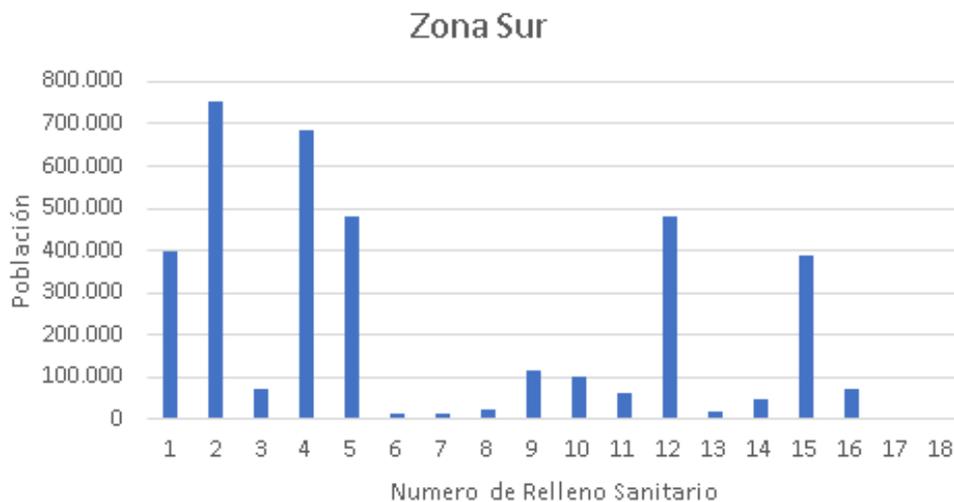
Gráfico 10. Población atendida por RS ubicados en la Zona Central de Chile



Fuente: Elaboración propia con base en SUBDERE (2018). "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

La zona Central entrega un servicio con el apoyo de 18 instalaciones de disposición final, a una población 3.728.207 habitantes, colocando en disposición final la cantidad de 1.280.059 Toneladas

Gráfico 11. Población atendida por RS ubicados en la Zona Sur de Chile



Fuente: Elaboración propia con base en SUBDERE (2018). "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

Como síntesis de los catastros podemos comprobar que existen 45 instalaciones con RCA que operan en el país en la etapa de disposición final con una población atendida de 17.120.602 habitantes, que en estas 45 instalaciones disponen 6.537.526 toneladas de residuos anuales.

Se deducen solo 11 instalaciones que recepcionan más de 100.000 toneladas anuales.

Solo 2 instalaciones disponen sobre 500.000 ton y solo una de ellas supera el 1.000.000 de toneladas por año.

CAPÍTULO 2

I. MODELO DE CONTRATACIÓN

La gestión de los RSU es una función privativa del Municipio, tal y como lo indica la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades. Este rol, por cuestiones de conveniencia de los Municipios, son subrogadas a empresas privadas, a partir de inicio de los años 90.

La subrogación tenía como finalidad agilizar los procesos de adquisición de bienes de capital o de enfrentar con prontitud costos relevantes como son los costos de mantenimiento de equipos o instalaciones, además de hacer eficiente la operación de los vertederos existentes en la época, liberando a los municipios de la carga financiera que implicaba la construcción de nuevas instalaciones o de la ampliación de las existentes.

La disposición de residuos corresponde a un servicio esencial en el ámbito municipal, dado que, sobre este ente, en el Municipio recae la responsabilidad última de la gestión de los mismo en su territorio. Por ello, resulta necesario que esta actividad se entienda como prioritaria, al mismo nivel quizá de la educación o de la atención primaria de salud.

En la afirmación anterior, subyace la pregunta más importante que se puede plantear en este documento, la cual es: ¿Cómo puede garantizar el Municipio la gestión adecuada de los residuos que se producen en su espacio jurisdiccional? Quizá en la mayoría de los casos, la respuesta simplemente es “no puede”.

Resulta sorprendente por tanto que en las licitaciones realizadas los últimos años en Chile, empresas locales de mucha experiencia, compitan de igual a igual con empresas de reciente creación o con experiencia acreditadas en países donde los estándares ambientales son diferentes a los de Chile. No se trata de excluir a empresas extranjeras de futuros concursos, sino que la experiencia y aptitud de cada empresa en competencia, debería ser evaluada con base en los requerimientos locales, incluyendo instalaciones equivalentes a las que obliga a construir y operar la legislación nacional.

Una vez solucionada la disyuntiva de la elección de este “socio estratégico” que reemplazará al municipio en una de sus obligaciones, se debe considerar la mejor forma de contratar el servicio de disposición final de residuos.

El modelo de obtención del servicio de disposición final que resulta ideal para el ámbito municipal, se basa en que otros: Gobierno Central o empresa privada, concurren con las inversiones y que el municipio cubra, idealmente, un costo similar al que está pagando en la actualidad por la disposición de sus residuos, en general esta situación no ocurre, principalmente, debido a los estándares ambientales que considera la legislación nacional para las nuevas instalaciones, lo que genera costos operacionales muy superiores a los gastados en la operación de vertedero o basurales.

Existen múltiples modelos de contratación de instalaciones de la naturaleza de un RS, sin embargo, no resulta tan importante el modelo como la posibilidad de que este servicio se mantenga en el tiempo.

Situaciones como las que ocurren en Chiloé, por ejemplo, da cuenta sobre que, políticas públicas de corto plazo, pueden desencadenar en una emergencia ambiental. Una vez declarada la emergencia, pareciera que cualquier método de disposición final es válido, independientemente de si cumple o no con la legislación vigente.

Quizás, la instalación del vertedero de "Puntra" en las cercanías de Ancud, nos debería recordar a futuro los efectos que produce la ausencia de planificación en la gestión de los residuos de una determinada comunidad. Sin embargo, es necesario recordar que el Estado de Chile junto al BID (Banco Interamericano de Desarrollo) financiaron un estudio adjudicado al Grupo de Residuos Sólidos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y que entregó las soluciones para cada una de las comunidades de Chiloé y Palena, con 9 planes de cierre incluidos, todos ellos aprobados (RS, estación de transferencia y cierre y sellado) con RCA. No obstante a ello, por temas políticos, dicha solución no fue implementada.

Al pensar en la contratación de un servicio de la magnitud e importancia de un RS, se debe considerar además que el presupuesto municipal debe incluir y mantener, durante todo su ejercicio, una glosa que permita cubrir los costos de los servicios de recolección de residuos, limpieza viaria y disposición final. Resulta inexplicable que ciertos municipios mantengan deudas de más de un año con las empresas que gestionan sus residuos, no por el nivel de morosidad que presenta el mundo municipal, sino, porque las empresas prestadoras del servicio mantengan sus contratos y sigan brindando el servicio y acumulando más deuda.

Tanto más importante que un contrato, es la disposición de las partes a cumplirlo. Por un lado, las empresas gestoras de RS deberían estar obligadas a recibir todos los residuos que la legislación permite disponer en estas instalaciones, cumplir de forma irrestricta la legislación vigente, atender en sus instalaciones la mayor cantidad de días al año posibles y por el lado del municipio, enviar los residuos comprometidos por el plazo contratado a la vez de cumplir con los compromisos de pago del servicio.

Cuando se analiza la historia reciente en cuanto a contratación de servicios de disposición final, se puede mencionar que han sido la mayoría en base al sistema de la concesión. En la generalidad de sus casos, la inversión es aportada por los privados y recuperada en el tiempo mediante una tarifa. Quizá en los últimos proyectos (RS La Laja, localizado en Puerto Varas y RS Chaqueta Blanca en Antofagasta), la SUBDERE, mediante el Gobierno Regional correspondiente, ha aportado una parte importante de la inversión inicial, lo que ha permitido que la propiedad de la instalación se mantenga en el sector público. Más adelante se comentará acerca de la conveniencia o no de esta metodología.

Volviendo a la forma de contratar el servicio, a continuación, se analizan algunas formas de evaluar la contratación, cada una de las cuales permite calcular el valor del servicio que se requiere.

a) Empresa modelo.

Existen diversos ejemplos de contratación donde el Estado “simula” una determinada actividad desarrollada por una empresa ficticia, la cual considera todos los costos de ingeniería, permisos ambientales y sanitarios, inversiones, puesta en marcha, reinversiones, costos operativos, monitoreos, costos de cierre de la instalación, etc.

Este modelo de costos se desarrolla por entidades expertas y permite obtener el valor de un determinado servicio. El caso de mayor éxito en Chile, se encuentran las concesiones entregadas en el mundo sanitario, como lo son el abastecimiento de agua potable o el tratamiento de aguas servidas.

Otro modelo más cercano al caso de análisis es la concesión por recolección de residuos en la ciudad de Bogotá, Colombia, donde se aplican criterios similares al de la empresa modelo, incluyendo criterios de aleatoriedad en la definición del concesionario en determinados sectores de la ciudad.

Este modelo una vez completado, permite una determinada rentabilidad al operador de forma que incentive a inversionistas o empresas especialistas a participar en las licitaciones que dan forma al servicio. Generalmente se establecen rentabilidades garantizadas al inversor con tasas inferiores a las utilizadas en negocios similares que no posean garantías de rentabilidad.

Dado este modelo, resulta necesario que las tarifas sean estudiadas con frecuencia, de forma que incrementos de costos o exigencias legales (ambientales, laborales, sanitarias, etc.) puedan ser internalizadas en el modelo de costos y que el inversionista mantenga la rentabilidad pactada.

Quizá una de las ventajas que posee este modelo de contratación, es que la incertidumbre del proyecto normalmente no se traduce a la tarifa, dado que existe la posibilidad de que, en el nuevo proceso de fijación de tarifas, se incluyan las nuevas exigencias del proyecto.

Otra ventaja que posee este modelo es que el financiamiento o bancarización del proyecto resulta muy conveniente al tener contratos de este tipo donde se garantiza el periodo de contratación, así como la rentabilidad del contratista.

La estructura de costos del contratista por tanto se debe detallar lo suficiente como para poder comparar de forma adecuada, los supuestos de cada una de las empresas participante del proceso de contratación. Cuando existen procesos similares de disposición final, resulta simple esta comparación, pero cuando un oferente respecto otro ofrece

técnicas innovadoras o procesos diferentes, como podría ser una estación de transferencia o un tratamiento de lixiviados o biogás distinto, la comparación ya no resultaría tan obvia.

En este tipo de comparaciones, la vida útil no debería ser una variable a considerar. Sin embargo, por experiencias pasadas, en nuestro país se tiene de evaluar proyectos de disposición final de la mayor vida útil posible, lo que dificulta aún más un criterio único de evaluación.

Como aparente desventaja del modelo, se puede mencionar, quizá de forma errónea, que “el Municipio correrá el riesgo de futuras exigencias aplicadas al proyecto”. En la práctica, exigencias adicionales no consideradas en una evaluación de un proyecto de la naturaleza de un RS repercuten en un aumento de tarifa por la vía de la reclamación del contratista y en caso de ser denegada esta petición, se podría producir un deterioro de la calidad del servicio o término anticipado del contrato que regula el servicio.

Finalmente, de ser aplicado este modelo, se debe considerar que el equipo municipal, deberá contar con las competencias técnicas que le permitan elaborar este modelo de costos o en reemplazo a ello, contratar la elaboración de este modelo a organismo o empresas con la debida experiencia. Es necesario revisar además del costo por tonelada, la matriz de responsabilidades: ¿quién responde por qué? y el cumplimiento irrestricto de la legislación vigente.

b) Modelo de concesión.

A fines de los años 90, se comienza a utilizar el modelo de concesión de autopistas urbanas en nuestro país. A partir de esta fecha, se produjo un boom en la externalización de servicios que hasta la fecha se brindaban por parte del Estado.

El fundamento de esta política de Estado se basó en la necesidad de cubrir otro tipo de necesidades prioritarias de la población antes enfrentar temas de infraestructura.

Si bien el modelo de la concesión se podría también basar en la “empresa modelo”, en este sistema de contratación no existe, a modo general, una revisión de tarifas por la vía de la reclamación y las empresas participantes pueden proponer su propia tarifa, de forma independiente de la rentabilidad que ello implique para las mismas. De existir contingencia en los contratos, se han realizado arbitrajes o acuerdos económicos entre las partes, que en la práctica se ha traducido en aumentos del periodo de concesión a modo de compensación para los concesionarios del servicio.

Aunque no es propio del modelo de contratación, se han definido contratos del tipo BOT (build, operate and transfer) en este tipo de servicios. Esta modalidad de contrato establece que la sociedad vehículo del proyecto o concesionario, deberá construir, operar y, luego, transferir al Estado los activos o todos los componentes del proyecto. Es decir, la empresa privada se encarga de ejecutar la obra bajo su riesgo, y, al final, cobra por el uso directo de la misma.

En el contrato tipo BOT, luego de que se cumple el plazo para amortizar la inversión, el activo pasa inmediatamente al Estado. En el ejemplo anterior de las autopistas en Chile, una vez que se concluye el contrato, las obras físicas objeto del servicio serán transferidas al Estado para su operación. Aunque existen cláusulas que cubren el deterioro causado por el uso del bien, en la actualidad no existe experiencia aun en cuanto a la transferencia de la infraestructura al estado, por tanto, se debe evaluar las condicionantes que deben aplicarse al contrato en esta modalidad.

En el caso de un RS bajo la modalidad contratación de BOT una vez concluido el contrato se traspasarían los bienes al Municipio, pero a la vez se estaría traspasando el pasivo ambiental que dejaría la disposición de años de residuos en la instalación. Esta disquisición debería realizarse en el caso de que sea la opción seleccionada por el contratante. Un caso más complejo se produciría si el contratante no fuera un Municipio sino un grupo de ellos. ¿Quién sería el dueño de la instalación una vez terminado el contrato?, ¿Quién sería el responsable o responsables del pasivo ambiental por los 20 años que instruye el DS189/05?

En relación al cierre y monitoreo post cierre, existiría la necesidad de contar con medios económicos para realizarlo. Quizá una solución a analizar es la retención de una cierta cantidad de dinero por tonelada dispuesta para el plan de cierre de la instalación, pero ¿qué evitaría que este dinero se destinara a otros fines? Quizá una póliza de garantía cumpliría el propósito. Sin embargo, a la fecha, al no existir este modelo claramente definido, se debería analizar la factibilidad de ir retirando dinero de esta "póliza" cada uno de los años que mandata el reglamento acerca del plan de cierre. Asimismo, identificar la forma de retirar dinero de forma extraordinaria en caso de alguna contingencia en el plan de cierre. Ciertamente la solución no parece simple y quizá no sea tan atractivo como parece que el municipio sea el dueño-responsable de una instalación de esta naturaleza.

Otras formas de uniones publico privadas son:

BOO (build, own, operate). Este tipo de acuerdo dispone que el proveedor privado debe construir y operar los activos de la prestación del servicio. En este particular, el Estado solo regulará y supervisará la prestación del servicio público, ya que la propiedad del activo siempre es del inversionista proveedor (el concesionario).

El BOO es muy común en concesiones de transporte y en servicios de productores independientes. Este sistema permite que la entidad privada que ejecuta el proyecto cobre directamente la prestación del servicio.

La modalidad BOO en cierta forma es la manera mediante la cual el servicio de disposición final de residuos ha funcionado en nuestro país a partir de mediados de la década de los noventa, cuando los mayores vertederos de la Región Metropolitana debieron cerrar debido a la superación de su vida útil y el colapso de dichas instalaciones.

En este caso, la empresa a contratar debe contar con la experiencia necesaria como para seleccionar el terreno, preparar los estudios, obtener todas las aprobaciones ambientales y sectoriales que mandata nuestra legislación, además de poseer la expertiz necesaria para construir, operar y clausurar el RS. Asimismo, la empresa deberá enfrentar todos los costos que se originen de la operación, clausura y monitoreo de la instalación.

Al escribir el párrafo anterior vienen a la mente las contingencias ocurridas los últimos años en los RS de la Región Metropolitana. Quizá la más grave fue la ocurrida en el RS propiedad del Consorcio Santa Marta, sin embargo, también se deben considerar los incendios y deslizamientos ocurridos en casi todos los rellenos sanitarios de la Región Metropolitana.

En este tipo de contratación el único responsable de la contingencia es el operador, y por ello debe, además de remediar las situaciones ocurridas, enfrentar las multas que imponen los organismos fiscalizadores con competencia ambiental. Todo lo anterior, es muy probable que no se considere en el modelo de costos que origina la tarifa, por tanto, se debe considerar este tipo de situaciones en vistas del otorgamiento del servicio a un determinado contratista.

BOOT (build, own, operate and transfer). En las Asociaciones Público Privadas que se establecen bajo la figura contractual de BOOT, los activos son construidos y operados por la empresa privada. En este sentido, la propiedad de estos es del consorcio privado hasta que culmina el plazo del contrato, momento en el cual deben transferirse al Estado. Sin embargo, el proveedor privado tiene el derecho a cobrar por el uso directo de los activos.

Aunque podría parecer atractivo para determinados Municipios, la transferencia de una instalación como el RS, implica una serie de costos que deben considerarse antes de tomar decisiones de esta naturaleza. Por ejemplo, se debe considerar las exigencias que emanan del DS189/05 "Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los RS", específicamente referidas a los monitoreos en la etapa de cierre de un RS, así como la mantención del mismo por un periodo de 20 años posteriores al cierre.

Si se decidiera aplicar un contrato de concesión sobre la modalidad BOOT, el municipio debería evaluar, si al término del contrato, la instalación aún posee vida útil y si los costos de la etapa de post cierre se verían compensados con el valor del activo al término de la primera concesión. De ser así, podría ser interesante para el municipio poseer una instalación que podría seguir operando con medios propios o mediante una nueva contratación.

c) Modelo de concesión mixto.

En los últimos años se han construido en nuestro país algunos RS que poseen financiamiento propio, de una parte, o la totalidad de la inversión inicial, incluso las maquinarias de

operación requeridas para la instalación y se completa el proyecto con inversiones aportadas por el contratista.

Casos como el RS de la ciudad de Antofagasta o el RS La Laja, que brindan servicio a una serie de municipios que forman la Asociación de Municipios y que originó dicho proyecto, son el ejemplo de dicho modelo de contratación.

Sin embargo, entendiendo que este modelo de contratación ha sido exitoso en algunos casos, también se puede mencionar el caso del RS de Osorno, donde la obra fue paralizada de forma indefinida dado que el contratista-concesionario informó a las autoridades acerca de la presencia de una falla del suelo que no habría sido identificada en el proceso de ingeniería y evaluación ambiental liderada por el Municipio. Debemos recordar que, tanto la contratación como el seguimiento (y por cierto la calidad de la ingeniería), es aporte y responsabilidad del Municipio en este tipo de contratos.

En este caso, tanto el terreno como la ingeniería y evaluación ambiental es aportada por el municipio, este último debió contratar -con fondos propios o del Gobierno Regional- estudios de ingeniería que permiten obtener las aprobaciones ambientales y sectoriales requeridas en nuestra legislación. Quizá aquí radica una de las mayores desventajas de esta forma de contratación, dado que la práctica muestra procesos que se han extendido por casi una década y mucho de ellos no están exentos de problemas de diseño o definiciones de ingeniería incompletas o incorrectas.

Una de las ventajas de esta forma de contratación es que las tarifas de operación iniciales, los primeros 3 a 5 años de la concesión, normalmente son más bajos e incluso cercanos a los costos de operación de vertederos, dado que la componente del CAPEX no se considera en los primeros años, ya que fue aportada por el Municipio. Esto permite al Municipio hacer una transición menos onerosa desde la disposición de residuos en vertederos o basurales a la solución del RS.

Un tema no abordado aun dado lo reciente de los proyectos, son las desviaciones de ingeniería que el contratista detecte en la etapa de construcción o de operación del relleno. Al parecer los proyectos desarrollados con financiamiento compartido han concluido la etapa de construcción con reclamaciones del contratista por obras no consideradas o mal diseñadas y por tanto mayores costos de construcción. Será necesario analizar con mayor información, si este tipo de contratos en la práctica son realmente más costo-eficientes que los que se obtienen por los mecanismos de la Concesión o la Rentabilidad Garantizada (o Empresa Modelo).

Como resumen, se puede concluir que el modelo de Concesión mediante el sistema BOO (build, own, operate), parece ser el más conveniente para el Municipio y a fin de que el proyecto resulte conveniente para ambas partes se debería considerar duraciones de contrato de menor tiempo de forma que pueda internalizarse lo más pronto posible variaciones importantes de costos en una nueva tarifa.

Otra forma de conseguir el mismo objetivo, pero con contratos que aseguren un mayor tiempo de servicio, es la inclusión de cláusulas de reajustabilidad en base a polinomios. Tal como en el ámbito minero, puedan reflejar de mejor forma la variación de costos del contratista y de esta forma asegurar la sustentabilidad económica del proyecto de RS.

Un contrato como el descrito anteriormente, permite dar solución a la problemática de la gestión de los residuos de una forma más sustentable en el tiempo. Sin embargo, la obligación del pago debe considerarse en cualquier forma de contratación, dado que los retrasos en el pago del servicio desnaturalizan los contratos, llevando al municipio a la encrucijada legal de que, al no cumplir con su parte del contrato, el concesionario o contratista tampoco estaría en la obligación de cumplir la suya.

La Profesora Adela Gómez¹ menciona en uno de sus artículos: *" lo primero que debe tener claro es que usted no podrá demandar el incumplimiento si no ha cumplido a su vez el contrato. Hay un viejo adagio que dice 'la mora purga la mora', es decir, usted no podrá alegar que el otro no ha cumplido, si por su parte no está al día en el cumplimiento de lo que le correspondía. Sólo si usted está al día, podrá hacer valer el contrato"*.

¹ Profesora Adela Gómez: ¿Qué hacer ante un incumplimiento de contrato?. Artículo publicado en sitio web de la Facultad de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

CAPÍTULO 3

I. CÁLCULO DE LA TARIFA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS

Como se mencionó en capítulos anteriores, una vez elegida la forma de contratar el servicio de disposición final de residuos, se debe calcular la tarifa de equilibrio que permitirá remunerar la inversión en la instalación, pagar los costos operativos y generar las provisiones y utilidades que requerirá el proyecto de relleno sanitario para ser sustentable en el tiempo.

Existen diversas formas de calcular la tarifa de disposición final en un RS, la mayoría se basa en flujos de caja, los cuales se fuerzan con una tarifa a un valor actual neto de cero, a una determinada tasa de descuento, y de esta forma se obtiene como resultado el mínimo valor de la tarifa de disposición final, que permitirá remunerar al inversionista de su capital, a la vez de servir la deuda contraída con la Banca.

Para este cálculo, se deben primeramente identificar las inversiones y gastos operacionales más relevantes, los cuales servirán una vez calculados para incorporarlos a la evaluación económica del proyecto que permitirá calcular la tarifa de equilibrio del proyecto.

Un RS requerirá de una serie de inversiones que deberán acometerse antes de que la instalación entre en servicio. Podría hacerse pequeños desfases de tiempo en el caso del tratamiento de lixiviados por no conocer previamente su composición; sin embargo, la práctica indica que mientras más tiempo pasa entre el inicio de la operación del relleno y la puesta en marcha de la planta de lixiviados, aumentan las contingencias por derrame o desborde de los sistemas de contención de estos líquidos. En todo caso se deben reconocer las dificultades de la puesta a punto de un sistema de tratamiento de un lixiviado, que no ha sido caracterizado previamente.

Esta situación obliga al operador al inicio de la operación de RS, con un pasivo importante que debe regularse, mediante su almacenamiento. Los líquidos percolados son aquellos líquidos que atravesaron una masa de residuos, muy lentamente, consiguiendo una alta carga. Esta lenta percolación o infiltración en la masa de residuos, dependerá de factores tan importantes como son la composición del residuo dispuesto, la densidad, la permeabilidad del residuo y cobertura y la altura de la masa de residuos, entre otros. Esto significa que un relleno debe caracterizar a lo menos un año o más, debiendo regular el líquido generado en piscinas de almacenamiento.

El manejo de gases puede planificarse posterior al inicio de la operación, principalmente por que la generación de gases combustibles (biogás), dependiendo de la zona y composición del residuo, podría demorarse hasta 2 años medidos desde la descarga de los primeros residuos. Es importante recordar la mención que hace el reglamento de RS,

respecto del biogás generado de la masa de residuos. Este reglamento indica que se debe considerar, en el momento de diseñar el relleno, y solo si es requerido, proceder a la instalación de un sistema extracción y control del biogás.

Aunque podría establecerse, como una parte de la operación, las labores de cierre o cobertura final de la instalación deben considerarse en la evaluación económica del proyecto. La cobertura final dependerá de lo comprometido en la RCA del proyecto y debe considerar a lo menos una capa de tierra de 60 centímetros de espesor.

Para el cálculo se debe asumir una serie de supuestos que permitirán hacer la evaluación económica, entre ellos están los puntos que se desarrollan a continuación.

a) Vida Útil.

La instalación de un RS nunca será un trámite simple, por ello se debe estudiar la duración del contrato en vistas de la vida útil del depósito.

No resultaría lógico por tanto que este contrato tuviera una duración menor a 10 años, pero tampoco lo es que la duración del contrato este unido a la vida útil del RS cuando éste pueda operar por más de 20 años.

A mayor duración del contrato, existirá una mayor seguridad para el inversionista, pero también una mayor sensación de "amarre" por parte del municipio menos conservador. Esta sensación se basa en la obligatoriedad de la disposición de residuos en una determinada instalación, lo que no podría ser de otra forma considerando la cuantía de las inversiones, la ausencia hasta la fecha de opciones tecnológicas de similar costo y la dificultad para instalar un RS.

Quizá una explicación a esta sensación de "amarre" es que cada cierto tiempo, los Municipios y Autoridades reciben ofrecimientos de representantes de tecnologías revolucionarias, que prometen convertir los residuos en dinero y no en pocos casos, se firman acuerdos por el suministro de estas tecnologías, las cuales de modo habitual no se materializan debido a que estos proyectos por diversos motivos, no resultan factibles de ser ejecutados. Nuestro país tiene diversos ejemplos de promesas de construcción de plantas de valorización, reciclaje o transformación energética, que después de compromisos públicos han terminado en el más absoluto silencio, requiriendo de la única tecnología que responde a la obligatoriedad de la autoridad responsable frente al código sanitario.

Por otra parte, algunos Municipios con una mirada más conservadora, prefieren contratos de largo plazo, que permiten dar solución a la problemática del manejo de residuos en un horizonte mayor de tiempo a la vez de obtener un precio fijo (en moneda real), el cual les ayuda a proyectar las finanzas del Municipio en el largo plazo,

A efectos de cálculo, se propone hacer evaluaciones económicas donde se considere un horizonte de proyecto 20 años. En este periodo de tiempo, se logra amortizar los equipos y maquinarias, además de las obras de infraestructura. Se debe considerar,

asimismo, que a mayor duración de la evaluación existirá una mayor inversión en el plan de cierre, debido a la mayor cantidad de residuos depositados, lo que implica una mayor área a cerrar. No se debe dejar de considerar la etapa de post cierre y monitoreo que obliga nuestra legislación, dado que en ese momento el proyecto no tendrá ingresos y deberá financiar 20 años de la etapa de post cierre y monitoreo.

b) Tasa de descuento.

La tasa de descuento es muy utilizada a la hora de evaluar proyectos de inversión. Nos indica cuánto vale ahora el dinero que recibiremos en una fecha posterior.

Cabe precisar que la tasa de interés sirve para aumentar el valor (o añadir intereses) en el dinero actual. La tasa de descuento, por el contrario, resta valor al dinero futuro cuando se traslada al presente, al menos que sea negativa. En caso de que la tasa de descuento fuera negativa se entendería que, contrario a lo que indica la teoría, el dinero futuro vale más que el actual.

Salvo situaciones excepcionales, la tasa de descuento es positiva porque, aunque exista la promesa de recibir dinero en el futuro, no hay certeza total de que eso sucederá. Esto es porque puede surgir algún problema por parte de quien hará el pago. Por esa razón, cuánto más lejano está el dinero que vamos a recibir, menos valdrá en el presente.

Existen distintas formas de calcular la tasa de descuento de un proyecto, y en general se basa en fórmulas que consideran:

La tasa libre de riesgo, que corresponde al valor mínimo que se recibirá a futuro sobre un dinero invertido, por ejemplo, en bonos del tesoro de Estados Unidos de América o del Banco Central de Chile;

El riesgo país, valor estimado por organismos internacionales en base a estimaciones de inflación, crecimiento tipo de cambio y condiciones políticas del país y;

El riesgo del negocio o actividad a evaluar.

Además de este cálculo, se debe considerar el aporte de inversión real del inversionista o equity y de esta forma se calcula el riesgo proporcional (o premio proporcional a la inversión acometida).

Resulta difícil utilizar una tasa de descuento en consideración a la nueva realidad del Mundo a partir de la Pandemia y en particular en Chile, sumando a lo anterior, la profunda crisis social que aqueja a nuestro país desde hace algún tiempo. Si se suma a la amenaza del cambio de la Constitución Política del Estado y a los riesgos de Estatización de diversas actividades económicas, resulta inútil proponerse calcular este valor.

Dicho lo anterior, se presentará el cálculo de la tarifa en un rango de tasas de descuento, ello permitirá determinar las tarifas de equilibrio para un determinado tamaño de RS, basado en la tasa de descuento que en el momento resulte más lógica.

II. DETERMINACIÓN DE INVERSIONES DEL PROYECTO

Las inversiones mínimas necesarias para la instalación de un RS se muestran a continuación. Es importante mencionar que las inversiones a modo general no solo se realizan al inicio del proyecto, sino que más bien se van repitiendo en diversas partidas durante toda la vida útil del mismo.

Por ejemplo, se considera la construcción de un área de disposición de residuos para el año 1 del proyecto, esta área podrá servir para un período corto de tiempo, por ello se irá repitiendo la inversión en el tiempo en distintas magnitudes. Similar situación ocurre con la reposición de maquinaria.

a) Estudios previos y permisos ambientales.

La selección del sitio, ingeniería, evaluación ambiental, permisos sectoriales, entre otras, serán las actividades que den la partida a la evaluación económica del proyecto.

Según las herramientas de ordenamiento territorial existentes, se deberá pre-localizar el sitio que permita la disposición de residuos por el horizonte de tiempo que se considere adecuado para el proyecto o licitación en evaluación.

Posteriormente a verificar la compatibilidad del proyecto con los Planes reguladores o Planes de Desarrollo Comunal, se debe considerar los criterios de localización descritos en el Decreto Supremo N°189/05, el cual comúnmente se denomina "Reglamento de RS".

En el DS 189/05 existe una serie de criterios de selección de sitios que deben ser considerados para la instalación de un RS. Este reglamento describe de una manera adecuada todos los requisitos que debe tener una instalación de esta naturaleza, además de mencionar criterios de impermeabilización del relleno, características del sistema constructivo del área de vertido, manejo de lixiviados, manejo de biogás, entre otros tópicos.

En experiencias recientes de la aplicación del DS189/05 para la construcción de RS, se concluye que la etapa de estudios previos antes descrita y la construcción de la instalación podría tener duraciones cercanas a los 8 a 10 años, si se toma como ejemplo los rellenos de "Chaqueta Blanca" en la región de Antofagasta y un poco menos el relleno de "La Laja" en la Región de los Lagos.

Este tiempo, debe reducirse radicalmente si se quiere ofrecer al mercado alternativas de tratamiento de residuos, ya sea por el término de vida útil de instalaciones existente o por la necesidad de presentar oferta en licitaciones que se puedan convocar en el futuro cercano. En términos realistas, un período de 3 años, debería ser considerado para este ítem, el cuál concluye con la RCA aprobadas y la obtención de los primeros permisos sectoriales que permiten la construcción de la instalación.

En todo caso, luego de revisar las diferentes experiencias, al implementar sistemas alternativos de tratamiento de residuos sólidos, ninguno de ellos dejó de depender de un RS como disposición final. Así lo establecen algunos países desarrollados que consideran una disposición final sin contenidos orgánicos.

b) Adquisición del terreno.

Una vez determinada la ubicación más viable del terreno, basado en criterios antes mencionados, se debe determinar la superficie necesaria para el proyecto.

Se debe considerar que el sitio albergará no solo el área de disposición de residuos, sino que una serie de instalaciones complementarias que, entre otras funciones, permitirá controlar las externalidades negativas debidas a los subproductos del proceso de disposición final de residuos.

Dependiendo de la climatología del sector de emplazamiento del RS, se necesitará diferente superficie, por ejemplo, para construir piscinas de almacenamiento o evaporación de lixiviados. Por el mismo factor, podrán existir volúmenes variables de los estanques que componen habitualmente el sistema de tratamiento de lixiviados.

Deberemos considerar áreas exclusivas para el manejo de biogás, en la situación actual de precios de la energía eléctrica, no resultaría viable la generación eléctrica, pero por tratarse de situaciones temporales, podría ser necesario considerar, zonas de aprovechamiento o transformación del biogás en combustible o energía.

Infraestructura de apoyo a la operación, como oficinas, comedores, servicios higiénicos, bodegas, talleres, básculas, controles de acceso, etc., sumaran a la superficie necesaria para proyectar un RS.

Una vez que se determina el layout o diseño de la instalación, se deberá agregar una franja perimetral de protección de 300 metros de ancho, ello debido a la obligación que emana del DS 189/05.

Finalmente, se debe asumir que la instalación de un RS corresponde a una actividad con muy alta oposición de la comunidad, por lo que no resulta viable, a modo general, la adquisición de una porción de un determinado lote, sino que se debe considerar la compra de una superficie mayor que evite la subdivisión de predios posibles de ser adquiridos.

Resultará necesario evaluar las medidas de compensación que exigirá una determinada comunidad en la selección de un determinado sitio. Quizá encontremos terrenos de bajo valor, pero cercanos a comunidades empoderadas, que hagan inviable el proyecto, ya sea por su oposición o por la valorización de sus demandas. Por otra parte, terrenos de mayor valor unitario en sectores principalmente industriales, podrían requerir menores costos relacionado con medidas de compensación.

c) Obra de infraestructura que permiten utilizar el predio seleccionado.

De forma muy poco habitual, los terrenos seleccionados para instalar RS se encuentran urbanizados. La construcción de caminos, redes eléctricas, desviación de cursos de agua superficial, construcción de aducciones o pozos de suministro de agua potable, soluciones de alcantarillado particular, cerco perimetral, etc., deberán considerarse en las evaluaciones económicas que permiten seleccionar un determinado sitio.

Si el lugar esta seleccionado, se deben considerar los permisos y las obras destinadas a adecuar el sitio a la actividad de disposición de residuos. Normalmente, estas obras podrían realizarse en paralelo a la construcción de la instalación, sin embargo, será necesario incluir en la evaluación económica las obras temporales que permitan el acceso al predio, así como el cumplimiento de la legislación descrita en el DS 594/00 "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo".

Se deberán construir caminos de acceso al área ocupada por el RS. Aunque no existe obligación explícita de que los caminos sean pavimentados, el artículo 33 del DS189/05 indica que "El camino de acceso del RS, así como los caminos internos de circulación, deberán mantenerse transitables en toda época del año". Por este artículo se podría inferir que resulta más adecuado contar con caminos pavimentados, especialmente en climas lluviosos.

d) Construcción del vaso de vertido.

Entendemos como vaso de vertido al área, normalmente impermeabilizada, que contendrá en las primeras etapas, los residuos que recibirá la instalación.

A modo general, se debe considera un perfilamiento o excavación del terreno, que dependerá de las características topográficas y de suelo, luego una capa de sello secundario como arcilla o bentonita y una impermeabilización con geomembrana de polietileno de alta densidad, que cumple con la exigencia que establece el reglamento, referida a la impermeabilidad. Con el fin de evacuar los líquidos que percolarán a la base del relleno, se debe construir sobre el sello basal un sistema de drenaje de lixiviados, un sistema de canalización, externamente se construirá una o más cámaras de bombeo y lagunas o balsas de almacenamiento temporal de lixiviados.

En esta etapa, también se construirán vías de acceso al frente de trabajo, áreas perimetrales de inspección, contención y desvío de agua pluviales y una serie de obras civiles que permitirán que el vaso de vertido quede medianamente asilado de los efectos externos, como crecidas de cauces cercanos, inundaciones, deslizamientos de terreno, incendios, entre otros.

Generalmente en el diseño, se hace un balance de tierras, calculando el material de cobertura requerido y cruzándola la topografía de la zona. Si se tratara de un relleno en vaguada, bastará con escalonar la ladera definiendo pendientes adecuadas y extrayendo la tierra necesaria para las labores de cobertura antes mencionados. Si se trata de rellenos

en área, se deberá definir el sello de excavación en la base del depósito, la profundidad de excavación dependerá de la cobertura requerida para cubrir los residuos.

Se debe considerar, además, que al construir una etapa o alveolo se deberá generar un acopio de tierra, este acopio deberá servir para la cobertura diaria e intermedia de los residuos depositados en el vaso de vertido. Se debe recordar entonces, que se dispondrá del material tal como exige el DS189/05, pero se deberá considerar maquinaria adecuada para realizar el carguío, transporte y extensión de la tierra en el frente de trabajo.

e) Edificaciones.

El DS189/05 establece ciertas obligaciones que se pueden llevar al diseño de ciertas edificaciones, pero realmente se debe considerar lo que establece el "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo" o DS 594/00.

De lo anterior, se debe considerar la construcción de oficinas, comedores, servicios higiénicos, bodegas, talleres, basculas, controles de acceso. Además del suministro de agua potable, servicio de alcantarillado, electricidad y calefacción o aire acondicionado dependiendo de la ubicación del proyecto.

Normalmente los RS optan por soluciones modulares basadas en contenedores marítimos para este tipo de instalaciones. Si bien es una solución rápida, se debe tener especial cuidado con las superficies mínimas necesarias en baños, camarines y comedores, dado que existen superficies mínimas para estas dependencias.

f) Planta de tratamiento de lixiviados.

Uno de los mayores problemas que presenta el tratamiento de lixiviados es la dificultad para abatir ciertos contaminantes en plantas de tratamiento tradicionales.

Los lixiviados se componen principalmente de tres familias de contaminantes: orgánicos incluyendo nitrógeno, metales pesados y cloruros, sulfatos y color.

En cada uno de las familias de contaminantes antes mencionados existen diversos tipos de tratamiento. Para el caso de los orgánicos se debe considerar sistemas biológicos, normalmente de alta carga, como sistemas de lodos activados. Para los metales pesados normalmente es suficiente un sistema físico químico que mediante variación de pH puede hacer precipitar iones y retirarlos en procesos físicos como sedimentadores o filtros. Finalmente, en caso de remoción de cloruros se ha enfrentado a la fecha en nuestro país con planta de osmosis inversa, sistemas de dilución adicionado agua con bajas concentraciones de cloruros o mediante sistemas tipo Wetland o pantanos artificiales.

g) Sistema de captación y control de biogás.

Se debe considerar dentro de las inversiones del proyecto la instalación de un sistema de control de biogás. Dependiendo del flujo recolectado este sistema puede ser un biofiltro,

una antorcha, motores de combustión interna o sistemas de limpieza y compresión de biogás.

Nuestra normativa exige el control del biogás en toda la etapa de operación y cierre de la instalación, por ello se debe seleccionar este equipo en vistas de la vida útil del RS.

h) Maquinaria y equipos.

Es importante considerar en la elección del equipo, la topografía que se pretende construir con los residuos. En rellenos del tipo ladera o área, donde se debe alcanzar densidades mayores de forma de asegurar los factores de seguridad que exige el DS189/05. Esta densidad se alcanzará con una adecuada dotación de equipos de compactación y una técnica de trabajo adecuada que privilegie la compactación en capas de espesor menores a 50 centímetros, empuje del residuo de “abajo hacia arriba” y un número 3 a 4 pasadas por zona.

Existen diversos fabricantes que recomiendan distintos equipos de compactación de residuos, uno de estas se muestra a continuación.

Tabla 7. Selección de equipos para manejo de desperdicios según el tonelaje de basura

<u>Población</u>	<u>Toneladas/día</u>	<u>Máquina(s) Requerida(s)</u>
0-20.000	0-50 (0-45)*	D3C, 933C
20.000-60.000	50-150 (45-136)*	D6R o 953C o 816F
60.000-100.000	150-250 (136-226)*	D6R o 953C y 816F
100.000-140.000	250-350 (226-317)*	D6R o D7R o 963C y 816F
140.000-200.000	350-500 (317-453)*	D7R o D8R o 973C y 816F u 826G
200.000-300.000	500-750 (453-680)*	D8R y 826G u 836G
300.000 y más	750 y más (680 y más)*	D9R o D10R y 836G/ variedad de equipos de apoyo

*(Toneladas métricas/día)

Fuente: Caterpillar (2001). “Manual de eliminación de residuos”.

A modo general, si se considera un relleno mediano a grande, se debe tener en cuenta que se deberá adquirir a lo menos un bulldozer y un compactador de residuos. Como equipos de apoyo se considerarán: una excavadora hidráulica, camiones tolva, estos dos últimos con el fin de realizar labores de cobertura diaria y mantenimiento de vías de acceso al frente de vertido.

Adicionalmente, se debe considerar camiones aljibes para humectación de vías no pavimentadas, equipos de iluminación autónomos, si es que la instalación atenderá en horario nocturno, vehículos de transporte de personal, vehículos menores de transporte de insumos, equipos generadores de electricidad, por mencionar los más importantes.

Una vez adquiridos los equipos de operación, se debe calcular el periodo de tiempo en el cuál estos estarán en condiciones de mantener una operación constante y sin contratiempos. Aunque resulta difícil la generalización, a juicio de este equipo consultor, se debe asumir que un bulldozer y compactador de residuos deberá renovarse cada 25.000 a 30.000 horas de uso, en el caso de equipos de apoyo como camiones o excavadoras, el tiempo a considerar debería ser de aproximadamente 20.000 horas.

III. DETERMINACIÓN DE COSTOS OPERACIONALES DEL PROYECTO

Para la determinación de los costos operacionales del proyecto, se debe hacer un análisis exhaustivo de las actividades que se desarrollarán en el proyecto en evaluación. En el caso del relleno se puede considerar el costo de extensión de los residuos, el costo de cobertura de los mismos, extracción de lixiviados, manejo de biogás, mantención de equipos y una larga lista de actividades que comprenden el día a día del relleno, que debe disponer una masa de residuos sólidos urbanos y asimilables caracterizados por su alta heterogeneidad y su alto contenido orgánico, en un frente acotado de operación.

Con el fin de simplificar el análisis se aplicará la Ley o Principio de Pareto, también conocida como la Regla del 80/20 (ó 20/80), este principio establece que, de forma general y para un amplio número de fenómenos, aproximadamente el 80% de las consecuencias proviene del 20% de las causas. Esto quiere decir que identificando las partidas que explican el 80% de los costos, se podrá estimar el 100% de los mismos.

La mayor cantidad de costos de operación de un RS se explican por las siguientes partidas:

- Costo de personal
- Combustible y energía eléctrica
- Costo de mantención
- Operación planta de lixiviados
- Gestión de biogás
- Monitoreos, análisis y medidas de mitigación
- Costo de contingencia

En cuanto al personal, se deberá considerar el personal directivo de la empresa como Gerente General, Gerente de Finanzas, Gerente de Recursos Humanos, contadores,

personal del área de Recursos Humanos, encargados de seguridad y medioambiente, además del personal directo de operación.

En operaciones se contará con un Gerente de operaciones, supervisores, capataces, maquinistas, encargados de monitoreo, operadores de planta de tratamiento de lixiviados y planta de biogás, aculadores o punteros, auxiliares, guardia, entre otros. Todo el personal de operaciones permitirá cubrir los turnos de operación que sean requeridos.

De una forma bastante absurda, se ha impuesto a los RS del país una jornada de 24x7, es decir operación las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Esta decisión además de carecer de sentido práctico encarece el servicio al obligar a los operadores a contar con un cuarto turno que le permita cumplir la jornada requerida. Mención aparte será la de la mantención de los equipos de operación, dado que basado en este tipo de jornadas, no existirá tiempo para mantenciones preventivas o limpieza de equipos, reduciendo la disponibilidad de los mismos y acortando la vida útil de los equipos principales de operación, quedando expuestos a fallas de equipo que obliga una pronta sustitución arrendando equipos que encarece la tonelada dispuesta.

En el ítem combustible y energía se deberá incluir el petróleo ocupado en las maquinarias de operación o servicios de apoyo. La energía eléctrica será el cobro que realice la empresa eléctrica que abastece el sitio o en su defecto el costo de generar la energía mediante sistemas propios como generadores diésel.

Como se dijo anteriormente, se debe considerar la forma de reducir la utilización de equipos, dadas las extensas jornadas de trabajo exigidas de forma habitual en los contratos de disposición final. Otra opción de mayor costo es considerar equipos de relevo, que permitan hacer las mantenciones programadas en los periodos recomendados por los fabricantes. Al tratarse de una obligación descrita en el DS189/05, se deberá considerar en la adquisición de los equipos principales un equipo adicional o contar con un contrato de arriendo que permita la reposición de los equipos de compactación en el plazo más breve posible. Quizá esto último resulte factible en rellenos cercanos a las grandes ciudades, pero al tratarse de rellenos en zonas extremas, quizá sea necesario considerar la compra de un equipo de forma anticipada.

Un costo importante a considerar, y difícil de estimar, es el que corresponde al tratamiento de lixiviados, primero se debe estimar el caudal a tratar y la composición del lixiviados. En zonas lluviosas evidentemente se produce mayor cantidad de lixiviados, pero con menor carga contaminante por la dilución natural que produce la infiltración de agua lluvia a la masa de residuos. En zonas más secas, como los de la zona central del país, el lixiviado contendrá concentraciones más altas de contaminantes y por tanto existirá mayor dificultad en su tratamiento.

De forma estimativa y solo con el fin de proponer una regla nemotécnica, se puede considerar que los rellenos ubicados en la zona centro norte del país generaran de 100 a

120 lt de lixiviado por tonelada de residuos recibida, en caso de relleno en la zona sur del país, este valor sube a 150 y hasta 200 lt por tonelada de residuos recibida en el día.

Los costos de tratamiento se explican principalmente por consumos eléctricos, químicos, personal especializado y análisis de laboratorio.

Análisis de laboratorio y mediciones del impacto que provoca una actividad como un RS deben ser consideradas en las partidas de costos. Análisis de agua subterránea o superficial, análisis de lixiviados, análisis de biogás, mediciones de material particulado, mediciones de olor mediante equipos de laboratorio o técnicas como olfatometría dinámica, deben considerarse en esta partida de costos. Asimismo, las medidas de mitigación que deban implementarse ya sean para reducir o eliminar las fuentes de olor o el control de vectores que potencialmente puede atraer la instalación. Caso especial son las medidas de compensación de emisiones, las cuales en la Región Metropolitana se han convertido en una onerosa partida para los operadores, que deben dar cuenta de las emisiones a la atmósfera que provocan sus clientes al transportar los residuos a su instalación.

Finalmente, y no por ello menos importante, se encuentra el costo de las contingencias. Por diversos motivos, no se considera en el cálculo de la tarifa, el costo de enfrentar las contingencias que casi con seguridad ocurrirán en la operación de un RS. Es posible que debido a la convicción que tienen las empresas de poder hacer “las cosas bien” o simplemente por lo competitivo del mercado de disposición final, no existen provisiones en las tarifas que permitan afrontar emergencias, multas, exigencias adicionales de las autoridades o medidas de reparación o mitigación de los efectos que produce la contingencia en el relleno o su entorno cercano.

En las contingencias tampoco se consideran los cambios normativos. Resulta interesante de analizar el impacto económico que significó la adecuación de los RS al DS189/05, el cual comenzó a aplicarse a inicios del año 2008, varios años después de que fueran construidos los mayores RS del país. La misma situación se puede analizar en cuanto a normas de emisión de contaminantes a la atmósfera, norma de olores, simplemente modificaciones al Código del Trabajo en cuanto a reducción de jornadas laborales o el costo de implementar recientemente los protocolos COVID en los diversos RS de nuestro país. Mención aparte se otorga al ítem disposición de decomisos, muchos de los cuales, por sus características ponen en riesgo estructural al RS de envergadura y colapsa a los pequeños RS.

Dada la dificultad de anticipar las contingencias, se deberá considerar un porcentaje del costo operacional como provisión de “contingencia e imprevistos de operación” en el cálculo de la tarifa.

A continuación, se muestra un análisis de contingencias detectadas en diversos rellenos sanitarios, como podrá verse, la ocurrencia de contingencias como saturación de

la masa de residuos o gestión inadecuada del biogás son las más frecuentes y nos recuerda las contingencias ocurridas en nuestro país recientemente.

Tabla 8. Causas de accidentes ocurridos en vertederos desde 1.977 a 2005

Tipo de accidente	Nº de casos	Frecuencia
Problemas de estabilidad por pendiente excesiva en los taludes	5	14%
Problemas de estabilidad por pendiente excesiva en el suelo	3	8%
Problemas de estabilidad por el mal diseño de los diques de contención	2	5%
Problemas de estabilidad por deslizamientos de la masa de residuos sobre el impermeable	3	8%
Problemas de estabilidad por saturación de la masa de residuos	10	27%
Problemas ambientales provocados por una incorrecta impermeabilización de la base	2	5%
Problemas ocasionados por la producción y por la mala gestión de gases generados	10	27%
Problemas por el mal dimensionamiento de los canales de evacuación de pluviales externas	1	3%
Problemas generados por la rotura de la balsa de lixiviados	1	3%

Fuente: Colomer et al, (2005). "Identificación de peligros asociados a un vertedero controlado"

En el capítulo siguiente se analizarán las inversiones que deberán considerarse en las dos escalas de RS que se analizarán:

- Caso 1: RS que recibirá de 500.000 a 600.000 toneladas por año.
- Caso 2: RS que recibirá de 1.200.000 a 1.500.000 toneladas por año.

CAPÍTULO 4

I. ESTIMACIÓN DE INVERSIONES

Al analizar un determinado proyecto, en base al diseño del mismo, se pueden determinar las inversiones que serán requeridas a fin de implementar el proyecto.

Resultará del diseño de la instalación, la determinación superficies de terreno requerido, cuantía de los movimientos de tierra necesarios para adecuar el sitio al proyecto a ejecutarse, obras de intersección o canalización de aguas superficiales, longitud de accesos o determinación de costos de empalme eléctrico, soluciones viales, obras de arte para salvar obstáculos naturales y una larga lista de inversiones.

El presente capítulo tratará de dimensionar las obras necesarias hasta el mayor detalle posible, debiendo entenderse que no se tratará de un presupuesto de obras, sino que la mejor aproximación que puede hacer el equipo consultor basado en la información disponible de proyectos en ejecución.

En cuanto a la superficie del predio, se ha compilado la información referida a los RS construidos en el país a la fecha y se resume a continuación el nombre del proyecto, la superficie predial y la superficie ocupada para disposición de residuos sólidos domiciliarios o asimilables.

Tabla 9. Resumen de proyectos de RS en Chile

Nombre de la instalación	Región	Comuna	Superficie predial	Superficie disposición RSU	Vida útil (años)
Relleno sanitario Camarones	Arica y Parinacota	Camarones	21 há	2 há	20
Relleno sanitario Camiña	Tarapacá	Camiña	10 há	s/i	20
Relleno sanitario Pica	Tarapacá	Pica	6 há	2,4há	30
Relleno sanitario Chaqueta Blanca	Antofagasta	Antofagasta	112 há	33 há	20
Relleno sanitario de Calama	Antofagasta	Calama	29,2 há	17,2 há	10
Relleno sanitario San Pedro de Atacama y Toconao	Antofagasta	San Pedro de Atacama	16,6 há	11,83 há	20
Relleno Quebrada ancha	Antofagasta	Tocopilla	85 há	27,86 há	22
Relleno sanitario manual Chiu Chiu	Antofagasta	Calama	s/i	1 há	s/i
Relleno sanitario manual Ayquina	Antofagasta	Calama	s/i	1 há	s/i
Relleno sanitario manual Toconce	Antofagasta	Calama	s/i	s/i	s/i
Relleno sanitario manual Ollagüe	Antofagasta	Calama	s/i	s/i	s/i
Relleno sanitario El Chulo	Atacama	Copiapó	47,3 há	22 há	30
Relleno sanitario Caldera	Atacama	Caldera	90 há	36,4 há	20
Relleno sanitario provincial de Huasco	Atacama	Vallenar	40 há	18 há	20
Relleno sanitario El Panul	Coquimbo	Coquimbo	65,47 há	16,7 há	12,2
Relleno sanitario Los Molles	Valparaíso	Valparaíso	86,10 há	35 há	18
Relleno sanitario San Pedro	Valparaíso	Quillota	47,3 há	12,6 há	20
CTI La Hormiga	Valparaíso	San Felipe	342 há	18,6há	20
Relleno sanitario Loma Los Colorados	Metropolitana	Til til	800 há	210 há	50
Relleno sanitario Santiago Poniente	Metropolitana	Maipú	326 há	67 há	22
Relleno sanitario Santa Marta	Metropolitana	San Bernardo	296há	77 há	20
Relleno sanitario La leona	Metropolitana	Til til	116 há	58,43 há	37
Relleno sanitario La Yesca	O'Higgins	Requinoa	20 há	17 há	20
Relleno sanitario manual Las Quilas	O'Higgins	Pichilemu	24,73 há	3,5 há	30
Relleno sanitario El Retamo	Maule	Talca	160 há	41,9 há	39
Relleno sanitario El Guanaco	Maule	Teno	71,1 há	44,4 há	50
Ecomaule	Maule	Río Claro	52 há	12,25 há	20
Relleno sanitario San Roque	Maule	San Clemente	S/i	14 há	30
Centro integral de tratamiento CITA	Ñuble	Chillán viejo	80 há	24 há	30
Relleno sanitario Copielemu	Biobio	Florida	28 há	4 há	20
Relleno sanitario Los Angeles	Biobio	Los Ángeles	30 há	18,14 há	37
Relleno sanitario Arauco-Curanilahue	Biobio	Curanilahue	14 há	7,3 há	20
Centro de Manejo de Residuos de Concepción	Biobio	Penco	21,9 há	15,2 há	>16
Relleno sanitario de Freire	Araucanía	Freire	21,73 há	s/i	50
Relleno sanitario de Villarica	Araucanía	Villarica	5,1 há	4,8 há	23
Relleno sanitario La Laja	Los Lagos	Puerto Varas	45 há	18,5 há	20
Relleno sanitario Futaleufú	Los Lagos	Chaitén	s/i	s/i	20
Relleno sanitario Villa O'Higgins	Aysén	O'Higgins	s/i	s/i	s/i
Relleno sanitario Coyhaique	Aysén	Coyhaique	21 há	7,4 há	30

Fuente: Elaboración con base en SUBDERE (2018). "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

Se debe notar que los tres rellenos más grandes del país obviamente son los que mayor superficie predial utilizan. Si ahora se cruza la información de estos tres rellenos, se puede llegar a determinar la relación entre área ocupada versus la superficie predial, o incluyendo el volumen máximo de recepción del proyecto, se puede determinar con estos datos la tasa de depositación de residuos por hectárea habilitada.

Tabla 10. Superficie utilizada en el vaso de vertido versus la superficie predial

Nombre de la instalación	Superficie total	Superficie RS	Tasa ocupación predial	Capacidad total (ton o m3)	Tasa de depositación (ton/há)	Recepción anual (ton)	Vida útil (años)
Relleno sanitario Loma Los Colorados	800 há	210 ha	26%	100.000.000m3	476.190	2,1M	50
Relleno sanitario Santiago Poniente	326 há	67ha	21%	17.457.000 ton	260.552	418.728	22
Relleno sanitario Santa Marta	296 há	77há	26%	26.805.000 m3	348.117	720.000	20

Fuente: Elaboración propia con base en SUBDERE (2018). "Diagnóstico de la situación por comuna y por región en materia de residuos sólidos domiciliarios y asimilables". Santiago de Chile, Chile.

Como se puede ver en la tabla anterior, tanto el Relleno Loma Los Colorados como el RS Santa Marta utilizan un 26% de la superficie predial para la disposición de residuos.

Basado en la lógica de operación de un RS, existen diversas instalaciones complementarias a la disposición de residuos, que deberán instalarse en el mismo predio, lo que explica en parte el 74% de la superficie no usada en celdas o alveolos de disposición de residuos. Sin embargo, la mayor parte del terreno se debe destinar a una franja de protección perimetral establecida en DS189/05, el cual debe tener un ancho de 300 metros desde la última actividad que puede emitir olores hasta el deslinde del predio.

En cuanto a la tasa de depositación de residuos por hectárea, se podría también utilizar el valor calculado en los dos proyectos antes mencionados, pero basado en temas de estabilidad, se recomienda usar el menor valor calculado, el cual corresponde al RS Santiago Poniente, el cuál al considerar en su diseño menor cantidad de residuos por hectárea, resulta también ser el de menor envergadura.

a) Estudios previos y permisos ambientales.

Una vez que la empresa toma la decisión de emprender un proyecto de RS, debe considerar que el equipo de trabajo pasará a lo menos 3 años preparando la ingeniería, el estudio de impacto ambiental y la obtención de permisos ambientales sectoriales. A esto se debe agregar la búsqueda del terreno y la elaboración de acuerdos comerciales que permiten la adquisición del predio o en el mejor de los casos, la promesa de compraventa del mismo.

Si consideramos el tamaño del proyecto que implica un RS, debemos considerar que se utilizarán dos tipos de consultora: una destinada a realizar la ingeniería "dura" o ingeniería

de detalles del proyecto y otra destinada a evaluar las variables ambientales descritas en la ley 19300 y en específico en el decreto supremo N°40.

La contraparte del proyecto será formada por el propietario y deberá contar a lo menos con la siguiente estructura

- Gerente General
- Gerente de finanza
- Contadores y/o encargado de adquisiciones
- Encargados de personal
- Asistentes o secretarias
- Gerente de ingeniería
- Ingenieros: ambientales, civiles, geomensores y geógrafos.

Este equipo de trabajo deberá constituirse antes del inicio del proyecto, dado que este demandará gastos desde el día que se tome la decisión de buscar un sitio, hasta el día que el proyecto se encuentre en condiciones de comenzar la operación.

Se deberán considerar oficinas, gastos básicos de la oficina, transportes, viajes, etc. Todos estos costos se cargarán a la partida de ingeniería, pero en la práctica corresponderán a gastos generales de la etapa de ingeniería.

Si consideramos la estructura antes descrita y las partidas mencionadas posteriormente, se puede estimar que el costo anual de los gastos generales de la etapa inicial sería aproximadamente los siguientes:

Tabla 11. Gastos generales

Partida	
Personal del proyecto	653.900.000
Arriendo oficinas	429.120.000
Arriendo vehículos	30.396.000
Gastos de viaje	15.000.000
Total anual	1.128.416.000

Fuente: Cálculos propios expresados en pesos chilenos

Adicionalmente, se debe considerar el costo de la ingeniería de detalles y el costo de la evaluación ambiental del proyecto. Resulta difícil establecer este valor a priori dado que, dependiendo de las singularidades del predio seleccionado, su ubicación geográfica y los hallazgos en la etapa de evaluación ambiental, estos costos pueden variar de varios cientos de millones de pesos a valores casi sin límite.

Para estimaciones realizadas en proyectos de similar envergadura, se considera que el costo de ingeniería debería ser aproximadamente de un 4% a un 6% de la inversión del proyecto. Basado en este número, se estimará el costo de Estudios previos y permisos ambientales

b) Superficie predial y superficie de disposición de residuos.

Para el presente estudio, se considerarán dos escalas de proyecto, uno que recibe de 500.000 a 600.000 toneladas de residuos al año y un relleno de mayor tamaño que recibirá de 1.200.000 a 1.500.000 toneladas.

Para el cálculo se considerará una tasa de crecimiento similar al crecimiento poblacional, es decir de 2% anual. La vida útil del proyecto será de 20 años. Aplicando estas consideraciones, se calcula la masa de residuos acumulado en ese periodo de tiempo.

Tabla 12. Cálculo de superficies. Caso 1: RS de 500.000 a 600.00 Ton/año de tasa de recepción de residuos.

Caso 1: 500.000 a 600.00 ton/año		
Volumen a recibir en 20 años (ton)	12.148.685	14.578.422
Superficie ocupada por residuos (há)	47	56
Superficie predial estimada (há)	178	213

Fuente: Cálculos propios

El segundo caso enunciado utilizaría las siguientes superficies:

Tabla 13. Cálculo de superficies. Caso 2: RS de 1.200.000 a 1.500.000 Ton/año de tasa de recepción de residuos

Caso 2: 1.200.000 a 1.500.000 ton/año		
Volumen a recibir en 20 años (ton)	29.156.844	36.446.055
Superficie ocupada por residuos (há)	112	140
Superficie predial estimada (há)	426	533

Fuente: Cálculos propios

En cuanto a costos de terrenos, existe una gran diferencia dependiendo la zona donde se encuentre ubicado y especialmente el uso de suelo del área a instalar el proyecto.

Siendo difícil dar rangos de precio, se aplicará un rango, el cual podría ir desde los 40 millones de pesos la hectárea hasta los 100 a 120 millones de pesos chilenos también por hectárea.

Es lógico pensar que cada vez es más difícil encontrar sitios para disposición final de residuos que no generen tanta oposición en la comunidad, por ello se deberá considerar en los futuros proyectos la adquisición de terrenos además de alejados de las comunidades, ubicados zonas donde se excluya el crecimiento poblacional, lo que inmediatamente

convierte al predio elegido en un bien escaso y por tanto costoso. Para el presente análisis se considerará terrenos de 80 millones de pesos por hectárea dado lo expresado anteriormente.

Asimismo, en el cálculo de superficie realizado anteriormente se consideran superficies que normalmente no corresponden a tamaños típicos de loteos, por ello, se considerará un predio de 250 hectáreas para el caso 1 y un predio de 600 hectáreas para el caso 2 de análisis.

Para el caso 1 la inversión en el terreno será de 20.000 millones de pesos para 250 hectáreas de terreno y en el caso 2, donde se requerirían 600 hectáreas, esta inversión será de 48.000 millones de pesos chilenos.

c) Obras de infraestructura.

Dentro de las obras de adecuación al predio, se debe considerar la construcción de caminos de acceso, encausamiento de cursos de agua superficial, empalmes eléctricos, suministro de agua potable, soluciones de alcantarillado o tratamiento de aguas residuales, cerco perimetral entre otros.

Nuevamente de forma estimativa se calcularán las inversiones que podría representar esta partida. Al carecer de proyecto es altamente probable que algunos costos sean subestimados, por ello se considerará el fin del listado de inversiones un ítem de imprevistos, el cual se estimará en un 10% a 20% debido a la carencia de ingeniería de cualquier tipo. Es evidente que al momento que se desarrolle la ingeniería del proyecto, se pueda considerar mayor precisión en las inversiones.

Si se considera un predio de 250 hectáreas, ubicado por ejemplo a 4 km del camino de acceso, sin suministro eléctrico, de aguas potable o servicios de alcantarillado público, se calculan las siguientes inversiones en obras de infraestructura.

Tabla 14. Inversión estimada en obras de infraestructura para un RS de 500.000 a 600.000 Ton/año de disposición de residuos

Partida	Unidad	Cantidad	P.unitario	P.total
Camino de acceso	km	4	450.000.000	1.800.000.000
Conexión y Portación eléctrica	gl	1	355.000.000	355.000.000
Cerco perimetral	ml	6.400	35.000	224.000.000
Obras de arte	gl	1	72.000.000	72.000.000
Suministro agua potable	gl	1	12.000.000	12.000.000
Alcantarillado particular	gl	1	110.000.000	110.000.000
Canales desviación agua lluvia	ml	1.600	60.000	96.000.000
Total estimado obras infraestructura				2.669.000.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Total con IVA incluido

Si calculamos análogamente las inversiones para un predio de 600 hectáreas, también ubicado a 4 km del camino de acceso, las inversiones estimadas serían las siguiente:

Tabla 15. Inversión estimada en obras de infraestructura para un RS de 1.200.000 a 1.500.000 Ton/año de disposición de residuos

Partida	Unidad	Cantidad	P.unitario	P.total
Camino de acceso	km	4	450.000.000	1.800.000.000
Conexión y Portación eléctrica	km	4	355.000.000	1.420.000.000
Cerco perimetral	ml	10.000	35.000	350.000.000
Obras de arte	gl	1	15.000.000	15.000.000
Suministro agua potable	gl	1	72.000.000	72.000.000
Alcantarillado particular	gl	1	110.000.000	110.000.000
Canales desviación agua lluvia	ml	2.500	60.000	150.000.000
Total estimado obras infraestructura				3.917.000.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Total con IVA incluido

d) Construcción del vaso de vertido.

Nuestra legislación impone una serie de obligaciones referentes a la impermeabilización del vaso de vertido, en este caso se debe considerar además los movimientos de tierra necesario como para perfilar y definir la subrasante del área de vertido. Adicionalmente y siendo parte de lo anterior, se debe definir el sistema de captación, conducción y evacuación de lixiviados generados en dicho vaso.

A modo general las partidas que deben considerarse en la construcción del área de disposición de residuos se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Inversión estimada en habilitación de vaso de vertido por hectárea habilitada

Partida	Unidad	Caantidad	P.Unitario	P.total
Excavación en terreno mixto	m3	45.000	4.500	202.500.000
Geomembrana HDPE 1,5 mm	m2	10.000	4.290	42.900.000
GCL (geoclay liner 6 a 8 mm)	m2	10.000	4.730	47.300.000
Geotextil 200 gr/m2	m2	10.000	1.575	15.750.000
Geotextil 400 gr/m2	m2	10.000	2.625	26.250.000
Capa arcilla o sub base compactada	m2	10.000	4.100	41.000.000
Capa de drenaje	m2	10.000	5.000	50.000.000
Tuberías de drenaje	gl	1	2.500.000	2.500.000
Cámaras, bombas (proporcional)	gl	1	1.650.000	1.650.000
Total preparación vaso vertido				511.521.500

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Total con IVA incluido

El costo total antes mostrado, 511 millones de pesos, correspondería al costo neto por hectárea de vaso de vertido a construir. Anteriormente se calcularon las superficies de vertido para los casos 1 y 2 antes descritos. Este valor se incluirá en el flujo del proyecto, considerando construcciones parciales, es decir, unas pocas hectáreas por año, a fin de controlar la infiltración de aguas lluvias a la masa de vertido que se produciría al construir el año cero de proyecto la totalidad del área impermeabilizada.

A pesar de lo anterior, existen antecedentes en nuestro país, donde los dueños del proyecto han decidido construir toda el área impermeabilizada del área de vertido al inicio del proyecto, esta situación se explica de esa forma no por una conveniencia operativa o financiera, sino como forma de aprovechar los fondos gubernamentales asignados a dicho proyecto.

Tabla 17. Inversión total estimada en habilitación de vaso de vertido

Inversión área de vertido	Superficie (ha)	Inversión total (\$)
Caso 1	56	28.645.204.000
Caso 2	140	71.613.010.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Total con IVA incluido

e) Construcción de obras de edificación de apoyo a la operación del RS.

Obras como oficinas administrativas, dependencias del personal, comedores, caseta de guardia, bascula, caseta de bascula, etc. Se deben considerar en la inversión y dependerán a modo general del tamaño de la dotación que posea el RS.

Asimismo, la materialidad de la instalación, a modo general es una decisión propia del dueño del proyecto. Si bien se pensaría que una obra que durara a lo menos 40 años (20 años de operación y similar periodo de la mantención post- cierre), debería construirse

de albañilería u hormigón armado, a modo general, se consideran oficinas modulares o de tabiquería, debido a la premura que tienen este proyecto de comenzar con la operación. A continuación, se hará un cálculo orientativo de las dependencias que debería considerar una instalación de esta naturaleza.

Tabla 18. Inversión obras de edificación

Construcciones	Unidad	Cantidad	P.unitario	P.total
Oficinas	m2	300	1.332.863	399.858.810
Camarines	m2	80	643.459	51.476.715
Baños	m3	45	643.459	28.955.652
Comedor	m2	100	643.459	64.345.894
Bodega	Unidad	2	3.500.000	7.000.000
Taller de mantenimiento	m2	500	272.497	136.248.315
Estacionamientos	Unidad	2	450.000	900.000
Caseta guardias	Unidad	1	9.412.000	9.412.000
Caseta báscula	Unidad	1	11.281.400	11.281.400
Bascula de pesaje	Unidad	2	45.000.000	90.000.000
Planta de lavado	m2	500	272.497	136.248.315
Total construcciones				1.113.515.252

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Total con IVA incluido

f) Construcción Planta de lixiviados.

Dependiendo de la localización geográfica de un RS, la composición del lixiviado puede variar sustantivamente, al igual que su caudal.

Si consideramos, por ejemplo, RS en la zona sur del país, donde la pluviometría supere los 800 mm por año, podemos notar que el lixiviado poseerá los mismos contaminantes que un RS ubica en el norte del país, diferenciándose en la concentración de los contaminantes y por cierto en el caudal que se genera.

Si tomamos como base las tres familias de contaminantes presentes en el lixiviado; compuestos orgánicos, metales pesados y sales, se concluye que la planta de tratamiento deberá contar a lo menos con unidades ad-hoc que puedan abatir en conjunto estas tres familias.

Si tratamos de calcular el costo de una planta biológica, el mayor costo serán los estanques, luego el sistema de aireación y por último el sistema de separación de la fase lodo-sobrenadante. Dependiendo de la carga orgánica el tiempo de residencia será mayor y por tanto el costo de los estanques subirá, por otra parte, en este mismo escenario, las necesidades de aire aumentarán, por tanto, el tamaño o número de soplantes, también aumentará.

En el caso de zonas lluviosas, aumentará de forma importante el flujo de aguas lluvia a la masa de residuos, a menos que se aplique la capa de cobertura final apenas eso sea

posible, por ello, tendremos más lixiviados, pero con menor concentración de sus contaminantes.

Solo con el afán de dar órdenes de magnitud, una planta de lixiviados en Europa que cuente con los sistemas necesarios para abatir todos los contaminantes representa inversiones cercanas a 5 a 6 millones de euros por cada 400 a 500 metros cúbicos diarios tratados. Esta inversión considera sistemas biológicos de alta carga como los MBR (membrane batch reactor), sistemas de separación sólido-líquido como la ultrafiltración y filtros de abatimiento de sales mediante osmosis inversa.

En el caso 1 se debería considerar una inversión en tratamiento de lixiviados equivalente a unos 5 millones de euros y en el caso 2, utilizando las económicas de escala, se recomienda considerar 8 millones de euros como inversión de la planta de lixiviados.

g) Sistema de captación y control de biogás.

Aproximadamente al año 2 de operación del RS, se comenzará a producir en cantidad y composición suficiente el biogás.

Dependiendo del plan de explotación del relleno, será necesario instalar la planta de biogás al tercer o cuarto año de operación. Mismo periodo en el cual se deberá comenzar con la perforación de pozos de extracción de biogás.

Hace algunos años atrás, se construían pozos a modo de gaviones verticales, junto con el crecimiento de la masa de residuos. Esta técnica aun en uso en algunas instalaciones tiene la desventaja de que este drenaje vertical sirve como sumidero de lixiviados, finos y todo tipo de residuos de menor granulometría, logrando en el corto plazo su completo taponamiento.

Otro fenómeno registrado en este tipo de drenaje de biogás es que al interior de este pozo y sujeto a las piedras que lo componen, comienza a formarse biopelícula, que en palabras simples corresponde al poblamiento y posterior obstrucción de los espacios intersticiales debido al crecimiento de biomasa que se alimenta de los contaminantes orgánicos del lixiviado.

La mayoría de los RS de mayor tamaño, han cambiado esta técnica por la perforación de pozos verticales mediante el uso de máquinas perforadoras. En general se debe perforarse a lo menos 2/3 del espesor de residuos y se aconseja para una mayor vida útil, diámetros de 0,8 a 1 metros.

En cuanto a costos, dependiendo de la técnica de perforación utilizadas, el sistema de control del biogás en el pozo se puede estimar que por cada pozo habilitado (perforación, control y conexión) se debería considerar una inversión de 28 a 30 millones de

pesos. Esto considera todas las piezas de conexión como cabezales, además de tuberías, fitting, trampas, válvulas y piezas especiales.

En general se considera que, para tener una eficiente red de captación de biogás, se debería instalar un pozo cada 30 a 40 metros de distancia. Fijando una matriz o malla equilátera, se puede suponer que, en cada hectárea de relleno, se debería instalar de 5 a 6 pozos de extracción de biogás.

En cuanto a manejo de biogás, lo más estándar es la instalación de una antorcha de alta temperatura como sistema de control de emisiones que permite extraer el biogás desde la masa de residuos. Basado en la resolución N°431/21 del Ministerio de Medioambiente, se debe considerar un sistema que registre en continuo la composición y flujo del biogás, datos que se deben ser informados a la Superintendencia de medioambiente de forma diaria.

Dado lo anterior, se debe considerar una antorcha de quema como unidad principal, que cuente con analizadores en continuo de metano, dióxido de carbono, oxígeno y monóxido de carbono, además de flujo másico. El costo de mercado en la actualidad de una antorcha de quema con analizador integrado iría de 450.000 a 550.000 dólares americanos, dependiendo del flujo máximo a termo degradar.

En cuanto a los pozos, se obtendrá la inversión multiplicando las hectáreas habilitadas por año por el precio unitario de cada pozo:

En el caso 1: Inversión total en pozos: 56 hectáreas * 6 pozos/hectárea * \$28.000.000 = \$ 9.408.000.000.

Para el caso 2, el cálculo análogo resulta de la siguiente forma: Inversión total en pozos: 140 hectáreas * 6 pozos/hectárea * \$28.000.000 = \$ 39.368.000.000.

En cuanto a las antorchas, se considera que en el caso 1 bastará con una antorcha al año 3 de proyecto y en el caso 2, se debería suponer que, dada la superficie ocupada por residuos, se deberá dividir el flujo en dos unidades y por tanto considerar la instalación de la primera antorcha al año 3 de proyecto y de la segunda unidad, después de la mitad de la vida útil del RS:

Caso 1, inversión antorcha: \$420.750.000 IVA incluido.

Caso 2, inversión en dos antorchas: \$841.500.000 IVA incluido.

h) Maquinaria y equipos.

Una vez construido el RS, comenzará la recepción de residuos. Estos se pesarán en la bascula de la instalación y serán enviados al frente de trabajo.

En términos generales en nuestros RS, se reciben tanto camiones recolectores como camiones de transferencia que provienen de una estación de trasvase.

Como se explicó anteriormente, las maquinarias mínimas necesaria para el RS están dadas por el tonelaje diario a recepcionar, así como de la llegada en punta de camiones en un determinado periodo de tiempo.

Si consideramos que el RS de hasta 600.000 toneladas al año de residuos, se debería considerar las siguientes maquinarias y equipos:

Tabla 19. Inversión en maquinarias año 1, para un RS de hasta 600.000 toneladas anuales

Maquinaria y equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Bulldozer Tipo D8	1	572.712.000	572.712.000
Compactador de residuos	1	728.000.000	728.000.000
Bulldozer Tipo D8 stand by	1	728.000.000	728.000.000
Cargador frontal	1	76.000.000	76.000.000
Camión tolva	3	53.000.000	159.000.000
Camión lubricador	1	64.000.000	64.000.000
Luminaria con motor autónomo	2	6.270.000	12.540.000
Excavadora 20 ton	1	227.200.000	227.200.000
Camión aljibe 10 m3	2	32.900.000	65.800.000
Camioneta 4x4	5	25.000.000	125.000.000
Motobomba	6	1.200.000	7.200.000
Grupo generador eléctrico	1	49.550.000	49.550.000
Total			2.815.002.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Valores calculados a una tasa dólar/peso de \$800, valores no incluyen IVA

En el caso de un RS de hasta 1.500.000 toneladas de residuos al año, a la lista anterior deberemos agregar 1 compactador de residuos más y dos camiones tolva adicionales. Por tanto, la inversión inicial en maquinaria y equipos para el primer año de operación en el RS se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Inversión en maquinarias año 1, para un RS de hasta 1.500.000 toneladas anuales

Maquinaria y equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Bulldozer Tipo D8	1	572.712.000	572.712.000
Compactador de residuos	2	728.000.000	1.456.000.000
Bulldozer Tipo D8 stand by	1	728.000.000	728.000.000
Cargador frontal	1	76.000.000	76.000.000
Camión tolva	5	53.000.000	265.000.000
Camión lubricador	1	64.000.000	64.000.000

Maquinaria y equipos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Luminaria con motor autónomo	3	6.270.000	18.810.000
Excavadora 20 ton	1	227.200.000	227.200.000
Camión aljibe 10 m3	2	32.900.000	65.800.000
Camioneta 4x4	5	25.000.000	125.000.000
Motobomba	6	1.200.000	7.200.000
Grupo generador eléctrico	1	49.550.000	49.550.000
Total			3.655.272.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Valores calculados a una tasa dólar/peso de \$800, valores no incluyen IVA

i) Plan de cierre y monitoreo post cierre.

Hasta la fecha, los vertederos han recibido la capa de sello final una vez que ha terminado su vida útil. A modo general con fondos de Gobierno y en muy pocas ocasiones realizado por privados.

Esta actividad no necesariamente debe realizarse cuando la instalación ha dejado de recibir residuos, sino que resulta mucho más oportuno hacerlo cuando una celda o alveolo ha concluido su vida útil. La ventaja evidente de esta práctica es la reducción de ingreso de aguas lluvia al interior de la masa de residuos con la consiguiente menor generación de lixiviados, además de la mejora en las tasas de captación de biogás.

Si consideramos lo descrito en el DS189/05, podríamos concluir que, con una capa de tierra de 60 cm de espesor, sería suficiente. Sin embargo, al analizar el efecto de asentamientos, escorrentía superficie y erosión, resulta más recomendable agregar capas geosintéticos a este sello.

Un modelo simple de cobertura final estará compuesto por:

- Capa de geomembrana de polietileno de 1 mm de espesor.
- Capa de geotextil de 400 gr/m² como capa de protección de la geomembrana.
- Capa de tierra fina (sin sobre tamaños), mejorada con 10 cm de compost. Con un espesor total de 60 cm.

El costo por hectárea se estima en la Tabla 21.

Tabla 21. Estimación de costo de cierre final por hectárea

Partida	Unidad	Caantidad	P.Unitario	P.total
Geomembrana HDPE 1,0 mm	m ²	10.000	3.960	39.600.000
Soldadura para salida pozo biogas	Unidad	6	90.000	540.000
Geotextil 400 gr/m ²	m ²	10.000	2.625	26.250.000
Capa cobertura de tierra	m ³	6.000	4.800	28.800.000
Capa de compost	m ³	1.000	9.000	9.000.000
Total cierre final				104.190.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos, Total con IVA incluido

Cuando se calcula el área plana a efectos de dimensionar el área de cobertura final, se debe multiplicar el área del vaso de vertido por un factor superior a uno, lo que permite estimar el área del manto. Dependiendo de la geometría del depósito este valor irá de 1,1 a 1,3. Dado que no es posible estimar la superficie del plan de cierre sin un diseño de ingeniería, se asumirá un valor medio como corrector de la superficie del manto.

De esta forma, los costos de cierre para ambos escenarios analizados se visualizan en la Tabla 22.

Tabla 22. Estimación de costos totales de cierre final

Costos totales de cierre	Superficie planta (Há)	P.unitario	P.total
Caso 1: relleno hasta 600.000 ton/año	67,2	104.190.000	7.001.568.000
Caso 2: relleno hasta 1.500.000 ton/año	168	104.190.000	17.503.920.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos, Total con IVA incluido

j) Equipos de monitoreo y análisis.

Recientemente se promulgo la Resolución N°431 del Ministerio de Medio Ambiente, la cual instruye la obligatoriedad de informar una serie de parámetros de operación a la Superintendencia de medio ambiente. Estos monitoreos podrían contratarse a entidades certificadas como laboratorios o centros de investigación, sin embargo, también pueden ser operados por los titulares de los RS.

En general la resolución posee ciertas obligaciones que podrían resumirse en la Tabla 23.

Tabla 23. Parámetros y equipos de medición requeridos para cumplimiento de la resolución N°431/21 del Ministerio de Medio Ambiente.

Tipo de medición	Equipo requerido
Flujo de lixiviado producido por el relleno	Medidor de flujo
Informe de coordenadas del frente de trabajo y capacidad remanente	Topógrafo, GPS
Lixiviado tratado: caudal, pH, temperatura, conductividad, DQO	Equipos conectados en línea.
Calidad del biogás: caudal normalizado, metano, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono,	Medidor de flujo masico, analizador en continuo de biogás, analizador de monóxido, PLC o Data logger.

Fuente: recopilación e interpretación de la RCA realizada por el equipo consultor

En general, muy pocos rellenos cuentan con este tipo de analizadores, aun así, la resolución instruye que la totalidad de las instalaciones deberá contar con dicha analítica.

En cuanto a costos, siendo solo un estimado, el sistema que permite informar a la Superintendencia de Medio Ambiente, además de los medidores antes mencionados demandará una inversión cercana a los 200 a 250 millones de pesos, con una vida útil

estimada de no más de 10 años. Se deben considerar calibraciones y cambios de sensores a lo más cada 3 a 5 años, ello implicará una re-inversión de aproximadamente el 25% a 40% de la inversión inicial.

k) Otras inversiones.

Sin tener la intención de ser un detalle exhaustivo o excluyente, en los puntos anteriores se trataron las inversiones más relevantes de un RS y tal como se dijo anteriormente, respondían a la Ley o Principio de Pareto, también conocida como la Regla del 80/20.

No obstante, lo anterior, existen dos “inversiones” o costos de puesta en marcha que deben considerarse debido a la relevancia que puede tener estos importes. Ellos son el tratamiento del IVA y el capital de trabajo.

- **Tratamiento del IVA del CAPEX y OPEX**

De acuerdo al pronunciamiento realizado por el Servicio de Impuestos internos a fines de los años 90, las actividades de disposición de residuos en RS o vertederos no están gravadas de IVA, eso quiere decir que el porcentaje de impuestos al valor agregado no pueden ser recuperados por esta actividad, dado que se considera una actividad terminal por ello, no puede traspasarse el IVA hacia adelante, es decir, a un consumidor del servicio.

En el caso de la evaluación económica, esta instrucción se ve reflejada en que a todas las inversiones del proyecto se les deberán imputar el 19% del IVA correspondiente, asimismo, todos los insumos, servicios o prestaciones que de acuerdo al SII estén afectas a IVA, deberán incluirse en el análisis de CAPEX y OPEX del proyecto.

- **Capital de trabajo**

Cuando se comienza un negocio o proyecto, se debe considerar un monto de dinero que permita cubrir las obligaciones contraídas, hasta que se perciben ingresos en el proyecto.

El capital de trabajo se define como la cantidad de dinero real y libre de compromisos, que posee una empresa para realizar todas las actividades inherentes a su cadena de valor, tales como compra de insumos, costos de operación, gastos de mantenimiento, pago del sueldo de los trabajadores, obligaciones tributarias, en general todos los compromisos en el corto plazo.

En base a eso, si el negocio inicia su servicio el 1 de enero de 2022, deberá pagar todas sus obligaciones posiblemente el día 31 de enero de 2022, sin embargo, recién el 1 de febrero de 2022 podrá contabilizar los residuos recibidos en el primer mes de trabajo y luego emitir la correspondiente factura, la cual idealmente será pagada el 1 de marzo de 2022 (pago 30 días contra presentación de factura). Este ejemplo ilustra que el pago del servicio se producirá posterior al pago que se realizó 30 días antes a proveedores y trabajadores, por ello será necesario calcular el dinero que se necesitará al principio del proyecto.

En el cálculo de este importe, se debe considerar las obligaciones “reales de caja” y estimar de la mejor forma posible el plazo real de pago al que se podrá optar en el desarrollo del proyecto. En el cálculo del capital de trabajo, no se debe incluir utilidades o provisiones.

Es importante considerar que al término del proyecto el capital de trabajo se recuperará, por lo cual se debe restar en el flujo de caja que origina la evaluación.

II. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN

La operación de un RS se basa en una serie de actividades diarias que permite confinar los residuos sólidos domiciliarios o asimilables, minimizando los riesgos sanitarios que implica la descomposición de la fracción orgánica de los residuos.

Anteriormente se mencionaron las actividades que deberán considerarse en las partidas de inversión, a continuación, se estimarán los costos de personal, insumos, combustible o servicios que permitirán operativizar las operaciones de cada una de las unidades que comprende este tipo de proyectos.

a) Costos de personal.

El costo del personal corresponde a una de las partidas más onerosos de la operación de un RS. Aunque existen cargos de baja especialización, en un corto tiempo incluso estos cargos aumentan su remuneración dado que el personal recibe permanente capacitación y no resulta lógico, por un tiempo al menos, comenzar una y otra vez con el proceso de capacitación del personal.

La estructura operativa habitual de una instalación de esta naturaleza es encabezada por un ingeniero, este requerimiento además de lógico emana del DS189/05, por tanto, es mandatorio mantener en obra a este especialista. Dada las obligaciones del cargo, será necesario que en su equipo más cercano cuente con un especialista ambiental, un encargado de seguridad, un ingeniero especialista en tratamiento de lixiviados y un ingeniero capacitado para el manejo de biogás.

En una segunda línea, se encontrarán los supervisores y capataces. Los supervisores son la mano ejecutiva de los trabajos planificados por el equipo que dirige la instalación, en general se considera suficiente un supervisor por turno, el cual da las instrucciones parciales a los capataces.

El número de capataces dependerá también el número de trabajadores que permanezcan simultáneamente en la instalación, el número de turnos de operación y lo complejo que resulte la operación.

Operadores de maquinaria o Maquinista. Se trata de operadores de maquinaria pesada como bulldozer, compactadores de residuos, excavadoras, cargadores frontales o retroexcavadoras. En general existe bajo nivel de experiencia en el ámbito de los residuos,

dado que la gran mayoría de la maquinaria pesada presente en nuestro país se utiliza para movimiento de tierra, por eso mismo encontrar y mantener operadores experimentados en el trabajo con residuos resulta una tarea compleja.

Choferes o conductores. serán los encargados de conducir los camiones tolva que transportarán la tierra de cobertura desde los acopios hacia el frente de vertido. Se debe considerar además conductores de camiones aljibes, los cuales apoyarán la operación mediante el control de polvo, manejo de lixiviados o eventualmente el abastecimiento de agua en el caso de que el sitio no se encuentre conectado a una red de abastecimiento de agua potable. No debemos olvidar a lo menos contar con un conductor que se encargue de la compra de repuestos o insumos para la operación del relleno.

Personal administrativo y de control. Tanto guardias, como romaneros, encargado de bodega o almacenes deberán permanecer en el relleno mientras exista operación.

Es necesario considerar que a lo menos el personal de terreno, taller y parte del personal administrativo deberá permanecer siempre en obra cumpliendo turnos. A efectos de dar cumplimiento de obligaciones legales, además de los antes mencionados, se deberá considerar un experto en seguridad y un paramédico, durante todos los turnos antes descritos.

A continuación, se muestra en la tabla los cargos que deben considerar al igual que el número de trabajadores y el número de turnos.

Tabla 24. Nómina personal para un RS de hasta 600.000 ton/año

Personal	Cantidad	Turnos	Total personal
Gerente de operaciones	1	1	1
Ingeniero jefe	1	1	1
Ingeniero ambiental	1	1	1
Ingeniero en prevención de riesgos	1	1	1
Ingeniero planta de tratamiento RILes	1	1	1
Ingeniero o técnico planta biogás	1	1	1
Ingeniero jefe mantención	1	1	1
Supervisores	1	3	3
Capataces	1	3	3
Experto en prevención de riesgos	1	3	3
Paramédico	1	3	3
Operadores de maquinaria	3	3	9
Conductores	4	3	12
Conductor compras	1	1	1
Auxiliares frente vertidos	3	3	9
Auxiliares zona de lavado	2	3	6
Auxiliares limpieza	2	3	6
Romaneros	1	3	3
Guardias	2	3	6
Operador planta tratamiento RILes	1	3	3
Operador planta tratamiento biogás	1	3	3
Mecánicos	2	3	6
Soldadores	1	3	3
Eléctricos	1	3	3
Vulcanizador	1	3	4
Total personal directo de operación			92

Fuente: Cálculos propios

Si consideramos un RS que recibirá entre 1.200.000 y 1.500.000 toneladas de residuos al año, existirán algunos cargos donde se deberá contar con más apoyo. Por ejemplo, el número de camiones que entrará en un día podría hasta triplicarse, por ello será necesario contar con un romanero adicional por turno, personal adicional en el frente de trabajo (auxiliares de frente). Será necesario a lo menos un equipo más de compactación, se utilizará mayor cantidad de tierra de cobertura, será necesario también tratar mayor cantidad de lixiviados y en general el personal aumentará en unas 30 personas.

Tabla 25. Nómina personal para un RS de hasta 1.500.000 ton/año

Personal	Cantidad	Turnos	Total personal
Gerente de operaciones	1	1	1
Ingeniero jefe	1	1	1
Ingeniero ambiental	1	1	1
Ingeniero en prevención de riesgos	1	1	1
Ingeniero planta de tratamiento RILes	1	1	1
Ingeniero o técnico planta biogás	1	1	1
Ingeniero jefe mantención	1	1	1
Supervisores	1	3	3
Capataces	2	3	6
Experto en prevención de riesgos	1	3	3
Paramédico	1	3	3
Operadores de maquinaria	5	3	15
Conductores	5	3	15
Conductor compras	1	1	1
Auxiliares frente vertidos	4	3	12
Auxiliares zona lavado	3	3	9
Auxiliares limpieza	3	3	9
Romaneros	2	3	6
Guardias	2	3	6
Operador planta tratamiento RILes	2	3	6
Operador planta tratamiento biogás	1	3	3
Mecánicos	3	3	9
Soldadores	1	3	3
Eléctricos	1	3	3
Vulcanizador	1	3	3
Total personal directo de operación			122

Fuente: Cálculos propios

En cuanto al importe del ítem remuneraciones, este estará dado por tres componentes, una será el sueldo base, las leyes sociales o aporte a fondo de salud, de retiro y aporte a mutualidad, este último de acuerdo a la ley sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales y el último corresponderá a beneficios sindicales o bonos de producción.

Además de los anterior, se debe considerar que el personal deberá ser reemplazado en periodos de enfermedad o vacaciones. Por ello habitualmente se considera el pago de un decimotercer sueldo como provisión para el reemplazo del cargo. Esa situación no

ocurre en el caso de ingenieros o gerentes, dado que se supone existe un reemplazo entre sus pares.

A modo resumen, el cuadro de remuneraciones para un RS de hasta 600.000 toneladas anuales quedara de la siguiente forma.

Tabla 26. Total costo personal para un RS de hasta 600.000 ton/año

Tipo de cargo	Total mes	Total anual
Ingenieros y técnicos	21.580.000	258.960.000
Supervisores, capataces, experto seguridad	15.015.000	195.195.000
Operadores maquinaria y conductores	24.895.000	323.635.000
Auxiliares (frente, lavado, aseo)	16.380.000	212.940.000
Técnicos: romaneros, tratamiento RILes y biogás	17.940.000	233.220.000
Mecánicos, soldadores, etc.	42.510.000	552.630.000
Total costo personal estimado	138.320.000	1.776.580.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos

En el caso de un RS de hasta 1.500.000 toneladas anuales, tal como se dijo existirá mayor cantidad de personal y obviamente el total del costo de remuneraciones será mayor.

Tabla 27. Total costo personal para un RS de hasta 1.500.000 ton/año.

Tipo de cargo	Total mes	Total anual
Ingenieros y técnicos	21.580.000	258.960.000
Supervisores, capataces, experto seguridad	18.720.000	243.360.000
Operadores maquinaria y conductores	35.230.000	457.990.000
Auxiliares (frente, lavado, aseo)	23.400.000	304.200.000
Técnicos: romaneros, tratamiento RILes y biogás	25.740.000	334.620.000
Mecánicos, soldadores, etc.	46.020.000	598.260.000
Total costo personal estimado	170.690.000	2.197.390.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos

b) Costos de mantención.

Los equipos destinados a la operación del relleno estarán afectos a planes de mantención, normalmente entregados por los propios proveedores. A modo general, los primeros años de operación las mantenciones se realizan mediante servicio técnico de la marca y cuando las garantías expiran, comienza la mantención por cuenta propia.

Un fenómeno común se basa en el hecho que los costos de mantención se incrementan en el tiempo, ello debido al natural desgaste de los equipos cuando estos

acumulan muchas horas de uso. Sin el afán de hacer un análisis de costos de mantención por hora, se establece en general que el costo de mantención de un equipo de menos de 10.000 horas de uso representa entre un 5% a 6% anual del costo de adquisición de la maquinaria. Cuando el equipo tiene más de las 10.000 horas, este costo subirá a un rango de 8% a 10% anual.

La duración de los equipos de operación dependerá del uso que se les dé, así como de la vida útil estimadas por el fabricante para cada tipo de maquinaria.

Cuando hablamos de bulldozers, compactadores de residuos, se puede proyectar una vida útil de hasta 30.000 horas, en el caso de cargadores frontales sobre ruedas, o excavadoras hidráulicas, la vida se estima en 20.000 a 22.000 horas de uso, en el caso de camiones, se puede pensar entre 15.000 y 18.000 horas de vida útil y equipos menores como generadores y motobombas en general se recambian cada 2 a 3 años dependiendo de su estado.

Si bien existen equipos que pueden superar las 30.000 horas y hasta 40.000 horas de uso, esta situación solo implicará un sobre coste, tanto de mantención como de consumo de combustible, además de generar incertidumbre en la operación del RS, por ello, no se debería considerar utilizar maquinaria más allá de la vida útil recomendada.

Si tomamos como base las inversiones de un RS de hasta 600.000 ton/año. debemos primeramente calcular las horas por equipo anual y luego aplicar el criterio antes descrito, de esa forma el se estima el costo de mantención por año de las máquinas de operación.

Tabla 28. Estimación horas de operación anual para un RS de hasta 600.000 ton/año

Maquinaria y equipos	Cantidad	Hr efectivas por turno	Numero de turnos	días trabajado año	Horas por equipo	Horas por equipo	Horas por equipo
					acumuladas año 1	acumuladas año 2	acumuladas año 3
<i>Bulldozer Tipo D8</i>	1	7	3	313	6573	13146	19719
<i>Compactador de residuos</i>	1	7	3	313	6573	13146	19719
<i>Bulldozer Tipo D8 stand by</i>	1	0	0	313	0	0	0
<i>Cargador frontal</i>	1	7	1	313	2191	4382	6573
<i>Camión tolva</i>	3	7	1	313	2191	4382	6573
<i>Camión lubricador</i>	1	3	2	313	1878	3756	5634
<i>Luminaria con motor autónomo</i>	2	10	1	313	3130	6260	9390
<i>Excavadora 20 ton</i>	1	7	2	313	4382	8764	13146
<i>Camión aljibe 10 m3</i>	2	6	1	313	1878	3756	5634
<i>Camioneta 4x4</i>	5	3	3	313	2817	5634	8451
<i>Motobomba</i>	6	3	3	313	2817	5634	8451
<i>Grupo generador eléctrico</i>	1	5	2	313	3130	6260	9390

Fuente: Cálculos propios

Basado en los criterios anterior y en las horas estimadas anuales, se calcula el costo de mantención anual de los equipos de operación.

Tabla 29. Estimación costos de mantención anual para un RS de hasta 600.000 Ton/año

Maquinaria y equipos	Costo año 1	Costo año 2	Costo año 3	Costo año 4	Costo año 5
Bulldozer Tipo D8	34.362.720	51.544.080	51.544.080	34.362.720	51.544.080
Compactador de residuos	43.680.000	65.520.000	65.520.000	43.680.000	65.520.000
Cargador frontal	4.560.000	4.560.000	4.560.000	6.840.000	6.840.000
Camión tolva	9.540.000	9.540.000	9.540.000	14.310.000	14.310.000
Camión lubricador	3.840.000	3.840.000	3.840.000	5.760.000	5.760.000
Luminaria	752.400	752.400	752.400	1.128.600	752.400
Excavadora 20 ton	13.632.000	13.632.000	13.632.000	20.448.000	20.448.000
Camión aljibe 10 m3	3.948.000	3.948.000	3.948.000	3.948.000	3.948.000
Camioneta 4x4	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000
Motobomba	432.000	432.000	432.000	432.000	432.000
Grupo generador eléctrico	2.973.000	2.973.000	2.973.000	4.459.500	4.459.500
Total costo mantención anual	125.220.120	164.241.480	164.241.480	142.868.820	181.513.980

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos, Total con IVA incluido.

De forma análoga, para un RS de hasta 1.500.000 toneladas de residuos anuales se estiman las horas de operación de los equipos y se calcula en base a un porcentaje del valor de adquisición, el importe que corresponderá a mantenimiento programado de las maquinarias.

Tabla 30. Estimación costos de mantención anual para un RS de hasta 1.500.000 Ton/año

Maquinaria y equipos	Costo año 1	Costo año 2	Costo año 3	Costo año 4	Costo año 5
Bulldozer Tipo D8	34.362.720	51.544.080	51.544.080	34.362.720	51.544.080
Compactador de residuos	87.360.000	131.040.000	131.040.000	87.360.000	131.040.000
Cargador frontal	4.560.000	4.560.000	4.560.000	6.840.000	6.840.000
Camión tolva	15.900.000	15.900.000	15.900.000	23.850.000	23.850.000
Camión lubricador	3.840.000	3.840.000	3.840.000	5.760.000	5.760.000
Luminaria	1.128.600	1.128.600	1.128.600	1.692.900	1.128.600
Excavadora 20 ton	13.632.000	13.632.000	13.632.000	20.448.000	20.448.000
Camión aljibe 10 m3	3.948.000	3.948.000	3.948.000	3.948.000	3.948.000
Camioneta 4x4	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000
Motobomba	432.000	432.000	432.000	432.000	432.000
Grupo generador eléctrico	2.973.000	2.973.000	2.973.000	4.459.500	4.459.500
Total costo mantención anual	175.636.320	236.497.680	236.497.680	96.653.120	56.950.180

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos, Total con IVA incluido.

c) Petróleo.

En base a las horas de trabajo estimadas anteriormente, se calcula el consumo de combustible en base a información entregada por proveedores de equipos y maquinarias. Para ello será necesario aplicar un rendimiento medio por hora. Según las categorías de trabajo consideradas por Caterpillar, en su "Manual de Rendimiento" en el anexo "Costos de posesión y operación" en el capítulo "Tablas de consumo horario de combustible", se asumirá el rango medio en todos los casos.

Tabla 31. Estimación consumo de petróleo para un RS de hasta 600.000 Ton/año

Maquinaria y equipos	lt/h	Año1 (lt)	Año1 (\$)
<i>Bulldozer Tipo D8</i>	40	262.920	170.898.000
<i>Compactador de residuos</i>	55	361.515	234.984.750
<i>Bulldozer Tipo D8 stand by</i>	40	-	-
<i>Cargador frontal</i>	18	39.438	25.634.700
<i>Camión tolva</i>	10	65.730	42.724.500
<i>Camión lubricador</i>	10	18.780	12.207.000
<i>Luminaria con motor autónomo</i>	5	31.300	20.345.000
<i>Excavadora 20 ton</i>	18	45.072	29.296.800
<i>Camión aljibe 10 m3</i>	10	37.560	24.414.000
<i>Camioneta 4x4</i>	3	42.255	27.465.750
<i>Motobomba</i>	2	33.804	21.972.600
<i>Grupo generador eléctrico</i>	8	25.040	16.276.000
Total		963.414	626.219.100

Fuente: Cálculos propios en litros de petróleo por año y costo anual en pesos. Total con IVA incluido

De forma análoga, se calcula el consumo de petróleo anual para un RS de hasta 1.500.000 ton anuales. Es necesario comentar que el consumo de combustible es proporcional a la cantidad de residuos que recibirá el relleno cada año, por ello, en la evaluación se considerará que el incremento de la llegada de residuos implicará también un incremento, en la misma cuantía, del consumo de petróleo diésel.

Tabla 32. Estimación consumo de petróleo para un RS de hasta 1.500.000 Ton/año.

Maquinaria y equipos	lt/h	Año1 (lt)	Año1 (\$)
<i>Bulldozer Tipo D8</i>	40	262.920	170.898.000
<i>Compactador de residuos</i>	55	723.030	469.969.500
<i>Bulldozer Tipo D8 stand by</i>	40	-	-
<i>Cargador frontal</i>	18	39.438	25.634.700
<i>Camión tolva</i>	10	109.550	71.207.500
<i>Camión lubricador</i>	10	18.780	12.207.000
<i>Luminaria con motor autónomo</i>	5	46.950	30.517.500
<i>Excavadora 20 ton</i>	18	45.072	29.296.800
<i>Camión aljibe 10 m3</i>	10	37.560	24.414.000
<i>Camioneta 4x4</i>	3	42.255	27.465.750
<i>Motobomba</i>	2	33.804	21.972.600
<i>Grupo generador eléctrico</i>	8	25.040	16.276.000
Total		1.384.399	899.859.350

Fuente: Cálculos propios en litros de petróleo por año y costo anual en pesos. Total con IVA incluido

d) Monitoreos, estudios, etc.

A modo general los RS deben demostrar mediante análisis de laboratorio realizados por entidades acreditadas que no están causando deterioro a la calidad del medioambiente. Estas verificaciones tienen periodicidades trimestrales, aunque en algunos casos esto podría ser mensual e incluso con mayor frecuencia. La mayor frecuencia dependerá en muchos casos de la RCA o aquellas que exija la Autoridad Ambiental producto de una fiscalización o como parte de un Plan de Cumplimiento acordado luego de una fiscalización. Dentro de los análisis más comunes se encuentran los presentados en la Tabla 33.

Tabla 33. Frecuencia y tipo de monitoreos

Tipo análisis	Frecuencia
Calidad aguas subterráneas	Cada 3 meses
Calidad agua superficial	Cada 3 meses
Calidad lixiviados	Cada 3 meses
Calidad lixiviados tratado	Continuo de acuerdo a Res.431/20 del MMA
Caudal de lixiviados	Continuo
Material particulado	Diario
Composición Biogás	Continuo de acuerdo a Res.431/20 del MMA
Flujo del biogás	Continuo de acuerdo a Res.431/20 del MMA
Biogás termodegradado	Trimestral
Monitoreo de olores	Semestral o trimestral

Fuente: Recopilación propia y Res. N°431/21 del MMA

Adicionalmente a los monitoreos, las resoluciones de calificación ambiental, las fiscalizaciones y los procesos de sanción, instruyen a los titulares de los RS la ejecución de uno o más estudios de los que se mencionan en la Tabla 34.

Tabla 34. Frecuencia y tipo de estudios

Tipo estudio	Frecuencia
Estudio de estabilidad de taludes	Una vez al año
Auditoría ambiental independiente.	Dos veces al año
Rastreo de biogás superficial y/o muestreo en pozos de biogás	Trimestral

Fuente: Recopilación propia

Los costos asociados a los monitoreos periódicos se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35. Costos de monitoreos y servicios de terceros

Monitoreo	# muestra/año	P.Unitario	P.total
Aguas subterránea	16	280.000	4.480.000
Lixiviados	12	280.000	3.360.000
Efluente tratado	12	280.000	3.360.000
Calidad aire	12	1.639.000	19.668.000
Biogas (pozos y superficial)	2	3.500.000	7.000.000
Estudio de estabilidad	1	25.330.000	25.330.000
Panel de olores	4	2.980.000	11.920.000
Auditoria Ambiental	4	3.500.000	14.000.000
Total Monitoreos			89.118.000

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos, incluye IVA

e) Tratamiento de lixiviados.

Como se mencionó anteriormente, uno de los mayores costos de operación de un RS corresponde al tratamiento de lixiviados. Independiente de la solución que se construya para el tratamiento, será necesario su modernización o actualización cada cierta cantidad de años, ello debido principalmente al cambio en la composición del lixiviados a medida que el RS se vuelve más viejo.

Los costos de operación estarán dados por el consumo eléctrico, los reactivos químicos, recambio de membranas de ultrafiltración y osmosis inversa, la analítica de laboratorio de autocontrol y los monitoreos externos del mismo. Otra opción que se puede implementar es el envío a plantas de tratamiento de aguas servidas, para su tratamiento conjunto con aguas residuales urbanas; sin embargo, esta práctica se ha visto limitada los últimos años, debido a la falta de capacidad de estas plantas de abatir grandes cantidades de nitrógeno y materia orgánica.

Para entender la problemática que reviste el tratamiento de lixiviados en una depuradora, bastaría con decir que un metro cúbico de lixiviado equivale a 50 a 60 metros cúbicos de agua residual urbana de media carga. Además de contener concentraciones de hidrocarburos, metales pesados, cloruros, sulfatos y una larga lista de compuestos potencialmente tóxicos.

El costo de tratamiento dependerá de la carga orgánica y del contenido de nitrógeno del lixiviado. Sin considerar inversión, el costo de operación irá de 0,15 hasta 0,25 UF/m³ tratado, lo que implica un alto impacto en los costos directos de operación de un RS.

f) Otros costos de operación.

Como se dijo, se considerarán los principales costos de operación de un RS, teniendo en mente que ellos representan aproximadamente el 80% de los costos totales de este ítem. El

reto de los costos, aunque importantes, también serán menores. Entre ellos podemos destacar:

- Construcción, mantención y reparación de caminos de operación
- Accesos temporales a zonas de acopio y maniobras
- Arriendos temporales de maquinaria o equipos
- Desinsectación y desratización de dependencia y del predio
- Mantención de oficinas e instalaciones
- Insumos zona de lavado de camiones
- Elementos de protección personal
- Agua, tanto potable como de uso industrial
- Consumo eléctrico
- Herramientas menores
- Insumos de aseo
- Pago de patentes, permisos, boletas de garantía u otros.

El total de los costos no considerados en las partidas principales se asumirá representan el 20% del total de costos directos de operación.

Se debe hacer una mención especial con los imprevistos de operación. Dado que no es posible predecir dicho imprevisto, en la evaluación se considera un porcentaje de los costos directos con el fin de enfrentar las contingencias que se producirán en la operación de la instalación. Dentro de esas contingencias, las de mayor ocurrencia en RS de nuestro país se encuentran los siguientes:

- Incendios
- Deslizamientos de residuos o tierra
- Actos vandálicos o de sabotaje
- Sismos o terremotos
- Salidas de lixiviados, ya sea por rebalse de depósitos o por filtración o rotura de tuberías
- Aluviones o flujos de agua superficial que afectan la operación del relleno
- Accidentes de maquinaria o equipos propios o de terceros
- Eventos de molestia en las comunidades cercanas que requieren mejoras o compensaciones.
- Etcétera.

III. MODELO DE COSTOS PARA TARIFICACIÓN

Para el cálculo de la tarifa de equilibrio del proyecto, se utiliza el modelo de flujo de caja en moneda real y con financiamiento.

Para la construcción de este flujo de caja, primero se define la estructura de costos del proceso de disposición final. En este caso se estiman los costos directos de la operación, como costo de mano de obra, mantención de equipos, petróleo, etc. y se calculan también los costos indirectos, los cuales corresponden principalmente a personal directivo de la empresa como gerente general, gerente de finanza, gerente RRHH, contadores, etc., además se incorporan como parte de estos gastos los costos financieros del proyecto.

A continuación, se muestra la estructura de costos directos e indirectos los primeros 5 años de proyecto, para el caso 1, es decir, un RS que recibe hasta 600.000 toneladas anuales de residuos. Se debe entender que el cálculo se realiza año por año hasta el término de la vida útil de la operación del proyecto (año 20 en este caso) y 20 años posteriores al cierre debido a la vigilancia post cierre del relleno. Solo por temas de edición solo se muestran los primeros 5 años.

Tabla 36. Costos directos e indirectos de operación en RS de hasta 600.000 ton/año

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos directos	(3.803.961.536)	(3.978.868.665)	(4.005.360.946)	(4.089.956.032)	(4.178.222.418)
Mano de obra	(1.659.840.000)	(1.726.233.600)	(1.726.233.600)	(1.795.282.944)	(1.795.282.944)
Combustible	(626.219.100)	(638.743.482)	(651.518.352)	(664.548.719)	(677.839.693)
Mantenimiento maquinaria y equipos	(149.011.943)	(195.447.361)	(195.447.361)	(170.013.896)	(216.001.636)
Monitoreo ambiental	(89.118.000)	(89.118.000)	(89.118.000)	(89.118.000)	(89.118.000)
Costo Tratamiento de lixiviado: 0,2 uf/m3	(357.600.000)	(364.752.000)	(372.047.040)	(379.487.981)	(387.077.740)
Otros costos no considerados (80/20)	(576.357.809)	(602.858.889)	(606.872.871)	(619.690.308)	(633.064.003)
Imprevistos Operación 10%	(345.814.685)	(361.715.333)	(364.123.722)	(371.814.185)	(379.838.402)
Costos indirectos	(3.462.719.381)	(3.401.312.905)	(3.334.993.910)	(3.263.369.396)	(3.186.014.921)
Gastos generales	(652.638.400)	(652.638.400)	(652.638.400)	(652.638.400)	(652.638.400)
Gastos financieros	(2.810.080.981)	(2.748.674.505)	(2.682.355.510)	(2.610.730.996)	(2.533.376.521)

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Totales con IVA incluido

Como se puede apreciar, a pesar de que el flujo se construye en moneda real, aun así, existen incrementos de costos de personal, combustible, mantenimiento de maquinaria y equipos y costos de tratamiento de lixiviados.

El incremento de costos se explica en el caso del personal, por el aumento de las remuneraciones sobre IPC debido a negociaciones colectivas y acuerdos sindicales con el empleador.

El caso de los costos de combustible, se incrementan solo por el aumento en la tasa de recepción de residuos, al igual que en el costo por tratamiento de lixiviados, dado que empíricamente a mayor recepción de residuos también aumenta la generación de lixiviados.

En cuanto a mantención de equipos de operación, existe una variación que obedece a la cantidad de horas de operación que posee cada equipo, ello dado que existe un aumento significativo de costos de mantención cuando los equipos alcanzan las 10.000 horas de uso.

Los gastos generales consideran el pago de remuneración al personal directivo de la empresa, arriendo de oficinas, arriendo de vehículos y gastos de traslado.

Posteriormente se listan las inversiones del proyecto, las cuales se resumen en el cuadro siguiente para los 3 primeros años de preparación del proyecto, un año de construcción de la instalación y compra de equipos y tres años de operación donde se reflejan las reinversiones requeridas a partir del año 1.

Tabla 37. Cuadro de inversiones de los primeros años del proyecto

Terreno	(20.000.000.000)				
Administración del proyecto	(4.756.760.916)				
Ingeniería y permisos	(721.864.863)				
Maquinaria y equipos	(2.815.002.000)				
Reinversión maquinaria y equipos		0	0	(22.122.600)	(1.547.847.280)
Urbanización del sitio y obras civiles	(3.179.680.000)				
Construcción de oficinas y dependencias	(1.113.515.252)				
Construcción de celdas	(2.579.100.000)	0	(2.149.250.000)	0	(2.149.250.000)
Planta tratamiento de lixiviados	(4.550.000.000)	0	0	0	0
Planta de biogas y construcción de pozos		(1.428.750.000)	0	(840.000.000)	0
Equipos de monitoreo para informar a SMA	(200.000.000)				
Cierre de celdas o alveolos			(750.168.000)	0	(625.140.000)
Post cierre y monitoreo					
Imprevistos	(3.991.592.303)	(142.875.000)	(289.941.800)	(86.212.260)	(432.223.728)

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos. Totales con IVA incluido

Con estos valores se asigna un valor a la tarifa de recepción de residuos y se calcula el VAN del proyecto de forma que este sea igual a cero para determinar la tarifa de equilibrio del proyecto.

Debido a que no es posible asignar una tasa de descuento a un proyecto de esta naturaleza, principalmente por el riesgo país que cambia frecuentemente, las condiciones laborales que posiblemente cambiaran más de una vez en el transcurso del proyecto y los riesgos asociados a los cambio políticos y sociales del país, se hará una sensibilización de forma de abarcar la máxima cantidad de escenarios de tarifas, dependiendo de la tasa de descuento que se asigne al proyecto.

En el flujo de caja se incluye el pago de impuestos, depreciaciones, costos de plan de cierre, costo de post cierre y monitoreo por 20 años posterior al cierre, tal como lo indica el DS189/05.

Durante los primeros 4 años (año -3 a 0), el proyecto solo tiene gastos, los primeros tres, el equipo directivo del proyecto, ingenieros especialistas, etc., prepararan los diseños, tramitaran los permisos y adquirirían el terreno, el cual comenzara a ser intervenido una vez que se obtenga la totalidad de los permisos requeridos.

Durante el año 0, se realizará la construcción del relleno, vías de acceso, obras de infraestructura y se adquirirían las maquinaria y equipos del proyecto.

A partir del año 1 y hasta el año 20, se percibirán ingresos en base a la tarifa calculada y se desembolsarán costos. Este flujo de caja se construye en moneda real, es decir sin considerar el efecto de la inflación en los costos o ingresos. En cuanto a las inversiones se considera financiamiento en parte del inversionista y en una mayor parte de la banca (80% préstamo), por este motivo se calcula el pago de intereses y pago del principal (capital) en el flujo de caja.

Cuando analizamos partidas como la mano de obra, el combustible o los costos de mantención, notaremos variaciones entre un año y otro, ello se debe como se mencionó anteriormente, a que el aumento del costo de mano de obra no solo corresponderá al aumento del IPC, sino que aumentos por sobre este indicador. Cuando analizamos los otros dos costos, el incremento en el tonelaje explicará su variación, posteriores se analizará la variación real de estas variables en el tiempo, de forma de representar que un reajuste de tarifa solo por IPC no permite compensar el aumento de los costos.

Al término del año 20, cuando el proyecto concluye su vida útil, se debe provisionar los costos del monitoreo post cierre de la instalación, ello instruido en el DS189/05. Esta vigilancia se debe considerar por 20 años posterior al cierre del relleno y consistirá en mantener monitoreos, tratamiento de lixiviados, gestión del biogás y reparaciones dentro del relleno, que permitan mantener confinada y segura la masa de residuos.

En la línea de inversiones, se considera las inversiones iniciales en terreno, ingeniería, maquinarias, planta de lixiviados y biogás, entre otros, además se debe incorporar reinversiones en maquinaria y equipos. Por ejemplo, compra de bulldozers o compactadores de residuos cuando los adquiridos en el inicio del proyecto llegan al término de su vida útil y deben ser reemplazados por equipos nuevos.

Situación similar en las inversiones se planea en la construcción de nuevas áreas o alveolos para la disposición de residuos, construcción de pozos de biogás, campañas de cierre de áreas que han terminado en su nivel final de llenado, por mencionar las inversiones más cuantiosas.

Finalmente, teniendo la tarifa de equilibrio del sistema, los costos tanto directos como indirectos, los gastos financieros depreciaciones de activos, se calcula el beneficio antes de impuesto, que corresponde a la base sobre la que se calcula el impuesto de primera categoría que deberá declarar y pagar el proyecto.

Posteriormente, incluyendo lo anterior a la tabla de inversiones y reinversiones del proyecto se calcula el "capital de trabajo" o "rotación de cartera", que corresponde a la diferencia de caja entre las obligaciones del proyecto versus los ingresos a caja del mismo.

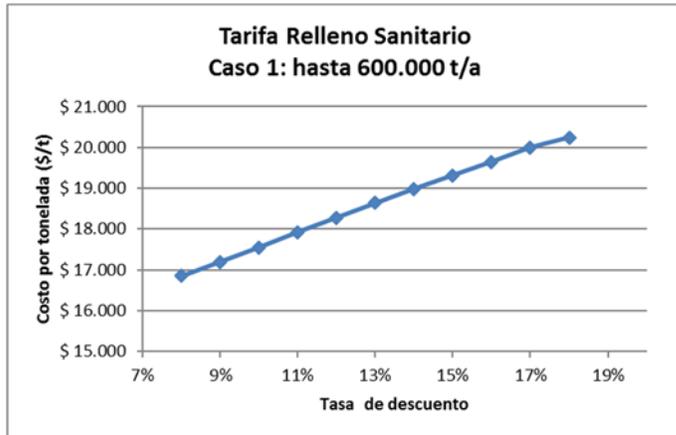
Con el flujo de caja finalmente se calcula la tasa interna de retorno del proyecto financiado, el valor actual neto del proyecto y el periodo de pago de las inversiones o payback.

Para obtener la tarifa de equilibrio existen diversas formas de calcularlo. Quizá la más objetiva corresponde a igualar el valor actual neto del proyecto a cero e iterar la tarifa hasta que el Valor Actual Neto del proyecto sea igual a cero.

Ahora bien, el hecho que el VAN sea cero, no significa que el inversionista no obtenga ganancias por su dinero al término del ejercicio, sino más bien representa que a la tarifa calculada, se sirve la deuda, se pagan todos los costos y obligaciones del proyecto y el dueño del proyecto recibe la tasa de descuento como retribución a su inversión y riesgo.

Como se dijo anteriormente, en base al riesgo, país y especialmente al momento de cambios que vive Chile, resultaría temerario aseverar cual sería la tasa de descuento más adecuada para evaluar el proyecto, por ello se presenta a continuación un gráfico que muestra las tarifas de equilibrio de un RS de hasta 600.000 toneladas anuales a diferentes tasas de descuento. A juicio del lector, se podrá decidir a qué tasa se debería obtener la tarifa por tonelada de disposición final en el RS del caso 1.

Gráfico 12. Estimación de tarifas por disposición final para un RS de hasta 600.000 Ton/año a distintas tasas de descuento



Tasa descuento	Tarifa por tonelada dispuesta
8%	\$ 16.857
9%	\$ 17.194
10%	\$ 17.548
11%	\$ 17.920
12%	\$ 18.283
13%	\$ 18.641
14%	\$ 18.981
15%	\$ 19.311
16%	\$ 19.650
17%	\$ 19.998
18%	\$ 20.244

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos

De la misma forma en que se calculó la tarifa de equilibrio para un RS de hasta 600.000 toneladas anuales de residuos, se hace para un RS de mayor tamaño que recibirá un flujo de residuos anual de hasta 1.500.000 toneladas, calculado en un proyecto cuyo horizonte de evaluación será de 20 años.

De forma análoga al caso 1, a continuación, se muestra la estructura de costo directo e indirecto de los primeros 5 años de proyecto, para el caso 2, es decir, un RS que recibe hasta 1.500.000 toneladas anuales de residuos.

Tabla 38. Costo directo e indirecto de los primeros 5 años de proyecto. Caso 2: RS que recibe hasta 1.500.000 Ton/año de residuos.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos directos	(5.465.149.233)	(5.716.257.329)	(5.764.562.373)	(5.863.720.835)	(6.008.692.025)
Mano de obra	(2.048.280.000)	(2.130.211.200)	(2.130.211.200)	(2.215.419.648)	(2.215.419.648)
Combustible	(899.859.350)	(917.856.537)	(936.213.668)	(954.937.941)	(974.036.700)
Mantenimiento maquinaria y equipos	(209.007.221)	(281.432.239)	(281.432.239)	(234.017.213)	(305.770.714)
Monitoreo ambiental	(89.118.000)	(89.118.000)	(89.118.000)	(89.118.000)	(89.118.000)
Costo Tratamiento de lixiviados 0,2 uf/m3	(894.000.000)	(911.880.000)	(930.117.600)	(948.719.952)	(967.694.351)
Otros costos no considerados (80/20)	(828.052.914)	(866.099.595)	(873.418.541)	(888.442.551)	(910.407.883)
Imprevistos Operación 10%	(496.831.748)	(519.659.757)	(524.051.125)	(533.065.530)	(546.244.730)
Costos indirectos	(5.934.447.964)	(5.819.028.758)	(5.694.376.016)	(5.559.751.055)	(5.414.356.097)
Gastos generales	(652.638.400)	(652.638.400)	(652.638.400)	(652.638.400)	(652.638.400)
Gastos financieros	(5.281.809.564)	(5.166.390.358)	(5.041.737.616)	(4.907.112.655)	(4.761.717.697)

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos

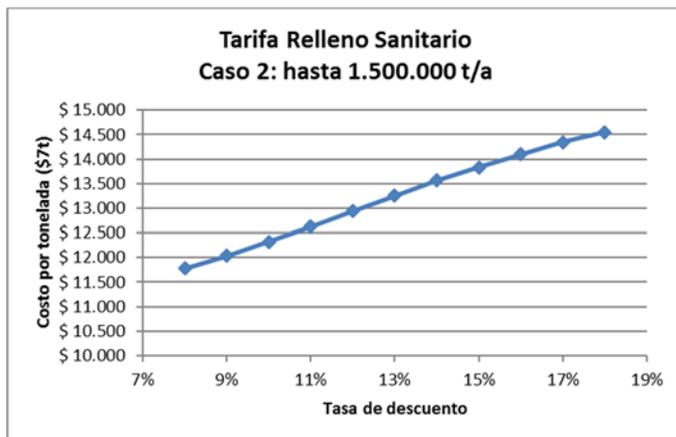
Las mayores diferencias en costos se explican por la mayor dotación de personal, mayor cantidad de maquinaria en operación debido a la cantidad de residuos dispuesta al año, por tanto, mayores costos de mantenimiento y combustible, asimismo a mayor cantidad de residuos existirá una superficie basal mayor, más generación de lixiviados y mayor cantidad de pozos de biogás en operación.

Es importante mencionar que existe una marcada economía de escala al analizar la estructura de gastos generales y el personal directivo del RS. Asimismo, las maquinarias aumentan solo en lo que dice relación con la extensión y compactación de residuos, además obviamente de las labores de cobertura diaria.

Al igual que en el caso anterior de análisis, para el análisis del flujo económico de RS que recibe un tonelaje máximo de 1.500.000 toneladas por año, se consideran 3 años de preparación del proyecto, obtención de permisos ambientales y sectoriales, construcción y adquisición de maquinarias y equipos, 20 años de operación del depósito y 20 años de post cierre y monitoreos tal como se exige en la legislación vigente.

Finalmente, realizando el mismo análisis de sensibilidad realizado en el caso anterior, se calculan las tarifas a las distintas tasas de descuento aplicables al proyecto. Nuevamente resultará interesante seleccionar la tasa de interés más acorde a la realidad nacional, así como al riesgo del proyecto a fin de calcular una tarifa de disposición de residuos.

Gráfico 13. Estimación de tarifas por disposición final para un RS de hasta 1.500.000 t/año a distintas tasas de descuento



Tasa descuento	Tarifa por tonelada dispuesta
8%	\$ 11.778
9%	\$ 12.041
10%	\$ 12.327
11%	\$ 12.627
12%	\$ 12.936
13%	\$ 13.251
14%	\$ 13.562
15%	\$ 13.832
16%	\$ 14.097
17%	\$ 14.342
18%	\$ 14.550

Fuente: Cálculos propios en pesos chilenos

a) Comentarios sobre de la determinación de tarifas de equilibrio.

Al comenzar con la determinación de costos e inversiones de un RS se debe contar con un diseño del proyecto, ello con el fin de calcular de forma más precisa las inversiones requeridas durante toda la vida útil del proyecto, de la misma forma, el diseño de ingeniería permite preparar un detallado calendario de inversiones durante la vida útil del proyecto. En presente análisis, al carecer de dicha ingeniería se utilizaron ratio de proyectos existentes, los cuales permiten obtener una adecuada aproximación de estas inversiones.

Cuando consideramos la dotación, maquinaria, equipos e instalaciones de manejo de lixiviados o biogás, debemos basarnos en la experiencia del equipo consultor, dimensionando, muchas veces en base a tablas o documentos entregados por fabricantes o proveedores de equipo y en otras mediante experiencias de colegas de profesión.

Cuando calculamos los ingresos, solo se consideran residuos sólidos domiciliarios provenientes de la recolección municipal, ello explica en parte las tarifas calculadas. Es común que RS de nuestro país reciban residuos "asimilables" junto con los residuos municipales, pero ¿realmente sabemos que contiene ese flujo de residuos que consideramos iguales a los municipales?, normalmente se trata de residuos industriales no peligrosos que no deberían recibirse en instalaciones del tipo analizadas, salvo que análisis detallados de los efectos de los residuos sobre el relleno puedan demostrar que no generarán transformaciones a la dinámica del relleno. Podemos gastar muchas páginas describiendo residuos industriales encontrados en los RS y vertederos del país, sin embargo, pareciera más importante pensar la razón de que ellos se dispongan en instalaciones, que no están diseñadas para recibirlos.

Quizá podría explicarse la recepción de cenizas, neumáticos fuera de uso, lodos, desechos industriales de todo tipo, como una forma de compensar la precariedad económica de las instalaciones, producida principalmente por tarifas mal analizadas, pagos realizados a destiempo por parte de los clientes y criterios de reajustabilidad que no dan cuenta de las nuevas obligaciones emanadas principiante de reglamentos o leyes promulgadas de forma posterior a la entrada en vigencia de los contratos de disposición final de residuos.

CAPÍTULO 5

I. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Si analizamos la estructura de costos de un RS, los costos operacionales que mayor impacto tienen en la tarifa son: costo de mano de obra, consumo de combustible, costos de mantención y tratamiento de lixiviados.

La sensibilidad del proyecto se puede analizar de distintas formas, la más clásica es variando por ejemplo la tasa de descuento o variando el tonelaje a fin de verificar que tan robusto es un proyecto a una determinada tarifa, sin embargo, resulta más provechoso para los fines del estudio analizar primero la influencia de las variables de costos antes mencionadas en la tarifa de disposición por tonelada y luego estudiar el comportamiento de estas variables en el tiempo.

a) Estructura de costos directos.

Como se aprecia en la Tabla 39, en un RS de menor tamaño la incidencia de la mano de obra directa de operación corresponde casi al 50% del costo directo total, al aumentar los tonelajes procesados, se produce una economía de escala en esta materia, lo cual se ve reflejado en una baja en la incidencia de este ítem en el costo directo total.

Tabla 39. Estructura de costos directos del Caso 1 y Caso 2

Costos directos	Hasta 600.000 t/a	Hasta 1.500.000 t/a
Mano de obra	37%	30%
Combustible	14%	13%
Mantenimiento de maquinaria y equipos	3%	3%
Monitoreo ambiental	3%	2%
Tratamiento de lixiviados	18%	28%
Otros costos no considerados(80/20)	15%	15%
Imprevistos de operación	9%	9%

Fuente: Cálculos propios

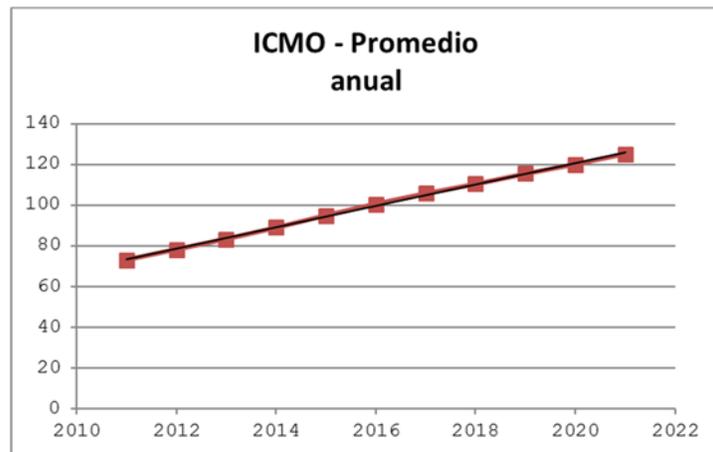
En la tabla anterior, es posible notar que además de la mano de obra, en ambos casos el combustible y tratamiento de lixiviados serán las partidas de mayor incidencia en el costo directo.

b) Variación histórica de costos e indicadores relevantes.

Basado en información del instituto nacional de estadísticas, entre los años 2011 y 2021, el índice nominal del costo de la mano de obra (ICMO), ha tenido el siguiente comportamiento.

Gráfico 14. Variación del índice nominal del costo de mano de obra del 2011 al 2021

Año	ICMO - Promedio anual	ICMO variación anual en %
2011	73	
2012	78	7%
2013	83	6%
2014	89	7%
2015	95	7%
2016	101	6%
2017	106	5%
2018	111	5%
2019	116	5%
2020	120	4%
2021	125	4%



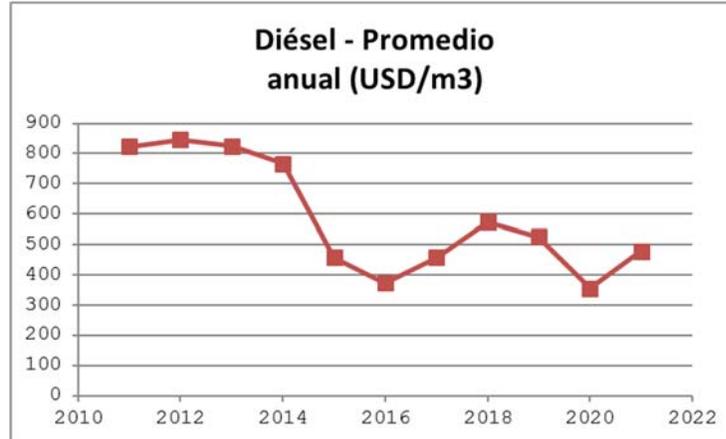
Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE), datos obtenidos en junio de 2021.

En el gráfico se puede apreciar que, en un periodo normal de 10 años, el costo de mano de obra ha subido un 71%. Si analizamos la situación actual, donde se habla permanentemente de reducir las jornadas de trabajo y subir el sueldo mínimo a valores superiores a los 500.000 e incluso 600.000 pesos mensual, es fácil predecir que este indicador podría duplicar su aumento en un periodo similar de análisis.

Otro costo importante es el combustible. Además del precio del petróleo diésel, se debe considerar que el consumo de diésel aumenta con las horas trabajadas por una determinada máquina, por ello será necesario verificar con frecuencia los consumos unitarios por máquina. A continuación, se muestra la evolución del precio del diésel expresado en dólares por metro cubico, informado por ENAP en similar periodo de tiempo.

Gráfico 15. Evolución del precio de diésel desde el periodo del 2011 al 2021

Año	Diésel - Promedio anual (USD/m3)
2011	823
2012	845
2013	825
2014	766
2015	458
2016	373
2017	458
2018	574
2019	525
2020	355
2021	478



Fuente: Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), datos obtenidos en junio de 2021.

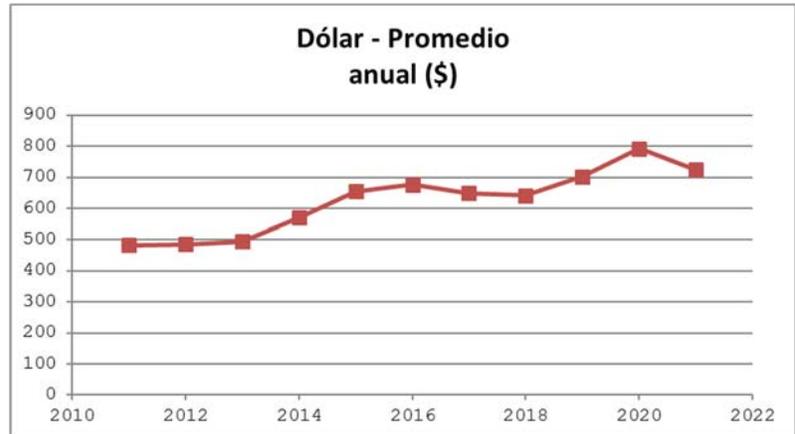
Se deduce que el precio del diésel ha bajado en un 42% los últimos 10 años, aunque debemos considerar que esta variación difícilmente se volverá a producir en los próximos años.

Finalmente, el costo de tratamiento de lixiviados se ve influenciado principalmente por dos grandes variables además del costo de la mano de obra, ellos son: el precio del dólar y el costo de la energía eléctrica.

Tanto los insumos químicos, como las membranas tanto de osmosis inversa como de ultrafiltración son altamente dependientes de la variación del costo del dólar, al ser mayoritariamente importadas, por ello analizaremos la variación del precio del dólar en los últimos 10 años.

Gráfico 16. Variación del precio del dólar observado período 2011 al 2021

Año	Dólar - Promedio anual (\$)
2011	484
2012	486
2013	495
2014	570
2015	654
2016	677
2017	649
2018	641
2019	703
2020	792
2021	724



Fuente: Elaboración propia con base en Servicio de Impuestos Internos (SII), datos obtenidos en junio 2021

Nuevamente, existe una variación importante en el precio del dólar en el periodo de análisis, si comparamos el valor dólar en el año 2011 con el del 2021, notamos que existe una variación en el periodo de un 50% de aumento del precio, el cual seguramente puede transferirse en casi la totalidad a precio de los insumos.

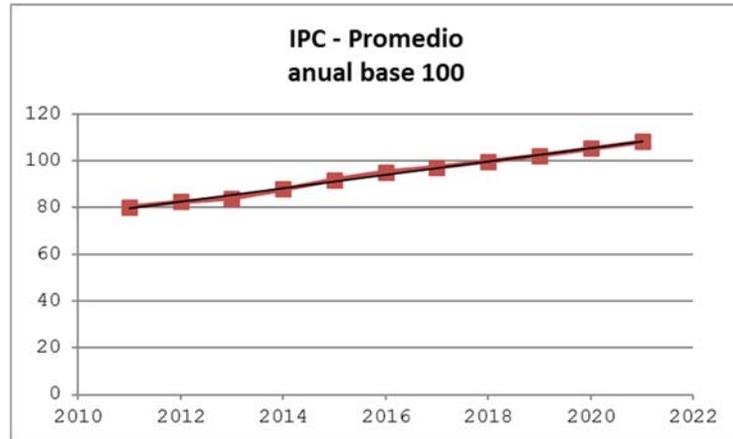
En cuanto al costos eléctricos, estos se han mantenido en rangos similares los últimos años, a pesar de que han ingresado al sistema eléctrico nacional centrales de generación de menores costos marginales. Es altamente probable que a partir del año 2024 a 2026, el costo de generación tenga promedio por debajo de los 50 US\$/MW, lo que podría en el mediano plazo transferirse a los consumidores finales, llevando a la baja el costo eléctrico en el ítem de tratamiento de lixiviados.

Finalmente, el índice de precios al consumidor (IPC) ha tenido una variación de un 35% los últimos 10 años, lo que explica en una gran parte las tarifas actuales del manejo de residuos debido a que las tarifas de disposición final solo reciben incrementos por el IPC acumulado en un determinado periodo.

Una mención especial debe recibir el análisis del precio del dólar y variación del IPC los últimos meses. La incertidumbre política, la inyección de recursos basados en bonos del Estado, los retiros de parte de los ahorros previsionales han presionado el consumo y por tanto aumentado la inflación. Como medida correctiva el Banco Central ha subido y posiblemente seguirá subiendo, su tasa de referencia, con lo que debería estabilizarse en el mediano el precio del dólar, posiblemente bajo los 800 pesos y volver a un IPC más cercano a la tendencia del 3 a 4% anual en el mediano plazo.

Gráfico 17. Variación del IPC (base 100) período 2011 al 2021

Año	IPC - Promedio anual
2011	80
2012	83
2013	84
2014	88
2015	92
2016	95
2017	97
2018	100
2019	102
2020	105
2021	108



Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadística (INE), datos obtenidos en junio 2021.

c) Análisis de estructura de la tarifa.

Si comparamos los costos de ambos escenarios, posiblemente resultará interesante analizar la incidencia de los costos directos y de la inversión en cada uno de los escenarios.

Tabla 40. Estructura de costos tarifa de disposición final Caso 1 y Caso 2

Estructura de la tarifa	Hasta 600.000 t/a	Hasta 1.500.000 t/a
Costos directos	35%	30%
Costos indirectos	16%	14%
Impuesto a la renta	7%	8%
Inversiones	31%	36%
Financiamiento	11%	12%

Fuente: Elaboración propia

Un RS de menor escala, la incidencia de los costos directos será mayor que la que tendrá un RS de mayor tamaño. Eso quiere decir que, ante un incremento importante de costos de operación, el RS de tamaño medio será impactado en el corto plazo de una forma más aguda que el RS de mayor tamaño, dado que para el primero, los costos de operación representan una mayor de su tarifa.

En cuanto a los costos indirectos, asociados principalmente a los gastos generales y al pago de intereses, se ve una incidencia similar.

Por otra parte, las inversiones para un RS de gran escala poseen una incidencia también mayor, dado que se requerirá un terreno de mayores dimensiones, mayor cantidad de maquinaria, planta de tratamiento de mayor tamaño y costo, entre otros.

Finalmente, el financiamiento representa una parte relevante de la tarifa, por ello es que el pago con retraso del canon de vertido por parte de los clientes repercute fuertemente en la estructura de costos del servicio, dado que se debe aumentar el préstamo relacionado con el capital de trabajo.

Cuando se capta un crédito para financiar inversiones, normalmente la garantía del banco se constituye con los activos de la compañía o mejor aún, se puede optar a la figura del "Project Finance", donde el modelo económico se financia basándose en sus propios flujos. Es decir, cuando los inversionistas ponen una pequeña cantidad de recursos, el resto se financiará en la banca, a través de bonos u otros mecanismos. La única garantía que se tiene aquí, básicamente, son los flujos futuros que el mismo proyecto.

En el caso de requerir préstamos para financiar costos de operación, lo que denomina capital de trabajo, el dinero se obtendrá normalmente comprometiendo parte de las ganancias del proyecto dado que no quedan activos que aportar como garantía de préstamo, lo que normalmente repercute en pérdidas importantes de liquidez y rentabilidad de los proyectos.

CAPÍTULO 6

I. CRITERIOS DE REAJUSTABILIDAD

Si recordamos la estructura de costos directos analizados en el capítulo anterior y suponemos incrementos en los costos directos, costos indirectos e inversiones, se evidencia la diferencia entre el aumento de costos en un periodo de análisis de 10 años versus los ingresos que se reajustan solo por IPC acumulado.

Dependiendo de la estructura de costos que se desarrolle, al igual que el tamaño de la instalación, existirá una mayor incidencia, por ejemplo, al aumentar el costo de mano de obra en un RS de tamaño medio. Si analizamos el aumento del precio del dólar, por ejemplo, tendrá mayor repercusión sobre las inversiones y, por tanto, afectará marginalmente más a un RS de mayor tamaño.

Existen dos criterios que se deben considerar al definir un polinomio o análisis de costos diferenciales:

a) Reajuste de costos de disposición final basados exclusivamente en el índice de precios al consumidor.

Si revisamos las estadísticas entregadas anteriormente, podemos concluir que el aumento del costo de la mano de obra, precio de dólar y costo del diésel, no se correlacionan con el incremento del IPC en el periodo de análisis. Cabe la pregunta ¿por qué entonces las tarifas de disposición final se incrementan solo por variaciones positivas del IPC? La respuesta evidente es "por costumbre", pero si analizamos con más detenimiento este criterio, quizá se deba a que los rellenos sanitarios contratados en los últimos 20 a 25 años fueron los primeros en construirse y por tanto los primeros en hacerse cargo de sus impactos ambientales incluso más allá de la vida útil del RS. Esto también podría explicar la falta de previsión/experiencia, acerca la forma de incrementar la tarifa de disposición final.

Se debe considerar que el aumento de tarifa solo por incremento del IPC va generando en el tiempo y en moneda real, que la tarifa de disposición final baje. Por ello, mientras más larga es la duración del contrato, menor será la posibilidad de que la tarifa permita realizar todas las actividades necesarias para la correcta operación, cierre y monitoreo de un RS.

Para dar cuenta del aumento real de los costos, existen dos opciones posibles: la primera es indexar a la tarifa las variaciones de los indicadores de costos más importantes; la otra corresponde a revisiones de tarifas cada una cierta cantidad de años. En ambos casos, el incremento será mayor al utilizado las últimas décadas, basado exclusivamente en el incremento del IPC.

b) Reajuste de costos de disposición final basados modificación a normativas.

Cada vez que se promulga una ley, se debe hacer un análisis del impacto que esta tendrá en las actividades económicas desarrolladas en el país.

Por ejemplo, imaginemos que pasaría si la jornada laboral se redujera a 40 horas semanales. Si consideramos que un RS opera como promedio 144 horas a la semana, significaría que se requerirían 3,6 turnos para cubrir las horas de funcionamiento semanal. Si llevamos eso a costos, significará que el costo de mano de obra, solo por este concepto aumentaría 20%.

Además de modificaciones al Código del Trabajo, sueldo mínimo, planes de descontaminación o normas específicas, debemos considerar nuevas exigencias que emanan de nuevas políticas públicas o nuevas obligaciones generadas por el Ministerio de Medio Ambiente o por el Ministerio de Salud.

En relación con el Ministerio de Medio Ambiente, se emitió recientemente una resolución que obliga a titulares de RS a informar ciertos parámetros de operación de forma "online". Para ellos cada instalación deberá invertir abultadas cantidades de dinero en equipos, insumos y calibraciones, de forma de cumplir con esta obligación. Quizá este caso permite ilustrar que cuando existan cambios en la normativa, o como en este caso, nuevas normativas, los costos deberían poder transferirse a tarifa y no ser cubiertos por los titulares de los RS.

En otra línea, cuando se habla de la hoja de ruta de la economía circular, frecuentemente se menciona un "impuesto a los RS" o "impuesto al vertido", resultará interesante de esa conversación entender si ese tributo adicional, de implementarse, será pagado por los usuarios del RS o por el operador de la instalación.

Finalmente, parece razonable que los cambios normativos que se produzcan en el país y que afecten la estructura de costos de un RS, impliquen un incremento proporcional al impacto en la tarifa de disposición final.

CAPÍTULO 7

I. CONCLUSIONES

Los RS corresponden a una obra civil de alta complejidad técnica de diseño y operación, que permiten confinar, con un adecuado margen de seguridad, los residuos sólidos que genera una ciudad. Si bien existen otras alternativas, estas son más costosas y, en prácticamente todos los casos, producen residuos que requieren ser dispuestos, o presentan periodos prolongados de mantención que requieren desviar el flujo de residuos a un RS. Además, es importante tener presente que organismos como PNUMA, OPS/OMS, los recomiendan como una solución ideal para la contención sanitaria que asegura la salud de la población.

Es necesario entender que un RS es una obra de primera necesidad que, en caso de ser propiedad de privados, debe ser remunerada de forma tal que permita que este depósito cumpla a lo menos con todas las obligaciones sanitarias y ambientales que emanan de la legislación vigente. Además, es preferible que vaya más allá y asegure que no se produzcan impactos ambientales significativos en el entorno, controlando de forma eficiente y oportuna la totalidad de las variables ambientales potencialmente afectadas por el proyecto.

La estructura de costos, como fue explicado en capítulos anteriores, permite cubrir todas las necesidades del proyecto, y asegurar la continuidad en la operación de la instalación, pero frecuentemente ocurren una serie de contingencias que deben enfrentarse con la mayor eficacia posible y, en muchos casos, sin una glosa presupuestaria para tal fin.

Tanto y más importante que los costos del proyecto, es la forma en que este percibe los ingresos, especialmente cuando ocurren demoras en los pagos de la tarifa de disposición final, ya que esta situación pone en riesgo la continuidad de la operación de la instalación. Todas las empresas, independientemente de su tamaño, poseen límites de su capacidad de endeudamiento, por tanto, el no pago del monto adeudado por los clientes pone en riesgo la calidad de la operación o la continuidad de la instalación.

En capítulos anteriores se describieron cuáles son las inversiones del proyecto, los costos directos, indirectos, tributos, capital de trabajo, etc., pero en muchos casos se debe considerar, además, el "costo político" de instalar un RS en una determinada comuna. Medidas de compensación, ayudas esporádicas o permanentes, inspecciones, monitoreos o estudios no considerados en la legislación vigente, normalmente resultan como costos adicionales a las estructuras presupuestarias definidas al preparar el proyecto.

Si bien el análisis realizado considera todos o gran parte de los costos de operación e inversiones, siempre existirán costos adicionales o imprevistos que difícilmente podrán ser incluidos en la evaluación preliminar del proyecto. Por ello resulta tan importante que este tipo de proyectos puedan revisar con cierta frecuencia su tarifa, como lo hacen las sanitarias, compañías eléctricas, autopistas, aeropuertos, entre otros.

Si se compara las tarifas calculadas con las tarifas vigentes en los mayores rellenos sanitarios del país, se debe tratar de entender el porqué de esa diferencia. Quizá alguna explicación de las que se listan a continuación permita entender que los RS se encuentran en un delicado equilibrio económico:

- Recepción de residuos distintos a los sólidos domiciliarios.
- Recepción de residuo industriales no peligrosos.
- Recepción de residuos hospitalarios.
- Recepción de lodos.
- Recepción de neumáticos.
- Provisiones por planes de cierre y mantención post cierre indebidamente imputados.

A la fecha, no se ha realizado ningún plan de cierre y monitoreo post cierre de RS de mayor tamaño por cuenta de privados. Será interesante analizar lo que ocurrirá cuando las empresas concluyan su operación comercial y deban enfrentar la etapa de post cierre por un periodo de 20 años sin percibir ningún tipo de ingresos.

- **Subsidios cruzados**

Otra explicación acerca de las tarifas vigentes es el subsidio cruzado de proyectos relacionados como, por ejemplo, el que se produjo en diversos RS del país con la implementación de proyectos de abatimiento de metano y, en otros casos, por proyectos de generación de electricidad en base a biogás de RS.

Cuando se comparan los precios de disposición final establecidos en Chile con otros países de Latinoamérica, es posible concluir, y con base en la calidad de las instalaciones, cuál debería ser el costo de disposición final en el país. A primera vista, los valores cobrados en Chile en RS no parecen adecuados, y quizá expliquen las contingencias ocurridas en ellos.

Un análisis basado en los riesgos que ofrece operacionalmente un RS, permite observar una estrecha correlación con el costo por tonelada adjudicado. Ante esta evidencia, es necesario establecer un mecanismo que transparente las condiciones que minimicen riesgos para lograr una tarifa de mayor seguridad.

Hoy, al comparar los valores con los cuales operan los RS, y que logran excepcionalmente asumir costos como los analizados en el presente documento, se debe

únicamente a ofertas de residuos asimilables a urbanos que permiten sustentar el proyecto, aunque el riesgo aumente.

El costo por tonelada dispuesta, tal como se analizó en el documento, depende de la escala del proyecto. Si se consideran los escenarios analizados, se encontrarán valores superiores a los \$18.000 por tonelada dispuesta para RS de hasta 600.000 toneladas anuales de recepción de residuos, y valores superiores a \$13.000 por tonelada para rellenos de hasta 1.500.000 toneladas anuales.

Los valores anteriores convertidos a dólares americanos dan un rango de 16 a 23 dólares por tonelada dispuesta. Este valor considera una adecuada disposición de residuos, un cierre final de la instalación y el monitoreo de las variables ambientales del depósito durante 20 años posterior al cierre.

Si se analizan los RS de ALC, se encuentra que, a similar calidad de la instalación, el costo de disposición final se encuentra en rangos superiores a los 20 dólares por tonelada. Casos como Doña Juana en Bogotá, con valores cercanos a 10 USD\$/Ton, ilustran las consecuencias que han tenido en ALC, la contratación a bajo costo de un RS o vertedero controlado.

Tabla 41. Costos de disposición final en RS y vertederos
(En USD\$ por tonelada)

PAIS	NOMBRE SITIO DISPOSICIÓN FINAL	PROMEDIO TON/DÍA	COSTO DISPOSICIÓN FINAL USD/TON
COLOMBIA	RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA	6366	10,09
COLOMBIA	RELLENO SANITARIO LA PRADERA	1806	6,35
COLOMBIA	RELLENO SANITARIO REGIONAL COLOMBA-EL GUABAL	2072	6,60
COLOMBIA	SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EL CARRASCO	550	7,63
COLOMBIA	RELLENO SANITARIO PARQUE AMBIENTAL LOS POCITOS	1442	6,76
COLOMBIA	PARQUE AMBIENTAL BIOGER	1246	13,63
COLOMBIA	GUAYABAL	674	7,64
ARGENTINA	(PROMEDIO 4 RELELNOS)		10 A 28
PERU	RELLENO SANITARIO PORTILLO GRANDE	800	10,00
PERU	RELLENO SANITARIO ZAPALL DE INNOVA AMBIENTAL	1000	10,00
PERU	HUAYCCOLORO PETRAMA	30000	10,00
PERU	MODELO PETRAMA	1000	10,00
SALVADOR	SAN SALVADOR	2000	24,00
SALVADOR	5 RELLENOS SANITARIOS	200-300	18 A 22
BRASIL	MINAS		18,00
BRASIL	SAN LEAO		16,00
BRASIL	PORTO ALEGRE	1000	13,00
ECUADRO	QUITO	2400	25,00

Fuente: Recopilación propia

En general, al analizar rellenos o vertederos de la tabla anterior, con tarifas de disposición final menores a 15 USD\$/Ton, también se encuentran una seguidilla de contingencias asociadas a deslizamientos, incendios, problemas en el manejo del biogás y derrames de lixiviados al medio externo. Solo por recordar los 3 deslizamientos masivos de hasta 1 millón de metros cúbicos que ha tenido el RS de Doña Juana, el Vertedero de Alpacoma en la Paz Bolivia, o la muerte de trabajadores debido a deslizamientos en un par de RS de Colombia y Brasil.

Cuando los municipios adjudican licitaciones por disposición final considerando solo el precio, deben entender que se está comprometiendo el futuro sanitario de las ciudades por un aparente ahorro. El municipio tiene el mandato de cumplir el rol descrito en la ley Orgánica Constitucional de Municipalidades en cuanto a la gestión de sus residuos, independientemente que ello se haga mediante la subrogación a terceros. Por ello, no se debe olvidar que la responsabilidad última de la gestión de residuos sigue recayendo en el municipio.

Así, considerando las repercusiones que tendría una tarifa insuficiente de disposición final en RS, y tomando como comparación los cánones de vertido en distintas instalaciones de Latinoamérica, es posible constatar que nuestros rellenos en muchos casos están percibiendo tarifas muy bajas en atención a las exigencias de nuestra normativa.

En opinión del director de este estudio con más de 40 años de investigación y asistencia a rellenos sanitarios, al adjudicar un contrato a un relleno bajo la cota de los 20 USD/ton, es posible que dicha tarifa no alcance a cubrir costos operacionales o "imprevistos" que requieran rápida atención o simples correcciones requeridas por fiscalizaciones o contingencias. Esta situación pone en riesgo la viabilidad técnico - económica de una instalación difícil de reemplazar.

Señor:

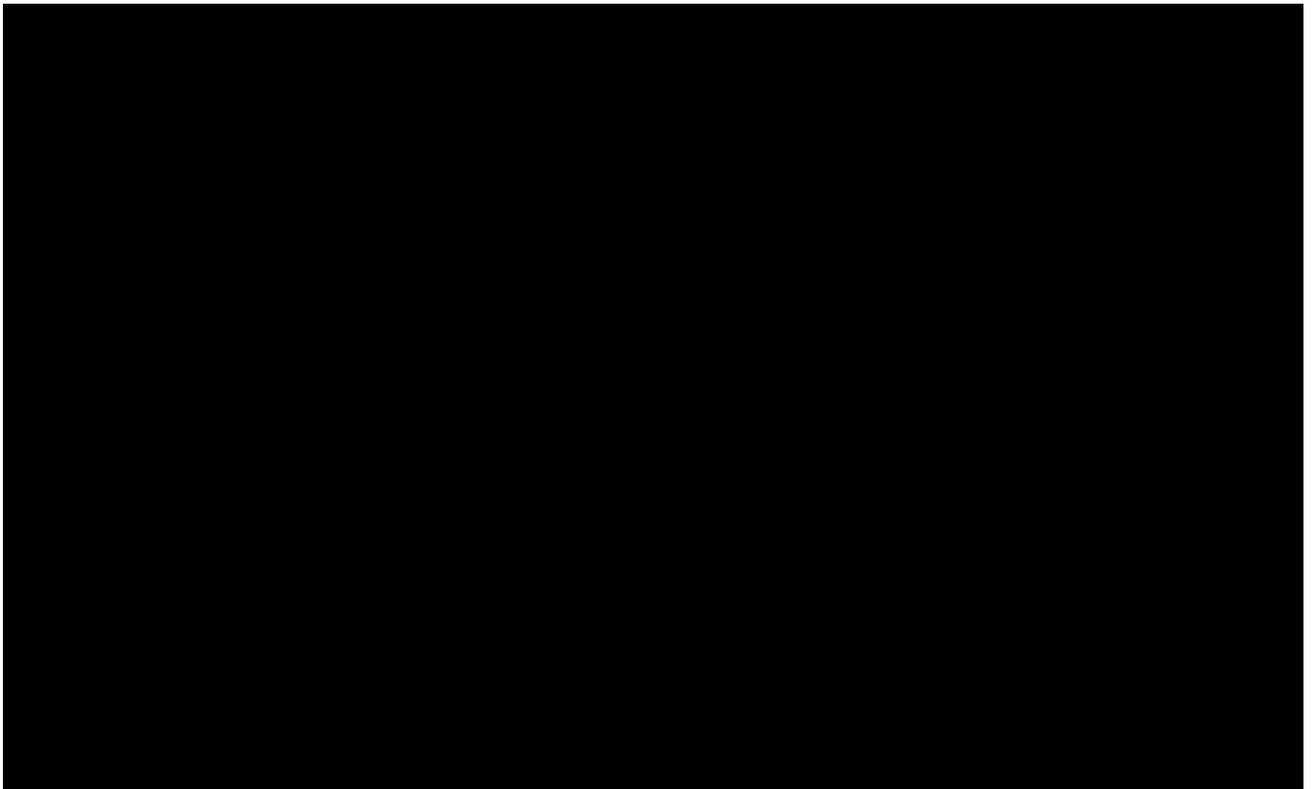
Alberto Tagle Reszczynski

Gerente General

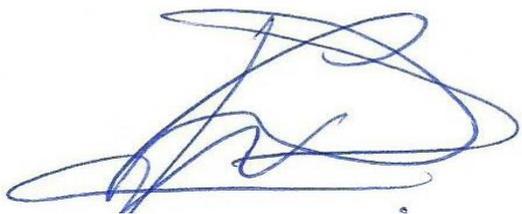
Consortio Santa Marta S.A.

Presente:

Certificamos que el resultado del ejercicio, el Capital de trabajo, los Pasivos bancarios de corto y largo plazo, los Aumentos de capital y los Préstamos obtenidos de Entidades Financieras y Empresas Relacionadas para los años que se indican fueron los siguientes:



Este informe es únicamente para información y uso del Directorio y de la Administración Superior de Consorcio Santa Marta S.A.



Enrique Tala Sapag

Socio Director

AGN Abatas Auditores Consultores Ltda.

Santiago, 08 de agosto 2023

REPÚBLICA DE CHILE
COMISIÓN REGIONAL DEL MEDIO AMBIENTE
DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO

Califica Ambientalmente el proyecto **"Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental "**

Resolución Exenta N° 1024/2009

Santiago, 9 de Diciembre de 2009

VISTOS:

1. Lo dispuesto en la Ley N°19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial el 9 de Marzo de 1994; en el Decreto Supremo N°95 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que fija el Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, publicado en el Diario Oficial el 07 de Diciembre de 2002; la Resolución N° 1600/2008 de la Contraloría General de la República que fija Normas Sobre el Trámite de Toma de Razón; y las demás normas jurídicas aplicables al proyecto.
2. La Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto "Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental", localizado en la comuna de Talagante, sometido por su titular Empresa Consorcio Santa Marta S.A., al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.
3. Las observaciones y pronunciamientos de los Órganos de la Administración del Estado que, sobre la base de sus facultades legales y atribuciones, participaron en la evaluación de la Declaración de Impacto Ambiental, los cuales se contienen en los siguientes documentos:

Oficio N°1526 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, de fecha 15/12/2006; Oficio N°2695 de la Dirección Regional de Aguas RM, de fecha 15/12/2006; Oficio N°313 de la Corporación Nacional Forestal RM, de fecha 19/12/2006; Oficio N°1000 de la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura RM, de fecha 19/12/2006; Oficio N°2375 del Servicio Nacional de Geología y Minería Dirección Regional Zona Central, de fecha 20/12/2006; Oficio N°1218 de la Dirección Regional de Obras Hidráulicas RM, de fecha 22/12/2006; Oficio N°7869 de la Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones RM, de fecha 27/12/2006; Oficio N°8291 de la Secretaría Regional Ministerial de Salud RM, de fecha 04/01/2007; Oficio N°1652 del Servicio Agrícola y Ganadero RM, de fecha 09/01/2007; Oficio N°0750 de la Dirección Regional de Obras Hidráulicas RM, de fecha 26/06/2008; Oficio N°440 de la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura RM, de fecha 03/07/2008; Oficio N°1354 del Servicio Nacional de Geología y Minería Dirección Regional Zona Central, de fecha 03/07/2008; Oficio N°636 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, de fecha 04/07/2008; Oficio N°4520 de la Secretaría Regional Ministerial de Salud RM, de fecha 07/07/2008;



Oficio N°1015 del Servicio Agrícola y Ganadero RM, de fecha 08/07/2008; Oficio N°144 de la Corporación Nacional Forestal RM, de fecha 11/07/2008; Oficio N°1943 del Servicio Agrícola y Ganadero RM, de fecha 19/12/2008; Oficio N°8484 de la Secretaría Regional Ministerial de Salud RM, de fecha 23/12/2008; Oficio N°916 de la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura RM, de fecha 23/12/2008; Oficio N°486 de la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura RM, de fecha 28/09/2009; Oficio N°1869 del Servicio Agrícola y Ganadero RM, de fecha 05/10/2009.

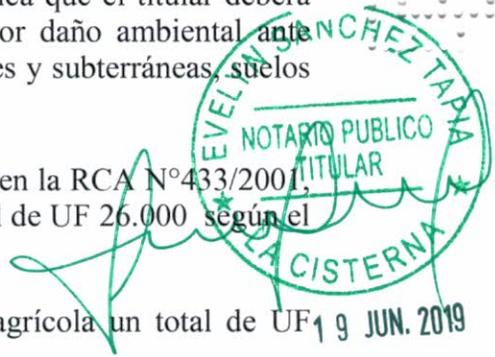
4. El Informe Consolidado de la Evaluación de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental”.
5. Los demás antecedentes que constan en el expediente de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto “Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental”.
6. El acuerdo de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago, de fecha 12 de noviembre de 2009.

CONSIDERANDO:

1. Que, la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago debe velar por el cumplimiento de todas las normas y requisitos ambientales aplicables al Proyecto “Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental”.
2. Que, el derecho del titular del Proyecto “Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental”, a emprender actividades, está sujeto al cumplimiento estricto de todas aquellas normas jurídicas vigentes, referidas a la protección del medio ambiente y a las condiciones bajo las cuales se satisfacen los requisitos aplicables a los permisos ambientales sectoriales que deben otorgar los Órganos de la Administración del Estado, cuando corresponda otorgar tales permisos.
3. Que, según lo señalado en la Declaración de Impacto Ambiental, el Proyecto “Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental”, consiste en la modificación del considerando 11 de la Resolución Exenta (en adelante RCA) N° 433/2001 de la Comisión Nacional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana (Corema RM) que aprobó el proyecto “Relleno Sanitario Santa Marta”, el que indica que el titular deberá contratar un seguro de Protección a la Producción Agrícola por daño ambiental ante eventos de contaminación en aguas superficiales, subsuperficiales y subterráneas, suelos y cultivos.

Ante la imposibilidad de concretar un seguro como el solicitado en la RCA N°433/2001, el titular ha propuesto una fianza nominal con una cobertura total de UF 26.000 según el siguiente detalle:

- Para cubrir daños asociados con la pérdida de producción agrícola un total de UF 18.895.



FOTOCOPIA CONFORME
AL DOCUMENTO TENIDO
A LA VISTA

- Reparación de suelos de uso agrícola UF 4.958
- Ejecución de estudios por un total de UF 2.147.

Al respecto, se mantendrán las mismas áreas de influencia establecidas originalmente en el considerando 11 de la RCA N° 433/2001 de Corema RM, en conformidad con el detalle que se presenta a continuación:

- Área de influencia directa. Se mantiene la misma superficie que se estableció originalmente en el considerando 11 de la RCA N° 433/2001 que aprobó el proyecto como área de influencia directa. Ésta se conforma por 30 hectáreas que se verían directamente afectadas ante un evento catastrófico de acuerdo a respaldo técnico adjunto en Adendas N°1 y N°2 del presente proyecto y 970 hectáreas como superficie de seguridad, sumando en total 1.000 hectáreas.
- Área de influencia indirecta. Corresponderá a la misma superficie establecida originalmente en el considerando 11 de la RCA N° 433/2001 que aprobó el proyecto. Esta se conforma por 4.000 hectáreas bajo la denominación de superficie de seguridad.

La operatividad del funcionamiento de la póliza se señala en el Anexo 1 de la Adenda 3 en el documento “Fianza Nominal”, que incorpora el procedimiento de liquidación ante la ocurrencia de un evento catastrófico y que garantiza los mecanismos necesarios de reparación ante eventos derivados de la operación del relleno sanitario. Dicha póliza forma parte integrante de la presente Resolución.

3.1. Localización.

El proyecto se ejecutará en la Región Metropolitana de Santiago, en la provincia de Talagante, comuna de Talagante, específicamente en 12 km al poniente de la Ruta 5 Sur con el Río Maipo. Sus coordenadas son:

Norte	Este
6268702.22	332967.92
6270435.56	334192.83
6271461.71	333699.24
6270526.35	332457.31
6269697.53	332232.68

Tipo de coordenadas: UTM 19 PSAD 56.

3.2. Superficie asociada al proyecto.

Las superficies de influencia directa e indirecta consideradas en el proyecto son las señaladas en el punto 3 de la presente Resolución.



19 JUN. 2019

FOTOCOPIA CONFORME
AL DOCUMENTO TENIDO
A LA VISTA

3.3. Vida útil del proyecto.

El proyecto presenta una vida útil de 20 años.

3.4. Actividades durante la fase de construcción.

Por las características del proyecto no se considera fase de construcción.

3.5. Actividades durante la fase de operación.

3.5.1. Plan de contingencias.

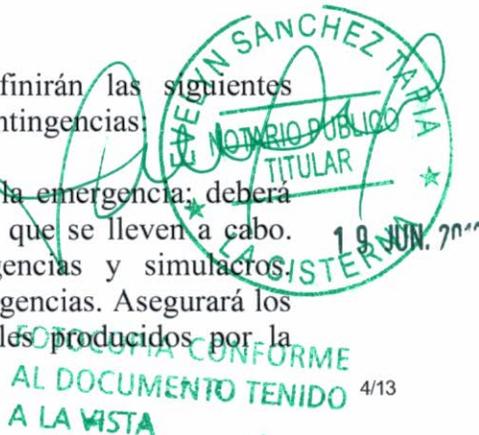
El titular cumplirá con el siguiente plan de contingencias para enfrentar episodios críticos, asociados con eventos catastróficos que se pudieran producir durante la operación del proyecto "Relleno Sanitario Santa Marta", esto es:

3.5.1.1. Identificación de emergencias. Las emergencias (eventos catastróficos) que pudieran presentarse durante la operación del Relleno Sanitario Santa Marta corresponden a las siguientes:

- a) Falla en el Sistema de Sello Basal. Evento asociado a una rotura del sistema de impermeabilización instalado en el área de disposición de residuos. En este caso se ha previsto que no se verían afectadas áreas externas, debido a que se dispone de un Plan de Alerta Temprana.
- b) Derrumbe de Pretel de Piscina P5 y Derrame de 15.000 m³ de Lixiviado correspondiente al derrumbe y derrame de 15.000 m³ de lixiviado acumulado en la única piscina de lixiviados existente en el relleno sanitario (Piscina P5). Si bien se ha estimado la magnitud de este evento catastrófico en función de la capacidad de acumulación que dispone la piscina, la planificación adoptada en el relleno sanitario ha previsto que no se almacene lixiviado y que dicha piscina solamente se mantenga como una medida de prevención de contingencias operacionales.
- c) Deslizamiento de la Masa de Residuos. Evento asociado con un deslizamiento que se produciría en el área de disposición de residuos.

3.5.1.2. Organización de la empresa para enfrentar una emergencia. Indica el titular, que se realizará una capacitación a todo el personal de operación del relleno sanitario para que pueda estar disponible ante la ocurrencia de una emergencia. Los contenidos de esta capacitación abordarán:

- a) Responsabilidades. Para este efecto, se definirán las siguientes responsabilidades como parte integral del Plan de Contingencias:
 - Administrador. Será la autoridad máxima en la emergencia; deberá dirigir, coordinar y decidir frente a las acciones que se lleven a cabo. Generará reportes sobre desarrollo de emergencias y simulacros. Decidirá sobre el aviso a los organismos de emergencias. Asegurará los recursos para disminuir los impactos ambientales producidos por la



emergencia. En su reemplazo asumirá la función el jefe del área, supervisor de turno o persona designada para estos fines, en comunicación constante con la administración.

- Prevencionista de Riesgos. Prestará apoyo y asesoría técnica en materias de evaluación control y manejo de las emergencias, apoyará en la generación de reportes de desarrollo de emergencias y coordinará los simulacros.
- Jefes o encargados de área. Deberán atender la información de inicio de emergencias y dar aviso al Administrador. En caso de ser necesario dirigirán la evacuación hacia las zonas de seguridad correspondiente, controlando que se desarrolle en forma ordenada y en calma.
- Trabajadores. Tienen la responsabilidad de dar aviso del inicio de una emergencia a la jefatura correspondiente. Asimismo deberán intervenir y colaborar y seguir el plan de acción de la emergencia producida. Deberán seguir las instrucciones del encargado del área, asegurando su integridad física y la de sus compañeros de trabajo.
- Encargado de Gestión Ambiental. Posterior a la emergencia deberá evaluar los impactos medioambientales producidos por la emergencia y en caso de ser necesario elaborar un Plan de descontaminación y recuperación ambiental. También tendrá la responsabilidad de realizar un seguimiento a las acciones propuestas.
- Brigada de emergencias. Tendrá como responsabilidad intervenir en los siniestros identificados en el punto 3.5.1.1 de la presente resolución, prestar apoyo de primeros auxilios y apoyo en rescate si ello es requerido durante una emergencia.

b) Terminología.

- Emergencia. Se entenderá como emergencia toda aquella situación que pueda generar personas lesionadas, daños a los bienes y/o al medio ambiente, que requieran de una acción para controlarla; que en este caso, se refiere a las identificadas en el punto 3.5.1.1 de la presente Resolución.
- Incidente. Evento que deteriora o podría deteriorar la eficiencia operacional, origina o posee el potencial para producir un accidente, enfermedad profesional o daño a la propiedad (OHSAS 18000:2004).
- Accidente. Suceso no deseado que origina daño y que afecta a las personas, equipos, materiales y/o medioambiente de trabajo (OHSAS 18000:2004).
- Evacuación. Abandono masivo de un edificio, planta industrial, local, recinto, etc. ante una emergencia.

FOTOCOPIA CONFORME
AL DOCUMENTO TENIDO
A LA VISTA

- Plan de emergencia. Conjunto de actividades y procedimientos para controlar situaciones de emergencia, en el menor tiempo posible y recuperar la capacidad operativa de la organización.
- Plan de evacuación. Conjunto de actividades y procedimientos tendientes a preservar la vida e integridad física de las personas en el evento de verse amenazadas, mediante el desplazamiento a través y hasta lugares de menor riesgo.
- Medida de Mitigación. Implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra o acción, tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse producto de una emergencia ambiental.
- Zona de seguridad. Es la zona aislada y determinada como libre de peligro en caso de emergencia, en donde deben reunirse todos los trabajadores.

3.5.1.3. Equipos y herramientas.

Equipo/herramienta	Uso	Tipo de emergencias
Maquinarias y equipos (retroexcavadora, camión tolva, camión aljibe, compactador, entre otros).	Control de Vertido de Basura Control de escurrimiento de lixiviados Construcción de zanjas de intercepción o barreras de contención	Derrumbe pretil Piscina P5 y derrame de 15.000 m3 de lixiviado. Deslizamiento de la masa de residuos.
Equipos de bombeo e impulsión de líquidos	Control de vertido de lixiviados	Falla en sistema de impermeabilización basal Derrumbe pretil Piscina P5 y derrame de 15.000 m3 de lixiviado.
Equipos de protección personal (respiradores, anteojos de seguridad, máscaras, casco, botas, guantes, protectores de oído, uniformes, entre otros)	Protección en caso de accidentes	Todas
Materiales para control de derrames	Confinamiento y Contención de derrames	Todas
Otros elementos disponibles	Control de emergencias	Todas

3.5.1.4. Descripción de actividades del Plan de Contingencias.

a) Determinación de emergencias.

- La identificación de las emergencias que pueden ocurrir durante la



19 JUN. 2019

operación del relleno sanitario, asociadas con eventos catastróficos corresponden a las identificadas en la Declaración de Impacto Ambiental y en el punto 3.5.1.1 de la presente Resolución.

- Para cada actividad identificada se evaluó la posibilidad de que generara una emergencia, y en ese caso, se identificaron para dicha emergencia los aspectos ambientales asociados.
- Las emergencias identificadas no se sometieron al proceso de evaluación, ya que por tratarse de eventos catastróficos se asumen como de ejecución inmediata.
- Las emergencias identificadas, con sus respectivos aspectos ambientales son las siguientes:

Nº	Emergencia	Aspectos ambientales
1	Falla en el Sistema de Sello Basal.	Infiltración de lixiviado a las aguas subterráneas.
2	Derrumbe de pretil de Piscina P5.	Derrame de 15.000 m ³ de lixiviado.
3	Deslizamiento de la masa de residuos.	Dispersión de residuos sobre el muro de contención de hormigón.

b) Prevención de Emergencias.

- Como parte de las acciones preventivas asociadas con la operación del relleno sanitario, en forma periódica se realiza una inspección del estado de las piscinas de acumulación de lixiviados, se informa la condición topográfica de disposición de residuos y se informa el lixiviado tratado, aspectos que en su conjunto permiten minimizar la ocurrencia de algún evento catastrófico.
- Adicionalmente, se realizará una capacitación específica para aquellas personas que desempeñen un rol de líder o coordinador durante el desarrollo de la emergencia y para aquellas personas que formen parte de la Brigada de Emergencias.
- Por otra parte, el titular realizará al menos una vez al año un “Simulacro” general de emergencias, coordinado por el Previsionista de Riesgos en conjunto con el Representante de Gerencia, en cuanto a su información, difusión y resultados.
- Los resultados del simulacro serán informados mediante un reporte electrónico elaborado por el Administrador dirigido al Gerente General,



quien determinará las mejoras a la planificación de la respuesta ante emergencias.

3.5.1.5. Plan de Emergencias.

a) Aviso de emergencia.

- La persona que detecta una emergencia deberá avisar inmediatamente al Administrador dando a conocer:
 - Tipo de emergencia.
 - Gravedad de la emergencia.
 - El lugar del hecho.
 - Personas o instalaciones involucradas.
- El Administrador activará el plan de acción de acuerdo a la emergencia correspondiente e instruirá sobre evacuación, corte de suministro de gas, energía eléctrica y si lo estima necesario solicitará apoyo a bomberos, carabineros, ambulancia, etc.
- Asimismo, se deberá informar al encargado de prevención de riesgos para prestar apoyo técnico.
- Se informará inmediatamente a las autoridades ambientales la ocurrencia de la emergencia.
- En caso de que un trabajador detecte una emergencia en un horario con mínimo de personal, deberá dar aviso inmediatamente al Administrador, para que éste lo instruya en las acciones a seguir.

b) Tipos de Emergencias.

- Falla en el Sistema de Sello Basal. Acciones a seguir:
 - Dar aviso inmediato por radio, celular u otro medio disponible al supervisor encargado y al Administrador del relleno sanitario.
 - Báscula o portería de relleno deberá avisar al prevencionista de riesgos. También se avisará a la Autoridad Sanitaria de acuerdo a las instrucciones sólo del Administrador.
 - El Administrador o Jefe de Área coordinará la disposición de maquinaria para la ejecución de obras de intercepción aguas abajo de la ubicación del relleno sanitario.
 - En forma paralela el Administrador coordinará la disposición de equipos de bombeo para la conducción de agua contaminada hacia la Planta de Tratamiento de Lixiviados.
 - Una vez controlada la emergencia, se procederá a identificar el área donde se ha producido la rotura del sello basal para efectuar su reparación.



FOTOCOPIA CONFORME
AL DOCUMENTO TENIDO
A LA VISTA 19 JUN 2019

- Derrumbe de Pretel de Piscina P5 y Derrame de 15.000 m3 de Lixiviado. Acciones a seguir:
 - Dar aviso inmediato al Administrador, Autoridad Sanitaria y a Conama RM, comunidad presente en el Área de Influencia Directa y Asociación de Canalistas del Valle.
 - Prestar apoyo de maquinaria para el bloqueo de canales ubicados en el Valle.
 - Intervenir mediante la intercepción de líquidos y conducción hacia la planta de tratamiento, sólo si es una situación menor de otra forma alejarse del lugar.
 - En caso de una situación descontrolada el Administrador solicitará apoyo externo a bomberos, carabineros, ambulancia.
 - Si la emergencia lo permite, se utilizará maquinaria para la construcción de obras de intercepción de lixiviados incluida una intervención de la Quebrada El Boldal, para proceder con el almacenamiento temporal de lixiviados en la depresión existente en la ex Piscina P2 y su conducción posterior a la masa de residuos.
 - Una vez superada la emergencia, se procederá a destinar los recursos necesarios para efectuar un retiro del lixiviado mediante la utilización de bombas y camión aljibe, lavado de las áreas contaminadas, retiro de suelo contaminado en caso de ser necesario y transporte de suelo hasta el relleno sanitario.

- Deslizamiento de la Masa de Residuos. Acciones a seguir:
 - Dar aviso inmediato al Administrador, Autoridad Sanitaria y Autoridad Ambiental.
 - Bloquear el área donde se emplaza el muro de contención, de manera de evitar un posible derrame de lixiviados.
 - Disponer de maquinaria adicional y material de cobertura para realizar una restauración de los niveles de celdas de residuos en forma progresiva.
 - Conducir los afloramientos de lixiviados hasta la Piscina P5.

c) Evaluación y Medidas de Mitigación.

- Terminada la emergencia se deberán restaurar las condiciones existentes antes de la ocurrencia de este evento.
- El Administrador con ayuda del Prevencionista emitirá un informe dirigido al Gerente General, el que a su vez será remitido a la Autoridad Sanitaria y a la CONAMA RM, indicando el tipo de emergencia que ocurrió, causas que la provocaron, como se actuó, daños y lesiones, llamado oportuno de servicios externos (autoridades sanitarias y ambientales, bomberos, carabineros, etc.).
- Asimismo, el encargado de Gestión Ambiental en conjunto con el Prevencionista de riesgos deberán completar el registro "Emergencia"

FOTOCOPIA CONFORME
 AL DOCUMENTO TENIDO
 A LA VISTA



Ambiental”, en la que se debe identificar claramente la emergencia ocurrida, los residuos que se generaron (en caso de presentar) y las medidas que se tomarán para minimizar los daños ambientales ocasionados con dicha emergencia.

- 3.5.1.6. Sistema de Gestión Ambiental ISO 14.001. Debido a que la empresa cuenta con Certificación Ambiental ISO 14.001, los procedimientos que forman parte del presente Plan de Contingencias serán incorporados al programa de seguimiento del cumplimiento de dicha norma, de manera que puedan efectuarse los mejoramientos necesarios y quede registrado en las auditorías a realizar durante la vida útil del relleno sanitario la permanencia y optimización de este Plan.
- 3.5.1.7. Registro. Se mantendrá un registro periódico que de cuenta de las actualizaciones, simulacros e informes asociados con el Plan de Contingencias. Esto es:

Nombre	Información	Protección	Retención
Emergencia Ambiental	Registro e Informes a Autoridades	Archivador y medio magnético	Vida útil del relleno sanitario
Simulacro	Comunicación a todo el personal	Archivador y medio magnético	3 años
Mejoramientos al Plan de Emergencias	Comunicación a todo el personal	Archivador y medio magnético	3 años

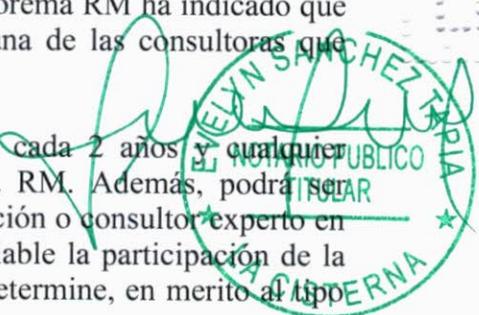
3.5.2. Operatividad de la fianza nominal.

La operatividad del funcionamiento de la póliza se señala en el Anexo 1 de la Adenda 3 en el documento “Fianza Nominal”, que incorpora el procedimiento de liquidación ante la ocurrencia de un evento catastrófico y que garantiza los mecanismos necesarios de reparación ante eventos derivados de la operación del relleno sanitario. Dicha póliza forma parte integrante de la presente Resolución.

Al respecto, tal como se señala en la póliza, la investigación de una emergencia, tanto de sus circunstancias como de sus consecuencias, deberá ser realizada por una institución o consultor experto en materia ambiental, para cuyo efecto la Corema RM ha indicado que dicho estudio deberá ser realizado preferentemente por alguna de las consultoras que conformen la quina aprobada por la Corema RM.

La vigencia de esta quina de consultores será corroborada cada 2 años y cualquier modificación quedará sujeta a la aprobación de la Corema RM. Además, podrá ser convocado a la realización del estudio en cuestión otra institución o consultor experto en materia ambiental cuando por cualquier motivo resultare inviable la participación de la quina indicada precedentemente o que la propia Corema lo determine, en merito al tipo de evento.

3.6. Actividades durante la fase de abandono.



FOTOCOPIA CONFORME AL DOCUMENTO TENIDO A LA VISTA
19 JUN. 2019

Por las características del proyecto no se considera fase de abandono.

4. Que, por corresponder a una modificación de carácter administrativa, el proyecto no tiene normativa ambiental específica aplicable. Sin perjuicio de lo anterior, en lo que corresponda, el titular deberá cumplir toda la normativa señalada en las Resoluciones Exentas N° 433/2001, N° 417/2005 y N° 509/2005.
5. Que, el análisis de los artículos 68 al 106 del Título VII del Decreto Supremo N° 95/01 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, permite concluir que el Proyecto "Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental" no requiere la obtención de los Permisos Ambientales Sectoriales establecidos en dicho reglamento.
6. Que, con el objeto de dar adecuado seguimiento a la ejecución del proyecto, el titular tiene un plazo de 30 días, desde la notificación de la presente Resolución, para formalizar, protocolizar e informar que se encuentra completamente operativo el documento denominado Fianza Nominal. Lo anterior se deberá realizar en estrecha coordinación con la Seremi de Agricultura de la Región Metropolitana. Además, el titular deberá colaborar con el desarrollo de las actividades de fiscalización de los Órganos del Estado con competencia ambiental en cada una de las etapas del proyecto, permitiendo el acceso a sus diferentes partes y componentes cuando éstos lo soliciten y facilitando la información y documentación que éstos requieran para el buen desempeño de sus funciones.
7. Que, el titular del proyecto deberá informar inmediatamente a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en la Declaración de Impacto Ambiental, asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para controlarlos y hacerse cargo de ellos.
8. Que, el titular del proyecto deberá comunicar inmediatamente y por escrito, a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago, los de cambios de titularidad, de domicilio o de representante legal.
9. Que, todas las medidas establecidas y disposiciones establecidas en la presente Resolución, son de responsabilidad del titular del proyecto, sean implementadas directamente por éste o a través de un tercero.
10. Que, en atención a todo lo señalado con anterioridad, puede concluirse que los impactos ambientales del proyecto "Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental", se ajustan a la normativa de carácter ambiental vigente y que éstos no generan, ni presentan ninguno de los efectos, características o circunstancias señalados en el artículo 11 de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
11. Que, en razón de lo indicado precedentemente, la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana de Santiago,

.....

AL VISTA
 AL DOCUMENTO TENIDO
 FOTOCOPIA CONFORME



RESUELVE:

1. **Calificar ambientalmente favorable** el Proyecto “Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental”, presentado por la Empresa Consorcio Santa Marta S.A..
2. Declarar que para que el proyecto pueda ejecutarse, deberá darse cabal cumplimiento a todas las medidas y disposiciones establecidas en los Considerandos de la presente Resolución.
3. Certificar que el proyecto “Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental”, cumple con la normativa de carácter ambiental aplicable, que no requiere algún permiso ambiental sectorial del Título VII, del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y que no genera ni presenta ninguno de los efectos, características o circunstancias señalados en el Artículo 11 de la Ley N°19.300.
4. Se hace presente que proceden en contra de la presente Resolución, los recursos de reposición, ante esta Comisión; y en subsidio, el recurso jerárquico, ante la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente. El plazo para interponer estos recursos es de 5 días contados desde la notificación del presente acto. Lo anterior, sin perjuicio de la interposición de cualquier otro recurso que se estime oportuno.

Notifíquese y Archívese

Igor Garafulic Olivares

Intendente

Presidente Comisión Regional del Medio Ambiente de la
Región Metropolitana de Santiago

Alejandro Donoso Henríquez

Director

Secretario Comisión Regional del Medio Ambiente de la
Región Metropolitana de Santiago



FOTOCOPIA CONFORME
AL DOCUMENTO TENIDO
A LA VISTA
19 JUN 2019

ADH/PGF/VAN/EBV/RUG

Distribución:

- Rodolfo Bernstein Guerrero
- Servicio Nacional de Geología y Minería Dirección Regional Zona Central
- Corporación Nacional Forestal, CONAF RM
- Dirección Regional de Aguas, Región Metropolitana
- Dirección Regional de Obras Hidráulicas
- Dirección Regional de Vialidad
- Ilustre Municipalidad de Talagante
- Secretaría Regional Ministerial de Agricultura RM
- Secretaría Regional Ministerial de Obras Públicas, RM
- Secretaría Regional Ministerial de Salud, Región Metropolitana
- Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones, RM
- Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, RM
- Servicio Agrícola y Ganadero, RM
- Superintendencia de Servicios Sanitarios
- Intendente Región Metropolitana
- Gobernadora Provincia de Chacabuco
- Gobernador Provincia de Talagante
- Gobernador Provincia de Cordillera
- Secretaría Regional Ministerial de Minería
- Secretaría Regional Ministerial de Planificación, Coordinación y Economía RM
- Sr. Manuel Urrutia, Consejero Regional
- Sr. Felix Viveros, Consejero Regional
- Secretaría Regional Ministerial de Educación
- Gobernador Provincia de Melipilla
- Gobernador Provincia del Maipo
- Leonardo Grijalba Vergara
- Andrés Ugarte Navarrete

C/c:

- Expediente del Proyecto "Plan de Seguimiento, Mitigación y/o Reparación Ambiental "
- Archivo CONAMA Región Metropolitana



El documento original está disponible en la siguiente dirección url:
<http://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=d2/4c/b99f0abd8452d989b372287094205dfde245>



FOTOCOPIA CONFORME
 AL DOCUMENTO TENIDO
 A LA VISTA
 19 JUN. 2019

Santiago, 03 de Mayo de 2013
CSM 060 - 2013

Señor
Jorge Marín Schlesinger
Director Corporación Nacional Forestal
Región Metropolitana
Presente

Ref.: Plan de Reforestación por Compensación Ambiental
Relleno Sanitario Santa Marta

De mi consideración:

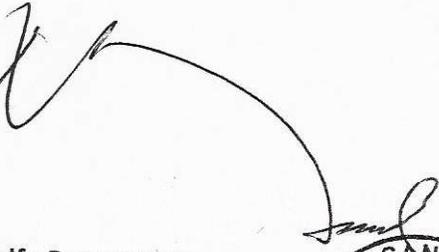
Por intermedio de la presente, tengo el agrado de adjuntar a la presente nuestro **"Programa de Reforestación por Compensación Ambiental Relleno Sanitario Santa Marta"**, mediante el cual se plantea la reforestación de 20,3 hectáreas al pie de monte del Cerro Chena por concepto de compensación vegetal, asociada al Relleno Sanitario Santa Marta y de acuerdo con lo exigido en Resolución de Calificación Ambiental N°433/2001 de COREMA RM.

El objetivo de este plan consiste en recuperar una zona que fue utilizada como botadero de escombros en el sector oriente del Cerro Chena (comuna de San Bernardo), mediante la disposición de maquinaria, mejoramiento del suelo y una reforestación con especies nativas, que entregará como beneficio asociado una mejoría de la belleza escénica del entorno.

Esperando desde ya vuestra aprobación a la brevedad de manera de coordinar las acciones posteriores con el Ejército de Chile, saluda atentamente a usted,

CONAF REG. METROP. OFICINA DE PARTES
RIDE N°
O.I.N°
FECHA 03 MAY 2013




Rodolfo Bernstein Guerrero
Representante Legal
Consortio Santa Marta S.A.





EJÉRCITO DE CHILE
DIVISIÓN ESCUELAS
Escuela de Infantería

EJEMPLAR N° _____ / HOJA N° _____ /

**CONVENIO FORESTAL DE PLANTACIÓN DE BOSQUE NATIVO POR
“COMPENSACIÓN AMBIENTAL”**

COMPARECEN: En San Bernardo, a cinco días del mes de Julio de 2013, don RENÉ BONHOMME SOTO, chileno, casado, Oficial de Ejército, RUN N° 9.253.266-6, domiciliado en la calle Balmaceda 500, en la comuna de San Bernardo, en su calidad de Director de la Escuela de Infantería, según se acreditará, por una parte y por la otra, la empresa CONSORCIO SANTA MARTA S.A., RUT N° 96.828.810-5, representada por don RODOLFO BERNSTEIN GUERRERO; RUN N° 7.368.943-0, de profesión Ingeniero Civil, domiciliado en Avda. General Velásquez N° 8990 de la comuna de San Bernardo, ambos mayores de edad, respectivamente, convienen el siguiente **Convenio Forestal de Plantación de Bosque Nativo por “Compensación Ambiental”**.

PRIMERO: El presente convenio forestal de plantación de bosque nativo por compensación ambiental se registrará por las cláusulas contenidas en este instrumento y por las disposiciones del D.F.L. N° 130 del 21.JUL.1953 y del R.L (R) N° 1506 de 1981, aprobado por el D.S. N° 579 de 19.JUN.1981, que permiten la explotación agropecuaria y forestal de aquella parte de los predios fiscales destinados al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Guerra (Ejército) que no sean utilizadas como campos de ejercicios y maniobras militares.

SEGUNDO: La Escuela de Infantería, es la Unidad Administradora del predio fiscal “Casas Viejas de Chena”, que ocupa dicha unidad militar, ubicado en la comuna de San Bernardo.

El predio, denominado “Casas Viejas de Chena”, fue destinado al Ejército de Chile, MDN-SSG, por Decreto Exento N° 73 de 26.OCT.1976, inscrito a fs. 353 N° 614 en el Registro de Propiedad de 1971, del Conservador de Bienes Raíces de San Bernardo e individualizado en el plano RM 0192. Rol de Avalúo Fiscal N° 4590-1.

TERCERO: En este acto y por el presente instrumento, el Director de la Escuela de Infantería, entrega a la empresa **CONSORCIO SANTA MARTA S.A.**, la superficie de 21,2 hectáreas del predio “Casas Viejas de Chena”, individualizados en los planos adjuntos de los citados predios fiscales, a objeto de ser destinado para la plantación de Bosque Nativo, que realizará la empresa CONSORCIO SANTA MARTA S.A., por compensación ambiental para cumplir con las exigencias establecidas en la Resolución de Calificación Ambiental N°433/2001 que aprobó el funcionamiento del Relleno Sanitario Santa Marta.



Para esto, la empresa deberá levantar un plano de la plantación definitiva, con la identificación de las especies nativas que se plantarán, plano que suscriben ambas partes y que forma parte integrante de este convenio.

CUARTO: La Escuela de Infantería, en adelante el Cedente, se compromete y obliga a aportar, por el plazo establecido en la cláusula octava de este instrumento:

- Los terrenos anteriormente individualizados, los que se entregan en las actuales condiciones, las que son conocidas y aceptadas por la empresa CONSORCIO SANTA MARTA S.A., en adelante la Empresa.
- Los permisos correspondientes para la realización de los trabajos de reforestación en los terrenos individualizados.

QUINTO: La Empresa, se compromete y obliga, por el plazo establecido en la cláusula octava de este instrumento, a:

- Aportar las herramientas, implementos y maquinarias necesarias para ejecutar un adecuado y eficiente trabajo y mantención de los terrenos.
- Construir los respectivos cercos de protección de la plantación, objeto del presente convenio.
- Realizar el manejo sanitario y control de maleza de la plantación.
- Aportar su trabajo personal y de las personas que sean necesarias para el normal y eficiente desarrollo de las faenas, a las cuales contratará dando cabal cumplimiento a las normativas vigentes en materia laboral y previsional, en especial respecto de la Ley N° 20.213, siendo de su cargo exclusivo el pago de las respectivas remuneraciones, imposiciones o cotizaciones previsionales y de salud, y todas las demás obligaciones laborales que sean pertinentes, no existiendo vínculo laboral entre estos trabajadores y el Cedente, debiendo tener presente adoptar todas las medidas tendientes a resguardar la integridad y salud de sus trabajadores. Se deja expresamente establecido que entre el Cedente y estos trabajadores no existirán vínculos de subordinación y dependencia.
- Asumir los costos de los servicios básicos, necesarios o solicitados para la explotación de los terrenos asignados para la forestación, como lo son; energía eléctrica y agua potable. Lo señalado precedentemente, se cumplirá mediante la instalación de remarcadores autorizados por las empresas distribuidoras, habilitación que será de responsabilidad de la empresa. El pago de los servicios de energía eléctrica y agua, deberá realizarse los días treinta de cada mes, a partir del funcionamiento del servicio. El atraso en el pago, significará la suspensión momentánea del servicio.
- Cumplir cabalmente todas las disposiciones legales y reglamentarias relacionadas con la protección de los recursos naturales, especialmente la Ley 20.283, obligándose asimismo, a respetar las disposiciones y orientaciones originadas en los Organismos e Instituciones encargadas de velar por el correcto cumplimiento de las normativas ambientales y forestales (CONAF, SAG, Ministerio del Medio Ambiente u otras).
- Respetar y adoptar todas las medidas de seguridad e higiene ambiental, manejo de residuos, desechos y basuras al interior de los predios fiscales.



- Indemnizar al Cedente todo perjuicio producido por la Empresa o sus trabajadores, en los terrenos cedidos por el presente Convenio.

SEXTO: El cedente tendrá derecho a visitar periódicamente los terrenos entregados en convenio, sin previo aviso, a objeto de evaluar la forma en que se desarrollan los trabajos y cuidados al interior del predio fiscal, por parte de la Empresa.

SÉPTIMO: El Cedente no tendrá, durante la vigencia del presente convenio, responsabilidad alguna por accidentes o siniestros que pudieran afectar a la Empresa, a sus trabajadores o bienes que se encuentren en el predio. De igual modo, no le corresponderá ninguna responsabilidad ante alguna situación de riesgo que afecte a las plantaciones, tal como fenómenos climáticos, inundaciones, incendios forestales, perjuicios a terceros.

OCTAVO: El presente convenio forestal de plantación de bosque nativo por "Compensación Ambiental", comenzará a regir desde su fecha de suscripción y terminará el 28 de junio de 2016, fecha en la cual la Empresa procederá a hacer entrega definitiva a la Escuela de Infantería de dicha plantación, **previa aprobación y recepción** mediante resolución e informe técnico de CONAF.

NOVENO: Los terrenos objetos del presente convenio, se entregan a la Empresa, en este acto, debiendo ser restituidos en la fecha dispuesta en la cláusula anterior para el término del presente convenio, limpio y libre de todo ocupante.

DECIMO: Las partes no podrán ceder los derechos resultantes del presente convenio, prohibiéndose absolutamente el celebrar contratos de arriendos, subarriendos o submediería.

DECIMO PRIMERO: La Escuela de Infantería, autoriza a la empresa a la instalación de una caseta de seguridad, con baño y bodega, con la finalidad aposentar un guardia, para resguardar la seguridad y controlar el perímetro del terreno entregado para la forestación.

Todas las mejoras introducidas en el predio militar, quedarán en beneficio del Cedente, y sin costo alguno para él.

DECIMO SEGUNDO: Este convenio terminará anticipadamente por las causales comunes de terminación de los contratos y en especial por las siguientes:

- Por pérdida o término de la destinación fiscal de los terrenos cedidos en convenio.
- Por decisión del Ejército de Chile de enajenar los inmuebles objetos del convenio, lo que será comunicado con la debida antelación a la Empresa.
- Por orden del Alto Mando institucional, debido al incumplimiento grave de las obligaciones asumidas por CSM en este convenio, como se indica en la cláusula siguiente.
- Por mutuo acuerdo de las partes.



DECIMO TERCERO: También terminará anticipadamente el presente convenio, si:

- La Empresa infringe cualquier obligación contractual, especialmente las contempladas en la cláusula quinta y décima del presente convenio.
- La Empresa abandona los terrenos o realiza un mal manejo de ellos. En este último caso, el cedente deberá fundamentar su solicitud en un informe técnico elaborado por un Ingeniero Forestal, independiente de las partes.

DECIMO CUARTO: En el evento de que se proceda aplicar alguna de las causales de término anticipado del convenio, enumeradas en las cláusulas décimo segunda y décimo tercera, dicha circunstancia deberá ser notificada por las partes mediante carta certificada dirigida al domicilio fijado en este convenio.

Desde la fecha de notificación efectiva de la decisión de término anticipado del convenio, las partes tendrán un plazo de treinta días para liquidar y finiquitar todos los aspectos derivados de este convenio y/o indemnizaciones que procedieran.

DECIMO QUINTO: Para todos los efectos derivados del presente convenio forestal, las partes fijan su domicilio en la ciudad de San Bernardo y se someten a la competencia de sus tribunales Ordinarios de Justicia.

DECIMO SEXTO: El presente convenio se firma en cuatro ejemplares del mismo tenor y fecha, quedando uno en poder del Cedente, uno en poder de la Empresa, uno en la División Escuelas y uno en el Comando de Ingenieros del Ejército.

PERSONERÍA

La personería del Coronel **RENÉ BONHOMME SOTO**, para representar en su calidad de Director de la Escuela de Infantería, consta en la Resolución CJE. EMGE. CGP. COP. II/2 (R) N° 1340/100/22 de 04.ENE.2013. publicada en el B/O N° 04 Pág. N° 30 de 28.ENE.2013. Por su parte, la personería jurídica de Don **RODOLFO BERNSTEIN GUERRERO**, consta de Acta de Sesión Extraordinaria de Directorio de fecha 14.ENE.2013, reducida a escritura pública el 04.FEB.2013, en la 29° Notaría de Santiago de don Raúl Undurruga Laso, las que no se insertan por ser conocidas las partes.



RENÉ BONHOMME SOTO
Coronel
Director de la Escuela de Infantería

RODOLFO BERNSTEIN GUERRERO
Representante Legal
Consorcio Santa Marta S.A.

AUTORIZO LA FIRMA DE DON RENE BONHOMME SOTO Ced. Ident.
9.253.266-6 en calidad de Director de la Escuela de Infanteria
y de don RODOLFO BERNSTEIN GUERRERO Ced. Ident. 7.368.943-0
en representacion de CONSORCIO SANTA MARTA S.A. -
SAN BERNARDO AGOSTO 13 de 2013.

