



**Propuesta de predimensionamiento de
un relleno sanitario en zanjas para
disposición final ambientalmente
adecuada de residuos domiciliares para
Neuland**

Ing. Liz Fernanda Colmán Aguilar

2018



SHS
Departamento de Hidráulica e Saneamento

FIPAI



MINISTERIO DE
OBRA PÚBLICA
Y COMUNICACIONES

UNIVERSIDAD DE SÃO PAULO
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SÃO CARLOS

LIZ FERNANDA COLMÁN AGUILAR

Propuesta de predimensionamiento de un relleno sanitario en zanjas para
disposición final ambientalmente adecuada de residuos domiciliarios para

Neuland

São Carlos

2018

LIZ FERNANDA COLMÁN AGUILAR

Propuesta de predimensionamiento de un relleno sanitario en zanjas para
disposición final ambientalmente adecuada de residuos domiciliarios para

Neuland

Monografía presentada al Curso de Especialización en Saneamiento y Recursos Hídricos, de la Escuela de Ingeniería de São Carlos de la Universidad de São Paulo, como parte de los requisitos para la obtención del título de Especialista en Saneamiento y Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Schalch

VERSIÓN CORREGIDA

São Carlos

2018

AUTORIZO LA REPRODUCCIÓN Y DIVULGACIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE TRABAJO, POR CUALQUIER MEDIO CONVENCIONAL O ELECTRÓNICO, PARA FINES DE ESTUDIO E INVESTIGACIÓN, DESDE QUE SE CITE LA FUENTE.

Ficha catalográfica preparada por la Sección de Atendimiento al
Usuario del Servicio de la Biblioteca
"Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes" de la EESC/USP

C716p Colmán Aguilar, Liz Fernanda
Propuesta de predimensionamiento de un relleno
sanitario en zanjas para disposición final ambientalmente
adecuada de residuos domiciliares para Neuland / Liz
Fernanda Colmán Aguilar; orientador Valdir Schalch. --
São Carlos, SP, 2018.

Monografía (Especialización en Ingeniería de
Saneamiento y Recursos Hídricos) -- Escuela de Ingeniería
de São Carlos de la Universidad de São Paulo.

1. Residuos sólidos. Gestión. 2. Gerenciamiento.
3. Disposición final. 4. Relleno sanitario en zanjas.
I. Schalch, Valdir. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Liz Fernanda Colmán Aguilar

Título do TCC: Propuesta de disposición final ambientalmente adecuada de residuos domiciliares para Neulan

Data de defesa: 04 de dezembro de 2018

Comissão Julgadora	Resultado
Prof. Dr. Valdir Schalch Orientador	Aprovada
Instituição: Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Hidráulica e Saneamento	
Me. Túlio Queijo de Lima	Aprovada
Instituição: Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Hidráulica e Saneamento	

Presidente da Banca: **Prof. Dr. Valdir Schalch**



(assinatura)

DEDICACIÓN

A mis padres, por impulsarme a asumir este desafío, por confiar en mí y enseñarme que en la vida no hay imposibles.

A Laura Colmán, por cumplir el rol de hermana, mejor amiga y confidente aún en la distancia; por apoyarme constantemente y representarme todo el año que estuve ausente.

A Arnaldo Aguiar, por ser mi sostén incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) del Paraguay, por la oportunidad de desarrollar un postgrado en la mejor Universidad de Latinoamérica – USP.

A Eduardo Godoy, por sus conocimientos impartidos, por la paciencia, dedicación y entrega en cada materia enseñada; por ser el profesor que mejor me instruyó a lo largo del curso.

Al Prof. Dr. Valdir Schalch, por compartir su sabiduría y por el tiempo brindado en cada tutoría.

A Túlio Queijo por guiarme y encaminar voluntariamente el desarrollo del presente trabajo.

Y a todos los que de alguna manera contribuyeron para el logro de este objetivo.

RESUMEN

COLMÁN AGUILAR, L. F. Propuesta de predimensionamiento de un relleno sanitario en zanjas para disposición final ambientalmente adecuada de residuos domiciliarios para Neuland. 2018. 84 p. Monografía (Trabajo de Conclusión de Curso) – Escuela de Ingeniería de São Carlos, Universidad de São Paulo, São Carlos, 2018.

La evolución de la población y la fuerte industrialización actual contribuyen para el crecimiento acelerado de los residuos sólidos a nivel mundial. La gestión y gerenciamiento de los residuos sólidos son factores claves en la búsqueda de minimizar el deterioro del medio ambiente que causa grandes complicaciones en la calidad de vida de las personas. La disposición inadecuada de los residuos es una problemática real en el Paraguay y a esto se suma la falta de educación ambiental y concientización en la ciudadanía por lo que no se está dimensionando las graves consecuencias que se originan. El presente trabajo tiene como objetivo elaborar el predimensionamiento de un relleno sanitario en zanjas como propuesta de disposición final ambientalmente adecuada de residuos domiciliarios para Neuland, colonia menonita situada en el centro del Chaco Paraguayo en el Distrito de Mariscal Estigarribia, que en la actualidad arroja sus residuos en un vertedero a cielo abierto y una fracción los destina a la quema. La metodología empleada se basó en el relevamiento de datos a partir de una visita a la comunidad y entrevista personalizada a un residente involucrado directamente con la administración de los servicios relacionados; con lo cual se realizó el diagnóstico de la situación referente a la gestión y gerenciamiento de los residuos sólidos generados, además de revisiones bibliográficas utilizadas. El sistema de relleno sanitario que se propone es la disposición final de los residuos en zanjas donde, para un periodo de 20 años, se ha establecido un total de 300 excavaciones considerando el volumen de residuos generados y la dimensión de la zanja calculada. Este tipo de disposición se utiliza en comunidades de poblaciones pequeñas donde la generación diaria de residuos no debe sobrepasar 10 toneladas.

Palabras clave: Residuos sólidos. Gestión. Gerenciamiento. Disposición final. Relleno Sanitario en zanjas.

RESUMO

COLMÁN AGUILAR, L. F. Proposta de pré-dimensionamento de aterro sanitário em valas para disposição final ambientalmente adequada de resíduos domiciliares para Neuland. 2018. 84 f. Monografia (Especialização) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

A evolução da população e a forte industrialização atual contribuem para o crescimento acelerado dos resíduos sólidos em todo o mundo. A gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos são fatores fundamentais na busca de minimizar a deterioração do ambiente que causa grandes complicações na qualidade de vida das pessoas. A disposição inadequada de resíduos é um problema real no Paraguai e isso é agravado pela falta de educação ambiental e conscientização entre os cidadãos, razão pela qual as graves consequências que surgem não estão sendo consideradas. Este trabalho tem como objetivo presentar o pré-dimensionamento de um aterro sanitário em valas como proposta de disposição final ambientalmente adequada de resíduos domiciliares para Neuland, colônia menonita localizado no centro do Chaco paraguaio, no distrito de Mariscal Estigarribia, que lança hoje o seu lixo em um poço a céu aberto e uma fração vai para queimar. A metodologia utilizada baseou-se na coleta de dados de uma visita à comunidade e uma entrevista personalizada com um morador diretamente envolvido com a administração dos serviços relacionados; com os quais foi feito o diagnóstico da situação referente à gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos gerados, além das revisões bibliográficas empregadas. O sistema de aterro sanitário proposto como resultado é a disposição final dos resíduos em valas onde um total de 300 escavações foram estabelecidas por um período de 20 anos, considerando o volume de resíduos gerados e a dimensão da trincheira calculada. Este tipo de disposição é utilizado em comunidades de pequenas populações onde a geração diária de resíduos não deve exceder 10 toneladas.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Gestão. Gerenciamento. Disposição final. Aterro Sanitário em valas.

ABSTRACT

COLMÁN AGUILAR, L. F. **Proposal of pre- dimensioning a sanitary landfill in ditches for environmentally adequate final disposal of household waste for Neuland.** 2018. 84 f. Monografia (Especialização) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

The evolution of the population and the strong industrialization contribute to the accelerated growth of solid waste in the entire world. The management of solid waste is a key factor in the search to minimize the deterioration of the environment that causes great complications in the quality of life. In Paraguay, the inadequate disposal of waste is a real problem and this is compounded by the lack of environmental education and awareness among citizens, the serious consequences that arise are not being considered. The objective of this work is to present the pre-dimensioning of a sanitary landfill in ditches as a proposal for an environmentally adequate final disposal of household waste for Neuland, a mennonite colony located in the center of the Paraguayan Chaco in the district of Mariscal Estigarribia, which dumps its waste in an open-air dump while a fraction of it goes to burn. The methodology used was based on the data collection from a visit to the community and a personalized interview with a resident directly involved with the administration of the related services; the diagnosis of the situation was made regarding the management of the generated solid waste, in addition to bibliographic reviews used. The sanitary landfill system that is proposed as a result is the final disposal of waste in ditches where a total of 300 excavations have been established for a period of 20 years, considering the volume of waste generated and the calculated trench size. This type of disposal is used in communities of small populations where the daily generation of waste must not exceed 10 tons.

Keywords: Solid waste. Management. Final disposal. Sanitary landfill in ditches.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Puesto de entrega voluntaria (PEVs)	27
Figura 2: Relleno Sanitario	30
Figura 3: Relleno Sanitario en áreas	32
Figura 4: Ejecución del relleno sanitario en área	32
Figura 5: Disposición de zanjas o trincheras.....	33
Figura 6: Abertura de una zanja	34
Figura 7: Relleno sanitario en zanjas en operación.....	34
Figura 8: Detalle del relleno sanitario en zanjas finalizado	34
Figura 9: Relleno Sanitario en rampas	35
Figura 10: Mapa del Paraguay	42
Figura 11: Ubicación Neuland	43
Figura 12: Organigrama de la Asociación Colonia Neuland.....	45
Figura 13: Generación de residuos per cápita	47
Figura 14: Vertedero a cielo abierto Mull Deponie - Neuland.....	49
Figura 15: Área del terreno destinado a la quema de residuos.....	49
Figura 16: Distancia desde el centro de la ciudad de Neuland al Vertedero	50
Figura 17: Ubicación Vertedero Neuland	50
Figura 18: Disposición de cubiertas	51
Figura 19: Línea de tendencia poblacional según ecuación exponencial	53
Figura 20: Línea de tendencia poblacional según ecuación lineal	53
Figura 21: Línea de tendencia poblacional según ecuación logarítmica.....	54
Figura 22: Línea de tendencia poblacional según ecuación polinómica	54
Figura 23: Crecimiento poblacional en Neuland Años 2000-2040	55
Figura 24: Dimensionamiento de la zanja.....	58
Figura 25: Esquema del relleno sanitario en zanjas en ejecución	61
Figura 26: Vista general del relleno sanitario en zanjas.....	62
Figura 27: Abertura de zanjas, con acúmulo de tierra en uno de los lados	65
Figura 28: Residuos descargados en la zanja	66
Figura 29: Ejecución de la camada de cobertura diaria.....	67
Figura 30: Ejecución de la camada de cobertura final de la zanja	68

SUMÁRIO

RESUMEN.....	9
RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
SUMÁRIO	17
1 INTRODUCCIÓN	19
2 OBJETIVO.....	21
2.1 Objetivo General	21
2.2 Objetivos Específicos.....	21
3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	23
3.1 Residuos sólidos.....	23
3.1.1 Tipos de Residuos Sólidos en cuanto a su origen.....	23
3.1.2 Clasificación de los Residuos Sólidos según la peligrosidad.....	24
3.1.3 Caracterización de Residuos Sólidos	25
3.2 Residuos Domiciliares.....	25
3.3 Colecta y Transporte de Residuos Sólidos Domiciliares	26
3.3.1 Colecta Selectiva	26
3.3.2 Frecuencias de la colecta domiciliar	27
3.3.3 Barrido.....	27
3.4 Reutilización	28
3.5 Reciclaje.....	28
3.6 Tratamiento y disposición final de residuos.....	28
3.6.1 Vertedero a cielo abierto (basural)	28
3.6.2 Relleno Sanitario	29
3.6.3 Compostaje.....	36
3.6.4 Incineración.....	36
3.7 Legislación relacionada a la disposición final de residuos.....	37
4 MATERIALES Y MÉTODOS	41
4.1 Situación de los Residuos en Paraguay	41
4.2 Área de Estudio: Neuland	41
4.2.1 Ubicación	41
4.2.2 Geografía.....	43
4.2.3 Clima	43

4.2.4	Precipitación anual	43
4.2.5	Viento	44
4.2.6	Economía.....	44
4.2.7	Estructura Administrativa	44
4.3	Visita a la Colonia Neuland	45
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
5.1	Diagnóstico: Situación de Residuos sólidos en Neuland	47
5.1.1	Cantidad Generada (Ton)	47
5.1.2	Recolección	47
5.1.3	Transporte.....	48
5.1.4	Destinación final	48
5.2	Propuesta de disposición final de residuos sólidos	51
5.2.1	Relleno Sanitario en Zanjas.....	52
5.2.2	Propuesta de disposición final de neumáticos	72
5.3	Análisis y Consideraciones	74
6	CONCLUSIÓN	77
	REFERENCIAS	79

1 INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos es una tarea compleja que se ha convertido en un problema común en los países en vías de desarrollo debido a múltiples factores, como crecimiento de la población, cantidad cada vez mayor de residuos generados, baja calidad del servicio de aseo urbano y debilidad institucional, poca educación sanitaria y participación ciudadana. Lo anterior se refleja en la falta de limpieza en las áreas públicas, la recuperación de residuos en las calles, el incremento de las actividades informales, la descarga de los residuos a los cursos de agua o su abandono en vertederos a cielo abierto y la presencia de personas en estos sitios en condiciones infráhumanas (Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2030 Paraguay).

Cuando se habla de gestión de residuos sólidos se está hablando del conjunto de acciones dirigidas a la búsqueda de soluciones para los residuos sólidos, de forma a considerar las dimensiones política, económica, ambiental, cultural y social con control social y bajo la premisa del desarrollo sustentable. En cuanto al gerenciamiento constituyen el conjunto de acciones ejercidas, en las etapas de colecta, transporte, transbordo, tratamiento y disposición final ambientalmente adecuada de los residuos sólidos de acuerdo con el Plano Municipal de Gestión Integrada y con el Plano de Gerenciamiento de los residuos sólidos (Política Nacional de Residuos Sólidos de Brasil - PNRS).

La gestión y manejo de residuos sólidos es un tema poco abarcado en el Paraguay, por lo general las autoridades al frente de los municipios no se enfocan en priorizar las cuestiones relacionadas a la generación, manipulación y destinación de los mismos, lo cual repercute en la concepción de grandes problemáticas ambientales.

Como subproducto de las actividades del hombre, la basura merece atención especial. Los malos olores, la degradación y la contaminación, causados por la disposición inadecuada de residuos provocan consecuencias ambientales, enfermedades, accidentes e inclusive trastornos en la población.

El presente trabajo está enfocado en la disposición ambientalmente adecuada de residuos sólidos para la Colonia Neuland de Paraguay. El relevamiento de informaciones junto con la caracterización del área en estudio y el diagnóstico del gerenciamiento en curso de los residuos sólidos constituye parte fundamental para la determinación del tipo de sistema que debe ser adoptado.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta de predimensionamiento de un relleno sanitario en zanjas para disposición final ambientalmente adecuada de residuos domiciliarios para la Colonia Neuland – Paraguay.

2.2 Objetivos Específicos

- 1- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la Colonia Neuland - Paraguay con respecto al gerenciamiento y disposición de residuos sólidos domiciliarios.
- 2- Proponer acciones a partir del diagnóstico realizado.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Residuos sólidos

Generalmente se define a la Basura “como un conjunto de residuos sólidos, resultantes de las actividades diarias del hombre en la sociedad y de los animales domésticos” (FONSECA, 2001, p.6).

Philippi Jr (1999, p.16) menciona que “cualquier mezcla de materiales o restos de estos, oriundos de los más diversos tipos de actividades humanas que son descartados por no presentar utilidad a la sociedad es considerado como Residuo Sólido”

Residuos sólidos son todos los residuos que surgen de las actividades humanas y animales, y que se desechan como inútiles o indeseados. Por sus propiedades intrínsecas, los materiales de los residuos desechados a menudo son reutilizados y se pueden considerar como un recurso en otro marco. (TCHOBANOGLOUS; THEISEN; VIGIL, 1998).

Lima (2002) define a los residuos sólidos como materiales heterogéneos (inertes, minerales y orgánicos) resultantes de las actividades humanas y de la naturaleza, los cuales pueden ser parcialmente utilizados, generando protección a la salud pública y economía de recursos naturales. Los residuos sólidos constituyen problemas sanitarios, económicos y estéticos.

La Ley Nacional No 3.956/09 de la “Gestión integral de los residuos sólidos en la República del Paraguay” define que un residuo es todo material resultante de los procesos de producción, transformación y utilización, que sea susceptible de ser tratado, reutilizado, reciclado o recuperado, en las condiciones tecnológicas y económicas del momento, por la extracción de su parte reutilizable (Paraguay 2009).

3.1.1 Tipos de Residuos Sólidos en cuanto a su origen

La Ley Nº 12.305/10 de la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) de Brasil clasifica los residuos sólidos en cuanto a su origen según:

- a) Residuos domiciliares: los originarios de las actividades domésticas en residencias urbanas.
- b) Residuos de limpieza urbana: los originarios del barrido, limpieza de calles y vías públicas y otros servicios de limpieza urbana.
- c) Residuos sólidos urbanos: engloban las líneas a) y b)
- d) Residuos de establecimientos comerciales y prestadores de servicios: los generados en dichas actividades, exceptuados los contemplados en los apartados "b", "e", "g", "h" y "j"
- e) Residuos de los servicios públicos de saneamiento básico: los generados en esas actividades, exceptuados los referidos en la letra c)
- f) Residuos industriales: los generados en los procesos productivos e instalaciones industriales.
- g) Residuos de servicios de salud: los generados en los servicios de salud, conforme definido en reglamento o en normas establecidas por los órganos del Sisnama y del SNVS.
- h) Residuos de la construcción civil: los generados en las construcciones, reformas, reparaciones y demoliciones de obras de construcción civil, incluidos los resultantes de la preparación y excavación de terrenos para obras civiles.
- i) Residuos agrosilvopastoril: los generados en las actividades agropecuarias y silvícolas, incluidos los relacionados con insumos utilizados en esas actividades.
- j) Residuos de servicios de transporte: los originarios de puertos, aeropuertos, terminales de aduanas, carreteras y ferrocarriles y pasos fronterizos.
- k) Residuos de minería: los generados en la actividad de investigación, extracción o transformación de minerales.

3.1.2 Clasificación de los Residuos Sólidos según la peligrosidad

La Norma Técnica Brasilera NBR 10.004 – Residuos Sólidos: Clasificación (ABNT, 2004) – establece tres categorías de residuos de acuerdo con el peligro que constituye:

- Residuos peligrosos: tienen características que constituyen riesgos graves para el medio ambiente y la salud pública. Pueden ser tóxicos, corrosivos, radioactivos, patogénicos, inflamables.
- Residuos no peligrosos: no presentan características que constituyan un peligro, pudiendo ser dividido en:

1. Residuos inertes: cuando en contacto con el agua en la prueba de solubilización realizada de acuerdo con la NBR 10.006 resultan en material solubilizado con características potables, exceptuando color, turbidez, dureza, y sabor.
2. Residuos no inertes: todos los que no presentan características de peligrosidad ni satisfacen la prueba de residuos inertes. Se incluyen aquí los residuos sólidos domiciliarios y otros combustibles o biodegradables como madera, papel, y podas de jardín.

3.1.3 Caracterización de Residuos Sólidos

Las características de los residuos sólidos determinan la clasificación de los residuos y consecuentemente la forma de manoseo y operación. La caracterización es una de las actividades iniciales en cualquier trabajo de gerenciamiento de residuos sólidos. A continuación se citan algunas de las características importantes, según PHILIPPI JR, 2018:

- Densidad aparente, medida en unidad de masa por unidad de volumen.
- Humedad, en porcentaje de masa.
- Composición cualitativa que corresponde a la lista de los materiales y sustancias de interés presentes en los residuos.
- Composición cuantitativa, que corresponde a la cantidad porcentual de los materiales o a la cantidad de masa/masa de sustancias de interés.
- Caracterización química, que corresponde a la cuantificación de los elementos químicos presentes o al comportamiento del residuo sometido a pruebas químicas específicas como lixiviación, solubilización y combustión.

3.2 Residuos Domiciliares

Los residuos domiciliares, también llamados residenciales o domésticos, son los residuos generados en las actividades diarias en las casas, departamentos, condominios y demás edificaciones residenciales.

Los residuos domiciliares tienen como componentes principales a los restos de comidas y/o alimentos, papel, cartón, vidrios, plásticos, metales, textiles, maderas, huesos y material inerte como polvo, tierra, etc. Actualmente, por la introducción de nuevos productos en la vida moderna, los residuos domiciliares pueden constituir, en algunos casos, una amenaza para la integridad del medio ambiente así como ocasionar problemas de salud en las personas. Otro

aspecto de caracterización de este tipo de residuos se refiere a la presencia de microorganismos que generan riesgos también para la salud humana por la transmisión de enfermedades infecciosas (FERREIRA, 2000, p.23).

3.3 Colecta y Transporte de Residuos Sólidos Domiciliarios

Colectar los residuos significa recoger la basura acondicionada por quien lo produce para enviarlo, por medio de un transporte adecuado, a una posible estación de transferencia para un posible tratamiento y disposición final. Se realiza en busca de evitar problemas de salud que pueda ser generado por los mismos. La colecta de residuos puede ser hecha de forma unificada o con segregación de materiales; la primera mencionada tiene la ventaja de ser más barata y más simple de gerenciar, por lo que es la forma común de colecta. Generalmente la colecta de residuos domiciliarios es realizado por el órgano municipal encargado de la limpieza urbana. Para este servicio pueden ser usados recursos propios de la Municipalidad o bien empresas tercerizadas. La colecta puede ser realizada tanto en el periodo diurno como en el periodo nocturno dependiendo de diversos factores (PENIDO et al, 2001, p.61).

3.3.1 Colecta Selectiva

La colecta selectiva consiste en la separación de los componentes que pueden ser recuperados mediante un acondicionamiento diferente para cada componente. Para la realización de colecta selectiva el ciudadano debe cooperar y ser consciente de las ventajas que conlleva realizar la separación de residuos, además debe existir un mercado para los residuos reciclables. La separación de los materiales puede realizarse en la propia fuente generadora, es decir, los integrantes de los hogares dejan la basura ya separada para retiro del camión transportador o bien se realiza la separación en centros de selección después de la colecta normal y transporte (CAMPOS; BRAGA; CARVALHO, 2002, p.43).

Otra forma de colecta selectiva es la entrega voluntaria realizada por los ciudadanos en puestos específicos, llamados Puestos de Entrega Voluntaria (PEVs) localizados en áreas predeterminadas donde se instalan contenedores de colores diferenciados para que la ciudadanía deposite los residuos ya separados (Mansor et al, 2010).

Figura 1: Puesto de entrega voluntaria (PEVs)



Fuente: Fotografía propia tomada en São Carlos, 2018.

3.3.2 Frecuencias de la colecta domiciliar

La frecuencia de la colecta de residuos domiciliares es el tiempo que transcurre entre dos colectas consecutivas de un mismo local o una misma zona. La frecuencia debe ser definida en función del costo y de la acumulación de residuos. Cuanto mayor sea la frecuencia mayor será el costo y cuanto menor sea la frecuencia, mayor será la acumulación de los residuos en los domicilios, lo que causa malos olores y proliferación de vectores (PHILIPPI JR, 2018, p.336).

3.3.3 Barrido

La colecta de residuos de las rutas y lugares públicos (plazas, playas, parques) puede ser hecha manual o mecánicamente. Esto se realiza con el objetivo de minimizar los riesgos de la salud pública, mantener la ciudad limpia y prevenir inundaciones de ríos. Para realizar el barrido deben establecerse sectores de la ciudad y sus respectivas frecuencias, planificar el número de servidores y equipamientos necesarios y la productividad esperada. Cabe destacar que limpiar una ruta no significa mantener una ruta permanentemente limpia, esto depende de la concientización y educación de la población (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS DO ESTADO DE SAO PAULO S.A. – IPT, p. 71).

3.4 Reutilización

La reutilización consiste en el uso directo del residuo como producto, es decir, es el aprovechamiento del material en las condiciones en que el mismo fue descartado sin someterlo a algún tratamiento, exigiendo apenas operaciones de limpieza, colocación de etiquetas, entre otros (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMIENTO BÁSICO – PROSAB, 1999, p.16).

3.5 Reciclaje

Es el proceso de transformación de materiales, previamente separados, de forma a posibilitar su recuperación; en este proceso de transformación los residuos retornan al sistema productivo como materia prima modificando así sus características físico- químicas y convirtiéndolos en nuevos productos. Uno de los factores que incentivan el reciclaje es la posibilidad de minimización de residuos. Cuando los residuos son depositados en rellenos sanitarios, el reciclaje contribuye en la reducción del volumen enterrado y con ello se aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios. Desde el punto de vista económico, el reciclaje proporciona menores costos de gerenciamiento de residuos con menores inversiones en instalaciones de tratamiento y disposición final, además de promover la creación de empleos. Socialmente, posibilita la participación de la población en el proceso de separación concientizando a cada ciudadano de la responsabilidad propia ante los problemas ambientales (PIVA; WIEBECK, 2011, p.61).

3.6 Tratamiento y disposición final de residuos

3.6.1 Vertedero a cielo abierto (basural)

Es una forma de disposición final de residuos sólidos urbanos en la cual estos son simplemente descargados sobre el suelo sin medidas de protección al medio ambiente o a la salud pública. Esta forma de disposición facilita la proliferación de vectores (moscas, mosquitos, baratos, ratos), generación de malos olores, polución de aguas superficiales y subterráneas por el lixiviado – mistura de chorume (líquido de olor desagradable y de color oscura), generado por la degradación de materia orgánica, con el agua de lluvia – además de no posibilitar el control de los residuos que son encaminados para el local de disposición. Se considera la peor forma de disposición de residuos sólidos (BIDONE; POVINELLI, 1999, p.17).

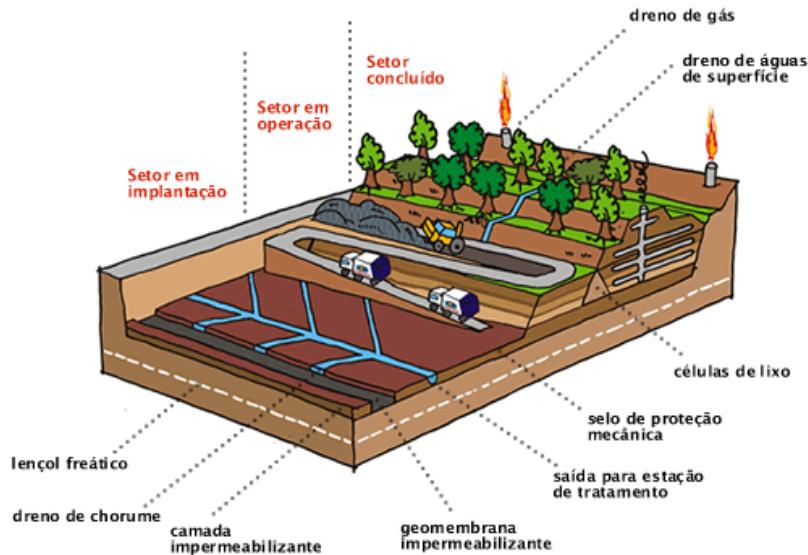
3.6.2 Relleno Sanitario

Según la Compañía de Tecnología y Saneamiento Ambiental - CETESB, el relleno sanitario es definido como un proceso utilizado para la disposición de residuos sólidos en el suelo, particularmente residuos domiciliares, que fundamentado en criterios de ingeniería y normas operacionales específicas, permite una confinación segura, en términos de control de la polución y protección ambiental.

El relleno sanitario es, básicamente, una forma de disposición de residuos en el suelo, compactándolos por medio de un tractor y recubriendolos diariamente con tierra también compactada. Los métodos de construcción y las respectivas secuencias de operación de un relleno sanitario son determinados de acuerdo con la topografía del terreno seleccionado para la implementación del relleno, del yacimiento con material adecuado para la cobertura, además se debe tener en cuenta la profundidad y capa freática (LIMA, 2002, p.200).

Con la implementación de aterros sanitarios, la destinación de los residuos es adecuada, además se limita la proliferación de vectores perjudiciales para la salud del hombre. Con este método de disposición se tiene una gran capacidad de absorción de cantidad diaria de residuos, las condiciones están dadas para la descomposición biológica de la materia orgánica presente en los residuos y no se requiere de personal altamente calificado para las operaciones (LIMA, 1985, p.47).

Figura 2: Relleno Sanitario



Fuente: LIMA, 2002.

Mansor et al (2010) mencionan los siguientes sistemas como parte fundamental de un relleno sanitario:

- Sistema de impermeabilización: elemento de protección ambiental del relleno sanitario destinado a aislar los residuos del suelo natural subyacente, de manera a minimizar la percolación de lixiviados y de biogás.
- Sistema de drenaje de lixiviados: conjunto de estructuras que tiene por objetivo posibilitar la remoción controlada de los líquidos generados en el interior del relleno sanitario. Este sistema es constituido por redes de drenaje horizontales, situados en las bases o entre las capas de residuos del relleno.
- Sistema de tratamiento de lixiviados: instalaciones y estructuras destinadas a la atenuación de las características de los líquidos percolados de los rellenos sanitarios que pueden ser perjudiciales al medio ambiente o a la salud pública.

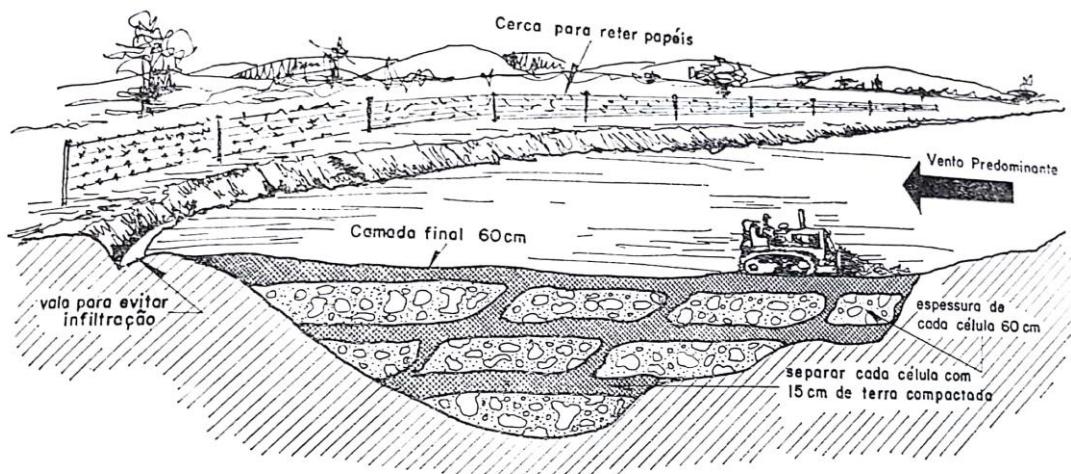
- Sistema de drenaje de gases: estructura que tiene por objetivo posibilitar la remoción controlada de los gases generados en el interior de los rellenos sanitarios como consecuencia de los procesos de descomposición de los materiales biodegradables presentes en los residuos.
- Sistema de tratamiento de gases: instalaciones y estructuras destinadas a la quema en condiciones controladas de los gases drenados de los rellenos sanitarios, pudiendo o no resultar en el aprovechamiento de la energía térmica obtenida de ese proceso.
- Sistema de drenaje de aguas pluviales: conjunto de canaletas, revestidas o no, localizadas en diversas regiones de los rellenos, que tiene como objetivo captar y conducir de forma controlada las aguas de lluvia precipitadas sobre las áreas rellenadas o en su entorno.
- Sistema de cobertura operacional y definitiva: camada de material terroso aplicada sobre los residuos compactados destinada a dificultar la infiltración de las aguas de lluvia, el esparcimiento de materiales ligeros por la acción del viento, la presencia de catadores y animales así como la proliferación de vectores.
- Sistema de monitoreo: estructuras y procedimientos que tienen por objetivo la evaluación sistemática y temporal del comportamiento de los rellenos, así como su influencia en los recursos naturales existentes en su área de influencia pudiendo consistir en sistemas de monitoreo de aguas subterráneas, de aguas superficiales y sistema de monitoreo geotécnico.
- Sistema de aislamiento físico: dispositivos que tienen por objetivo controlar el acceso a las instalaciones de los rellenos sanitarios evitando así la interferencia de personas y animales en la operación y realización de descargas de residuos.
- Sistema de aislamiento visual: dispositivos que tienen por objetivo dificultar la fácil visualización del relleno y sus instalaciones, así como disminuir ruidos, polvos y malos olores en el entorno del local.
- Sistema de tratamiento de líquidos percolados: el chorume generado en la descomposición de los residuos debe ser colectado y tratado para que pueda ser lanzado en el cuerpo receptor.

3.6.2.1 Métodos de rellenos sanitarios

3.6.2.1.1 Relleno sanitario en Áreas

En este método, el relleno sanitario es ejecutado sobre el terreno, normalmente por ser superficial la capa freática; es indicado para regiones bajas y pantanosas. La topografía local permite el recibimiento y/o confinamiento de los residuos sólidos sin la alteración de su configuración natural. En estas áreas los residuos son descargados y compactados formando una elevación tronco- piramidal, que recibe el recubrimiento con el suelo al final de la operación en el día (BIDONE; POVINELLI, 1999, p.29).

Figura 3: Relleno Sanitario en áreas



Fuente: IBAM, 1973.

Figura 4: Ejecución del relleno sanitario en área

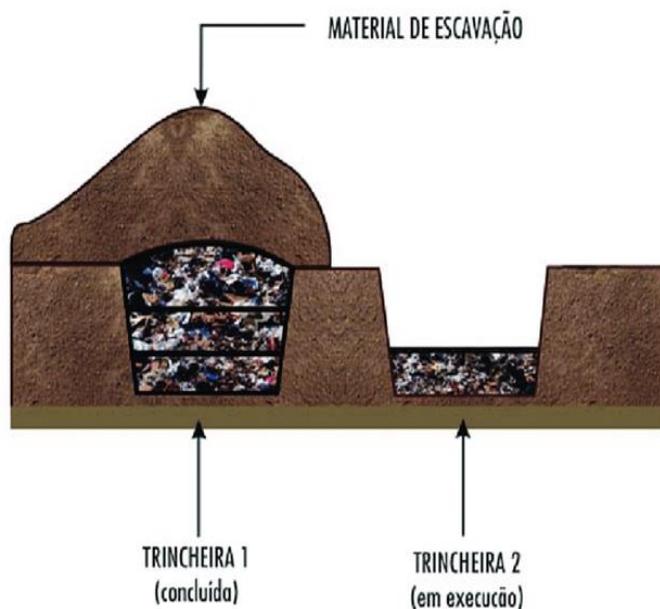


Fuente: BIDONE; POVINELLI, 1999.

3.6.2.1.2 Relleno Sanitario en Valas (trincheras o zanjas)

Este método es indicado para terrenos planos o de declividad suave. En las ciudades donde la producción de basuras fuera pequeña, los residuos sólidos podrían ser dispuestos en valas (zanjas) abiertas por medio de retroexcavadora o tractor. Las dimensiones de la zanja, largo, ancho y profundidad deben ser proporcionales a la cantidad de residuos a ser depositada. La tierra retirada de la excavación debe quedar amontonada cercana a la zanja para usarlo posteriormente en la cobertura diaria de estos residuos. Los vehículos de colecta depositan los residuos directamente en el interior de la zanja y al final del día se cubre con parte de la tierra retirada de la misma haciendo una compactación. Para el caso de comunidades muy pequeñas la operación de cobertura definida puede ser hecha a cada 48 horas siempre que al final del primer día se haga una cobertura superficial. Con esta forma de disposición de residuos, siempre sobra tierra, la cual puede ser utilizada entonces para otros fines como tapar agujeros de carreteras, calles y nivelar terrenos (FONSECA, 2001, p.122).

Figura 5: Disposición de zanjas o trincheras



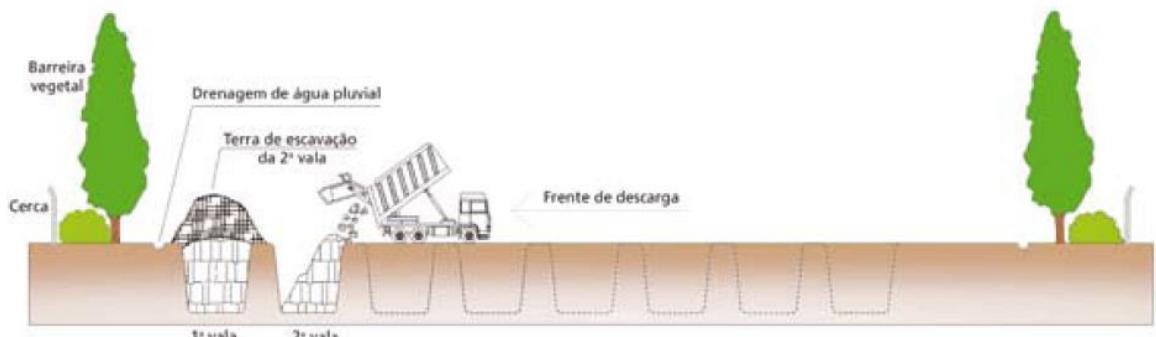
Fuente: LIMA, 2002

Figura 6: Abertura de una zanja



Fuente: Prefeitura Municipal de Euclides da Cunha, 2017.

Figura 7: Relleno sanitario en zanjas en operación



Fuente: CETESB, 2010.

Figura 8: Detalle del relleno sanitario en zanjas finalizado

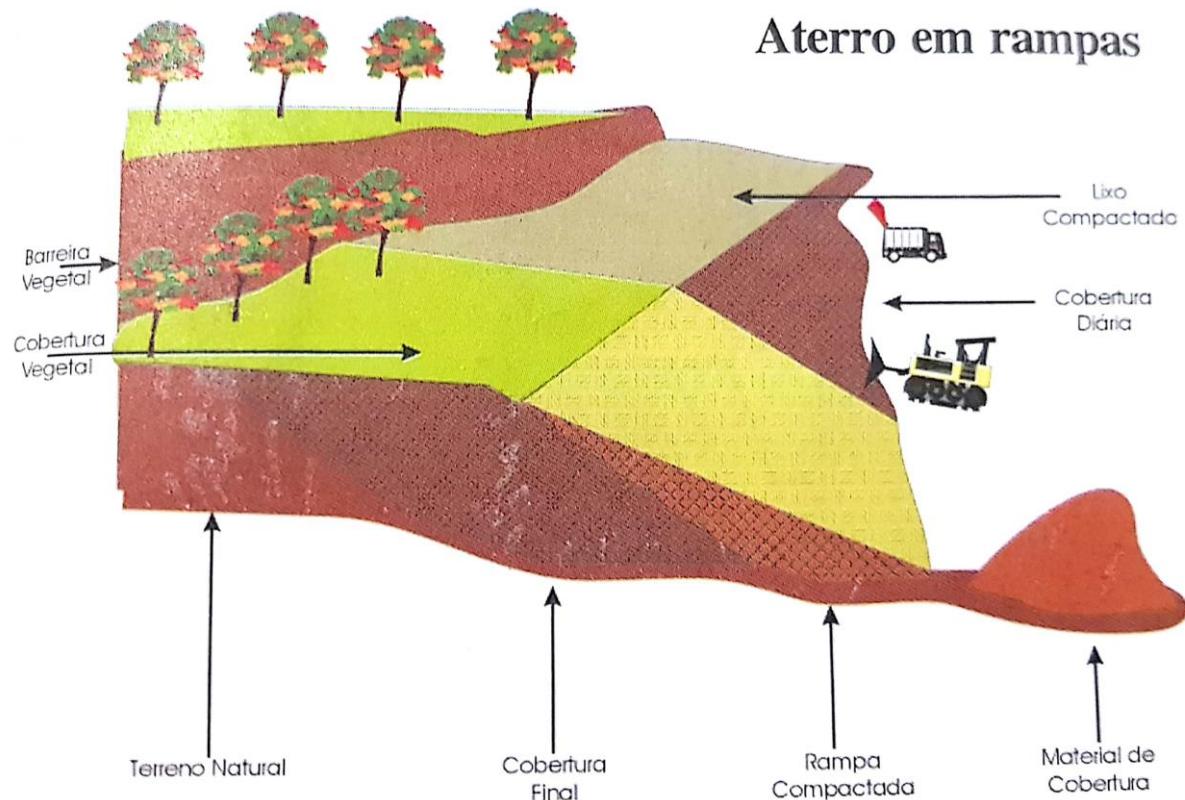


Fuente: CETESB, 2010.

3.6.2.1.3 Relleno sanitario en Rampa

En el método de rampa se utiliza terreno con pendiente, donde la basura va siendo depositada siguiendo la declividad existente, haciendo el recubrimiento necesario al final de cada día y así se prosigue hasta que la celda en construcción queda en el mismo plano de la cima de la pendiente en la parte superior y lateralmente continua todavía en forma de rampa. Esta operación continúa hasta ocupar toda la zona elegida resultando finalmente en un área plana que podrá en el futuro ser utilizada para jardines públicos, plazas de deportes y parques (LIMA, 2002, p.202).

Figura 9: Relleno Sanitario en rampas



Fuente: LIMA, 2002

3.6.3 Compostaje

El compostaje, un proceso biológico de descomposición controlada de materia orgánica contenida en restos de origen animal o vegetal, produce un compuesto, útil para mejorar las propiedades físicas del suelo, además de tener propiedades fertilizantes (NAUMOFF; PERES, 2000).

Según Mansor et al (2010), existen dos métodos de compostaje:

- 1) el método natural consiste en hacer pasar el material residual, constituido fundamentalmente por materia orgánica, por un equipamiento como ser tamiz o molino, para la reducción del tamaño de las partículas; luego el material es colocado en montes o leñas en un patio de curación. En este patio las leñas son periódicamente revueltas donde se debe verificar la aireación, controlar la temperatura, pH y humedad hasta alcanzar la estabilización biológica de la materia orgánica que ocurre después de 90 a 120 días.
- 2) el método llamado acelerado, difiere del método natural por poseer, además de una mesa de clasificación, un biodigestor que actúa como un acelerador de la degradación de la materia orgánica. Los materiales residuales de la clasificación permanecen en el biodigestor por un periodo de 2 a 3 días en ambiente aeróbico que acelera la estabilización; luego son encaminados a un patio de curación donde ocurre la finalización del proceso en un plazo de 30 a 60 días (MANSOR et al, 2010, p.44).

3.6.4 Incineración

Este método de disposición final consiste en la quema de residuos en hornos especialmente proyectados, con la finalidad de transformarlos en material estable e inofensivo, reduciendo al mismo tiempo su peso y volumen.

Desde el punto de vista higiénico – sanitario y en el caso de que fueran tomados todos los cuidados necesarios para evitar la polución del aire, se considera a este método como el más efectivo y probablemente el más caro (INSTITUTO BRASILERO DE ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL – IBAM, 1973).

3.7 Legislación relacionada a la disposición final de residuos

En Paraguay, la gestión de los residuos sólidos urbanos, por ley es de responsabilidad y competencia estrictamente municipal, la misma tiene el deber y compromiso de recolectar y transportar todos los residuos producidos por la comunidad, dándole un tratamiento y destino final adecuado, que asegure la salud y el bienestar de la población, así como la protección del ambiente.

Principales disposiciones que regulan al sector:

- La Constitución Nacional en el Artículo 8º hace mención del delito ecológico y la protección del medio ambiente.
- La Ley Orgánica Municipal 1294/87 en el Artículo N° 18 establece como función municipal la regulación y prestación de servicios de aseo y especialmente la recolección y disposición de residuos.
- La Ley 1561/00 que crea el Sistema Nacional del Ambiente, el Consejo Nacional del Ambiente y la Secretaría del Ambiente; quien adquiere el carácter de autoridad de aplicación de las leyes ambientales, en coordinación con las demás autoridades competentes en las leyes: N° 369/72 “SENASA”, N° 836/80 “Código Sanitario”.
- La Ley N° 836/80 del “Código Sanitario” se refiere al control de la calidad del ambiente, como un medio de proteger la Salud y el Bienestar de la población del Paraguay.
- Resolución N° 548/96 del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, por el cual se establecen Normas Técnicas que reglamenta el manejo de los desechos sólidos.
- La Ley N° 716/96 sanciona los delitos contra el medio ambiente, en la que se abordan cuestiones relacionadas al manejo de distintos tipos de residuos.
- La Ley N° 294/93 que establece la obligatoriedad del Estudio de Impacto Ambiental en proyectos.
- La Ley 1160/97 Código Penal, Artículo N° 200 que habla del procesamiento ilícito de los desechos.
- Ley N° 3.966/10 – Orgánica municipal, en su artículo 12, lista las funciones municipales en el ámbito de su territorio, recalando que son sujetas a las posibilidades presupuestarias. Entre sus funciones en materia de infraestructura pública y servicios, cita: “e) la regulación y prestación de servicios de aseo, de recolección, disposición y tratamiento de residuos del municipio.” En el art. 15, cita las potestades de la

municipalidad, las cuales son: “c) establecer los montos de las tasas creadas por ley, no pudiendo superar los costos de los servicios efectivamente prestados;” y “f) contratar obras, servicios y suministros; y otorgar concesiones, permisos y autorizaciones”. El inciso c implica que no puede aplicar tarifas por el servicio de recolección, disposición y tratamiento de residuos, superiores al costo de los servicios. El inciso f permite realizar una concesión para la prestación de estos servicios.

- La Secretaría del Ambiente es declarada la Autoridad de Aplicación por la Ley N° 1.561/00 y está reglamentada por el Decreto N° 453/13.
- Ley N° 3.956/09 – Gestión Integral de los Residuos Sólidos de la República del Paraguay, en el artículo 1, define como su objeto principal el establecimiento y aplicación de un régimen jurídico a la producción y gestión responsable de los residuos sólidos, cuyo contenido normativo y utilidad práctica deberá generar la reducción de los mismos, al mínimo, y evitar situaciones de riesgo para la salud humana y la calidad ambiental. En el artículo 2, establece sus objetivos, siendo éstos: “a) garantizar que los residuos sólidos se gestionen sin poner en peligro la salud y el ambiente, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos; b) priorizar la reducción de la cantidad de residuos sólidos, así como evitar el peligro que puedan causar a la salud y al ambiente; c) promover la implementación de instrumentos de planificación, inspección y control, que favorezcan la seguridad y eficiencia de las actividades de gestión integral de los residuos sólidos; d) asegurar a los ciudadanos el acceso a la información sobre la acción pública en materia de gestión integral de los residuos sólidos, promoviendo su participación en el desarrollo de las acciones previstas, y; e) mejorar el ambiente y la calidad de vida, con disposiciones eficientes en cuanto a la seguridad sanitaria.”
- Ley N° 4.188 – Que modifica la Ley N° 3.956/09 de Gestión Integral de los Residuos Sólidos de la República del Paraguay, establece a la Secretaría del Ambiente como Autoridad de Aplicación de la Ley N° 3.956/09 de Gestión Integral de los Residuos Sólidos de la República del Paraguay.
- Resolución N° 282/04 – Por la cual se implementan los criterios para la selección de áreas para la disposición de residuos sólidos. Esta Resolución identifica todos los criterios que serán tenidos en cuenta por la Autoridad de Aplicación para la selección de sitios aptos para la correcta eliminación de residuos sólidos urbanos, siendo estos criterios: geográficos, técnicos, económicos-financieros y político-sociales.

- Resolución N° 750/02 – Por la cual se aprueba el reglamento referente al manejo de los residuos sólidos urbanos peligrosos biológicos – infecciosos, industriales y afines. Esta Resolución determina a la SENASA como Autoridad de Aplicación en lo relativo a la disposición de los residuos sólidos urbanos peligrosos.
- Decreto N° 453/13 – Por el cual se reglamenta la Ley N° 294/93 de Evaluación de Impacto Ambiental. En su artículo 2, especifica las obras y actividades mencionadas por la Ley N° 294/93 y que requieren de una Declaración de Impacto Ambiental, abarcando como obras o actividades de recolección, tratamiento, y disposición final de residuos urbanos e industriales, las siguientes: “Plantas de tratamiento de residuos urbanos, plantas de transferencia de residuos urbanos, hospitalarios y/o infecciosos e industriales y los procesos de incineración; Plantas de reciclaje de residuos urbanos; Plantas de tratamiento, utilización o eliminación de sustancias o residuos peligrosos, y; Vertederos.”

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Situación de los Residuos en Paraguay

A continuación se expone la situación del Paraguay, en cuanto a Residuos sólidos, según el Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2030 elaborado por la Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social.

La gestión integral de residuos sólidos implica el control de generación, separación, almacenamiento, tratamiento y disposición de los residuos sólidos urbanos (RSU) de forma que armonice con los principios económicos, sociales y ambientales. La escasa coordinación efectiva en la formulación de planes, programas y proyectos de nivel nacional, departamental y municipal, con la debida armonización y compatibilización entre ellos, es una de las causas de la persistencia de problemas organizacionales, técnicos y operativos para resolver sanitaria y ambientalmente la problemática de los residuos sólidos.

La tasa promedio de generación de residuos sólidos urbanos en Paraguay es de alrededor de 1,2 kg/persona/día, variando entre 0,5 y 1,5 kg/persona/día. En el Departamento Central se estima que se está generando alrededor de 2.000 tn/día en las poblaciones urbanas (TABARES; LIMA; MERLO, 2004).

4.2 Área de Estudio: Neuland

4.2.1 Ubicación

La Colonia Neuland es una propiedad correspondiente a la Cooperativa Neuland Ltda. situada en el centro del Chaco Paraguayo, a unos 450 km al noroeste de Asunción. Específicamente está ubicada en el Distrito de Mariscal Estigarribia, Departamento de Boquerón Finca 2108, Padrón 586. Neuland se encuentra en la Región Occidental del país, próxima a Filadelfia, la capital del Departamento de Boquerón, y no lejos del vecindario del Departamento Presidente Hayes. Posee una superficie de 266 km². Cuenta con una población aproximada de 3746 habitantes, donde el 70% son jóvenes en edad laboral.

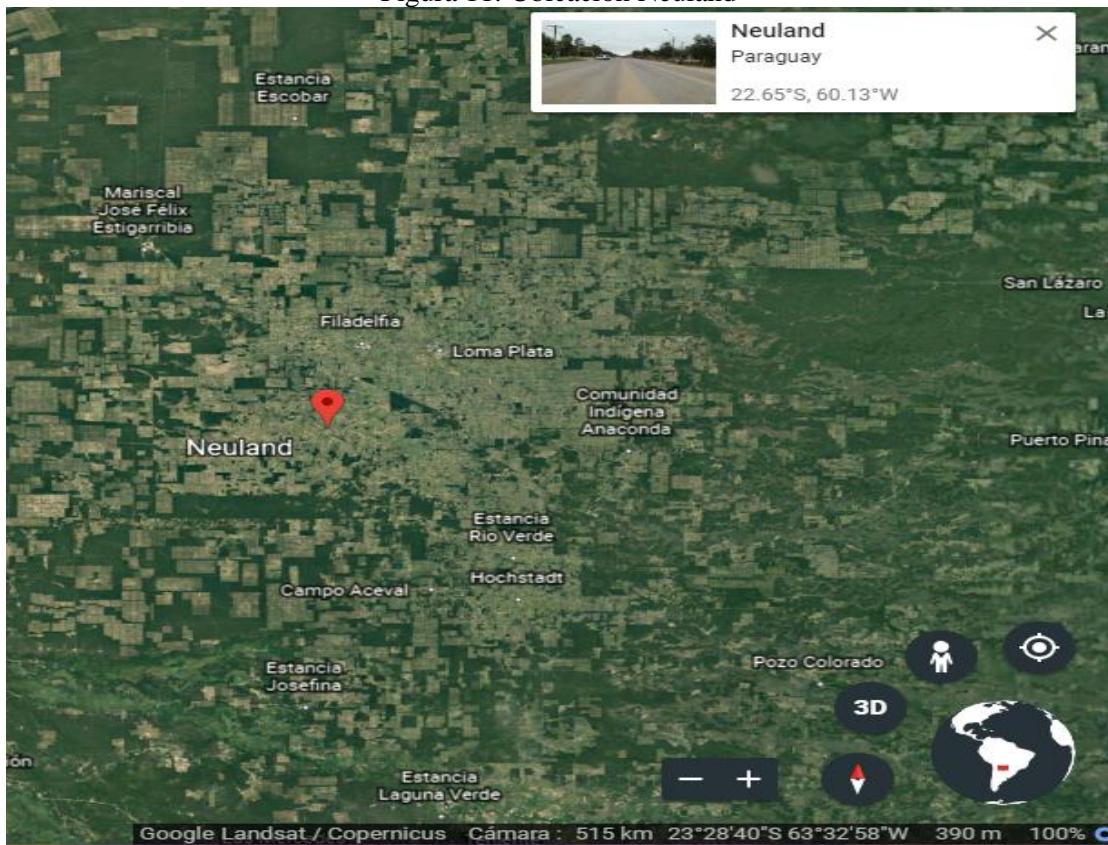
Neuland significa “Tierra Nueva” en alemán y es una buena descripción de lo que era este lugar en el Chaco Paraguayo para los pioneros cuando llegaron a Paraguay en 1947. Fueron un grupo de personas que huyeron del régimen comunista ruso y llegaron a Paraguay después de quedarse algunos años en Alemania. Fundaron así esta colonia menonita en el Chaco. Dos años más tarde, en 1949, fue constituida la Cooperativa Multiactiva Neuland Ltda. por los colonos residentes.

Figura 10: Mapa del Paraguay



Fuente: Ministerio de Relaciones exteriores – Paraguay

Figura 11: Ubicación Neuland



Fuente: Google Earth.

4.2.2 Geografía

Llanura que no sobrepasa los 300 m sobre el nivel del mar. Existen ondulaciones esporádicas y las tierras son fértiles para la agricultura y la ganadería.

4.2.3 Clima

El clima es tropical continental, con una máxima de 45°C en verano, y una mínima de 9°C en invierno. La media es de 25°C. Se presentan largas sequías seguidas de torrenciales lluvias.

4.2.4 Precipitación anual

La lluvia puede variar de un año a otro en forma muy importante, pero también existen períodos conformados por un conjunto de años que pueden ser lluviosos o pueden ser secos. La lluvia anual en la Colonia Neuland es de 874mm y existen ciclos húmedos y secos.

4.2.5 Viento

El viento es producto de la circulación atmosférica en la región, en superficie el Chaco Central está afectada por la circulación del anticiclón subtropical de Océano Atlántico Sur y por las bajas térmicas que se forman en el noroeste argentino y sobre el Chaco, estos sistemas de presión actúan acelerando el viento norte sobre el Chaco Central, mientras que los anticiclones fríos subpolares actúan fundamentalmente durante el invierno y su presencia es sensible porque producen vientos fríos y secos del sur. Entre el invierno y la primavera actúan fortaleciendo la baja térmica del Chaco, esta situación acelera el viento norte durante ese periodo, en consecuencia durante los meses de agosto, setiembre y octubre se observan vientos de mayor intensidad en el centro del Chaco.

4.2.6 Economía

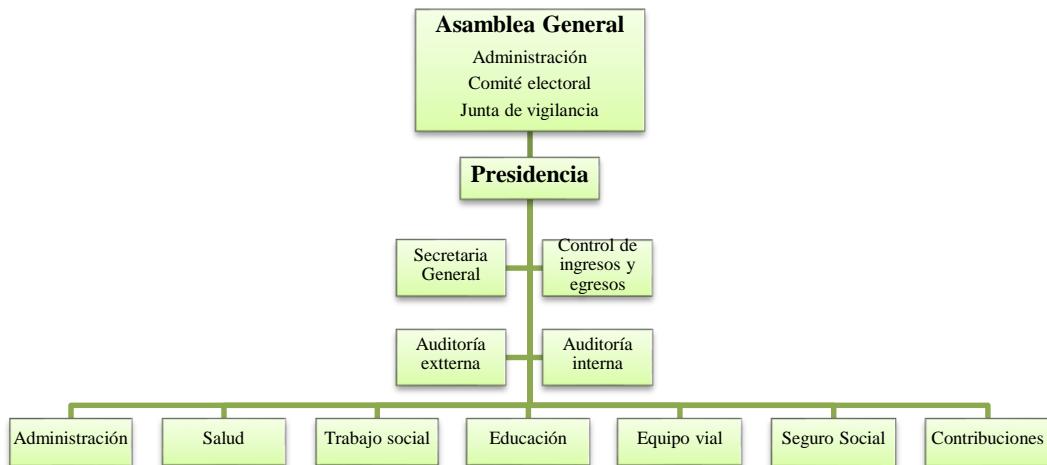
Las principales actividades económicas en la Colonia Neuland son la ganadería, la producción láctea y la agricultura. No obstante, el mercado de trabajo, y con ello también la cantidad de personas empleadas, creció de manera importante.

La ganadería y la venta de carne vacuna han llegado a ser el rubro productivo más importante en Neuland. Con el auge de la comercialización cárnica, la producción láctea pasó a ocupar el segundo lugar. En cuanto a la agricultura, al principio fue la fuente principal de ingresos de los habitantes de la colonia, los colonos cultivaban sus huertas y chacras para el autoabastecimiento y la venta. Hoy día la agricultura ha bajado al tercer lugar de la línea de producción debido a causas como las inclemencias climáticas, por ejemplo, las prolongadas sequías o las inundaciones que hacen que el sector esté decreciendo lentamente.

4.2.7 Estructura Administrativa

La Colonia Neuland está constituida por una Asociación organizada sin fines de lucro. Esta Asociación cuenta con un Consejo Administrativo que es el órgano ejecutivo y ejerce la representación y dirección de la Asociación. Está constituido por un Presidente, seis miembros titulares y dos suplentes. Estas personas son electas por los asociados y asociadas de acuerdo con las disposiciones del reglamento electoral por un plazo de tres años, pudiendo ser reelectos por dos periodos consecutivos. El objetivo primordial es apoyar y promover a los asociados en las esferas social, intelectual, cultural y sanitaria, a fin de mejorar su calidad de vida.

Figura 12: Organigrama de la Asociación Colonia Neuland



Fuente: Elaboración propia adaptado de la Asociación Colonia Neuland.

4.3 Visita a la Colonia Neuland

El relevamiento de datos forma parte fundamental de la metodología empleada en la elaboración de este trabajo. Para ello fue realizada una visita a la Colonia Neuland en el mes de julio del año lectivo, donde se ha llevado a cabo una entrevista personalizada a un residente de la comunidad que se encuentra involucrado directamente con la administración de los servicios relacionados a la gestión y gerenciamiento de los residuos sólidos generados. También se realizó un recorrido en el área donde son destinadas las basuras, observando así cada detalle del sitio y de las operaciones y formas en que son ejecutadas las actividades. A partir de lo mencionado se ha podido construir un diagnóstico sobre la situación actual que atraviesa esta comunidad en cuanto al tema de estudio. Cabe mencionar que las revisiones bibliográficas utilizadas también han sido elementos claves en el desarrollo de la propuesta de disposición final ambientalmente adecuada de residuos domiciliarios.

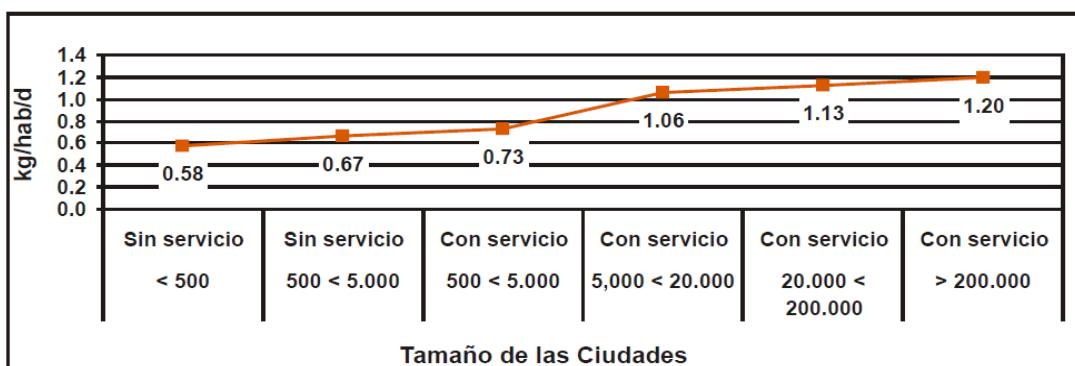
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Diagnóstico: Situación de Residuos sólidos en Neuland

5.1.1 Cantidad Generada (Ton)

No se dispone de datos concretos sobre la cantidad (toneladas) de residuos domiciliares generados en Neuland por lo que se ha estimado la cantidad según el Informe Analítico del Paraguay (2004), donde se describe que las características del país, así como sus condiciones socioeconómicas se reflejan en la cantidad y composición de los residuos producidos, observándose que a medida que disminuye el tamaño de la población y predominan las actividades propias de áreas rurales, aumenta la fracción orgánica en los mismos. La figura 15 presenta la tasa de generación de residuos sólidos urbanos.

Figura 13: Generación de residuos per cápita



Fuente: Informe Analítico del Paraguay, 2004.

En base a lo detallado se estima que Neuland genera 2,7 toneladas, aproximadamente, de residuos sólidos urbanos en el día. Así se puede asumir que se está generando, en promedio, 0,73 kg/persona. día de residuos.

5.1.2 Recolección

La recolección de residuos en Neuland se efectúa una vez por semana en los domicilios; los días martes en el sector Oeste y los días jueves en el Este. No se realiza la separación de desechos en las viviendas. Sin separación de desechos, los mismos rápidamente empiezan a producir olores en presencia del clima cálido que llega a más que 40 grados Celsius en el verano.

5.1.3 Transporte

Los móviles de recolección de los residuos cargan y llevan la mezcla de basura al vertedero. En el vertedero el transporte descarga los mismos.

5.1.4 Destinación final

La Colonia Neuland cuenta con un sitio determinado para la disposición final de los residuos sólidos. A este sitio lo denominan Depósito de Basura Mull Deponie. En la figura 16 se puede observar un vertedero a cielo abierto que se encuentra situado a 4 km aproximadamente del centro de la colonia. Allí son arrojados los residuos sólidos, donde el aluminio, hierro, cartón, botellas y ules son reciclados y el resto se destina a la quema (Figura 17).

En la figura 20 se aprecia la disposición de neumáticos a un lado del vertedero. En la actualidad no han podido resolver el problema de disposición de estos residuos por lo que los abandonan en un área del terreno. Inevitablemente toda cubierta se torna inservible, transformándose en un residuo con potencial para causar daños al medio ambiente y a la salud pública debido a que su principal materia prima es el caucho vulcanizado, el cual es de difícil degradación. Cuando las cubiertas son quemadas a cielo abierto, contaminan el medio ambiente por la emisión de gases como carbono, azufre y otros contaminantes pudiendo constituir un riesgo a la salud pública; y cuando son abandonadas en cursos hídricos o terrenos baldíos favorecen a la proliferación de mosquitos y roedores.

Figura 14: Vertedero a cielo abierto Mull Deponie - Neuland



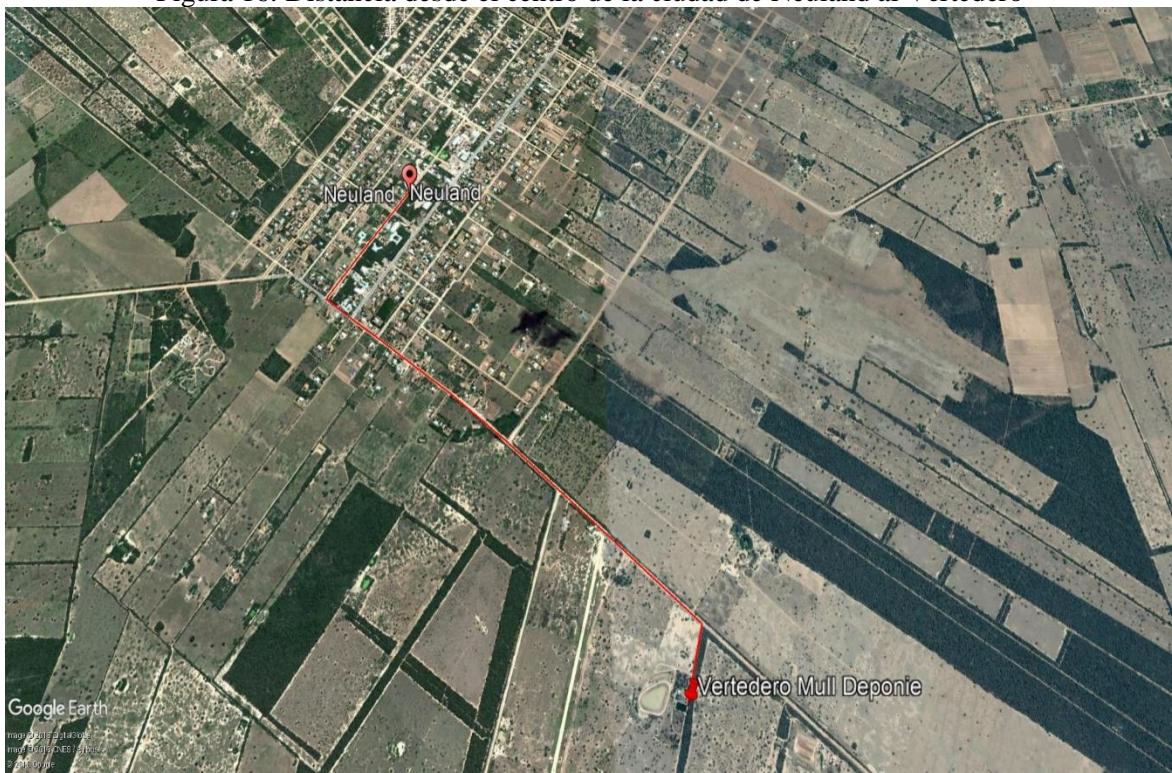
Fuente: Fotografía propia.

Figura 15: Área del terreno destinado a la quema de residuos



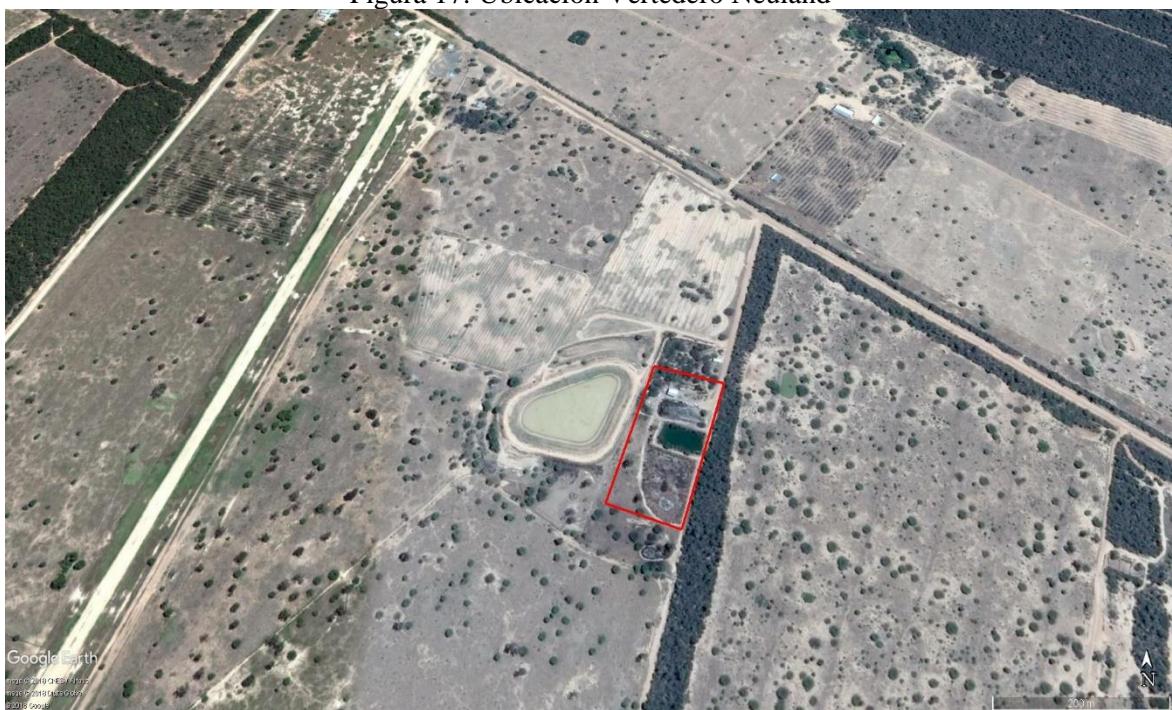
Fuente: Fotografía propia.

Figura 16: Distancia desde el centro de la ciudad de Neuland al Vertedero



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 17: Ubicación Vertedero Neuland



Fuente: Google Earth Pro.

Figura 18: Disposición de cubiertas



Fuente: Fotografia propia.

5.2 Propuesta de disposición final de residuos sólidos

La disposición inadecuada de residuos sólidos acarrea serios problemas. La basura dispuesta a cielo abierto contamina el suelo, el aire y las aguas. La descomposición de la materia orgánica presente en las basuras produce chorume, que es un líquido de olor desagradable y de color oscura; este líquido puede contaminar las aguas subterráneas y superficiales. En el suelo contaminado por la basura, se desarrollan hongos y bacterias causantes de enfermedades. Las emisiones de polvo, gases y mal olor promueven la contaminación del aire. La basura ofrece condiciones para el abrigo, la alimentación, reproducción y la proliferación de vectores biológicos como moscas, cucarachas y ratones, responsables de la transmisión de varias enfermedades tales como diarrea, infecciones, fiebres y otros parásitos.

La disposición inadecuada de residuos interfiere en la calidad de vida de la población, promoviendo el aumento de enfermedades, tasa de mortalidad infantil y contribuyendo a la disminución de vida media de los individuos que tengan contacto constante, directo o indirecto con los residuos.

A partir del diagnóstico realizado en la Colonia Neuland, se presenta un estudio de base para una propuesta de implementación de un relleno sanitario en zanjas.

5.2.1 Relleno Sanitario en Zanjas

Para municipios de pequeño porte es aconsejable el uso de la técnica de los rellenos sanitarios en forma de zanjas. Se cuenta con los siguientes datos poblacionales de la Colonia Neuland:

Tabla 1: Datos poblacionales Neuland - Paraguay

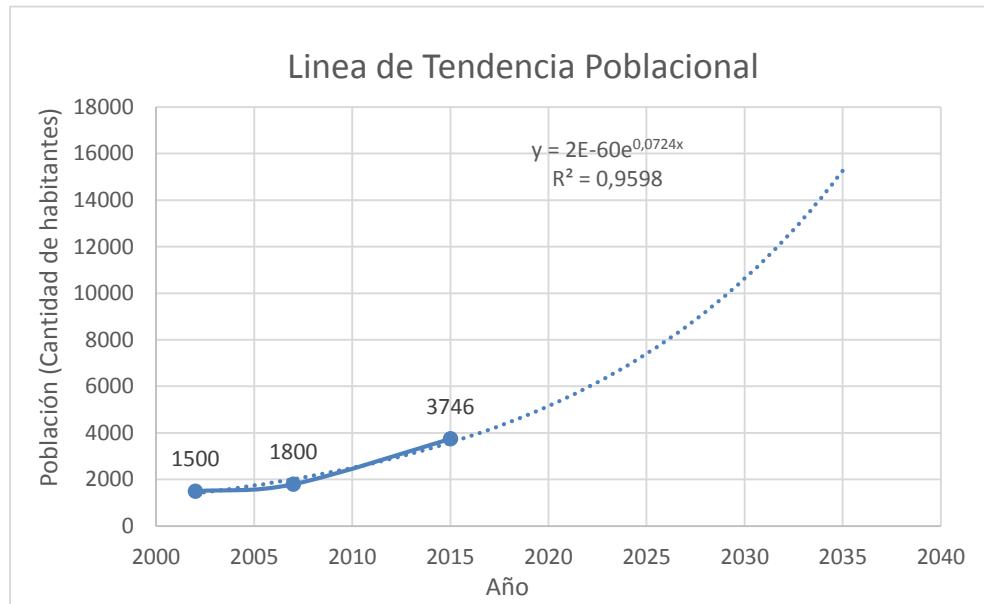
Año	Población
2002	1500 habitantes
2007	1800 habitantes
2015	3746 habitantes

Fuente: Consorcio CODISA, 2015.

A partir de los datos observados en la tabla se realizó la línea de tendencia poblacional para establecer la ecuación que mejor defina el crecimiento poblacional de Neuland, obteniéndose:

- a) Ecuación Exponencial según correlación $R^2 = 0,9598$

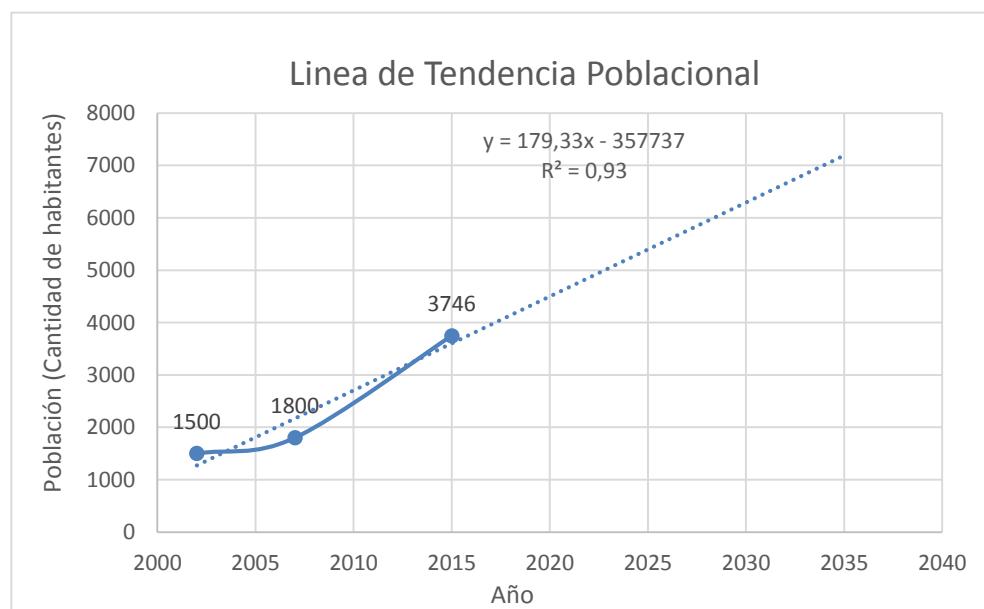
Figura 19: Línea de tendencia poblacional según ecuación exponencial



Fuente: Elaboración propia.

- b) Ecuación Lineal según correlación $R^2 = 0,93$

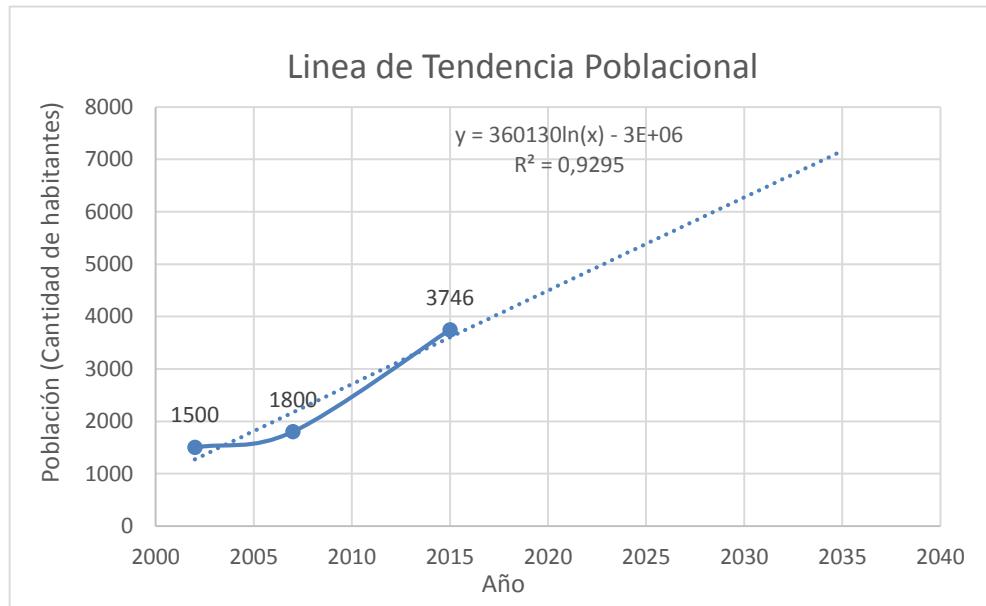
Figura 20: Línea de tendencia poblacional según ecuación lineal



Fuente: Elaboración propia.

- c) Ecuación logarítmica según correlación $R^2 = 0,9295$

Figura 21: Línea de tendencia poblacional según ecuación logarítmica



Fuente: Elaboración propia.

- d) Ecuación polinómica según correlación $R^2 = 1$

Figura 22: Línea de tendencia poblacional según ecuación polinómica

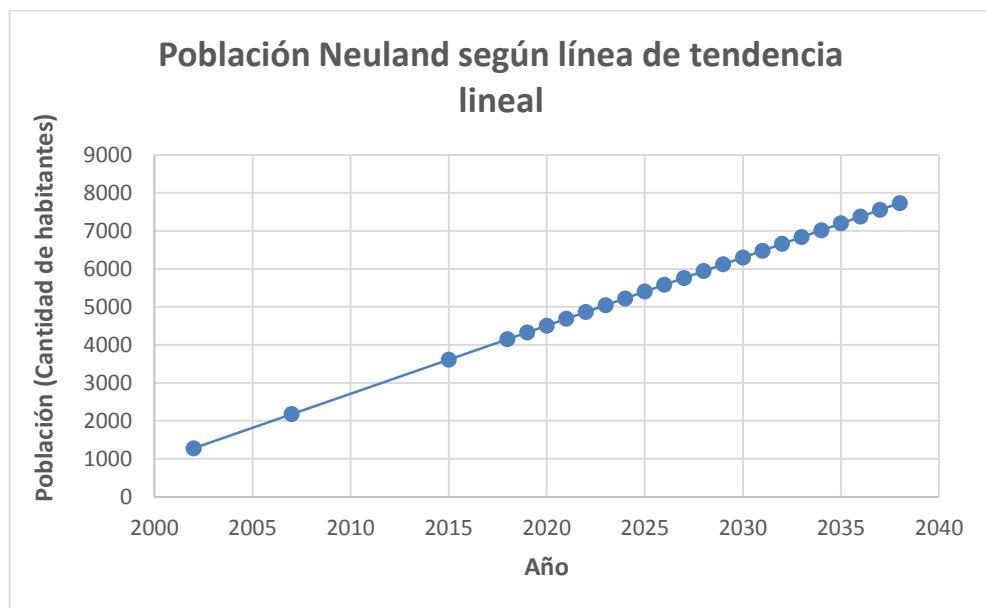


Fuente: Elaboración propia.

A partir de las ecuaciones obtenidas se adopta la línea de tendencia poblacional con ecuación lineal según correlación $R^2 = 0,93$, por ser la que más se aproxima a la proyección de la población elaborado por el Consorcio CODISA (2015) con el cual trabaja el MOPC, donde la estimación de la población para el año 2025 es de 4153 habitantes y para el año 2035 es de 5858 habitantes en la Colonia Neuland.

A continuación se presenta la línea de tendencia poblacional estimada para Neuland según correlación $R^2 = 0,93$ para los años 2000- 2040 en Neuland.

Figura 23: Crecimiento poblacional en Neuland Años 2000-2040



Fuente: Elaboración propia.

El relleno sanitario en zanjas es una técnica para la disposición de residuos urbanos en el suelo, en municipios de pequeño porte donde la producción diaria de residuos no debe sobrepasar 10 toneladas. En la Colonia Neuland se genera diariamente 2,7 toneladas de residuos, según la estimación detallada en el punto 5.1.1, por lo que se cumplen las condiciones iniciales para una posible implementación de un relleno sanitario en zanjas. Otro punto importante es el tipo de terreno donde será construido el relleno sanitario; el área ideal debe ser de relevo plano para facilitar la excavación de las zanjas, así mismo está dada la condición mencionada ya que la zona del Chaco Paraguayo presenta terrenos planos.

Para la implementación de este tipo de relleno sanitario, el órgano ambiental brasiler no exige la impermeabilización complementar de las zanjas con mantas de PEAD – Polietileno de alta densidad u otro tipo semejante de material y tampoco se requiere la colocación de suelo arcilloso en su fondo, por lo que se debe, necesariamente, tener en cuenta el tipo de suelo y la permeabilidad del local que será escogido para la construcción del relleno. Además debe ser considerado el nivel de la capa freática y el excedente hídrico de la región. El terreno a ser seleccionado deberá, también, poseer un área que propicie una vida útil mínima de 15 años del relleno sanitario.

También se deben respetar las distancias mínimas tales como: 500 metros de núcleos habitacionales y 200 metros de cualquier cuerpo de agua superficial existente en las proximidades. El tamaño del área para la construcción del relleno sanitario en zanjas debe siempre considerar la cantidad de residuos a ser dispuestos y la vida útil del proyecto. Además del área para la excavación de las zanjas, debe ser previsto un área lateral para la implementación del cercado, para el cinturón verde y para el sistema de escurrimiento de aguas pluviales; un espacio de seguridad entre las zanjas y áreas para los accesos y circulaciones internas.

En Paraguay no se cuenta con leyes acerca de la implementación de este tipo de disposición de residuos sólidos por lo que en este estudio se considera a la CETESB (Compañía Ambiental del Estado de São Paulo) así como a varias literaturas brasileras como fuentes base y principales para el desarrollo de la presente propuesta.

5.2.1.1 Dimensionamiento del relleno sanitario en zanjas

Para iniciar con el dimensionamiento se realizó la estimación del crecimiento poblacional según línea de tendencia lineal, para los años 2018 - 2038, que incluye así un periodo de 20 años que es el tiempo de vida útil que será proyectado para el relleno sanitario propuesto; además se estimó la cantidad de residuos generados que se puede observar en la Tabla 2, donde para una población menor a 5000 habitantes, la tasa de residuos generados es igual a 0,73kg/hab.día y para poblaciones mayores a 5000 y menores a 20000 habitantes se cuenta con 1,06 kg/hab.día según lo detallado en el punto 5.1.1 del presente trabajo.

Tabla 2: Generación de Residuos Sólidos Neuland según población estimada.

Año	Población según línea de tendencia lineal	Tasa de residuos generados (kg/hab.dia)	Generación de residuos poblacional (kg/dia)	Generación de residuos poblacional (Ton/dia)	Generación de residuos poblacional (Ton/año)
2018	4150,94	0,73	3030,19	3,03	1090,87
2019	4330,27	0,73	3161,10	3,16	1137,99
2020	4509,6	0,73	3292,01	3,29	1185,12
2021	4688,93	0,73	3422,92	3,42	1232,25
2022	4868,26	0,73	3553,83	3,55	1279,38
2023	5047,59	1,06	5350,45	5,35	1926,16
2024	5226,92	1,06	5540,54	5,54	1994,59
2025	5406,25	1,06	5730,63	5,73	2063,03
2026	5585,58	1,06	5920,71	5,92	2131,46
2027	5764,91	1,06	6110,80	6,11	2199,89
2028	5944,24	1,06	6300,89	6,30	2268,32
2029	6123,57	1,06	6490,98	6,49	2336,75
2030	6302,9	1,06	6681,07	6,68	2405,19
2031	6482,23	1,06	6871,16	6,87	2473,62
2032	6661,56	1,06	7061,25	7,06	2542,05
2033	6840,89	1,06	7251,34	7,25	2610,48
2034	7020,22	1,06	7441,43	7,44	2678,92
2035	7199,55	1,06	7631,52	7,63	2747,35
2036	7378,88	1,06	7821,61	7,82	2815,78
2037	7558,21	1,06	8011,70	8,01	2884,21
2038	7737,54	1,06	8201,79	8,20	2952,65
PROMEDIO	5495,92		5946,57	5,95	2140,76
TOTAL	124829,04		124877,94	124,88	44956,06

Fuente: Elaboración propia.

Cálculos para dimensionamiento:

5.2.1.1.1 Largo de la zanja

Para calcular la dimensión de la zanja, específicamente hallar el largo (m) de la misma, se utilizó la fórmula proporcionada por el Memorial de Caracterización de Emprendimiento MCE (CETESB).

$$L = \frac{30 * R}{B * H * \gamma} \quad [Ecuación N^{\circ} 1]$$

Donde:

R: Cantidad de residuo a ser enterrado por día (ton/día) = 6

B: Ancho de la zanja (m) = 3

H: Profundidad de la zanja (m) = 3

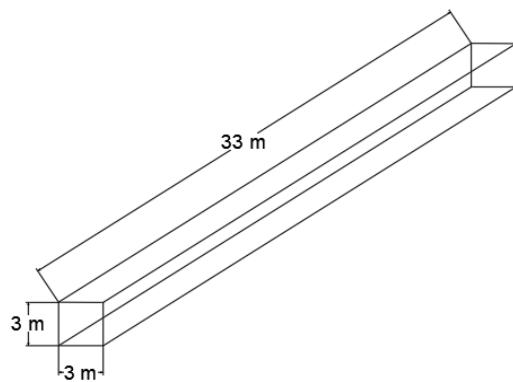
γ : Peso específico del residuo (ton/m³) = 0,6 (para residuos sólidos sin compactar)

$$L = \frac{30 * 6}{3 * 3 * 0,6} \quad [Ecuación N° 2]$$

L: Largo de la zanja (m) = 33 m

Para el cálculo del largo de la zanja se utilizaron los datos arriba mencionados, donde inicialmente se halló el promedio de residuos generados (ton/día) para una estimación de 20 años resultando así 6 toneladas por día. Las zanjas propuestas son de formato paralelepípedo donde las paredes laterales son verticales en relación al fondo con inclinación 1:1, adoptando así 3 metros de profundidad y 3 metros para el ancho de la zanja. En cuanto al peso específico del residuo se adopta 0,6 (ton/m³) considerando los residuos sólidos sin compactación.

Figura 24: Dimensionamiento de la zanja



Fuente: Elaboración propia.

Para esta propuesta de disposición ambientalmente adecuada no se proyectará la utilización de mantas plásticas de impermeabilización debido a que en este caso, Neuland es una comunidad de pequeño porte y gracias al reducido volumen de residuos, es posible adoptar sistemas simplificados de impermeabilización de laterales y fondo de las zanja con reducción de costo y seguridad adecuada. La reducción de costos puede ser alcanzada si las características del suelo fueran favorables.

Por ello es fundamental tener en cuenta el área a escoger para la implementación del relleno sanitario de forma a que el tipo de suelo del terreno escogido sea de composición predominantemente arcillosa y además ser lo más impermeable y homogénea posible teniendo en cuenta que las zanjas deberán contener los residuos enterrados y los líquidos generados sin permitir la contaminación ambiental. Esto significa que, teniendo en cuenta la caracterización del suelo local, se puede lograr la impermeabilización con el propio suelo si las características de permeabilidad fueran adecuadas. En cuanto a la capa freática, la cota máxima de la misma debe estar situada lo más distante posible de la superficie del terreno.

5.2.1.1.2 Volumen de residuos a ser depositados

Para calcular el volumen (m^3) de residuos sólidos a ser enterrado en 20 años se debe tener en cuenta la cantidad de residuos generados. Según la tabla N° 2 en el periodo de tiempo mencionado se genera un total de 44.956 toneladas de residuos sólidos.

El volumen de residuos a ser depositados se calcula según:

$$Volumen\ de\ residuos\ en\ 20\ años(m^3) = \frac{Masa\ (ton)}{Densidad\ \left(\frac{ton}{m^3}\right)} \quad [Ecuación\ N°\ 3]$$

De esta forma con la densidad adoptada de 0,6 (ton/ m^3) se obtiene:

$$Volumen\ de\ residuos\ en\ 20\ años(m^3) = \frac{44956\ (ton)}{0,6\ \left(\frac{ton}{m^3}\right)} \quad [Ecuación\ N°\ 4]$$

Volumen de residuos en 20 años = 74927 m^3 de residuos sólidos

El volumen de residuos sólidos a ser depositados en las zanjas en 20 años es igual a 74.927 m³. Sin embargo para calcular la cantidad de zanjas a ser construidas se debe considerar un 20% de cobertura de tierra sobre el volumen hallado, teniendo en cuenta que la cobertura debe realizarse obligatoriamente con el objetivo de minimizar los efectos de los olores y de la proliferación de vectores generados por los residuos en degradación; también la cobertura impedirá, por lo menos un poco, la entrada de agua de lluvias en las zanjas.

$$\text{Volumen total para disposición} = 89.912 \text{ } m^3 \text{ de residuos sólidos más cobertura}$$

5.2.1.1.3 Capacidad de volumen de la zanja dimensionada

A continuación se calcula la capacidad de una zanja, en volumen (m³), según las dimensiones de la misma:

$$\text{Volumen Zanja} = L * B * H \quad [\text{Ecuación N}^{\circ} 5]$$

$$\text{Volumen Zanja} = 33 * 3 * 3 = 300 \text{ } m^3 \quad [\text{Ecuación N}^{\circ} 6]$$

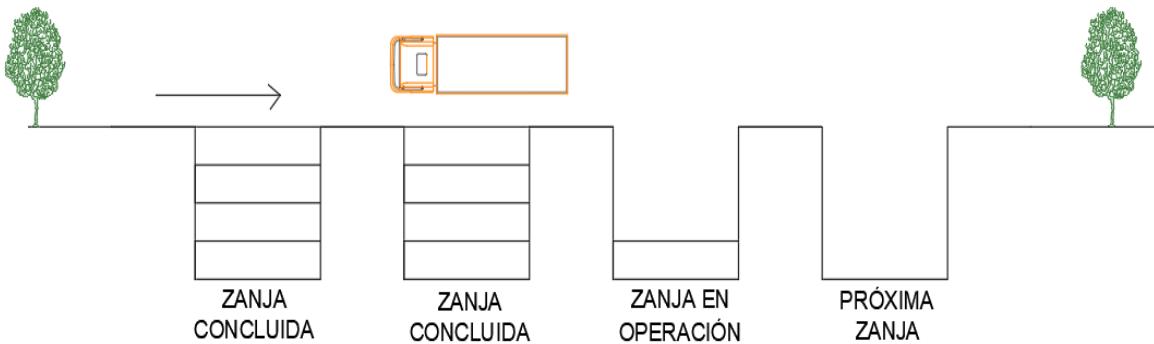
5.2.1.1.4 Cantidad de zanjas

Por último, se debe calcular cuántas zanjas serán necesarias construir en 20 años. Para ello se tiene en cuenta el volumen total para disposición en el periodo mencionado y se considera la capacidad de volumen de una zanja.

$$\text{Cantidad de zanjas para 20 años} = \frac{89912}{300} = 300 \text{ zanjas} \quad [\text{Ecuación N}^{\circ} 7]$$

Así será necesario construir 300 zanjas para un periodo de tiempo de 20 años. Con este resultado podría estimarse la construcción de 15 zanjas por año.

Figura 25: Esquema del relleno sanitario en zanjas en ejecución



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.1.5 Área para implantación del relleno sanitario en zanjas

Según los resultados obtenidos, se procede al cálculo del área necesaria para la implantación del relleno sanitario. Primeramente se halla el área necesaria por zanja, teniendo en cuenta que al largo y al ancho de cada zanja debe adicionarse 2 metros para la separación entre los bordes superiores de las zanjas dejando así espacio suficiente para las operaciones y mantenimiento.

$$\text{Área por zanja: } L * B \quad [\text{Ecuación N}^{\circ} 8]$$

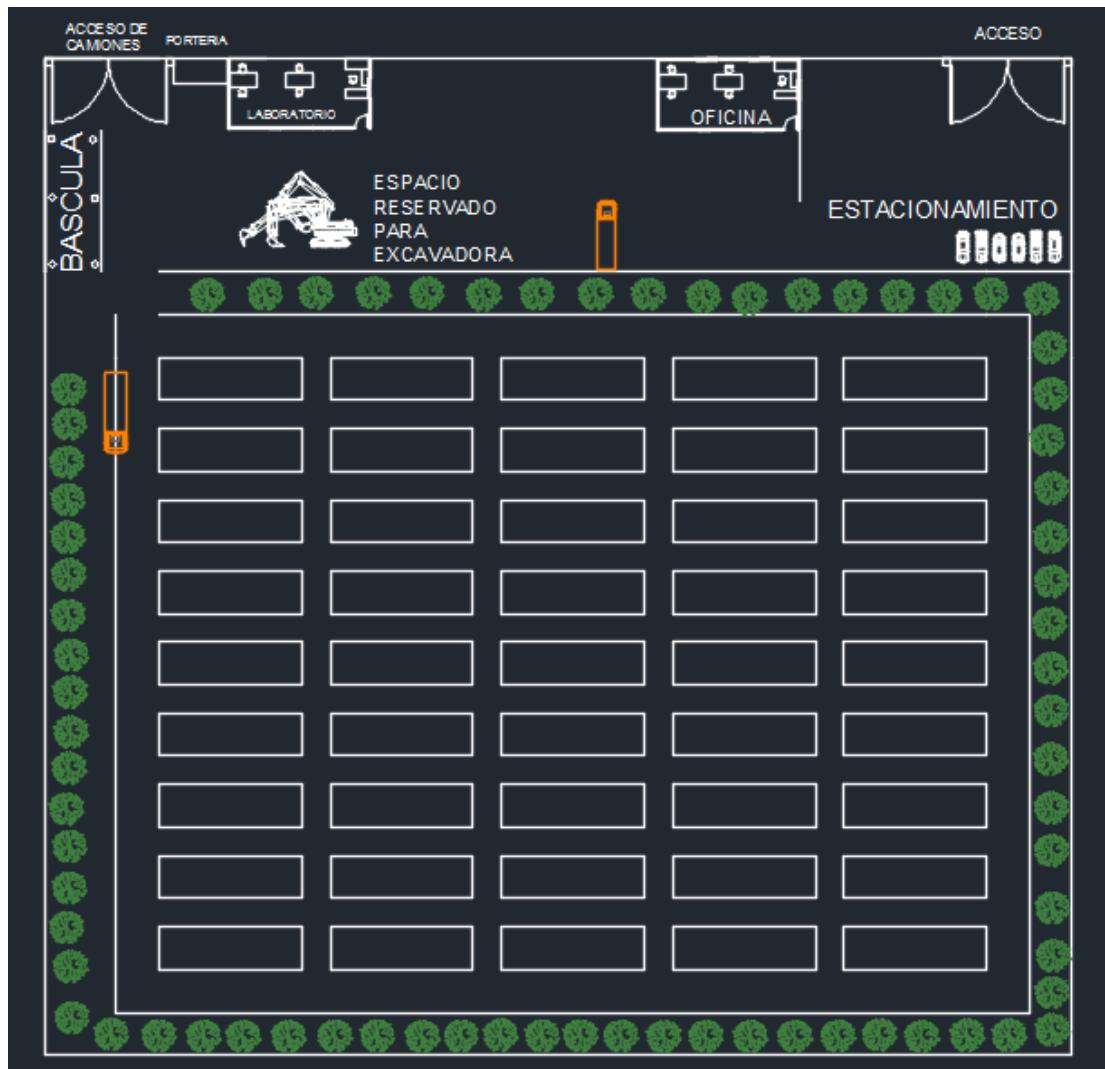
$$\text{Área por zanja: } 35 * 5 = 175 \text{ m}^2 \quad [\text{Ecuación N}^{\circ} 9]$$

A continuación se procede al cálculo del área necesaria para la construcción del total de 300 zanjas, se tiene entonces:

$$\text{Área necesaria para 300 zanjas: } 300 * 175 = 52.500 \text{ m}^2 [\text{Ecuación N}^{\circ} 10]$$

Para la construcción de las zanjas será necesario contar con un terreno de 5,25 hectáreas; pero a esta área se debe sumar los espacios en los cuales estarán localizados los móviles para recolección de residuos, oficina, laboratorio, las barreras vegetales, cortafuego, portón y cercados.

Figura 26: Vista general del relleno sanitario en zanjas



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.2 Procedimientos operaciones del aterro sanitario en zanjas

El Manual de operaciones del aterro sanitario en valas, elaborado por la Compañía Ambiental del Estado de São Paulo – CETESB, menciona que para el adecuado funcionamiento del relleno sanitario en zanjas se debe seguir una rutina operacional preestablecida, mediante la formación de los funcionarios y el seguimiento por un responsable técnico. A continuación se describen algunos puntos importantes que forman parte de las operaciones, que deberán ser llevadas a cabo en Neuland si se decidiera implementar este tipo de relleno en la Colonia:

1- Recepción de residuos

Es importante verificar si los residuos que están siendo encaminados al relleno sanitario son compatibles con los preestablecidos. Se debe establecer una rutina de recepción de los residuos, efectuándose al menos una inspección visual y el registro de entrada, tal como se especifica a continuación.

- Registro

Es importante efectuar el registro de los residuos que entran en el área del relleno, incluso para acompañar su desarrollo, evaluando si los volúmenes recibidos son compatibles con la ocupación de áreas y con la vida útil estimada en el proyecto, así como registrando los tipos de residuos recibidos y verificando su procedencia. Se sugiere la implantación de un sistema de registro, por medio de una ficha, que contiene información como: tipo de residuo, cantidad estimada, placa del vehículo, responsable por el registro, etc.

Se describen a continuación algunos tipos de residuos permitidos y no permitidos para la disposición en los rellenos sanitarios en zanjas.

- Residuos permitidos

Conforme a lo previsto en la Resolución CONAMA 404/2008, los residuos sólidos permitidos en los rellenos sanitarios de pequeño tamaño son aquellos procedentes de hogares, de servicios de limpieza urbana, de pequeños establecimientos comerciales, industriales y de prestación de servicios, que estén incluidos en el servicio de recolección regular de residuos y que tengan características similares a los residuos sólidos domiciliarios.

- Residuos no permitidos

No se podrán disponer en los rellenos sanitarios en zanjas los siguientes residuos:

- Residuos peligrosos;
- Residuos de la construcción civil;
- Residuos procedentes de actividades agrosilvopastoril;
- Residuos de minería; y

- Residuos de servicios de salud, sin tratamiento previo o sujeto a las exigencias de destino especial.

Se resalta que, aunque se clasifican como residuos sólidos urbanos, se recomienda que los residuos de podas no se destinen al relleno sanitario en zanjas, ya que ocupan un gran volumen. Además, debido a sus características, pueden tener un uso beneficioso para el medio ambiente, por medio de compostaje o aprovechamiento energético.

Se debe impedir la entrada de residuos cuya composición no esté adecuadamente identificada y compatible con la disposición del vertedero. Si se detecta la incompatibilidad, la carga debe ser devuelta al generador, quedando bajo su responsabilidad el encaminamiento de ella para tratamiento y disposición final adecuada.

2- Operación de las zanjas

La operación del relleno sanitario en zanjas debe desarrollarse de forma ambientalmente correcta. Esta operación debe estar directamente relacionada a todas las etapas de concepción, elaboración del proyecto e implantación del relleno sanitario en zanjas, así como debe considerar la gestión de residuos sólidos urbanos del municipio como un todo, una vez que la frecuencia y el horario de recolección, el tipo de equipo empleado, la existencia de colecta diferenciada, entre otros factores, influirá directamente la operación.

Los criterios para la operación de las zanjas deberán seguir las especificaciones del proyecto. Sin embargo, se describen a continuación algunos criterios usuales para este tipo de emprendimiento:

- Dimensiones de las zanjas

La separación entre los bordes superiores de las zanjas debe ser, como mínimo, de 1 metro, dejando espacio suficiente para operación y mantenimiento.

La profundidad de la excavación de las zanjas debe ser, como máximo, de 3,0 metros, observadas condiciones de estabilidad de los taludes y el nivel de la capa freática.

La anchura de la zanja puede ser variable, dependiendo del equipo usado en la excavación, cuidando para que no sea excesiva hasta el punto de dificultar la cobertura

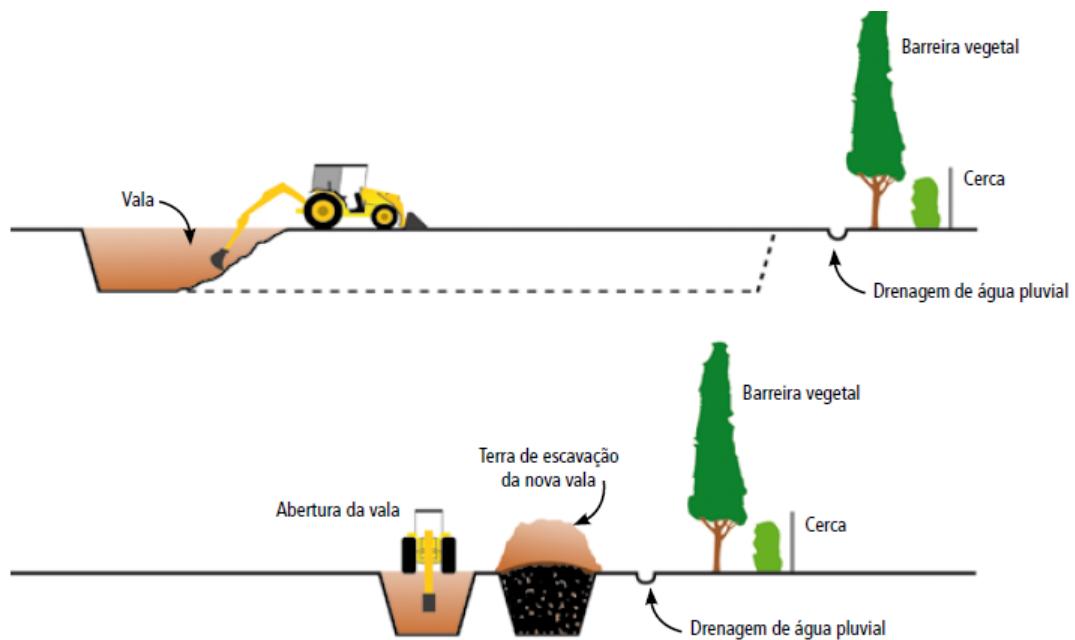
operativa de los residuos. Se recomienda que la anchura de la zanja en la superficie no supere los 3 metros (ABNT, 2010).

La longitud de las zanjas será delimitada en función de la vida útil esperada, tal como se especifica en el ítem siguiente:

- Abertura y vida útil de las zanjas

La excavación de cada zanja debe realizarse de una sola vez y su tamaño debe ser dimensionado para permitir la disposición de los residuos por un periodo aproximado de 30 días. Para una vida útil mayor, se recomienda que en el fondo de la zanja se mantengan pequeños diques de suelo natural que definan subáreas hidráulicamente separadas, con vida útil aproximada de 30 días.

Figura 27: Abertura de zanjas, con acúmulo de tierra en uno de los lados

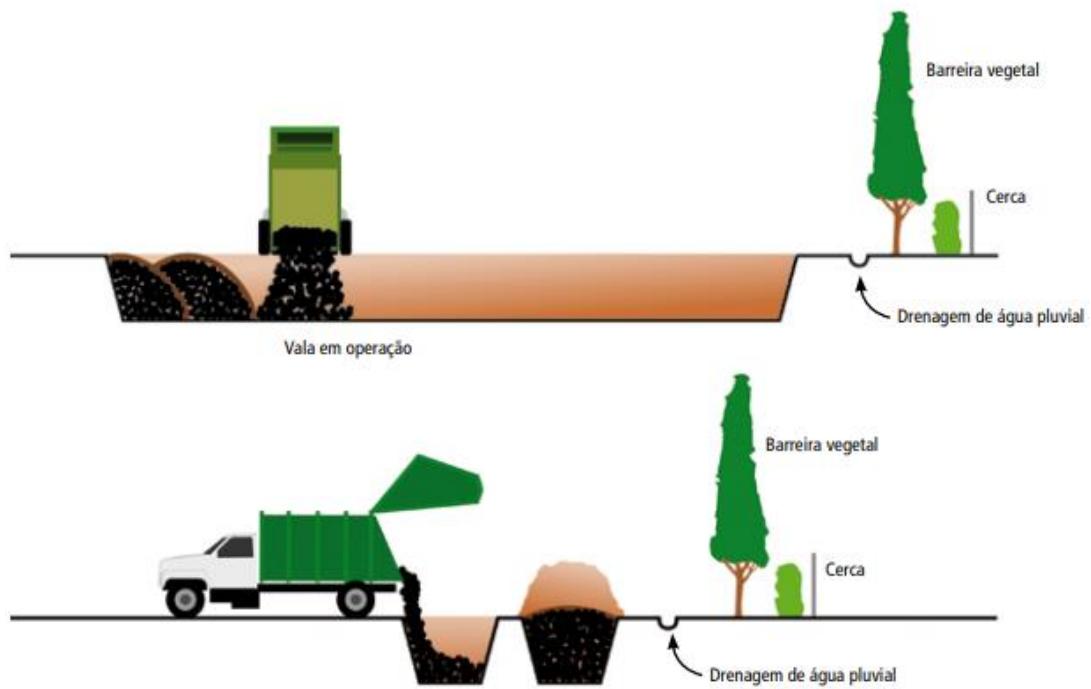


Fuente: CETESB, 2010.

- Disposición de los residuos

La operación de disposición de los residuos en la zanja abierta es iniciada por el mismo lado que la zanja comenzó a ser excavada, con el camión colector colocándose de atrás, perpendicular a la longitud de la zanja. El colector o camión de transporte de residuos debe aproximarse al máximo de la zanja, de manera a garantizar el lanzamiento directamente en la zanja, evitando la dispersión en otros lugares. Sin embargo, se debe resguardar la seguridad con relación al riesgo de desmoronamiento de las zanjas. Se recomienda que se ejecute un pequeño dique con el suelo, con el fin de demarcar el punto máximo de aproximación para la descarga en la zanja. Después de la descarga de los residuos, se procederá la exploración de todos los residuos que puedan eventualmente haberse desprendido, además del inmediato recubrimiento sanitario con suelo, de los residuos lanzados.

Figura 28: Residuos descargados en la zanja



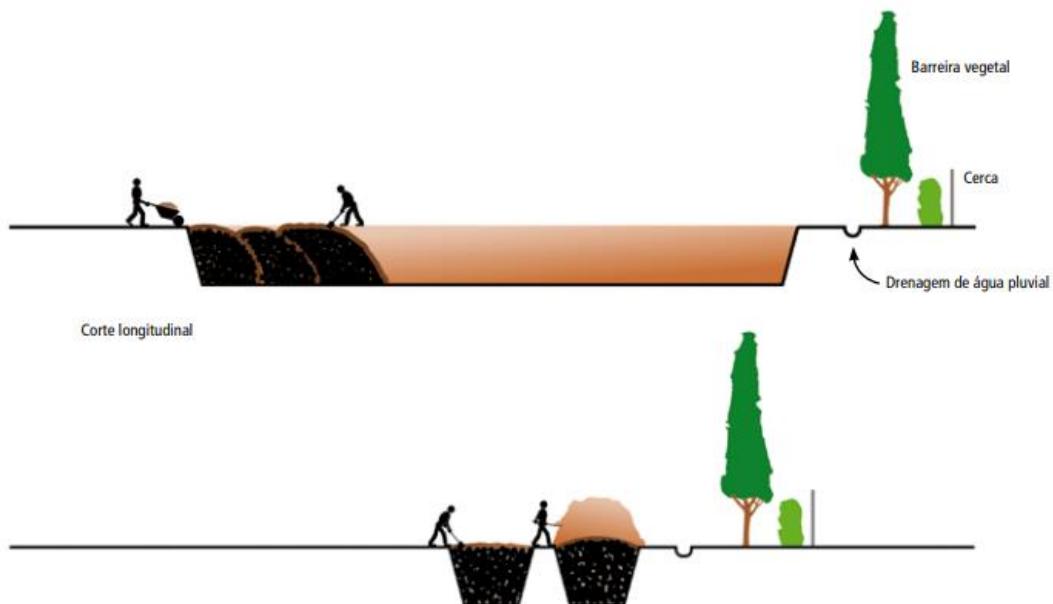
Fuente: CETESB, 2010.

- Cobertura diaria

La cobertura diaria tiene el objetivo de minimizar los efectos de los olores y la proliferación de vectores generados por los residuos en descomposición. Si la región tiene altos índices pluviométricos, esta cobertura impedirá al menos un poco la entrada de agua en la zanja. De esta forma, a medida que se depositan, los residuos deben ser nivelados y cubiertos manualmente o con la ayuda de equipos mecanizados, utilizando el suelo acumulado al lado de la zanja. La nivelación y la cobertura de los residuos deben realizarse diariamente, recomendando una capa mínima de 20 centímetros. Se recomienda la aplicación de la cobertura diaria de forma racional, preferentemente al final de cada jornada de trabajo, ya que el uso de suelo en exceso disminuirá la vida útil de las zanjas.

Una vez que el primer tramo de la zanja este completamente lleno, se pasa a otro, repitiéndose las mismas operaciones de disposición y cobertura diaria.

Figura 29: Ejecución de la camada de cobertura diaria

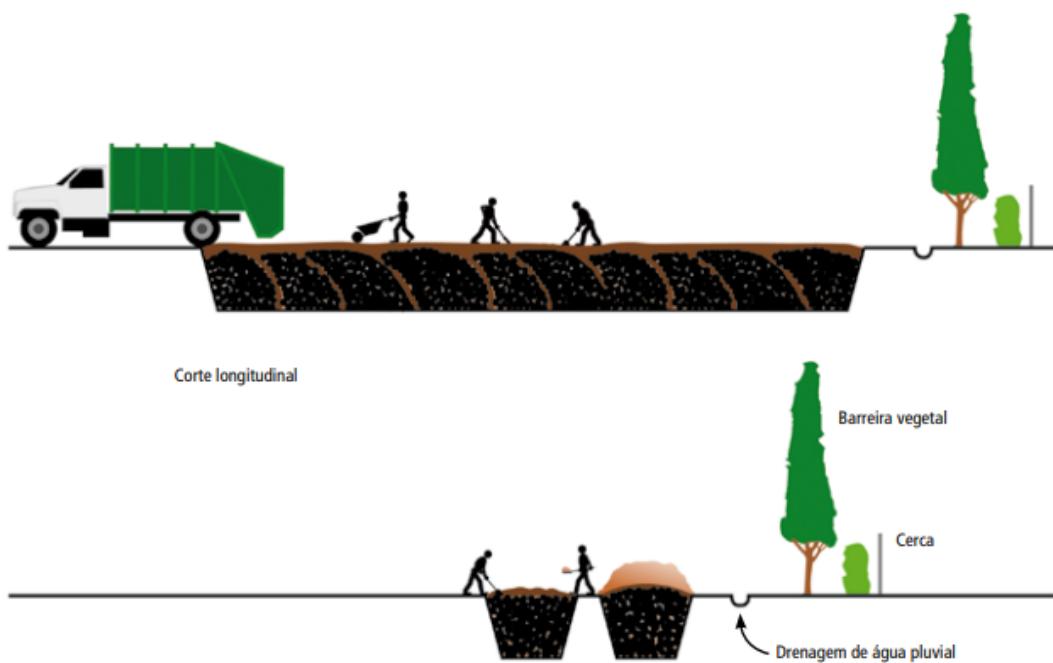


Fuente: CETESB, 2010.

- Cobertura final

La nivelación final de la zanja se efectúa en una cota superior a la del terreno, previéndose probables recalcados, para evitar la acumulación de agua. La cobertura final deberá realizarse con una capa de suelo de aproximadamente 60 centímetros, con una pendiente de al menos el 7% en la dimensión de la zanja.

Figura 30: Ejecución de la camada de cobertura final de la zanja



Fuente: CETESB, 2010.

3- Control de acceso

En la implantación del vertedero, se debe tener en cuenta su aislamiento (por el cierre del área con cercas de alambre y cerca viva) y su control de acceso por medio de portería. El control de acceso se refiere tanto al control de recepción de residuos como al control de acceso de personas, no debiendo ser permitido el acceso de personas ajenas a la operación del emprendimiento, salvo cuando se desarrollan acciones dirigidas a la educación ambiental.

4- Control de vectores

Para el control de vectores es primordial la adecuada cobertura de los residuos, impidiendo exposición y evitando atractivos, ya sea de residuos orgánicos, ya sea de moscas que puedan atraer a las aves. Se destaca, además, la importancia del aislamiento físico del área (cercado) con el fin de evitar la entrada de otros animales. Además de estos procedimientos, podría preverse la utilización de instrumentos sonoros (incendios de artificio o sirenas) para ahuyentar a las aves, de manera a evitar, a cualquier costo, la permanencia de las mismas en el área del vertedero. Se puede, incluso, implantar pantallas removibles sobre la cima de las zanjas; sin embargo, no sustituyendo la ejecución de la cobertura intermedia al final de la jornada diaria de trabajo.

5- Entrenamiento del equipo

El equipo de trabajo del relleno debe recibir un entrenamiento adecuado para garantizar una operación adecuada. Un entrenamiento técnico mínimo sobre las tareas diarias es necesario y, mucho más que esto, un curso básico sobre gestión de residuos sólidos sería considerado un diferencial. Esta es una de las medidas más importantes para una buena organización del vertedero.

Otro punto importante a ser enfatizado es en cuanto a los equipos y procedimientos para la seguridad del trabajo.

Así, se recomiendan como puntos mínimos a ser abordados en el entrenamiento de los funcionarios (ABNT, 2010)

- Las formas de inspección, control, permiso de acceso al vertedero y orientación lanzamiento de residuos;
- Los procedimientos apropiados de funcionamiento, mantenimiento y monitoreo del vertedero y todos sus sistemas, con énfasis en las funciones y asignaciones específicas de cada funcionario;
- Los procedimientos a adoptar en situaciones de emergencia; y
- Los procedimientos de seguridad operativa y la correcta utilización de equipos de protección individual (EPIs) y colectiva (EPC).

5.2.1.3 Mantenimiento del aterro sanitario en zanjas

Es fundamental un servicio de mantenimiento eficaz en el relleno sanitario en zanjas. Siempre que se constate algún problema, este debe corregirse rápidamente para evitar su agravamiento. Entre otros, son necesarios mantenimientos en: accesos, estructuras de aislamiento físico y visual, sistema de drenaje superficial, cobertura vegetal, represas de las valas, etc.

1- Acceso

Los accesos internos y externos al vertedero tienen la función de garantizar la llegada de los residuos hasta los frentes de descarga y la adecuada operación de las mismas. Estas carreteras deben soportar el tránsito de vehículos, incluso durante los periodos de lluvia y, por lo tanto, deben mantenerse en las mejores condiciones de operación. Deberán realizarse, semanalmente, inspecciones a lo largo de los accesos y del área del vertedero y, si se detecta algún daño, deberán realizarse inmediatamente las separaciones necesarias. Durante el periodo lluvioso se debe prestar especial atención al mantenimiento de estos accesos.

2- Aislamiento físico - Cercado y portones

El aislamiento del relleno es imprescindible para el mantenimiento del orden y del buen funcionamiento de la operación, de esta forma la portería o portones y las cercas deben ser mantenidos en perfectas condiciones para no comprometer el buen funcionamiento del vertedero.

3- Aislamiento visual - Barrera vegetal

Con el aislamiento visual, es recomendable el plantío de un cinturón verde, compuesto de arbustos y árboles en todo el perímetro del terreno. Es necesario garantizar el mantenimiento de esa vegetación.

4- Cortafuego

Teniendo en cuenta que los rellenos sanitarios en zanjas, usualmente, se ubican cerca de áreas agrícolas, de vegetación nativa o de pastos, se recomienda, como medida preventiva, el mantenimiento de un cortafuego en el entorno del emprendimiento, con el objetivo de impedir la propagación de incendios.

5- Limpieza del área

La administración debe promover la remoción de los materiales esparcidos por el viento y, si es necesario, utilizar cercas móviles. Con ello, se evitan trastornos y el compromiso del paisaje.

6- Sistema de drenaje de aguas pluviales

El mantenimiento del sistema de drenaje superficial es muy importante para no comprometer la operación del vertedero en zanjas y las condiciones de los accesos; y debe comprobarse a menudo, principalmente después de periodos lluviosos, el estado de las estructuras de drenaje: los drenajes, las tuberías y / o los canales en cuanto a las condiciones de salida y de integridad física (ruptura). Si se constatan saltos y /u obstrucción de esas estructuras de drenaje, las mismas deberán volver a ejecutarse.

7- Represiones

Teniendo en cuenta que la degradación de los residuos en el interior de la zanja puede ocasionar recalados y provocar la acumulación de aguas pluviales sobre estas, en caso de que los recalques sean identificados, se deben efectuar rápidamente las correcciones con la colocación de nueva capa de suelo de espesor para restaurar las declividades para el flujo de las aguas.

8- Cobertura vegetal

La cobertura vegetal sobre las zanjas es importante para proteger el suelo de erosiones y fisuras, siendo necesario mantener el corte frecuente, para posibilitar las inspecciones visuales en las zanjas cerradas, así como en las demás estructuras del vertedero.

9- Mantenimiento de las máquinas y equipos

Se debe efectuar la limpieza de los equipos y maquinas al final de cada día de trabajo y las posibles reparaciones para conservarlos y garantizar la eficiencia del vertedero.

5.2.1.4 Monitoreo del relleno sanitario en zanjas

El monitoreo del relleno sanitario en zanjas, durante su operación y después de su cierre, es importante para la detección de fallas y para reducir eventuales daños medioambientales, así como los costos de las intervenciones necesarias.

1- Inspecciones visuales

Se debe establecer una rutina de inspecciones visuales en el relleno, para identificar eventuales problemas, para evitar su agravamiento, así como efectuar prontamente las medidas correctivas necesarias. Se deben observar regularmente los siguientes elementos en el área. (Adoptado de la ABNT, 2010):

- ✓ Condición de las vías de acceso
- ✓ Procesos erosivos
- ✓ Descenso de la capa superior del relleno sanitario
- ✓ Existencia y adecuación de la cobertura operativa
- ✓ Condición operativa del frente de trabajo
- ✓ Existencia y adecuación de la cobertura vegetal
- ✓ Condición del cortafuego
- ✓ Condición operativa de los sistemas de drenaje
- ✓ El transporte de residuos por el viento
- ✓ Percepción de olores
- ✓ Presencia de vectores.

Se recomienda que los empleados sean entrenados para efectuar estas inspecciones rutinarias, efectuando los registros de las ocurrencias y procedimientos adoptados para su solución.

2- Aguas superficiales y subterráneas

Cuando este previsto en el proyecto del relleno sanitario en zanjas o cuando sea requerido por el órgano ambiental, en función de las condiciones físicas locales, el monitoreo de aguas superficiales y/o subterráneas deberá efectuarse conforme a las directrices contenidas en las licencias expedidas por el órgano ambiental.

5.2.2 Propuesta de disposición final de neumáticos

Una posible solución ante la situación de destino a las cubiertas inservibles en Neuland, es la incorporación de las mismas en las masas asfálticas de pavimentos de las carreteras, que puede ser realizada según los procesos:

- 1- Proceso seco: las cubiertas previamente trituradas y secas son adicionadas a minerales precalentados y al asfalto durante el mecanizado de la masa asfáltica. El producto resultante de este proceso es denominado concreto asfáltico modificado por la adición de goma de cubierta.
- 2- Proceso húmedo: el ligante asfáltico se calienta a aproximadamente 180°C y se mezcla con el polvo resultante de la molienda de los neumáticos, produciendo un nuevo tipo de ligante. Posteriormente se agregan minerales a ese nuevo ligante que después de ser mecanizado se transforma en asfalto ecológico.

La aplicación de goma de neumáticos a los pavimentos de carreteras tiene muchas ventajas como por ejemplo, la reducción del ruido y el mantenimiento del pavimento con un aumento del 30% en la vida útil del mismo, retraso en la aparición de grietas, entre otros.

La pirolisis de neumáticos es otra tecnología utilizada en el reciclaje de neumáticos. La pirolisis es el proceso en el cual materiales de composición química compleja son sometidos a la temperatura y presión apropiadas para que ocurra la transformación de estos en hidrocarburos en forma de aceite y gas.

Otra alternativa para la disposición es el co-procesamiento de los neumáticos en hornos de cemento, es una actividad que proporciona el aprovechamiento térmico de los neumáticos, reduciendo la quema de combustibles fósiles no renovables. Además, incorpora al cemento el acero contenido en los neumáticos. La tecnología de co-procesamiento en hornos de cemento consiste en eliminar residuos inservibles a altas temperaturas en hornos de cemento. Con el uso de esta tecnología se eliminan los residuos peligrosos de forma ambientalmente adecuada. La transformación de los neumáticos inservibles en combustible alternativo que puede ser utilizado en la fabricación del cemento reduciendo su costo es otra ventaja, además de mejorar la condición de salud de la población con la eliminación de los posibles focos de dengue presentes en las cubiertas viejas.

También se puede mencionar el proceso de desvulcanización del caucho de los neumáticos que implica la trituración y la quiebra de las conexiones químicas. El caucho desvulcanizado tiene los más variados usos, tales como cobertura de áreas de ocio y cuadras deportivas, aislantes acústicos, alfombras para automóviles, suelas de zapatos, pinturas industriales e impermeabilizantes, adhesivos, sellantes industriales, cámaras de aire, pallets, carreteras, señalizadores de tránsito, rodillos para muebles, correas y otros.

5.3 Análisis y Consideraciones

En el presente trabajo se realizó el diagnóstico del gerenciamiento actual de residuos sólidos en la Colonia Neuland de Paraguay. Las etapas, desde la generación hasta el destino final fueron relevadas obteniendo informaciones generales. El relevo de datos cualitativo y cuantitativo sobre las actividades de gerenciamiento y gestión en curso fue fundamental para el adecuado planeamiento de mejoras y propuestas de acciones en el sistema. Fue imprescindible estimar la generación per cápita de residuos sólidos urbanos.

Actualmente en Neuland depositan los residuos sólidos en un vertedero a cielo abierto. En el desarrollo del trabajo se han detallado las consecuencias negativas que acarrea el uso de ese tipo de disposición final inadecuada. Por tanto la propuesta de acción para subsanar esta realidad es la implementación de un relleno sanitario en zanjas, por ser considerada la forma de disposición más adecuada para las características que presenta esta comunidad.

Se ha calculado cuantas zanjas deberían ser construidas en un periodo de 20 años de vida útil del relleno sanitario teniendo en cuenta la dimensión de cada zanja para depositar los residuos en base al volumen generado. La propuesta se realizó para zanjas en forma de paralelepípedo, con lo cual ha resultado 300 zanjas de dimensiones 33 metros de largo con 3 metros de ancho y 3 metros de profundidad.

De todos modos se ha analizado también la posibilidad de construir zanjas trapezoidales con inclinación 1:1, estos cálculos se detallan en el Apéndice B, donde se ha obtenido el largo de superficie igual a 20 metros y el largo en la base igual a 14 metros, con ancho de superficie igual a 8 metros y ancho de base igual a 2 metros manteniendo la profundidad de 3 metros. Los cálculos para el relleno sanitario trapezoidal han arrojado el mismo resultado en cuanto a la cantidad de zanjas igual a 300, sin embargo variará la dimensión del área del terreno escogido.

En el relleno sanitario propuesto no se ha previsto la colocación de mantas impermeabilizantes teniendo en cuenta que Neuland es una comunidad con baja generación de residuos, por lo que se reducen los costos si la elección del terreno es suficientemente impermeable y la capa freática lo permite. Sin embargo, si no fuese posible la impermeabilización con el suelo local del terreno escogido se deberá prever la colocación de las mantas plásticas.

En cuanto a la disposición inadecuada de neumáticos se ha propuesto sugerencias de acciones según las actividades realizadas en Brasil pero para una posible implementación de estas propuestas en Paraguay, se debería ver la factibilidad de realizarlas. No obstante la mejor solución para estos residuos se estaría enfocando en la reutilización y reciclaje en las propias casas de los ciudadanos, convirtiéndolos por ejemplo en hamacas, arenero, planteras, sillas, mesas, elemento decorativo para el hogar, entre otros.

6 CONCLUSIÓN

Entre las características del municipio que interesan para un proyecto de relleno sustentable de residuos sólidos domiciliarios, se encuentran los datos sobre la población, las actividades socio-económicas predominantes y la infraestructura para los servicios de saneamiento básico. Es fundamental conocer el número de habitantes y la estimación de crecimiento poblacional así como otros hábitos que definan el tipo de comunidad que habita en la ciudad y genera los residuos que posteriormente serán dispuestos en el medio ambiente.

La construcción de un relleno sanitario en zanjas es una opción de propuesta ante la situación de disposición final de residuos sólidos en Neuland, donde actualmente se cuenta con un vertedero a cielo abierto sin ningún tipo de control ambiental.

El sistema de rellenos en zanjas, desarrollado en el presente trabajo, está proyectado para un periodo de 20 años, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y el aumento de la generación de residuos sólidos por habitantes. Así mismo se debe contemplar un esquema de operación y control del relleno sanitario, con el objetivo de aumentar la eficiencia del funcionamiento y garantizar la protección del medio ambiente y alrededores.

Tanto para el caso de disposición de los neumáticos como para los residuos sólidos urbanos la reutilización y el reciclaje son factores claves para la reducción del volumen de residuos generados por la población. Con ello la vida útil del relleno sanitario aumentaría, además de economizar y proteger los recursos naturales.

La implementación de la colecta selectiva en Neuland también influiría de manera positiva pero dependerá exclusivamente de los hábitos de los residentes de la colonia y de una previa concientización a los ciudadanos ya que la separación de los materiales reciclables realizaría cada persona en su hogar, que es la fuente generadora.

REFERENCIAS

ABNT. **NBR 10004.** Resíduos Sólidos – Classificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2004.

AMAZONAS, M. Compostagem de lixo urbano. Projeto Reciclagem. São Paulo. Revista São Paulo, v.1, n.2. 1990.

BIDONE, F. R.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** São Carlos: Rima Artes e textos, 1999. p.120.

BRASIL. **Lei no 12.305/10**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636> Acesso em: 10 setiembre 2018.

CAMPOS, J. O.; BRAGA, R.; POMPEU, F. C. **Manejo de Residuos: pressuposto para a gestão ambiental.** Rio Claro: Laboratorio de Planejamento Municipal – Deplan – IGCE UNESP (Universidade Estadual Paulista). 2002.

CASTILHOS, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com enfase na proteção de corpos de água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários.** 1 ed. Rio de Janeiro: SERMOGRAF, 2006.

CETESB. **Manual de operação de aterro sanitário em valas.** COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SAO PAULO. SAO PAULO, p. 24. 2010.

CODISA. Programa de saneamiento y agua potable para el Chaco y ciudades intermedias de la Región Oriental del Paraguay – Informe N° 2. 2015.

CORTEZ, A. T. C. **Manejo de Residuos: pressuposto para a gestão ambiental.** Rio Claro: Laboratorio de Planejamento Municipal – Deplan – IGCE UNESP (Universidade Estadual Paulista). 2002.

DIAZ, M. R. et al. Secretaria Técnica de Planificación. **Evaluación regional Servicios de manejo de residuos sólidos municipales**, 2004.

DIONYSIO, L. G. M. y DIONYSIO. R. B. et al. **Lixo Urbano: Descarte e reciclagem de materiais**, 2009.

FEAM Fundação Estadual Do Meio Ambiente. **Lixo?**. Como destinar os resíduos sólidos urbanos. 3 ed. Belo Horizonte: Everesty Gráfica e Editora Ltda., 2002. 45 p.

FERREIRA, J. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro, Editora FIOCRUZ, 2000.

FIPAI Fundação para o incremento da pesquisa e do aperfeiçoamento industrial. **Projeto de aterro sanitário de resíduos sólidos domiciliares do Município de Boa Esperança do Sul - SP**. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 2002.

FONSECA, E. **Iniciação ao estudo dos resíduos sólidos e da limpeza urbana**. 2 ed. São Paulo: JRC Gráfica e Editora, 2001.

GODOY, S. G. et al. Relatorio de Impacto Ambiental. Recolección y Transporte de Resíduos Sólidos Urbanos, Talleres, Lavadero y Oficinas Administrativas, 2018.

IBAM Instituto Brasileiro De Administração Municipal. **Manual de limpeza pública**. 1 ed. Rio de Janeiro: Serviço Editorial, 1973.

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São paulo S.A./ Compromisso empresarial para reciclagem (CEMPRE). **Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado**. Publicação IPT 2622, São Paulo/SP, 2000.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande – PB, 2002.

LIMA, L. M. Q. **O Tratamento do lixo**. São Paulo: Hemus, 1985.

MANSOR, M. T. C. et al. **Resíduos sólidos**. 1 ed. São Paulo: SMA, 2010. 76 p.

PENIDO, J. H. et al. **Manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. (Gestão integrada de resíduos sólidos). Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

PHILIPPI JR, A. **Resid'99: Seminário sobre resíduos sólidos**. Sao Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1999.

PHILIPPI JR, A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** 2. ed. São Paulo: Barueri Manole, 2018.

PIVA, A. M.; WIEBECK, H. **Reciclagem do plástico:** Como fazer da reciclagem um negócio lucrativo. 1 ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2011.

Programa De Pesquisa Em Saneamento Básico. **Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos.** 1 ed. Rio de Janeiro: ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 65 p.

RIBEIRO, Daniel Véras; MORELLI, Márcio Raymundo. Resíduos sólidos: Problema ou Oportunidade?. Rio de Janeiro: Editora Interciencia Ltda., 2009. 158 p.

SOURBERLICH, E. Relatorio de Impacto Ambiental- Proyecto de adecuación ambiental de la infraestructura de la Cooperativa Neuland Ltda, 2015.

STP. Evaluación regional Servicios de manejo de residuos sólidos municipales – Informe Analítico Paraguay. 2004.

TCHOBANOGLOUS, G; THEISSEN, H; VIGIL, S. **Gestión integral de residuos sólidos,** 1998.

Apéndice A – Cálculo de dimensionamiento de la zanja en formato paralelepípedo

R: Cantidad de residuo a ser enterrado por día (ton/dia)	6
B: Ancho de la zanja (m)	3
H: Profundidad de la zanja (m)	3
γ: Peso específico del residuo (ton/m ³) = 0,6 (para residuos sólidos sin compactar)	0,6
Largo de la zanja (m) L=(30*R)/(B*H*γ)	33,3333333
Cantidad de Residuos por enterrar en 20 años (toneladas)	44956
Volumen total de residuos en 20 años : Masa (ton) / Densidad (ton/m3)	74926,6667
Volumen total= 20% sobre volumen para tierra de cobertura (m3)	89912
Capacidad de volumen de zanja dimensionada L*B*H	300
Cantidad de zanjas a construirse en 20 años	299,706667

Apéndice B – Cálculo de dimensionamiento de la zanja en formato trapezoidal

R: Cantidad de residuo a ser enterrado por día (ton/dia)	6
B: Ancho medio de la zanja (m)	5
H: Profundidad de la zanja (m)	3
γ: Peso específico del residuo (ton/m ³) = 0,6 (para residuos sólidos sin compactar)	0,6
Largo de la zanja (m) L=(30*R)/(B*H*γ)	20
Cantidad de Residuos por enterrar en 20 años (toneladas)	44956
Volumen total de residuos en 20 años : Masa (ton) / Densidad (ton/m3)	74926,6667
Volumen total= 20% sobre volumen para tierra de cobertura (m3)	89912
Capacidad de volumen de zanja dimensionada L*B*H	300
Cantidad de zanjas a construirse en 20 años	299,706667