



***INGENIERÍA AMBIENTAL***  
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y  
QUÍMICAS  
FACULTAD DE CIENCIAS

**“PROPUESTA TECNICA PARA EL  
MANEJO Y GESTION DE LOS  
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS,  
EN LA COMUNA DE VILLA  
ALEMANA, V REGION”**

**TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**TESISTA: MARIO RENÉ ABARZÚA MARTÍNEZ  
PROFESOR GUÍA: FERNANDO ALCÁZAR, BIOLOGO MARINO  
VALPARAISO  
CHILE, JULIO 2005.**

*Dedicado a todas las personas que han contribuido a hacer posible esta tesis, en especial a mis padres, hermanos, mis queridos sobrinos, abuelo y a mis queridas abuelas que me guían y protegen desde el cielo.*

## AGRADECIMIENTOS

Mi primer y mayor agradecimiento va dirigido a mi familia especialmente a mis padres que me han dado todo y gracias ha ellos he logrado ser alguien, por eso estaré eternamente agradecido de ellos. A mis hermanos por su amistad y ayuda prestada, a mi abuelo por los consejos el animo y apoyo espiritual.

A toda la Ilustre Municipalidad de Villa Alemana a través de su departamento de Turismo y Medio Ambiente, al Departamento de Asuntos Vecinales, al Departamento de Aseo y Ornato de la comuna y especialmente al administrador y trabajadores del vertedero municipal.

A la Universidad de Valparaíso, que me facilito equipos y apoyo para el éxito de este estudio, a mi profesor guía por la ayuda prestada y a los profesores de la comisión, especialmente a don Héctor Andrade, por la agudeza, exigencia y ayuda prestada a mi trabajo lo que permitió el éxito de éste.

A Servicios públicos y empresas privadas que me brindaron su ayuda a través de entrevistas a funcionarios, préstamo de material o entrega de precios de productos y servicios, como COSEMAR, Las Ilustres Municipalidades de Vitacura y Ñuñoa, RECIPET, PLASTICOMNIUM, MAJESA LTDA., CELULOSAS VASCAS, Departamento de Programas del Ambiente (DPA) de Quilpué, CONAMA V Región, entre otras instituciones.

Por último agradezco a todos mis amigos y amigas tanto de la Universidad como de Villa Alemana por la comprensión, ayuda y el ánimo dado, es difícil nombrar a todos pero un especial agradecimiento a Ely, Mario, Fernando, Luis, Arturo, Marta, Dani, Arica, Marco, Nico, Hernán, Magda, Ale, Pablo, Felipe Karen y Álvaro entre muchos más.

# TABLA DE CONTENIDO

	Página
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	1
<b>INTRODUCCION</b> .....	2
 <b>CAPITULO I ANTECEDENTES</b>	
 <b>Residuos sólidos urbanos (RSU)</b> .....	4
<b>Procedencia de los RSU</b> .....	5
<b>Composición de los RSU</b> .....	7
<b>El proceso de los RSU</b> .....	9
<b>Propiedades fisicoquímicas y biológicas de los RSU</b> .....	11
Propiedades físicas de los RSU.....	11
Propiedades químicas de los RSU.....	13
Propiedades biológicas de los RSU.....	14
<b>Tipos de materiales recuperables a partir de los RSU</b> .....	14
Materiales habitualmente separados de los RSU.....	15
Características y condiciones de reciclaje de los componentes de los RSU.....	18
Cambios futuros en la composición de los RSU.....	21
<b>Residuos peligrosos en los RSU</b> .....	23
Propiedades y clasificación de los residuos peligrosos.....	24
Clasificación de los residuos peligrosos según el Convenio de Basilea.....	27
Residuos peligrosos típicos de origen domestico.....	29
Cantidades de residuos peligrosos en los RSU.....	31
Manipulación, almacenamiento y eliminación de residuos peligrosos en domicilios (RPD).....	32
<b>Impactos ambientales provocados por la generación de RSU</b> .....	33
Impactos sobre el medio ambiente natural.....	35
Contaminación de recursos hídricos.....	35
Contaminación atmosférica.....	36
Contaminación del suelo.....	36
Amenazas a flora y fauna.....	36
Alteraciones del medio antrópico.....	37
<b>Gestión Ambiental Municipal</b> .....	37
Marco legal.....	39
Gestión y manejo de los RSU en Chile.....	44
Alternativas para el tratamiento de los RSU utilizadas en Chile.....	45

	<b>Página</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	55
<b>OBJETIVOS</b> .....	56
Objetivo General.....	56
Objetivos Específicos.....	56
<b>METODOLOGIA</b> .....	57
<b>CAPITULO III RESULTADOS OBTENIDOS</b>	
<b>Desarrollo Objetivo Especifico N°1</b> .....	69
<b>La comuna de Villa Alemana</b> .....	69
<b>Marco físico Comunal</b> .....	74
<b>Diagnóstico de la situación actual del manejo de los RSU en Villa Alemana</b> .....	77
Generación de RSU.....	77
Recolección y transporte de los residuos.....	79
Tratamiento de los residuos.....	82
Disposición final.....	84
<b>Aspectos económicos de la gestión de los RSU en Villa Alemana</b> .....	93
<b>Desarrollo Objetivo Especifico N°2</b> .....	94
<b>Auditoria Ambiental, verificación de la normativa aplicable</b> .....	94
Inconformidades importantes.....	94
Inconformidades medianamente importantes.....	97
Inconformidades levemente importantes.....	99
<b>Desarrollo Objetivo especifico N°3</b> .....	100
Recolección selectiva de residuos en la comuna de Villa Alemana.....	101
Programa de educación y concientización ambiental.....	104
Recolección y transporte “profesional” de los residuos.....	106
Planta de reciclaje.....	108
Planta de compostaje.....	110
Plan de clausura del actual vertedero municipal .....	113

	<b>Página</b>
Estación de Transferencia.....	114
Incineradora de residuos.....	115
Relleno sanitario.....	116
Mantenimiento de la gestión actual de los RSU en la comuna de Villa Alemana.....	119
<b>Evaluación económica de las alternativas propuestas.....</b>	<b>120</b>
<b>Diagramas de flujo.....</b>	<b>132</b>
<b>Costos totales en inversión del proyecto.....</b>	<b>134</b>
<b>Gastos operacionales totales.....</b>	<b>134</b>
<b>Gastos y costos finales del proyecto para el periodo de 10 años..</b>	<b>135</b>
<b>Cálculos de rentabilidad del proyecto.....</b>	<b>140</b>
<b>Objetivo Especifico N°4.....</b>	<b>148</b>
	<b>140</b>
 <b>CAPITULO IV</b>	
 <b>DISCUSIONES.....</b>	 <b>149</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>155</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>157</b>
Bibliografía Citada.....	157
Bibliografía Complementaria.....	158
<b>ANEXOS.....</b>	<b>163</b>
Anexo N°1.....	163
Anexo N°2.....	169

# INDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRAFICOS

## Índice de tablas

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1:</b> Distribución estimada de todos los componentes de los RSU generados en una comunidad típica excluyendo los residuos industriales y agrícolas.....	8
<b>Tabla 2:</b> Materiales recuperados de los RSU para su reciclaje y usos...	15
<b>Tabla 3:</b> Productos peligrosos típicos domésticos.....	29
<b>Tabla 4:</b> Población Urbano- Rural, de la comuna de Villa Alemana para el censo nacional del 2002.....	70
<b>Tabla 5:</b> Distribución etárea de la población urbana de la comuna de Villa Alemana, según sexo.....	71
<b>Tabla 6:</b> Parámetros fisicoquímicos medidos en el lixiviado del vertedero de Villa Alemana.....	41
<b>Tabla 7:</b> Estimación de los ingresos por concepto de ventas de materiales reciclados.....	137
<b>Tabla 8:</b> Estimación de los ingresos por concepto de ventas de compost.....	138
<b>Tabla 9:</b> Estimación de los ingresos recibidos por la municipalidad por concepto de pago de aseo domiciliario para los próximos 10 años.....	139

### Índice de Figuras

	<b>Página</b>
<b>Figura 1:</b> Ubicación de la comuna de Villa Alemana.....	73
<b>Figura 2:</b> Contenedor instalados por el municipio para la acumulación de residuos en la comuna.....	80
<b>Figura 3:</b> Fotografía a parte del microbasural ubicado en la calle Sargento Aldea con Arturo Prat.....	85
<b>Figura 4:</b> Fotografía de un tambor utilizado para la salida y quema de biogás en el vertedero municipal.....	87
<b>Figura 5:</b> Fotografía al sitio de disposición de RSU en el vertedero Municipal.....	89
<b>Figura 6:</b> Fotografía del sitio dispuesto para la acumulación de parabrisas y vidrios traídos por particulares.....	90
<b>Figura 7:</b> Fotografía del sitio preparado para la disposición de Neumáticos.....	90
<b>Figura 8:</b> Fotografía del momento en que funcionarios municipales se disponen a botar residuos de origen hospitalario.....	96

### Índices de Gráficos

<b>Grafico N°1:</b> Composición de los RSU generados en la comuna de Villa Alemana.....	78
<b>Grafico N°2:</b> Estimación de los residuos recuperados por la planta de reciclaje de Villa Alemana.....	109

## RESUMEN

Residuo sólido es cualquier producto, materia o sustancia, resultante de la actividad humana, que ya no tiene más función para la actividad que lo generó. Pueden clasificarse de acuerdo a su **origen** (domiciliar, industrial, comercial, público), a su **composición** (materia orgánica, vidrio, metal, papel, plásticos, polvos, inerte) o de acuerdo a su **peligrosidad** (tóxicos, reactivos, corrosivos, inflamables, infecciosos). La composición de los residuos varía según diferencias económicas, culturales, climáticas y geográficas.

La producción y manejo de los RSU, se ha convertido en un gran problema y desafío para los municipios chilenos. Villa Alemana no escapa a esta realidad, con una producción de RSU aproximada a 100 [ton/día] y un vertedero que está casi colapsado, la situación se complica más a cada momento.

Para realizar esta investigación, se realizó un diagnóstico ambiental de la situación del manejo y gestión de los RSU en la comuna de Villa Alemana, a través de entrevistas, visitas al vertedero municipal, medición de parámetros fisicoquímicos al lixiviado y la aplicación de listas de chequeo de la normativa ambiental vigente al vertedero, para así realizar una auditoría ambiental. A partir de esta información se efectuó una propuesta para el manejo de los RSU en la comuna de Villa Alemana, la que fue evaluada social y económicamente a través del cálculo del VAN y el TIR, para analizar su viabilidad económica.

Los mayores problemas encontrados en el diagnóstico ambiental, tienen que ver con la situación del vertedero municipal y el manejo de los residuos hospitalarios. La propuesta incluye un plan de separación y reciclaje de residuos, construcción de plantas de compostaje y reciclaje, un transporte profesional para los residuos, la clausura del actual vertedero y la construcción de un moderno relleno sanitario acorde a las necesidades de la comuna.

## INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de la población y concentración en áreas urbanas, el aumento de la actividad industrial y el incremento en los patrones de consumo contribuyen al serio problema de la generación y gestión de los residuos sólidos tanto en Chile como en el mundo, cuyo manejo incorrecto incide directamente en la degradación ambiental y en el deterioro de la salud pública. Los problemas originados por una mala gestión y manejo de los RSU, es una de los mayores dificultades enfrentada actualmente por los municipios del país. Debido a la falta de presupuesto y a la falta de personal capacitado que pueda y sepa enfrentar con una clara visión y pueda abordar esto como un desafío complejo, que necesita del apoyo de la comunidad, pero a la vez pudiéndolo convertir en una fuente de oportunidades tanto para el municipio como para la comunidad.

Los RSU, que son conocidos comúnmente como basura, están compuestos por residuos orgánicos, papel, cartón, madera y en general materiales biodegradables e inorgánicos como, vidrio, plástico, metales y material inerte. Los RSU provienen de las actividades que se desarrollan en el ámbito doméstico, sitios y servicios públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, así como de residuos industriales que no se deriven de sus procesos (1).

El efecto ambiental más evidente del manejo inadecuado de los RSU lo constituye el deterioro estético de las ciudades, así como del paisaje natural, tanto urbano como rural, con la consecuente devaluación, tanto de los predios donde se localizan los tiraderos como de las áreas vecinas por el abandono y la acumulación de basura, siendo este uno de los efectos fácilmente observados por la población, entre los efectos ambientales más serios, se encuentran la contaminación del suelo y cuerpos de agua, ocasionada por el vertimiento directo de los RSU, así como por la infiltración en el suelo del lixiviado (producto

de la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos y mezclada muchas veces con otros residuos de origen químico), el cual puede llegar y contaminar seriamente las napas subterráneas y cuerpos de aguas cercanos (1).

La formulación de planes y programas de gestión y manejo de los RSU, se han convertido en la estrategia que ha sido utilizada por diversos municipios en todo el mundo, para enfrentar los problemas ocasionados por los RSU, a través de estos planes se puede buscar una adecuada fórmula para gestionar estos residuos, pudiendo adaptarse a las características de los residuos generados en cada región y a las necesidades e infraestructura de cada municipio.

La elección de éste tema ha surgido como una respuesta al grave problema sanitario y ambiental que enfrenta la V Región con el manejo de los residuos domiciliarios, donde la mayoría de los vertederos están a punto de cerrarse y donde no existen proyectos para la construcción de rellenos sanitarios acordes a lo que la región necesita para el siglo XXI.

Para la creación de un plan de manejo para los RSU en Villa Alemana, se debió partir por un diagnóstico ambiental, el cual permitió saber como está la situación actual en la comuna, entregando datos claros y mostrando las fortalezas y debilidades de la labor municipal. A través de listas de chequeo y visitas a terreno se realizó una auditoría ambiental del vertedero comunal detectando sus inconformidades más fuertes respecto a la legislación aplicable, ordenándolas según su importancia. A partir de la información recabada se formuló una propuesta para el manejo de los RSU en Villa Alemana, la cual fue evaluada a través de una evaluación costo-beneficio, para ver la factibilidad de poder ser llevada a cabo en la comuna, analizando su rentabilidad con el cálculo del VAN y el TIR.

# 1- ANTECEDENTES

## 1.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

El término residuos sólidos en su sentido más amplio, incluye todos los materiales sólidos desechados de actividades municipales, industriales o agrícolas. En el caso de los residuos sólidos municipales se aplican términos más específicos a los residuos de alimentos putrescibles (biodegradables), y a los residuos sólidos no putrescibles (no biodegradables) (2). Desde el punto de vista legislativo lo más complicado respecto a la gestión de residuos, es que se trata intrínsecamente de un término subjetivo. Una definición encontrada en la legislación chilena, se encuentra en el documento puesto en discusión pública “Reglamento para rellenos sanitarios” del año 2003, donde se encuentra la siguiente definición para residuos sólidos “sustancias, elementos u objetos que el generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar”.

Los residuos sólidos urbanos (RSU), abarcan desechos de origen domiciliario, comercial, de servicios municipales, residuos hospitalarios y peligrosos entre otros. Los RSU se dividen en una fracción orgánica (restos de comida y material putrescible), y otra inorgánica (vidrio, plásticos, metales etc.), alcanzando distintas características que pueden variar según la zona, clima, estación del año en que nos encontremos, factores socioculturales etc.

## **1.2 Procedencia de los RSU.**

Los RSU provienen de distintas fuentes fijas de muy distintos ámbitos que van desde lo doméstico y comercial, hasta los residuos de construcción y demoliciones. Por esto mismo su composición es muy dinámica en el tiempo tanto como en tipos de residuos como en peligrosidad y depende mucho de los tipos de actividades realizadas. En 1999, la generación de RSU en Chile se estimó en 3.327.200 [Ton/año] (3), cifra que ha aumentado hoy día. A continuación se indican las procedencias y tipos de residuos encontrados generalmente en los residuos municipales.

### **1.2.1 Doméstico y comercial**

Los residuos sólidos domésticos y comerciales, excluyendo los especiales y peligrosos, consisten en residuos orgánicos e inorgánicos, típicamente la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por elementos como vidrio, cerámicas, latas, aluminio, metales féreos y plásticos. Si los componentes de estos residuos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos residuos se conoce como RSU domésticos y comerciales no seleccionados (2).

### **1.2.2 Construcción y demolición**

Los residuos de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas, edificios y todo tipo de estructura urbanística, se clasifican como residuos de construcción. En su composición se puede incluir suciedad, piedras, hormigón, ladrillos, maderas, grava, piezas y tuberías de gasfitería, calefacción y electricidad. Los residuos de edificios y casas demolidas, calles y aceras levantadas y otras estructuras son clasificados como residuos de demolición. Su composición es similar a las de los residuos de construcción, pero puede

incluir vidrios rotos, plásticos, restos de asfaltos y acero de reforzamiento (2). La cantidad de residuos de construcción en Chile (incluyendo los de demoliciones) se estiman en aproximadamente 3.507.700 [ton/año] (3). Dentro de los residuos de construcción se pueden encontrar ciertos materiales peligrosos de alta complejidad como el asbesto proveniente de planchas de pizarreño y PCB (Bifenilospoliclorados), provenientes de instalaciones eléctricas antiguas, por nombrar algunos.

### **1.2.3 Servicios municipales**

Estos residuos derivan de la operación y del mantenimiento de instalaciones municipales y la prestación de servicios municipales como barrido de calles, residuos de los cubos de basura municipales y cortes de los servicios de jardín.

La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. En países como el nuestro, se pueden encontrar en contenedores municipales diversos residuos y descartes que pueden contener productos peligrosos, tales como baterías de vehículos, envases de lubricantes entre otros.

### **1.2.4 Residuos industriales**

La cantidad de residuos que genera una industria está en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados, los envases y embalajes del proceso. A fines de la década pasada la producción de residuos industriales en Chile se estimaba en 2.516.800 [Ton/año] (3). En la Región Metropolitana cerca de la mitad de los residuos son reciclados, dentro o fuera de la industria. Un cuarto de estos residuos es depositado en conjunto con los residuos domiciliarios. El resto es almacenado al interior de la industria o depositados ilegalmente sin mayor control o

protección para el medio ambiente o la salud de la población. Se estima que el 5% de los residuos industriales corresponde a residuos peligrosos (3).

### **1.2.5 Residuos hospitalarios**

El manejo de estos residuos es realizado a nivel de generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel de hospital los residuos son generalmente esterilizados. La composición de los residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo médico conteniendo elementos peligrosos (4). Para los últimos años, los residuos hospitalarios en Chile se estiman en 29. 330 [Ton/año] (3).

### **1.2.6 Residuos agrícolas**

Son los residuos que se obtienen de diversas actividades agrícolas, tales como plantar y cosechar cultivos de campo, árboles, producción de leche y crianza de animales para mataderos y están compuestos principalmente por residuos orgánicos, envases y plásticos. Estos desechos en muchas zonas han producido un problema crítico, especialmente en la ganadería intensiva y centros lecheros. Dentro de los residuos agrícolas se encuentra una importante parte clasificados como peligrosos provenientes principalmente de envases y tambores que contienen restos de pesticidas, plaguicidas, fungicidas, herbicidas y diversos químicos utilizados en esta industria.

## **1.3 Composición de los RSU**

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa usualmente basada en porcentajes por peso (2). La información sobre la composición de los residuos sólidos es muy importante para evaluar las necesidades de equipo, programas y planes de gestión.

La composición de los residuos varía según diferencias económicas, culturales, climáticas y geográficas. En los países menos desarrollados los desechos sólidos contienen una mayor proporción de material orgánico biodegradable con un alto contenido de humedad y densidad comparado con los más avanzados.

Los residuos sólidos de una comunidad están compuestos principalmente por los elementos descritos anteriormente. Como se señala en la Tabla 1, la porción doméstica y comercial constituye cerca de un 50-75%, del total de RSU generados en una comunidad. La distribución porcentual de los RSU dependerá entre otras por: la extensión y cantidad de las actividades de construcción y demolición; la extensión de los servicios de aseo municipal suministrado y la amplia variedad en la categoría de residuos especiales y peligrosos (3-12%).

**Tabla N° 1: Distribución estimada del origen de los RSU generados en una comunidad típica excluyendo los residuos industriales y agrícolas**

Categoría de residuos	Porcentaje en	peso
	Rango	Típico
Domésticos y comerciales, excluyendo residuos especiales y peligrosos	50 – 75	62
Especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos, línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite y neumáticos).	3 – 12	5
Peligrosos	0,01 – 1	0,1
Institucionales	3 - 5	3,4
Construcción y demolición	8 - 20	14
Servicios Municipales		
Limpieza de calles	2 - 5	3,8
Árboles y paisajismo	2 - 5	3
Parques y zonas de recreo	1,5 - 3	2
Sumideros	0,5 - 1,2	0,7
Lodos de plantas de tratamiento	3 - 8	6
<b>TOTAL</b>		<b>100,0</b>

Fuente: (2)

Además de las variaciones en cuanto a la cantidad de RSU generados, deben considerarse las diferencias en su composición. Los factores que influyen en la composición de los residuos sólidos municipales incluyen:

- ✓ El clima: en áreas húmedas, el contenido de humedad de los residuos sólidos es comúnmente del 50%.
- ✓ La aceptabilidad de alimentos empacados y de preparación rápida: el uso generalizado de empaques ha aumentado el contenido de papel y plásticos de los RSU.
- ✓ El grado de urbanización e industrialización del área: en virtud de la conversión en abono, el reciclaje y la recuperación que son posibles en áreas rurales y en áreas de viviendas unifamiliares, los residuos sólidos de este tipo de fuentes pueden ser inferiores en cuanto a cantidad y tener distintos componentes que las de áreas metropolitanas industrializadas con viviendas multifamiliares (2).
- ✓ Poder adquisitivo de la comunidad: Las viviendas y sectores con un mayor poder adquisitivo generan una mayor cantidad de residuos, reduciendo la fracción orgánica, aumentando considerablemente los plásticos, provenientes de envoltorios y botellas plásticas desechables. La diferencia del poder adquisitivo también redundaría en cambios en los hábitos de consumo y de reemplazo/renovación de bienes, tales como electrodomésticos, muebles, vehículos, etc.

#### **1.4 El Proceso de los Residuos Sólidos Urbanos**

El proceso de los RSU se compone de tres fases:

1. **Generación:** Consiste en el proceso de desechar aquellos materiales no deseados por parte de las familias, el comercio, la industria o los hospitales (4).

2. **Gestión:** Está conformada por las siguientes unidades:

- ✓ Política
- ✓ Normativa
- ✓ Instalaciones/Procedimientos
- ✓ Fiscalización

3. **Manejo:** Es el conjunto de operaciones encaminadas a darles el destino final más eficiente a los RSU, considerando los aspectos ambientales, sanitarios y económicos. Comprende las etapas de (4):

- ✓ **Recolección:** Consiste en retirar los RSU de cada punto de generación.
- ✓ **Transporte:** Esta etapa consiste en trasladar la basura recolectada por cada camión hasta su lugar de destino, ya sea directamente al sitio de disposición final o bien, hasta estaciones de transferencia, donde los RSU son transbordados a camiones de mayor capacidad y tonelaje para transportarlos a su lugar de destino a menor costo por tonelada.
- ✓ **Tratamiento intermedio:** Son sistemas productivos que utilizan los RSU como materia prima y que, en su proceso, generan a su vez desechos que requieren de un lugar de disposición final. Así, contribuyen a disminuir la cantidad de residuos que deben ser eliminados, prolongando la vida útil de los sitios de disposición final. Los tratamientos intermedios más conocidos son la incineración, el compostaje y el reciclaje.
- ✓ **Disposición final:** Independiente de la existencia de plantas de tratamiento intermedio, es necesario un sistema de disposición final, ya sea para los residuos generados por estos tratamientos o para la disposición directa de los RSU (4).

## **1.5 Propiedades fisicoquímicas y biológicas de los RSU**

### **1.5.1 Propiedades físicas de los RSU**

#### **1.5.1.1 Peso específico**

Se define como el peso de un material por unidad de volumen (ejemplo, Kg / m<sup>3</sup>). Como el peso específico de los RSU varía según su disposición o si se encuentran compactados o no, la base utilizada para los valores presentados debe ser citada. Los valores sobre peso específico son necesarios para valorar la masa y el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados y manejados. Como los pesos específicos de los RSU varían notablemente según la localización geográfica, estación del año y el tiempo de almacenamiento, se debe tener mucho cuidado a la hora de seleccionar sus valores típicos (2).

El peso específico de los RSU varía con la composición de los mismos y con su grado de compactación. Los valores representativos van desde una densidad no compactada de 150 Kg<sup>3</sup> hasta 800 Kg<sup>3</sup> para desechos pulverizados y enterrados (5).

#### **1.5.1.2 Contenido de humedad**

Se puede expresar de dos formas. En el método de medición peso-húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo; en el método peso-seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material. El método peso-húmedo se usa más frecuentemente en el campo de la gestión de RSU.

#### **1.5.1.3 Tamaño de partículas y distribución del tamaño**

Son una consideración muy importante dentro de la recuperación de materiales y reciclaje, especialmente por medios mecánicos, como cribas y tropel (2). El

tamaño de partículas y la distribución de tamaño de los residuos compactados son una propiedad física importante que gobierna en parte el movimiento de los líquidos y gases dentro de un vertedero (2).

#### **1.5.1.4 Contenido de energía**

Los RSU contienen alrededor del 50% de materia combustible; el resto consiste en proporciones más o menos iguales de humedad y sólidos inertes (5). A causa del contenido volátil, los residuos suelen quemarse para deshacerse de ellos y en ocasiones se utilizan como fuentes de energía obteniéndose un valor entre 9300 a 14100 [KJ / Kg.] (6).

A estas propiedades, se le pueden agregar también la composición gravimétrica (porcentaje de cada componente presente en una muestra), la compresibilidad (grado de compactación, reducción de volumen que una masa puede sufrir cuando es sometida a una presión de 4 [kg/cm] ), la generación per cápita (cantidad de residuos generada por persona en una unidad de tiempo, la cual es variable según el poder adquisitivo, educación y hábitos de las comunidades y varía de 0,4 Kg. hasta 1,5 Kg., y características visuales que interfieren en la estética de los ambientes (6).

#### **1.5.2 Propiedades químicas de los RSU**

La información sobre la composición química de los componentes de los RSU es muy importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Normalmente, se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles. Si los residuos sólidos fueran a utilizarse como combustible, las cuatro propiedades más importantes de conocer son (2):

### **1.5.2.1 Análisis físico**

Incluye los siguientes ensayos para los componentes combustibles de los RSU:

- 1- Humedad (pérdida de humedad cuando se calienta a 105 °C durante una hora).
- 2- Materia volátil combustible (pérdida de peso adicional con la ignición a 950 °C en un crisol cubierto).
- 3- Carbono fijo (rechazo combustible dejado después de retirar la materia volátil).
- 4- Ceniza (peso del rechazo después de la incineración en un crisol cubierto) (2).

### **1.5.2.2 Punto de fusión de la ceniza**

Se define como la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólido (escoria) por la fusión y aglomeración. Estas temperaturas oscilan entre los 1100 °C a 1200 °C (2).

### **1.5.2.3 Análisis elemental de los componentes de residuos sólidos**

Normalmente implica la determinación del porcentaje de Carbono, Hidrogeno, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre y ceniza. Los resultados del análisis elemental se utilizan para caracterizar la composición química de la materia orgánica en los RSU. También se utiliza para definir la mezcla correcta de materiales residuales necesarias para conseguir relaciones Carbono-nitrógeno (C/N) aptas para los procesos de conversión biológica (2).

### **1.5.2.4 Nutrientes esenciales y otros elementos**

Cuando la fracción orgánica de los RSU se va a utilizar para la elaboración de productos biológicos de conversión, tales como compost, metano y etanol, la información sobre los nutrientes esenciales y los elementos de material residual es importante respecto a la disponibilidad de nutrientes de microbios y para

valorar los usos finales que puedan tener los materiales restantes después de la conversión biológica (2).

### **1.5.3 Propiedades biológicas de los RSU**

Se refiere a los agentes microbianos (virus, bacterias y protozoos) presentes en la basura, que bajo determinadas condiciones se tornan patógenos y causadores de enfermedades tales como hepatitis, fiebre tifoidea, malaria, fiebre amarilla y cólera. Se transmiten a las personas y animales a través de vectores como insectos y roedores (6).

Quizás la característica biológica más importante de la fracción orgánica de los RSU es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes (2). La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrescible de los materiales orgánicos encontrados en los RSU.

### **1.6 Tipos de materiales recuperables a partir de los RSU**

El conocimiento de los materiales de los residuos que en la actualidad se recuperan para su reutilización y reciclaje es importante en el manejo y gestión de la generación de residuos y nos muestra la importancia de la identificación de los materiales que en la actualidad se separan en los RSU y de sus especificaciones para su correcto procesamiento y comercialización.

### 1.6.1 Materiales habitualmente separados de los RSU

Los materiales que en la actualidad se separan para el reciclaje se presentan en la Tabla 2. Los más comunes son aluminio, papel, plásticos, vidrio, metales férricos, metales no férricos, residuos de jardín y residuos de la construcción y demolición.

**Tabla 2: Materiales recuperados de los RSU para su reciclaje y usos.**

<b>Material reciclable</b>	<b>Tipos de materiales y usos</b>
Aluminio	Latas de cerveza y refrescos
Papel de periódico usado (PPU)	Periódicos de quiosco o entregados en casa
Cartón ondulado	Empaquetamiento en bruto; la mayor fuente de papel residual para el reciclaje
Papel de alta calidad	Papel de informática, hojas de calculo blanco, recortes
Papel Mezclado	Varias mezclas de papel limpio, incluyendo papel de periódico, revistas y papel de fibras largas blanco o coloreado.
Poliuretano tereftalato (PET/1)	Botellas de refresco, botellas de mayonesa y aceite vegetal; película
Poliuretano de alta densidad (PE-HD/2)	Bidones de leche, contenedores de agua, botellas de detergente y de aceite de cocina
Poliuretano de baja densidad (PE-BD/4)	Envases de película fina y rollos de película fina para envolturas; bolsas de limpieza en seco y otros materiales de película
Polipropileno (PP/5)	Cierres y etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para pan y queso, bolsas para cereales
Poliestireno (PS/6)	Envases para componentes electrónicos y eléctricos, cajas de espuma, envases para comida rápida; cubiertos, vajillas y platos para microondas
Multilaminados y otros	Envases multilaminados, botellas de ketchup y mostaza
Plásticos mezclados	Diversas combinaciones de lo anteriormente mencionado
Vidrio	Botellas y recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar
Metal férreo	Latas de hojalata, bienes de línea blanca y otros productos
Metales no férricos	Aluminio, cobre, plomo, etc.
Residuos de jardín, recogidos separadamente	Utilizados para separar compost; combustible biomasa; cubrición intermedia de vertedero
Fracción orgánica de los RSU	Utilizados para preparar compost para aplicaciones de suelo; compost utilizado como cubrición intermedia de vertedero; metano; etanol y otros compuestos orgánicos; combustible derivado de residuos (CDR)

Residuos de construcción y demolición	Suelo, asfalto, hormigón, madera, cartón de yeso, grava, metales
Madera	Materiales para empaquetamiento, palets, restos y madera usada de proyectos de construcción
Aceite residual	Aceite de automóviles y camiones; material de construcción de carreteras; combustible
Neumáticos	Neumáticos de automóviles y camiones; reprocesado para reutilización o como combustible
Baterías ácidas de plomo	Materias de automóviles y camiones; trituradas para recuperar componentes individuales como ácido, plástico y plomo
Pilas domesticas	Potencial para recuperación de zinc, mercurio y plata

**Fuente: (2)**

### 1.6.1.1 Aluminio

El reciclaje de aluminio está conformado por dos sectores: latas de aluminio y aluminio secundario. El aluminio secundario incluye marcos de ventanas, paneles y canalones. La demanda para las latas de aluminio recicladas es alta, por que se utiliza un 95% menos de energía para producir una lata de aluminio de una ya existente que del mineral (2).

### 1.6.1.2 Papel

Los tipos principales de papel que se reciclan son diarios viejos, cartón, papel blanco y mezclado. Cada uno de estos grados compone a su vez grados individuales, que se definen según el tipo de fibra, el origen, la homogeneidad, la extensión de la impresión y las características físicas y químicas (2).

### 1.6.1.3 Plásticos

Los plásticos pueden ser clasificados en dos categorías generales: fragmentos limpios de calidad comercial y desechos usados. Los dos tipos de plásticos usados que más frecuentemente son reciclados son el polietileno tereftalato (PET/1), que se usa para la fabricación de botellas de bebidas no alcohólicas, y el polietileno de alta densidad (PE-HD/2), utilizado para recipientes de leche y agua y botellas de detergentes (2).

#### **1.6.1.4 Vidrio**

El vidrio es también un material habitualmente reciclado. El vidrio de recipiente, el vidrio plano (ventanas), el vidrio ámbar y verde, son los tres tipos principales de vidrio encontrados en los RSU (2).

#### **1.6.1.5 Metales férreos (hierro y acero) o ferrosos**

La gran mayoría del acero reciclado tradicionalmente ha salido de objetivos voluminosos tales como automóviles y electrodomésticos. El reciclaje de latas de acero, utilizadas como recipientes de refrescos y comidas, se separa fácilmente de los otros residuos a través de la utilización de imanes (2).

#### **1.6.1.6 Metales no férreos**

Los metales no férreos reciclables se recuperan de artículos domésticos comunes (muebles de jardín, utensilios y electrodomésticos de cocina, escaleras y elementos de ferretería), de productos de construcción y demolición (alambre de cobre, restos de tuberías, instalaciones eléctricas, chapas de aluminio y ventanas), y de productos grandes de consumo del comercio y la industria (electrodomésticos, automóviles, maquinaria etc.). Virtualmente todos los metales no férreos pueden ser reciclados si están seleccionados y libres de elementos extraños como plásticos, telas y goma (2).

#### **1.6.1.7 Residuos de jardín recogidos separadamente**

En la mayoría de las comunidades, los residuos de jardín se recogen separadamente. El compostaje de los residuos de jardín ha llegado a ser de gran interés, hojas, recortes de césped y arbustos son los residuos de jardín encontrados habitualmente. Los tocones y la madera también son compostables, pero sólo después de haber sido astillados, para conseguir un tamaño más pequeño y uniforme (2).

### **1.6.1.8 Residuos de construcción y demolición**

En muchos lugares actualmente se está procesando los residuos de la construcción y demolición, para recuperar artículos como: astillas de madera, para usar como combustible en instalaciones de combustión por biomasa; agregado para hormigón; metales férreos y no férreos para su refabricación, y tierra para ser usada como material de relleno.

## **1.6.2 Características y condiciones de reciclaje de los componentes de los RSU**

### **1.6.2.1 Papel y Cartón**

Los principales tipos de papel que pueden ser recuperados y reciclados son: papel de periódico, cartón ondulado, papel de alta calidad y papel mezclado. El papel de periódico se divide en cuatro calidades; la clase destintados que se utiliza para el papel de periódico, el papel higiénico, pañuelos de papel y papel de más alta calidad, mientras que las otras clases se utilizan principalmente para la producir cartón y productos para la construcción (2).

El cartón ondulado es la fuente individual más grande de papel residual para el reciclaje. Las cajas de cartón ondulado recicladas se utilizan principalmente para fabricar material para las nuevas cajas de cartón.

Los papeles de alta calidad usados incluyen papel para impresión y fotocopias, papel de cuentas blanco y coloreado. El mercado para este material es estable, por que el papel de buena calidad puede sustituir directamente a la pulpa de madera o puede ser destinada para producir papel higiénico o papeles de hilo de alta calidad. El papel mezclado puede estar formado principalmente por diarios, revistas y diversos papeles con fibras largas. Normalmente el papel

mezclado se utiliza para producir cartón para cajas y productos prensados misceláneos (2).

#### **1.6.2.1 Plásticos**

El crecimiento en el uso de los plásticos se ha producido sobre todo en los productos de consumo, ya que los plásticos han sustituido en parte a los metales y al vidrio como materiales para recipientes y al papel como material de embalaje. Aunque los plásticos conforman un porcentaje más bien bajo del peso de los RSU, conforman el porcentaje más alto en relación al volumen. Los principales tipos de plásticos reciclados actualmente son: politereftalato de etileno (PET 1) y polietileno de alta densidad (PE-HD/2) (2).

Por lo general, los compradores requieren que el plástico usado éste bien seleccionado, razonablemente libre de extraños, de un exceso de humedad y empacado dentro de un rango especificado de tamaño y peso.

#### **1.6.2.2 Vidrio**

El 90% del vidrio es proveniente de botellas ya sean blancas, verdes o ámbar; el 10% restante son principalmente vasos y vidrios de ventanas. Las ventajas de reciclar vidrio incluyen: la reutilización del material y ahorros de energía.

Casi todo el vidrio reciclado se utiliza para producir nuevos recipientes y botellas de vidrio. También se emplea una menor cantidad de vidrio para hacer lana de vidrio o aislamiento de fibra de vidrio, material de pavimentación y productos de construcción.

#### **1.6.2.3 Metales férreos o ferrosos**

Los bienes que normalmente no se desechan en los RSU pero que si están disponibles para su recuperación incluyen: aparatos domésticos e industriales (bienes de línea blanca), electrodomésticos rotos o viejos y vehículos. Otras

fuentes de acero son: tubería cortada o vieja, materiales desechados de la construcción, estanterías, bicicletas etc. Las principales categorías de metales férreos actualmente recuperados de los RSU son botes de hojalata y chatarra metálica (2).

#### **1.6.2.4 Metales no férreos**

Los materiales reciclables son recuperados de artículos domésticos corrientes (electrodomésticos e implementos de cocina, herramientas, ferretería), de proyectos de construcción y demolición (alambre de cobre, tubería, artículos de instalaciones de luz, chapa de aluminio etc.) y de productos grandes comerciales, industriales y de consumo (electrodomésticos electrónicos, automóviles, camiones, aviones y maquinaria). Se pueden reciclar casi todos los metales no férreos, si están seleccionados y se encuentran libres de elementos extraños como plásticos telas y goma. Los metales se seleccionan según el tipo de aleación, y según el proceso de fabricación (por ejemplo, fundido o forjado). Los artículos bien seleccionados pueden ser consolidados y empacados directamente, la chatarra mas compleja como automóviles y electrodomésticos, requiere una combinación de procesos, que incluyen deshuese y selección, compactación y trituración (2).

#### **1.6.2.5 Residuos de jardín recogidos separadamente**

Las principales posibilidades para el reciclaje de residuos de jardín son: compostaje, utilización como combustible biomasa y su manejo como material en cubrición intermedio en rellenos sanitarios y vertederos.

#### **1.6.2.6 Fracción orgánica de los RSU**

Todos los componentes que constituyen la fracción orgánica de los RSU pueden reciclarse, bien separadamente o bien de forma no seleccionada. Las

primeras posibilidades de reutilización y reciclaje para los materiales de la fracción orgánica de los RSU son la producción de: compost, metano, compuestos orgánicos y combustible derivado de los residuos.

#### **1.6.2.7 Residuos de construcción y demolición**

Normalmente los residuos de construcción y demolición no son muy aprovechados para la realización de reciclaje, si se pueden utilizar estos escombros para la construcción de la base de carreteras y caminos y para la cubrición diaria de vertederos y rellenos sanitarios. Entre los materiales que pudieran ser reutilizados se encuentran: restos de asfalto, proveniente de proyectos de repavimentación, hormigón proveniente de caminos, puentes y cimentaciones, residuos de madera que puede ser utilizada para combustible o como fuente de carbono una vez triturada o chipiada para la el proceso de compostaje, además de mezclas asfálticas y metales (2).

#### **1.6.3 Cambios futuros en la composición de los RSU**

En términos de planificación de gestión de residuos sólidos, el conocimiento de las futuras tendencias en la composición de los residuos sólidos es de gran importancia (2). Cuatro componentes de los residuos que tienen una importante influencia sobre la composición de los residuos recogidos son los residuos de comida, papel y cartón, residuos de jardín, y plásticos.

##### **1.6.3.1 Residuos de comida**

La cantidad de residuos domésticos de comida recogidos ha cambiado significativamente a través de los años como resultado de los avances técnicos y de los cambios en la actitud de los consumidores. Un avance tecnológico que ha tenido un efecto significativo es el desarrollo de la industria de

procesamiento y embalaje de comida. El porcentaje de residuos de comida, por peso, ha decrecido del 14% a principios de los sesenta, hasta aproximadamente un 9% en 1992 (2).

#### **1.6.3.2 Papel y cartón**

El porcentaje de papel y cartón encontrado en los residuos se ha incrementado mucho durante la última mitad de siglo, subiendo desde un 20 % en los años 40 hasta un 40 % en 1992. Se espera que el uso de papel y cartón se mantenga estable durante los próximos años (2).

#### **1.6.3.3 Residuos de jardín**

El porcentaje de los residuos de jardín en los RSU también se ha incrementado significativamente durante el último cuarto de siglo, debido principalmente a la imposición de leyes que prohíben quemar residuos de jardín. Por peso, los residuos de jardín actualmente representan cerca del 16 – 24% del flujo de residuos (2). Las condiciones ambientales, tales como sequías y las inundaciones, también han afectado a las cantidades de residuos de jardín recogido en ciertos lugares.

#### **1.6.3.4 Plásticos**

El porcentaje de plástico en los residuos sólidos también se ha incrementado significativamente en los últimos 50 años. El uso de plásticos se ha incrementado desde cantidades casi imperceptibles a principios de los 40, hasta un 7 y 8 %, por peso en 1992 (2). Se prevé que el uso de plásticos continuara incrementándose, pero con una velocidad más lenta en países desarrollados en los últimos 25 años, pero en países en desarrollo continuara su vertiginoso aumento en este mismo lapso de tiempo.

## 1.7 Residuos peligrosos en los RSU

Mientras se extiende la inquietud sobre la evacuación de los residuos peligrosos de origen industrial y hospitalario entre otros, también crece la inquietud sobre la evacuación de los RSU que pueden contener pequeñas cantidades de residuos peligrosos procedentes de viviendas e instalaciones comerciales. Por eso es de vital importancia conocer las características y propiedades de éste tipo de residuos para su posterior gestión y manejo por parte de los organismos pertinentes. Una definición de los residuos peligrosos que es representativa de aquellas que se utiliza en muchos países es:

“Residuos peligrosos son los desechos que requieren precauciones especiales para su almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento o eliminación para evitar daños a personas o propiedades, e incluye residuos explosivos, inflamables, volátiles, radiactivos, tóxicos y patológicos.” (5).

El término residuo peligroso significa: un desecho sólido o combinación de ellos que, a causa de la cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas que puede:

- ✓ Causar o contribuir de manera significativa a un aumento en la mortalidad o un incremento en una enfermedad grave irreversible o reversible que produzca incapacidad; o
- ✓ Plantear un peligro presente o potencial considerable para la salud humana o el ambiente cuando se trata, almacena, transporta, elimina o maneja de alguna otra manera incorrectamente (5).

En la legislación chilena podemos encontrar una definición para éste tipo de desechos en el Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos: “residuo peligroso es el residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para

la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las siguientes características: toxicidad aguda, toxicidad crónica, toxicidad extrínseca, inflamabilidad, reactividad y corrosividad”.

En el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (1999), se entiende por "manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos o de otros desechos" a la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos en el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales desechos.

#### **1.7.1 Propiedades y clasificación de los Residuos Peligrosos**

Las propiedades de los materiales residuales que han sido utilizadas para valorar si un residuo es peligroso o no, están relacionadas con asuntos de salud y seguridad ambiental. El Convenio de Basilea nombrado anteriormente, nos entrega las categorías de residuos peligrosos que hay que controlar, los cuales se entregan a continuación:

- ✓ Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas
- ✓ Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
- ✓ Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
- ✓ Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocida y productos fitofarmacéuticos
- ✓ Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera

- ✓ Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos
- ✓ Desechos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
- ✓ Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados
- ✓ Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
- ✓ Sustancias y artículos de desecho que contengan o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)
- ✓ Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico
- ✓ Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices
- ✓ Desechos resultantes de la producción y utilización de resinas, látex, plastificantes, colas y adhesivos
- ✓ Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
- ✓ Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
- ✓ Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
- ✓ Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
- ✓ Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales

Desechos que tengan como constituyentes:

- ✓ Metales carbonilos
- ✓ Berilio, compuestos de berilio
- ✓ Compuestos de cromo hexavalente
- ✓ Compuestos de cobre
- ✓ Compuestos de zinc
- ✓ Arsénico, compuestos de arsénico
- ✓ Selenio, compuestos de selenio
- ✓ Cadmio, compuestos de cadmio
- ✓ Antimonio, compuestos de antimonio
- ✓ Telurio, compuestos de telurio
- ✓ Mercurio, compuestos de mercurio
- ✓ Talio, compuestos de talio
- ✓ Plomo, compuestos de plomo
- ✓ Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
- ✓ Cianuros inorgánicos
- ✓ Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
- ✓ Soluciones básicas o bases en forma sólida
- ✓ Asbesto (polvo y fibras)
- ✓ Compuestos orgánicos de fósforo
- ✓ Cianuros orgánicos
- ✓ Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
- ✓ Eteres
- ✓ Solventes orgánicos halogenados
- ✓ Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
- ✓ Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
- ✓ Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas
- ✓ Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas anteriormente.

Existen categorías de desechos que requieren una consideración especial:

- ✓ Desechos recogidos de los hogares
- ✓ Residuos resultantes de la incineración de desechos de los hogares (6)

### **1.7.2 Clasificación de los residuos peligrosos según el Convenio de Basilea**

El Convenio de Basilea, entrega una lista de características de peligrosidad de los distintos elementos a considerar:

- ✓ Explosivos: Por sustancia explosiva o desecho se entiende a toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.
- ✓ Líquidos inflamables: Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60,5 °C, en ensayos con cubeta abierta.
- ✓ Sólidos inflamables: Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalencias durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
- ✓ Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea: Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire y que pueden entonces encenderse.

- ✓ Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables: Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
- ✓ Oxidantes: Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
- ✓ Peróxidos orgánicos: Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
- ✓ Tóxicos (venenos) agudos: Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
- ✓ Sustancias infecciosas: Sustancias o desechos que contiene microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
- ✓ Corrosivos: Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
- ✓ Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua: Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
- ✓ Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis.

- ✓ Ecotóxicos: Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
- ✓ Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas (6).

### **1.7.3 Residuos peligrosos típicos de origen domestico**

Muchos de los productos utilizados en la casa, tales como productos de limpieza, aseo personal, productos del automóvil, de pintura y jardín, son tóxicos y pueden ser peligrosos para la salud y el ambiente y generalmente no se tiene consideración de esto. A continuación se presenta la Tabla N° 3, donde se muestran muchos de tales elementos.

**Tabla N°3: Productos peligrosos típicos domésticos.**

<b>Productos</b>	<b>Inquietud</b>	<b>Evacuación</b>
<b>Productos domésticos de limpieza</b>		
Polvos abrasivos	Corrosivos	Instalación para residuos peligrosos
Aerosoles	Inflamables	Instalación para residuos peligrosos
Limpiadores con amoníaco y basados en amoníaco	Corrosivos	Instalación para residuos peligrosos, o diluir en pequeñas cantidades
Lejía de cloro	Corrosiva	Instalación para residuos peligrosos, o diluir en pequeñas cantidades
Desatascadores	Corrosivos	Instalación para residuos peligrosos
Abrillantadores para muebles	Inflamables	Instalación para residuos peligrosos
Limpiacristales	Irritantes	Diluir en pequeñas cantidades
Medicinas caducadas	Peligrosas para el resto de la familia	Diluir en pequeñas cantidades y arrojar al inodoro
Limpia Hornos	Corrosivo	Instalación para residuos peligrosos
Betún para calzado	Inflamable	Instalación para residuos peligrosos

Abrillantador para plata	Inflamable	Instalación para residuos peligrosos
Quitamanchas	Inflamable	Instalación para residuos peligrosos
Limpia inodoros	Corrosivo	Instalación para residuos peligrosos
Limpio moquetas y tapizados	Inflamable y/o corrosivo	Instalación para residuos peligrosos
<b>Productos de cuidado personal</b>		
Productos para ondular el pelo	Venenosos	Diluir en pequeñas cantidades y arrojar al inodoro
Champús médicos	Venenosos	Diluir en pequeñas cantidades y arrojar al inodoro
Quitaesmaltes de uñas	Venenosos, inflamables	Instalación para residuos peligrosos
Alcohol para frotaciones	Venenosos	Diluir en pequeñas cantidades y arrojar al inodoro
<b>Productos de automóvil</b>		
Anticongelante	Veneno	Instalación para residuos peligrosos
Líquido de frenos y de transmisión	Inflamable	Instalación para residuos peligrosos
Baterías de autos	Corrosivas	Centro de reparación/reciclaje
Fuel diesel	Inflamable	Centro de reciclaje
Kerosén	Inflamable	Centro de reciclaje
Gasolina	Inflamable/venenosa	Instalación para residuos peligrosos
Aceite residual	Inflamable	Centro de reciclaje
<b>Productos de pintura</b>		
Pinturas de esmalte, óleo, látex o de agua	Inflamables	Donar o instalación para residuos peligrosos
Disolventes de pinturas	Inflamables	Reutilizar o instalación para residuos peligrosos
<b>Productos misceláneos</b>		
Pilas	Corrosivas	Centro de reciclaje o instalación para residuos peligrosos
Productos químicos para fotografía	Corrosivos, venenosos	Instalación para residuos peligrosos o donar a las tiendas de fotografía
Ácidos y cloro de piscina	Corrosivo	Instalación para residuos peligrosos
<b>Pesticidas, herbicidas y fertilizantes</b>		
Incluyendo insecticidas de jardín, matahormigas y cucarachas, herbicidas domésticos, etc.	Venenosos algunos inflamables	Instalación para residuos peligrosos
Fertilizantes químicos	Venenosos	Instalación para residuos peligrosos
Insecticidas para plantas domésticas	Venenosos	Instalación para residuos peligrosos

**Fuente: (2)**

### **1.7.3.1 Residuos peligrosos de origen comercial**

Los residuos peligrosos producidos por establecimientos comerciales están relacionados en primer lugar con los servicios suministrados, se pueden incluir: tintas de impresora, disolventes de establecimientos de limpieza en seco, disolventes de talleres de automóviles y pinturas, y disolventes de pintura (2).

### **1.7.3.2 Residuos médicos**

Entre los generadores de residuos médicos están los hospitales, las clínicas, laboratorios de investigación y las compañías farmacéuticas. La generación de residuos sólidos en hospitales se estima entre 4,5 y 9,1 [Kg/día] por cama, de los cuales se considera que alrededor del 10% está infectado o puede causar enfermedades. Además de los residuos infecciosos y no infecciosos, casi todos los hospitales también generan residuos químicos, residuos de laboratorios de análisis clínico y ensayos, quimioterapéuticos y orgánicos (disolventes) (5).

### **1.7.4 Cantidades de residuos peligrosos en los RSU**

Para establecer una perspectiva en el asunto de los residuos peligrosos en los RSU, se estima que la cantidad de residuos peligrosos encontrados en los RSU varía desde 0,01 hasta un 1 % por peso, con un valor típico de 0,1 % (2). Aunque la distribución exacta entre el origen doméstico y comercial es bastante variable, aproximadamente del 75 al 85% de los residuos peligrosos encontrados en los RSU son de origen doméstico (2).

### **1.7.5 Manipulación, almacenamiento y eliminación de residuos peligrosos en domicilios (RPD)**

La manipulación y almacenamiento de residuos peligrosos domésticos depende de la naturaleza del producto. La evacuación de los RPD está de momento sin regulación en Chile. Como consecuencia, muchos de los productos dentro de las diversas categorías genéricas a menudo son almacenados y una vez utilizados, evacuados incorrectamente. La única forma eficaz de tratar los RPD es educar a los ciudadanos sobre el uso, almacenamiento y evacuación correctos de los RPD y proporcionarles opciones convenientes para la evacuación de residuos (2).

Para reducir la toxicidad de los RSU no seleccionados, la mayoría de las comunidades han intentado eliminar todas las descargas de residuos peligrosos de las instalaciones comerciales. La clave para la eliminación de los residuos peligrosos procedentes de actividades comerciales es la disponibilidad de instalaciones en la comunidad o región para la manipulación y procesamiento de residuos peligrosos (2).

Como en el caso de la gestión y manejo de los residuos peligrosos, la EPA ha propuesto una jerarquía de prácticas preferidas para el manejo de residuos peligrosos. Estas son, en orden de prioridad (2).

1. Reducción de la cantidad de residuos
2. Separación y concentración de los residuos
3. Intercambio de residuos
4. Recuperación de energía/materiales
5. Incineración/tratamiento
6. Eliminación en rellenos sanitarios (2).

## **1.8 Impactos Ambientales provocados por la generación de RSU**

El manejo inadecuado de los residuos sólidos puede generar significativos impactos negativos para la salud humana. Los residuos son una fuente de transmisión de enfermedades, ya sea por vía hídrica, por los alimentos contaminados por moscas y otros vectores. Si bien algunas enfermedades no pueden ser atribuidas a la exposición de los seres humanos a los residuos sólidos, el inadecuado manejo de los mismos puede crear condiciones en los hogares que aumentan la susceptibilidad a contraer dichas enfermedades (7).

Otro de los efectos ambientales más evidentes del manejo inadecuado de los RSU lo constituye el deterioro estético de las ciudades y del paisaje natural, con la consecuente devaluación, tanto de los predios donde se localizan los tiraderos como de las áreas vecinas por el abandono y la acumulación de basura, siendo uno de los efectos fácilmente observados por la población, sin embargo, de los efectos ambientales más serios, es la contaminación del suelo y cuerpos de agua, ocasionada por el vertimiento directo de los RSU, así como por la infiltración del lixiviado (producto de la descomposición de la fracción orgánica contenida en los residuos y mezclada muchas veces con otros residuos de origen químico) (7).

El depósito de los RSU en arroyos y canales o su abandono en las vías públicas, puede causar la erosión de suelos e impedir la recarga de acuíferos, la proliferación de fauna nociva transmisora de enfermedades, la modificación de las características naturales de los sistemas de arroyos, la disminución de los caudales y durante la época de lluvia se provoca la obstrucción de los sistemas de drenaje y alcantarillado, generando inundaciones, ocasionando con ello pérdida de cultivos, bienes materiales y más aún, de vidas humanas,

además de contribuir al arrastre de materiales y por lo tanto, a la pérdida gradual de las condiciones de los suelos por la erosión hídrica.

Los contaminantes biológicos y químicos de los residuos son transportados por el aire, agua, suelos, y pueden contaminar residencias y alimentos representando riesgos a la salud pública y causando contaminación de los recursos naturales. Las poblaciones más susceptibles de ser afectadas son las expuestas que viven en los asentamientos pobres de las áreas marginales urbanas y que no disponen de un sistema adecuado de recolección domiciliaria regular. Otro grupo de riesgo es el de las personas que viven en áreas contiguas a basurales clandestinos o vertederos abiertos (7).

La disposición final de residuos en un vertedero a cielo abierto, constituye una amenaza para la salud pública, principalmente por la proliferación de vectores. En un botadero abierto es común la presencia de animales que se alimentan con los residuos descartados y que muchas veces amenazan la seguridad de la aviación civil, cuando están en las proximidades de los aeropuertos (7).

El polvo transportado por el viento desde un botadero a cielo abierto puede portar patógenos y materiales peligrosos. En estos sitios, durante la biodegradación o quema de la materia orgánica se generan gases orgánicos volátiles, tóxicos y algunos potencialmente carcinógenos (por ejemplo, bencina y cloruro vinílico), así como subproductos típicos de la biodegradación (metano, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono). El humo generado de la quema de basura en vertederos abiertos constituye un importante irritante respiratorio e influye en que las poblaciones expuestas sean mucho más susceptibles a las enfermedades respiratorias (7).

### **1.8.1 Impactos sobre el medio ambiente natural**

La importancia de los impactos ambientales asociados a los residuos sólidos depende de las condiciones particulares de la localización, geomorfología, y demás características de los medios físico, biótico y antrópico, así como las características de los materiales desechados. De una manera general el mal manejo de los residuos sólidos pueden producir impactos sobre las aguas, el aire, el suelo, la flora y la fauna y ecosistemas.

### **1.8.2 Contaminación de los recursos hídricos**

El vertimiento de residuos sólidos sin tratamiento puede contaminar las aguas superficiales o subterráneas, además de ocasionar inundaciones por obstrucción de los canales de drenaje y alcantarillado. La contaminación de las aguas superficiales se manifiesta en forma directa con la presencia de residuos sobre los cuerpos de agua, incrementando de esta forma la carga orgánica con la consiguiente disminución de oxígeno disuelto, incorporación de nutrientes y la presencia de elementos físicos que imposibilitan usos ulteriores del recurso hídrico y comprometen severamente su aspecto estético (7).

En forma indirecta, la escorrentía y lixiviados provenientes de los sitios de disposición final, incorpora tanto a las aguas superficiales, como a los acuíferos, contaminantes caracterizados por altas concentraciones de materia orgánica y sustancias tóxicas. La contaminación de los cursos de agua puede significar la pérdida del recurso para consumo humano o recreación, ocasionar la muerte de la fauna acuática y el deterioro del paisaje.

### **1.8.3 Contaminación atmosférica**

Los principales impactos asociados a la contaminación atmosférica son los olores molestos en las proximidades de los sitios de disposición final y la generación de gases asociados a la digestión bacteriana de la materia orgánica, y a la quema. La quema al aire libre de los residuos o su incineración sin equipos de control adecuados, genera gases y material particulado, tales como, furanos, dioxinas y derivados organoclorados, problemas que se acentúan debido a la composición heterogénea de residuos con mayores tenores de plásticos (7).

### **1.8.4 Contaminación del suelo**

La descarga y acumulación de residuos en sitios urbanos o rurales producen impactos estéticos, malos olores y polvos irritantes. El vertimiento de residuos en sitios frágiles o inestables y en depresiones causadas por erosión puede ocasionar derrumbes de franjas de morros y residencias construidas en áreas de riesgo o suelos con pendiente. Además, el suelo que subyace los desechos sólidos depositados en un botadero a cielo abierto o en un relleno sanitario se contamina con microorganismos patógenos, metales pesados, sustancias tóxicas e hidrocarburos clorinados que están presentes en el lixiviado de los desechos (7).

### **1.8.5 Amenazas a flora y fauna**

Los impactos ambientales directos sobre la flora y fauna se encuentran asociados, en general, a la remoción de la flora y a la perturbación de la fauna nativa durante la fase de construcción, y a la operación inadecuada de un sistema de disposición final de residuos (7).

### **1.8.6 Alteraciones del medio antrópico**

El aspecto sociocultural tiene un papel crítico en el manejo de los residuos. Uno de los principales problemas es la falta de conciencia colectiva y/o conductas sanitarias por parte de la población para disponer sus residuos, dejándolos abandonados en calles, áreas verdes, márgenes de los ríos, playas, deteriorando así las condiciones del paisaje existente y comprometiendo a la estética y al medio (7).

Por otro lado, la degradación ambiental conlleva costos sociales y económicos tales como la devaluación de propiedades, pérdida de turismo y otros costos asociados, tales como, la salud de los trabajadores y de sus dependientes. Impactos positivos pueden ser la generación de empleos, el desarrollo de técnicas autóctonas, de mercados para reciclables y materiales de reuso.

### **1.9 Gestión Ambiental Municipal**

Chile, al igual que muchos países ha entrado en un acelerado proceso de desarrollo, presenta un alto volumen de su población que reside en áreas urbanas consolidadas y en proceso de consolidación. Estos habitantes demandan de la ciudad infraestructura y servicios los que, generalmente, no crecen al ritmo que lo hacen estos requerimientos (8). Si bien la producción de residuos domiciliarios es una característica de toda la población, los mayores volúmenes se concentran en las áreas urbanas consolidadas, en las cuales su manejo presenta los mayores desafíos (8).

Desde el punto de vista institucional, existe en el país una gran diversidad de estructuras administrativas en relación con el sector de la gestión de RSU si bien, el responsable de asegurar el servicio de aseo urbano a la comunidad es el municipio. En las grandes ciudades se aprecia una tendencia creciente a abordar la entrega del servicio de aseo urbano mediante esquemas de tipo empresarial, lo que se traduce en que en alrededor del 40% de los casos se opere a través de empresas municipales autónomas y en otro 30% se recurra a la contratación, por parte del municipio, de empresas privadas, presentando esta última modalidad un claro incremento en la actual década. En ciudades medianas y pequeñas el servicio es en la mayoría de los casos operado directamente por el municipio, si bien se puede constatar que también existe una tendencia creciente a la contratación de empresas privadas.

Conforme al Diagnóstico de la situación de Salud Ambiental, elaborado anualmente por el Ministerio de Salud, el 99% de la población urbana cuenta con servicios de recolección, porcentaje en el cual la ciudad de Santiago tiene un peso relevante, ya que genera prácticamente la mitad de los RSU del país. Analizada la situación de la disposición final en relación al número de localidades urbanas que disponen de relleno sanitario, este porcentaje desciende al 47% de las 409 localidades urbanas existentes en el país (9).

Las instituciones que participan en el sector a nivel nacional son el Ministerio de Interior, el Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y el Ministerio de Planificación y Cooperación. A nivel local intervienen los municipios y la Autoridad Sanitaria a través de los Departamentos de Programas del Ambiente (DPA). Al igual que en la mayoría de los países de la región, las funciones de aseo público se debilitan grandemente en los municipios de tamaño mediano y pequeño, lo que se traduce en menores coberturas de recolección y en un predominio de la disposición final en basurales a cielo abierto.

### **1.9.1 Marco Legal**

Para entender el por que las municipalidades deben hacerse cargo de la gestión de los RSU, desde su retiro a su disposición final nos basamos en la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, N° 18.695, artículo 21, la que define como atribuciones privativas de cada municipio las siguientes:

- ✓ Velar por el aseo de las vías públicas, parques, plazas, jardines, la clasificación de residuos sólidos y, en general, de los bienes nacionales de uso público existentes en la comuna.
- ✓ Velar por el servicio de extracción de basura; la construcción, conservación y administración de las áreas verdes de la comuna.

Por otra parte, le asigna atribuciones compartidas con otros servicios públicos en materias de salubridad e higiene ambiental. Ello obliga a la gestión de cada municipio en aspectos como la disposición final de los residuos y los procesos intermedios y a que se complemente, coordine o este sujeto parcialmente a otros entes u organismos responsables en el nivel regional y nacional.

Para entender mejor la gestión de los residuos sólidos hay que partir por la legislación ambiental, que permite definir el marco legal en el cual se mueve la Gestión Ambiental Municipal y el por que se regula y exige a los municipios chilenos la gestión de los RSU generados en su comuna. A continuación se presentan los principales cuerpos legales y sus alcances en materia ambiental.

## **1. Ley N° 19.300 Bases del Medio Ambiente**

Éste cuerpo legal indica en su Artículo 54, son titulares de la acción ambiental las municipalidades y el Estado, además en su Artículo 56, señala que corresponderá a las municipalidades en conformidad con su ley orgánica constitucional requerir la aplicación de sanciones a los responsables de fuentes

emisoras que no cumplan con las normas. El Artículo 65 señala que sin perjuicio de lo establecido en la Ley Orgánica de Municipalidades y en otras normas legales, las municipalidades recibirán las denuncias que formulen los ciudadanos por incumplimiento de las normas ambientales y las pondrán en conocimiento del organismo fiscalizador competente. Además de la participación que tiene el municipio en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

La Ley Nº 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente otorga nuevas funciones y atribuciones a las municipalidades, las que difícilmente podrán ser asumidas por estas a menos que desarrollen una estructura orgánica adecuada para dichos fines (9).

## **2. Ley Nº 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades (LOCM)**

Éste cuerpo legal indica que las municipalidades tienen atribuciones privativas sobre transporte y tránsito público, construcción y urbanización, planificación, regulación urbano, aseo y ornato de la comuna (Artículo 3º). Todos estos aspectos inciden claramente sobre el medio ambiente y los residuos sólidos.

Agrega este mismo cuerpo legal, que las municipalidades podrán desarrollar directamente o con otros órganos de la administración del estado, funciones relacionadas, entre otras, con la protección del medio ambiente, el transporte y tránsito público, la vialidad urbana y rural, y la urbanización (Artículo 4º).

Por otra parte, el Artículo 5º letra j de la LOCM señala que las municipalidades tendrán, además, las atribuciones no esenciales que les confieren las leyes o que se versen sobre las materias que la Constitución Política de la República, entre otras, la de colaborar en la fiscalización y el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias correspondientes a la protección del

medio ambiente, en los límites comunales, sin perjuicio de las potestades, funciones y atribuciones de otros organismos públicos.

La Ley orgánica de Municipalidades, señala como una atribución privativa de cada municipio el cuidado del aseo y ornato de la comuna. Por otra parte, le asigna atribuciones compartidas con otros servicios públicos en materias de salubridad e higiene ambiental. Ello obliga la gestión de cada municipio en aspectos como que la disposición final de los residuos y los procesos intermedios se complemente, coordine, o se sujete parcialmente, a entes u organismos responsables de los niveles regional y nacional, tales como las intendencias u oficinas regionales del Ministerio del Interior (9). Para complementar esto están las ordenanzas de Aseo, las que deben reglamentar:

- ✓ La limpieza de las vías públicas
- ✓ La recogida de las basuras.
- ✓ El almacenamiento de las basuras.
- ✓ El uso de recipientes.
- ✓ La evacuación de las basuras (9).

### **3. Código Sanitario**

El Ministerio de Salud a través del Código Sanitario establece la obligatoriedad que tienen los municipios de retirar todos los residuos, sin distinción, dejados en la vía pública. De acuerdo a los artículos 4º y 11º de éste cuerpo legal, corresponde a las municipalidades en el orden sanitario prever la limpieza de los sitios públicos; recolectar, transportar y eliminar por métodos adecuados las basuras, residuos y desperdicios que se depositen o se produzcan en la vía urbana; velar por el cumplimiento de las disposiciones sobre higiene que se establecen en la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización; reglamentar y controlar las condiciones de limpieza y conservación de casa-

habitación, fábricas y otros lugares públicos y particulares y proveer de la limpieza y conservación de los canales, acequias y bebederos.

El Código Sanitario, establece en su párrafo III, Artículo 11 las atribuciones municipales de carácter sanitario. En lo referente a la limpieza señala que los municipios deberán:

- ✓ Proveer a la limpieza y a las condiciones de seguridad de sitios públicos, de tránsito y de recreo.
- ✓ Recolectar, transportar y eliminar las basuras, residuos y desperdicios que se depositen o produzcan en la vía urbana por métodos adecuados a juicio del Sistema Nacional de Servicios de Salud.
- ✓ Reglamentar y controlar las condiciones de limpieza y conservación exterior de las viviendas, fabricas, edificios públicos, cuarteles, conventos, teatros y otros locales públicos y particulares.
- ✓ Proveer a la limpieza y conservación de los canales, acequias y bebederos, considerando además las condiciones de seguridad necesarias para prevenir accidentes (9).

El citado código, en los artículos del 78 al 81, reglamenta que facultades de los organismos de salud pueden ser delegadas en las municipalidades:

- ✓ Provisión de condiciones de saneamiento y seguridad relativas a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios.
- ✓ Autorización para vehículos destinados a transportar basuras y desperdicios.
- ✓ Fijación de condiciones de eliminación de sustancias tóxicas.
- ✓ Determinación de los métodos de recolección, transporte y disposición final de basuras municipales (9).

#### **4. Código de Aguas**

Éste cuerpo legal también establece algunas normas relacionadas con las municipalidades y la incidencia ambiental, así el artículo 92º dispone que se prohíba botar a los canales sustancias, basuras, desperdicios y otros objetos similares, que alteren la calidad de las aguas. Será responsabilidad de las municipalidades respectivas, establecer las sanciones a las infracciones de este artículo y obtener su aplicación. Además, dentro del territorio urbano de la comuna las municipalidades deberán concurrir a la limpieza de los canales obstruidos por basuras, desperdicios u otros objetos botados en ellos.

#### **5. Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos (2004)**

Éste Reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos.

#### **6. Reglamento Sobre Normas Sanitarias Mínimas Municipales, DS Nº 4.740.**

Éste reglamento contiene las diversas obligaciones municipales vinculadas al aseo de calzadas, contaminación atmosférica, riego de aceras, basuras, etc.

#### **7. DL. Nº 3.516 que establece normas sobre división de predios rústicos**

Esta normativa otorga facultad de fiscalización y control a las municipalidades sobre la expansión urbana y el uso de suelos.

## **8. Resolución N° 2444 Ministerio de Salud, Normas sanitarias mínimas para la operación de basurales**

Establece las condiciones mínimas de higiene, personal y operación, que deberán poseer los vertederos, basurales y rellenos sanitarios existentes en el país. En un futuro próximo esta Resolución será reemplazada por un Reglamento para rellenos sanitarios el cual se encuentra en vías de aprobación.

Como se puede apreciar la legislación ambiental municipal en el tema de los RSU es muy amplia, difusa y a veces hasta subjetiva pero se destaca por sobre todas las cosas el rol del municipio en el manejo de sus basuras.

### **1.9.2 Gestión y manejo de los RSU en Chile**

La gestión integral de residuos es una actividad que sólo puede ser exitosa si involucra a toda la sociedad. Por lo tanto, una Política de Manejo de RSU, debería abarcar los distintos aspectos de la vida social que tienen una contribución significativa en su generación, recolección, transporte y disposición final, así como a las actividades directamente destinadas a minimizar los residuos o su impacto ambiental (8).

La estructuración de las operaciones municipales en torno al tratamiento de basuras debe resultar de una planificación integrada de los distintos componentes de la limpieza comunal. Las prestaciones de servicios deben ser analizadas a la luz de los estudios de factibilidad técnico-económico-sanitaria, que aseguren su realización adecuada por parte del ente responsable (9).

Para el año 2003 se estimó que la cantidad de RSU depositados en los Rellenos Sanitarios, vertederos controlados e incontrolados llegó a 6.000.000 [Ton/año], lo que equivale a una producción per cápita de 1,1 [Kg\*hab/día]. Hasta el 2002, el 50% de los residuos generados en el país se llevaba a rellenos sanitarios, al año 2003, de las 287 instalaciones de disposición final solo 130 contaban con Autorización Sanitaria y 35 con Resolución de Calificación Ambiental (RCA). En estas 35 instalaciones con RCA se deposita cerca del 62% de los 6 millones de toneladas de residuos producidas.

Este accionar comprende el retiro de suciedades de la vía pública, de las basuras domésticas y los desechos voluminosos. Para cada uno de estos servicios se debe seleccionar los métodos adecuados en relación con los usuarios, la tecnología disponible y las características específicas de la localidad, sea urbana o rural.

Las basuras domésticas y desechos voluminosos deben ser manejados conforme a sus propias características físicas y químicas, referidas a su composición porcentual de materia orgánica, grado de humedad, densidad, etc. Estas características son clave para determinar los métodos de almacenamiento o acopio, de tratamiento y de disposición final, y pueden ser determinantes en la selección de los equipos de compactación para los vehículos de transporte y las estaciones de transferencia (9).

### **1.9.3 Alternativas para el tratamiento de RSU utilizadas en Chile**

#### **1.9.3.1 Relleno Sanitario**

Esta técnica es, actualmente en Chile, la alternativa más común de disposición de basura. Consiste en confinar los residuos bajo tierra, adoptando estrictas medidas de higiene para no perjudicar al medio ambiente ni ocasionar molestias o peligros para la salud y seguridad pública.

Éste método utiliza principios de ingeniería sanitaria para confinar las basuras en la menor superficie posible. Reduciendo su volumen al mínimo practicable. La basura así depositada se cubre con una tapa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos una vez al día al finalizar la jornada.

La definición más aceptada de relleno sanitario es la dada por la sociedad de ingenieros civiles (ASCE) ; Relleno sanitario es una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, método éste, que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, para cubrir los residuos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final de cada jornada.

Los rellenos sanitarios además de recibir los residuos generados diariamente desde los centros de producción, reciben los rechazos y/o residuos de plantas procesadoras, los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas, el material particulado y cenizas volantes retenidas en filtros o sistemas de purificación de gases, material confiscado o decomisado en aduana o por la autoridad sanitaria, etc.

Por la dificultad técnica y la gran sensibilidad del tema, la disposición final de la basura debe resultar de un trabajo coordinado entre los distintos actores involucrados, tanto las unidades del propio municipio como las entidades del poder regional y central. Los requerimientos técnicos necesarios para el diseño de un relleno sanitario se deben definir conjuntamente con la Autoridad Sanitaria regional. Siempre se debe asignar la mayor prioridad posible a la participación ciudadana afectada (9).

Los criterios para localizar las instalaciones de disposición de residuos deberían ser desarrollados en conjunto por las autoridades locales y las regionales, tales como el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Secretarías Regionales de Planificación y Coordinación (SERPLAC), Dirección General de Aguas, Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMA) y la Autoridad Sanitaria.

Los procedimientos básicos para la construcción de un relleno sanitario dependen de las condiciones del emplazamiento, tales como topografía, características del suelo y nivel freático. Uno de los primeros pasos en la búsqueda de terrenos para estas instalaciones es la consulta de los catastros de pluviométrica y planes topográficos de los terrenos en consideración.

Características idóneas del sitio para la ubicación de un relleno:

- ✓ Terreno sin quebradas, que dificulten su manejo.
- ✓ Condiciones de seguridad respecto de las aguas superficiales.
- ✓ Adecuadas características de los suelos en cuanto a su permeabilidad (para evitar la contaminación de napas de aguas subterráneas), prefiriendo terrenos que tengan importantes grados de impermeabilidad.
- ✓ Adecuada accesibilidad y distancia relativa a los centros de generación de residuos.
- ✓ No interferencia con zonas de restricción o riego.
- ✓ Ubicación favorable respecto de los centros poblados cercanos en términos del sentido de los vientos.
- ✓ Inocuidad para la población cercana.
- ✓ Protección de suelos de especial aptitud agrícola.

Nuestra legislación sanitaria requiere que estas instalaciones mantengan una distancia mínima de 300 metros de viviendas existentes y 600 metros de zonas habitacionales, con excepción expresada por resolución de la Autoridad Sanitaria. (9).

El parámetro básico de diseño de un relleno es el volumen. Este depende del área cubierta, la profundidad a la cual los residuos son depositados, y el radio de material de cobertura y residuo. Generalmente todo diseño de relleno incluye algunas obras comunes. Zonas buffer y pantallas perimetrales son necesarias para aislar el relleno de los vecinos y el sitio. Son necesarios cercos perimetrales para evitar el acceso no autorizado al sitio, se requiere un cuidadoso mantenimiento del frente de trabajo.

#### **1.9.3.1.1 Impermeabilización del Relleno Sanitario**

Teniendo en consideración las características de los componentes en los líquidos percolados, es indiscutible que estos pueden contaminar las aguas y los suelos con los cuales entran en contacto. Llevar este contacto a un nivel mínimo de modo que las características de la napa no sufran grandes variaciones y que el uso actual o eventual de ella no sea afectado, es perfectamente posible. El escurrimiento de las aguas subterráneas, por lo general, es laminar, lo que hace que la dispersión del contaminante sea por difusión y no por dilución, y como las velocidades de las napas y las tasas de difusión son bajas, hacen que configure una zona de contaminación bastante peligrosa.

Los contaminantes de origen orgánico son los más abundantes en los líquidos percolados, pero ellos van perdiendo esa característica en el transcurso del tiempo. Por otra parte, es un hecho comprobado que gran parte de ellos quedan retenidos al tener que pasar por un medio arcilloso, contribuyendo en gran medida a aumentar la impermeabilidad del medio.

El uso de arcilla como medio impermeabilizante es bastante común en Chile, la capa de arcilla compactada, deberá mantenerse permanentemente húmeda para evitar su agrietamiento, hasta que se cubra con basura, por lo que se recomienda construir esta impermeabilidad sólo con la extensión necesaria para ejecutar con comodidad el relleno sanitario. Últimamente se ha empleado la arcilla en espesores de 20 a 30 cm con polietileno de alta densidad entre medios, el espesor de este polietileno oscila entre 1 y 2 mm.

Otras geomembranas bastante usadas son el polietileno cloro sulfonado (Hypalon) y el polivinil clorado (PVC), en ocasiones las geomembranas son usadas con geotextiles (tejidos esponjosos) con el fin de protegerlas de desgarramientos y/o punzonamientos.

Como consecuencia de la impermeabilización del relleno sanitario, se acumulan en este una gran cantidad de líquidos percolados, los cuales deben ser manejados en forma apropiada. Es importante tener en el relleno sanitario los elementos necesarios para mantener un control total de los lixiviados, estos pueden ir desde almacenamientos en lagunas para luego recircularlos con equipos de bombeo, hasta sistemas de drenaje al interior del relleno, depósitos de almacenamiento y tratamiento químico y/o biológico.

### **1.9.3.1.2 Producción de biogás**

Cuando los residuos se descomponen en condiciones anaeróbicas, se generan gases como subproductos naturales de esta descomposición. En un relleno sanitario, la cantidad de gases producidos y su composición depende del tipo de residuo orgánico, de su estado y de las condiciones del medio que pueden favorecer o desfavorecer el proceso de descomposición.

Por lo general, los componentes principales del biogás son el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), en proporciones aproximadamente iguales, constituyendo normalmente más del 97% del mismo. Ambos gases son incoloros e inodoros, por lo que son otros gases, como el ácido sulfhídrico y el amoníaco los que le otorgan el olor característico al biogás y permiten su detección por medio del olfato.

En los rellenos sanitarios, se utilizan varios niveles de celdas para dar disposición a los residuos, por lo que es probable que se tenga una producción continua de biogás después de algunos años de haber sido cerrado el recinto. Por esta razón resulta conveniente instalar chimeneas de drenaje, distante 20 a 25 mt entre sí, lo que permite determinar lo que se denomina radio de influencia (distancia desde el centro de la chimenea que es influenciada por el drenaje).

### **1.9.3.2 Compostaje**

Es un proceso de tratamiento mediante el cual la acción bacteriológica de microorganismos contenidos en la basura orgánica produce una oxidación natural, dando origen a un material similar al humus que es un excelente fertilizante natural (9). El compostaje es la descomposición de la materia orgánica por microorganismos en un ambiente con condiciones aerobias controladas, facilitando un incremento de la temperatura (entre 55 y 60°C) para destruir los patógenos. Los niveles de oxigenación y de humedad de este

proceso también son controlados para reducir el potencial de producción de malos olores. El rango de pH del compost es de 6.5 a 8, lo que favorece el crecimiento saludable de las plantas y ayuda a la capacidad de retención de agua.

Si bien, éste método tiene la limitación de que sólo los desechos orgánicos pueden ser tratados, es una buena opción para reducir la cantidad de residuos que lleguen a los rellenos sanitarios, aspecto especialmente importante para los municipios. Por otra parte, trae ventajas para los municipios rurales, ya que recupera la fertilidad de los campos y evita su erosión, debido al aumento de la materia orgánica que otorga el compost correctamente elaborado y aplicado (9).

El compostaje es un proceso, sumamente eficaz en la descomposición y estabilización de la materia orgánica como consecuencia de las actividades metabólicas combinados de una amplia gama de microorganismos fundamentalmente bacterias y hongos, cuyo crecimiento está condicionado, entre otros factores, por la temperatura de la masa, el porcentaje de humedad y la concentración de oxígeno así como la naturaleza variable del sustrato.

Previo a cualquier proceso de compostaje, es esencial efectuar la clasificación de residuos, separando cualquier elemento que contenga metales pesados, que pueden producir contaminación de suelos y napas.

La escasa difusión del compostaje en Chile obedece a que su producto aun no tiene un mercado definido. Sin embargo, es un proceso que deberían estudiar los municipios junto al reciclaje. En el corto plazo, ambos sistemas se convertirán en opciones más rentables y factibles de implementar a nivel comunal, debido al alejamiento de los rellenos sanitarios y a la falta de terrenos adecuados para estas instalaciones.

### **1.9.3.3 Lombricultura**

Otro método orgánico para tratar la basura es la biodegradación aerobia con el uso de lombrices. Consiste básicamente en preparar canchas de superficie variable y de unos 50 cm de profundidad. En ellas se depositan las lombrices y, sobre ellas, tierra mezclada con los desechos orgánicos y vegetales. En su propio desarrollo y reproducción la lombriz aprovecha estos elementos y los transforma en un humus muy rico en proteínas y minerales necesarios para el crecimiento de cualquier especie vegetal (9).

La lombricultura ha alcanzado cierto desarrollo, especialmente en comunas agrícolas, donde varias parcelas particulares han adoptado este método como una forma de tratar los desechos orgánicos y vegetales, aprovechando el humus producido en sus propias plantaciones de flores y árboles.

### **1.9.3.4 Incineración**

La incineración de RSU consiste en términos generales, en someter a los residuos a altas temperaturas, en presencia de oxígeno, logrando de esta manera la oxidación de los compuestos y elementos combustibles presentes. Éste proceso se realiza en instalaciones especialmente diseñadas para estos efectos, donde se controlan las variables más significativas como temperatura, aporte de oxígeno y alimentación de materiales combustibles, obteniéndose, al término del proceso, gases y partículas que se eliminan a través de chimeneas y cenizas y escorias que permanecen como residuos sólidos inertes. Es un sistema muy costoso de operar por las grandes cantidades de combustible que gasta. Su uso en nuestro país ha quedado limitado sólo a cementerios para la cremación de cadáveres y para desechos patológicos de hospitales (9). En algunos establecimientos de salud existen instalaciones de incineración de residuos, sin embargo la mayoría de ellas no cuenta con sistemas adecuados

para el control de emisiones, por lo que no cumple con la normativa vigente en lo que refiere a conservar la pureza del aire y evitar en él la presencia de materia u olores que constituyan una amenaza para la salud, seguridad o bienestar del hombre o que tengan influencia desfavorable sobre el uso y goce de los bienes.

#### **1.9.3.5 Reciclaje**

Cuando en la basura hay un alto contenido de papeles, cartones y plásticos, la alternativa más aconsejable es el reciclaje, definido como el proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o consumo, sea el mismo que lo generó u otro.

El proceso de reciclaje parte de segregar todo elemento recuperable, y luego reutilizarlo o someterlo a un tratamiento específico para elaborar un nuevo producto. La tecnología existente en Chile permite reciclar los envases de bebidas retornables. El papel y cartón son sometidos a un proceso de limpieza y molienda con cantidades mínimas de materia prima de celulosa, dando por resultado la fabricación de nuevos embalajes y tipos de papel. Principios similares se emplean para el vidrio molido y los diferentes tipos de plásticos, metales, etc. (9).

El primer paso consiste en la separación de los residuos en el domicilio y la consiguiente recolección selectiva, para lo cual toda campaña de reciclaje debe enfatizar el contacto con el público, mediante un atractivo programa de participación. Idealmente, un proyecto de reciclaje municipal se implementa paralelamente con la fabricación de compost, como una forma de reciclar la materia orgánica.

#### **1.9.3.5.1 Ventajas de estas alternativas para el municipio:**

- ✓ Entrega a los vecinos la posibilidad de contribuir a solucionar el vasto problema ecológico, económico y social que causan los residuos.
- ✓ Fomenta la participación vecinal en el diseño de una campaña municipal.
- ✓ Permite la puesta en funcionamiento de un sistema útil y activo de educación, tanto a nivel escolar como vecinal.
- ✓ Crea empleos en actividades socialmente muy útiles.
- ✓ Evita la contaminación y degradación del entorno producidas por soluciones antiecológicas, como la incineración, vertederos incontrolados, etc.
- ✓ Eventualmente, puede entregar ingresos adicionales obtenidos por la venta de los materiales recuperados, los que pueden ser gastados en directo beneficio de la comunidad (9).

Es recomendable que los programas de reciclaje comunal sean acompañados por esfuerzos educativos, desarrollados conjuntamente por las municipalidades, con los departamentos de saneamiento básico de la Autoridad Sanitaria y con los consultorios de salud municipalizados.

## 2- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gestión de los RSU es un problema de carácter mundial que asume dimensiones críticas para la mayoría de los municipios. Factores como el crecimiento demográfico, la industrialización y el estilo de vida desechable, no sólo nos han llevado al incremento en la generación de residuos, sino que han favorecido el aumento del problema, ya sea por su concentración geográfica o por la inserción de residuos cada vez más peligrosos y menos biodegradables.

La responsabilidad del manejo de los RSU en Chile, recae en los municipios, los que frecuentemente no están preparados para enfrentar esta tarea por la falta de personal adecuado y de una gestión ambiental acorde con las necesidades del siglo XXI. Aunque en los últimos años se han logrado mejoras, una gran cantidad de residuos continúa arrojándose de manera clandestina y sin control agravando la situación. En la actualidad, el manejo de los RSU, se enfoca esencialmente al tema de la disposición final, sin considerar las etapas previas. Debido a problemas asociados a los costos de transporte y disposición, así como la capacidad de los rellenos sanitarios, se torna indispensable dar más atención a todas las etapas de manejo de estos residuos.

Específicamente, la comuna de Villa Alemana, ha tenido una expansión demográfica del orden del 25 % en los últimos 10 años, lo que ha provocado un gran aumento en la generación de residuos, alcanzando una producción de 100 [Ton/día], donde cerca del 60% corresponde a materia orgánica y un 18% a plásticos. Villa Alemana al poseer un vertedero que no tiene el personal, las instalaciones ni la operación adecuada a los requerimientos establecidos en la Resolución 2444, Normas Sanitarias Mínimas para la operación de Basurales, del Ministerio de Salud, expone a su población a graves problemas sanitarios y ambientales, los que pueden y deben ser solucionados con una eficiente gestión y manejo de los residuos.

### 3- OBJETIVO GENERAL

Contribuir a solucionar los problemas de gestión y manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU), en la comuna de Villa Alemana.

#### 3,1- OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Recopilar antecedentes para realizar un diagnóstico ambiental sobre la situación actual del manejo y gestión de los residuos sólidos urbanos en Villa Alemana.
2. Realizar un Diagnóstico ambiental sobre la gestión y manejo de los RSU en el vertedero de Villa Alemana, basándose en una Auditoria Ambiental de la normativa aplicable.
3. Diseñar alternativas para la gestión y manejo de los RSU en la comuna de Villa Alemana.
4. Seleccionar la mejor combinación de alternativas para la gestión y manejo de los RSU en la comuna de Villa Alemana.

## 4 - METODOLOGÍA

(1) En el proceso de investigación, el diagnóstico ambiental se dividió en cuatro etapas:

**ETAPA 1:** Recabar información acerca de la comuna de Villa Alemana.

**Actividades:** Se llevaron a cabo visitas a distintos estamentos y servicios de la municipalidad, además de búsquedas en la biblioteca pública “Paul Harris” y en Internet, para encontrar información demográfica, como también las características climatológicas y territoriales de la comuna.

**ETAPA 2:** Recopilación antecedentes sobre la gestión municipal en el manejo de RSU.

**Actividades:** Se realizó una búsqueda, en bibliotecas universitarias, Servicios Públicos, como en Internet sobre experiencias realizadas en la implementación de planes de manejo y gestión de RSU.

**ETAPA 3:** Búsqueda de información sobre la gestión comunal en el manejo de RSU en la comuna de Villa Alemana.

**Actividades:** Se llevaron a cabo entrevistas pautadas, en forma de listas de chequeo, con personal municipal y de servicios públicos involucrados en la gestión ambiental municipal, para recopilar información sobre las medidas de gestión y manejo de los RSU aplicadas en la comuna, revisando además compromisos y convenios de producción locales, dándole un importante hincapié a la situación actual del vertedero municipal de Villa Alemana.

**Lista de Chequeo sobre la situación actual del manejo y gestión de los  
RSU en la comuna de Villa Alemana**

¿Existen estimaciones de la cantidad de RSU generados actualmente en la comuna?

SI                      NO                      NO SABE

¿Se ha realizado una apreciación de cual sería el crecimiento en la producción de RSU a nivel comunal?

SI                      NO                      NO SABE

¿La municipalidad posee análisis sobre la distribución de los RSU producidos en la comuna?

SI                      NO                      NO SABE

¿Existen programas o políticas comunales orientados a la reutilización y reciclaje de RSU?

SI                      NO                      NO SABE

¿Ha habido programas de educación ambiental en colegios y juntas de vecinos donde se enseñen las bondades de la reutilización y reciclaje o se enseñe a realizar el compostaje casero?

SI                      NO                      NO SABE

¿Se han realizado monitoreos sobre el porcentaje de población es cubierta por el sistema de recolección y aseo municipal?

SI                      NO                      NO SABE

¿Sabe con que frecuencia se realiza el retiro de las basuras?

SI                      NO                      NO SABE

¿Se cuenta con un sistema de barrido de calles en la comuna? ¿Se encuentra éste privatizado?

SI                      NO                      NO SABE

¿La flota de vehículos de recolección de residuos abarca las necesidades de la ciudad? ¿Existe algún sistema de rutas diseñadas para el retiro de las basuras?

SI                      NO                      NO SABE

¿Cuál es la cantidad de vehículos que posee la municipalidad para la recolección de los RSU? ¿Sabe cuál es la capacidad de estos vehículos?

SI NO NO SABE

¿Además de los camiones existe algún otro tipo de sistema de almacenamiento y recolección de residuos?

SI NO NO SABE

**ETAPA 4:** Visitas coordinadas al vertedero municipal de Villa Alemana y otras zonas vulnerables de impacto ambiental.

**Actividades:** Se efectuaron visitas coordinadas con personal municipal al vertedero municipal de Villa Alemana, botaderos clandestinos y zonas de riesgos ambientales potenciales, con el objetivo de observar en terreno como se realiza la gestión y disposición de los residuos, las técnicas utilizadas para estos fines y las medidas de mitigación de impactos ambientales aplicadas. Además para complementar esta información, se uso una lista de chequeo para el vertedero municipal, para comparar la situación actual del vertedero con la normativa vigente y aplicable y ver el grado de cumplimiento de esta. Para la recopilación de la información se utilizo material de apoyo como GPS, instrumentos digitales para medición de pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT) y DBO<sub>5</sub> a través del método Merck, así como cámaras fotográficas y de video.

**Lista de Chequeo sobre la situación actual del vertedero municipal de Villa Alemana**

¿Sabe en que situación se encuentra actualmente en la parte sanitaria y ambiental el vertedero de Villa Alemana?

SI NO NO SABE

¿Se encuentra funcionando con permisos parciales y si es así por que razón?

SI NO NO SABE

¿Sabe cuáles son sus problemas sanitarios y ambientales más relevantes?

SI NO NO SABE

¿Tiene idea hasta que año tiene permitido funcionar íntegramente el vertedero?

SI NO NO SABE

¿Está al tanto de qué tipo de residuos deberían quedar excluidos de la disposición en el vertedero, según el tipo de instalación sanitaria que se posee?

SI NO NO SABE

¿Cree que la parte ambiental del vertedero ha mejorado en los últimos años?

SI NO NO SABE

¿Está al tanto si el vertedero posee algún tipo de instalación preparadas para recibir residuos industriales, peligrosos u hospitalarios?

SI NO NO SABE

¿Se recibe en el vertedero municipal alguno de estos residuos?

SI NO NO SABE

¿Sabe si se han presentado documentos y proyectos para la ampliación del vertedero o la construcción de un relleno sanitario que cumpla con los estándares establecidos en la Resolución N° 2444 del Ministerio de Salud?

SI NO NO SABE

**Lista de chequeo cumplimiento de la normativa aplicable Vertedero municipal de Villa Alemana**

¿Se encuentra el sitio ubicado fuera del límite urbano? ¿Está el vertedero a más de 300 mt de cualquier vivienda y a más de 600 mt de toda población o establecimientos de fabricación o comercio de alimentos y fuentes de suministro de agua? ¿Se encuentra el vertedero a no menos de 3.000 mt de todo aeropuerto y a no menos de 1.500 mt de todo aeropuerto utilizado por aviones con motores del tipo pistón?

SI	NO	NO SABE
¿Es el terreno del vertedero seco, se encuentra libre de la acción de inundaciones y el lavado o arrastre de basuras a cursos de agua?		
SI	NO	NO SABE
¿El terreno del vertedero se encuentra cerrado en todo su contorno por un cerco perimetral de una altura de a lo menos 1,80 metros?		
SI	NO	NO SABE
¿Existe un administrador responsable del basural, cuya obligación será de preocuparse de que durante el horario de trabajo haya siempre una persona responsable a cargo de las faenas dentro del recinto del basural?		
SI	NO	NO SABE
¿El sitio cuenta con vías de acceso adecuadas al tráfico de vehículos que ingresa al vertedero? ¿El camino de acceso, desde 200 mt antes de entrar al basural, así como el camino principal dentro del recinto se mantienen en excelentes condiciones de funcionamiento, transitabilidad y aseo?		
SI	NO	NO SABE
¿Está el vertedero ubicado acorde al Plan Regulador u otro instrumento de ordenamiento territorial que permita la eliminación de RSU?		
SI	NO	NO SABE
¿Éste recinto cuenta con el personal necesario para mantener las operaciones cotidianas de este tipo de recintos?		
SI	NO	NO SABE
¿Cuenta el local con sala de vestir y casilleros para guardar la ropa del personal y con servicios higiénicos que desagüen a un sistema de alcantarillado público o privado o en su defecto en pozo séptico o negro?		
SI	NO	NO SABE

¿Se cuenta con abastecimiento de agua potable a través de la red de distribución local? ¿Existe anexa a dicho local una instalación de estanque o depósito tapado, con agua potable, conectado a una llave de salida ubicada a altura conveniente para el uso y aseo del personal? ¿Se mantiene una dotación mínima de 100 litros de agua por persona al día?

SI NO NO SABE

¿El personal está provisto de elementos y equipos de trabajo, tales como herramientas, botas y overoles? ¿Estos implementos permanecen en el local al término de la jornada de trabajo? ¿Se mantiene la ropa de trabajo del personal en condiciones satisfactorias de limpieza e integridad?

SI NO NO SABE

¿Cuenta el vertedero con las instalaciones necesarias para el personal y estas cumplen los estándares del D.S. 594 sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales básicas en lugares de trabajo?

SI NO NO SABE

¿Los servicios higiénicos y/o letrinas sanitarias o baños químicos están instalados a más de 75 metros de distancia del área de trabajo?

SI NO NO SABE

¿Cuenta el recinto con un vestidor además de un comedor, que se encuentren siempre limpios y estén protegidos de condiciones climáticas externas?

SI NO NO SABE

¿Producto de las excavaciones propias del lugar u otras actividades, se han realizado hallazgos de valor cultural o histórico en el vertedero?

SI NO NO SABE

¿Se dispone recipientes provistos de tapas, para la recolección y transporte de los materiales recuperados de la basura? ¿Así mismo se cuenta con un número adecuado de equipos extintores de incendios portátiles, de diseño, capacidad y condiciones de funcionamiento satisfactorios a juicio del Cuerpo de Bomberos?

SI NO NO SABE

¿Se ven afectados los hábitats naturales de la zona por acción del vertedero?	SI	NO	NO SABE
¿En las proximidades del recinto se tiene conocimiento de la existencia de especies de flora y fauna amenazadas, sí así fuera se realiza un cuidado especial de estas especies?	SI	NO	NO SABE
¿Existen predios agrícolas que pudieran ser afectados por la acción, de material particulado u otros contaminantes provenientes del vertedero?	SI	NO	NO SABE
¿Se ha realizado la tala de bosques para facilitar la operación del recinto, sí es así, se ha contado con los permisos respectivos para esto?	SI	NO	NO SABE
¿Se extraen del vertedero alimentos en cualquier forma o estado, estén o no envasados, así como cualquiera materia orgánica putrescible?	SI	NO	NO SABE
¿Para el manejo de la basura, se dispone del equipo mecánico necesario para moverla, compactarla y recubrirla con tierra? ¿Se mantienen estos equipos en perfectas condiciones de funcionamiento? ¿Se realiza un seguimiento al ruido emitido por el equipo y si éste afecta a los trabajadores de la instalación?	SI	NO	NO SABE
¿Se recuperan y retiran residuos del vertedero? ¿Es esta actividad cumplida por el administrador, el cual deberá estar autorizado por la Autoridad sanitaria para realizar dicha recuperación de materiales? ¿Se realiza en una instalación diseñada para tales efectos y en donde la recuperación se realiza de manera manual desde correas transportadoras o en forma mecanizada?	SI	NO	NO SABE
¿Se efectúa cubrimiento diario a los residuos putrescibles, alcanzando un espesor final mínimo de 15 cm en toda la superficie de la celda?	SI	NO	NO SABE

¿Se arrojan basuras en los caminos interiores y en acequias o canales de riego que atraviesen el vertedero? ¿Si es así cada vez que cae basura fuera del área de disposición final, es retirada en forma oportuna?

SI NO NO SABE

¿Se permite el acceso, permanencia y trabajo a menores de 15 años de edad en el basural y de toda persona que no este dedicada a las faenas propias del manejo de las basuras?

SI NO NO SABE

¿Se permite el acceso, permanencia y mantención de animales o aves domésticas dentro del recinto?

SI NO NO SABE

¿Se realiza quema de basuras u otras materias dentro del vertedero?

SI NO NO SABE

¿Se mantiene cerrado el recinto fuera de las horas en que se les ha permitido la recepción de RSU, permanece personal en su interior?

SI NO NO SABE

¿Existe en el acceso al vertedero un letrero donde se informe: el nombre de la instalación, responsable y número telefónico, horario y día en que se acepta el ingreso de basuras y tipos de residuos que se aceptan su ingreso?

SI NO NO SABE

¿Se mantiene un registro del origen y volumen diario de basuras y otros desechos que provengan del servicio de aseo, establecimientos comerciales u otros, se posee de una balanza para determinar su peso? ¿Se cuentan registros del destino de los materiales recuperados? ¿Se encuentran estos registros disponibles para su revisión por parte de la autoridad sanitaria?

SI NO NO SABE

¿Está el vertedero sobre suelos saturados, como en los que existen afloramientos de agua, humedales, riberas o borde costero? ¿El sitio se encuentra expuesto al lavado o arrastre de residuos por acción del agua, ya sea producto de escorrentías superficiales o por inundaciones?

SI NO NO SABE

¿Se encuentra el vertedero construido sobre fallas geológicas activas? ¿Está el terreno expuesto a subsidencias o asentamientos debido a la existencia de minas, extracción de agua, petróleo o gas?

SI NO NO SABE

¿El sitio cuenta con suficiente material de cobertura para cumplir la operación del vertedero? ¿Se mantiene acopio de material de cobertura que garantice la operación normal del vertedero por al menos 15 días?

SI NO NO SABE

¿De acuerdo a las condiciones de pluviometría, permeabilidad y población, el vertedero posee un sistema de impermeabilización? ¿Si es así éste sistema de impermeabilización se realiza a base de una membrana plástica?

SI NO NO SABE

¿El vertedero contempla un sistema de tratamiento o recirculación para lixiviados? ¿Si se utiliza la recirculación se realiza a través de un sistema de pozos diseñados especialmente para tales efectos? ¿Se realiza un monitoreo de las características fisicoquímicas de los lixiviados?

SI NO NO SABE

¿El vertedero considera un sistema de control de escorrentías, el que debe contemplar la intercepción y evacuación de escorrentías superficiales?

SI NO NO SABE

¿Se controlan los afloramientos de lixiviados, cuando dichos afloramientos resultan de la inyección o recirculación de estos líquidos? ¿Se esparcen en el terreno este tipo de líquidos, se utilizan lixiviados sin que estos hallan sido sometidos a un tratamiento previo?

SI NO NO SABE

¿Se posee una estimación de la cantidad de biogás generada por el vertedero y un sistema de control y evacuación para los gases? ¿Si es así se mantienen permanentemente encendidas las antorchas a través de las cuales se evacua el biogás?

SI NO NO SABE

¿El vertedero cuenta con un control de acceso de vehículos y personas al recinto?

SI NO NO SABE

¿Los caminos internos del vertedero cuentan con la señalización necesaria para evitar riesgos de accidentes y para guiar a los vehículos en su recorrido al interior de éste?

SI NO NO SABE

¿Se mantiene una máquina de reemplazo para la compactación de los residuos en caso de falla de una de las máquinas en uso?

SI NO NO SABE

¿Se controla que la fracción liviana de los residuos que pueda ser arrastrada por el viento, tales como papeles y plásticos no se disperse fuera del frente de trabajo? ¿Se mantiene limpia de residuos la superficie del basural y los sitios vecinos, recogiendo la fracción liviana que no pueda ser controlada?

SI NO NO SABE

¿Se garantiza que en el vertedero se podrán disponer residuos sólidos bajo condiciones de precipitación extrema?

SI NO NO SABE

¿El vertedero cuenta con un sistema de monitoreo de calidad de las aguas subterráneas?

SI NO NO SABE

¿Se vigila la concentración de gas metano, la cual no podrá exceder del 25% de su límite de explosividad inferior?

SI NO NO SABE

¿Posee el vertedero un plan de cierre trazado para al menos 20 años, con el diseño de la cobertura final para éste, se realiza mantenimiento a los sistemas de manejo de lixiviados y biogás, con un sistema de monitoreo por igual periodo de tiempo?

SI NO NO SABE

¿Se informa mensualmente a la Autoridad Sanitaria respecto de la operación del vertedero?	SI	NO	NO SABE
¿Se disponen residuos infecciosos o lodos en el vertedero? ¿La instalación cuenta con autorización sanitaria para dicha actividad? ¿Si es así dicha disposición se realiza en celdas o sectores especialmente habilitados?	SI	NO	NO SABE
¿Las maquinarias, instalaciones, así como las herramientas y equipos, se mantienen en condiciones seguras y en buen funcionamiento?	SI	NO	NO SABE
¿Las dependencias y caminos del vertedero cuentan con señalización visible y permanente, en zonas de peligro, indicando condiciones de riesgo y vías alternativas?	SI	NO	NO SABE
¿Los operarios de la maquinaria pesada que trabaja en el vertedero cuentan con la licencia de conducir que exige la Ley de Transito?	SI	NO	NO SABE
¿Se realiza un monitoreo al ruido existente en el recinto y si éste afecta a los trabajadores? ¿Los operarios de la maquinaria pesada utilizan algún tipo de protección contra este agente físico?	SI	NO	NO SABE

- (2) Realizar un Diagnóstico ambiental sobre la gestión y manejo de los RSU en el vertedero de Villa Alemana, basándose en una Auditoria Ambiental de la normativa aplicable.

**Actividades:** Se buscó y revisó la normativa ambiental aplicable al proyecto, para luego verificar el grado de cumplimiento de las exigencias establecidas por ellas, a través de la observación en terreno y las Listas de chequeo, evaluando

las inconformidades, clasificándolas en tres categorías según su seriedad, diferenciando entre discrepancias, muy importantes, medianamente importantes y levemente importantes.

- (3) Diseñar alternativas para la gestión y manejo de los RSU en la comuna de Villa Alemana.

**Actividades:** Se formularon medidas de mitigación, reparación y/o compensación para las inconformidades encontradas en la Auditoria Ambiental. Se desarrollaron soluciones a los problemas identificados, para luego realizar una evaluación costo/beneficio, a nivel social de dichas alternativas. Para la realización de la evaluación económica, se analizaron precios de productos y servicios a distribuidores autorizados, preferentemente del país y otros valores se estimaron de proyectos de características similares encontrados en el país y en el extranjero. También se realizó una evaluación de los posibles costos y beneficios sociales traídos por las distintas alternativas expuestas anteriormente. Finalmente se evaluó la rentabilidad de dichas propuestas a través del cálculo de su Valor Actual Neto (VAN) y su Tasa Interna de Retorno (TIR), en distintos escenarios de país con tasas de 8,12 y 16%.

- (4) Seleccionar la mejor combinación de alternativas para la gestión y manejo de los RSU en la comuna de Villa Alemana.

**Actividades:** Para esto se seleccionaron las alternativas que implican un menor impacto al medio ambiente y costo monetario, combinado con un mayor beneficio a la comunidad.

## 5- RESULTADOS OBTENIDOS

**5.1 Objetivo Especifico nº 1:** *Recopilación antecedentes para realizar un diagnóstico ambiental sobre la situación actual del manejo y gestión de los residuos sólidos urbanos en Villa Alemana.*

### **5.1.1 La Comuna de Villa Alemana**

La Comuna de Villa Alemana, se encuentra ubicada en la Quinta Región, en el sector oriente de la Provincia de Valparaíso, entre las ciudades de Quilpué y Limache, entre los 33°01' y 30°07' de latitud sur y los 71°24' y 71° 16' de longitud oeste. La comuna de Villa Alemana y sus alrededores está conformada por una llanura en parte boscosa y rodeada de colinas con una altitud promedio de 154 metros sobre el nivel del mar. Esta comuna se desarrolla territorialmente en la cuenca del estero Marga Marga, presentando los rasgos propios de la Cordillera de la Costa y está caracterizada por los fondos de valle de la cuenca del Estero Quilpué y el valle Inter montano de Quebrada Escobares.

#### **5.1.1.1 Demografía de la Comuna**

Villa Alemana cuenta con una superficie de 96,5 km<sup>2</sup> y posee una población de 95.623 habitantes (Censo nacional 2002), estimándose en la actualidad más de 100.000 personas. Los distritos que poseen población rural, alcanzan una superficie de 72,3 Km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 74,8% del total de la superficie de la comuna. Por otro lado, la superficie urbana es de 24,3 Km<sup>2</sup>, lo que corresponde a un 25,18% de la superficie comunal. Villa Alemana cuenta con una densidad poblacional de 987,2 hbts/km<sup>2</sup>, siendo una de las comunas con más alta densidad poblacional de la región. La población comunal se divide en 94.802 habitantes urbanos equivalentes al 99,14% y 821 habitantes rurales

correspondientes al 0,86% del total de la población. Éste alto porcentaje de población urbana comunal hace que Villa Alemana se ubique, respecto del resto de las comunas de la provincia, como una de las comunas con más altos índices de población urbana junto a Valparaíso y Viña del Mar.

Según antecedentes del Censo 2002, la comuna de Villa Alemana presenta una variación intercensal (1992-2002) del 22,9%, correspondiendo a la tercera de mayor crecimiento de la provincia, antecedida solamente por las comunas de Concón (66,2%) y Casablanca (31,5%).

**Tabla Nº 4: Población Urbano- Rural, de la comuna de Villa Alemana para el censo nacional del 2002**

<b>Población Urbano-Rural Año 2002 en la Comuna de Villa Alemana</b>	
Total Población	95623
Población Urbana	94802
Población Rural	821
Porcentaje población urbana	99.14%
Porcentaje población rural	0.86%
Población Masculina	45868
Población Femenina	49755
Porcentaje Población Masculina	47.97%
Porcentaje Población Femenina	52.03%

**Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE)**

### 5.1.1.2 Distribución etárea de la población

Villa Alemana se ha denominado históricamente como la “Ciudad de la eterna juventud”, situación que lo refleja las cifras respecto del promedio de edad en la comuna, tanto para el sector urbano como rural. La Encuesta PET, realizada el año 2002, entrega el promedio de edad de la población, presentándose un promedio de edad de 33,9 años, es decir, población considerada en el rango de “adulto-joven”.

Por otra parte, en el sector urbano la distribución de la población según rangos etéreos y sexo tiene un comportamiento muy similar. De esta forma encontramos que para ambos casos (masculino y femenino), el rango que concentra el mayor porcentaje de la población lo constituye el de 25 a 44 años, con el 27,3% y 27,4% respectivamente, mientras que los que presentan menor porcentaje de población lo constituyen, para el caso de las mujeres el rango de 0 a 5 años, con el 7,2%, mientras que para los hombres se le suma además el rango 55 a 64 años, ambos presentando el 8,9% del total de la población encuestada.

**Tabla Nº 5: Distribución Etárea de la población Urbana de la comuna de Villa Alemana, según sexo.**

Rangos de edad	Hombres (%)	Mujeres (%)
0 a 5 años	8,9	7,2
6 a 14 años	15,0	15,3
15 a 24 años	17,4	16,9
25 a 44 años	27,3	27,4
45 a 54 años	12,4	13,2
55 a 64 años	8,9	8,7
65 y más años	10,1	11,3

**Fuente: Encuesta PET, Marzo 2002**

### **5.1.1.3 Límites de la comuna de Villa Alemana**

De acuerdo con el decreto supremo N° 4.071, del 29 de noviembre de 1938, los límites de la actual comuna de Villa Alemana son los siguientes:

Al Norte, la línea de cumbres, limita por el Sur la hoya del estero Limache desde el cerro Colorado, hasta la cota 310, hasta la línea de cumbres, que limita por el Oriente la hoya del estero Aranda (10).

Al Este, la línea de cumbres que limita por el Oriente, la hoya del estero Aranda, desde el lindero Oriente de la hacienda Limache, hasta el lindero Poniente del fundo el Pangal, y el lindero Poniente de los fundos El Pangal y Lliu- Lliu, desde la línea de cumbres que limita por el Oriente, la hoya del estero Grande, hasta El Cerro La Cruz, pasando por el cordón de tres puntas (10). Al Sur, el cordón del Cerro La Cruz y el lindero Sur del fundo Moscoso, desde el lindero Poniente del fundo Lliu- Lliu, hasta el lindero Poniente del fundo lo Moscoso; el lindero poniente del fundo Moscoso, hasta el portezuelo de Moscoso, y la línea de cumbres que limita por el Norte la hoya del estero Moscoso, desde el portezuelo Moscoso, hasta el lindero Poniente del fundo Ojos de Agua (10).

Al Oeste, el lindero Poniente del fundo Ojos de Agua, desde la línea de cumbres que limita por el Norte, la hoya del estero Moscoso, hasta camino vecinal que conduce al Fundo Ojos de Agua, hasta el lindero Poniente del fundo Los Almendros y el lindero Poniente del Fundo Los Almendros desde el camino Troncal de Valparaíso a Calera hasta el Cerro Colorado (10).

La comuna de Villa Alemana, se divide en cuatro distritos a saber:

1. Villa Alemana
2. Peña blanca
3. Quebrada Escobares
4. Moscoso.

Para entender de mejor forma la delimitación comunal se puede decir simplemente que la Comuna de Villa Alemana, limita al norte y al este con la Comuna de Limache y al sur y oeste con la Comuna de Quilpué.

**Figura N°1: Ubicación de la comuna de Villa Alemana.**



**Fuente: Ilustre Municipalidad de Villa Alemana**

#### **5.1.1.4 Economía local**

Villa Alemana es una ciudad sin un gran impulso industrial, desarrollándose principalmente en su territorio el uso habitacional con la existencia de gran cantidad de zonas residenciales, con un explosivo aumento de su población llegando este al 23% en los últimos 10 años, convirtiendo a Villa Alemana en una de las ciudades denominadas “dormitorio”, esto se explica en parte por que muchos matrimonios jóvenes buscan comunas tranquilas y que les ofrezcan

una buena calidad de vida, sin importar que sus lugares de trabajo estén en comunas vecinas, por esto los promedios de edades tienden a ser menores que en otras comunas.

Sus actividades económicas principales se basan en actividades comerciales principalmente en comercio y servicios, así también existe un desarrollo agrícola y forestal que sin ser tan importante como el de las ciudades del interior es considerable. De acuerdo a la estructura sectorial del empleo en la comuna, se puede visualizar una fuerte presencia de éste en el sector terciario y una baja presencia del sector primario.

Según antecedentes aportados por la encuesta CASEN 2000, la población de la comuna de Villa Alemana, se encuentra por debajo de los índices de pobreza registrados a nivel país y de región, es así como en la comuna la tasa de pobreza alcanza al 12,7%, mientras que a nivel nacional y regional estas alcanzan al 20,6% y 19,2% respectivamente. A su vez esta misma fuente señala que el porcentaje de población indigente de la comuna asciende al 2,1%.

## **5.1.2 MARCO FISICO COMUNAL**

### **5.1.2.1 Relieve**

El relieve comunal está determinado por la circunscripción en las macroformas costera y planicies litorales en el interior de los valles. Los suelos de la zona son representativos de un área que abarca gran parte de la cordillera de la costa entre Valparaíso y Colchagua, caracterizándose por un relieve montañoso con pendientes suaves a moderadamente escarpadas. La base de sustentación es rocosa con material intrusivo rico en cuarzo, predominantemente granito muy meteorizado, tal como se evidencia la presencia de pendientes suaves y poco

inclinadas, ha incidido positivamente en el acogimiento y distribución de nuevos asentamientos poblacionales.

### **5.1.2.2 Clima**

El clima de Villa Alemana según la clasificación de Köeppen, corresponde al clima templado, en específico al denominado Templado cálido con lluvias invernales y gran nubosidad. El clima de la comuna está caracterizado al igual que el clima marítimo por su presión barométrica alta, (Valparaíso 762.4 m. y Villa Alemana 747.5). La comuna es reconocida por su buen clima (la media anual bordea los 14°C), presentando las temperaturas más bajas en los meses de julio y agosto y las máximas en diciembre y enero.

Por estar fuera de la influencia del Anticiclón del Pacífico, las condiciones climáticas se representan por un verano mayoritariamente seco con gran cantidad de radiación solar y con un invierno más húmedo y frío, con relación a Valparaíso y Viña del Mar. Sin embargo éste clima no presenta las altas diferencias de oscilaciones termométricas de los climas de montaña que sobrepasan los 20 °C.

En función de las precipitaciones podemos establecer que en la comuna, el periodo lluvioso se extiende principalmente por los meses invernales, presentando lluvias de características orográficas, es decir el relieve juega un papel preponderante en el tipo y cantidad de lluvia que cae en la comuna. Con un promedio de 400 mm anuales de precipitaciones para un año normal.

Esta comuna se encuentra situada a baja altura sobre el nivel del mar (154 mt.) protegida de los vientos por las colinas que la rodean y una distancia al mar de solo 27 Kilómetros. En función de los vientos, podemos mencionar que estos poseen una dirección Sur-Oeste, lo que produce la influencia marina hacia el

interior de la comuna, generando nublados matutinos; con una velocidad menor que la generada desde la costa, lo cual incide en la generación de microclimas.

### **5.1.2.3 Sistema Hídrico**

La comuna hidrográficamente, se inserta en el sistema de cuencas costeras del Chile Central, las que corresponden a aquellas formadas al interior de la Cordillera de la Costa, siguiendo lineamientos estructurales existentes, estas presentan regímenes esencialmente pluviales y tiene crecidas de invierno e intensos estiajes de verano.

Transversalmente, la comuna está conformada por la cuenca del Estero Marga Marga, correspondiendo a ríos de torrente de régimen mixto en la zona subhúmeda de Chile. En este sector existe una alta concentración de población, destacándose por el uso intensivo de los suelos y los recursos, desencadenando un importante uso de los cursos de agua superficiales, tanto como fuente de agua potable y de regadío.

La comuna de Villa Alemana se emplaza en la Cuenca Costera Aconcagua-Maipo, específicamente en la subcuenca del Estero Marga Marga, la que está compuesta por los esteros Quilpué y Villa Alemana. La cuenca del estero Marga Marga presenta una longitud de 42 Km, formándose de la confluencia de los esteros Marga Marga y Quilpué, 7 Km aguas arriba de su base de equilibrio y el escaso recurso hidrológico se usa con fines de regadío en pequeñas áreas.

### **5.1.2.4 Suelos**

Los tipos de suelo que presenta la comuna corresponden a los llamados secanos costeros. Las características de esa tipología de suelo, dicen relación con la influencia marina que presenta, mayoritariamente de seco en donde el

riego tiene sus orígenes en cuencas de origen pluvial, como lo es el Estero Marga Marga.

Las capacidades de uso potencial son predominantemente forestal y ganadera, encontrándose suelos de vocación agrícola restringida y frutal en los fondos de los valles. La superficie de vocación agrícola es muy reducida en la comuna y los mejores suelos se han logrado habilitar sólo con la construcción de sistemas de acumulación de aguas lluvias. Se debe señalar además que la expansión urbana por lo general se efectúa principalmente a expensas de suelos arables.

### **5.1.3 Diagnóstico de la situación del manejo de los RSU en Villa alemana**

Tal como se explicó en la metodología para recopilar la información, se realizaron entrevistas a funcionarios municipales y de servicios públicos en forma de listas de chequeo. A partir de las respuestas obtenidas, además de datos aportados por la municipalidad, estamentos públicos y privados y complementando esta información con literatura comunal y el PLADECO comunal del año 2002, se realizó un diagnóstico ambiental, el cual es presentado a continuación:

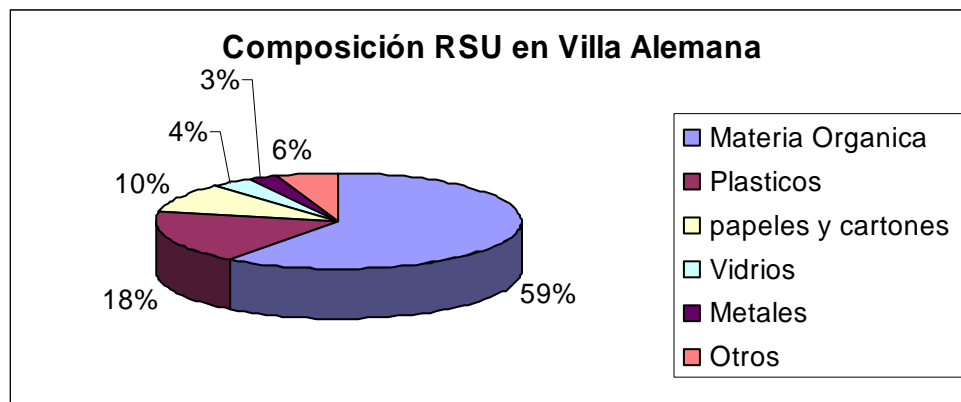
#### **5.1.3.1 Generación de RSU**

La comuna de Villa Alemana según estudios municipales produce aproximadamente 100 [ton/día] de RSU, lo que corresponde a una cifra de generación per cápita, cercana a 1 [kg\*hab/día], esta es una cifra acorde al promedio de producción de RSU a nivel nacional, para una ciudad sin un gran poder económico. Según estimaciones hechas por la municipalidad se estima

un crecimiento de la generación anual de los RSU para la comuna de un 3,2% debido especialmente al elevado crecimiento poblacional que lleva la comuna y a los cambios alimenticios y socioculturales llevados por la comunidad. La generación per cápita de residuos está estrechamente relacionada con el consumo per cápita, el cual depende, a su vez, del ingreso disponible de las personas. Este es mayor en el nivel socioeconómico alto y decrece hacia los niveles inferiores.

De estas 100 [ton/día] de RSU generadas, cerca del 60% corresponde a materia orgánica putrescible y otro elevado porcentaje a plástico (cerca del 18%) proveniente de envoltorios, bolsas y envases derivados principalmente de bebidas desechables (PET/1) y envolturas de alimentos (PE-BD/4, PS/6 y multilaminados). Porcentajes menores ocupan en esta distribución papeles y cartones (10%), Vidrios (4%) y metales (3%).

**Grafico Nº 1: Composición de los RSU generados en la comuna de Villa Alemana.**



Fuente: Ilustre Municipalidad de Villa Alemana (2004).

En la comuna no existen políticas masivas de reutilización y reciclaje, llevándose a cabo sólo a pequeña escala por planes piloto en una escuela rural, y principalmente por el sector informal que se dedica principalmente a la recolección de papeles, cartones, botellas y metales, existiendo en la comuna 9 locales donde se compran estos artículos. Para la recolección de vidrio existen 8 contenedores, proporcionados por la ONG “CODEFF”. Estos contenedores se encuentran ubicados principalmente en la zona centro de la ciudad, donde se reciben botellas, que son retiradas por los propios camiones de esta organización, para su uso y comercialización propia.

#### **5.1.3.2 Recolección y transporte de RSU**

El sistema de recolección de RSU de la Comuna de Villa Alemana está administrado actualmente por la Ilustre Municipalidad de la ciudad. En Villa Alemana, la gestión global de los residuos sólidos, se encuentra a cargo del Departamento de Aseo. La misión de la Dirección, es controlar el cumplimiento de las disposiciones estipuladas en los respectivos contratos, existiendo además, en el caso del Servicio de Salud del Ambiente de la ciudad de Quilpué, la misión controladora del cumplimiento de las normas sanitarias por parte de las mencionadas empresas.

La recolección de los RSU, se lleva a cabo en toda la comuna, la cobertura del Servicio Municipal de recolección de basura está cercana al 98% de la población, siendo la frecuencia de retiro de 2 veces a la semana en cada sector abarcando un total de 30.000 hogares. Las formas de entrega de los residuos a la recolección varían en la comuna pasando desde bolsas en la calle, bolsas en canastos metálicos o en tarros, contenedores plásticos para una vivienda hasta contenedores para varias viviendas o edificios.

La comuna está implementando un sistema de contenedores para la basura, principalmente en la zona norte de la ciudad, para optimizar los tiempos de recolección. La comuna actualmente posee 63 de estos contenedores con una capacidad de 1,5 m<sup>3</sup>, los cuales se piensan aumentar a 180 en el año 2006. El problema que hay en este momento con estos contenedores, es que existe sólo un camión de doble puente adecuado para retirar los residuos de los contenedores, por lo que su retiro se realiza de manera lenta. Otra dificultad encontrada con estos contenedores es que al ser pocos en estos momentos, estos se ven sobrepasados en su capacidad, especialmente en fines de semana, lo cual trae problemas de olores, especialmente de materia orgánica putrefacta y del mismo modo se transforma en un foco atractivo para perros, gatos y vectores, los que rompen bolsas que son colocados arriba o por los costados de los contenedores cuando estos se encuentran llenos, desparramando la basura provocando problemas higiénicos a la comunidad.



**Figura 2: Contenedores instalados por el municipio para acumulación de residuos en la comuna.**

El Servicio de Barrido de Calles y Microbasurales de la Comuna de Villa Alemana está licitado a privados, mediante la adjudicación de la propuesta pública N° 11/01, a Nicolás Rojic Puelma y Cía Ltda, contando con 41 funcionarios en terreno, cubriendo los sectores centro, norte y sur de la comuna. Los trabajadores del sistema de barrido de calles cumplen sus funciones con contenedores de 240 litros c/u, con sus respectivas indumentarias. La extracción total diaria de todos los trabajadores, corresponde a 15 mt<sup>3</sup> aproximadamente, y se realiza el retiro de los residuos en un camión con capacidad de 5 mt<sup>3</sup> de volumen. El barrido de calles de la comuna contempla sectores y frecuencias, desglosándose en centro, norte y sur, mientras que la frecuencia se divide en diaria, semanal, quincenal y mensual de acuerdo a los sectores, frecuencia y tipos en que se determinan los tiempos máximos de barrido, recolección y transporte de los residuos generados por el barrido de calles.

Los mayores problemas relacionados con la recolección de los RSU en la comuna de Villa Alemana, tiene que ver con que no existe ningún tipo de separación en el origen de los RSU, lo que provoca que se pierda mucha materia reutilizable y reciclable que va a parar finalmente al vertedero. Otro de los problemas detectados tiene que ver con la hora de recolección en la zona centro y comercial de la ciudad la que se realiza en un mal horario llevándose esta a cabo en horas de congestión vehicular, la que se acrecienta aún más con el lento paso de los camiones recolectores de basura por el principal sector comercial de la comuna afectando también el libre tránsito de los peatones.

Para el transporte y recolección de las basuras producidas, la comuna cuenta con una flota de 5 camiones recolectores con sistema de compactación de basuras, repartidos en el mismo número de sectores. La mayoría de estos vehículos cuentan con cerca de 6 años de uso y se les realizan constantes

chequeos mecánicos para que funcionen correctamente. A estos se le suma un vehículo comprado el año 2003 el cual refuerza la flota existente.

Estos camiones cuentan con una capacidad de carga de 14 m<sup>3</sup> de basura por viaje, lo que les permite transportar aproximadamente 6 [ton/viaje] de residuos. El camión comprado el año 2003, cuenta con una capacidad de 19 m<sup>3</sup>, lo que le permite transportar cerca de 8 [ton/viaje] de residuos, éste camión posee el sistema de doble puente, que le permite retirar los residuos de los contenedores comunales. La dotación de cada uno de los camiones es de cuatro hombres incluyendo al chofer. Cabe señalar que la recolección es la etapa más importante en términos de costos dentro de la gestión de los RSU en Villa Alemana así como en otras ciudades (cerca del 60%).

Quizás el mayor problema con el transporte de los RSU en la comuna, tiene que ver con las rutas de recolección de los residuos, las cuales no están bien diseñadas y aunque la comuna ha sido subdividida en 6 sectores o barrios (noreste, noroeste, centronorte, centrosur, sureste y suroeste), que son atendidos cada uno por un camión, se producen problemas de paso repetido de los camiones por el mismo lugar afectando el rendimiento y perjudicando económicamente al municipio por pérdida de combustible y de tiempo.

### **5.1.3.3 Tratamiento de los residuos**

Los tratamientos intermedios son sistemas productivos que utilizan los RSU como materia prima y que, en su proceso, generan a su vez desechos que requieren de un lugar de disposición final. Así, contribuyen a disminuir la cantidad de residuos que deben ser eliminados, prolongando la vida útil de los sitios de disposición final. Los tratamientos intermedios más conocidos son la incineración, el compostaje y el reciclaje.

El tratamiento de los RSU incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes, lo que no ocurre en el caso de Villa Alemana ya que no existe ningún tipo de separación en la fuente o en el vertedero ya sea de materiales recuperables y reutilizables o de ciertos materiales y residuos peligrosos domésticos. En el vertedero municipal, sólo se compostan residuos provenientes de una agrícola cercana (estiércol de gallina), sin buenos resultados ya que el proceso de compostaje no se realiza de la mejor manera, ya que no se realizan los volteos necesarios faltando con esto el oxígeno necesario para mantener las condiciones aeróbicas necesarias para realizar el compostaje. Además este compost no posee una adecuada relación carbono-nitrógeno (C: N), ya que se posee la fuente de nitrógeno (en este caso el estiércol de gallina), pero falta la fuente que aporte el carbono como puede ser materia orgánica proveniente de restos de comida, frutas y verduras o por aserrín o chips de madera. Con una adecuada relación carbono-nitrógeno (el óptimo lo encontramos entre 25 a 30:1) en el compost, se puede lograr el comienzo de la actividad microbiana y con esto el aumento de la temperatura necesaria para realizar este proceso (55-65 °C).

Desde hace muchos años se practica el reciclaje en la comuna, como una actividad informal realizada por recolectores independientes (*cartoneros* o *cachureros*). Ellos recolectan los residuos en su lugar de origen, para posteriormente clasificarlos y venderlos a intermediarios o directamente a pequeños locales de compra de estos productos existentes en la comuna. Cada recolector recoge cerca de 100 kg de residuos diarios. Sus medios de transporte son esencialmente tracción humana y animal. Los principales residuos reciclados son papeles, cartones, vidrios y metales varios.

#### **5.1.3.4 Disposición Final de Residuos**

La disposición final es sin duda el punto crítico de esta investigación y de la gestión de los RSU en Villa Alemana, por que es aquí donde se registran los mayores problemas y desafíos que debe enfrentar la municipalidad, ya que además de deficiencias en el manejo del vertedero municipal hay que sumarle la existencia de mas de 100 microbasurales en la comuna especialmente en la zona sur de la ciudad lo cual coincide con los Asentamientos Humanos Precarios donde se encuentra la población con mayor riesgo social y sanitario, por lo que muchos de ellos no cuentan con alcantarillado o agua potable para satisfacer sus necesidades básicas.

Como se describe anteriormente, en la comuna existe una actividad paralela consistente en el vertido indiscriminado de residuos sólidos en lugares no autorizados. Esta situación se traduce en focos de deterioro y contaminación ambiental, que deben ser controlados y eliminados. Estos lugares se denominan Vertederos Ilegales de Residuos Sólidos (VIRS).

Los factores con mayor incidencia en la instalación de los VIRS son los siguientes: existencia de barrios o sectores urbanos de bajos recursos, cercanía de orillas canales y esteros, inmediaciones a las vías férreas y existencia de poblaciones marginales en su entorno, desconocimiento del propietario de terrenos, falta de una política de retiro de enseres en desuso por parte del municipio, así como falta de control. Esto da inicio a la actividad de vertimiento de residuos, primero en forma esporádica, generando así los microbasurales.

La presencia de microbasurales urbanos y VIRS en la comuna de Villa Alemana se debe principalmente a la falta de sensibilización de la ciudadanía sobre temas ambientales y de salud, por lo que el problema se torna reiterativo.

Según antecedentes otorgados por el Departamento de Aseo de la Municipalidad los microbasurales se localizan principalmente en las siguientes calles:

- ✓ Calle Marga Marga frente a Población La Frontera.
- ✓ Sargento Aldea con Arturo Prat.
- ✓ Madrid con Arturo Prat.
- ✓ Berlín con Arturo Prat.
- ✓ Calle Quinta con Calle La Paz.
- ✓ Hipódromo con Marga Marga.
- ✓ Latorre con la Paz.
- ✓ Riquelme antes del paso bajo nivel.
- ✓ Victoria, costado puente Victoria.
- ✓ Ibáñez, costado línea férrea.
- ✓ Buenos Aires esquina Ignacio Carrera Pinto.



**Figura N°3: Fotografía a parte del microbasural, ubicado en la calle Sargento Aldea con Arturo Prat.**

Estos son los microbasurales más importantes de la comuna, si bien la mayoría de estos se encuentran en el sector centro y norte de la ciudad, la realidad dice que la mayor cantidad de estos microbasurales se encuentran en el sector sur y lo más peligroso es que se encuentran en contacto directo con la población del lugar la que mucha vive al costado o entre los desechos.

#### **5.1.3.4.1 Antecedentes de la situación actual del Vertedero municipal**

El vertedero municipal está ubicado en la zona surponiente de Villa Alemana a un costado de la autopista “Troncal Sur” y detrás del cementerio “Parque del Sendero”, los terrenos del vertedero se encuentran localizados en la Población Rosenquist, al finalizar la calle San Enrique, en una propiedad municipal con una extensión aproximada de 10 [ha]. Su construcción partió en el año 1986 y su operación comenzó en 1991, fue explotado por particulares hasta ser cerrado en 1998 por múltiples sumarios sanitarios y ambientales, al ser clausurado no se desarrollaron de forma eficaz medidas necesarias para el cierre de este tipo de recintos. Fue reabierto en el año 2001 estando a cargo íntegramente por el municipio.

Este vertedero al ser mal explotado en el periodo 1991-98, partió como un simple basural, no efectuándoseles a las basuras ningún tipo de tratamiento ni cobertura con tierra, además no cuenta con ningún tipo de recolección ni tratamiento para los lixiviados y gases, menos una geomembrana protectora del suelo. Este vertedero al ser mal llevado en sus comienzos perdió mucha de su capacidad de carga y por lo tanto disminuyó mucho su “vida útil” lo que ha traído consecuencias, las que repercuten hasta en estos días.

Al ser reabierto el vertedero por la actual administración municipal, la cual ha trabajado en lo que se refiere a recuperación del sitio y la ampliación de su vida útil, construyendo sistemas de la recolección y quema de biogás; recolección, captación y circulación de lixiviado y un insipiente sistema de drenajes. Con estas medidas la situación del vertedero municipal ha mejorado considerablemente, ya no siendo considerado como un tiradero a cielo abierto por las autoridades sanitarias, sino como un sitio de disposición controlada.



**Figura Nº4: Fotografía de un tambor utilizado para la salida y quema de biogás en el vertedero municipal (fotografía tomada en agosto del 2004).**

En un Sitio de Disposición Controlada se puede decir que se cuenta con obras de infraestructura y aplica métodos de operación comparables a un relleno sanitario. No cuentan con la impermeabilización necesaria y por otro lado no representan un riesgo grande para el ambiente y la salud, razón por cual se permite que continúen en operación hasta que el sitio termina su vida útil.

El vertedero municipal cuenta con un permiso parcial de funcionamiento hasta el año 2006, aunque en la actualidad se encuentra cerrado al público, por lo que su operación actual sólo se reduce al acopio de ramas, hojas y depósitos de RSU en cantidades menores, pero con los problemas anteriores de manejo su capacidad de funcionamiento casi ha llegado a su límite, teniendo que transportar la basura de Villa Alemana al vertedero de Quilpue en un convenio por 5 años ampliables, con la Empresa Demarco S.A., que incorpora el pago por parte del municipio de Villa Alemana a la Empresa por concepto de disposición final de residuos. En estos momentos prácticamente el 90-95% de los residuos producidos en la comuna van a finalizar en este vertedero, donde son transportados cerca de 350 [camiones/mes] de residuos. En cambio el vertedero de Villa Alemana solo recibe algún camión municipal de recolección de basura sólo en caso de emergencia o por desperfectos mecánicos de ellos, ya que el vertedero de Quilpue se encuentra en una zona de difícil acceso. Esto se traduce en que generalmente sólo lleguen uno o dos camiones al día al vertedero y si a esto le añadimos algunas camionetas de pobladores o de empresas o locales comerciales cargadas con residuos no peligrosos o ciertos camiones cargados con residuos de construcción, la carga diaria del vertedero no sobrepasa las 10 - 15 [ton/día] de residuos, lo que significa funcionar a solo un 10 - 15% de lo que tendría que ser su capacidad diaria.



**Figura N°5: Fotografía al sitio de disposición de RSU en el vertedero municipal (fotografía tomada en agosto del 2004).**

Para la disposición de los residuos se utiliza el método del “área”, que consiste en depositar, acomodar y compactar las basuras sobre la superficie natural del terreno. Este método es utilizado en terrenos planos o de pendiente suave, así como también en pozos, hondonadas u otras depresiones.

Debido a la poca cantidad de residuos recibidos y a la labor realizada por el encargado del vertedero, se mantiene un sistema ordenado de depósito de residuos, señalado con banderas para ordenar las descargas principalmente de los vehículos particulares que llegan al vertedero. A continuación se describe en forma muy simple la estructura del vertedero y su sistema de banderas para la disposición de los distintos tipos de residuos.

- ✓ Blanca: neumáticos
- ✓ Roja: madera
- ✓ Amarillo claro: vidrio
- ✓ Amarillo oscuro: residuos sólidos como tal
- ✓ Azul: animales muertos.



**Figura N°6: Fotografía del sitio dispuesto para la acumulación de parabrisas y vidrios traídos por particulares (fotografía tomada en agosto del 2004).**



**Figura N7: Fotografía del sitio preparado para la disposición de neumáticos (Fotografía tomada en agosto del 2004).**

Para el trabajo en el vertedero se cuenta con maquinaria pesada para cubrir y compactar los RSU dispuestos y para la construcción de las celdas, además de trabajos de despeje, ordenamiento de residuos y elaboración de vías de transporte al interior del establecimiento. Para la realización de estos trabajos se cuenta con una motoniveladora y un cargador frontal, los cuales se mantienen en buenas condiciones de operación y funcionamiento.

En el caso del biogás se han instalado chimeneas de una profundidad aproximada de 8 a 10 mt, sin existir ningún sistema de recuperación del mismo, estas chimeneas permanecen constantemente encendidas para facilitar la salida y quema del biogás. Para el lixiviado y la escorrentía se ha construido un sistema de canales y zanjas de infiltración, donde se transporta el lixiviado hacia un estanque de fibra de vidrio, donde se acumula. Una vez lleno éste, se retira el lixiviado y se realiza una excavación donde este líquido se entierra cerca de una chimenea de quema de biogás para hacerlo recircular y conseguir la evaporación de una parte de éste por acción de la chimenea.

Para complementar este diagnóstico, se realizaron mediciones que entregan parámetros fisicoquímicos del lixiviado del vertedero de Villa Alemana, para realizar estas mediciones se usaron equipos portátiles para medir pH, con lector de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (SDT), también se usó el método experimental "Merck" para la determinación de  $DBO_5$  en aguas.

**Tabla N° 6: Parámetros fisicoquímicos medidos en el lixiviado del vertedero de Villa Alemana**

<b>Estación</b>	<b>T° lixiviado (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad eléctrica</b>	<b>sólidos disueltos (mg)</b>
Poza lixiviado	11,1	6,25	8,63	4300
Zanja infiltración	11,8	5,9	8,7	4380
Después estanque	11,4	6,64	7,54	3770
Lixiviado circulando	11,4	7,02	7,34	3670

Hay que agregar que los valores entregados corresponden a valores promedios de las mediciones realizadas en el vertedero de Villa Alemana. Además se obtuvo de manera experimental la demanda biológica de oxígeno a 5 días (DBO<sub>5</sub>) del lixiviado, obteniéndose un valor aproximado de 3500 [mg/l].

Ya que el vertedero municipal se encuentra muy pronto a cumplir con su vida útil de funcionamiento, se hace imperante la necesidad de la construcción de un nuevo recinto, que sea apropiado para recibir las basuras o en su defecto realizar una ampliación del vertedero ya existente. La municipalidad ha optado en estos momentos por la segunda opción, es decir ha solicitado permisos para la ampliación del vertedero municipal, a la espera de la puesta en marcha de la segunda etapa del actual vertedero, la que tendría una vida útil de aproximadamente 15 años, pero estos han sido rechazados por el Servicio de Salud Viña del Mar-Quillota, ya que para aceptar cualquier tipo de ampliación o construcción de un nuevo vertedero o relleno sanitario, el proyecto se debe someter al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

La CONAMA, a través de la Ley 19.300, de Bases del Medio Ambiente establece la obligatoriedad de someterse al SEIA, a todo proyecto de manejo de residuos sólidos, específicamente los proyectos de disposición final de residuos

sólidos. La municipalidad de Villa Alemana en su defecto no ha presentado la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), requerido para tales efectos, por lo tanto mientras el proyecto de ampliación del vertedero, no apruebe el SEIA, éste no podrá ser realizado.

#### **5.1.3.5 Aspectos económicos de la gestión de los RSU en Villa Alemana**

La comuna de Villa Alemana, tuvo un presupuesto en el año 2004 para la gestión de sus residuos sólidos de \$493 millones de pesos, el cual es el dinero que se debiera recaudar anualmente por concepto de “pago de aseo domiciliario”, provenientes de 21000 roles domiciliarios comunales, que son los domicilios que deben cancelar por concepto de aseo, debido a que el avalúo fiscal de sus viviendas sobrepasa los 5 millones de pesos.

Por concepto de pago de aseo por vivienda se deben cancelar, 4 cuotas iguales de aproximadamente \$4.000, pudiendo ser pagadas cada 3 meses o todas de una sola vez. Sin embargo en la comuna de Villa Alemana existe una gran cantidad de morosos lo que provoca que haya un déficit de dinero recaudado, el cual llega aproximadamente a \$ 273 millones anuales lo que equivale a cerca del 55% del total del dinero, teniendo que ser cubierto el resto por la Municipalidad de Villa Alemana.

De estos \$493 millones con que cuenta anualmente el Departamento de Aseo para cubrir las necesidades de la comuna, cerca del 60% se utilizan en todo lo que tiene que ver con la recolección y transporte de los residuos. A continuación se entrega la distribución aproximada de los gastos en la gestión de residuos en la comuna de Villa Alemana.

- ✓ Barrido de calles contrato con Nicolás Rojic Puelma y Cía Ltda:  
**\$ 120 millones anuales.**
- ✓ Disposición final de residuos contrato con el vertedero de Quilpué, Empresa Demarco S.A. por 5 años ampliables 293 UF mensuales (aproximadamente \$5 millones), **\$ 60 millones anuales.**
- ✓ Recolección y transporte de residuos (Combustibles para los vehículos, repuestos, sueldos funcionarios, limpieza de camiones y contenedores, compra de contenedores, etc.), **\$313 millones anuales.**

<b>TOTAL \$ 493 MILLONES DE PESOS ANUALES.</b>
--

**5.2 Objetivo Especifico Nº 2:** *Realizar un Diagnóstico ambiental sobre la gestión y manejo de los RSU en el vertedero de Villa Alemana, basándose en una Auditoria Ambiental de la normativa aplicable.*

**5.2.1 Auditoria Ambiental, verificación normativa aplicable:**

Para la realización de esta Auditoria Ambiental se clasificaron las inconformidades detectadas en el vertedero municipal, según importancia y posible impacto a la población local en tres categorías: importantes, medianamente importantes y levemente importantes.

**5.2.1.1 Inconformidades Importantes:**

El vertedero municipal se encuentra fuera del límite urbano comunal, según lo establecido por el Plan Regulador, pero éste no se encuentra ubicado a más de 600 [mt] de cualquier población o establecimiento educacional, ya que ha aproximadamente 500 [mt] de él, se está terminado de construir una población

con cerca de 50 casas sólidas, las cuales pueden verse afectadas por las actividades del establecimiento.

Unas de las deficiencias más importantes encontradas tienen que ver con las medidas de seguridad del recinto tanto para trabajadores como las del lugar. Los trabajadores no cuentan con la vestimenta ni el calzado adecuado, permaneciendo estos en inadecuadas condiciones de calidad y limpieza, además de no usar casco y otros implementos de seguridad como lentes antiparras de protección y tapones para los oídos, mascarillas etc. El vertedero no cuenta con las medidas ni implementos para casos de emergencias o incendios, contando sólo con un extintor para todo el recinto, por lo mismo no se realizan quemas de ningún tipo en el interior del recinto (basuras, neumáticos, vegetación, etc.).

En las instalaciones del vertedero no se cuenta con ningún tipo de recipientes, para la recolección y transporte de materiales recuperados, esta acción es realizada principalmente por gente del sector informal, que realiza el reciclaje para cubrir sus necesidades básicas, que ingresa sin permiso a las instalaciones y debido a la falta de personal de seguridad dentro del recinto, trabajan libremente directamente en los depósitos de los desechos, sin ningún tipo de control y protección por parte de la Autoridad Sanitaria, por lo mismo no se puede asegurar que no se realice extracción de alimentos o materia orgánica putrescible, a esto hay que agregarle una considerable población de perros vagos que han llegado al lugar y no se han ido ya que se alimentan de los mismos desechos o roedores del lugar, provocando un nuevo riesgo sanitario dentro del recinto.

Los residuos domiciliarios recibidos en la semana son cubiertos al final del día con una capa de tierra de al menos 15 cm para evitar la emanación de olores, esto no ocurre de igual manera los fines de semana permaneciendo la basura a

la intemperie, siendo esto aprovechado por pobladores y animales para la búsqueda de algún desperdicio aprovechable.

Sin duda, una de las inconformidades más importantes detectadas en el vertedero de Villa Alemana, tiene que ver con la disposición en sus instalaciones de residuos infecciosos de origen hospitalario, provenientes de los servicios de atención primaria y del hospital de Peña Blanca. Estos residuos son tapados y transportados a través de camionetas municipales, en deficientes condiciones de sanidad y seguridad, sin ser mezclados con otros tipos de residuos, siendo dispuestos finalmente junto a los otros residuos para después ser tapados por la capa de tierra propia de la operación del vertedero, sin ser dispuestos por separado o en celdas especialmente habilitadas para este tipo de residuos peligrosos. Si bien este manejo de los residuos hospitalarios de la comuna es inapropiado y hasta peligroso, cuenta con la aprobación del DPA de Quilpué, que lo vio como la solución más al alcance, ya que estos residuos antes eran retirados por los camiones de aseo municipales, siendo mezclados con las demás basuras, pudiendo provocar un problema ambiental aun mayor.



**Figura N°8: Fotografía del momento en que funcionarios municipales se disponen a botar residuos de origen hospitalario (fotografía tomada en agosto del 2004).**

El vertedero en la totalidad de sus instalaciones no cuenta con sistema alguno de impermeabilización, por la cantidad de población que atiende éste recinto debiera poseer impermeabilización sintética a base de membrana plástica, la cual no posee en ninguno de sus sectores. Por esto la calidad de las aguas del sector se puede ver seriamente afectada por la acción de los lixiviados, que escurren a las napas contaminando las aguas.

Por parte de la Municipalidad no se realizan monitoreos a las características fisicoquímicas del lixiviado y del biogás, ni de la producción de ellas y la calidad del agua subterránea. En el vertedero no se controlan eventuales afloramientos de lixiviados en su superficie, encontrándose numerosas pozas de estos líquidos en gran parte del recinto. En el vertedero no se realizan seguimientos a los ruidos emitidos por estos equipos y si afectan o no a los operadores de estas maquinas o a la población cercana.

Para la clausura definitiva del recinto no se cuenta diseñado un plan de cierre definitivo a 20 años, que garantice la sanidad del terreno con una adecuada cobertura final, recuperación del sitio y un plan de monitoreo de las características fisicoquímicas, biológicas y la producción de lixiviado y biogás, además de un seguimiento a la calidad de las aguas subterráneas del sector. Sólo se ha iniciado insipientemente una pequeña reforestación y recuperación del lugar, pero por iniciativa propia del administrador del lugar que por acción de un plan de clausura acorde a este tipo de lugares.

#### **5.2.1.2 Inconformidades Medianamente Importantes:**

El terreno del vertedero es seco, se encuentra libre de la acción de inundaciones, observándose importantes problemas de erosión y sedimentación

en sus suelos, por su parte baja se observa lo que fue el paso de un pequeño brazo de agua, el cual se encuentra completamente seco en estos momentos.

El vertedero cuenta con una sola vía de acceso y salida para los vehículos, la que pese a que es sólo de tierra y ripio, se encuentra en buen estado de transitabilidad y aseo, aguantando bien la acción del invierno, aunque sin garantizar su normal funcionamiento en caso de precipitación extrema, especialmente por las falencias de los caminos interiores del lugar. Los caminos al interior del recinto, cuentan con problemas especialmente por acción de las lluvias, ya que se produce mucho barro, el cual dificulta la operación del vertedero, además estos caminos no se encuentran señalizados pudiendo provocarse accidentes dentro del recinto.

Debido a la pequeña cantidad de residuos recibida al día, el vertedero no cuenta con gran personal y equipo, remitiéndose éste al administrador del lugar, un par de auxiliares (incluido el portero) y los operadores, los cuales cuentan con su licencia de conducir apta y al día para realizar este tipo de labor.

En lo que se refiere a las instalaciones del recinto, es donde se encuentran muchas de las principales inconformidades, ya que no se cuenta con una sala de vestir, casilleros y duchas para el personal, contando sólo con una mediagua de madera donde se realizan estas labores, además de servir de casino. Los servicios higiénicos corresponden a sólo a un baño químico, instalado en las proximidades de la mediagua, a menos de 75 mt del área de trabajo, sin contar con desagüe directo al alcantarillado o a un pozo séptico. Para el agua se cuenta con un estanque tapado con llave con una capacidad aproximada de 1000 litros, siendo traída a través de camiones.

Los hábitats naturales en las inmediaciones del sitio, no se ven afectados muy seriamente, ya que el sitio donde se encuentra el vertedero es una zona de muy poca riqueza natural tanto en su flora como en fauna, no existiendo una gran masa arbórea limitándose principalmente a espinos y arbustos pequeños, por lo mismo para la operación del recinto no se han realizado tala de bosques, sólo el derribamiento de algunos *Eucaliptos* jóvenes que se encontraban dentro del recinto. La fauna tampoco es rica, reduciéndose principalmente a roedores y aves silvestres, las cuales se han visto afectadas, ya que estas especies han sido desplazadas por fauna exótica compuesta principalmente de aves rapaces y marinas, perros vagos y roedores de ciudad, que ingresan al recinto en búsqueda de alimento. No existen catastros sobre las especies de flora y fauna existentes en el sitio y si estas se encuentran o no amenazadas, tampoco existe actividad agrícola cercana que se pudiera ver afectada por acción del vertedero. Las laderas del vertedero se encuentran afectadas por el arrastre y deposito clandestino de basuras, las cuales no son retiradas frecuentemente por el personal del vertedero, afectando la flora y fauna del lugar.

#### **5.2.1.3 Inconformidades Levemente Importantes:**

El terreno se encuentra cerrado en todo su contorno pero sólo por una cerca de alambre de púas, no alcanzando la altura mínima de 1,8 mt. La entrada del vertedero no cuenta con un letrero que informe sobre el nombre del recinto, responsable y número telefónico, horario y día en que se acepta el ingreso de basuras y tipos de residuos que se aceptan, lo que si posee es una caseta con un funcionario municipal, que es utilizada como control para el ingreso de vehículos motorizados y personas al recinto.

Dentro de la operación propia del vertedero, no se lleva un registro claro del volumen y tipo de residuos recibidos, ni de materiales recuperados, tampoco se

cuenta con una balanza para determinar el peso de los residuos recibidos, por lo tanto estos registros no son entregados mensualmente a la autoridad sanitaria competente.

El recinto no cuenta con ninguna maquinaria de reemplazo en caso de desperfectos mecánicos de alguna de ellas. El recinto no mantiene material de acopió, que garantice la acción del vertedero por al menos 15 días. Al terminar la jornada de trabajo el recinto permanece cerrado para el paso de vehículos y personas, no habiendo un vigilante para cuidar el recinto de noche.

### ***5.3 Objetivo Específico Nº 3: Diseñar alternativas para la gestión y manejo de los RSU en la comuna de Villa Alemana.***

Luego de examinar la gestión y manejo de los RSU en la comuna de Villa Alemana, desde sus características de generación, recolección y tratamiento, también observar y analizar las inconformidades a la normativa ambiental del vertedero municipal, se presentan a continuación distintas alternativas para una mejor gestión de los residuos, siguiendo las características de la generación de residuos comunales, llegando hasta una adecuada disposición final de ellos en un recinto que cumpla lo establecido en la normativa nacional.

Tal como se indicó anteriormente, Villa Alemana produce aproximadamente 100 [ton/día] de basuras, ostentando un 60% de materia orgánica y un contenido de plásticos cercano al 18% como valores más significativos. Es por esto que para asegurar una adecuada gestión y manejo de los RSU, se tiene que pasar obligatoriamente por la disminución de la producción de estos y otros residuos, además de realizar un adecuado sistema de reutilización y reciclaje que permita

reducir la cantidad de residuos que llegan finalmente al vertedero o relleno sanitario y permitir una recuperación monetaria que ayude en la ampliación del programa, o su redistribución en programas de ayuda social. A continuación se presentan las alternativas propuestas para la gestión de los RSU en la comuna de Villa Alemana:

### **5.3.1 Recolección selectiva de residuos en la comuna de Villa Alemana**

El modelo de recolección selectiva propuesto, planea la recolección en hogares así como en contenedores específicos, tal como se viene haciendo hasta el momento con el vidrio e implementando otros recipientes para residuos peligrosos domiciliarios, envases de tetrapack, residuos electrónicos entre otros. Para el resto de los materiales, propone una recolección general centrada en la separación en origen de los envases, que potencie su reutilización y reciclado. Para los residuos domiciliarios el programa de reciclaje y reutilización estará enfocado principalmente a que:

- ✓ Los residuos biodegradables son utilizados para la fabricación de compost como fertilizante alternativo y mejorador de suelos.
- ✓ Los residuos no biodegradables serán enviados a una planta de reciclaje donde papel, cartón, plásticos, vidrio y metales son recuperados y vendidos a las industrias que los emplean como materias primas.

La metodología de la recolección selectiva de residuos sería bastante sencilla, con la separación de los residuos en 3 recipientes de 3 colores distintos según su tipo: uno verde para los residuos orgánicos y putrescibles; uno negro para plásticos, y uno rojo para los demás materiales recuperables como vidrios, metales férreos y no férreos, papeles, cartones, maderas etc. Tanto en mercados como en ferias el retiro sería diario para todos los residuos,

manteniendo los sistemas de recipientes y colores descritos anteriormente. En el resto de la población se tendría que elevar la frecuencia de retiro de los desechos de dos a tres veces por semana, en primavera y verano, esto para realizar dos recogidas semanales a los materiales orgánicos y putrescibles, para evitar posibles problemas sanitarios que pudieran ocurrir con la descomposición de la materia orgánica como lo son la producción de malos olores, la atracción de vectores etc, y la otra para el retiro de la materia inorgánica y basura en general.

La implantación del nuevo modelo de retiro de residuos supone un cambio radical de los hábitos de la población en cuanto a la forma de entrega de los residuos. Por ello, se ha de facilitar en lo posible la comprensión del nuevo concepto de separación en bolsas y cubos de aseo y la asimilación de las modificaciones que dicho modelo incorpora, a nivel local, en el sistema actual de entrega de los residuos (ubicación de nuevos contenedores para papeles y cartones, plásticos, latas de aluminio y residuos peligrosos, posibles cambios en la periodicidad de la recogida de la basura etc.).

Para ayudar al éxito del programa de separación, reutilización y reciclaje se contempla el uso de los contenedores municipales requeridos actualmente para la acumulación de basuras, para ayudar a las familias en la disposición de sus residuos juntándolos de a tríos utilizando los colores descritos anteriormente para cada tipo de residuos. En el caso del vidrio se propone que continúe el sistema de recogida actualmente implantado, a través de contenedores específicos, con un aumento de los mismos, los cuales continuarían siendo instalados y retirados por la ONG CODEFF, como forma de apoyo y como forma de gratitud con su anterior cooperación a la limpieza y aporte a la reutilización del vidrio en la comuna.

Los contenedores instalados actualmente en la comuna, sin duda no serán suficientes para las necesidades de la comunidad, teniendo que ser aumentados y además deberían complementarse con contenedores especiales con subdivisiones especialmente instalados en zonas estratégicas de la ciudad (supermercados, mercados alrededores del centro de la ciudad y en grandes poblaciones), diseñados especialmente para la recolección de papeles y cartones, plásticos, latas de aluminio, envases tetrapack y metales.

Luego existiría una segunda etapa que sería más ambiciosa donde se contempla la instalación de contenedores especiales para la recepción de residuos peligrosos domiciliarios (pilas, medicamentos vencidos, elementos químicos de limpieza y otros y para residuos electrónicos (teléfonos celulares en desuso y malos, piezas y restos de computadores calculadoras y artículos electrónicos en general), para disponerlos de forma separada al resto de los residuos en el caso de los primeros y para extender la red de negocio con el reciclaje en el caso de los segundos.

Para la recogida selectiva de pilas y baterías, se propone utilizar un sistema de contenedores, parecido a lo que se hace en Valparaíso, con la reutilización de envases en de agua de 50 litros para el depósito de las pilas e implantar la recogida en los mismos puntos de venta. Para la recogida de medicamentos caducados o sobrantes se creará un sistema de recogida a través de las farmacias de la ciudad, donde se instalarán carteles informativos y educativos.

Para complementar esta labor se deben establecer puntos o áreas especiales de entrega de residuos peligrosos y elementos que pueden ser reutilizados por personas de escasos recursos como ropa, libros, revistas, electrodomésticos productos de limpieza etc. Estos lugares se denominarían “**puntos limpios**”, los cuales se pueden encontrar en centros comerciales, supermercados, establecimientos municipales, bomberos y otros. Estos “puntos limpios”

complementarían a la separación en el origen y al uso de contenedores, agilizando la entrega de los residuos comportándose además como un punto de encuentro entre la comunidad y el municipio donde se observe en forma recíproca el compromiso adquirido con el medio ambiente y la ciudad, además de ser un punto de entrega de consultas, reclamos, dudas y de entrega de información y de educación ambiental.

### **5.3.2 Programa de Educación y Concientización Ambiental**

El objetivo principal del programa de educación ambiental es la promoción y búsqueda de la conciencia ambiental entre la comunidad, además de la entrega de conocimientos teóricos y prácticos donde se enseñe de manera adecuada a realizar la minimización de los residuos producidos, también la separación en el origen y por último su cooperación en la disposición de residuos especiales que también serán incluidos en este programa y el cuidado de contenedores y otros implementos municipales utilizados para este fin.

Partiendo de la premisa de que el mejor residuo es el que no se produce, se llega a entender que la prevención debe ser el objetivo prioritario de cualquier programa de educación ambiental, para aquellos residuos de difícil o nulo aprovechamiento: peligrosos, infecciosos y otros, pero no todos los residuos que se generan pueden ser fácilmente evitados por lo que aún siendo la prevención el objetivo principal a conseguir, esta debe ser complementada conjuntamente con la reutilización, reciclaje y disposición final, lo más respetuosa posible con el entorno.

Para la realización de un adecuado programa de educación ambiental a nivel local, se requiere del apoyo de los establecimientos educacionales tanto municipales, como particulares, además de juntas de vecinos, centros de

madres, clubes deportivos, ONG 's, grupos juveniles y de scout, con la realización de talleres en sus establecimientos y la puesta de afiches y póster alusivos a la campaña, ya que a través de estos grupos se puede llegar de una mejor manera a la comunidad. Esto lo debiéramos complementar con una campaña de difusión en los medios de comunicación locales (radios y periódicos), para lograr así una mejor comprensión por parte de la comunidad de los alcances de este proyecto, sus ventajas y principalmente la importante labor que desarrollará la comunidad para el éxito de esta idea.

El programa de educación ambiental debiera ser dirigido y enfocado principalmente a los niños y a los grupos de estratos sociales medios y bajos, ya que son los grupos que se encuentran en un mayor riesgo y con problemas de carácter sanitario, higiénico y ambiental con los RSU. Este programa de educación ambiental debiera estar compuesto y orientado con un sistema de folletos, volantes, afiches, autoadhesivos y pósters, donde se indique de forma simple, clara y directa las ventajas tanto económicas, ambientales y sociales, que se pueden alcanzar con la minimización de los residuos producidos, su separación en la fuente, reutilización, reciclaje y por sobre todo realizar un especial hincapié en la prevención de la producción de residuos con la mejora de hábitos de consumos y culturales, todo esto explicado de una forma sencilla, utilizando un lenguaje claro y directo además de la utilización de vivos colores y animación. Todo esto complementado con un sistema "puerta a puerta" realizado por funcionarios municipales como también por voluntarios, donde se atiendan consultas y se acepten sugerencias acerca del programa y los pasos a seguir posteriormente.

El programa de educación ambiental también debiera apuntar a un aumento en el pago de los derechos de aseo anuales por parte de la contribuyentes, ya que la evasión llega al 55%, con esta campaña se esperaría disminuir la morosidad a sólo un 45%, lo que equivaldría a recaudar cerca de \$ 273 millones anuales.

Complementando al programa de educación ambiental a la comunidad, se debiera seguir con un programa paralelo dirigido a funcionarios municipales, así como a trabajadores de oficinas, comercio e industrias, compuesto de charlas, talleres, seminarios y afiches, donde se les indique su importante labor para el éxito de este programa, complementando toda esta información con la entrega de conocimientos básicos para la reutilización de implementos de trabajo, constituyendo un ahorro monetario para la empresa así como una cooperación al mejoramiento del medio ambiente. En el área municipal el programa de capacitación debiera estar dirigido principalmente a los trabajadores del área ambiental y a los trabajadores del servicio de aseo, ornato y recolección de la basura.

Cabe señalar que este programa de educación ambiental tiene que ser revisado y mejorado continuamente, buscando nuevas áreas de explotación y reforzando las áreas ya existentes, reforzando cada vez más la educación en los sectores más desprotegidos de la población de forma inteligente y entretenida.

### **5.3.2 Recolección y Transporte “Profesional” de los Residuos:**

En lo que tiene que ver con la recolección de las basuras, está incorporado en el plan de reutilización y reciclaje comunal, con la instalación de contenedores especiales para la recolección de los residuos en forma separada, además de otros contenedores diseñados para la recolección de papeles y cartones, latas de aluminio y metales, plásticos para luego continuar con contenedores para residuos peligrosos domiciliarios, electrónicos y pilas.

Como el servicio de aseo comunal cubre las necesidades de casi toda la comuna, lo que se propone es optimizar los viajes de recogida y los horarios especialmente en el centro de la ciudad. Con una revisión y reorganización de

las rutas existentes en la comuna, con esto se puede lograr una disminución del tiempo de recolección y un ahorro de costos por la disminución del consumo de gasolina.

Los materiales y residuos separados en el origen tienen que ser agrupados antes de ser transportados, por eso para la recolección de los residuos se prevé la mantención del sistema de recolección en la acera, donde los materiales reciclables son recogidos en la calle, pasaje o instalación comercial, separadamente de los residuos no seleccionados.

#### **5.3.1.1 Vehículos de recolección**

En términos generales, se puede decir que existen carrocerías para vehículos recolectores de carga lateral, trasera y frontal. Estas últimas se usan exclusivamente para la carga mecánica de contenedores, mediante un dispositivo consistente en un par de brazos, que ensamblan con el contenedor, elevándolo y vaciándolo por la parte superior de la caja compactadora.

El servicio de aseo de la comuna, está compuesta por una flota de camiones recolectores de carga trasera con compactadora de residuos, estos camiones pueden servir para el programa de reciclaje y reutilización, al realizar la recogida en un promedio de tres veces por semana por casa. A esta flota de camiones habría que añadir por lo menos dos nuevos vehículos especializados en reciclaje con caja cerrada, para la recolección de los residuos acumulados en los contenedores especialmente diseñados para el recibimiento de papeles y cartones, vidrios, latas de aluminio y plásticos y otro para la recolección y transporte de los residuos peligrosos, pilas, medicamentos caducados y residuos electrónicos.

Para complementar el servicio de aseo comunal se propone establecer un servicio telefónico gratuito para la comunidad, por el cual se pueda informar sobre la disposición de residuos especiales y voluminosos en hogares como muebles, colchones, cocinas, electrodomésticos, residuos de podas etc., con este servicio se puede establecer un recorrido semanal de retiro de este tipo de residuos, en un camión municipal, para luego llevar los residuos disponibles al centro de acopio para su redistribución a gente de menores recursos que puedan utilizarlos o desarmarlos en caso que su condición sea defectuosa.

Además se necesita imperiosamente un sistema de separación y recolección en la fuente de los residuos hospitalarios con características peligrosas, que reemplace el deplorable sistema existente actualmente, retirando estos residuos diariamente de su fuente (hospital de Peña Blanca y 4 consultorios), llevándolos finalmente a un sitio adecuado para su disposición final.

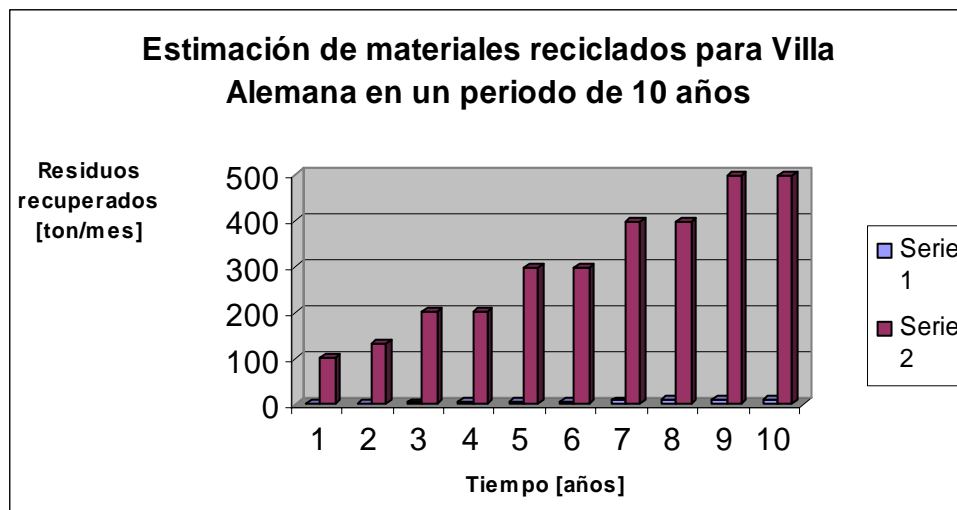
### **5.3.3 Planta de reciclaje**

Para la complementación y éxito del programa de reciclaje propuesto para Villa Alemana, se contempla la construcción de planta de separación, reciclaje y embalaje de la fracción utilizable de los residuos inorgánicos.

La estrategia elegida para mejorar los ingresos y las condiciones de trabajo de los recicladores urbanos, sería incorporarlos a este plan para la realización de trabajos en la planta de reciclaje, donde la gente pueda trabajar en condiciones higiénicas adecuadas y obtener mayores ingresos con la venta directa de material pre-procesado a la industria, además contando con un contrato de trabajo, con los beneficios correspondientes a cualquier trabajador con contrato.

Para la elaboración del diseño se debiera incluir el desarrollo de diagramas de flujo de proceso, donde se ensamblen las operaciones básicas, instalaciones y operaciones manuales para lograr los objetivos del proyecto. Realizando una estimación se calcula que los residuos recibidos diariamente por esta planta estarían en el orden de 30 -35 [ton/día], de estos desechos recibidos cerca de un 60-70% podría rechazarse por encontrarse contaminado o sucio, no permitiendo su reciclaje. Dependiendo del éxito del programa de reciclaje y del apoyo de la comunidad, se espera ir creciendo rápidamente en la cantidad de residuos reciclados, partiendo en unas 100 [ton/mes], lo que equivale a una cifra cercana a 3,3 [ton/día], para el segundo año se espera llegar a las 130 [ton/mes], lo que corresponde a 4,3 [ton/día], a partir del tercer o cuarto año se espera llegar a 200 [ton/mes], para llegar a cerca de 500 [ton/mes] a los 10 años. De estas 3 – 3,3 [ton/día] de materiales recuperados se espera reciclar cerca de 1,8 [ton/día] de plásticos, 1 [ton/día] de papeles y cartones y entre 0,3 – 0,5 [ton/día] de vidrios y metales.

**Grafico N° 2: Estimación de los residuos recuperados por la planta de reciclaje de Villa Alemana**



En una primera etapa se contempla un funcionamiento mixto, mecánico y manual de la planta desde el proceso de descarga y separación de los residuos a reciclar hasta su embalaje. La separación de elementos, metales, vidrios, papel, y plásticos se hará como en casi todas las plantas de forma semi manual. Brigadas de operarios separarán estos residuos, que a su vez se clasificarán, según sean papel, vidrio, plásticos, metales, envases tetrapack etc.

Además para la operación de la planta se contemplaría la compra de equipo para optimizar y mejorar tanto la realización del trabajo como las condiciones de los trabajadores, entre el equipo a comprar estaría: una tolva para la descarga de residuos, una cinta transportadora utilizada para la manipulación y transporte de residuos, un molino desmenuzador, una zaranda o tamiz, dos compactadoras una para cartones, papeles y plásticos y otra para aluminio y latas, y finalmente una motobomba eléctrica para limpieza.

En la parte final del proceso se contempla el embalaje y transporte de los residuos recuperados en vehículos municipales a empresas que compran estos elementos ubicados en la misma comuna y en la ciudad de Quilpué.

#### **5.3.4 Planta de Compostaje**

Para complementar a la planta de reciclaje, se contemplaría la construcción de una planta de compostaje, donde la fracción orgánica de los RSU separados en origen sea tratada biológicamente y así obtener compost, el cual puede ser comercializado o vuelto a utilizar por el municipio para obras paisajísticas.

En una primera parte, la operación de esta planta de compostaje vislumbra la construcción de una carpeta asfáltica de 30 x 60 metros, donde se realizaría el proceso de mezcla del material orgánico, restos de maderas y podas chipiadas, las cuales son la fuente de Carbono, con la fuente de Nitrógeno, en un comienzo el estiércol de gallina proveniente de la avícola “Arizona”.

La cantidad de residuos a compostar, estará condicionada por el volumen de estiércol de gallina recibido diariamente, por lo mismo no todos los residuos orgánicos recolectados podrán ser compostados. Para el proceso de compostaje se contempla una proporción 3:1, esta relación de materiales está dada por una estimación realizada a partir de las relaciones Carbono-Nitrógeno de los materiales a compostar. El resto del material orgánico sin utilizar en el proceso de compostaje deberá ser enviado al relleno sanitario para su disposición. Posteriormente si el compostaje se realiza exitosamente y si es posible firmar convenios con otras avícolas, mataderos u otra empresa que pueda entregar residuos con materia rica en Nitrógeno, el proceso de compostaje puede ampliarse, utilizando mayor cantidad de residuos orgánicos, reduciendo la cantidad de desechos con destino final en el relleno sanitario. Para complementar el proceso de compostaje se debiera incluir la compra de los siguientes equipos;

Una maquina chipeadora que convierta los restos de podas y maderas, en chips realizando de forma más simple su manejo en el proceso y su digestión por parte de los microorganismos. La chipeadora adquirida debe entregar el material en astillas de entre 8 a 20 cm, ya que con astillas de un mayor o menor tamaño se afecta negativamente el proceso. Además todos los residuos verdes con excepción del pasto deben ser triturados, ya sea de forma manual o mecánica para reducir el volumen del material a compostar, además produce una buena homogenización de los materiales y mejora la aireación del proceso.

Una máquina para el volteo del compost: El sistema contemplado para la realización del compostaje sería el de pilas, ya que esta tecnología es relativamente simple, es el sistema más económico y el más utilizado. Los materiales se amontonan sobre el suelo o pavimento, sin comprimirlos en exceso, siendo muy importante la forma y medida de la pila. Las medidas óptimas oscilan entre 1,2 -2 metros de altura, por 2- 4 metros de ancho, siendo la longitud variable, en este caso se contempla utilizar todo el largo de la carpeta asfáltica para la disposición de los residuos a compostar.

Una vez constituida la pila, la única gestión necesaria es el volteo o mezclado con una máquina adecuada. Se ha optado por el volteo del material mediante un aireador de paletas en rosco horizontal, el que ataca frontalmente las pilas de compost, airea, voltea, dilacera y mezcla el material distribuyendo la masa así tratada en una nueva pila paralela a la original.

La frecuencia de volteo depende del tipo de material, la humedad y de la rapidez con que deseamos realizar el proceso, siendo habitual realizar un volteo cada 6-10 días. Los volteos sirven para homogeneizar la mezcla y disminuir su temperatura, a fin de eliminar el excesivo calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5 o 15 °C, subiendo de nuevo en caso que el proceso no haya terminado.

Un factor interesante del compostaje es la reducción del volumen de los residuos a tratar, tanto por su trituración y chipeo como por el proceso biológico de oxidación aerobia de los materiales. La reducción de volumen corresponde a la pérdida de masa en la oxidación bacteriana y a la modificación de los materiales hasta llegar a un humus vegetal, la que puede significar una reducción hasta un 30-40% del volumen inicial. Finalmente el proceso de

compostaje se extendería en un orden de 12 semanas en periodo estival y 20 semanas en período invernal.

De esta planta de compostaje se espera tratar en un comienzo un total de 150 [m<sup>3</sup>/mes] de residuos entre residuos orgánicos putrescibles y estiércol de gallina, para así obtener en un comienzo una cifra cercana a 100 [m<sup>3</sup>/mes] de compost. Con el correr del tiempo se espera llegar a una producción mensual de 200 - 250 [m<sup>3</sup>/mes] para un periodo de 2 a 5 años y de 350 - 500 [m<sup>3</sup>/mes] para los próximos 10 años.

### **5.3.5 Plan de clausura del actual vertedero municipal**

Este es un punto muy importante dentro del plan de gestión y manejo de los RSU en Villa Alemana, ya que el vertedero municipal como se ha dicho anteriormente, no cuenta con un periodo de vida muy prolongado, pese a que se han realizado importantes mejoras que han llevado a este vertedero a convertirse en un sitio de disposición controlada con medidas para el control de biogás y lixiviados, además de aumentar su vida útil, pese a esto no cuenta con un plan de cierre donde se mitiguen y monitoreen los impactos ambientales generados y se le pueda dar así un buen uso a esos terrenos.

El plan de clausura debe ser congruente con el uso final del suelo que haya sido autorizado, así como reducir los impactos de los residuos sólidos y sus subproductos a través de los años con acciones de saneamiento ambiental, por lo que se debe contemplar la prevención de:

- ✓ Infiltración del agua pluvial hacia el interior de los residuos sólidos,
- ✓ Erosión de la cubierta final,
- ✓ Fuga incontrolada de biogás

- ✓ Fuga incontrolada de lixiviados y su tratamiento,
- ✓ Contaminación de las aguas subterráneas, y
- ✓ Lograr la estabilidad mecánica de los residuos sólidos depositados.

Para el diseño de la cobertura final del vertedero se deben seguir una serie de pasos y procedimientos para que quede bien sellado y se reduzca al mínimo la posibilidad de accidentes o riesgos ambientales. El terreno del vertedero, una vez clausurado y acondicionado, puede ser vuelto a utilizar esta vez como área verde y de recreación, para jardines o estacionamiento.

El mantenimiento y monitoreo del sitio estaría dado en función a su uso final, ya que se requerirán sistemas de control y monitoreo de biogás y lixiviados que demandarán una continua atención. Este periodo de pos clausura debiera abarcar un periodo cercano a 20 años.

### **5.3.6 Estación de transferencia:**

En una estación de transferencia, el residuo es transferido desde camiones recolectores a unidades de transporte de mayor capacidad (transfers). Para el caso de Villa Alemana se propone la construcción de una estación de transferencia, donde puedan llegar los residuos, ser almacenados, separados y embalados, para ser transportados a los centros de ventas de productos para reciclaje, a las plantas de compostaje y reciclaje o simplemente ser depositados en el relleno sanitario. Esta estación de transferencia en su funcionamiento puede ser compatible con la planta de reciclaje, pudiendo incluso funcionar en las mismas instalaciones, produciendo además un ahorro monetario cuantioso, reduciendo los gastos de operación, transporte, energía, personal, prolongación de la vida útil de los vehículos de recolección etc. Los componentes mínimos de esta estación de transferencia serían:

- ✓ Entrada con zona buffer
- ✓ Balanza
- ✓ Plataforma de recepción
- ✓ Pozo de almacenamiento
- ✓ Equipo para mover residuos a los transfers
- ✓ Equipos de compactación, generalmente compactadores estacionarios
- ✓ Sistema de captación y tratamiento de aguas
- ✓ Oficinas, etc.

En esta estación de transferencia se planea recibir cerca del 80-95% de los RSU producidos diariamente en Villa Alemana es decir cerca de 80-95 [ton/día] de residuos.

### **5.3.7 Incineradora de residuos**

Es el proceso químico más utilizado para reducir el volumen original de la fracción combustible de los RSU, del 85 al 95%, La incineración de las basuras tiene varias ventajas, pero también hartos inconvenientes. Entre las ventajas está el que se reduce el volumen de vertidos (quedan las cenizas) y el que se obtienen cantidades apreciables de energía. Entre las desventajas el que se producen gases contaminantes, algunos potencialmente peligrosos para la salud humana, como las dioxinas y furanos.

Aún cuando se pueden cumplir los requisitos más estrictos sobre control de contaminación atmosférica, mediante el uso de la tecnología existente y en desarrollo, un problema importante sería encontrar la localización de tales instalaciones. Para el caso de Villa Alemana, se recomienda el uso de una incineradora, para el tratamiento de residuos peligrosos de origen domestico, hospitalarios e industriales, provenientes de la comuna. Los residuos peligrosos

deben ser incinerados en plantas especiales, porque exigen una combustión con una tecnología mucho más sofisticada que la de residuos domiciliarios e industriales no peligrosos.

### **5.3.8 Relleno sanitario:**

Por último se hace de vital importancia la construcción de un nuevo sitio de disposición final de residuos, acorde a las necesidades de la comunidad y que cumpla con la normativa ambiental vigente y los nuevos parámetros establecidos en el “Reglamento para rellenos sanitarios” del año 2003 el cual se encuentra en análisis para ser implementado en los próximos años.

La municipalidad deberá decidir que será lo mejor para su disposición final, si la continua administrando ella, o lo privatiza para que sea construido, administrado y clausurado por privados. En esta propuesta se proponen dos opciones para el recinto de disposición final de los residuos de la comuna: la ampliación del vertedero actual o la construcción de un relleno sanitario en otro lugar.

Para el diseño de cualquier relleno sanitario, es vital definir el volumen de residuos sólidos a disponer durante toda la vida útil del proyecto, además de calcular la tasa de crecimiento de la población y de los residuos generados por ellos entre otros parámetros, para así estimar las dimensiones del relleno sanitario, la forma de operar, el personal y maquinaria a utilizar. Para el caso de Villa Alemana debido a su población, los cambios en el consumo y al aumento de la producción de RSU estimado en un 3,2% anual, el volumen del nuevo sitio de disposición final para los próximos 20 años debiera estar entre las 4.000.000 - 5.000.000 [ton]. Si se llegara a complementar la construcción de un nuevo relleno sanitario, con planes de reciclaje, compostaje o incineración,

se puede disminuir considerablemente el volumen de residuos recibidos por el vertedero, prolongando así su vida útil.

El diseño en la forma de disponer los residuos a enterrar, es fundamental para el éxito del trabajo de un relleno sanitario, por eso se puede utilizar un método combinado entre el del área y el de trinchera. Estos métodos combinados son considerados los más eficientes ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta (siempre y cuando exista éste en el local) y aumentan la vida útil del sitio. Dada la cantidad de residuos a disponer se sugiere la operación del vertedero completamente mecánica, esto llevaría a la compra de nuevo material lo que encarecería los costos de la construcción de este relleno en caso que siga siendo operado por la municipalidad

Entre la infraestructura que debe poseer el recinto está la impermeabilización para todo el recinto. El objetivo en el diseño de aislamientos para rellenos sanitarios es minimizar lo más posible la filtración de lixiviados en los suelos por debajo del relleno y eliminar así la contaminación potencial de las aguas subterráneas. La impermeabilización se puede efectuar por dos métodos, natural y artificial. Para el caso del relleno sanitario comunal se recomienda la utilización de un sistema mixto de impermeabilización, que emplee una capa de arcilla compactada y una geomembrana, proporcionando así más protección y conjuntamente son hidráulicamente más efectivos que cualquier tipo de impermeabilización utilizado aisladamente.

El tipo de geomembrana recomendada para la instalación en el relleno sanitario comunal, es la de Polietileno de Alta Densidad HDPE, que como ventajas principales ofrece excelente resistencia química y climática, buena unión al soldar, mayor rango de temperaturas en operación e instalación y durabilidad a largo plazo, aunque su precio es el más elevado. Esto si la comparamos con

otras posibilidades de geomembranas disponibles en Chile, como son el Polietileno de Baja Densidad Lineal LLDPE y el Cloruro de polivinilo PVC.

Existen varios sistemas para la captación del biogás que pueden implementarse en el relleno sanitario de Villa Alemana, y su objetivo sería alcanzar un control en la salida del biogás. Los sistemas de captación de biogás se deben instalar paulatinamente conforme al relleno del sitio. Posteriormente el pozo se rellena con cascajo o piedra y es conectada a la capa de base permeable por debajo del revestimiento mineral de la cubierta de sellado superior.

La infraestructura necesaria para su captación incluiría sistemas de impermeabilización colocados con cierta pendiente para conducir por gravedad el lixiviado a los tubos colectores. El sistema de captación de lixiviados requerido por el relleno sanitario comunal, debería instalarse inmediatamente por encima del sistema de impermeabilización. Estos sistemas deben ser capas drenantes, ubicadas en la base del sitio de disposición y sobre cualquier capa superior donde se espere tener acumulación de líquidos. Sin embargo, la generación de lixiviado se podría reducir considerablemente si se desvían las aguas pluviales y el cierre del sitio se realiza con material impermeable para que los lixiviados tengan salida lateral, empleando para ello en la cubierta diaria materiales impermeables (arcilla principalmente).

Como consecuencia de la impermeabilización del relleno sanitario, se acumularían en éste una gran cantidad de líquidos percolados, los cuales deben ser manejados en forma apropiada. Es importante tener en el relleno sanitario los elementos necesarios para mantener un control total de los lixiviados, esto pueden ir desde almacenamientos en lagunas para luego recircularlos con equipos de bombeo, hasta sistemas de drenaje al interior del relleno, depósitos de almacenamiento y tratamiento químico y/o biológico.

Existen varias opciones para el tratamiento de lixiviados y la selección depende de la caracterización final del mismo. Las opciones pueden ser descargar a una planta de tratamiento de lixiviados (por ejemplo una laguna de evaporación o planta de tratamiento anaerobia) o recirculación a las celdas del sitio de disposición final. En la práctica es común la combinación de tratamiento y recirculación de lixiviados.

Este relleno sanitario contaría con la construcción de un área de “seguridad”, cercana al 5% de la superficie dispuesta para los residuos, con acceso restringido y un completo sistema de prevención de riesgos en el cual se realice la disposición final de residuos peligrosos, hospitalarios e industriales.

### **5.3.9 Mantención de la gestión actual de los RSU en la comuna de Villa Alemana:**

Esta es quizás la propuesta menos atractiva de las presentadas, pero es igualmente válida. Pese a que los modelos de recolección selectiva de residuos, su reciclaje, compostaje, incineración y disposición final en un relleno sanitario, son soluciones acordes con las necesidades del siglo XXI, estas presentan el inconveniente que requieren de una fuerte inversión, dineros que en este momento la municipalidad no posee. Ya que la gestión de los RSU en la comuna se realiza de manera económica, sin realizar un gasto elevado en barrido y disposición final de residuos, esta alternativa se basa en mantener los sistemas de gestión y manejo actual e irlos mejorando lentamente con el correr de los años especialmente en lo que tiene que ver con la clausura del actual vertedero municipal y en la gestión de residuos hospitalarios y peligrosos.

### 5.3.10 Evaluación económica de las alternativas propuestas:

En esta sección de la investigación se evaluarán económicamente las alternativas propuestas anteriormente, para obtener una clara visión de la perspectiva económica de dichas propuestas y si existe la factibilidad de su puesta en marcha en la comuna de Villa Alemana. Para realizar esta evaluación se tomó como referencia una U.F de \$17.400 y un dólar de \$585, valores observados a comienzos de junio del 2005.

#### 5.3.10.1 Recolección selectiva de residuos en la comuna de Villa Alemana

##### **Costos Económicos:**

Aquí la mayoría de los costos serían principalmente en contenedores para las poblaciones para complementar el sistema de reciclaje llevado en los hogares, pudiendo llevar sus residuos a estos contenedores si no quieren tener los residuos en sus hogares y principalmente para ayudar aquellas familias que no pasan la mayoría del día en sus hogares ya sea trabajando o estudiando y no se encuentran en el horario de paso de los camiones de aseo por su población. Para este plan se considera la compra de distintos contenedores los cuales reforzaran a los ya existentes siendo reunidos de a tríos con los mismos colores de las bolsas o cubos hogareños, para depositar ahí los residuos según su naturaleza. Por último también se equipara de cubos y bolsas plásticas a las familias que no puedan costearlos por sí mismos por problemas económicos.

2 Contenedores Closed Top capacidad 12 m <sup>3</sup> = US\$ 4.004 = \$ 2.342.340 + IVA = 2.787.384 * 2 contenedores = \$ 5.574.768.-
---

4 Contenedores modelo OTO 6B2 Open Top capacidad 6m <sup>3</sup> = \$ 1.089.240 + IVA = \$ 1.344.741 * 4 contenedores = \$ 5.378.964.-
--

100 Contenedores 1.000 litros = \$ 164.366 + IVA = \$ 195.595 * 100 contenedores = \$ 19.559.500.-
60 contenedores 240 litros = \$ 29.005 + IVA = \$ 34.515 * 60 contenedores = \$ 2.070.900.-
90 Contenedores 120 litros = \$ 22.644 + IVA = \$ 26.946 * 90 contenedores = \$ 2.425.140.-
Bolsas plásticas para basura 3 colores para 3.000 hogares = \$ 2.160.000.-
<b>TOTAL = \$ 37.169.272 ↔ U.F = 2.130.-</b>

### **Costos-Beneficios Sociales**

Los beneficios sociales de un proyecto de estas características, son muy amplios y pueden ir desde la generación de nuevos puestos de trabajo, hasta la participación de toda la comunidad en la ejecución de este proyecto. A grandes rasgos, se pueden nombrar como beneficios del proyecto la reducción de la cantidad de residuos a disponer en rellenos sanitarios, ampliando su vida útil. Además los fondos reunidos a partir de las ventas de los materiales reciclables pueden utilizarse para cubrir gastos operacionales y de gestión del proyecto y en caso de tener excedentes pueden utilizarse para proyectos sociales en poblaciones más vulnerables, apoyando proyectos culturales, deportivos, de seguridad ciudadana etc. Quizás el mayor beneficio que puede traer a la comuna es la toma de conciencia por parte de la comunidad de los problemas ambientales que sufre su ciudad y como ellos pueden ser parte activa en la búsqueda de soluciones y en la realización de ellas. Los costos negativos pueden tener que ver con la molestia que puede causar a la población los cambios en los sistemas de recolección con la irrupción de tres recipientes para

los distintos tipos de residuos y la confusión que puede traer a personas solas o de una edad más avanzada, con la separación de los residuos según su naturaleza y la molestia inicial, que puede traer la entrega de ciertos residuos en los llamados “puntos limpios” o en los contenedores que serían instalados por toda la comuna.

### **5.3.10.2 Programa de Educación y Concientización Ambiental**

#### **Costos Económicos**

Aquí una parte de los costos serían en la publicidad de la campaña, con la entrega de folletos con un sistema “puerta a puerta” y afiches puestos en los mayores centros de reunión comunal además de la publicidad en medios de comunicación locales. Los demás costos son principalmente remuneraciones de los monitores que realizarían la distribución de los afiches y charlas en juntas de vecinos, colegios y otros, explicando los alcances del proyecto y la participación de la comunidad para su éxito. A continuación se presentan en detalle los gastos en este ítem.

Publicidad Grafica (volantes, folletos, autoadhesivos etc.) = \$250.000.-
Publicidad en medios de comunicación masivos (radios, televisión y periódicos locales) = \$ 500.000.-
Monitores para charlas en colegios e instituciones = \$ 1.000.000.-
<b>TOTAL = \$ 1.750.000 ⇔ U.F = 100.-</b>

## **Costos Sociales**

De un programa de educación ambiental, sólo se pueden obtener beneficios sociales, ya que la educación ambiental entrega conocimientos teóricos y prácticos que pueden ser aprovechados para el beneficio de la población, como también entrega una forma de comunicación y participación entre municipalidad y ciudadano.

### **5.3.10.3 Recolección y Transporte “Profesional” de los Residuos:**

#### **Costos económicos**

Los costos económicos están involucrados principalmente al recambio natural de camiones recolectores y la compra de vehículos con funciones específicas para el reciclaje equipados con alza contenedores e higienizadores para compactadores y contenedores y especialmente para el retiro de residuos peligrosos de origen domiciliario y hospitalario.

3 camiones marca Ford modelo Cargo 1717 = \$ 18.950.000 c/u + IVA = \$ 22.550.500 * 3 camiones = \$ 67.651.500.-
2 recolectores marca Usimeca modelo Brutus 21 m <sup>3</sup> = US\$ 25.363 = \$ 14.837.355 + IVA = \$ 17.656.452 * 2 recolectores = \$ 35.312.904.-
1 recolector marca Hook Lift Grimaldi GR-25, para reciclaje = US\$ 18.430 = \$ 10.781.550 + IVA = \$ 12.830.044.-
3 Bombas hidráulicas (Sistema bomba en punta) = US\$ 2191 = \$ 1.281.735 + IVA = \$ 1.525.264 * 3 camiones = \$ 4.575.792.-
3 Alza contenedores marca Perkins modelo D6207 = US\$ 7.361 = \$ 4.306.185 + IVA = \$ 5.124.360 * 3 camiones = \$ 15.373.080.-

3 Higienizadores para compactadores y contenedores = US\$ 900 = \$ 526.500 + IVA = \$ 626.535 * 3 camiones = \$ 1.879.605.-
<b>TOTAL = \$ 139.422.925 ⇔ U.F = 7.990.-</b>

**Gastos operacionales anuales:**

Mantenimiento anual de los camiones = \$ 600.000 * 8 camiones = \$4.800.000.-
Sueldo mensual operarios y chóferes (8 chóferes y 24 operarios) = \$ 5.600.000 * 13 meses = \$ 72.800.000.-
Combustible = 2.500 litros * camión/mes * 400 pesos litro = \$1.000.000 camión/mes * 8 camiones = \$8.000.000 mensuales *12 meses = \$ 93.000.000 anuales.-
Lubricantes y otros = \$35.000 * Camión/mes * 8 camiones = \$ 280.000 mensuales * 12 meses = \$ 3.360.000.-
<b>TOTAL gastos operacionales = \$173.960.000 ⇔ U.F = 9.998.-</b>

**Costos sociales**

Los beneficios atribuibles a la recolección de los residuos, tienen que ver con el aseguramiento a la comunidad que sus residuos domiciliarios serán retirados continuamente y abarcando a la gran mayoría de los hogares, tratando de llegar al 100% de la población con una frecuencia de a lo menos 2 veces a la semana para la materia orgánica y una vez para los residuos inorgánicos. Si esto se realiza diseñando una adecuada hoja de ruta y reorganizando los circuitos de una forma más homogénea, sin repetir el paso por lugares tal como ocurre en este momento y mejorando los horarios de paso por zonas de congestión vehicular, el retiro de los desechos no se debiera encarecer, tanto para la Municipalidad como para los propios vecinos que tienen que pagar todos los años su derecho de aseo. También se debe incluir como costo positivo el

transporte controlado de residuos peligrosos domiciliarios y hospitalarios, alejando lo más posible a la población del contacto con estos residuos, transportándolos rápidamente al relleno sanitario local. Como costo negativo se pueden tomar las molestias ocasionadas a los usuarios por tener que sacar de forma más continúa el aseo a las calles y posibles problemas ocasionados por el ruido y el mayor tráfico de camiones por los hogares como levantamientos de polvos en calles sin pavimentar u olores salidos al realizar la compactación de los residuos.

#### **5.3.10.4 Planta de reciclaje**

##### **Costos económicos**

La implementación de una planta a nivel comunal, donde se reciban, separen y embalen los residuos domiciliarios es una actividad que se está llevando con éxito en algunos municipios del país, siguiendo los patrones de estas plantas se ha hecho la estimación de los costos la cual se entrega a continuación.

Maquinaria (cinta transportadoras, molienda, tolva, compactadoras, camiones etc.) = \$ 80.000.000.-
Declaración Impacto Ambiental = \$ 1.800.000.-
Instalaciones físicas, terreno y otros = \$ 40.000.000.-
<b>TOTAL = \$ 121.800.000 ⇔ U.F = 7.000.-</b>

##### **Gastos operacionales anuales:**

Sueldos (Ingeniero a Cargo, capataz, operarios y chóferes) = \$ 2.550.000 mensuales * 13 meses = \$ 33.150.000.-
Operación de la planta (energía, agua y otros) = \$ 1.350.000 mensuales * 12 meses = \$ 16.200.000 anuales.-

**TOTAL gastos operacionales = \$ 49.350.000 ⇔ U.F = 2.836.-**

### **Costos sociales**

Como beneficios del proyecto se encuentra la disminución de los residuos a depositar en rellenos sanitario y lo que es aun más importante su aprovechamiento para la elaboración de nuevas materias primas con el ahorro de energía y de recursos naturales que esto trae. También se cuenta la dignificación del gremio del reciclaje con la generación de empleos estables, con un contrato de trabajo y respetando todas las condiciones de laborales, de higiene y de seguridad que todo trabajador debe tener. Como impacto negativo se puede tener un primer rechazo por parte de la población a este tipo de instalaciones por miedo a problemas de higiene con la propagación de malos olores o a problemas de ruidos excesivos por el transito de camiones y la maquinaria propia del recinto.

### **5.3.10.5 Planta de Compostaje**

#### **Costos económicos**

Para el diseño de la planta de compostaje se tomaron en cuenta los diseños de otras plantas parecidas así como el equipo a utilizar, el cual se detalla a continuación:

Carpeta asfáltica 1.800 mt <sup>2</sup> con impermeabilizado = \$ 9.000.000.-
Instalaciones y oficinas = \$ 6.500.000.-
Declaración Impacto Ambiental (DIA) = \$ 1.800.000.-
Terreno 1,5 hectáreas = \$ 24.000.000.-
Camión Ford modelo Cargo 915 año 2005 = \$ 11.940.000 + IVA = \$ 14.208.600.-

Tractor New Holland modelo 6610 STD año 1997 = \$ 6.950.000 + IVA = \$ 8.270.500.-
Aireador de paletas en rosco frontal para tractor especial para compostaje marca Brown Bear modelo HYDPTO 24 - 7' = US\$ 20.682 = \$ 12.098.970.-
Maquina chipeadora marca Morbark modelo 2070 = US\$ 3.550 = \$ 2.076.750.-
<b>TOTAL = \$ 77.954.820 ⇔ U.F = 4.467.-</b>

### **Gastos operacionales:**

Sueldos (Ingeniero, operario tractor, chofer y trabajadores) = \$1.750.000 mensual *13 meses = \$ 22.750.000 anual.-
Operación de la planta (combustibles, agua, luz etc.) = \$ 1.200.000 mensual * 12 meses = \$ 14.400.000 anual.-
<b>TOTAL gastos operacionales = \$ 37.150.000 anuales ⇔ U.F = 2.135.-</b>

### **Costos sociales**

La implementación de una planta de compostaje trae como beneficios a la comunidad la generación de puestos de trabajos, además del aprovechamiento de la fracción putrescible de los residuos sólidos obteniendo compost, el cual sería comercializado para empresas y viveros y lo restante sería utilizado para obras paisajísticas dentro de la misma comuna. Como costos negativos se puede tomar el posible rechazo inicial de la comunidad a esta planta por posibles problemas ambientales originados por la producción de malos olores, el ruido y el material particulado originado por el paso de camiones y vehículos.

### 5.3.10.6 Estación de transferencia de residuos

#### Costos Económicos

Para realizar la estimación de los costos económicos de construcción de la estación de transferencia para Villa Alemana, se tomaron como referencia las inversiones realizadas en estaciones de transferencia de una capacidad y tecnología similar encontradas en el país y en el extranjero. Estos valores se entregan a continuación:

Instalaciones físicas, terrenos y otros = \$ 60.000.000.-
Equipamiento (compactadoras, balanzas, equipos movimientos residuos, 2 camiones, etc.) = \$ 90.000.000.-
<b>TOTAL = \$ 150.000.000 ⇔ U.F = 8.596.-</b>

#### Gastos operacionales:

Sueldos (Ingeniero a cargo, capataz, chóferes, trabajadores y personal de servicio) = \$ 2.600.000 mensual * 13 meses = \$ 33.800.000.-
Operación de la estación (energía, combustibles, agua, luz, etc.) = \$ 2.500.000 mensual * 12 meses = \$ 30.000.000 anual.-
<b>TOTAL gastos operacionales = \$ 63.800.000 ⇔ U.F = 3.667.-</b>

#### Costos sociales:

Los beneficios de la construcción de una estación de transferencia para RSU no pueden ser observados por la comunidad, pero sí por la Municipalidad, ya que la estación de transferencia trae un ahorro considerable en combustible de los camiones de aseo al no tener que viajar directamente al relleno sanitario, transportando las basuras en camiones de mayor capacidad. Como impactos negativos puede verse un posible rechazo inicial de la población a éste tipo de instalación por los impactos ambientales negativos que podrían traer como las

emisiones atmosféricas, el ruido y los olores. Analizando los costos positivos y negativos y considerando además que por la geografía y tamaño de la comuna, un nuevo relleno sanitario no se encontraría a una gran distancia del centro urbano, la función de una estación de transferencia estaría de mas, por lo que prácticamente se descarta su inclusión en el plan de manejo y gestión para los RSU en la comuna de Villa alemana.

### 5.3.10.7 Plan de clausura del actual vertedero municipal

#### **Costos Económicos**

Considerando los precios de mercado para cada una de las actividades que implica la clausura de vertederos, los costos son muy variables según las empresas y los servicios que ofrecen, por esto se tomaron los valores medios de las alternativas ofrecidas, las cuales se entregan a continuación:

Estudios previos = \$ 636.000.-
Proyecto clausura = \$ 2.120.000.-
Nivelación de terreno = \$ 8.427.000.-
Colocación de pozos de biogás y lixiviado = \$ 27.030.000.-
Cubierta final = \$ 119.391.333.-
Señalización = \$ 530.000.-
<b>Total = \$ 158.134.333 ⇔ U.F = 9.062.-</b>

**Costo por hectárea = \$ 15.813.433.-**

## Costos Sociales

Seguramente los beneficios sociales no se pueden observar a simple vista, pero darle la garantía a la población que este vertedero no es una amenaza para su salud y el medio ambiente es un gran peso que se saca la Municipalidad.

### 5.3.10.8 Incineradora de residuos

#### Costos económicos

Esta alternativa sería pionera en el país, ya que en ninguna otra ciudad existe una planta de incineración de estas características y tamaño, por lo que los valores aproximados de la implementación de una de esta planta han sido tomados de experiencias realizadas en el extranjero.

Planta incineradora de residuos = \$ 2.400.000.000.-
Instalaciones físicas, estudios, equipo y terreno = \$ 155.000.000.-
<b>TOTAL = \$ 2.550.000.000 ⇔ U.F = 146.552.-</b>

#### Gastos operacionales:

Sueldos (Ingenieros, Previsionista de Riesgos, operarios, chóferes, aseo) = \$ 3.300.000 mensuales * 13 meses = \$ 42.900.000 anuales.-
Operación de la Incineradora (energía, combustibles, agua, luz etc.) = \$ 42.000.000 anuales.-
<b>TOTAL gastos operacionales = \$ 82.900.000 anuales ⇔ U.F = 4.764.-</b>

#### Costos Sociales

Como se ve la alternativa de una Incineradora para la ciudad de Villa Alemana es una opción muy lejana, debido a la gran inversión a realizar, a lo que si le sumamos que la cantidad de residuos peligrosos producidos en la ciudad no es

muy grande, por lo que la opción de una incineradora se descarta totalmente. Además se debe tomar en cuenta que el costo de tratamiento por tonelada de basura tratada es muy alto llegando a cerca de \$ 60.000, lo que aleja aún más esta posibilidad del alcance de la municipalidad. Como costos positivos entrega una buena solución al problema de los residuos peligrosos y hospitalarios, pero si se posee un relleno sanitario con un área especialmente diseñada para este tipo de residuos se puede prácticamente eliminar su impacto. Como costos negativos está el seguro rechazo de la comunidad a esta planta por el peligro que generan estas por la posible emisión de dioxinas y furanos compuestos potencialmente tóxicos, además se ve muy remota la posibilidad de poder vender la energía obtenida, por lo que esta seguramente se perdería, no sacándole todo el provecho deseado a la incineradora.

#### **5.3.10.9 Construcción Relleno Sanitario:**

##### **Costos económicos**

Para realizar la evaluación económica de la construcción de un relleno sanitario, acorde a las necesidades de la comuna se tomaron como referencia otros proyectos presentados en la CONAMA de similares características y tamaño al propuesto en este proyecto, estos valores se entregan a continuación:

<b>Inversión Inicial</b> (habilitación, puesta en marcha, estudios de ingeniería, compra de maquinaria, terreno, etc.) = \$ 1.755.000.000.-
---

<b>TOTAL = \$ 1.755.000.000 ⇔ U.F = 100.602.-</b>
---

### **Gastos operacionales:**

Sueldos (Ingenieros, Previsionista de Riesgos, operarios, chóferes, aseo y rondines) = \$ 4.500.000 mensuales * 13 meses = \$ 58.500.000 anuales.-
Operación del relleno sanitario (energía, combustibles, agua, luz etc.) = \$ 38.400.000 anuales.-
<b>TOTAL gastos operacionales = \$ 96.900.000 ⇔ U.F = 5.569.-</b>

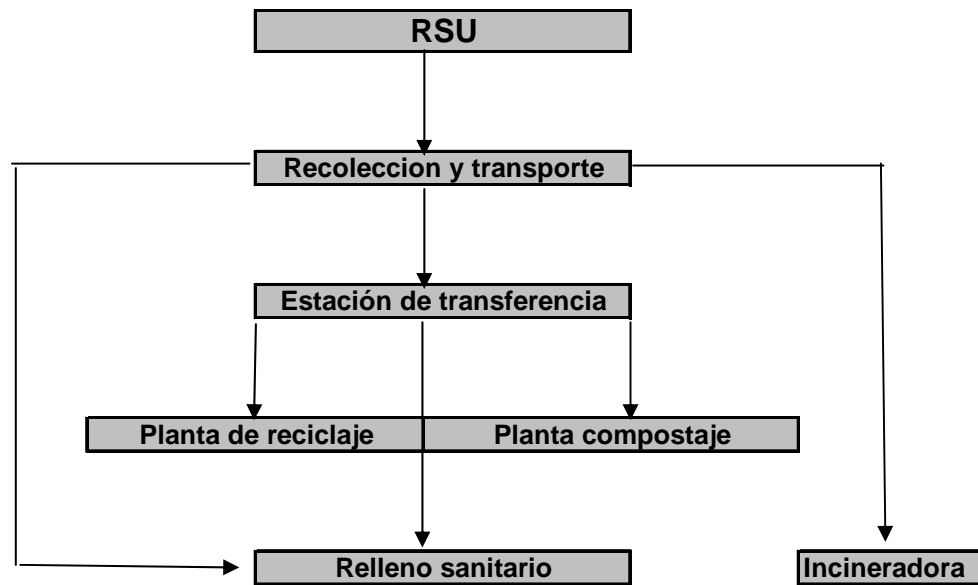
### **Costos sociales**

Como beneficios se cuenta con la seguridad de tener un sitio donde se dispondrán los residuos de una forma segura tanto para la salud como para el medio ambiente y no estar dependiendo siempre de lo que pueda suceder con el vertedero de Quilpué, al cual le queda una vida útil cercana a los 5 años. Como costos negativos se puede tener el rechazo de la población a la existencia de un relleno sanitario en su comuna por miedo a posibles problemas de higiene y medio ambiente con la proliferación de malos olores y contaminación en las aguas.

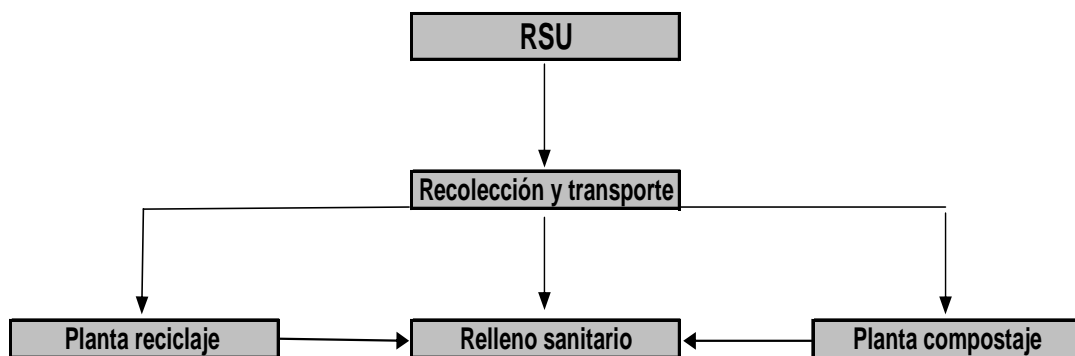
#### **5.3.11 Diagramas de Flujo**

Debido a la evaluación costo-beneficio efectuada anteriormente, la inversión realizada y su menor importancia para el éxito del proyecto, la estación de transferencia y la incineradora, han sido rechazadas por lo que a partir de este momento se realizarán dos evaluaciones: una donde se incorporan todas las alternativas propuestas anteriormente y una segunda donde no se considerarán la estación de transferencia y la incineradora. A continuación se entregan los diagramas de flujos de las dos alternativas nombradas anteriormente.

**Diagrama de flujo para el proyecto original:**



**Diagrama de flujo para la segunda opción de proyecto:**



### 5.3.12 Costos Totales en inversión del proyecto:

La inversión inicial a realizar para el comienzo del proyecto serían:

**TOTAL = \$ 4.989.481.350 ⇔ U.F = 286.752 = US\$ 8,53 millones.-**

Ahora dada la evaluación costo-beneficio social del proyecto se descartan la incineradora y la estación de transferencia por lo tanto el nuevo total sería:

**( \* ) TOTAL (sin considerar Estación de transferencia e incineradora) =  
\$2.289.481.350 ⇔ U.F =131.579 = US\$ 3,91 millones.-**

### 5.3.13 Gastos Operacionales totales:

Los gastos operacionales totales del proyecto serían:

**TOTAL = \$ 504.060.000 ⇔ U.F = 28.969 = US\$ 0,86 millones.-**

El total de gastos operacionales del proyecto sin considerar la incineradora y la estación de transferencia serían:

**TOTAL (sin considerar Estación de transferencia e incineradora) = \$  
357.360.000 ⇔ U.F = 20.538 = US\$ 0,61 millones.-**

#### **5.3.14 Gastos y costos finales del proyecto para el periodo de 10 años:**

El total de gastos operacionales para el periodo de 10 años serían:

<b>TOTAL GASTOS OPERACIONALES POR UN PERIODO DE 10 AÑOS = \$ 5.040.600.000 ⇔ U.F = 289.690 = US\$ 8,62 millones.-</b>
<b>TOTAL GASTOS OPERACIONALES POR UN PERIODO DE 10 AÑOS (sin considerar estación de transferencia e incineradora) = \$ 3.573.600.000 ⇔ U.F = 205.379 = US\$ 6,11 millones.-</b>

El costo total del proyecto sería entonces:

<b>TOTAL CONSIDERANDO INVERSION INICIAL Y GASTOS OPERACIONALES PARA DIEZ AÑOS = \$ 10.003.008.135 ⇔ U.F = 576.441 = US\$ 17.15 millones.-</b>
<b>TOTAL CONSIDERANDO INVERSION INICIAL Y GASTOS OPERACIONALES PARA DIEZ AÑOS (sin considerar estación de transferencia e incineradora) = \$ 5.863.081.350 ⇔ U.F = 336.959 = US\$ 10,02 millones.-</b>

#### **5.3.15 Ingresos del Proyecto:**

En esta parte del proyecto se analizarán los ingresos que recibiría la Municipalidad de Villa Alemana, por concepto de venta de materiales reciclables y compost como ingresos seguros, también pueden existir futuros ingresos por concepto de disposición final de residuos industriales y de RSU de otra Municipalidad en el relleno sanitario local, pero en éste caso no serán

considerados. Para la estimación de los ingresos por concepto de venta de material recuperado se cotizo con grandes empresas, las cuales al comprar en grandes cantidades pagan un mayor precio que un comprador local. Para estimar los montos a recaudar por concepto de reciclaje se van a tomar los valores medios de compra de materiales, ya que no existe información clara sobre la cantidad exacta de cada tipo de material recuperado, por ejemplo la cantidad de cada tipo de plástico, de cada tipo de papel y cartón, metal etc. Para el éxito de esta propuesta se necesitara obligadamente recaudar más dinero por concepto de pago de aseo, el cual se verá incrementado en su valor en un orden del 20% para los próximos 10 años, tiempo de desarrollo inicial para este proyecto.

#### **5.3.15.1 Reciclaje residuos sólidos primer Año:**

##### **Plásticos:**

$1,8 \text{ [Ton/día]} * 30 \text{ días} = 54 \text{ [Ton/mes]} = 54.000 \text{ [Kg.]} * 80 \text{ pesos/Kg.} = \$ 4.320.000 \text{ mensuales} * 12 \text{ meses} = \$ 51.840.000 \text{ anual.}$

##### **Papeles:**

$0,7 \text{ [Ton/día]} * 30 \text{ días} = 21 \text{ [Ton/mes]} = 21.000 \text{ [Kg.]} * 25 \text{ pesos/ Kg.} = \$ 525.000 \text{ mensuales} * 12 \text{ meses} = \$ 6.300.000 \text{ anual.}$

##### **Cartones:**

$0,3 \text{ [Ton/día]} * 30 \text{ días} = 9 \text{ [Ton/mes]} = 9.000 \text{ [Kg.]} * 40 \text{ pesos/ Kg.} = \$ 360.000 \text{ mensuales} * 12 \text{ meses} = \$ 4.320.000 \text{ anual.}$

**Vidrio:**

0,3 [Ton/día] \* 30 días = 9 [Ton/mes] = 9.000 [Kg.] \* 30 pesos/ Kg. = \$ 270.000 mensuales \* 12 meses = \$ 3.240.000 anual.

**Metales férreos y no férreos:**

0,2 [Ton/día] \* 30 días = 6 [Ton/mes] = 6.000 [Kg.] \* 480 pesos/ Kg. = \$ 2.880.000 mensuales \* 12 meses = \$ 34.560.000 anual.

**TOTAL INGRESOS año 1 = \$ 100.260.000 ⇔ U.F = 5.762.-**

**Tabla N° 7: Estimación de los ingresos por concepto de venta de materiales reciclados**

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS [pesos]</b>
2	130.338.000
3	200.520.000
4	200.520.000
5	300.780.000
6	300.780.000
7	401.040.000
8	401.040.000
9	501.300.000
10	501.300.000

**TOTAL INGRESOS POR VENTA DE MATERIAL RECICLADO = \$ 3.037.878.000 ⇔ U.F = 174.591 = US\$ 5,2 millones.-**

### 5.3.15.2 Venta compost:

De los 100 [m<sup>3</sup>/mes] producidos 20 [m<sup>3</sup>/mes] serán utilizados para obras paisajísticas en la comuna para el mejoramiento de plazas y áreas verdes. Los restantes 80 [m<sup>3</sup>/mes] serían vendidos. El precio del mercado nacional para compost varía entre \$8.000 el m<sup>3</sup> a granel puesto sobre camión, hasta \$42.000 el m<sup>3</sup> envasado en bolsas de polietileno de 40 Kg.

- ✓ Venta 1 m<sup>3</sup> a granel compost = \$ 8.000 más flete en camión = \$15.000  
Total = \$ 24.000 \* 50 m<sup>3</sup> de compost (estimados a vender de esta forma)  
= \$ 1.200.000 mensuales.
- ✓ Venta 30 m<sup>3</sup> a granel de compost puesto en camión = \$ 8.000 \* 30 m<sup>3</sup> = \$ 240.000 mensuales.

**TOTAL INGRESOS = \$ 1.440.000 mensual \* 12 meses = \$ 17.280.000 anual**  
⇔ U.F = 993.-

**Tabla N° 8: Estimación de los ingresos por concepto de venta de compost**

<b>AÑO</b>	<b>INGRESOS [pesos]</b>
2	34.560.000
3	34.560.000
4	34.560.000
5	43.200.000
6	60.480.000
7	60.480.000
8	60.480.000
9	60.480.000
10	86.400.000

**TOTAL INGRESOS POR VENTA DE COMPOST = \$ 492.480.000 ⇔ U.F = 28.303 = US\$ 0,84 millones.-**

### 5.3.15.3 Concepto pago aseo domiciliario:

- ✓ Pago directo de los contribuyentes en cuatro cuotas iguales anuales = \$ 273.000.000, para el primer año.

**Tabla Nº 9: Estimación de los ingresos recibidos por la municipalidad por concepto de pago de aseo domiciliario por los próximos 10 años.**

AÑO	INGRESOS [pesos]
2	278.460.000
3	284.029.200
4	289.709.784
5	295.503.980
6	301.414.060
7	307.442.341
8	313.591.188
9	319.863.012
10	326.260.272

**TOTAL INGRESOS POR ASEO DOMICILIARIO = \$ 2.989.273.837 ⇔ U.F = 171.797 = US\$ 5,2 millones.-**

Con estos datos se obtienen los ingresos totales del proyecto:

**TOTAL INGRESOS DEL PROYECTO por venta de materiales reciclados, compost y pago de aseo domiciliario = \$ 6.519.631.837 ⇔ U.F = 374.692 = US\$ 11,14 millones.-**

### **5.3.16 Cálculos rentabilidad del proyecto:**

En esta parte se obtendrá la rentabilidad económica de las alternativas propuestas, a través del cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), dada la evaluación costo-beneficio de las alternativas antes propuestas se llevaran a cabo dos cálculos del VAN y el TIR para un primer caso donde se toman todas las alternativas propuestas anteriormente y la segunda donde se excluirán los costos y gastos de la Estación de transferencia y la Incineradora de residuos, además para cada una de las alternativas propuestas se realizara el calculo del VAN con tres distintas tasas (8,12 y 16%), para analizar distintos escenarios posibles a ocurrir a futuro.

Para realizar esta evaluación se tomarán en cuenta el cálculo de los siguientes ítems.

- ✓ **Ingresos:** Corresponden a ingresos por venta de los materiales reciclados, compost y pago de concepto de aseo.
- ✓ **Egresos:** Incluyen costos en gastos comunes, de mantención, artículos de escritorio, producción, ventas y contabilidad y sueldos de gerencia, secretaria y operarios.
- ✓ **Depreciación:** Se calcula para el activo fijo que corresponde a los equipos utilizados en el proyecto. Para este caso se aplicó el método de línea recta sin valor residual; es decir, se deprecia todo el activo en proporción similar cada año.
- ✓ **Inversión:** Incluye gastos en terreno, edificación, maquinaria, inmobiliario, costos de capacitación en campañas de reciclaje, vehículos de carga y trabajo, entre otros.

**5.3.16.1 Para el proyecto original se tiene:**

ITEMS	AÑOS		
	0	1	2
<b>INGRESOS</b>			
pago de aseo	0	273.000.000,00	278.460.000,00
reciclaje	0	100.260.000,00	130.338.000,00
compostaje	0	17.280.000,00	34.560.000,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>0</b>	<b>390.540.000,00</b>	<b>443.358.000,00</b>

**TOTAL INGRESOS POR LOS 10 AÑOS = \$ 6.519.631.837,00**

<b>EGRESOS</b>			
sueldos	0	263.900.000,00	271.817.000,00
gastos administrativos	0	23.280.000,00	23.978.400,00
gastos comunes	0	26.520.000,00	27.315.600,00
gastos producción	0	82.560.000,00	85.036.800,00
gastos ventas	0	8.640.000,00	8.899.200,00
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>404.900.000,00</b>	<b>417.047.000,00</b>

**TOTAL EGRESOS POR LOS 10 AÑOS = \$4641724733**

Depreciación	0	296.942.292,00	296.942.292,00
--------------	---	----------------	----------------

<b>UTILIDAD</b>	<b>0</b>	<b>-311.302.292,00</b>	<b>-270.631.292,00</b>
-----------------	----------	------------------------	------------------------

UTILIDAD BRUTA DE LOS 10 AÑOS = \$ -1.091.515.816,21

IMPUESTO (17%)	0	0	0
----------------	---	---	---

UTILIDAD REAL	0	-311.302.292,00	-270.631.292,00
---------------	---	-----------------	-----------------

**TOTAL =\$ -807498665,6**

Depreciación	0	296.942.292,00	296.942.292,00
--------------	---	----------------	----------------

capital de trabajo	-2.536.264.733		
INVERSION INICIAL	-4.989.481.350		
FLUJOS	-7.525.746.083	-14.360.000,00	26.311.000,00

ITEMS	Años		
-------	------	--	--

	3	4	5
<b>INGRESOS</b>			
pago de aseo	284.029.200,00	289.709.784,00	295.503.980,00
reciclaje	200.520.000,00	200.520.000,00	300.780.000,00
compostaje	34.560.000,00	34.560.000,00	43.200.000,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>519.109.200,00</b>	<b>524.789.784,00</b>	<b>639.483.980,00</b>
<b>EGRESOS</b>			
sueldos	<b>279971510</b>	<b>288370655,3</b>	<b>297021775</b>
gastos administrativos	24697752	25438684,56	26201845,1
gastos comunes	28.135.068,00	28.979.120,04	29.848.493,64
gastos producción	87.587.904,00	90.215.541,12	92.922.007,35
gastos ventas	9.166.176,00	9.441.161,28	9.724.396,12
<b>TOTAL</b>	<b>429.558.410,00</b>	<b>442.445.162,30</b>	<b>455.718.517,17</b>
Depreciación	296.942.292,00	296.942.292,00	296.942.292,00
<b>UTILIDAD</b>	<b>-207.391.502,00</b>	<b>-214.597.670,30</b>	<b>-113.176.829,17</b>
IMPUESTO (17%)	0,00	0,00	0,00
UTILIDAD REAL	-207.391.502,00	-214.597.670,30	-113.176.829,17
Depreciación	296.942.292,00	296.942.292,00	296.942.292,00
capital de trabajo			
INVERSION INICIAL			
FLUJOS	89.550.790,00	82.344.621,70	183.765.462,83

ITEMS	Años			
	6	7	8	9
<b>INGRESOS</b>				
pago de aseo	301.414.060,00	307.442.341,00	313.591.188,00	319.863.012,00
reciclaje	300.780.000,00	401.040.000,00	401.040.000,00	501.300.000,00
compostaje	60.480.000,00	60.480.000,00	60.480.000,00	60.480.000,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>662.674.060,00</b>	<b>768.962.341,00</b>	<b>775.111.188,00</b>	<b>881.643.012,00</b>
<b>EGRESOS</b>				
suelos	305.932.428,21	315.110.401,05	324.563.713,09	334.300.624,48
gastos administrativos	26.987.900,45	27.797.537,46	28.631.463,59	29.490.407,49
gastos comunes	30.743.948,45	31.666.266,90	32.616.254,91	33.594.742,56
gastos producción	95.709.667,57	98.580.957,60	101.538.386,33	104.584.537,92
gastos ventas	10.016.128,00	10.316.611,84	10.626.110,20	10.944.893,50
<b>TOTAL</b>	<b>469.390.072,68</b>	<b>483.471.774,86</b>	<b>497.975.928,11</b>	<b>512.915.205,95</b>
Depreciación	296.942.292,00	296.942.292,00	296.942.292,00	296.942.292,00
<b>UTILIDAD</b>	<b>-103.658.304,68</b>	<b>-11.451.725,86</b>	<b>-19.807.032,11</b>	<b>71.785.514,05</b>
IMPUESTO (17%)	0,00	0,00	0,00	12.203.537,39
<b>UTILIDAD REAL</b>	<b>-103.658.304,68</b>	<b>-11.451.725,86</b>	<b>-19.807.032,11</b>	<b>59.581.976,66</b>
Depreciación	296.942.292,00	296.942.292,00	296.942.292,00	296.942.292,00
capital de trabajo				
<b>INVERSION INICIAL</b>				
<b>FLUJOS</b>	<b>193.283.987,32</b>	<b>285.490.566,14</b>	<b>277.135.259,89</b>	<b>356.524.268,66</b>

ITEMS	Años
	10
<b>INGRESOS</b>	
pago de aseo	326.260.272,00
reciclaje	501.300.000,00
compostaje	86.400.000,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>913.960.272,00</b>

<b>EGRESOS</b>	
sueldos	344.329.643,21
gastos administrativos	30.375.119,72
gastos comunes	34.602.584,84
gastos producción	107.722.074,06
gastos ventas	11.273.240,31
<b>TOTAL</b>	<b>528.302.662,13</b>

Depreciación	296.942.292,00
--------------	----------------

<b>UTILIDAD</b>	<b>88.715.317,87</b>
-----------------	----------------------

IMPUESTO (17%)	15.081.604,04
----------------	---------------

UTILIDAD REAL	73.633.713,83
---------------	---------------

Depreciación	296.942.292,00
--------------	----------------

capital de trabajo	2.536.264.733,21
--------------------	------------------

INVERSION INICIAL	
-------------------	--

FLUJOS	370.576.005,83
--------	----------------

Tasas	8%	12%	16%
VAN	-3.935.428.909,86	-4.174.105.190,89	-4.349.331.729,47
TIR	-16%		

**5.3.15.2 Para el proyecto sin Incineradora y estación de transferencia se tiene:**

ITEMS	AÑOS		
	0	1	2
<b>INGRESOS</b>			
pago de aseo	0	273.000.000,00	278.460.000,00
reciclaje	0	100.260.000,00	130.338.000,00
compostaje	0	17.280.000,00	34.560.000,00
<b>SUBTOTAL</b>	<b>0,00</b>	<b>390.540.000,00</b>	<b>443.358.000,00</b>
<b>TOTAL INGRESOS POR LOS 10 AÑOS = \$</b>			<b>6.519.631.837,00</b>
<b>EGRESOS</b>			
sueldos	0	187.200.000,00	192.816.000,00
gastos administrativos	0	12.960.000,00	13.348.800,00
gastos comunes	0	14.520.000,00	14.955.600,00
gastos producción	0	32.880.000,00	33.866.400,00
gastos ventas	0	8.640.000,00	8.899.200,00
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>256.200.000,00</b>	<b>263.886.000,00</b>
<b>TOTAL EGRESOS POR LOS 10 AÑOS = \$</b>			<b>2.937.045.879,60</b>
depreciación	0	47.942.292,00	47.942.292,00
<b>UTILIDAD</b>	<b>0</b>	<b>86.397.708,00</b>	<b>131.529.708,00</b>
UTILIDAD BRUTA DE LOS 10 AÑOS = \$	3.103.163.037,40		
IMPUESTO (17%)		14.687.610,36	22.360.050,36
UTILIDAD NETA		71.710.097,64	109.169.657,64
depreciación		47.942.292,00	47.942.292,00
Capital Trabajo	579.677.382,30		
INVERSION INICIAL	-2.289.481.350,00		
Flujos	-1.709.803.967,70	119.652.389,64	157.111.949,64

ITEMS	AÑOS			
	3	4	5	6
<b>INGRESOS</b>				
pago de aseo	284.029.200,00	289709784	295503980	301414060
reciclaje	200.520.000,00	200520000	300780000	300780000
compostaje	34.560.000,00	34560000	43200000	60480000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>519.109.200,00</b>	524789784	639483980	662674060
<b>EGRESOS</b>				
sueldos	198.600.480,00	204558494,4	210695249,2	217016106,7
gastos administrativos	13.749.264,00	14161741,92	14586594,18	15024192
gastos comunes	15.404.268,00	15866396,04	16342387,92	16832659,56
gastos producción	34.882.392,00	35928863,76	37006729,67	38116931,56
gastos ventas	9.166.176,00	9441161,28	9724396,118	10016128
<b>TOTAL</b>	<b>271.802.580,00</b>	279956657,4	288355357,1	297006017,8
Depreciación	47.942.292,00	47942292	47942292	47942292
<b>UTILIDAD</b>	<b>199.364.328,00</b>	196890834,6	303186330,9	317725750,2
IMPUESTO (17%)	33891935,76	33471441,88	51541676,25	54013377,53
UTILIDAD REAL	165.472.392,24	163419392,7	251644654,6	263712372,6
Depreciación	47.942.292,00	47942292	47942292	47942292
capital de trabajo				
INVERSION INICIAL				
FLUJOS	370.576.005,83	211361684,7	299586946,6	311654664,6

ITEMS	AÑOS			
	7	8	9	10
<b>INGRESOS</b>				
pago de aseo	307.442.341,00	313591188	319863012	326260272
reciclaje	401.040.000,00	401040000	501300000	501300000
compostaje	60.480.000,00	60480000	60480000	86400000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>768.962.341,00</b>	775111188	881643012	913960272
<b>EGRESOS</b>				
sueldos	223.526.589,91	230232387,6	237139359,2	244253540
gastos administrativos	15.474.917,76	15939165,3	16417340,25	16909860,46
gastos comunes	17.337.639,35	17857768,53	18393501,58	18945306,63
gastos producción	39.260.439,51	40438252,7	41651400,28	42900942,28
gastos ventas	10.316.611,84	10626110,2	10944893,5	11273240,31
<b>TOTAL</b>	<b>305.916.198,37</b>	315093684,3	324546494,9	334282889,7
Depreciación	47.942.292,00	47942292	47942292	47942292
<b>UTILIDAD</b>	415103850,6	412075211,7	509154225,1	531735090,3
IMPUESTO (17%)	70567654,61	70052785,99	86556218,28	90394965,35
UTILIDAD Neta	344536196	342022425,7	422598006,9	441340125
Depreciación	47942292	47942292	47942292	47942292
capital de trabajo				
INVERSION INICIAL				
FLUJOS	370.576.005,83	389964717,7	470540298,9	489282417
Tasa	8%	12%	16%	
VAN	-417.219.217,05	-781.029.077,65	-1.053.098.625,91	
TIR	10%			

**5.3.4 Objetivo Especifico N° 4:** *Seleccionar la mejor combinación de alternativas para la gestión y manejo de los RSU en Villa Alemana.*

Luego de realizar la evaluación económica de las alternativas propuestas anteriormente para la gestión y manejo de los RSU en Villa Alemana, obteniendo su VAN y TIR, en distintos escenarios posibles, con tasas del 8, 12 y 16%, además realizando una evaluación costo-beneficio social para cada una de las alternativas propuestas y comparando esta información con la actual situación de manejo y gestión de los RSU en la comuna de Villa Alemana, se seleccionó la mejor combinación de alternativas posibles en este caso se trata de la segunda propuesta esto basándose principalmente en:

Esta alternativa presenta VAN negativos menores para las tres tasas posibles, haciendo viable su ejecución por parte de la Municipalidad, ya que el proyecto generaría ganancias monetarias a la comuna. A si mismo su inversión inicial es casi un 55% menor que la primera alternativa, siendo mucho más posible de financiar por parte del municipio dada su realidad actual. Además la evaluación costo-beneficio de sus alternativas es positiva, presentando impactos negativos menores y los cuales son más fáciles de mitigar.

El descarte de la primera opción se basa sin duda en la incorporación de una incineradora para residuos, la cual no sale bien valorada por la evaluación costo-beneficio social, si bien sería una alternativa pionera para Latinoamérica, esto mismo la lleva a ser un poco peligrosa en el sentido de no tener experiencias cercanas de éxito de esta alternativas. Aunque la incineradora puede constituir una gran fuente de recursos para el municipio, con el tratamiento térmico de residuos peligrosos industriales, sus posibles impactos ambientales, el elevado costo de la tecnología para mitigarlos y el rechazo de la comunidad puede hacer fracasar esta opción.

## 5 - DISCUSIONES

Los problemas asociados a la gestión y manejo de RSU en Villa Alemana son complejos, por la cantidad y naturaleza diversa de los residuos, el desarrollo de zonas urbanas amplias y dispersas y las limitaciones de fondos por parte del municipio. En consecuencia, la gestión y manejo de los RSU se debería realizar de una manera eficaz y ordenada, identificando las relaciones y los aspectos fundamentales implicados, a fin de lograr la optimización de los recursos, la capacitación del personal, la reestructuración de los métodos y procedimientos operativos y administrativos, sin duda hay que considerar a la educación ambiental, para lograr la participación comprometida de la población y el establecimiento de mecanismos para dar continuidad a proyectos y programas a través de los cambios administrativos.

Los resultados obtenidos en la medición de los parámetros fisicoquímicos del lixiviado del vertedero, pueden haberse visto afectados por factores estacionales al realizarse estas mediciones en medio de la estación invernal, si a esto le agregamos que fue un año lluvioso y por problemas de disponibilidad de equipos las mediciones se realizaron sólo un par de días después de una fuerte lluvia puede haber producido un descenso en la DBO, la conductividad eléctrica y el pH medidos, según lo expuesto por Tchobanoglous G.; Thiesen H.; Vigil S (1998), sin embargo los valores obtenidos para los parámetros, se encuentran dentro de los rangos típicos de un lixiviado de vertedero al compararlo con literatura especializada . Casi un año después de haber realizado esa serie de mediciones se cree que los valores todavía pueden ser considerados ya que la situación y carga del vertedero no ha cambiado mayormente desde entonces.

Se puede decir que las más importantes inconformidades encontradas en el vertedero municipal de Villa Alemana, tienen que ver con el diseño defectuoso del recinto, como son la falta de impermeabilización, obras para la captación de lixiviado y biogás, vías de ingreso y la falta de un plan de cierre acorde a éste tipo de recintos. Por otra parte existe un elevado número de inconformidades importantes provenientes de la mala operación que ha hecho de este lugar la Municipalidad de Villa Alemana, como son las escasas medidas de seguridad del recinto para trabajadores y la población, con la recepción y mezcla de residuos del tipo peligroso como lo son los residuos hospitalarios, con los demás residuos sólidos, con el riesgo que corre la gente que entra ilegalmente al recinto tratando de acumular materiales para poder vender e incluso alimentos en algunos casos más extremos.

Muchos de los problemas ambientales ocasionados por los RSU en Villa Alemana y en el país, están relacionados directamente con un problema de tipo socio-cultural y de conciencia de la población, la que todavía no ha tomado real conciencia del problema sanitario y ambiental que puede significar el vertido de basuras en sitios eriazos y en muchos casos al costado de sus mismas casas y poblaciones, convirtiéndose en un foco de enfermedades y suciedad. Por esto para la implementación y éxito de una propuesta como esta, será vital el apoyo de la población tanto para la separación de los residuos en sus hogares, así como la transferencia de sus residuos domiciliarios y peligrosos a los “puntos limpios” y a los contenedores, por eso la implementación de un amplio programa de educación y concientización ambiental, cumplirá una función vital.

El programa de gestión integral de residuos sólidos para la comuna de Villa Alemana, aspira a lograr una sostenibilidad económica, ambiental y social. Para asegurar su continuidad, más allá de cambios políticos, crisis económicas u otras influencias externas. Sin duda esto no es nada sencillo ya que el mercado del reciclaje y el compost no está desarrollado a grandes escalas en Chile,

especialmente en regiones, limitándose principalmente al sector informal del reciclaje. Por eso una propuesta como esta que si bien no cuenta con un VAN positivo en ninguno de sus tres escenarios posibles, entrega muchos beneficios económicos y especialmente sociales, con la creación de muchas fuentes de trabajo, especialmente para familias que se encuentran en riesgo social, entregándoles un ingreso fijo cada mes. Por eso se cree que en este proyecto no importa tanto que un VAN sea positivo o negativo, ya que no todas las opciones propuestas proporcionan una retribución monetaria directa, como lo son el plan de clausura del actual vertedero municipal o la recolección de residuos hospitalarios, pero si entregan un beneficio social que no es fácilmente cuantificable en dinero. Por eso si se analizamos objetivamente esta propuesta es conveniente ya que la Municipalidad de Villa Alemana, de todas maneras ahorraría dinero, si consideramos lo que hoy pierde la Municipalidad cada año por no pago de concepto de aseo, lo que llegó al año 2004 a aproximadamente 273 millones de pesos. Si esto lo proyectamos a 10 años y lo comparamos con el peor de nuestros escenarios para la segunda alternativa de proyecto (VAN = \$ -1.053.098.625,91), para el mismo periodo, la Municipalidad ahorraría una cifra de dinero cercana a \$ 1.600 millones por el periodo de 10 años.

Si bien la segunda opción de proyecto demuestra en parte su solvencia económica, pese a los valores obtenidos para sus VAN y la TIR, estas ganancias se pueden aumentar aun más, con el desarrollo de la segunda parte del plan de recuperación y reciclaje, el cual sólo fue nombrado y no considerado y en el cual se considera la inclusión de residuos electrónicos y envases de tetrapack, los cuales se compran a buen precio en Santiago. Como otra fuente de recursos está la realización de alianzas con empresas comunales y provinciales para la disposición final de sus residuos tanto peligrosos como no peligrosos, cobrando por este servicio.

Es importante tener en cuenta que los indicadores de rentabilidad calculados (VAN y TIR) se obtienen considerando los beneficios y costos que pudieron cuantificarse. Es decir, existen alternativas en que no es posible calcular algunos beneficios y muestran indicadores de rentabilidad bajos, esto no significa que deban descartarse por completo.

Una buena opción a tomar en cuenta para bajar considerablemente los costos de inversión inicial del proyecto es la posibilidad de desarrollar un “Centro” para la basura, donde en un mismo recinto se encuentren las plantas de compostaje y reciclaje junto con el relleno sanitario, con esto se disminuirían considerablemente los gastos operativos en transporte al utilizar menos combustible y energía gastando menor cantidad de agua y luz, además se rebajaría la mano de obra necesitada, la inversión en terrenos y en obras físicas serían mucho menores. Esta opción debiera ser analizada por la Municipalidad junto con la Autoridad Sanitaria, la CONAMA y la COREMA regional, para ver la factibilidad técnica y ambiental de realizar una obra de dichas características, la cual no tendría precedentes en Chile y en toda Latinoamérica. Para construir este “centro” de la basura se podría tomar como una opción a considerar el terreno del actual vertedero comunal, ya que luego de realizar un adecuado plan de cierre, éste podría ser ampliado como es la idea de la Municipalidad construyendo un moderno relleno sanitario como el que se considera en esta propuesta. Se tendría que analizar junto con la Autoridad Sanitaria la factibilidad de utilizar los terrenos ya clausurados para la instalación ahí de la planta de compostaje, la de reciclaje o ambas a la vez, lo que disminuiría considerablemente la inversión en terrenos lo que favorecería a la propuesta.

El sistema de contenedores de basura que se pretende implementar en toda la comuna, no sólo sería beneficioso, por su impacto económico y ambiental, siéndolo también en su parte social, favoreciendo a muchos habitantes de la ciudad, aumentando su calidad de vida, ya que al instalar contenedores en

edificios y en poblaciones en general, se eliminan muchos de los problemas ocasionados por la tenencia de basuras en los hogares, pudiendo depositarlas a cualquier horario, lo que es especialmente beneficioso para muchas familias que trabajan o estudian y están fuera de casa todo el día, teniendo que dejar su basura colgadas o arrumadas fuera de sus hogares, ocasionando variados problemas especialmente por la acción de perros que desparraman la basura, provocando focos de suciedad y molestia para los demás vecinos.

Para el desarrollo inicial del proyecto se tomo un periodo de 10 años, esto por que al ser un proyecto pionero en el país, que implica un cambio radical en la visión de ver el tema de la basura tanto para la municipalidad como para los vecinos necesita un periodo relativamente corto para poder ser evaluado, no sólo en lo económico sino también en el impacto social que este ha tenido, analizando el grado de aceptación y participación por parte de la comunidad y ver si esta se encuentra dispuesta a seguir con el modelo de recogida selectiva y todo lo esto conlleva.

El manejo de los RSU en Villa Alemana, debiera incluir una adecuada planificación, diseño y utilización de tecnologías y prácticas apropiadas para ser fuente de beneficio social y económico a través de la creación de nuevas oportunidades de empleo local y de generación de ingreso por la venta de materiales usados, ahorro de energía por el reprocesamiento de materiales reutilizables segregados de los desechos y la prevención de costos generados por la degradación ambiental, la seguridad y la asistencia médica. Desde el punto de vista económico, la minimización de residuos podría generar, si las condiciones de mercado lo permiten, un ahorro monetario a la sociedad al extender la vida útil de rellenos sanitarios y, por ende, postergar en costos de reemplazo futuro para disposición final. Uno de los principales impactos benéficos que puede tener el manejo adecuado de los residuos sólidos en Villa Alemana es la recuperación de materiales reciclables y reutilizables, que

además de contribuir para resolver el problema de la gran cantidad de residuos generados diariamente, tiene el potencial de crear conciencia comunitaria a través de las campañas de recolección selectiva y de educación ambiental. Así se puede llegar a cambiar la actual mentalidad existente en los municipios y en la comunidad en general, en el cual se ve a la basura como un “gran” problema, cambiándolo a que la basura puede ser una “gran” oportunidad o un “gran” negocio.

Sin duda una propuesta como esta puede resultar como la “gran” solución al problema actual que vive la V Región con el tema del manejo y disposición final de sus residuos sólidos, ya que en una región donde el 75% de sus vertederos cumplen con su vida útil y tendrían que ser cerrados por la autoridad entre éste y el próximo año y donde no se han presentado nuevos proyectos para la disposición final de residuos, se puede derivar en una gran crisis sanitaria y ambiental para la región, la que en un futuro cercano podría ser superada a través de planes de gestión y manejo integrales de residuos sólidos, con la implementación de planes de reciclaje que abarquen a toda la comunidad, aumentando también la vida útil de los rellenos sanitarios regionales y generando recursos monetarios para las arcas municipales.

## 7- CONCLUSIONES

1. A través de la recopilación de antecedentes, entrevistas y visitas a terreno se realizó un diagnóstico ambiental de la situación actual de gestión y manejo de los RSU en Villa Alemana, además en el vertedero municipal se realizó una auditoría ambiental de verificación de la normativa aplicable a través de listas de chequeo. De aquí se puede concluir que la situación del manejo y gestión de los RSU llevada en Villa Alemana es buena en lo que tiene que ver con su recolección y transporte donde se abarca a cerca del 98% de la población. No obstante en el tratamiento y disposición final de los residuos es donde se encuentran los mayores problemas con un vertedero que casi a llegado al fin de su vida útil, producto de una mala administración y explotación del mismo, por esta razón y a que no se han presentado al SEIA nuevos proyectos para la ampliación o construcción de un relleno sanitario que cumpla con las condiciones para la disposición de los residuos, establecidas por el Reglamento 2444 del Ministerio de Salud, estos tienen que ser dispuestos en el vertedero de la comuna de Quilpué. Asimismo no se cuenta con un adecuado sistema de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos hospitalarios, teniendo estos que ser transportados en camionetas municipales y ser dispuestos con los demás residuos, con los riesgos tanto ambientales como sanitarios que esto conlleva.

2. Se diseñaron distintas alternativas, para la gestión y manejo de los RSU en Villa Alemana, realizando una evaluación costo-beneficio de dichas opciones, además se hizo una estimación económica de los costos de cada una de los elementos considerados en la propuesta, sus gastos de operación y los ingresos recibidos. Con la información recavada se formaron dos propuestas a evaluar. Una que incluye reciclaje a través de separación en la fuente de residuos, tanto para residuos orgánicos putrescibles utilizados para la elaboración de compost e inorgánicos que irían a parar a una planta de reciclaje comunal, también se incluyen en esta propuesta un transporte profesional de residuos, una estación de transferencia para residuos, una incineradora para residuos peligrosos domiciliarios e industriales, un adecuado plan de cierre para el actual vertedero de la comuna y un moderno relleno sanitario. La segunda opción básicamente son las mismas opciones pero descartando la estación de transferencia y la incineradora. A partir de esta información se realizó el calculo de la rentabilidad del proyecto a través de la obtención del VAN y la TIR de las dos opciones en tres escenarios posibles de país con tasas del 8, 12 y 16%.
3. Se seleccionó finalmente la segunda propuesta para el manejo y gestión de los RSU en Villa Alemana, ya que su inversión inicial, los costos sociales y ambientales son mucho menores y aunque se obtuvieron VAN negativos con los tres escenarios proyectados, los resultados encontrados, son mucho más favorables que con la primera propuesta.

## 8 - BIBLIOGRAFIA

### 8.1 BIBLIOGRAFIA CITADA

- (1) **Wehenpohl G., 2001**; “Guía para la gestión integral de residuos sólidos municipales”; Primera Edición; Semarnat; México; 198 pag.
- (2) **Tchobanoglous G.; Thiesen H.; Vigil S., 1998**; “Gestión Integral de Residuos Sólidos”; Volumen I; M<sup>c</sup>Graw Hill; EEUU; 607 pag.
- (3) **Comisión Nacional del Medio Ambiente; 2000**; “Política Nacional sobre gestión Integral de residuos”; Chile; 31 pag.
- (4) **Gobierno de Chile, 1997**; “Gestión integral de residuos sólidos domiciliarios propuesta de política”; Chile; 25 pag.
- (5) **Henry G. y Heincke G., 1999**; “Ingeniería Ambiental”; Segunda Edición, Prentice Hall; México; 778 pag.
- (6) **Conferencia de Plenipotenciarios 1989**; “Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación”.
- (7) **Banco Interamericano de Desarrollo, 1997**; “Guía para evaluación de impacto ambiental para proyectos de residuos sólidos municipales procedimientos básicos”; México.
- (8) **Monreal J., 1998**; “Gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe”; Organización Estados Americanos; Brasil;
- (9) **Fundación Alemana para el desarrollo Internacional, 1995**; “Gestión Ambiental Municipal”; Asociación Chilena de Municipalidades; Chile; 267 pag.

## **8.2 BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA**

**Acurio G. “et all”, 1997;** “Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América latina y el caribe”; IADB-PAHO; EEUU; 130 pag.

**Alcantara A., 1993;** “Residuos Agrícolas, Forestales, Ganaderos e Industriales”; Master en Gestión Medioambiental; Instituto de Investigaciones Ecológicas; España; 56 pag.

**Andreottola G. “et all”, 1989;** “Método para la evaluación del impacto ambiental de un relleno sanitario” Institute of Sanitary Engineering Polytechnic of Milan; Italia; 10 pag.

**Alegre M. “et all”, [199-];** “Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales”; CEPIS HEP/OPS, 73 pag.

**Candelas Ramírez J., [199-];** “Identificación y desarrollo de tecnología para proporcionar valor económico a los residuos sólidos del proceso de matanza en el rastro de saltillo, Coahuila, México; México; 10 pag.

**Canevari F., 2000;** “Indicadores ambientales del partido de Tandil; Diagnóstico y Gestión Ambiental”; España; 18 pag.

**Cárdenas J. y Castro Guzmán O.,** “Residuos sólidos municipales; principal fuente de contaminación de los mantos acuíferos”; México; 8 pag.

**Chile;** Ministerio de Salud; 1967; Decreto con fuerza de ley N° 725 “Código Sanitario”; 11 de diciembre 1967; 26 pag.

**Chile;** Ministerio de Salud; 1980; Resolución N° 2444; “Normas sanitarias mínimas para la operación de basurales”; 31 de Julio 1980; 4 pag.

**Chile;** Ministerio de Salud; 1989; “Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa”; 21 de Febrero 1990.

**Chile;** Ministerio de Obras Públicas; 1992; “Aprueba Reglamento para la Neutralización y Depuración de los Residuos Líquidos Industriales a que se Refiere la Ley N° 3.133, D.S. N° 351/92, del Ministerio de Obras Públicas.”; 23 de Febrero 1993.

**Chile;** Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones; 1994; “Reglamento Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos, D.S. N° 298/94, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.”; 11 de Febrero 1995.

**Chile;** Ministerio Secretaria General de la Republica; 1994; Ley N° 19.300 “Bases Generales del Medio Ambiente”; 9 de marzo 1994; 41 pag.

**Chile;** Ministerio de Salud; 2000 “Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo” 29 de abril 2000; 43 pag.

**Chile;** Ministerio de Salud; 2003 Documento en consulta pública “Reglamento para rellenos sanitarios”; enero 2003; 20 pag.

**Chile;** Ministerio de Salud; 2004; “Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos”; 12 junio 2004. 21 pag.

**Consoni A., 2001;** “Selección de sitios y gestión de residuos sólidos municipales”. Brasil; 12 pag.

**Comisión Ambiental Metropolitana, 2002;** “Comunicación, participación Social y concertación; Elementos para una política de gestión integral de residuos peligrosos en la Zona Metropolitana del Valle de México”; 1ª Edición; México; 94 pag.

**Comisión Nacional del Medio Ambiente, 1999a;** “Política Regional de Residuos Sólidos Región Metropolitana”; Chile; 38 pag.

**Comisión Nacional del Medio Ambiente, 1999b;** “Política Regional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Domiciliarios”; Chile; 47 pag.

**Comisión Nacional del Medio Ambiente, Dirección Regional de la Araucanía, 2003;** “Propuesta para el mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) en la Región de la Araucanía”; Chile; 13 pag.

**Comisión Nacional del Medio Ambiente, Dirección Regional Bío- Bío, 2002;** “Programa regional de manejo de residuos sólidos domiciliarios”; Chile; 25 pag.

**Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2000;** “Política Nacional sobre Gestión Integral de los Residuos”; Chile; 31 pag.

**Consejo Nacional del Ambiente, 2001;** “Guía metodológica para la formulación de planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos – Pigars”; 1ª Edición; Perú; 118 pag.

**Ecoamérica; 2003;** “Relleno sanitario de Freire, operación exitosa a pequeña escala”; Ecoamérica; N° 28; 37-41.

**Florisbela dos santos A. y Wehenpohl G., 2001;** “De pepenadores y triadores. El sector informal y los residuos sólidos municipales en México y Brasil”; INE-SEMARNAT; México; 11 pag.

**Gobierno de Chile, 1999;** “Diagnóstico ambiental comparado 1994 a 1998 para las comunas de Valparaíso, Casablanca y sus sectores rurales”; Chile; 16 Pág.

**Gobierno de Chile, 2004;** “Política de gestión integral de residuos sólidos, propuesta de trabajo para discusión”; Chile; 45 pag.

**Gobierno del estado de México Secretaría de Ecología, 2000;** “Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el estado de México”; México.

**Golder Associates, [200-];** “Evaluación de Impacto Ambiental” México; 24 pag.

**Induambiente, 2000;** “Tecnologías de Vanguardia”; Induambiente internacional; N° 42; 40-41.

**Junta de Andalucía, 1998;** “Procesos de co-compostaje y aplicación de sus productos en paisajismo, reforestación, cultivos forestales y agrícolas en Andalucía”; España; 31 pag.

**Kiely G., 1999;** “Ingeniería Ambiental fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión”, McGraw Hill.

**Kopytynski W., 2001;** “Degradación aeróbica en un relleno sanitario”; EEUU.

**Lara A; “et all” [200-];** “Análisis estadístico de la generación de residuos sólidos”; México; 6 pag.

**Longoria Ferrer R., [199-];** “Plan regional de infraestructura para el reciclaje y disposición de los desperdicios sólidos de Puerto Rico”; Puerto Rico; 5 pag.

**Marín C., 2003;** “Impermeabilización con Geosintéticos en rellenos sanitarios y pilas de lixiviación”; Ecoamérica; N° 28; 33-36.

**McRae G. y Shaner H., 2002;** “11 Recomendaciones para mejorar el manejo de los Residuos Hospitalarios”; 2ª Edición; EEUU; 11 pag.

**MIDEPLAN, [200-];** “Metodología Proyectos de reemplazo de equipos”; Chile; 16 pag.

**Ministerio de Economía y Desarrollo, 1996;** “Pautas metodológicas de evaluación y gestión ambiental”; Republica de Nicaragua; 39 pag.

**Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002;** “Manual introducción a la gestión ambiental municipal”; San Salvador; 72 pag.

**Montico S., 2002;** “Identificación de unidades ambientales en una cuenca rural”; Argentina; 10 pag.

**Mutual de Seguridad, [200-];** “Manejo de Sustancias Peligrosas”; Chile; 76 pag.

**Organización panamericana de la salud, 2001;** “Análisis sectorial de residuos sólidos Panamá”; Panamá; 180 pag.

**Organización panamericana de la salud, 2002;** “Guía metodológica para la preparación de planes directores del manejo de los residuos sólidos municipales en ciudades medianas”; EEUU; 150 pag.

**Puig Ventosa I., 2002;** “Pago por generación de residuos municipales en Torrelles de Llobregat”; España; 16 pag.

**Republica de Chile, Biblioteca del Congreso Nacional, 2003;** “Reporte de la comuna de Villa Alemana”, Chile.

**República Federativa del Brasil, 1992;** “ Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y Desarrollo”, Brasil.

**Saavedra Pérez C., 1995;** “Desde el foyer del teatro; 100 años de Villa Alemana”; Chile; 148 pag.

**Sánchez R., [200-];** “Indicadores de desempeño en la gestión de sistemas de aseo urbano domiciliario”; Venezuela; 8 pag.

**Sánchez L.E., [200-];** “Auditorias Ambientales”; Brasil; 11 pag.

**Sapag Chain N., 2000;** “Preparación y evaluación de proyectos”; Cuarta Edición; M<sup>c</sup>Graw Hill; Chile; 439 pag.

**Sauri Riancho M.; “et all” [199-];** “Aplicación del composteo como método de tratamiento de los residuos de frutas producidos en zonas de alta generación”; México; 15 pag.

**Secretaria de Desarrollo Social, [200-];** “Evaluación Ambiental”: “Proyecto de Residuos Sólidos y Estudio de impacto ambiental en Zamora-Jacona”; México; 20 pag.

**SEMARNAT, 2001;** “Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales”; México.

**Sztern D. 1999;** “Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos”; Uruguay.; 69 pag.

**Tchobanoglous G.; Thiesen H.; Vigil S., 1998;** “Gestión Integral de Residuos Sólidos”; Volumen II; M<sup>c</sup>Graw Hill; EEUU; 497 pag.

**Wamsler C, 2000;** “El sector informal en la separación del material reciclable de los residuos sólidos municipales en el estado De México”; México; 110 pag.

**Wehenpohl G.; “et all”, 1999;** “Análisis del mercado de los residuos sólidos municipales reciclables y evaluación de su potencial de desarrollo” México; 283 pag.

**Wehenpohl G.; “et all”, 2000a;** “Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el Estado de México”; 2<sup>a</sup> Edición; México; 60 pag.

**Wehenpohl G., “et all”, 2000b;** “Manual de Supervisión y Control de Rellenos Sanitarios”, 2<sup>a</sup> Edición; México; 35 pag.

**Wehenpohl G.; “et all”, 2002;** “Guía para la elaboración de planes maestros para la gestión integral de los residuos sólidos municipales” 1<sup>a</sup> Edición; México; 84 pag.

**Wehenpohl G., “et all”, 2003;** “Guía para el desarrollo, presentación y evaluación de proyectos ejecutivos para rellenos sanitarios”; México; 181 pag.

## 9- ANEXOS

### 9.1 ANEXO N° 1

#### RESOLUCION N° 2444/80, Condiciones básicas de los sitios de disposición final

**República de Chile**

**Ministerio de Salud**

**Resolución N° 02444 /**

SANTIAGO, 31 de julio de 1980

Vistos: lo informado por el Departamento de Programas sobre el Ambiente acerca del estado de insalubridad en que son operados los botaderos de basura del país; que en la actualidad se encuentra en elaboración un reglamento general sobre recolección, transporte y disposición final de basuras; que en tanto no se disponga del cuerpo reglamentario antes mencionado es de absoluta necesidad contar con normas para la operación de basurales.

**TENIENDO PRESENTE:** lo dispuesto en el artículo 9° letra b) y en los artículos 78° y siguientes del Código Sanitario, dicto lo siguiente:

#### **RESOLUCION**

La operación de basurales del país ubicados fuera de los límites del Gran Santiago según se definieron estos en las resoluciones N° 7539/76 y N° 2476/77, y por lo tanto no afectos a las normas allí contenidas, deberá ceñirse a las siguientes:

## **NORMAS SANITARIAS MINIMAS PARA LA OPERACIÓN DE BASURALES:**

1°. - Ningún basural podrá funcionar sin la autorización sanitaria respectiva del Servicio Nacional de Salud, la que sólo será otorgada cuando éste conste que el recinto del basural cumple con lo estipulado en las presentes normas. Cualquiera solicitud de funcionamiento que no se ajuste en su totalidad a lo prescrito en estas normas, sólo podrá ser aprobada por resolución expresa del Director General de Salud.

2°. - Del Sitio:

2.1. - Deberá estar ubicado fuera del límite urbano, en lo posible a sotavento de los vientos reinantes, a más de 300 metros de cualquiera vivienda o local habitable y a más de 600 metros, de toda población o grupo de viviendas, establecimientos de fabricación o comercio de alimentos y fuentes de suministro de agua.

2.2. - El terreno debe ser seco, no expuesto a inundaciones ni al lavado o arrastre de basuras a cursos o masas de agua. Estará cerrado en todo su contorno hasta una altura de 1,80 metros de manera de impedir el ingreso de personas o animales.

2.3. - El camino de acceso, desde 200 metros antes de entrar al basural, así como el camino principal para circulación dentro de él, deben mantenerse en todo tiempo en perfectas condiciones de transitabilidad y aseo, libres de riesgos para la integridad y operación de los vehículos, prohibiéndose además estacionar vehículos en su trayecto.

2.4. - Al abandonarse transitoriamente o de modo definitivo, el sitio del basural deberá quedar saneado, emparejando la basura en una superficie plana, dejándola recubierta con una capa de tierra exenta de bolones de piedra o cascotes de ladrillo u hormigón, debidamente compactada, de un espesor definitivo de 30 o 60 cm. según que el abandono sea transitorio o definitivo. La ejecución de este recubrimiento se hará en forma tal que su asentamiento o los

factores meteorológicos no produzcan grietas o afloramientos del material soterrado.

2.5. - El terreno en que se hayan depositado y sepultado basuras no podrá ser usado en construcciones habitacionales sin permiso previo de la autoridad sanitaria.

3 -. De La Dotación:

3.1. - Se deberá contar con el personal necesario para mantener siempre a tiempo las operaciones cotidianas y cumplir el plazo fijado en el 4.4 siguiente, sin acumulaciones de basuras que no tengan sepultación oportuna.

3.2. - Deberá existir un administrador responsable del basural, el que tendrá la obligación de velar por el cumplimiento de las disposiciones contenidas en la presente Resolución. Será obligación suya el preocuparse de que durante el horario de trabajo haya siempre una persona responsable a cargo de las faenas dentro del recinto del basural.

3.3. - Permanentemente deberá haber una persona encargada de vigilar el cumplimiento de las disposiciones contenidas en las presentes normas de ingreso al basural. Deberá habilitarse un local con sala de vestir y casilleros para guardar la ropa del personal que labore en él, y con servicios higiénicos que desagüen a un sistema de alcantarillado público o privado o en su defecto en pozo séptico o negro.

Queda prohibida la habilitación de letrinas en cualquier curso de agua que atraviese el basural.

3.4. - De no contarse con abastecimiento de agua potable a través de red de distribución deberá haber anexa a dicho local una instalación de estanque o depósito tapado, con agua potable, conectado a una llave de salida ubicada a altura conveniente para el uso y aseo del personal.

3.5. -El personal deberá ser provisto de elementos y equipos de trabajo, tales como herramientas, botas y overoles, los que permanecerán en el local al término de la jornada de trabajo. Es obligación, además, mantener la ropa de trabajo del personal en condiciones satisfactorias de limpieza y de integridad.

3.6. - Se deberá disponer de bolsas y sacos de tejidos o recipientes provistos de tapas, para la recolección y transporte de las especies y material recuperados de la basura.

3.7. - Así mismo deberá contarse con equipo extinguidor de incendio portátil, tipo de espuma, de diseño, capacidad y condiciones de funcionamiento satisfactorios a juicio del Cuerpo de Bomberos.

3.8. - Para el manejo de la basura no recuperable, se dispondrá de todo el equipo mecánico necesario para moverla, compactarla y recubrirla con tierra en la forma indicada en estas normas, el que se mantendrá permanentemente en perfectas condiciones de funcionamiento.

4. - Operación:

4.1. - Al iniciarse la explotación de un basural y sin perjuicio de las operaciones diarias para el manejo de las basuras, habrá un plazo máximo de 30 días para efectuar el saneamiento de los depósitos de basura existentes antes de la actual operación, en forma indicada en el párrafo 2.4.

4.2. - A excepción del administrador, nadie podrá recuperar ni retirar del basural ningún material permitido -de acuerdo a lo expresado en el artículo siguiente- que se extraiga de los depósitos de basuras existentes dentro de su recinto. En todo caso el administrador deberá estar expresamente autorizado por la Autoridad sanitaria para realizar dicha recuperación de materiales.

4.3. - Queda estrictamente prohibido extraer de los basurales alimentos en cualquier forma o estado en que se hallen, estén o no envasados, así como cualquiera materia orgánica putrescible. Sólo se permite la recuperación de productos de origen mineral o de materias imputrescibles, tales como metales, vidrios, plásticos, maderas, papeles, trapos, huesos y materiales similares.

4.4. - El resto de la basura, con contenido putrescible, debe quedar cubierta con tierra al final de cada día de trabajo o con mayor frecuencia si es necesario; para esto deberá previamente esparcírsele en una superficie plana de la menor extensión posible y apisonarse con equipo mecanizado, recubriéndola enseguida con una capa de tierra compacta de 15 cm. de espesor como mínimo, imitando las operaciones de relleno sanitario.

4.5. - Queda prohibido arrojar basuras en los caminos interiores y en acequias o canales de riego que atraviesen el basural. Cada vez que accidentalmente caiga basura fuera del área de disposición final, deberá ser retirada en forma inmediata.

4.6. - Se prohíbe el acceso, permanencia y trabajo de menores de 15 años de edad en el basural, y de toda persona que no esté dedicada a las faenas propias del manejo de las basuras.

4.7. - Queda prohibido el acceso, permanencia y mantención de cualquier clase de animales o aves domésticas dentro del recinto del basural, así como en los locales de cualquiera naturaleza que en él puedan existir.

4.8. -El recinto del basural se mantendrá activa y constantemente libre de insectos y ratas. Para evitar su proliferación el administrador contará con la asesoría del Servicio Nacional de Salud y para la aplicación de plaguicidas podrá solicitar los servicios de esta institución o de alguna empresa debidamente autorizada para esta actividad.

4.9. - Queda prohibida la quema de basuras, hierbas u otras materias dentro del basural, debiéndose sofocar de inmediato el comienzo de cualquier combustión superficial o encubierta que aparezca dentro del recinto.

4.10. - Fuera de las horas en que se haya autorizado la recepción de las basuras urbanas, el recinto del basural se mantendrá cerrado, no debiendo permanecer nadie en su interior, a excepción del personal de vigilancia.

4.11. - Será obligatorio mantener un registro fiel y detallado:

a) del origen y volumen o tonelaje diario de las basuras y otros desechos recibidos en el basural, ya sea que provengan de un servicio municipal de aseo, de establecimientos comerciales, industrias u otros;

b) del volumen, peso o recuento numérico, así como del destino que se dé a todos a todos los materiales recuperados. Ambos registros estarán en todo momento disponibles para su revisión por la autoridad sanitaria u otras autoridades competentes.

#### 5. - Fiscalización:

5.1 La verificación del cumplimiento de estas normas sanitarias, especialmente las relativas al punto 4.4. estará a cargo del personal inspectivo del Servicio Nacional de Salud, sin perjuicio del control que en estos u otros aspectos puedan ejercer las autoridades de otras instituciones estatales o municipales.

5.2. - El incumplimiento de las presentes normas sanitarias será sancionado de acuerdo a lo establecido en el Libro IX del Código Sanitario, sin perjuicio de otras medidas que puedan adoptar otras entidades fiscalizadoras en uso de sus propias atribuciones.

Comuníquese,

Dr. Augusto Schuster Cortés

Delegado de Gobierno SNS

Distribución:

Sres. Directores Regionales Servicios de Salud

Sres. Jefes de Oficinas Regionales de Higiene Ambiental

Sres. Directores de Área de Salud; Sres. Jefes de Oficinas de Higiene Ambiental y CA de Áreas de

Salud;

Depto. Programas sobre el Ambiente, Ministerio de Salud.

**9.2 ANEXO Nº 2**  
**DOCUMENTO EN CONSULTA PÚBLICA, “REGLAMENTO DE**  
**RELLENOS SANITARIOS” ENERO 2003.**

**TITULO I**

**DISPOSICIONES GENERALES**

**Artículo 1**

El presente reglamento establece las condiciones sanitarias y ambientales que deberá cumplir todo sitio destinado a la eliminación en terreno de residuos sólidos domiciliarios y residuos sólidos asimilables.

Las instalaciones de eliminación de residuos sólidos domiciliarios que cumplan con las disposiciones que establece el presente reglamento se denominarán rellenos sanitarios.

**Artículo 2**

Corresponderá a los Servicios de Salud y en la Región Metropolitana al Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones del presente reglamento, todo ello de acuerdo con las normas e instrucciones generales que imparta el Ministerio de Salud.

**Artículo 3**

Para efectos del presente reglamento, las expresiones que aquí se indican tendrán el significado que se señala:

**Biogás:** mezcla de gases generada por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica putrescible de los residuos que se depositan en un relleno sanitario y que consiste mayoritariamente en metano, dióxido de carbono, vapor de agua y, en mucha menor medida, de gases tales como el sulfuro de hidrógeno, hidrógeno, etc.

**Celda:** unidad básica de un relleno sanitario que consiste en la basura descargada diariamente en el frente de trabajo, debidamente compactada y sobre cuya superficie se coloca, al menos al final de la jornada de trabajo, cobertura diaria.

**Cobertura diaria:** capa de tierra compactada de al menos 15 cm de espesor o capa de material alternativo debidamente autorizado con que se cubre la totalidad de los residuos dispuestos durante un día de operación en un relleno sanitario y que tiene como objetivos evitar el contacto de los residuos con el medio ambiente, alcanzar y mantener condiciones anaeróbicas en las celdas sanitarias, controlar la proliferación de vectores sanitarios, el biogás, la emanación de olores ofensivos, los riesgos de incendio y el ingreso de aguas lluvias al y su consecuente generación de lixiviados.

**Cobertura intermedia:** capa de tierra compactada de al menos 30 cm de espesor o capa de material alternativo debidamente autorizado que debe ser colocada sobre residuos dispuestos en un relleno sanitario sobre los cuales no se colocarán otros residuos por períodos prolongados, de forma de asegurar por un lapso mayor los objetivos de la cobertura diaria.

**Cobertura final:** sello que es colocado sobre la superficie final de un relleno sanitario de forma de garantizar en el largo plazo el control de la emisión de gases a la atmósfera, la erosión, el contacto de los residuos con el medio ambiente y la infiltración de agua y la consecuente generación de lixiviados.

**Compactación:** reducción del volumen de los residuos sólidos, con el consecuente aumento de su densidad, a través de procesos físicos tales como el aplanamiento o aplastamiento, la que puede ser resultado del tránsito deliberado de maquinaria pesada sobre la basura, del apisonamiento con equipamiento manual o de la compresión que resulta de la acción del propio peso de los residuos.

**Conductividad hidráulica (k):** tasa de descarga de agua a través de una unidad de área de un medio poroso sometido a una unidad de gradiente hidráulico en condiciones de temperatura estándar (20° C).

**Falla geológica activa:** fractura en cualquier material geológico en el que a lo largo de un lado de su estratigrafía haya ocurrido un desplazamiento respecto del otro durante el período holoceno.

**Habilitación:** etapa previa a la entrada en operación de un relleno sanitario en la que se construyen todas las obras y se dota de todo el equipamiento y personal necesarios para iniciar la operación de la instalación.

**Limite inferior de explosividad:** concentración porcentual mínima en volumen de una mezcla de un gas combustible en el aire capaz de propagar una llama a 25° C y a presión atmosférica.

**Limite superior de explosividad:** concentración porcentual máxima en volumen de una mezcla de un gas combustible en el aire capaz de propagar una llama a 25° C y a presión atmosférica.

**Líquidos libres:** líquidos que bajo condiciones de temperatura y presión ambientales rápidamente se separan de los residuos sólidos.

**Lixiviado:** líquido que ha percolado o drenado a través de los residuos y que contiene componentes solubles y material en suspensión presentes en éstos

**Material de cobertura:** tierra u otro material alternativo debidamente autorizado, utilizada en la construcción de las coberturas diaria e intermedia de las celdas sanitarias.

**Membrana:** barrera constituida por materiales plásticos, arcillas densas u otros materiales de baja permeabilidad, destinadas a impermeabilizar rellenos sanitarios, lagunas de lixiviados, etc.

**Método de zanja:** método constructivo de relleno sanitario que consiste en depositar, acomodar y compactar las basuras en zanjas o trincheras, generalmente excavadas mecánicamente y en donde el material excavado es colocado a un lado de la zanja para ser utilizado como material de cobertura.

**Método de área:** método constructivo de relleno sanitario que consiste en depositar, acomodar y compactar las basuras sobre la superficie natural del terreno. Éste método es utilizado en terrenos planos o de pendiente suave, así como también en pozos, hondonadas u otras depresiones. En este caso, el material de cobertura generalmente debe ser transportado desde otro sitio.

**Relleno sanitario:** instalación de eliminación de residuos sólidos en la cual se disponen los residuos sólidos domiciliarios y asimilables, diseñada, construida y operada para minimizar molestias y riesgos a la salud de la población y daño para el medio ambiente, en el cual las basuras son compactadas en capas al mínimo volumen practicable y cubiertas con material de cobertura a lo menos al final de cada día de operación y que cumple con las disposiciones del presente reglamento.

**Residuo sólido, basura, desecho o desperdicio:** sustancias, elementos u objetos que el generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar.

**Residuos sólidos asimilables:** residuos sólidos, basuras o desperdicios generados en procesos industriales u otras actividades que no son tóxicos, inflamables, corrosivos y/o reactivos o que no son calificados como residuos peligrosos por la autoridad sanitaria y que, además, por su composición y características físicas, químicas y bacteriológicas pueden ser manejados en un relleno sanitario.

**Residuos sólidos domiciliarios:** basuras o desperdicios sólidos generados en viviendas y en establecimientos tales como edificios habitacionales, locales comerciales, locales de expendio de alimentos, hoteles, establecimientos educacionales y cárceles.

#### **Artículo 4**

Previo al inicio de la construcción de todo relleno sanitario, el titular deberá contar con un proyecto aprobado por la autoridad sanitaria competente, el que deberá ser elaborado por un profesional de la ingeniería civil y contener al menos la siguiente documentación:

- a) **Diseño de ingeniería:** conjunto de antecedentes, incluida la memoria técnica y de cálculo y los planos que justifican el diseño y la selección del método constructivo del relleno sanitario. Los antecedentes que además deben ser incluidos son al menos los siguientes:

- a.1) Proyección de la población servida y de la generación de residuos a lo largo de la vida útil estimada del proyecto.
- a.2) Planos:
  - a.2.1) de ubicación de la instalación en escala de 1:10.000,
  - a.2.2) del área de disposición final de los residuos domésticos,
  - a.2.3) del área de disposición final de residuos infecciosos y lodos si ello corresponde,
  - a.2.4) de diseño de la celda sanitaria,
  - a.2.5) los planos que sean necesarios para la mejor visualización del avance de las obras,
  - a.2.6) planos de todas las instalaciones y construcciones anexas.
- a.3) Determinación de la capacidad máxima de recepción de residuos, en términos de volumen, debiéndose mostrar a través de suficientes planos longitudinales y transversales dicho volumen.
- a.4) Programa de avance anual de la construcción del relleno sanitario, incluyendo la habilitación de la instalación.
- a.5) Diseño del sistema de impermeabilización y de las coberturas.
- a.6) Diseño de los sistemas de manejo de lixiviados, biogás y de escorrentías superficiales si corresponde
- a.7) Cantidad y especificaciones técnicas de los equipos, maquinarias y materiales y los perfiles de los profesionales, técnicos y personal en general necesario para la construcción, operación y cierre del relleno sanitario.
- b) **Plan de Operación:** plan en el que se debe describir detalladamente la forma en que se desarrollarán todas las operaciones y actividades necesarias para dar disposición final sanitaria a los residuos sólidos.
- c) **Plan de monitoreo y control:** plan en el que se debe especificar al menos el monitoreo de las aguas subterráneas y del biogás.
- d) **Plan de Cierre:** plan en el que se deberá detallar las obras y actividades

destinadas a mantener las condiciones anaeróbicas en el relleno sanitario, controlar la migración de biogás y lixiviados y la integridad del relleno sanitario luego de finalizadas las operaciones de disposición final de residuos. En dicho plan se deberá detallar al menos lo siguiente:

- d.1) obras y actividades que deberán completarse luego que el relleno sanitario haya copado su capacidad autorizada para disponer residuos sólidos tales como manejo y disposición de lixiviados, control de biogás, manejo de escorrentías superficiales.
- d.2) operación, mantención y seguimiento de los sistemas necesarios para evitar riesgos para la salud y el medio ambiente,
- d.3) uso o destino futuro del relleno sanitario, incluidas las obras y actividades que se realizarán.
- e) **Plan de Contingencias**
- f) **Otros Antecedentes:** documentos tales como contratos, tenencia del sitio y arriendos.

#### **Artículo 5**

En el acceso de todo relleno sanitario deberá existir un letrero claramente visible en el que se informe al menos lo siguiente:

- a) Nombre de la Instalación
- b) Persona responsable y número telefónico
- c) Horario y días de la semana en que se acepta el ingreso de residuos
- d) Tipos de residuos a los que se acepta su ingreso

## **TÍTULO II DEL SITIO**

#### **Artículo 6**

Todo sitio destinado a la construcción de un relleno sanitario deberá estar ubicado conforme a la zonificación del Plano Regulador u otro instrumento de ordenamiento territorial que permita la eliminación de residuos sólidos domiciliarios a través de rellenos sanitarios.

### **Artículo 7**

Todo relleno sanitario deberá encontrarse a más de 300 m de cualquier vivienda o local habitable y a más de 600 m, de toda población o grupos de viviendas, de establecimientos tales como los de atención de la salud, educacionales, carcelarios, de fabricación de alimentos y de fuentes de suministro de agua potable.

Las distancias a que se hacen referencia en el párrafo anterior deberán ser medidas a partir del menor perímetro del área que comprenda el sector en donde se dispondrán los residuos y de toda instalación anexa al relleno sanitario capaz de generar olores, tal como es el caso de plantas de tratamiento de líquidos lixiviados, zonas de lavados de camiones, zona de pesajes.

### **Artículo 8**

Todo relleno sanitario deberá encontrarse a no menos de 3.000 m del final de la pista de todo aeropuerto utilizado por aviones con motores turbo jet y a no menos de 1.500 m del final de la pista de todo aeropuerto utilizado sólo por aviones con motores del tipo pistón, distancias que deberán ser determinadas de la forma indicada en el artículo precedente.

### **Artículo 9**

El sitio deberá ser seco, no debiéndose construir rellenos sanitarios sobre suelos saturados tales como en los que existan afloramientos de agua, humedales, riberas húmedas, borde costero, además, el sitio no deberá estar expuesto al lavado o arrastre de los residuos por acción del agua, ya sea producto de la existencia de escorrentías superficiales o por la ocurrencia de inundaciones con períodos de retorno inferiores a 100 años, a menos que el proyecto de ingeniería considere medidas para controlar dichos efectos.

### **Artículo 10**

No se deberá construir rellenos sanitarios en sitios que puedan afectar su estabilidad estructural, debiendo cumplir el sitio con los siguientes requerimientos:

- a) no estar sobre fallas geológicas activas,
- b) no estar expuesto a deslizamientos o derrumbes de terreno,
- c) no estar expuesto a subsidencias o asentamientos debido a la existencia de minas subterráneas, extracción de agua, petróleo o gas o de suelos expuestos a disolución.
- d) no estar ubicado en suelos inestables o de baja resistencia.

#### **Artículo 11**

Se deberá demostrar que el sitio cuenta con suficiente material de cobertura para cumplir a lo largo de toda la operación del relleno sanitario con la totalidad de los requerimientos de cubrimiento diario de las basuras.

En caso de que en el sitio el material de cobertura sea insuficiente, se deberá demostrar que él o los lugares desde donde se obtendrá dicho material tendrán capacidad adicional suficiente para cumplir con los mencionados requerimientos y, además, se deberá garantizar mediante documentación legal que durante toda la operación del relleno sanitario se tendrá acceso a dicho material.

#### **Artículo 12**

El sitio deberá contar con vías de acceso adecuadas al tráfico de vehículos que ingresará al relleno sanitario durante toda época del año.

### **TÍTULO III DEL DISEÑO**

#### **Artículo 13**

El diseño de todo relleno sanitario deberá considerar aspectos tales como la topografía y ubicación del sitio, la disponibilidad del material de cobertura, la altura máxima de la napa subterránea, la capacidad de soporte del suelo, la hidrología e hidrogeología, el tamaño de la población servida y otros antecedentes que se consideren relevantes.

#### **Artículo 14**

Se deberá determinar la capacidad máxima, en volumen, de disposición de residuos que tendrá el relleno sanitario durante todo su período de operación y se deberá consignar claramente en el proyecto las cotas máximas que se podrán alcanzar durante su operación.

#### **Artículo 15**

Las pendientes de los taludes de un relleno sanitario no deberán ser superiores a 1V:3H. En el caso que se pretenda construir dichos taludes con pendientes mayores se deberá demostrar que la relación entre los esfuerzos resistentes y los esfuerzos deslizantes es mayor o igual a 1,5 en condiciones estáticas y mayor o igual a 1,3 bajo condiciones sísmicas.

#### **Artículo 16**

Todo proyecto de relleno sanitario deberá, de acuerdo a las condiciones de pluviometría, permeabilidad del terreno y la población servida proyectada, considerar un sistema de impermeabilización de paredes y de fondo, de acuerdo a los criterios establecidos en la Tabla "Requerimientos Mínimos de Impermeabilización".

**Tabla I**

#### **Requerimiento Mínimos de Impermeabilización**

<b>Precipitación (año normal)</b>	<b>Rango de Población (miles de habitantes)</b>		
	<b>Pob &gt;100</b>	<b>20 ≤ Pob ≤ 100</b>	<b>Pob &lt; 20</b>
<b>PP ≥ 150 mm</b>	I1	I2	I3
<b>PP &lt; 150 mm</b>	I2	I3	I3

En donde los requerimientos de impermeabilización corresponden a los siguientes:

I1 = Membrana plástica con un espesor mínimo de 0,76 mm y de 1,52 mm en el caso de polietileno de alta densidad, sobre capa de arcilla de 60 cm espesor y conductividad hidráulica máxima de  $10^{-7}$  cm/s o en su defecto

un sistema de impermeabilización de dos membranas que garantice condiciones iguales o superiores de impermeabilidad.

I2 = Capa de arcilla de 60 cm espesor conductividad hidráulica máxima de  $10^{-7}$  cm/s o membrana que garantice condiciones iguales o superiores de impermeabilidad.

I3 = Terreno natural con un espesor mínimo de 5 m sobre el nivel freático más alto, con una conductividad hidráulica equivalente máxima de  $10^{-5}$  cm/s.

En los casos en que el diseño del relleno sanitario deba considerar impermeabilización de los tipos I1 e I2, la distancia desde el fondo de éste hasta el nivel freático más alto no deberá ser inferior a 3 metros, debiendo existir una capa de tierra natural con una conductividad hidráulica equivalente no superior a  $10^{-5}$  cm/s.

#### **Artículo 17**

Se deberá diseñar un plan de construcción del sistema de impermeabilización, en el que se detallarán todos los procedimientos que se deberán seguir durante su construcción, de tal forma de asegurar que se cumplirá el objetivo para el cual han sido diseñados.

#### **Artículo 18**

Todo proyecto de relleno sanitario deberá incorporar una estimación de la generación de los líquidos lixiviados y la justificación técnica de su manejo.

Dicho manejo podrá considerar la recirculación o inyección de lixiviados en el relleno sanitario sólo si ésta no implica un deterioro en la estabilidad estructural de la instalación, ni un incremento de la aparición de líquidos en los taludes del relleno.

La inyección de lixiviados se deberá realizar a través de pozos especialmente contruidos para tales efectos y que permitan su distribución homogénea en la masa de basuras, no permitiéndose el uso de chimeneas para tales efectos.

En los casos en que se trate de rellenos sanitarios construidos en zanjas, pozos o depresiones capaces de contener la totalidad de los residuos a disponer, se podrá considerar el total confinamiento de los líquidos lixiviados al interior de la masa de relleno. En tales casos el diseño deberá contemplar una cobertura final que minimice la infiltración del agua de precipitación hacia el interior del relleno y la consecuente generación de lixiviados, de forma de asegurar que no habrá afloramientos de éstos.

#### **Artículo 19**

Sin perjuicio de lo señalado en artículo precedente todo proyecto de relleno sanitario que requiere impermeabilización del tipo I1 deberá contemplar el diseño de un sistema de Manejo de Lixiviados.

El sistema deberá incluir al menos la recolección y tratamiento de éstos líquidos, una capa de material drenante de espesor no inferior a 30 cm con un coeficiente de permeabilidad no inferior a  $10^{-2}$  cm/s, debiéndose asegurar que las cargas hidráulicas sobre el sistema de impermeabilización serán inferiores a 30 cm, así como toda obra o equipo necesario para su operación.

Además, el sistema deberá considerar toda obra o equipamiento necesario para monitorear y tratar los lixiviados y, cuando corresponda, para descargar el efluente tratado.

#### **Artículo 20**

Todo proyecto de relleno sanitario deberá considerar un sistema de control de escorrentías, el que deberá ser diseñado contemplando la intercepción y evacuación de escorrentías superficiales de manera de evitar el ingreso de ellas al interior del relleno, debiéndose considerar para su diseño las escorrentías generadas por una precipitación de 24 horas de duración y con período de retorno de 25 años.

#### **Artículo 21**

Todo proyecto de relleno sanitario deberá incorporar una estimación de la cantidad de biogás generado y, cuando corresponda, el diseño de un sistema

de control de biogás, en el que se deberá justificar técnicamente el diseño y radio de influencia de las chimeneas de evacuación del biogás. Debiéndose considerar en aquellos casos en que no es factible su utilización, que el biogás evacuado a través de las chimeneas sólo podrá ser descargado previa combustión.

Los rellenos sanitarios que tengan una altura total inferior a seis metros o en todo aquel en que la estimación a que se hace referencia en el párrafo primero del presente artículo permita demostrar que las condiciones ambientales impiden la generación significativa de biogás, no requerirán de un sistema de control de biogás.

#### **Artículo 22**

Todo relleno sanitario deberá contemplar un cerco perimetral en todo su contorno, de 1.80m de altura mínima, que impida el acceso de personas ajenas a las faenas propias del relleno sanitario. En todo caso el área delimitada por el cerco perimetral deberá permitir las circulaciones necesarias para la operación y mantención del relleno sanitario.

### **TÍTULO IV DE LA OPERACIÓN**

#### **Artículo 23**

Previo a la entrada en operación de un relleno sanitario se deberá haber dictado la respectiva autorización de instalación, la que deberá ser otorgada luego que el respectivo Servicio de Salud halla constatado que se ha completado la habilitación del sitio de disposición final.

#### **Artículo 24**

La operación de todo relleno sanitario deberá ajustarse al respectivo plan aprobado en el proyecto.

#### **Artículo 25**

Todo relleno sanitario que contemple su operación en horario nocturno deberá contar con iluminación que permita operar sin riesgos en el frente de trabajo.

### **Artículo 26**

Todo relleno sanitario deberá contar con control del acceso de vehículos y personas al mismo. Dicho control debe impedir el ingreso de personas ajenas a las actividades propias de la instalación e incluir el registro de los vehículos que ingresan a ésta.

### **Artículo 27**

Se deberá llevar un registro de la cantidad de residuos ingresados al Relleno Sanitario, para lo que se deberá contemplar al menos una báscula para determinar su peso con una precisión no inferior a 1 kg,

En el caso de que un relleno sanitario sirva a una población menor a 50.000 habitantes, alternativamente a lo señalado en el párrafo precedente, se podrá solicitar a la autoridad sanitaria el registro de la estimación del volumen de los residuos ingresados a la instalación.

### **Artículo 28**

En todo relleno sanitario se deberá implementar un control de los residuos que ingresen a la instalación y, cuando corresponda, la documentación respectiva de forma de asegurar que sólo se dispondrán residuos para los que ésta está autorizada.

### **Artículo 29**

El frente de trabajo deberá ser del menor ancho posible que permita una apropiada operación de los camiones y equipos en orden a que el área de los residuos expuestos durante la operación diaria sea mínima.

### **Artículo 30**

Los caminos internos de todo relleno sanitario deberán contar con toda la señalización necesaria para evitar riesgos de accidentes y para guiar a los vehículos en su recorrido al interior de éste.

### **Artículo 31**

Cuando la construcción de las celdas se realice con equipo del tipo tractor de oruga, tal como es el caso los cargadores frontales, la compactación se deberá realizar de la siguiente forma:

- a) las basuras deberán ser descargadas en la parte inferior de la celda,
- b) los residuos deberán ser esparcidos con la maquinaria o equipo desde abajo hacia arriba del talud, en capas no superiores a 60 cm y con una pendiente no superior a 1V:3H
- c) se deberá compactar los residuos con no menos de 3 pasadas de maquinaria o hasta que no sea posible disminuir el volumen de los residuos.

Cuando se utilicen compactadores de alta capacidad, se podrá autorizar la compactación de los residuos en capas horizontales.

### **Artículo 32**

Durante la operación de todo relleno sanitario en que la compactación se realice mecánicamente, se deberá mantener una máquina de reemplazo para la compactación de los residuos en caso de falla de una de las máquinas en uso, dicha máquina de reemplazo deberá estar permanentemente en buenas condiciones de operación.

### **Artículo 33**

La tierra utilizada en un relleno sanitario como material de cobertura deberá tener las siguientes características:

- 33.1.a) ser fácilmente trabajable con maquinaria, incluso en humedades superiores a la óptima,
- 33.1.b) alcanzar una permeabilidad una vez compactada que permita controlar la infiltración de aguas lluvias y que posibilite el control del paso de gases o vapores a través de la celda sanitaria,
- 33.1.c) tener una granulometría bien graduada
- 33.1.d) presentar un grado de cohesión suficiente para formar un capa de cobertura,

33.1.e) presentar una vez compactada una permeabilidad máxima de  $10^{-4}$  cm/s.

No obstante lo anterior se podrá solicitar autorización para utilizar materiales alternativos como material de cobertura, siempre que éstos cumplan con las características señaladas en el párrafo anterior y que además cumplan con las siguientes:

33.2.a) ser incombustibles,

33.2.b) ser resistentes a las solicitaciones propias de la operación de un relleno sanitario,

33.2.c) ser resistentes a la acción microbiológica,

33.2.d) ser resistentes a la erosión y el arrastre del viento,

33.2.e) no contener sustancias o materiales peligrosos ni capaces de liberar contaminantes al medio.

33.2.f) evitar la emanación de olores,

33.2.g) evitar la proliferación y atracción de vectores.

Dicha autorización estará sujeta a la presentación de una justificación técnica que tome en cuenta los siguientes factores:

33.3.a) disponibilidad del material,

33.3.b) facilidad de manejo,

33.3.c) condiciones climáticas,

33.3.d) efectos en la estabilidad estructural del relleno sanitario.

#### **Artículo 34**

La cobertura diaria deberá colocarse sobre los residuos compactados al menos diariamente, debiendo esparcirse y compactarse el material de cobertura, alcanzando un espesor final mínimo de 15 centímetros en toda la superficie de la celda.

Se deberá cubrir con cobertura intermedia la superficie de las celdas sobre las que no se dispondrá basura dentro de los 180 días siguientes a su

construcción. Cuando dicha disposición ocurra en un plazo superior a 365 días se deberá colocar sobre dicha superficie una cobertura final.

Por su parte, cuando sobre una celda, de acuerdo al proyecto aprobado por la autoridad sanitaria, no se dispondrán nuevos residuos se deberá colocar sobre ella cobertura final, la cual deberá estar terminada en los 180 días siguientes cuando sobre la celda exista cobertura diaria y en 365 días cuando en dicha celda exista una cobertura intermedia.

### **Artículo 35**

Todo relleno sanitario deberá mantener un acopio de material de cobertura que garantice la operación normal del relleno sanitario por al menos 15 días.

### **Artículo 36**

No se podrá realizar la recuperación del material reciclable contenido en los residuos al interior de todo relleno sanitario, a menos que esta actividad se realice en una instalación especialmente diseñada para tales efectos, la que deberá ser cerrada, con radier de hormigón y techada y en donde la recuperación se realice de manera manual desde correas transportadoras o en forma mecanizada.

### **Artículo 37**

Se deberá controlar que la fracción liviana de los residuos que pueda ser arrastrada por el viento, tales como papeles y plásticos, no se disperse fuera del frente de trabajo, para lo cual se deberá contar con rejas u otros sistemas que permitan dicho control. En todo caso se deberá mantener limpia de residuos la superficie del relleno sanitario, así como su lugar de emplazamiento y los sitios vecinos, recogiendo permanentemente la fracción liviana que no pueda ser controlada.

Además, se deberá mantener la limpieza de al menos los últimos 500 metros de él o los caminos de acceso al sitio de emplazamiento del relleno sanitario.

### **Artículo 38**

Se deberá garantizar que en todo relleno sanitario se podrá disponer residuos sólidos bajo condiciones de precipitación extrema, debiéndose mantener para estos efectos al menos un sector accesible para la disposición de residuos durante episodios climáticos extremos.

**Artículo 39**

En todo relleno sanitario se deberá controlar los afloramientos de líquidos lixiviados. Cuando dichos afloramientos resulten de la inyección o recirculación de líquidos lixiviados contemplada en el proyecto, dicha práctica deberá ser suspendida.

**Artículo 40**

No se podrá asperjar, bajo ninguna circunstancia, los líquidos lixiviados. De igual forma no se podrá utilizar lixiviados sin que éstos hallan sido sometidos a un tratamiento previo.

**Artículo 41**

Se deberán mantener permanentemente encendidas la o las antorchas a través de las cuales se evacue el biogás.

**Artículo 42**

Queda prohibida la quema de residuos u otras materias dentro de todo relleno sanitario. Además, se deberá sofocar cualquier combustión superficial o encubierta en la instalación.

**TÍTULO V  
DEL MONITOREO Y CONTROL**

**Artículo 43**

Todo relleno sanitario deberá contar con un sistema de monitoreo de calidad de las aguas subterráneas, que consulte un número suficiente de pozos instalados en sitios y profundidades adecuadas para extraer muestras representativas del acuífero superior. Para efectos de analizar los resultados del monitoreo, previo a la puesta en marcha del relleno, se deberá hacer una completa caracterización de dichas aguas que servirá de patrón de referencia.

El número, distancia y profundidad de tales pozos deberán ser determinadas en base a estudios técnicos específicos sobre el sitio, que provean una acabada caracterización del acuífero, caudal y variaciones estacionales del flujo. En todo caso, deberá existir al menos un pozo aguas arriba del relleno y uno aguas abajo de éste.

Se deberá proponer la frecuencia de monitoreo de acuerdo a las condiciones del emplazamiento, en todo caso la frecuencia mínima deberá ser de una muestra por pozo cada 6 meses, debiendo entregar el monitoreo información sobre la concentración de los parámetros de la tabla siguiente:

**TABLA II**

Parámetros de Monitoreo de Aguas Subterránea

<b>GRUPO DE PARÁMETROS</b>	<b>PARÁMETROS</b>
Indicadores de Lixiviado	Dureza como CaCO <sub>3</sub> , Alcalinidad total como CaCO <sub>3</sub> , Sólidos suspendidos totales, Conductividad específica, pH, Carbón orgánico total
Aniones y cationes comunes	Calcio, Manganeso, Sulfato, Magnesio, Amoníaco, Cloro, Sodio, Carbonato, Potasio, Bicarbonato, Sílice, Hierro
Metales	Antimonio, Cromo, Selenio, Arsénico, Cobalto, Plata, Bario, Cobre, Talio, Berilio, Plomo, Vanadio, Níquel, Mercurio, Cadmio, Zinc

No obstante lo anterior, el Servicio de Salud podrá solicitar se informe respecto de otros parámetros en función de los residuos autorizados a ser dispuestos en el relleno sanitario.

**Artículo 44**

Frente a sospechas de contaminación de cursos o masas de agua superficiales, la Autoridad Sanitaria competente podrá exigir un muestreo de verificación de esa contaminación y exigir un plan de monitoreo de dicha contaminación.

#### **Artículo 45**

Se deberá controlar, cuando corresponda, la correcta ejecución del Plan de Construcción del Sistema de Impermeabilización. En todo caso la construcción o instalación de la membrana deberá ser certificada por una empresa reconocida por la autoridad sanitaria.

#### **Artículo 46**

En todo relleno sanitario la concentración de gas metano no podrá exceder del 25% de su límite de explosividad inferior en las estructuras de la instalación ni en los límites de éste.

- a) Todo relleno sanitario que requiera de un sistema de control de biogás, de acuerdo a lo señalado en el artículo 21, deberá implementar un Plan de Monitoreo de Gas Metano para asegurar el cumplimiento de lo señalado en el párrafo precedente, el que deberá iniciarse al momento de entrada en operación del relleno sanitario. El tipo y frecuencia del monitoreo deberá ser determinado considerando aspectos tales como:
  - condiciones físicas del sitio,
  - b) composición de los residuos,
  - c) geología y condiciones climáticas,
  - d) profundidad de la napa subterránea,
  - e) ubicación de edificios, estructuras, sistemas de alcantarillados, etc.,
  - f) vías posibles de migración

#### **Artículo 47**

Se deberá informar mensualmente a la Autoridad Sanitaria respecto a la operación del relleno sanitario. El contenido de dicho informe deberá consistir en al menos lo siguiente:

- a) la cantidad de residuos dispuestos,
- b) número de vehículos ingresados,
- c) maquinaria y equipos utilizadas, incluidos el número de horas,
- d) resultados de los monitoreos,

- e) cantidad de material de cobertura utilizada,
- f) estado de avance del relleno sanitario.

En todo caso, la estructura del informe mensual deberá ser aprobada por el Servicio de Salud respectivo.

## **TÍTULO VI DEL PLAN DE CIERRE**

### **Artículo 48**

Se deberá dar aviso a la autoridad sanitaria competente del término de las operaciones de disposición final de residuos, a más tardar 15 días después de que la instalación haya completado su capacidad autorizada para recibir residuos sólidos o cuando por cualquier otro motivo deje de disponer residuos sólidos, debiéndose iniciar en dicho momento la ejecución del Plan de Cierre con la finalización de la cobertura final, la que deberá estar terminada a más tardar en los 60 días siguientes.

No obstante lo señalado en el párrafo anterior, se podrá iniciar el Plan de Cierre previo al término de la disposición de residuos en el relleno sanitario.

### **Artículo 49**

La configuración de la cobertura final deberá ser la que corresponda de acuerdo al sistema de impermeabilización, según los criterios establecidos en la tabla siguiente.

### **Tabla III Configuración de Cobertura Final**

SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN	CONFIGURACIÓN
I1	Capa de 60 cm de material arcilloso con permeabilidad máxima de $10^{-7}$ cm/s colocada sobre una geomembrana de 0,5 mm de espesor, todo ello sobre una capa de material drenante de 30 cm de espesor y coeficiente de permeabilidad mínimo de $10^{-3}$ cm/s.
I2	Capa de 60 cm de arcilla con permeabilidad de máxima $10^{-7}$ cm/s.
I3	Capa de 100 cm de suelo con permeabilidad máxima de $10^{-5}$ cm/s.

Además, sobre dicha cobertura final se deberá colocar una capa de 15 cm de tierra capaz de sostener vegetación del lugar de emplazamiento de la instalación a objeto de minimizar la erosión del sistema de cobertura en el largo plazo.

#### **Artículo 50**

Una vez terminada la cobertura final, se deberá iniciar las actividades de mantenimiento de ésta así como de los sistemas de manejo de lixiviados, biogás y escorrentías superficiales y de cualquier otro componente de la instalación contemplado en el Plan de Cierre. Dichas actividades deberán mantenerse por un período de al menos 20 años.

De igual forma se deberá dar inicio a las actividades de monitoreo de los parámetros establecidos en el Plan de Cierre durante igual número de años.

#### **Artículo 51**

Una vez terminada la cobertura final, según corresponda, se deberá iniciar de acuerdo a los plazos establecidos en el Plan de Cierre, las obras necesarias para la habilitación del uso al que será destinado el sitio.

**TÍTULO VII**  
**DE LOS RELLENOS SANITARIOS**  
**PARA POBLACIONES INFERIORES A 20.000 HABITANTES**

**Artículo 52**

Los municipios con localidades de poblaciones inferiores a 20.000 habitantes podrán solicitar autorización para operar un relleno sanitario con compactación a través de equipamiento manual, cuando por razones justificadas dichas localidades no tengan acceso a un relleno sanitario de operación mecánica u otra instalación de eliminación de residuos sólidos domiciliarios, ni se puedan asociar con otros municipios para la habilitación de un relleno sanitario de operación mecánica.

**Artículo 53**

El diseño de un relleno sanitario con compactación manual podrá ser realizado por un profesional universitario, distinto al señalado en el artículo 4 del presente reglamento, sin perjuicio de que los contenidos de dicho proyecto deban ajustarse a los requerimientos técnicos señalados en el presente reglamento.

**Artículo 54**

Los rellenos sanitarios que den servicios a menos de 20.000 habitantes deberán encontrarse a más de 150 m de cualquier vivienda o local habitable y a más de 300 m de toda población o grupo de viviendas y de establecimientos, tales como, de alimentos, de atención de la salud, educacionales, jardines infantiles, asilos, cárceles y fuentes de suministro de agua potable. Dichas distancias deberán ser medidas de acuerdo a lo señalado en el artículo 7 del presente reglamento.

**Artículo 55**

Los rellenos sanitarios que den servicios a menos de 20.000 habitantes no requerirán de un sistema de monitoreo de calidad de aguas subterráneas. Sin perjuicio de lo anterior, la Autoridad Sanitaria podrá exigir el monitoreo de las

aguas subterráneas en aquellos casos en que existan fuentes de agua potable a menos de 1000 metros aguas abajo de la instalación.

#### **Artículo 56**

El período de monitoreo y control de rellenos sanitarios a que se hace referencia en el artículo 50, cuando se trate de instalaciones que den servicios a menos de 20.000 habitantes, una vez que se haya completado la cobertura final no deberá ser inferior a 5 años.

De igual forma, la frecuencia y el contenido de los informes del estado del relleno sanitario a que se hace referencia en el artículo 47 podrán ser modificados por la Autoridad Sanitaria competente.

### **TÍTULO VIII**

#### **DE LA DISPOSICIÓN DE OTROS RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **Artículo 57**

Los establecimientos o actividades que generen residuos asimilables en cantidades superiores a 200 litros diarios o 6 metros cúbicos mensuales, deberán solicitar autorización al Servicio de Salud respectivo para llevar sus residuos a un relleno sanitario. Para otorgar dicha autorización el Servicio de Salud deberá verificar que dichos residuos no interfieren con la operación normal ni con los procesos microbiológicos de estabilización propios del relleno sanitario.

De igual, forma el envío a relleno sanitario de residuos sólidos asimilables de generación esporádica, en cantidades superiores a 6 metros cúbicos requerirá de autorización sanitaria.

#### **Artículo 58**

Sólo se podrán disponer residuos infecciosos o lodos en un relleno sanitario si la instalación cuenta con autorización sanitaria para dicha actividad. Dicha disposición se deberá realizar en celdas, zanjas o sectores especialmente habilitados, en donde se deberá dar recubrimiento inmediato a los residuos sin que necesariamente se deba compactar los residuos.

## **TÍTULO IX DE LAS SANCIONES Y PROCEDIMIENTOS**

### **Artículo 59**

Las infracciones a las disposiciones del presente reglamento serán sancionadas por los Servicios de Salud, previa instrucción del respectivo sumario sanitario, en conformidad con lo establecido en el Libro X del Código Sanitario.

## **TITULO FINAL**

### **Artículo 60**

El presente reglamento entrará en vigencia 90 días después de su publicación en el Diario Oficial, fecha en la que se entenderán derogadas la Resolución N° 2444, del 31 de Julio de 1980, del Ministerio de Salud, la Resolución N° 7539, del 8 de Noviembre de 1976 así como todas las disposiciones reglamentarias, normas y resoluciones que sean contrarias o incompatibles con él.

### **Artículo 61**

Todo sitio de disposición final de residuos sólidos que a la fecha de publicación en el Diario Oficial del presente reglamento se encuentre en operación, tendrá a partir de esa fecha 180 días para presentar un plan de adecuación al cumplimiento de las presentes normas, debiendo cumplir a cabalidad con éstas en un plazo no superior a los 180 días siguientes a su aprobación.

Aquellos sitios de disposición final de residuos sólidos en terreno que por su ubicación o que técnicamente no puedan ajustarse a las normas del presente reglamento, tendrán un plazo de 180 días para presentar un Plan de Cierre de la Instalación, el que deberá haberse iniciado en un plazo no superior a 365 días siguientes a la fecha de entrada en vigencia del presente reglamento. En el caso de que se demuestre técnicamente ante la Autoridad Sanitaria que al momento de presentar el Plan de Cierre no existe o no se tiene acceso a una instalación de eliminación de residuos sólidos domésticos se podrá solicitar a dicha Autoridad la ampliación del plazo de inicio de dicho plan en 365 días adicionales.