Universidad Nacional de Caaguazú

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO

JOSÉ ENRIQUE CARBALLO RAMÍREZ

AÑO 2019

Universidad Nacional de Caaguazú

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO

PROYECTO FINAL DE GRADO

Carrera: Ingeniería Civil

Especialidad: Saneamiento y Medio Ambiente

Autor: José Enrique Carballo Ramírez

Tutor: Juan José María Messuti Fiorio

AÑO 2019

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

AGRADECIMIENTOS

Inicialmente quiero agradecer a Dios por haberme dado la fuerza, constancia y dedicación para poder llegar a este momento tan importante y darme la oportunidad de realizar este trabajo.

A mis padres por ser los pilares fundamentales de mi vida por ser mi apoyo incondicional por darme una excelente educación encaminándome siempre con amor corrigiendo mis faltas y dándome consejos en todo momento de mi vida.

A mis hermanos por ser unos verdaderos amigos y motivándome siempre a la realización de este trabajo.

Al Ingeniero Juan José Messuti por su valiosa colaboración, comprensión y por impartir conmigo sus conocimientos para la elaboración del presente trabajo.

A los grandes amigos que hice en este largo proceso, porque no solo dejaron enseñanzas y hermosos recuerdos sino una amistad verdadera y para toda la vida.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 13
2. OBJETIVOS 15
2.1. Objetivo General 15
2.2. Objetivos Específicos 15
3. PLANTEAMIETO DEL PROBLEMA 15
4. SOLUCIÓN PROPUESTA POR EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN 17
5. JUSTIFICACIÓN 18
6. MARCO TEORICO 20
6.1. Antecedentes 20
6.2. Marco Legal: 23
6.2.1. Clasificación de los Residuos Sólidos 29
6.3. Residuos Sólidos Urbanos. 32
6.3.1. Actividades generadoras de RSU. (Jaramillo 2002) 33
6.3.2. Composición de los Residuos Sólidos Urbanos. 34
6.3.3. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los RSU 34
6.3.4. Problemática de los RSU 36
6.3.5. El problema Higiénico-sanitario 37
6.3.6. El problema ambiental 37
6.4. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAÍS 38
6.4.1. La gestión de residuos sólidos urbanos en Paraguay 38
6.4.3. Crecimiento per cápita de residuos sólidos urbanos 39
6.4.4. Situación de los Residuos En Paraguay. 40
6.4.5. La composición de los residuos sólidos en Paraguay 41
6.5. Ciudad de Coronel Oviedo. 42
6.6. Gestión integral de los Residuos Sólidos municipales 43
6.6.1. Manejo de los Residuos Solidos 44
6.7. Disposición Final de los Residuos Solidos 44
6.7.1. Tratamiento de los Residuos: 45
6.7.4. Incineración 47
6.8. Disposición Final en Relleno Sanitario. 48
6.8.1. Relleno sanitario mecanizado 49
6.8.2. Relleno sanitario semimecanizado 49
6.8.3. Relleno sanitario manual 50
6.8.4. Método de trinchera o zanja 52

6.8.5. Método de área ... 52
6.8.6. Combinación de ambos métodos ... 53
6.9. Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario ... 53
6.10. Producción de Liquido Lixiviados en El Relleno Sanitario ... 56
6.10.1. Alternativas de tratamiento de los lixiviados ... 57
6.11. Maquinarias Utilizadas en los Rellenos Sanitarios ... 57
6.11.1. Operación durante la conformación de la celda ... 58
6.11.2. Operación de maquinaria en el relleno sanitario ... 60
6.11.3. Tipos de equipo ... 64
6.12. Uso futuro del relleno sanitario ... 82
7. MARCO METODOLOGICO ... 84
7.1. Recolección de residuos ... 84
7.2. Localización del sitio de disposición final de los RSU. ... 86
7.3. Descripción del sitio ... 88
8. MÉTODOS Y TÉCNICAS A UTILIZAR ... 93
8.1. Diseño de infraestructura de Relleno Sanitario Mecanizado ... 93
8.1.1. Selección del método ... 93
8.1.2. Determinación de la Vida Útil del Relleno Sanitario. ... 96
8.1.3. Estudios básicos ... 96
8.1.4. Dimensiones del Relleno Sanitario ... 97
8.1.5. Generación de residuos solidos ... 97
8.1.6. Calculo del área necesaria ... 98
8.1.7. Generación de Residuos Solidos ... 99
8.1.8. Cálculo del área necesaria para disponer los residuos sólidos ... 101
8.1.9. Diseño de Zanjas ... 103
8.1.10. Calculo de la cantidad de las trincheras ... 104
8.1.11. Calculo de las celdas diarias ... 105
8.2. INFREAESTUCCTURA PERIFERICA DEL RELLENO SANITARIO ... 108
8.2.1. Captación y drenaje de agua de escorrentía ... 108
8.2.2. Escurrimiento superficial ... 108
8.2.3. Canalización ... 112
8.2.4. Vías de acceso ... 116
8.3. DRENAJE LIQUIDO LIXIVIADO ... 116
8.3.1. Generación del Lixiviado ... 116
8.3.2. Longitud de las zanjas de Lixiviados ... 118

8.3.3. Generación del Lixiviado 118
8.3.4. Longitud del sistema por zanjas para el líquido lixiviado 119
8.3.5. Colectores de Lixiviado 119
8.3.6. Estación de Bombeo 122
8.3.7. Consideraciones básicas de Diseño 122
8.3.8. Tratamiento del líquido lixiviado 125
8.3.9. Dimensionamiento de lagunas 128
8.3.10. Emisario 134
8.4. DRENAJE DE GASES 135
8.5. MAQUINARIAS 135
8.6. CONSTRUCCIONES AUXILIARES 136
8.6.1. Área de amortiguamiento y protección 136
8.6.2. Caseta de control 136
8.6.3. Instalaciones Sanitarias y comedor 136
8.6.4. Oficinas administrativas 136
8.6.5. Tinglado de recuperación de residuos 137
8.6.6. Tinglado de maquinarias 137
8.6.7. Zona de lombricultura 137
8.6.8. Equipo de protección colectiva 137
8.6.9. Paisajismo 137
8.7. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO 138
8.7.1. Costo de Inversión 138
8.7.2. Costo de Obras Civiles 139
8.7.3. Costo operacional 141
8.8. IMPACTO AMBIENTALES DEL RELENO SANITARIO 144
8.8.1. Posibles impactos en el relleno sanitario 145
8.8.2. Impactos por etapas 148
9. CONCLUSIONES 153
10. BIBLIOGRAFÍA 164
11. ANEXOS 170

INDICE DE FIGURAS

Figura 6.1 Clasificación de los residuos a partir de la actividad económica 57
Figura 6.2 Compactación de maquinaria y su eficiencia 58
Figura 6.3 Curva de rendimiento de compactación 58
Figuro 6.4 Tractor sobre orugas con hoja topadora 59
Figura 6.5 Compactadores pata de cabra con hoja topadora..... 61
Imagen 6.6 Valores de la compactadora pata de cabra con hoja topadora 62
Figura 6.7. Cargadores frontales 63
Figura 6.8 Valores típicos del cargador frontal 64
Figura 6.9. Cargadores sobre orugas..... 65
Figura 6.10. Valores típicos de cargador sobre oruga 66
Figura 6.11. Excavadoras sobre orugas 67
Figura 6.12 Valores típicos de la excavadora sobre oruga 69
Figura 6.13. Excavadoras con palas frontales..... 70
Figura 6.14 Motoniveladoras 71
Figura 6.15 Valores típicos de motoniveladoras 71
Figura 6.16 raspadoras 72
Figura 6,17 Capacidad de movimiento de la tierra para suelos promedios(m3/h) 73
Figura 6.17. Compactadoras con ruedas neumáticas 74
Figura 6.18. Compactadoras de tambor vibratorio autopropulsadas..... 75
Figura 6.18. Compactadoras de tambor vibratorio autopropulsadas..... 77
Figura 7.1. Hoja de rutas de camiones recolectores 78
Figura 7.2. Ubicación del sitio para el relleno sanitario 78
Figura 7.3. Delimitación del sitio para el relleno sanitario 79
Figura 8.1. corte trasversal de la trinchera 97
Figura 8.2. sección transversal de la zanja 102
Figura 8.3. Cuencas que Intervienen en el Área del Proyecto. 107
Figura 8.4. Mini Cuenca de Diseño..... 107
Figura 8.5. Dimensiones del Canal 109
Figura 8.6 Sección Transversal de los Drenajes de Lixiviado 116
Figura 8.7 Sección Longitudinal de los Drenajes de Lixiviado..... 116
Figura 8.8. Curva de desempeño de la bomba Flygt 3085 de 50 Hz 118
Figura 10.1 Fosa excavada 156
Figura 10.2 Arborización Perimetral 156

Figura 10.3 Acceso Principal al Relleno Sanitario 157
Figura 10.4 Zanjas Clausuradas 157
Figura 10.5 Vista Superior del Relleno Sanitario 158
Figura 10.6 Tinglado de Recuperación de Residuos 158
Figura 10.7 Vista de las Lagunas de Estabilización 159
Figura 10.8 Tinglado de Maquinarias 159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 7.1. Recolección por Zonas 79
Tabla 7.2. de estimación de número de camiones recolectores. 79
Tabla 7.3. Criterios de la SEAM para la selección de áreas de rellenos sanitarios 83
Tabla 7.3.1 Criterios de exclusión R N° 282/04 vs Condiciones del terreno 85
Tabla 7.3.2 Criterios de técnicos R N° 282/04 vs Condiciones del terreno 85
Tabla 7.3.3. Criterios de económicos R N° 282/04 vs Condiciones del terreno 86
Tabla 7.3.4. Criterios de político-social R N° 282/04 vs Condiciones del terreno 86
Tabla 8.1. Selección de Método 88
Tabla 8.2. Cálculo de la generación de residuos sólidos..... 91
Tabla 8.4. Cantidad de Residuos Sólidos Generados 94
Tabla 8.5. Datos necesarios para el cálculo del área total del relleno sanitario 95
Tabla 8.6. Dimensiones del relleno sanitario con proyección a 20 años 96
Tabla 8.7. Dimensiones de la Zanja 97
Tabla 8.8. Cálculo de la cantidad de trincheras..... 99
Tabla 8.9 cálculo del avance para la primera camada y volumen de cobertura necesaria para un día. 100
Tabla 8.10. Cálculo del avance para la segunda camada y volumen de cobertura necesaria para un día 101
Tabla 8.11 Cálculo del avance para la tercera camada y volumen de cobertura necesaria para un día..... 102
Tabla 8.12. Rango de valores del coeficiente de escurrimiento 104
Tabla 8.13. Cálculo del tiempo de escurrimiento en el terreno..... 108
Tabla 8.14 Parámetros usados en la cura I.D.F. de Villarrica 108
Tabla 8.15. Cálculo del caudal producido por la lluvia de diseño 108
Tabla 8.16 Dimensiones del canal y caudal a transportar y la duración del recorrido. . 109
Tabla 8.17. Calculo del Colector de Lixiviados y la tubería emisora 115

Tabla 8.18. Reducción de DBO_5 función al tiempo de retención. 122
Tabla 8.19 Datos de la correlación de carga deDBO 124
Tabla 8.20. Parámetros de dimensionamiento de lagunas 126
Tabla 8.21. Dimensionamiento de laguna anaeróbica 126
Tabla 8.22. Dimensionamiento de la primera laguna facultativa 127
Tabla 8.23. Dimensionamiento de la segunda laguna facultativa 127
Tabla 8.24 Dimensionamiento de las lagunas de maduración 127
Tabla 8.25. Comparación entre valores de cálculo y de la resolución 222/02 de la SEAM 128
Tabla 8.26 Cálculo del colector de lixiviados y la tubería emisora 128
Tabla 8.27 Resumen de Inversión del proyecto 132
Tabla 8.28. Inflación anual del Paraguay 133
Tabla 8.29. Costo de Movimiento de suelos 134
Tabla 8.30. Costos de Obras de desagüe del Relleno Sanitario 135
Tabla 8.31. Asignación Salarial del Personal 136
Tabla 8.32. Carga social del Personal tipo A, B y C 136
Tabla 8.33. Carga social de Personal Tipo D 137
Tabla 8.34. Evolución de Salario Mínimo del Paraguay 137
Tabla 8.35. Costo de Recursos Humanos 138
Tabla 10.1 Computo métrico del Relleno Sanitario 149
Tabla 10.2 Computo métrico de los Tinglados 150
Tabla 10.3 Computo métrico de las Oficinas Administrativas 151
Tabla 10.4 Computo métrico del Comedor y Sanitarios 152
Tabla 10.5 Computo métrico de la Caseta de Seguridad 153
Tabla 10.6 Computo métrico del abastecimiento de Agua 154
Tabla 10.7 Computo métrico de las maquinarias 154
Tabla 10.8 Computo métrico del Sistema de Reciclaje 155
Tabla 10.9 Computo métrico del área de Lombricultura 155

RESUMEN

La disposición final de los residuos sólidos ha alcanzado en muchos países un alto rango de importancia, respondiendo a los llamados internacionales por alcanzar la sustentabilidad del medio ambiente y proteger la salud pública, desde un enfoque de la economía de los recursos naturales. Se ha propuesto el diseño del sitio de disposición final de los residuos sólidos que cubra las necesidades de la ciudad de Coronel Oviedo. En un terreno con 30 Hts. se proyectó un Relleno Mecanizado con el método de Trinchera para la disposición final de los residuos sólidos, en total serán preparadas 157 trincheras de 1.160m^2. Para el tratamiento de lixiviados se calculas 6 lagunas de estabilización. Se determinó una vida útil para el relleno de 20 años. Se calcularon las obras complementarias relacionadas a la selección de los residuos, así como la construcción de oficinas administrativas, tinglado de recuperación de residuos, depósito de herramientas, vestidores y sanitarios para el personal, comedor - cocina

PALABRAS CLAVES: Gestión, Residuos Sólidos, Mecanizado, Trinchera, Lixiviado

Abstrac

The final disposal of solid waste has reached a high level of importance in many countries, responding to international calls to achieve environmental sustainability and protect public health, from a natural resource economy approach. The design of the final disposal site for solid waste that meets the needs of the city of Coronel Oviedo has been proposed. In a land with 30 Hts a Mechanized Fill was projected with the Trench method for the final disposal of solid waste, in total 157 trenches of 1,160m2 will be prepared. For the treatment of leachate, 6 stabilization gaps are calculated. A shelf life of 20 years was determined. Complementary works related to the selection of waste were calculated, as well as the construction of administrative offices, waste recovery shed, tool storage, dressing rooms and toilets for staff, dining room - kitchen

KEY WORDS: Management, Solid Waste, Machining, Trench, Leachate

1. INTRODUCCIÓN

Un residuo sólido se define como cualquier objeto o material de desecho que se produce tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que se abandona después de ser usado. El origen de estos residuos se debe a las diferentes actividades que se realizan día a día, pero la mayor parte de ellos es generada en las ciudades donde se producen los llamados residuos sólidos urbanos.

La gestión de los residuos sólidos ha alcanzado en muchos países un alto rango de importancia para la sustentabilidad del medio ambiente y proteger la salud pública, desde un enfoque de la economía de los recursos naturales.

El problema de la basura se viene agravando como consecuencia del crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas de estas ciudades, del desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida, el manejo inadecuado de estos desechos representa un peligro para la salud pública, para el medio ambiente y el deterioro de los recursos naturales.

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos diseñada para minimizar los impactos ambientales y sobre la salud pública, aplicando principios de Ingeniería para confinar los residuos sólidos en la menor área posible y cubriendo con capas de tierra para evitar la propagación de olores y conglomeración de vectores, previendo además la forma de evacuación y tratamiento de lixiviados y gases producidos durante el proceso de relleno y compactación de los RSU.

Es imprescindible que los municipios afronten racionalmente la administración de los residuos y eliminar los residuos de la manera más económica pudiendo lograrlo principalmente potenciando la educación ambiental de la comunidad dando a entender los efectos de la mala gestión.

Toda ciudad o pequeña localidad debe contar con un relleno sanitario propio o de un municipio cercano para disponer sus RSM. De lo contrario, se seguirá favoreciendo la práctica irresponsable del botadero a cielo abierto en su territorio.

Una de las diferencias entre un relleno sanitario y un botadero a cielo abierto es la utilización de material de cobertura (tierra) para confinar los residuos al final de cada jornada diaria y separar adecuadamente la basura del ambiente exterior.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar el sitio de disposición final de los residuos sólidos que cubra la necesidad de la ciudad de Coronel Oviedo.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la generación per cápita y la caracterización física de los residuos sólidos urbanos.
- Establecer la vida útil del relleno sanitario.
- Plantear, dimensionar y diseñar la infraestructura y el sistema de recolección requeridos para la disposición final.
- Diseñar las obras complementarias relacionadas a la selección de los residuos, así como la construcción de oficinas administrativas, depósito de herramientas, vestidores y sanitarios para el personal.
- Realizar un análisis económico financiero del proyecto.

3. PLANTEAMIETO DEL PROBLEMA

La masiva generación de residuos está creando un importante problema a nivel global, por lo que resulta urgente hallar las soluciones adecuadas para solventarlo de la forma más sostenible posible. El manejo de los residuos sólidos en una ciudad altamente urbanizada debe proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y sano. Los residuos son eliminados de manera inadecuada en la ciudad, por ejemplo el vertido a cielo abierto o la incineración que pueden provocar la contaminación de las aguas subterráneas y contaminación atmosférica. Una causa importante del mal manejo de residuos en la ciudad puede ser el poco

desarrollo tecnológico con el que cuenta la empresa encargada del aseo urbano para la disposición final de estos residuos.

En el Paraguay no existe una política de manejo de los residuos sólidos con respecto a las tasas y/o a la recaudación que resulte eficaz. En la actualidad solo se pueden aplicar tasas por la prestación del servicio, en el entendido de que las mismas se determinan a partir del costo del servicio.

La situación del manejo de residuos sólidos en nuestro país, por lo general es de carácter precario, se encuentra en un estado crítico desde los sistemas de recolección de los residuos sólidos hasta los sitios de disposición final, presentándose conflictos sociales en todos los departamentos por la contaminación que generan los sitios de disposición final de residuos sólidos. En la actualidad en la mayoría de los municipios los residuos se acumulan en botaderos a cielo abierto, en terrenos baldíos, las calles, o simplemente se queman a cielo abierto sin control, a pesar de que la Ley 3956/09 que regula la “Gestión Integral de los Residuos Sólidos en la República del Paraguay prohíbe dicho procedimiento, con la aplicación de fuertes multas para los infractores, siendo el MADES (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible) conjuntamente con las municipalidades de todo el país las entidades encargadas del control y cumplimiento de esta disposición

La capacidad de recaudación de los municipios es baja, lo que sugiere la necesidad de desarrollar estrategias para solventar esta situación.

Pregunta de Investigación

¿Cómo diseñar la disposición final de los residuos sólidos para la ciudad de Coronel Oviedo?

4. SOLUCIÓN PROPUESTA POR EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La situación de los residuos sólidos se viene agravando por un acelerado crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, crecimiento del desarrollo industrial, el desarrollo de una región viene acompañado de una mayor producción de residuos sólidos y esto ocupa un papel importante entre los distintos factores que afectan la salud de la comunidad.

Es imperativo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos ovetenses, mediante la protección del medio ambiente y profundizar los mecanismos de intervención y control necesario para garantizar la disposición final eficiente de los residuos. Constituye, por lo tanto, un motivo para que se implementen las soluciones adecuadas para resolver los problemas de su manejo y disposición final.

Es por ello que se considera la construcción de un relleno sanitario mecanizado, como el método de disposición final más conveniente, pudiendo de esta manera proporcionar y cumplir con las necesidades de conservar la salud pública y el bienestar social, así como la obligatoria conservación del medio ambiente.

5. JUSTIFICACIÓN

La humanidad está confrontada desde varias décadas con un aumento considerable de la cantidad de residuos producidos y de su nocividad. Aun tratándose de pequeñas cantidades, determinadas sustancias peligrosas contenidas en los residuos pueden ocasionar importantes efectos sobre el ambiente y la salud humana.

Los RSU tienen como principal problemática el incremento exponencial de su volumen debido al aumento progresivo de la población y su concentración en determinadas áreas, crecimiento progresivo de la generación per cápita de residuos, los escasos programas educativos a la comunidad sobre la temática, sistemas de tratamiento y/o disposición final inadecuados o inexistentes, falta de una evaluación integral de costos y asignación de recursos. Las prácticas inadecuadas de disposición final de las basuras, se producen por: la falta de recursos, preocupación o interés y/o conocimientos técnicos.

Los residuos pueden eliminarse por técnicas que, si son ejecutadas de forma incompleta, pueden conducir a una situación de impacto negativo sobre el entorno, por ejemplo, el vertido (basurero a cielo abierto) puede producir contaminación hidrológica y la incineración contaminación atmosférica.

Por lo expuesto es que se beneficia directamente la sociedad causante de este problema con la instalación de sistema de relleno sanitario de residuos sólidos.

Las autoridades locales Municipales deben procurar que la cantidad de residuos producida sea recogida y tratada correctamente además de obtener un reaprovechamiento óptimo de los mismos. Es importante lograr la gestión integral, y la adecuada disposición final de los residuos sólidos, proteger el ambiente, reducir

la explotación de los recursos naturales y alcanzar mejores niveles de salud y bienestar para la población.

6. MARCO TEORICO

6.1. Antecedentes

En el año 1993 comenzó la creación del Departamento de Residuos Sólidos en el servicio Nacional de Saneamiento Ambiental, así también el estudio de Residuos de Establecimientos de la Salud.

Entre los años 1993/94 se estableció un Plan de Manejo de los Residuos Sólidos en el Área Metropolitana de Asunción. A finales del año 1994 e inicios del año 1995 el Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental implementó planes de manejo de Residuos Sólidos en varias ciudades.

Con el inicio de la cobertura de los servicios residuos sólidos urbanos en el año 1995 el total de la población urbana del país con recolección fue Inferior al 25%; Asunción Inferior al 80%; Área metropolitana de Asunción en el orden del 33%. Los Rellenos Sanitarios se implementaron en Ciudad del Este (mecanizado) y Carapeguá (manual) – operaron por pocos años (1992-1995) en el resto del país solo se contaba con vertederos a cielo abierto. En el mismo año se aprobó el Convenio de Basilea (movimientos transfronterizos de Residuos Peligrosos), por ley N° 567/95 se desarrolló de reglamentaciones nacionales que no fueron aplicadas finalmente.

En 1996 se propuso la Reglamentación S. G. N°. 548/96: Normas técnicas que reglamentan el manejo de desechos sólidos, sin impacto hasta el año 2000. Se iniciaron actividades de la Agencia internacional de Desarrollo de los Estados Unidos de Norte América (USAID) de la Agencia Española para la Cooperación Internacional (AECI), del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento –

Banco Mundial (BIRF), del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del World Wildlife Fund (WWF), de la Fundación Friedrich Ebert y otros

En el año 1998 se observó un aumento en la cobertura de los servicios de recolección de residuos sólidos urbanos con un total de la población urbana del país con recolección: 40%; Asunción: 90%. La administración del servicio de recolección en el país del sector privado 44%, en relación a la cobertura de la disposición final de las basuras: el 68% son vertederos a cielo abierto sin ningún tipo de control y el restante en un nivel muy bajo de lo que se podría llamar vertederos controlados. En esa época Paraguay generaba 1,100 kg/hab/día, según estudios en diversas ciudades.

En 1999 el país recibió una donación de Japón a la Asociación de Municipalidades del Área Metropolitana (AMUAM) – U$D 6.000.000) en vehículos, etc. Se ejecutó un plan para los Residuos Hospitalarios del Área Metropolitana de Ciudad del Este a cargo del Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental. En el departamento de Itapúa se crea la CONTECSA (Consultora Técnica de Ingeniería S.A.) que impulsa un plan para los Residuos Hospitalarios.

En el 2000 varias municipalidades elaboran Planes decenales de manejo de residuos sólidos.

Para el 2001 la Secretaría Técnica de Planificación, Organización Panamericana de la Salud realiza un análisis Sectorial de Residuos Sólidos del Paraguay. En cuanto a la Cobertura de los residuos sólidos urbanos para ese año el porcentaje total de la población urbana del país con recolección fue de 46%, interior: 35% y Asunción 92% y la administración del servicio de recolección en el país, sector privado menor al 37%.

La cobertura de disposición final de los RSU: 80% en vertederos a cielo abierto sin ningún tipo de control y el restante en vertederos controlados. Generación promedio de RSU: 1,038kg/hab/día (dicho valor disminuyó a causa de la crisis económica que afectaba a la región).

Entre los años 2001 y 2003: USAID ha financiado algunos estudios de la implementación de proyectos de pequeños rellenos sanitarios manuales, en varias ciudades del país, además de algunos proyectos de rellenos mecanizados.

Basado en un acuerdo y con la cooperación financiera de la Kreditanstalt für Wiederaufbau (KW) de Alemania se desarrolló el Plan Maestro para la gestión de residuos sólidos urbanos en la región oriental del Paraguay, a través del Consorcio FICHTNER-CONTECSA, realizándose conjuntamente un Estudio de Factibilidad para la Gestión Regional de Residuos Sólidos en las ciudades de Coronel Oviedo, Caaguazú y Villarrica.

Para finales del 2003 la cobertura de los servicios residuos sólidos urbanos se tradujo en un total de la población urbana del país con recolección igual a 56.7% interior: 48% y Asunción 98.5%. La administración del servicio de recolección en el país: sector privado 30%

Cobertura de disposición final de los RSU: 80% en vertederos a cielo abierto 70.9%; vertederos controlados, 24.2%; y rellenos sanitarios manuales, 4.9%

La Generación por persona: 1,088 kg/hab/día

Lila Aida Lopez Torres, presenta un estudio en noviembre 2008, en Honduras, C.A. sobres el MANEJO Y TRATAMIENTO ADECUADO DE DESECHOS SÓLIDOS DE SANTA ROSA DE COPÁN (ESTUDIO ECONOMICO SOCIAL Y AMBIENTAL). La presente investigación está orientada en la forma inadecuada que se le da al

manejo de los desechos sólidos en su disposición final, en Ciudad de Santa Rosa de Copán. Objetivo General Establecer las bases técnicas, económicas, financieras y ambientales para los servicios de recolección, manejo y disposición final de los desechos sólidos de la Ciudad de Santa Rosa de Copán, a través de la transformación, pero con una visión a futuro de cubrir servicios relacionados con la protección del medio ambiente.

Un estudio realizado en el 2013 en relación a la PROPUESTA DE GESTION SOBRE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS REGION DE O" HIGGINS CASO ESTUDIO: COMUNA DE MACHAL, Hernán Alcaíno Fuenzalida diciembre 2013, Objetivo General Diseñar e implementar un plan de reciclaje intra domiciliario que permita la disminución de la generación de RSD en la Comuna de Machalí. no existe una única solución para lograr una gestión ambientalmente adecuada de los residuos, sin embargo, es ampliamente aceptado que los principales esfuerzos deben privilegiar la minimización y el manejo previo a su disposición final.

6.2. Marco Legal:

Legislación Relacionada a la Disposición Final de Residuos

En los siguientes artículos 6, 7 y 8, se establecen los derechos básicos de los ciudadanos y se expone el interés fundamental que tiene el Estado en la preservación del ambiente y a través de ella, la conservación de la calidad de vida de los habitantes: (Constitución Nacional Py, 1992)

Artículo 6.- De la calidad de vida

La calidad de vida será promovida por el Estado mediante planes y políticas que reconozcan factores condicionantes, tales como la extrema pobreza y los impedimentos de la discapacidad o de la edad.

El Estado también fomentará la investigación de los factores de población y sus vínculos con el desarrollo económico social, con la preservación del medio ambiente y con la calidad de vida de los habitantes.

Artículo 7.- Del derecho a un ambiente saludable

Toda persona tiene derecho a habitar en un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado.

Constituyen objetivos prioritarios de interés social la preservación, la conservación, la recomposición y el mejoramiento del ambiente, así como su conciliación con el desarrollo humano integral. Estos propósitos orientarán la legislación y la política gubernamental.

Artículo 8.- De la protección ambiental

Las actividades susceptibles de producir alteración ambiental serán reguladas por la ley. Asimismo, ésta podrá restringir o prohibir aquéllas que califique peligrosas.

Se prohíbe la fabricación, el montaje, la importación, la comercialización, la posesión o el uso de armas nucleares, químicas y biológicas, así como la introducción al país de residuos tóxicos. La ley podrá extender esta prohibición a otros elementos peligrosos; asimismo, regulará el tráfico de recursos genéticos y de su tecnología, precautelando los intereses nacionales.

El delito ecológico será definido y sancionado por la ley. Todo daño al ambiente importará la obligación de recomponer e indemnizar.

Artículo 38.- Del derecho a la defensa de los intereses difusos

Toda persona tiene derecho, individual o colectivamente, a reclamar a las autoridades públicas medidas para la defensa del ambiente, de la integridad del hábitat, de la salubridad pública, del acervo cultural nacional, de los intereses del consumidor y de otros que, por su naturaleza jurídica, pertenezcan a la comunidad y hagan relación con la calidad de vida y con el patrimonio colectivo.

Pudiendo por el articulo 134 promover un amparo, en caso de ser omitido el reclamo, en casos de urgencia y en que se considere lesionado gravemente, o en peligro inminente de serlo, en derechos o garantías, para obtener la interrupción de las acciones que lo ponen en peligro.

El artículo 68, establece la obligación de los ciudadanos a acatar las regulaciones sanitarias establecidas, con el objetivo de proteger y promover la salud como un derecho fundamental:

Artículo 68.- Del derecho a la salud

Toda persona estará obligada a someterse a las medidas sanitarias que establezca la ley, dentro del respeto a la dignidad humana.

En los artículos 69 y 70, se demuestra el interés en la ejecución de medidas sanitarias y en el conocimiento y participación de los ciudadanos:

Artículo 69.- Del sistema nacional de salud

Se promoverá un sistema nacional de salud que ejecute acciones sanitarias integradas, con políticas que posibiliten la concertación, la coordinación y la complementación de programas y recursos del sector público y privado.

Artículo 70.- Del régimen de bienestar social

La ley establecerá programas de bienestar social mediante estrategias basadas en la educación sanitaria y en la participación comunitaria.

6.2. Los Residuos Sólidos. Conceptos Básicos.

Residuos sólidos son todos los residuos que surgen de las actividades humanas y animales, que se desechan como inútiles o no queridos. 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 y Vigil)

Se entiende por residuo todo material que es destinado al abandono por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza. Los residuos pueden clasificarse en sólidos, líquidos y gaseosos, de acuerdo a su estado físico. Agregándose los residuos pastosos, que comúnmente aparecen como producto de las actividades humanas. (Barradas, 2009)

Por su parte Corbitt (2003) define a los residuos sólidos como aquellos materiales que a juicio de las personas que lo generan, no presentan ningún tipo de valor y deben desecharse. Dichos residuos se generan casi en cualquier tipo de actividad, y su cantidad varía según el tipo de fuente, estación climatológica, zona geográfica y tiempo de duración de la actividad. El concepto de desperdicio o desecho viene determinado por la generación de materiales que no poseen un valor determinado para las personas que los generan, dichos residuos pueden representar una fuente de ingresos para otras personas, a través de procesos de reciclado o reutilización (Lopez Rivera, 2009)

Así mismo, Jaramillo y Zapata (2008) concuerdan que un residuo es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.

Los residuos sólidos son el subproducto de la actividad del hombre y se han producido desde los albores de la humanidad. Cada día aumentan en cantidad y variedad como consecuencia del incremento de la población humana y del desarrollo tecnológico e industrial. Su disposición final incorrecta ha ocasionado grandes problemas al ambiente, contaminando agua, aire y suelo. (Castrillón y Puerta 2004)

Klees y Coccato (2005) denominan Residuos sólidos urbanos - RSU - a todos los desechos que provienen de las actividades humanas y animales, que habitualmente son sólidos y que se tiran como inútiles o no deseados. Dentro de éstos se encuentran los Domiciliarios y/o municipales (casas de familia, colegios, instituciones públicas o privadas, limpieza y barrido de calles) Comerciales (supermercados, oficinas, hoteles, restaurantes), Industriales (Pequeños comercios, talleres industriales) y de Construcción y/o demolición (obras nuevas, refacciones o demoliciones). El manejo de los RSU se resume a un ciclo que comienza con su generación y acumulación temporal, continua con su recolección, transporte y transferencia y finaliza con la acumulación final de los mismos.

Facetti (2002) incluso hace una aclaración muy importante: “el termino residuo no corresponde con la acción de la palabra desecho, pues esta trae implícita la no utilidad de la materia”

En nuestra ciudad los RSU se disponen mayoritariamente a cielo abierto, sin recibir ningún tipo de tratamiento, o en enterramientos técnicamente mal operados, sin tomar precauciones como la impermeabilización del suelo y la captación de los lixiviados y gases resultantes de la descomposición de los RSU orgánicos. Es a partir de esta acumulación cuando comienzan los mayores problemas ecológicos, ya que los basurales se convierten en verdaderos focos de contaminación.

Este tipo de disposición altera el suelo, el agua y el aire. El manto vegetal se deteriora, el suelo se erosiona y pierde muchas de sus propiedades originales, como su friabilidad, textura, porosidad, permeabilidad, concentración de nutrientes, etc. La atmósfera se contamina con materiales inertes, gases y microorganismos. Puede ser un proceso irreversible. Además, tiene la perjudicial propiedad de facilitar la introducción de tóxicos en la cadena alimentaria. Hay varias formas de reducir el impacto negativo que produce un vertedero a cielo abierto, pero en general se apoyan en optimizar los procesos y minimizar los volúmenes de residuos generados, tendiendo al reciclado y la reutilización de éstos. (Klees, 2005)

Castells, X. Residuo es aquella sustancia u objeto generado por una actividad productiva o de consumo, de la que hay que desprenderse por no ser objeto de interés directo de la actividad principal. En general, todas las legislaciones suelen definir el residuo de una manera similar: como aquellas sustancia u objeto que no resulta útil para su poseedor y por lo cual tenga la intención, o bien la obligación de desprenderse de ella. Así pues, no es de extrañar que cualquier actividad genere

una gran cantidad de residuos. A ello han atribuido históricamente dos factores: El consumo y la obsolencia, y el precio muy bajo de los vertederos.

El mismo autor enfatiza el hecho de que al final de los procesos de tratamiento, y tratamientos, y tecnologías anticontaminantes, siempre se contabiliza un aumento de residuos, ya que a medida que se depuran las aguas residuales y las emisiones atmosféricas, se generan más residuos sólidos, debido a que en lugar de diluir y dispersar los contaminantes en el rio, mar, atmosfera, estos se separan y concentran en forma de residuos en fase sólida. Hay una urgente necesidad de reciclar.

Asimismo, la ley Nacional N° 3956/09 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, trasformación y utilización, que sea susceptible de ser tratado, reutilizado o recuperado en las condiciones tecnológicas y económicas del momento, por la extracción de su parte reutilizable (Paraguay 2009).

6.2.1. Clasificación de los Residuos Sólidos

Por su tipología, los desechos sólidos pueden clasificarse en (Cerrato, E. 2006):

Desechos domiciliarios: basura doméstica, ramas, muebles, etc.

Desechos industriales: aceites, cenizas, materias primas, etc.

Desechos agropecuarios: agrícolas y ganaderos.

Desechos mineros: químicos, materias primas, minerales, etc.

Desechos forestales: árboles, escombros, materia semiprocesada, etc.

Desechos peligrosos: hospitalarios, animales muertos, químicos, etc.

Desechos de construcción o escombros: arena, bloques, hierro, etc.

Desechos institucionales: papel, muebles, plástico, vidrio, etc.

Desechos comerciales: desechos orgánicos del mercado, etc. Existen otros tipos de desechos sólidos que no se clasifican en el listado anterior, tales como los excrementos o desechos sólidos humanos, por corresponder a otro tipo de servicio público como son los sistemas de redes de alcantarillado sanitario para la disposición final de las aguas residuales.

Dependiendo del sitio, el origen, los hábitos y las costumbres, el nivel de vida de la población y la tipología de los desechos, también se pueden clasificar los desechos sólidos en (Cerrato, E. 2006):

Desechos combustibles: Son los desechos sólidos que pueden incinerarse o arder con facilidad; desechos que producen energía calorífica. Entre estos se pueden mencionar el papel, la madera y el plástico, entre otros, y concentran muy poco nivel de humedad, especialmente en la época seca.

Desechos incombustibles: Son los desechos sólidos que no pueden arder o que resisten poderosamente la acción del fuego. Por ejemplo, los restos de construcción como arena y hierro, la chatarra, etc. Si nos atenemos a las características químicas y biológicas, los desechos sólidos se pueden clasificar en:

Desechos orgánicos: Son fácilmente fermentables o putrescibles, y provienen de los alimentos crudos o cocinados, restos de podas de jardines o árboles. Los restos de animales muertos también se incluyen en esta clasificación, a efectos de clasificación solamente, pero no para efectos de recolección y tratamiento, ya que la forma de recolección y disposición final es diferente, al igual que son diferentes las medidas higiénico sanitarias que deben observarse.

Una de las principales características de los desechos orgánicos es su capacidad de fermentación, lo que debe tomarse muy en cuenta a la hora de enfrentar la forma de tratarlos o aprovecharlos.

Debe tomarse en cuenta que si la fermentación se produce sin el control adecuado, los residuos se convierten en una fuente segura de generación de vectores (moscas, ratas, mosquitos, etc.).

Desechos inertes: Son los materiales que no son orgánicos y corresponden a muchos tipos, tales como vidrio, papel, gomas, cueros, lozas, cerámicas, arenas, cementos, calizas, alquitranes, pinturas, minerales, químicos, etc. La mayoría de los desechos inertes carecen de toxicidad, lo que facilita su manejo y reduce los riesgos sanitarios.

Aunque los textiles, la madera, el papel, el cuero y otros materiales son de origen orgánico, en el caso de la fermentación se consideran inertes por su mayor grado de estabilidad. Las localidades de mayor nivel de vida y urbanización, producen este tipo de desechos en mayores cantidades que las comunidades rurales o municipalidades de regiones con menor nivel de desarrollo. (Cerrato, E. 2006):

Gascon (2007) dispone que la clasificación de los residuos se puede establecer de acuerdo a las actividades económicas predominantes en los diferentes grupos de población, dichas actividades aportaran elementos definitivos para el diseño de la gestión, tales como el tipo de residuos de residuos esperados, la variación estacional que se pueda presentar, en su generación y en su composición, y la orientación normativa, en su caso, de algún tipo de actividad, respecto al manejo de estos residuos. Las actividades económicas, es base de un criterio más amplio,

que permite incluir, como aspectos a considerar, influencias del tipo social y económico.

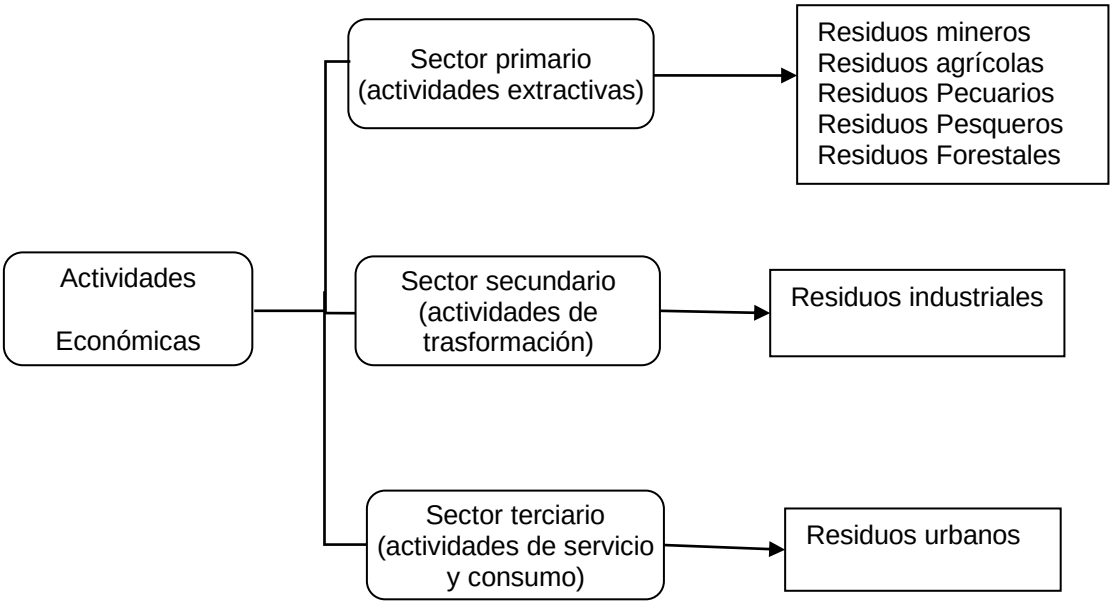


Figura 6.1 Clasificación de los residuos a partir de la actividad económica.

Fuente: Gascón (2007)

6.3. Residuos Sólidos Urbanos.

Los residuos sólidos conocidos comúnmente por “basuras”, que se producen en los núcleos de la población constituyen un problema para el hombre desde el momento en que su generación alcanza importantes volúmenes y como consecuencia, empiezan a invadir su espacio vital o de esparcimiento. Se incluyen dentro de los Residuos Sólidos Urbanos todos los que se generan en la actividad doméstica, comercial y de servicios, así como los precedentes de la limpieza de calles, parques y jardines. (Barradas, 2009)

6.3.1. Actividades generadoras de RSU. (Jaramillo 2002)

Residencial y domiciliario: Están compuestos por desperdicios de cocina, papeles y cartones, plásticos, vidrios, metales, textiles, residuo de jardín, etc.

Comercial (Almacenes, oficinas, mercados, restaurantes, hoteles y otros): Cuyos componentes son básicamente papel, cartos, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos.

Institucional (Oficinas públicas, escuelas, colegios, universales, servicios públicos y otros) compuestos por papel, cartos, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos.

Industria (Manufactura, confecciones de ropas, zapatos, sastrerías, carpinterías, etc.) se componen por residuos de proceso industrial, materiales de chatarra, etc. Incluyen residuos de comida, cenizas, demolición y construcción, especiales y peligrosos.

Barrido de vías y áreas públicas: Residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas, excrementos de animales. (Jaramillo 2002)

Según Theisen; el origen de los residuos en una comunidad está en general, relacionados con el uso del suelo y su localización. Aunque pueden desarrollarse un numero variable de clasificaciones sobre los orígenes, las siguientes categorías son útiles: 1) domestico, 2) comercial, 3) institucional, 4) construcción y demolición, 5) servicios municipales,) zonas de plantas de tratamiento, 7) industrial, y 8) agrícola.

Corbitt (2003), la cantidad de residuos sólidos generada varía según la estación climatológica, la posición geográfica y el tiempo de duración de la actividad.

Los residuos se presentan en estado sólido, semisólido o semilíquido, cabe destacar que el líquido contenido en ella no debe fluir (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, IPT 1998)

6.3.2. Composición de los Residuos Sólidos Urbanos.

Según Orozcos (2008), la composición de los RSU puede ser muy variable en función a la forma de vida de la población, por lo que la información sobre la misma es fundamental para diseñar la mejor gestión de estos. El termino composición se utiliza para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos y su distribución relativa. Los residuos urbanos engloban distintos productos o materiales de diferente naturaleza, que deben conocerse adecuadamente para poder ser gestionados en forma correcta. Los componentes más habituales presentes en los residuos más habituales presentes en los residuos urbanos son; Restos de comida, papel y cartón, plásticos, vidrio, metales (aleaciones de hierro y aluminio principalmente), tetra pack (envases de leche y productos alimenticios), pilas y baterías, cenizas, tierra, medicamentos caducados, fluorescentes y bombillas, madera, etc.

6.3.3. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los RSU

Para la toma de decisiones sobre los sistemas de los residuos sólidos orgánicos se deben determina algunas propiedades más características de estos.

Propiedades físicas: según Orozco (2008) y Theisen (1994)

Densidad: peso de un material por unidad de volumen (kg/m^3), es un factor importante a determinar porque marca los volúmenes de los equipos de recogida y trasporte, el tamaño de los depósitos de recepción, la capacidad de los vererederos, etc.

Contenido de humedad: dependerá de la composición de los residuos, de la estación del año y de las condiciones meteorológicas y son necesarios evaluar la masa y el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados, así como su importancia en la producción de lixiviados, tratamientos de incineración, etc.

Tamaño de partícula y distribución del tamaño: es una consideración importante dentro de la recuperación de materiales.

Permeabilidad de los residuos compactados: es una propiedad que gobierna el movimiento de líquidos y gases dentro del vertedero.

Propiedades químicas:

La composición química de los componentes que conforman los RSU es importante para evaluar las opciones de tratamientos y recuperación de estos. Si los residuos sólidos van a utilizarse como combustible, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer según Theisen (1994) son: Análisis físico, punto de fusión de las cenizas, análisis elemental, contenido energético.

Por su parte Orozco (2008) afirma que los ensayos a los que deben someterse los RSU son:

- Material volátil combustible
- Carbono fijo
- Cenizas
- Temperaturas de fusión de las cenizas
- Análisis elementales de los componentes de los residuos
- Poder calorífico

Propiedades biológicas

Esta propiedad solo afecta a las fracciones orgánicas de los RSU, y no a las fracciones inertes.

Theisen (1994) clasifica estas propiedades de la siguiente forma:

- Constituyentes solubles en agua, tales como azucares, féculas aminoácidos y diversos ácidos orgánicos.
- Hemicelulosa
- Celulosa
- Grasa, aceites y ceras
- Lignina, presente en algunos productos de papel y en tablas de aglomerado.
- Lignocelulosa
- Proteínas

La característica biológica más importante, según el mismo autor, es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes.

6.3.4. Problemática de los RSU

Es un problema creciente, el cual esta fomentado por el aumento del consumo de los individuos, ya que, resulta más económico, en términos monetarios, producir nuevos productos, que son de corta vida útil, como los envases y empaques, que reutilizarlos o trasformarás en elementos útiles dentro del mercado. Con esta situación se genera una externalidad común, de la cual todos los individuos de la economía son responsables, poniendo de manifiesto la complementariedad entre bienes de consumo y empaques. Esto implica que, la mayor demanda de bienes, conduce a una mayor oportunidad de generación de residuos sólidos (Muñoz y Bedoya 2009).

Gascón (2007) afirma que **dos son los problemas** que platean los residuos de forma general: **uno, el aspecto higiénico-sanitario** al considerarse un medio adecuado para la propagación de enfermedades, cuando se tiene un mal manejo de ellos; **el otro, el aspecto ambiental**, al considerarse una potencial fuente de contaminación, también debido a la mala gestión de los residuos.

6.3.5. El problema Higiénico-sanitario

El problema higiénico-sanitario afecta directamente a la salud del hombre, al relacionar algunas enfermedades infecciosas a ciertos microorganismos presentes en los residuos. En los grupos de patógenos capaces de desarrollar enfermedades infecciosas, se pueden destacar principalmente a los virus, las bacterias, los hongos, los protozoos y los helmintos. El mecanismo de contagio puede ser variado; por inhalación de aerosoles (partículas pequeñas) procedentes de los residuos, a través de las manos, de la piel o por ingestión accidental o voluntaria, generalmente (Gascón 2007)

6.3.6. El problema ambiental

Para Gascón (2007) el concepto de medio ambiente es entendido como todo aquello que rodea al ser humano, y podemos considerarlo en forma general en tres partes; suelo, agua y aire. La contaminación del medio ambiente se puede caracterizar de la siguiente forma: contaminación biótica y química del agua, contaminación de los suelos, la producción de malos olores y contaminación atmosférica.

Toledo (2006) afirma que uno de los efectos ambientales más notorios es la perdida de la estética de las ciudades y del paisaje natural, por los residuos que se encuentran dispersos debido a una urbanización desordenada o de una incorrecta

gestión municipal, mientras que Jaramillo (2002) menciona que la degradación de paisaje natural, ocasionada por la basura arrojada sin ningún control, va en aumento; es cada vez más común observar botaderos a cielo abierto o basura amontonada en cualquier lugar.

6.4. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PAÍS

6.4.1. La gestión de residuos sólidos urbanos en Paraguay

No existe ciudad alguna de América Latina, donde la gestión de los residuos sólidos no haya constituido, en algún momento de su desarrollo, un verdadero trauma, sobre todo para las autoridades municipales.

Existen muchos mitos y falsas verdades respecto a la gestión de los residuos sólidos, tantos, como el desconocimiento de los verdaderos impactos ambientales y sociales que una mala gestión implica y es por ello que, en gran medida, los presupuestos municipales de la mayoría de las ciudades del Paraguay, son extremadamente bajos e insuficientes para encarar seriamente la problemática.

6.4.2. Gestión sostenible de los residuos desde las municipalidades

El aspecto institucional es el más descuidado por los municipios y es el que incide a largo plazo. Si las autoridades municipales no encaran seriamente la dotación de un equipo municipal directamente responsable de la GIRS en el municipio, el mismo no se sostiene. Cuando hablamos de responsabilidad, estamos diciendo de la necesidad de capacitar al personal municipal asignado a la tarea de la Gestión de Residuos, así como a la dotación de los recursos necesarios para una gestión eficiente.

La unidad o división calificada de la Municipalidad, encargada de la GIRS, debe cobrar las tarifas reales en concepto de servicio de recolección y de disposición de los residuos. En la generalidad de los casos, la Recolección y Disposición Final están subvencionadas internamente en la Municipalidad por otros tributos, lo que resulta en un servicio poco eficiente. En la mayoría de los casos, las tarifas no discriminan cantidad de basura producida en cada familia, lo que lleva a otro tipo de inequidad, pues se cobra igual a una familia de 2 miembros que a una familia de 10 miembros con alto nivel de consumo.

Por otra parte, las campañas de reciclaje realizadas por las municipalidades han generado muchos aprendizajes y pocos éxitos, pues se encaran desde la concepción del marketing político mientras que la pobreza es la que se halla en la base de esta problemática social. El desarrollo integral del municipio es el concepto más amplio que las autoridades podrían encarar, siendo la gestión de los residuos sólidos solo un aspecto de los muchos problemas que hoy encaran las municipalidades, aunque, por algo puede iniciarse el cambio del círculo vicioso hacia un círculo virtuoso en la gestión municipal (Abbate, J. 2011).

6.4.3. Crecimiento per cápita de residuos sólidos urbanos

La tasa promedio de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) 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 actualmente se está generando alrededor de 2.000 tn/día en las poblaciones urbanas (Tabares 2004).

6.4.4. Situación de los Residuos En Paraguay.

El Paraguay todavía continua sin solución o política definida en cuanto al gerenciamiento integral de los desechos sólidos producidos por las comunidades (Lima, 1997).

El mismo autor expresa que los problemas principales radican en la falta de cobertura del sistema de recolección de residuos y de sitios de disposición final, lo que se evidencia con los problemas sanitarios ya que se observan residuos en las calles, en lugares a cielo abierto, en arroyos, ríos y lagunas.

En Paraguay los servicios de recolección y disposición final de residuos están en manos del sector privado en un 44% y solo el 40% (de los cuales el 28% corresponde al interior del país) está a cargo de instituciones del Estado (Lima, 1997).

El problema de generación de residuos sólidos es creciente ya que los parámetros que la determinan son dinámicos, tales como: población, tecnología de producción, aumento de volumen por cambio de densidad, urbanización, cambios de hábitos de consumo (Facetti 2002)

En Paraguay actualmente habitan alrededor de 7 millones de personas. Cada una de ellas produce una cierta cantidad de basura que hoy en día va a pasar sin mucho tratamiento al ambiente en el que vivimos según Lovera, M. Ingeniero Agrónomo y doctor en Conservación in situ de Recursos Filogenéticos en la revista digital Paraguay.com 2015. La mayor concentración de población se halla en Asunción y Área Metropolitana, zona que posee dos enormes vertederos, en lo que queda del territorio es poco lo que se sabe acerca del tratamiento adecuado de los desechos. Asunción y Gran Asunción poseen dos rellenos sanitarios, uno el de Cateura y el

ubicado en la ciudad de Villa Hayes. No se tiene ni un sólo vertedero con los requerimientos técnicos necesarios, los cálculos no son realizados con base en un diseño óptimo que apunte a la sustentabilidad. Existe en nuestra cultura la costumbre de tirar la basura al agua porque eso viene de nuestras raíces guaraníticas, años atrás los desechos que se arrojaban consistían sólo en cáscaras de frutas. Pero las botellas de plástico (de 100 a 1000 años), vidrio (hasta 4000 años), pañales (500 años), tardan para su degradación. Una muestra de la irresponsabilidad con que se manejan los residuos en el país, se puede observar en los resultados de la Encuesta Permanente de Hogares de 2014 realizado por la Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos (DGEEC).

El 43,2 por ciento de la basura se quema, mientras que el 47,2 por ciento va a parar a recolección pública o privada mientras que el 6,2 por ciento se arroja a un hoyo, varios destinos tienen el restante 3,4 por ciento.

En la zona rural los porcentajes son alarmantes ya que casi el 76 por ciento de la basura se quema, 9,5 por ciento es recolectado, el 10,1 por ciento es arrojado a un hoyo, el restante 4,5 por ciento tiene varios destinos.

En las zonas urbanas hay una distribución diferente ya que más del 72 por ciento es recogido por la recolección, el 21,5 por ciento de la basura se quema, mientras que lo que resta se arroja a un hoyo y tiene varios destinos.

6.4.5. La composición de los residuos sólidos en Paraguay

Orgánicos en un 58,8%, por lo general son aquellos residuos biodegradables que tienen la capacidad de fermentar y ocasionar procesos de descomposición. Aunque la naturaleza los puede aprovechar como parte del ciclo natural de vida, cuando se

acumulan posibilitan la multiplicación de microbios y plagas, convirtiéndose además en potenciales fuentes de contaminación del aire, agua y suelo; el resto de los residuos que no sean orgánicos pertenecen a la categoría de inorgánicos en un 42,2% como latas, botellas, piedras y otros productos de uso cotidiano de origen industrial, que tienen un tiempo de desintegración larga o nula. Estos desechos no siempre resultan inservibles, existen diferentes formas de aprovechamiento o reutilización. (Lima 1997)

6.5. Ciudad de Coronel Oviedo.

Conocida anteriormente como la ciudad de Ajos, capital del departamento de Caaguazú, distante a 135 km de Asunción, cuenta con 130.000 habitantes, según datos municipales. (ABC Digital, 2014)

Legalmente constituida con el nombre de Coronel Oviedo en 1940 (en honor al coronel Florentín Oviedo), sus pobladores y turistas la siguen llamando la Villa de Ajos, denominación proveniente de las atribuciones históricas que señalan, por un lado, que en la localidad predominó la producción de ajos; sin embargo, otros aseguran que se debe a que fue gobernada por el español Jaime San Just (1749 y 1761).

Se accede al centro a través de una rotonda vial que sirve de conexión a la Ruta PY02 Mariscal Estigarribia, y la Ruta 8 Blas Garay, y que es una referencia para los rodados cuyos destinos son otros puntos capitalinos. Su ubicación estratégica permite a las multinacionales y firmas locales instalar sus sedes logísticas y, a otros. Con 12 barrios y 74 compañías, es considerada hoy un polo en desarrollo para inversiones comerciales, hoteleras, habitacionales y corporativas. En el distrito,

actualmente, funcionan 7732 comercios y ocho industrias de diversos sectores, entre los que resalta el de madera industrializada.

6.6. Gestión integral de los Residuos Sólidos municipales

Al proceso orientado a administrar eficientemente los recursos naturales existentes en un determinado territorio, buscando el mejoramiento de la calidad de vida de la población, con un enfoque de desarrollo sostenible se le denomina gestión ambiental. La gestión ambiental está conformada por una serie de acciones y programas que las autoridades municipales deben diseñar tomando en cuenta todos los elementos que puedan impactar al ambiente en su localidad; Gestión integral del agua, del aire, de los residuos, de la flora y la fauna silvestre, de la biodiversidad y las áreas naturales protegidas (Abbate, J. 2011).

Tiene que ser considerada como una parte integral se la Gestión Ambiental. Puede ser definida como la disciplina asociada al control del manejo integral de residuos sólidos municipales de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de ingeniería, de la conservación, de estética y de otras consideraciones ambientales, que responde a las expectativas públicas.

Dentro de su ámbito la GIRSM incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos. Las soluciones pueden implicar relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones y la conservación, así como la ingeniería y a ciencia de los materiales (Abbate, J. 2011).

6.6.1. Manejo de los Residuos Solidos

El manejo integral y sustentable de los RSM combina flujos de residuos, métodos de recolección, sistemas de separación, valorización y aprovechamiento del cual derivan beneficios ambientales y económicos que resultan en la aceptación social con una metodología versátil y practica que puede aplicarse a cualquier región. Esto se logra combinando opciones de manejo que incluyen tratamientos que involucran el reúso, reciclaje, compostaje, biogasificación, tratamientos mecánico-biológico, pirolisis, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en relleno sanitario

La minimización o reducción en la fuente, en realidad precede al manejo efectivo de los residuos y no es parte de él, ya que afectará el volumen generado, pero aun así habrá residuos que serán generados y requerirán de sistemas de GIRSM. Por lo tanto, además de la minimización o reducción en la fuente, es necesario un sistema efectivo para manejar los residuos restantes (Abbate, J. 2011).

6.7. Disposición Final de los Residuos Solidos

La eliminación de los residuos producido por una comunidad resulta uno de los problemas más complejos por las incidencias que tienen sobe la salud de la población y el deterioro general dl ambiente. La mayor parte de las ciudades latinoamericanas acostumbran a depositar los desechos recolectados en lugares a la intemperie, alejados del perímetro urbano, convirtiéndose así en vertederos a cielo abierto de basuras que son albergue y fuente de alimentos para insectos y roedores identificados como trasmisores de múltiples enfermedades al hombre y a los animales domésticos. Por otro lado, la quema de basura emite humos, gases y polvos que contaminan el aire, causando molestias a los habitantes del pueblo

aledaños. En muchos casos, la cercanía del vertedero con respecto a aeropuertos y carreteras, dificulta al tránsito aéreo y terrestre, pudiendo ocasionar accidentes. (Sakuai, CEPIS)

Por su parte Herrera (citado por Rolón 2002) la disposición final significa colocar los desechos en su lugar definitivo, es la última etapa de manejo de los residuos sólidos urbanos siguiendo inmediatamente a la recolección y transporte, es importante mencionar que en algunos casos antes de ser dispuestos son procesados, sufren transformaciones tendientes a mejorar los resultados económicos, sanitarios y ambientales. Los principales métodos de disposición final de los residuos sólidos son: el relleno sanitario, vertido a corrientes de agua o al mar, vertederos a cielo abierto, quema al aire libre y alimentación de animales.

Métodos de disposición final de residuos

Los principales métodos de disposición final de los residuos sólidos según Sakurai (CEPI) se citan a continuación:

- Relleno Sanitario
- Vertido a cursos hídricos
- Alimentación de animales
- Vertedero a cielo abierto
- Quema al aire libre

Siendo el relleno sanitario el único admisible por no crear molestia ni peligros a la salud pública.

6.7.1. Tratamiento de los Residuos:

El tratamiento de los residuos sólidos municipales tiene como objetivo principal disminuir los riesgos para la salud y su potencial contaminante. Por ello se deberá

optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales locales. (Jaramillo, 2002)

Los principales métodos de tratamiento son el compostaje, la lombricultura y la incineración, este ultimo de gran impacto en reducción de volumen.

6.7.2. Compost: Proceso aerobio de degradación de materia orgánica, con aumento de temperatura de forma controlada; se realiza por acción de microorganismos en presencia de aire para generar el abono orgánico llamado compost. (UAESP, 2014)

En términos generales el compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. La biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales originales en otras formas químicas. Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que haya invertido. Es por estas razones, que los controles que se puedan ejercer siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos (Sztern y Pravia 1999).

Consiste en la ruptura de los materiales orgánicos por la acción de un gran número de variados microorganismos, en un ambiente húmedo y tibio, para producir humus como producto final. Esta descomposición a través del compostaje es acompañada por la digestión enzimática de los materiales orgánicos por microorganismos del suelo. A medida que el proceso de compostaje continua la ruptura de materias

crudas hacia formas simples de proteínas y carbohidratos, estas se hacen más disponibles para una amplia variedad de hongos-actinomicetos y especies de bacterias que los llevaran a estados mayores de descomposición. (Fernández y Sánchez 2007)

6.7.3. Lombricultura: Como función ecológica de la lombriz participa en la degradación y mineralización de la materia orgánica del suelo (se les atribuye un 20% del total) reciclando las hojas muertas y otros materiales orgánicos para convertirlos en nutrientes que pueden utilizar las plantas y árboles; además, en el desplazamiento que realizan remueven la tierra y airean el suelo. (UAESP, 2014)

La lombricultura es una ecotécnica que mediante la cría y producción de lombrices permite transformar los residuos orgánicos en abonos y proteínas. En el intestino de la lombriz se llevan a cabo diversos procesos digestivos que incluyen la trituración, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano de la materia orgánica consumida por la lombriz, lo que da como resultado una degradación acelerada de los residuos y la obtención de abonos orgánicos con alto contenido de nutrientes. (de Gante Cabrera, 2013)

6.7.4. Incineración

Se define como un proceso térmico que conduce a la reducción en peso y volumen de los residuos sólidos mediante la combustión controlada en presencia de oxígeno. El objetivo de la incineración es reducir el volumen de los residuos sólidos urbanos transformándolos en materiales sólidos, gaseosos y líquidos, que pueden ser más manejables para su disposición final. Durante el proceso de incineración los residuos sólidos reciben un tratamiento térmico en presencia de aire transformándose en constituyentes gaseosos, los cuales se liberan a la atmósfera

y en un residuo sólido relativamente no combustible. Durante la combustión de los residuos en un incinerador se genera calor, lo que se conoce como “calor de combustión”, el cual puede ser aprovechado como fuente de energía para el mismo proceso o para otros como el calentamiento de agua o la generación de vapor. (BVSDE)

6.8. Disposición Final en Relleno Sanitario.

La “Asociación Americana de Ingeniería Civil - ASCE” nos ofrece una correcta definición e indica la metodología constructiva básica en la misma. “El Relleno Sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y la seguridad pública; tampoco perjudica al medio ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo, este método utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en la menor superficie posible, reduciendo su volumen por compactación al mínimo practicable, cubriéndola con capas de tierra diariamente. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica”. (MMAyA, 2010)

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. Hace poco menos de un siglo, en Estados Unidos, surgió el relleno sanitario como resultado

de las experiencias, de compactación y cobertura de los residuos con equipo pesado; desde entonces, se emplea este término para aludir al sitio en el cual los residuos son primero depositados y luego cubiertos al final de cada día de operación. En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control. (MMAyA, 2010)

Tipos de Relleno Sanitario

6.8.1. Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento. Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc. (MMAyA, 2010)

6.8.2. Relleno sanitario semimecanizado

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo

al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semimecanizado. En México, después de 18 meses de estudios, pruebas y experimentos, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología estableció: "Adaptando un tractor de 31 HP, en 8 horas de trabajo y con un peón de ayuda, pueden confinar sanitariamente los residuos de poblaciones de hasta 80.000 habitantes, o sea, aproximadamente 40 t/d de basura".

Con base en experiencias previas, se puede afirmar que es necesario el empleo de equipos de movimiento de tierras (tractores de orugas o retroexcavadoras) en forma permanente cuando al relleno sanitario se llevan más de 40 t/día de RSM. En la Región, esto equivale por lo general a poblaciones mayores de 40.000 habitantes. Por su versatilidad, el tractor agrícola puede servir para prestar o apoyar el servicio de recolección de basura si de preferencia se le engancha un remolque con volteo hidráulico de unos 6 a 8 metros cúbicos de capacidad o bien una caja compactadora, dependiendo de las necesidades y recursos de la localidad.

Ocasionalmente, este mismo equipo podrá emplearse en la realización de algunas obras públicas en el municipio, con lo que se aprovecharía al máximo la inversión realizada. (MMAyA, 2010)

6.8.3. Relleno sanitario manual

El relleno sanitario manual es una tecnología que se aplica cuando la mano de obra está disponible más fácilmente que la maquinaria que haría el mismo trabajo. Los obreros del relleno sanitario manual realizan todas actividades a mano: descarga,

colocación, compactación y cubierta de los desechos, así como el mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes de lixiviados, excavación de nuevos módulos etc. La tecnología del relleno manual tiene sus limitantes, la compactación del material es menos eficiente, y por consecuencia, la estabilidad del cuerpo de basura no permite alturas elevadas. Esta situación resulta en la necesidad de un mayor espacio con el consecuente aumento en la producción de aguas lixiviadas. No obstante, estas desventajas, suele ser la solución más conveniente para municipios y comunidades pequeñas, municipios ubicados en sitios aislados y municipios con escasos recursos económicos.

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen –menos de 15 t/día–, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutada con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas. (MMAyA, 2010)

Métodos de construcción de un relleno sanitario

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático y disponibilidad de material de cobertura. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario. (MMAyA, 2010)

6.8.4. Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad. Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado. La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación. (MMAyA, 2010)

6.8.5. Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. Sirve también para rellenar

depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba (figura 3.7). El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5%. (MMAyA, 2010)

6.8.6. Combinación de ambos métodos

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados. (MMAyA, 2010)

6.9. Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario

Ventajas

- La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.
- Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.
- Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.

- Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.
- Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.
- Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.
- Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.
- Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.
- Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal. (BVSDE, 2016)

Limitaciones

- La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (not in my back yard ‘no en mi patio trasero’), por diversas razones: - la falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario. - se asocia el término relleno sanitario al de botadero a cielo abierto. - la evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales que no garantizan la calidad ni sostenibilidad de la obra. - la falta de saneamiento legal del lugar.

- El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.
- La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta operación y mantenimiento.
- No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.
- . La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.
- Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.
- . Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que confluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.
- . Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.

- En general, no puede recibir residuos peligrosos. (BVSDE, 2016)

6.10. Producción de Liquido Lixiviados en El Relleno Sanitario

El lixiviado es el líquido producido cuando el agua procedente de la escorrentía superficial, lluvia o la producida por la propia dinámica de descomposición de los residuos se pone en contacto con los residuos depositados, excediendo su capacidad de absorción, pasando a través de ellos y aumentado la concentración de contaminantes. Este líquido tiene la capacidad de trasladarse a las aguas subterráneas, superficiales y al suelo circundante (Zamorano, et al,2007).

El lixiviado representa un posible riesgo de contaminación tanto del suelo y el subsuelo como las corrientes superficiales y sub-superficiales aledañas, debido a la comunicación hidráulica que poseen los acuíferos (Torres, 2005). Comparando con las posibles emisiones de gases de vertedero los lixiviados son emitidos durante un tiempo más largo. (Steiner, 2008).

El manejo del lixiviado es uno de los mayores problemas que se presentan en un relleno sanitario. En algunos casos, a pesar de contar con los canales periféricos para interceptar y desviar las aguas de escorrentía pluvial, la lluvia que cae directamente sobre la superficie del relleno aumenta significativamente el volumen del lixiviado. Así mismo se deberá considerar que dentro de las celdas del relleno sanitario manual o mecanizado existirá escorrentía de lixiviados que serán generados por los procesos químicos internos de los residuos depositados. Por consiguiente, se deberá contar con un sistema de drenaje interno de la celda del relleno sanitario y debe construirse un sistema de captación y conducción de los lixiviados al sistema de tratamiento más adecuado de acuerdo al relleno sanitario. Para evitar acumulaciones de aguas lixiviadas y asegurar una conducción rápida y

eficiente a la planta de tratamiento, se recomienda diseñar el fondo del relleno en sistema espina de pescado. En rellenos grandes, se recomienda dividir el área de relleno en diferentes "cuencas" con un colector mayor en el centro. (Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios).

6.10.1. Alternativas de tratamiento de los lixiviados

El tipo de instalaciones de tratamiento utilizadas dependerá principalmente de las características del lixiviado, y en segundo lugar, de la localización geográfica y física del vertedero (Renou, 2008)

La remoción de la materia orgánica basada en la demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxigeno (DBO), y amonio de lixiviado es usualmente un requisito previo antes de la descarga del lixiviado a aguas naturales (Renou, 2008).

Algunas de las alternativas de tratamientos según Giraldo (2001) pueden ser:

- Procesos anaeróbicos
- Procesos aeróbicos
- Procesos naturales
- Evaporación
- Recirculación de los lixiviados
- Sistema de membranas

6.11. Maquinarias Utilizadas en los Rellenos Sanitarios

Los desechos deben ser depositados y compactados en capas delgadas a no más de unos 2 m de profundidad. Cada día, la superficie del nuevo depósito de residuos debe ser cubiertos con aproximadamente 15 cm., de suelo (o material similar.

Un aspecto importante para una mejor operación del relleno sanitario es la colocación y principalmente la compactación del residuo sólido; se debe de asegurarse una correcta compactación la cual mejorara también la capacidad del relleno. Este procedimiento reduce la cantidad de aire remanente en los depósitos de residuos sólidos (el cual puede acelerar la descomposición, incrementar el olor, la propagación de superficie inflamable y la contaminación de agua), también se previene los espacios vacíos los cuales reducen la estabilidad de los residuos pudiendo provocar un colapso. Logrando una buena compactación se reduce la probabilidad de problemas futuros. En la mayoría de rellenos se hace uso de maquinaria “tractor oruga” para la operación de colocación y compactación; la técnica recomendada es diseñada para la compactación efectiva de residuos sólidos manteniendo pequeñas áreas de trabajo. El procedimiento inicia con la llegada del vehículo de transporte y la descarga de los residuos sólidos hacia la zona de trabajo. Luego la tractor oruga extiende los residuos formando una capa delgada (nomás de 300 mm de profundidad), estas capas formadas son compactadas por el peso del tractor. Se recomienda que la maquina pase por encima de los residuos sólidos entre 3 a 6 veces para maximizar la compactación. Las capas delgadas son construidas hasta que la capa global de residuos alcanza un espesor de 2 m, luego es cubierta al cierre del día de trabajo con una capa de arcilla (mayormente de 15 cm).

6.11.1. Operación durante la conformación de la celda

La forma en que se aborda la construcción y operación de la celda es muy importante, ya que de ello dependerá en gran medida el grado de consolidación y

estabilidad estructural que alcanzara el relleno, características que a su vez determinaran el uso posterior que se le dará al sitio.

La compactación de la basura es la operación que se debe cuidar fundamentalmente para obtener un relleno sanitario de alto nivel. Para obtener resultados óptimos de esta se debe aplicar lo siguiente:

a) Distribuir los residuos en un frente de aproximadamente un ancho igual al ancho de la placa de empuje y colocarlas en una capa de no más de 60 cm. de espesor.

b) Crear un frente de trabajo con una contra pendiente de aproximadamente 1 m de altura por 3 m de base, a la vez que se trabaja el material de abajo hacia arriba, rompiendo, acomodando y compactando los residuos.

c) El operador repite esta operación (2 a 4 pasadas) hasta eliminar los huecos y hasta que los desechos hayan sido acomodadas y su superficie ya no se deforme después del paso del equipo de compactación.

d) El ciclo comienza nuevamente

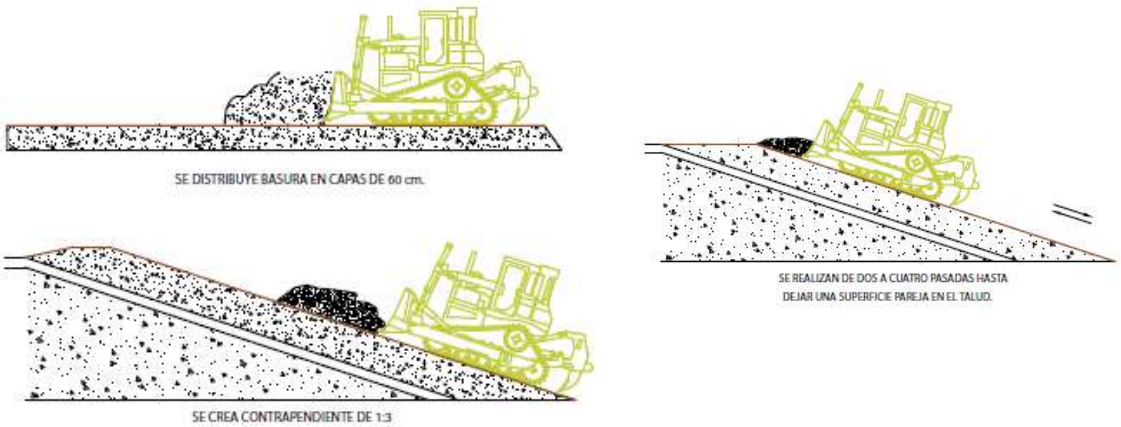


Imagen 6.13.1

Fuente: Sandoval, Guía de diseño

Una vez compactada la basura, se procederá a ejecutar la etapa de cobertura, cuyo espesor final no deberá ser en ningún punto menor a 15 cm. La tierra a utilizar deberá ser acumulada en una zona inmediata a la parte superior de la celda en construcción, desde donde será distribuida sobre toda la superficie a cubrir, de acuerdo a los espesores arriba señalados. Una vez colocado el material de cobertura sobre la basura, este deberá ser debidamente compactado de manera de obtener un grado de compactación cercano al óptimo. Tal compactación se efectuará pasando al menos 2 veces la oruga de la maquinaria por cada punto de la cobertura.

La terminación de la celda, una vez puesto y compactado el material de cobertura, se hará de manera tal de dejar la superficie superior de esta con una leve pendiente, del orden del 1 % al 2 % hacia su parte posterior. Dicha pendiente tiene por objeto reducir la posibilidad de afloramiento de fluidos percolados en el momento de sobreponer una celda sobre otra. Adicionalmente, la cobertura de cada celda se finalizará construyendo un pequeño pretil de contención al pie del talud frontal, con el fin de impedir cualquier afloramiento posterior de fluidos por su base, si fuera necesario. Al término de la jornada diaria, la totalidad de la celda debe quedar cubierta según lo señalado anteriormente en lo que respecta a espesores mínimos, pendientes superiores y pretiles de contención.

6.11.2. Operación de maquinaria en el relleno sanitario

Equipo mecánico del relleno sanitario El administrador del relleno sanitario tiene que tomar importantes decisiones acerca de la inversión en equipos mecánicos respecto al tipo de relleno sanitario. Existe una serie de características del sitio donde se desarrolla el relleno sanitario que definen la necesidad de equipos

mecánicos, características como: condiciones topográficas del lugar, existencia de aguas superficiales, existencias de material de recubrimiento en el sitio o cercano a él, cantidad de residuos que llegan a diario, tipo de residuos, etc.

Las características predominantes son la cantidad de residuos a tratar a diario, el tipo de residuo y el material de recubrimiento que será necesario traer de algún sitio exterior.

Las funciones básicas que realiza el equipo mecánico están divididas en tres:

- Funciones relacionadas al suelo (excavación, traslado, compactación).
- Funciones relacionadas con los residuos (traslado, compactación).
- Funciones de soporte.

Basados en el tipo y dimensión de la operación, el mismo equipo mecánico puede ser usado para más de una función. La versatilidad y la facilidad del manejo son consideraciones esenciales en la selección del equipo con la capacidad de uso en más de una función.

a) Funciones relacionadas con el suelo

La necesidad de excavación, traslado y compactación de suelo como material de cobertura deben de ser considerados en la selección del equipo para el relleno sanitario. Los procedimientos y equipo para realizar estas tareas no difieren mucho de las usadas en otros tipos de trabajos relacionados con el movimiento de tierras. Consecuentemente el grado de mecanización y sofisticación del equipo mecánico para el relleno sanitario no difiere de otras operaciones de movimiento de tierras (Ejem. Construcción de carreteras).

Los equipos de ruedas (como la pala mecánica), son ideales para la excavación de suelos arenosos, gravas, arcillosos, limosos. Alternativamente, se necesitaría un equipo de oruga para suelos arcillosos.

Si el suelo tiene que ser desplazado a distancias menores a 100 m., el equipo mecánico de palas y excavadoras puede ser usado. Los camiones volquete, tractores con remolque, o vehículos pueden ser usados para trasladar el material de distancias más largas.

b) Funciones relacionadas a los residuos sólidos.

Las funciones relacionadas con los residuos sólidos, incluyen el esparcido y la compactación. Los equipos de oruga son comúnmente usados en el traslado y la compactación. Sin embargo, para operaciones a pequeña escala, limitada por los fondos, la pala mecánica como equipo de movimiento de tierra, es adecuada para el traslado de los residuos sólidos. Lograr una buena compactación de los residuos sólidos tiene un efecto positivo a un corto y largo plazo durante la operación del relleno sanitario, además es un factor importante en la maximización de la capacidad del relleno sanitario. Un equipo pesado específicamente diseñado para la compactación es más efectivo y eficiente para esta operación a comparación a un equipo liviano diseñado primeramente para el movimiento de tierra. Sin embargo, la diferencia de peso puede ser compensada con el número de pasadas que realice el equipo liviano sobre los residuos sólidos acumulados.

El número de pasadas requerido para lograr una buena compactación también depende del contenido de humedad y el promedio de densidad del material componente de los residuos sólidos.

Los equipos deben de ser resistentes ya que el trabajo dentro del relleno sanitario es duro. Los radiadores pueden obstruirse, y las partes componentes del equipo pueden ser dañadas por las protuberancias de los residuos sólidos. Las llantas, aún las duras, pueden ser dañadas o cortadas, lo que resultaría en un corto periodo de operación de la maquinaria. Esta combinación de factores desfavorables enfatiza la necesidad de mantener piezas de recambio y una adecuada facilidad para la reparación y mantenimiento cerca de la zona de operación del relleno sanitario.

c) Funciones de apoyo

Las funciones de apoyo durante la operación de rellenos sanitarios, incluyen la extensión y el mantenimiento de carreteras hasta el área de trabajo, construcción de drenaje, protección contra el fuego traslado de vehículos de operación atascados. Las capacidades y el uso de algunos tipos de equipos mecánicos usados en rellenos sanitario son mostrados en el siguiente cuadro:

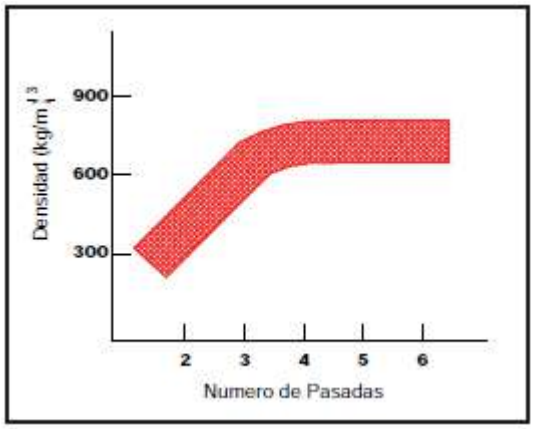
Figura 6.2 Compactación de maquinaria y su eficiencia en las tareas del relleno sanitario.

Tipo	Residuos sólidos		Cobertura			
	Esparcido	Compactación	Excavación	Cobertura	Tracción	Preparación y mantenimiento de sitio
Excavadora oruga	E	B	E	B	NA	B
Cargador de Oruga	B	B	E	E	R	B
Compactador	B	E	P	R	NA	P
Excavadora de llantas	B	B	R	B	NA	R
Cargadora de llantas	R	B	R	B	B	R
Rascador	NA	NA	B	B	E	R
Dragalina excavadora	NA	NA	E	R	NA	R

E=Excelente; B=Bueno; R=Regular, P= Pobre, NA= No Aplicable; Fuente: Flintoff 1976

Fuente: Sandoval, Guía de diseño

Figura 6.3 Curva de rendimiento de compactación



Fuente: Sandoval, Guía de diseño

6.11.3. Tipos de equipo

La selección del equipo debe basarse en el uso primario y en la capacidad del mismo para adaptarse con éxito a las condiciones peculiares del sitio. Una consideración secundaria es la capacidad del equipo para satisfacer múltiples usos. Las consideraciones relacionadas con el uso primario tienen que ver con las características del suelo, topografía y clima; por las características de los residuos sólidos, cantidad y tasa de entrega; y tasa de entrega; y por las limitaciones presupuestarias. Otro factor es el posible uso del equipo fuera del sitio.

Las características principales de los diferentes tipos de equipo usados en los rellenos sanitarios, se describen a continuación:

a. Tractor sobre orugas con hoja topadora (bulldozer)

Figuro 6.4 Tractor sobre orugas con hoja topadora

Usos

Los tractores sobre orugas se utilizan para distribuir y compactar residuos sólidos, así como para preparar el terreno, distribuir la cobertura diaria y final y concluir el trabajo general del suelo.

Características

Los tractores sobre orugas están equipados con orugas metálicas que tienen anchos convencionales que varían, de 460 mm, 510 mm, 560 mm y 610 mm. Las orugas deben tener pestañas lo suficientemente altas para reducir el tamaño (por ejemplo, comprimir y romper) de los residuos sólidos y prevenir que los tractores se deslicen en el frente de trabajo u otras pendientes.

La presión ejercida sobre los residuos sólidos se logra al distribuir el peso de la máquina sobre la superficie de contacto. En el cuadro siguiente se presenta algunos valores típicos para estas máquinas:

Tabla 6.1 Valores típicos del tractor sobre orugas con hoja topadora

Potencia (kW)	Peso (kg)	Área de contacto con residuos sólidos (m^2)	Presión (kg/cm^2)
100	11,750	2,16	0,54
150	16,100	2,76	0,58
220	24,800	3,19	0,78

Fuente: Sandoval, Guía de diseño

El grado de compactación de los residuos sólidos depende de la presión ejercida. Como se indicó anteriormente, mientras más delgada sea la capa de residuos sólidos, más eficaz será la presión aplicada al fondo de la capa. Las máquinas sobre orugas no son muy eficaces para compactar residuos sólidos debido a su baja capacidad de presión.

Para obtener la máxima eficiencia de una máquina sobre orugas, ella debe de estar equipada con una hoja adecuada para empujar el material. La densidad de los residuos sólidos descargados de un vehículo de recolección es aproximadamente un tercio menor que la del suelo; en consecuencia, el tamaño de la hoja puede aumentarse, sin sobrecargar el equipo, mediante una malla de acero que no interfiera la visibilidad del operador como sería en el caso de una placa sólida. Las dimensiones de las hojas varían de acuerdo a cada modelo. Por ejemplo, una máquina típica de 100 kW tendría una hoja con las siguientes dimensiones:

Ancho (recto): 3,2 m;

Altura (sin malla): 1,1 m; y

Altura (con malla): 1,8 m.

La hoja se controla a través de un mecanismo hidráulico. La productividad estimada para un modelo típico de 100 kW en superficies llanas es de 50 Mg de residuos

sólidos por hora de trabajo productivo. En superficies inclinadas la producción será menor, en el caso de una pendiente de 20º, la producción se reducirá a aproximadamente 40 Mg/h para el modelo 100 kW indicado anteriormente.

b. Compactadores pata de cabra con hoja topadora

Figura 6.5 Compactadores pata de cabra con hoja topadora

Usos

Los compactadores se usan para esparcir y compactar los residuos sólidos que ingresan al relleno sanitario.

Características

Los compactadores están equipados con un motor diésel convencional o turbo. Las ruedas metálicas generalmente tienen dientes alternados invertidos en forma de una “V”, que les permite concentrar el peso de la máquina sobre una superficie de contacto más pequeña que una máquina sobre orugas y, en consecuencia, ejercen una mayor presión sobre los residuos sólidos. El siguiente cuadro indica la presión promedio para dos tipos de compactadores, basada en el área de contacto.

Imagen 6.6 Valores típicos de la compactadora pata de cabra con hoja topadora

Potencia (kW)	Peso (kg)	Presión promedio (kg/cm^2)
110	16,000	75
130	26,000	120

Fuente: Guía de diseño construcción operación mantenimiento y cierre de RS

Al operar en condiciones similares, los compactadores son en general más versátiles y rápidos que los tractores sobre orugas para esparcir y compactar residuos sólidos. Un modelo típico de 110 kW tendrá una productividad aproximada de 75 Mg/h en superficies llanas. La productividad disminuye a cerca de 60 Mg/h si la pendiente de trabajo es de 20º. Los compactadores pata de cabra están equipados con una hoja topadora de control hidráulico a la que se le adiciona una malla de metal para aumentar su capacidad. Las dimensiones comunes
de la hoja son las siguientes:

Ancho 3,0 m; y

Altura (con malla): 1,9 m.

c. Cargadores frontales

Figura 6.7. Cargadores frontales

Usos

Los cargadores frontales se usan para excavar el suelo blando (es decir, el suelo que ofrece poca resistencia), para cargar el material excavado en los camiones y transportarlo a distancias no mayores de 50 y 60m (para la eficiencia óptima).

Características

Los cargadores frontales generalmente están equipados con motor diésel y cuatro ruedas. Las unidades pueden estar equipadas con ruedas sólidas, neumáticas o llenas de espuma. El tipo de neumáticos depende de la aplicación y de las condiciones de trabajo. Se seleccionan los neumáticos sólidos y los llenos de espuma cuando están expuestos a objetos agudos que pueden cortarlos y perforarlos. El eje frontal está fijo y el eje trasero puede ser movible. Los modelos varían en potencia de 50 a 370 kW. La capacidad de la cuchara varía de 0,8 a 6

m3. Los modelos usados con mayor frecuencia son los de 75 a 110 kW. En el siguiente cuadro se presentan algunas características de los cargadores frontales:

Figura 6.8 Valores típicos del cargador frontal

Potencia (kW)	Peso (kg)	Presión promedio (kg/cm^2)
75	9,280	1,34 a 1,72
100	11,550	1,72 a 2,68

Fuente: Guía de diseño construcción operación mantenimiento y cierre de RS

Si el suelo es blando, un cargador frontal de 100 kW con una cuchara con capacidad de 1,9 m3 podría excavar y cargar en un camión volquete (o basculante) aproximadamente 160 m3/h.

si el suelo es más firme (es decir, ofrece más resistencia a la penetración de la cuchara), la productividad disminuirá. Para mantener la misma productividad, se necesitaría una unidad más apropiada para realizar la excavación.

Los cargadores frontales también son eficaces para trabajar suelos arcillosos para la cobertura de los residuos sólidos y para preparar sitios destinados a rellenos sanitarios.

d. **Cargadores sobre orugas.**

Figura 6.9. Cargadores sobre orugas

Usos

Los cargadores sobre orugas pueden realizar funciones similares a las de los cargadores frontales y son capaces de excavar el suelo duro y bien compactado. Su distancia óptima de transporte generalmente no excede los 30 m. La baja presión que ejerce en el suelo es beneficial e incluso necesaria en varias operaciones del relleno sanitario, es decir; la carga de tierra en barro o en una superficie blanda.

En situaciones de emergencia y cuando las cantidades diarias son pequeñas, los cargadores sobre orugas pueden emplearse para manejar (es decir para esparcir y compactar) los residuos sólidos. También pueden utilizarse para contornear y nivelar el material de cobertura. En algunos casos, el cargador sobre orugas puede ser más eficiente y flexible que una máquina sobre oruga equipada con una hoja topadora.

Características

Los cargadores sobre orugas están equipados con motores diésel de 50 a 200 kW. El siguiente cuadro describe algunos parámetros y valores típicos para este tipo de equipo.

Figura 6.10. Valores típicos de cargador sobre oruga

Potencia (kW)	Peso (kg)	Área de contacto con residuos (m^2)	Capacidad de la cuchara (m^3)
70	12.340	1,54	1,34
100	13.700	1,79	1,34 a 1,74
140	21.300	2,48	1,90 a 2,48

Fuente: Sandoval, Guía de diseño

La cuchara en los cargadores sobre orugas se opera a través de un mecanismo hidráulico y en muchos casos puede lograrse una mejor eficiencia y flexibilidad si es multifuncional. Este tipo de cuchara realiza cuatro operaciones diferentes según la posición en la cual se opere.

La cuchara tiene una sección fija y otra movible. El movimiento puede ser controlado por el operador con la misma palanca de control. Con una cuchara multifuncional, un cargador sobre orugas puede servir como los siguientes equipos:

1. Cargador. - Para descargar material con la cuchara.

2. Tractor. - Al levantar la sección movible se permite el empuje y nivelación del material.

3. Raspador. - En suelos blandos y arcillosos la acción de corte puede controlarse con la abertura.

4. Cuchara de almeja. - El cargador puede usarse para levantar troncos y ramas de árboles. Esto puede realizarse al sostener material entre el seguro y el borde de la parte inferior de la cuchara.

La versatilidad de un cargador sobre orugas es beneficiosa para los rellenos sanitarios,

especialmente cuando la disponibilidad del equipo o los recursos financieros son limitados.

e. Excavadoras sobre orugas

Figura 6.11. Excavadoras sobre orugas

Usos

Dos tipos de excavadoras son relevantes para el trabajo pesado de un relleno sanitario:

1) La excavadora común con sobre orugas en la cual la cuchara y el movimiento para la excavación es hacia la cabina, y

2) El modelo con la hoja frontal en el cual el movimiento para excavar es en sentido contrario a la cabina. Las excavadoras comunes se emplean para excavar el suelo, para cargar los equipos de carga y para aplicar la cubierta primaria o diaria sobre los residuos sólidos (es decir, como en el método de trincheras). Este equipo también puede usarse para ciertas operaciones de movimiento de tierra. Tal como los equipos sobre orugas, la carga (del vehículo y carga neta) se distribuye sobre

un área grande de oruga, por lo tanto, se minimiza la presión aplicada en el suelo. Este rasgo es importante en algunas operaciones de relleno sanitario, es decir, en condiciones con lodos o suelos blandos. El equipo tiene la aptitud de excavar y realizar excavaciones profundas a altas tasas de productividad (las excavadoras más pequeñas tipo tractor, es decir, las retroexcavadoras, tienen una profundidad más limitada y una productividad menor que las excavadoras tipo oruga).

Características

La excavadora está equipada con un motor diésel y un sistema hidráulico para controlar el movimiento de los brazos de carga y de la cuchara. Generalmente, las potencias de los motores común están en dirección a la cabina y el movimiento de excavación es hacia el operador.

La excavación sigue estas cuatro fases:

1. Cargar la cuchara,
2. Rotar cuando está cargada,
3. Abrir la cuchara y descargar el material, y
4. Rotar cuando está descargada.

La duración de la excavación depende del tamaño del equipo y de las condiciones del sitio. Cuando la excavación es difícil o la zanja es profunda, el tiempo de trabajo será más extenso. Los fabricantes describen el tiempo o el método de cálculo, según el modelo del equipo y las

condiciones del sitio (por ejemplo, tipo de suelo, profundidad de la excavación). La profundidad de la excavación (medida a nivel del suelo) depende del alcance del brazo. El siguiente cuadro proporciona algunas especificaciones típicas para las excavadoras.

Figura 6.12 Valores típicos de la excavadora sobre oruga

Potencia (kW)	Peso (kg)	Longitud del brazo (m)	Capacidad de la cuchara (m^3)	Profundidad máxima de la excavación
100	22.680	2,44	0,75	6,4
145	34.020	2,90	1,18	7,3
240	56.200	3,20	1,94	8,5

Fuente: Sandoval, Guía de diseño

f. Excavadoras con palas frontales

Figura 6.13. Excavadoras con palas frontales

Usos

Las excavadoras con palas frontales se emplean para excavar las zanjas, para colocar los residuos sólidos, para cargar tierra y roca en los equipos de carga, y para realizar la cobertura primaria o diaria de las celdas del relleno sanitario (sin compactar ni nivelar los residuos sólidos). Como se mencionó anteriormente, las excavadoras con palas frontales con diferentes de las excavadoras convencionales en las que la apertura de la cuchara es en sentido opuesto a la cabina. Por lo tanto, las excavadoras con palas frontales están limitadas mecánicamente a la

excavación cerca de la superficie y a mover pilas de material cerca de la superficie y no tienen suficiente alcance para excavar como la excavadora típica. Este equipo no es adecuado para realizar excavaciones profundas.

Características

Las excavadoras con palas frontales están montadas sobre un equipo que tienen un motor diesel cuya potencia varia de 300 a 600 kW aproximadamente. Las zapatas, por lo general, tienen un ancho de 600 a 700 mm. Estas máquinas están equipadas con un brazo operado mecánicamente.

La longitud del brazo puede variar de 10 a 15 m. El radio de la operación varía de 6 a 13 m según el equipo. De acuerdo al tipo de suelo y al tamaño y uso de la cuchara, este tipo de excavadora puede alcanzar profundidades de hasta 4m. Generalmente, las cucharas tienen una capacidad de 0,6 o 0,8 m3. El peso de una excavadora y 100 kW de palas frontales es de 20.500 kg aproximadamente.

g. Motoniveladoras

Figura 6.14 Motoniveladoras

Usos

Las niveladoras se usan en la construcción y el mantenimiento de los caminos, terraplenes y canales de drenaje, y para perfilar y nivelar el material de cobertura.

Características

Las niveladoras están equipadas con un motor diesel, ruedas de goma y potencia de conducción. Los típicos pesos y potencias de este tipo de equipo se presentan en el siguiente cuadro:

Figura 6.15 Valores típicos de motoniveladoras

Potencia (kW)	Peso (kg)
90	12.000
165	18.280

Fuente: Sandoval, Guía de diseño

La cuchara convencional tiene las siguientes dimensiones:

• Longitud:4,0 m;

• Altura: 0,7 m; y

• Espesor: 25 mm.

Estas máquinas pueden llevar un raspador como equipo adicional para romper la tierra o mezclar suelos. Un rapador típico tiene 11 dientes configurados a manera de ganchos, con terminales reemplazables. La profundidad de raspado varía según el modelo de 0,2 a 0,4 m.

h. Raspadores

Figura 6.16 raspadoras

Usos

Las raspadoras se usan para excavar, transportar, y distribuir grandes volúmenes de suelo a altas tasas de productividad en superficies relativamente planas o moderadamente onduladas. Debido a su alta tasa de productividad, ellas son comúnmente usadas en rellenos sanitarios grandes para excavar y distribuir tierra para cobertura y para revestimiento.

Características

La raspadoras pueden tener sus propios medios de propulsión o pueden ser remolcadas por otros equipos (por ejemplo, por una topadora); ellas son relativamente maniobrables. Las raspadoras están equipadas con una cuchilla para

cortar o con un sistema con elevación el cual corta y dirige el suelo excavado dentro de una unidad de almacenamiento. Las capacidades volumétricas de almacenamiento están en el orden de 10 a 40 m3

En la imagen 6.13.9 se presenta la capacidad aproximada de movimiento de tierra para los cargadores y las rapadoras.

Figura 6,17 Capacidad aproximada de movimiento de la tierra para suelos promedios (m3/h)

Capacidad de las unidades (m^3)	Distancia del trayecto (m)								
	0	30	60	90	120	150	180	240	300
Cargador sobre orugas									
1 1/4	40	30	25	20	15	-			
1 1/2	50	35	30	25	20	15			
2	80	60	45	40	35	30			
Raspadoras de tiro									
14					190	170	150	125	100
12					165	145	125	100	75
7					90	80	75	60	55
Raspadoras									
20						400	380	340	300
14						250	240	210	180
11						170	160	140	120

Como estas máquinas tienen un mecanismo que permite la articulación de los tambores, puede lograrse una compactación uniforme aún sobre las capas irregulares del suelo.

i. Compactadoras con ruedas neumáticas

Figura 6.17. Compactadoras con ruedas neumáticas

Usos

Las compactadoras con ruedas neumáticas se usan para compactar las capas superiores de los suelos y las subcapas, especialmente cuando la tierra se margosa. Pueden obtenerse densidades altas y uniformes en todo el espesor de las capas.

Características

Estas máquinas pueden ser remolcadas o autopropulsadas. La carga se transmite al suelo a través de la superficie de contacto de los neumáticos que forman la unidad rodante. Por lo general estas compactadoras tienen siete neumáticos.

Se usa arena húmeda como material de lastre (a una densidad de 2.000 kg/m3), lo que permite lograr un peso entre 13.000 y 35.000 kg. La operación es la siguiente: Inicialmente, durante el aplanado del suelo, se usan neumáticos con presión baja suficiente para compactar el suelo sin que los neumáticos se hundan. La presión

baja de los neumáticos da lugar a un área grande de contacto de los neumáticos y, en consecuencia, se aplica una presión vertical baja al suelo.

presión del neumático; por lo tanto, se reduce el área de contacto y se incrementa la presión que se aplica al suelo. Estas máquinas tienen un sistema que controla adecuadamente la presión de los neumáticos.

j. Compactadoras de tambor vibratorio autopropulsadas

Figura 6.18. Compactadoras de tambor vibratorio autopropulsadas

Usos

Las compactadoras de tambor vibratorio se usan para compactar suelos y para cubrir materiales formados por suelos normales, granulado son similares a la arcilla.

Características

Esta máquina está diseñada y construida para producir eficazmente la compactación de los tipos

de suelos indicados anteriormente. Las compactadoras de tambor vibratorio tienen un tambor metálico en el frente y sus dimensiones aproximadas son:

• Ancho 2,2 m; y

• Diámetro: 1,5 m.

Las compactadoras tienen llantas neumáticas en la parte trasera. El sistema de vibración es operado por un motor hidrostático directamente conectado al vibrador, lo que permite variaciones en la amplitud y frecuencia, independientemente de la velocidad del motor propulsor. La frecuencia de vibración puede regularse hasta alcanzar un máximo de 2.000 vibraciones/min. El peso del equipo varía según el modelo (9.000 a 12.000 kg).

Figura 6.18 Necesidades de equipo para rellenos sanitarios

Población	Ton/día	N°	Tipo	Peso en Ton.	Accesorios
0-50.000	0-50	1	tractor oruga	6 - 12	Hoja de empuje. Pala Frontal
50.000-150.000	50-150	1	tractor oruga	12 - 18	Hoja de empuje, Pala Frontal
150.000-300.000	150-300	2	tractor oruga	16 o mas	Hoja de empuje, Pala Frontal
> 300.000	> 300	2	o mas tractores oruga con apoyo de cargadores frontal con rueda, motoniveladores, camión tolva y otros.	16 a mas	Hoja de empuje, Pala Frontal

Fuente: Sandoval, Guía de diseño

6.12. Uso futuro del relleno sanitario

El uso futuro de un relleno sanitario depende del clima, de su localización respecto al área urbana, de su distancia de las zonas habitadas, de su extensión o área superficial y de las características constructivas. Estas últimas tienen que ver con la configuración final del relleno, la altura y el grado de compactación y, por supuesto, la capacidad económica de la población.

El terreno de un relleno sanitario clausurado se presta para desarrollar programas de recuperación paisajística y social como un parque, un campo deportivo o una zona verde. Por fortuna ya existen en la Región experiencias de aprovechamiento de estos sitios transformados en parques y áreas recreativas en México D. F., Santiago de Chile y Buenos Aires, entre otras ciudades. No se recomienda la

construcción de edificaciones, viviendas, escuelas ni infraestructura pesada sobre la superficie del relleno, debido a su poca capacidad para soportar estructuras pesadas, además de los problemas que pueden ocasionar los hundimientos y la generación de gases. Para la recuperación del paisaje es conveniente la siembra de plantas de raíces cortas y césped o grama. En muchos casos, después de la cobertura final, el pasto crece en forma espontánea.

7. MARCO METODOLOGICO

7.1. Recolección de residuos

Se propone una hoja de ruta para la recolección con la cantidad de camiones necesarios para el primer año y el ultimo, detallado las zonas de recolección diferenciadas en las siguientes tablas.

Figura 7.1. Hoja de rutas de camiones recolectores

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.1. Recolección por Zonas

Zona	Color	Días
1° de Marzo San Miguel Cerrito Rugua Calle Hovy Moreira		Lunes y Jueves
Capitán Roa Costa Alegre 12 de junio Azucena Bernardino Caballero		Martes y Viernes
San Isidro José Alfonzo Godoy Boquerón		Miércoles y Sábado
Centro		Recolección diaria

Fuente: Elaboración propia

- **RECOLECCION DIARIA: DE LUNES A SABADO**

Centro, Municipalidad, Gobernación, Palacio de Justicia, Banco de Fomento, SENEPA, Casa de la Amistad, Plaza de los Héroes, ANDE, Copaco, Catedral, Plaza San Roque, Terminal Centro, Mercado 1 y 2.

Tabla 7.2. de estimación de número de camiones recolectores.

	Año 1		Año 20	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	unidad
Población	35.000	Hab	49.000	Hab
PPC	1	Kg/pers/día	1,22	Kg/pers/día
Vol. vehículo	15	ton	105	ton
Densidad	300	Kg/m3	300	Kg/m3
Viajes por día	1	Viajes	1	Viajes
Jornadas	6	días	6	días

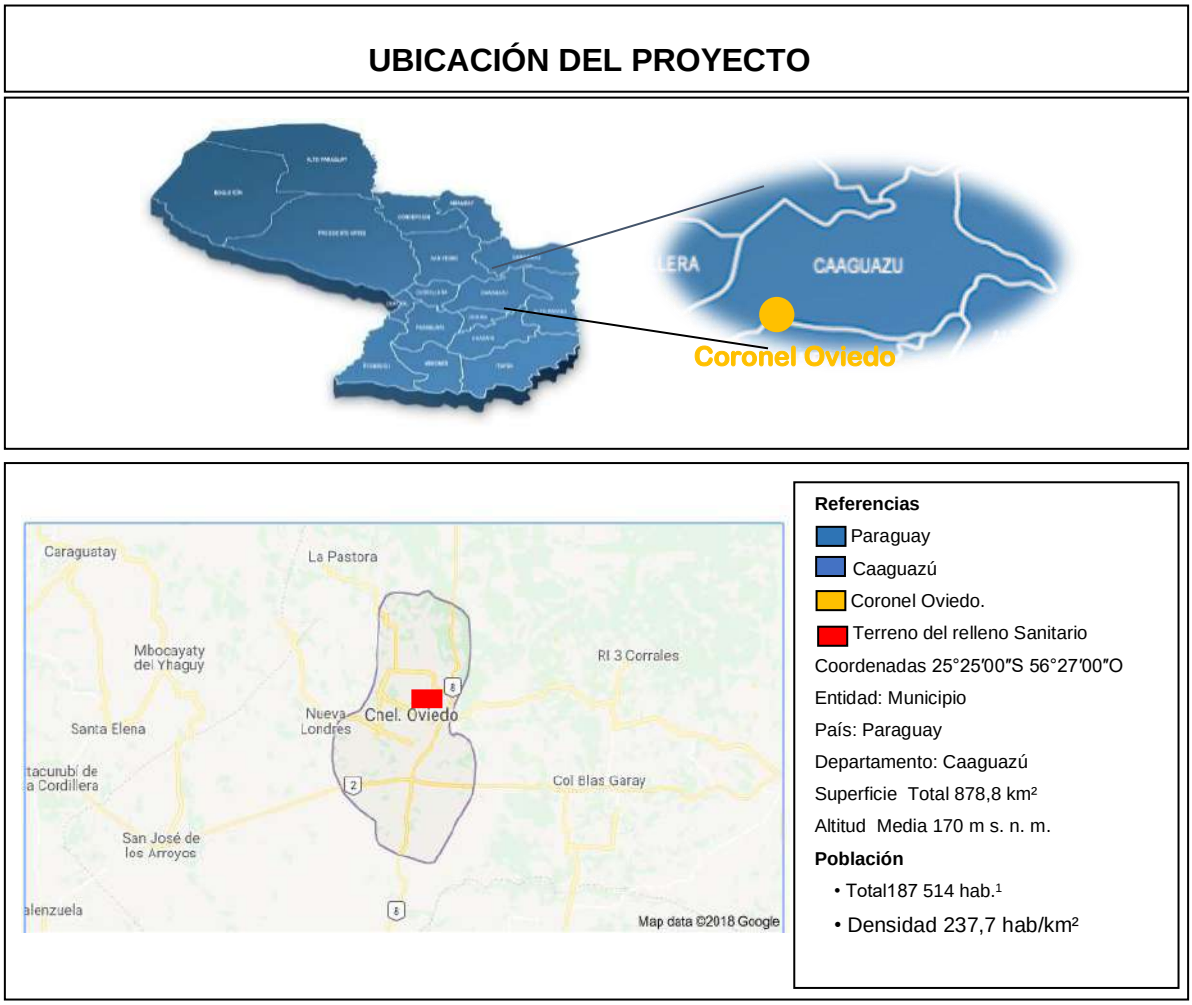
Cantidad	3	Vehículos	7	vehículos

Fuente: Elaboración propia

7.2. Localización del sitio de disposición final de los RSU.

La ciudad de coronel Oviedo cuenta con un sitio destinado para la disposición final de los residuos urbanos de la cuidad.

Figura 7.2. Ubicación del sitio para el relleno sanitario



Fuente: Elaboración propia

Figura 7.3. Delimitación del sitio para el relleno sanitario

Fuente: Google Earth

7.3. Descripción del sitio

En lo que respecta al predio destinado para la construcción del relleno sanitario, el inmueble se encuentra en Coronel Oviedo como se muestra en la figura 11.1 en el departamento de Caaguazú, El área es del tipo rural, aproximadamente a 7 kilómetros del centro de la ciudad; fuera de las proyecciones del crecimiento urbano del Plan Municipal de Desarrollo Urbano, en el barrio Ñu Ruguá calle 20 de Julio. Su ubicación Exacta está dada por las coordenadas -25,3962592, -56,4173343,

El predio del relleno sanitario está situado frente al actual vertedero de la ciudad limitado al sur y al este por el terreno del Sr Saturnino Candia. La superficie total del terreno es de 30 hectáreas siendo un terreno sin elevaciones particulares con una pendiente de 2% y 3%.

Cuenta con los servicios básicos como: energía eléctrica, comunicaciones, el acceso es de tierra. En su entorno inmediato no se evidencia Reservas protegidas, no cuenta con servicio de red cloacal y/o de alcantarillado sanitario. En las zonas adyacentes no existen cuerpos de aguas superficiales. Los asentamientos humanos en los alrededores son de baja densidad.

A continuación, se verifica que el sitio cumpla con las condiciones presentadas por la SEAM para la selección de áreas para la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios.

Tabla 7.3. Criterios de la SEAM para la selección de áreas para la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios en rellenos sanitarios

Criterios		
Exclusión		
Distancia de cursos hídricos, áreas inundables, manantiales y bañados		Mayor a 200 metros, distancia medida horizontalmente a partir de la cota máxima de inundación. Este criterio dependerá del tipo de relleno sanitario a ser implementado.
Distancia de zonas urbanas	Menor a 5.000 hab.	500 – 2.000 metros a partir del perímetro urbano.
	5.000 a 15.000 hab.	2.000 - 5.000 metros a partir del perímetro urbano.
	Mayor a 50.000 hab.	5.000 – 10.000 metros a partir del perímetro urbano.
Distancia de rutas	Nacionales	100 metros a partir de la franja de dominio.
	Departamentales	50 metros a partir de la franja de dominio.
	Municipales	20 metros a partir de la franja de dominio.
Aeropuertos	Internacionales	3.000 metros.
	Nacionales	1.000 metros.
Distancias de áreas de protección ambiental y cultural.		1.000 metros.
Técnicos		
Tamaño del área		De acuerdo con la vida útil pretendida.
Vida útil mínima		Igual o mayor a 5 años.
Facilidad de acceso		El acceso al terreno debe tener buenas condiciones de transito de manera que permita el ingreso de los vehículos recolectores inclusive en días de lluvia.
Profundidad de la napa freática		• Para rellenos sanitarios con impermeabilización de base a través de membranas plásticas, la distancia de la napa freática a la base no podrá ser inferior a 1,5 metros. • Para rellenos sanitarios con impermeabilización de base a través de camada de arcilla, la distancia de la napa freática a la base de más de 3 metros y la camada impermeabilizante deberá tener un coeficiente de permeabilidad de $1x10^{-7}$ cm/s.
coeficiente de permeabilidad del suelo		Para el uso de un área como sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos, es importante que el suelo del terreno seleccionado tenga una cierta impermeabilidad natural, con vista a reducir las posibilidades de contaminación de las aguas subterráneas. La permeabilidad del suelo es clasificada en cinco franjas: • Permeabilidad ≥ 10^{-3} cm/s (alta infiltración); • Permeabilidad entre 10^{-3} y 10^{-4} cm/s (media infiltración); • Permeabilidad entre 10^{-4} y 10^{-5} cm/s (baja infiltración);

	• Permeabilidad entre 10^{-5} y 10^{-7} cm/s (muy baja infiltración); • Permeabilidad < 10^{-7} cm/s (prácticamente impermeable) *Obs.: Dependerá del tipo de relleno a ser implementado.*
Pendiente del terreno	La importancia de este criterio es en relación a la preservación del suelo, siendo las áreas con declividad menor a 3% las más adecuadas para el uso pretendido. *Obs.: La declividad es una característica no restrictiva para la construcción de rellenos sanitarios, apenas es deseable, siendo el intervalo considerado entre 1 y 15%, de declive.*
Uso y ocupación del terreno	Las áreas de deben localizar en una región donde el uso de suelo sea rural o industrial y fuera cualquier área de Conservación Ambiental.
Tipo de suelo	Preferentemente arcilloso.
Disponibilidad de material de cobertura	Preferentemente el terreno debe contar o encontrarse a menos de 1.000 metros de zonas de préstamo de material para la cobertura diaria de los residuos.
Económicos – Financieros	
Distancia al centro de recolección	Es deseable que la distancia hasta el relleno sanitario, sea el menor posible, con vista a reducir los costos relacionados con el transporte.
Político – Social	
Distancia de vivienda más próxima	500 metros.
Distancia de pozos de abastecimiento de agua	500 metros.
Distancia a centros educativos	500 metros.
Distancia a centros de salud	500 metros.
Acceso al área	El tráfico de los vehículos transportando los residuos a los rellenos sanitarios puede causar trastorno a los pobladores ubicados en las vías de acceso, por tal motivo es deseable que el acceso al área se realice por vías con baja densidad demográfica.

Fuente: Resolución N° 282/04 de la SEAM

Tabla 7.3.1 Criterios de exclusión resolución N° 282/04 vs Condiciones del terreno

Criterios de exclusión resolución N° 282/04		**Condiciones del terreno**
Distancia de cursos hídricos	Mayor a 200m	Rio Tovatiry a 15.000 m
Distancia de zona urbana	5.000 a 10.000 m	7.000 m
Distancia de Rutas	100m	700 m
Aeropuertos	Internac. 3.000 Nacionales 1.000 m	No existen aeropuertos
Zonas de protección ambiental y cultural	1.000 m	No se registra ningún área de protección

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.3.2 Criterios de técnicos resolución N° 282/04 vs Condiciones del terreno

Criterios de técnicos resolución N° 282/04		**Condiciones del terreno**
Tamaño del área	Según vida útil	30 has
Vida útil mínima	5 años	20 años
Facilidad de acceso	Acceso en buenas condiciones	Ruta VIII y camino interno
Profundidad de la napa freática	3 m	6 m
Uso y ocupación del terreno	Rural o industrial	Rural
Tipo de suelo	Arcilloso	Arcilloso
Disponibilidad de material de cobertura	1.000 m	Del mismo terreno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.3.3. Criterios de económicos resolución N° 282/04 vs Condiciones del terreno

Criterios de económicos resolución N° 282/04		**Condiciones del terreno**
Distancia al centro de recolección	Menor posible	7.000 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.4.4. Criterios de político-social resolución N° 282/04 vs Condiciones del terreno

Criterios de político-social, resolución N° 282/04		**Condiciones del terreno**
Distancia de vivienda más cercana	500 m	600 m
Distancia de pozo de abastecimiento de agua	500 m	560 m
Distancia a centros educativos	500 m	800 m
Distancia a Centros de Salud	500 m	7.000 m
Acceso al área	De baja densidad demográfica	Zona rural

Fuente: Elaboración propia

8. MÉTODOS Y TÉCNICAS A UTILIZAR

8.1. Diseño de infraestructura de Relleno Sanitario Mecanizado

8.1.1. Selección del método

Definido el sitio para el emplazamiento del relleno sanitario y con los estudios preliminares del sitio seleccionado el paso subsiguiente es definir el método de operación a emplear, la selección del método a utilizar para la operación del relleno sanitario, se deberá realizar con base en las condiciones topográficas y geotécnicas del terreno elegido, seleccionándolo de entre los siguientes: trinchera, área o combinado de los dos métodos.

Para definir técnicamente el método a emplear se debe establecerse el nivel estratigráfico del suelo, el nivel de acuíferos freáticos permanentes y transitorios y la disponibilidad de material de cobertura.

Los resultados de estos estudios definirán el método a emplear Trinchera o Área, de esta forma presentamos criterios técnicos a utilizar:

a) Si el primer acuífero transitorio o permanente se encuentra a más de 6 metros de profundidad, respecto al nivel natural del terreno y se encuentra protegido de una capa de arcilla de por lo menos 2 metros de espesor con un coeficiente de impermeabilidad igual o menor a K < 10-6 cm/seg, en este es recomendable el método de trinchera.

b) Si el primer acuífero transitorio o permanente se encuentra a menos de 1 metro de profundidad, respecto al nivel natural del terreno, el método de trinchera resulta impracticable, por lo que se deberá trabajar con el método de área y requerir un tratamiento mayor de capa base, recomendase 60 cm de arcilla compactada y el empleo de polietileno de 250 micrones.

c) Para casos intermedios pueden aplicarse cualquiera de los dos métodos, pero se deberá considerar cumplir las siguientes premisas:

- Impermeabilidad de la capa base del relleno sanitario.
- Una profundidad mínima del acuífero de 2 metros respecto a la capa base impermeable del relleno sanitario.

d) Si el estudio estratigráfico del suelo identifica roca o presencia de roca fragmentada no es recomendable el método de trinchera, por los elevados costos de excavación y la alta permeabilidad que puede tener el sitio para llegar a contaminar acuíferos subterráneos, en esta situación se utilizara el método de Área. Un aspecto importante a considerar para la selección del método a emplear es definir la disponibilidad de material de cobertura en el sitio de emplazamiento del relleno sanitario, considerando el costo de acarreo de material de cobertura se puede tomar la mejor decisión para el método.

Tabla 8.1. Selección de Método

PRIORIDAD	CARACTERÍSTICAS DEL SITIO	PREMISAS DE SELECCIÓN	MÉTODOS RECOMENDADOS	SELECCIÓN
1	Condiciones Topográficas	Áreas planas o llanuras	Método de Área o Trinchera	X
		Área con pendientes hasta 12°	Método de Área o Trinchera	
		Áreas con pendientes mayores a los 12 °	Método de Trinchera	

		Depresiones naturales o artifíciales	Método de Área	
2	Profundidad de napa freática	Profundidad > 6 metros	Método de Trinchera	X
		Profundidad < 6 metros	Método de Área	
3	Permeabilidad de los suelos	k < a 10-6 cm/seg	Método de Trinchera	X
		k > a 10-6 cm/seg	Método de Área	
4	Disponibilidad de Banco de préstamo para cobertura	Existe disponibilidad de material	Método de Área	
		Existe Material de cobertura en sitios cercanos	Método de Área	
		No existe material de cobertura	Método de Trinchera	X

Se seleccionó el más adecuado para la mayoría de las características que coincidieron en el método recomendado; Trinchera o Zanja como Método a utilizar para el Relleno Sanitario en la Ciudad de Coronel Oviedo.

De acuerdo a las condiciones topográficas del sitio seleccionado (pendientes menores del 5%), a la estructura geográfica a presentar de los muestreos y sondeos, además de considerar el nivel de aguas freáticas del mismo, el método constructivo a esperar aplicarse es el Método Tipo Zanja para las celdas proyectadas en dicho sitio.

8.1.2. Determinación de la Vida Útil del Relleno Sanitario.

El tiempo que estará en operación el sitio para la disposición de los residuos sólidos está en función del volumen disponible en el sitio seleccionado, del método de operación del relleno sanitario y del volumen de residuos compactados a disponer. Este último depende además del grado de compactación, de la generación per cápita de la localidad, de la generación de otras fuentes, de los habitantes de la comunidad a servir de la eficiencia del sistema de recolección.

8.1.3. Estudios básicos

8.1.3.1. Estudio demográfico

Estudio que en función al procesamiento de información estadística censal o de referencia, concluye determinando la población actual, la tasa de crecimiento y la proyección de la población futura en el área de influencia del proyecto para un período de tiempo no menor a cinco años en adelante.

8.1.3.2. Población actual

Es uno de los parámetros primordiales conocer el número de habitantes para determinar la cantidad de residuos sólidos de la ciudad. Es importante diferenciar entre la población urbana y la población rural, asimismo es más seguro que en un relleno sanitario convencional atienda la producción urbana debido a la cantidad de la población, aumento de la población, desarrollo de diversas actividades, presencia de instituciones, etc.

De acuerdo con la dirección general de estadísticas, encuestas y censos en el año 2012, Coronel Oviedo cuenta con 140.000 habitantes.

8.1.4. Dimensiones del Relleno Sanitario

Partiendo del diseño de Rellenos Sanitarios planteado por Jaramillo (2002) para producción de residuos menores a 15 toneladas diarias se estimó el área necesaria para el relleno.

Tabla 8.2. (adaptada) utilizada por Jaramillo 2002 para el cálculo de la generación de residuos sólidos.

AÑO	POBLACIÓN (Hab)	PPC (kg/hab/dia)	Cantidad de Residuos Sólidos		
			Diaria (kg/dia)	Anual (tn/año)	Acumulado (tn)
	1	2	3	4	5

Fuente: Jaramillo 2002

Tabla 8.3. (adaptada) utilizada por Jaramillo 2002 para el cálculo del área necesaria para el relleno sanitario.

Volumen						Área requerida (m2)	
Residuos Solidos Compactados		Material de Cobertura		Relleno Sanitario		Área de Relleno	Área Total
Diaria (m3)	Anual (m3)	Diaria (m3)	Anual (m3)	(m3/año)	Acumulado		
6	7	8	9	10	11	12	13

Fuente: Jaramillo 2002

8.1.5. Generación de residuos solidos

El relleno sanitario se proyecta una vida útil de 20 años para ello se necesita realizar la proyección mediante fórmulas estadísticas de la población y la producción per cápita actual a 20 años.

A continuación, se muestra la fórmula utilizada para la proyección en ambos casos

$$P1 = Po(1 + i)^n$$

Ecuación 8.1.5. Formula de matemática para el cálculo de proyección.

Donde:

P_1 población final, o población proyectada.

P_0 población inicial, o población actual.

I tasa de crecimiento anual.

n cantidad de años.

Para el cálculo de la cantidad de residuos sólidos generados diariamente se realiza el producto entre la población y la producción per cápita, dividiendo de entre mil por 365 días para obtener la generación en toneladas por año.

A continuación, se muestran los productos mencionados anteriormente, relacionados a la figura 3.52.

(3) = (1) x (2) … [kg/días]

(4) = $\frac{(3)}{1000 \times 365}$…[ton/año]

8.1.6. Cálculo del área necesaria

Para el cálculo del área es necesario conocer el volumen total al final de cada día, este volumen está compuesto por el volumen de los residuos sólidos compactados que llegaran diariamente al sitio de disposición final y el material de cobertura de estos, para así calcular el volumen total anual.

Cálculo del volumen de residuos sólidos compactados (diario, anual).

$(6) = \left[3\ x\ \frac{7}{5}\right] / Dc$ Los residuos sólidos producidos en una semana son llevados al sitio de disposición final los días de recolección, en Coronel Oviedo en total se recolecta 6 días de lunes a sábado. (7 días de producción / 6 días de recolección).

(8) = el material de cobertura se obtiene al aplicar un porcentaje al volumen de residuos compactados, que varía de 20 a 25% según Jaramillo.

(10) = (7) + (9) Volumen total del relleno sanitario.

Con estos valores se puede estimar el área necesaria para poder disponer totalmente los residuos que llegarían al sitio, dividiendo el volumen entre la profundidad estimada para cada fosa.

(12) = (10) / h

Teniendo en cuenta que en el sitio de disposición final se cuenta con áreas de apoyo se estima entre 20 y 30% del área total que ocuparían los residuos como área adicional para el relleno.

(13) = (12) X F… F factor de área adicional

Resultados

El diseño del relleno sanitario de Coronel Oviedo se realizó con una proyección a 20 años, calculando en base a la población total en la zona urbana y a las personas que cuentan con el servicio de Recov, e incrementando el porcentaje anualmente

8.1.7. Generación de Residuos Solidos

El conocimiento de la producción total de los residuos sólidos urbanos permite tomar decisiones sobre la necesidad de área para el tratamiento y disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa de aseo.

Se consideró una población inicial de 78.780 habitantes que, es una estimación para el año 2020 proveída la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos (DGEEC), y una tasa de crecimiento de 1.70% que fue calculado con los datos de la Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos (DGEEC,2002).

Con estos datos, se proyectó el crecimiento de la población para los próximos 20 años mediante métodos matemáticos con la ecuación 8.1.4. del cálculo de proyección.

De forma análoga, se calculó el incremento de la Producción per Cápita de residuos sólidos obtenido en el estudio realizado en la Ciudad de Coronel Oviedo mencionado en el ítem anterior, considerando una tasa de incremento anual de 0.5%, valor estimado por Jaramillo (2002).

A continuación, se muestra la tabla de la cantidad de residuos generados.

Tabla 8.4. Cantidad de Residuos Sólidos Generados

Año	Población	PPP (kg/hab.dia)	Produccion de basura en Kg/dia	Produccion de basura (tn/dia)	Produccion de basura (tn/año)	Cobertura p/ año (%)	Produccion a cubrir (tn/año)	Produccion de basura acumulada (tn/año)
	1	2	3	4	5	6	7	8
2020	78.780	1,0000	78.780,00	78,78	28.755	44	12.652	12.652
2021	80.119	1,0050	80.519,86	80,52	29.390	50	14.695	27.347
2022	81.481	1,0100	82.298,14	82,30	30.039	60	18.023	45.370
2023	82.866	1,0151	84.115,69	84,12	30.702	70	21.492	66.862
2024	84.275	1,0202	85.973,39	85,97	31.380	80	25.104	91.966
2025	85.708	1,0253	87.872,11	87,87	32.073	90	28.866	120.832
2026	87.165	1,0304	89.812,76	89,81	32.782	100	32.782	153.614
2027	88.647	1,0355	91.796,28	91,80	33.506	100	33.506	187.119
2028	90.154	1,0407	93.823,60	93,82	34.246	100	34.246	221.365
2029	91.686	1,0459	95.895,69	95,90	35.002	100	35.002	256.367
2030	93.245	1,0511	98.013,55	98,01	35.775	100	35.775	292.142
2031	94.830	1,0564	100.178,18	100,18	36.565	100	36.565	328.707
2032	96.442	1,0617	102.390,62	102,39	37.373	100	37.373	366.079
2033	98.082	1,0670	104.651,91	104,65	38.198	100	38.198	404.277
2034	99.749	1,0723	106.963,15	106,96	39.042	100	39.042	443.319
2035	101.445	1,0777	109.325,43	109,33	39.904	100	39.904	483.223
2036	103.169	1,0831	111.739,88	111,74	40.785	100	40.785	524.008
2037	104.923	1,0885	114.207,66	114,21	41.686	100	41.686	565.694
2038	106.707	1,0939	116.729,93	116,73	42.606	100	42.606	608.300
2039	108.521	1,0994	119.307,91	119,31	43.547	100	43.547	651.847
2040	110.366	1,1049	121.942,83	121,94	44.509	100	44.509	696.356

Fuente: Elaboración Propia.

8.1.8. Cálculo del área necesaria para disponer los residuos sólidos

El área necesaria se obtiene mediante el volumen total de los residuos que se va a disponer en el relleno sanitario. Según Jaramillo los parámetros más importantes a tener en cuenta en el cálculo del área son:

- Cantidad de residuos sólidos a disponer.
- Material de cobertura.
- Densidad de compactación.
- Profundidad del Relleno Sanitario.
- Áreas adicionales para obras complementarias
- Vida útil.

Tabla 8.5. Datos necesarios para el cálculo del área total del relleno sanitario

DATO	CANTIDAD	FUENTE
Densidad Compactada	500 kg/m3	Según Jaramillo (2002) varia entre 400 a 500 kg/m3
Material de Cobertura	20%	Según Jaramillo (2002) varia entre 20 y 25 %
Factor para estimar area adicional	30%	Según Jaramillo (2002) varia entre 20 y 30%
Altura del Relleno Sanitario	5m	Adoptado

Fuente: Jaramillo (2002)

A continuación, se presenta la tabla de las dimensiones necesarias para la disposición total de los residuos generados.

Tabla 8.6. Dimensiones del relleno sanitario con proyección a 20 años.

Año	Cantidad de basura que se produce en Kg/dia	Cantidad de basura que se produce (tn/dia)	Cantidad de basura que llega en Kg/dia	Cantidad de basura que llega en Tn/dia	Cantidad de basura recuperada p/ reciclado 30% (Kg/dia)	Cantidad neta de basura a tratar (kg/dia)	Cantidad neta de basura a tratar en (tn/dia)	Residuos solidos compactados por dia (m3)	Material de cobertura (20%)	Volumen a enterrar por dia (m3)	Altura de celda (m)	Area necesaria por dia (m2)
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2020	34.663,20	34,66	40.440,40	40,44	12.132,12	28.308,28	28,31	56,62	11,32	67,94	1,65	41,18
2021	40.259,93	40,26	46.969,92	46,97	14.090,97	32.878,94	32,88	65,76	13,15	78,91	1,65	47,82
2022	49.378,88	49,38	57.608,70	57,61	17.282,61	40.326,09	40,33	80,65	16,13	96,78	1,65	58,66
2023	58.880,98	58,88	68.694,48	68,69	20.608,34	48.086,14	48,09	96,17	19,23	115,41	1,65	69,94
2024	68.778,71	68,78	80.241,83	80,24	24.072,55	56.169,28	56,17	112,34	22,47	134,81	1,65	81,70
2025	79.084,90	79,08	92.265,71	92,27	27.679,71	64.586,00	64,59	129,17	25,83	155,01	1,65	93,94
2026	89.812,76	89,81	104.781,56	104,78	31.434,47	73.347,09	73,35	146,69	29,34	176,03	1,65	106,69
2027	91.796,28	91,80	107.095,66	107,10	32.128,70	74.966,96	74,97	149,93	29,99	179,92	1,65	109,04
2028	93.823,60	93,82	109.460,87	109,46	32.838,26	76.622,61	76,62	153,25	30,65	183,89	1,65	111,45
2029	95.895,69	95,90	111.878,31	111,88	33.563,49	78.314,82	78,31	156,63	31,33	187,96	1,65	113,91
2030	98.013,55	98,01	114.349,14	114,35	34.304,74	80.044,40	80,04	160,09	32,02	192,11	1,65	116,43
2031	100.178,18	100,18	116.874,54	116,87	35.062,36	81.812,18	81,81	163,62	32,72	196,35	1,65	119,00
2032	102.390,62	102,39	119.455,72	119,46	35.836,72	83.619,00	83,62	167,24	33,45	200,69	1,65	121,63
2033	104.651,91	104,65	122.093,90	122,09	36.628,17	85.465,73	85,47	170,93	34,19	205,12	1,65	124,31
2034	106.963,15	106,96	124.790,34	124,79	37.437,10	87.353,24	87,35	174,71	34,94	209,65	1,65	127,06
2035	109.325,43	109,33	127.546,34	127,55	38.263,90	89.282,44	89,28	178,56	35,71	214,28	1,65	129,87
2036	111.739,88	111,74	130.363,20	130,36	39.108,96	91.254,24	91,25	182,51	36,50	219,01	1,65	132,73
2037	114.207,66	114,21	133.242,27	133,24	39.972,68	93.269,59	93,27	186,54	37,31	223,85	1,65	135,66
2038	116.729,93	116,73	136.184,92	136,18	40.855,48	95.329,45	95,33	190,66	38,13	228,79	1,65	138,66
2039	119.307,91	119,31	139.192,57	139,19	41.757,77	97.434,80	97,43	194,87	38,97	233,84	1,65	141,72
2040	121.942,83	121,94	142.266,64	142,27	42.679,99	99.586,64	99,59	199,17	39,83	239,01	1,65	144,85

Tabla 8.6. (Continuación)…

Año	Cantidad neta de basura a tratar en Kg/año (14 * 365)	Cantidad neta de basura estabilizada en tn/año	Residuos estabilizados en m3/año	Cobertura (igual a 17	Total Relleno sanitario estabilizado (m3/año)	Volumen estabilizado acumulado (m3)	Altura de relleno (m)	Area necesaria (m2)	Area total (m2)
	21	22	23	24	25	26	27	28	29
2020	10.332.522,20	10.332,52	17.220,87	3.444,17	20.665,04	20.665,04	3,875	5.333,25	6.933,22
2021	12.000.813,58	12.000,81	20.001,36	4.000,27	24.001,63	44.666,67	3,875	11.527,60	14.985,88
2022	14.719.021,86	14.719,02	24.531,70	4.906,34	29.438,04	74.104,72	3,875	19.124,99	24.862,49
2023	17.551.440,04	17.551,44	29.252,40	5.850,48	35.102,88	109.207,60	3,875	28.184,36	36.639,67
2024	20.501.786,96	20.501,79	34.169,64	6.833,93	41.003,57	150.211,17	3,875	38.766,59	50.396,56
2025	23.573.890,04	23.573,89	39.289,82	7.857,96	47.147,78	197.358,95	3,875	50.934,51	66.214,87
2026	26.771.688,22	26.771,69	44.619,48	8.923,90	53.543,38	250.902,33	3,875	64.753,02	84.178,93
2027	27.362.940,96	27.362,94	45.604,90	9.120,98	54.725,88	305.628,21	3,875	78.876,71	102.539,72
2028	27.967.251,51	27.967,25	46.612,09	9.322,42	55.934,50	361.562,71	3,875	93.312,32	121.306,01
2029	28.584.908,26	28.584,91	47.641,51	9.528,30	57.169,82	418.732,53	3,875	108.066,74	140.486,76
2030	29.216.205,96	29.216,21	48.693,68	9.738,74	58.432,41	477.164,94	3,875	123.147,01	160.091,11
2031	29.861.445,86	29.861,45	49.769,08	9.953,82	59.722,89	536.887,83	3,875	138.560,33	180.128,43
2032	30.520.935,90	30.520,94	50.868,23	10.173,65	61.041,87	597.929,70	3,875	154.314,05	200.608,27
2033	31.194.990,77	31.194,99	51.991,65	10.398,33	62.389,98	660.319,68	3,875	170.415,70	221.540,40
2034	31.883.932,14	31.883,93	53.139,89	10.627,98	63.767,86	724.087,55	3,875	186.872,94	242.934,83
2035	32.588.088,78	32.588,09	54.313,48	10.862,70	65.176,18	789.263,73	3,875	203.693,65	264.801,74
2036	33.307.796,72	33.307,80	55.512,99	11.102,60	66.615,59	855.879,32	3,875	220.885,84	287.151,59
2037	34.043.399,41	34.043,40	56.739,00	11.347,80	68.086,80	923.966,12	3,875	238.457,72	309.995,04
2038	34.795.247,88	34.795,25	57.992,08	11.598,42	69.590,50	993.556,61	3,875	256.417,68	333.342,98
2039	35.563.700,93	35.563,70	59.272,83	11.854,57	71.127,40	1.064.684,02	3,875	274.774,28	357.206,57
2040	36.349.125,27	36.349,13	60.581,88	12.116,38	72.698,25	1.137.382,27	3,875	293.536,29	381.597,18

Fuente: Elaboración Propia.

El área requerida para la disposición final de los residuos sólidos no tratados es de 29,35 Has. sumándole un porcentaje de 30% para la construcción de las rutas internas y las instalaciones necesarias para el buen manejo del relleno sanitario se estima a un total de 38,15 has.

8.1.9. Diseño de Zanjas

Para el Diseño del relleno sanitario se optó por realizar excavaciones de Trincheras, ya que como se menciona en el apartado del nivel de napa freática se encuentra a gran profundidad y el suelo existente es estable.

Se recomienda realizar la apertura de las zanjas con excavaciones en la parte inferior del terreno para luego ir ascendiendo a medida que se van llenando.

Se diseñó la trinchera tipo que se muestra en la figura 8.1.9, de sección trasversal trapezoidal.

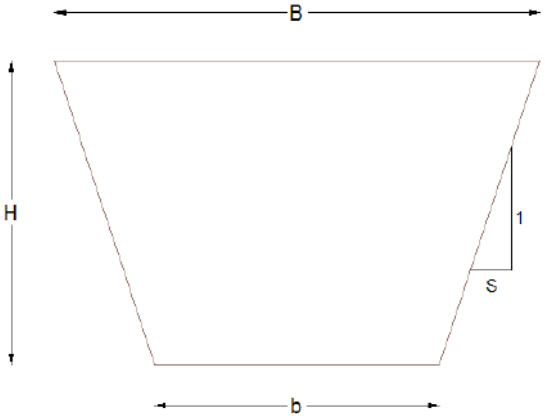


Figura 8.1. corte trasversal de la trinchera

Fruente: Elaboración Propia

Tabla 8.7. Dimensiones de la Zanja

Dimensiones de la Zanja		
L	145	m
H	5,0	m
S	0,33	
B	8,0	m
b	4,70	m
Area Superf.	1.160	m2
Area Trans.	31,67	m2
Volumen	4.494,72	m3

8.1.10. Cálculo de la cantidad de las trincheras

Se calculó la cantidad de trincheras necesarias por año dividiendo la cantidad en m^3 de residuos generados por año entre el volumen de cada zanja, y luego se calculó el tiempo de llenado, obteniéndose que en el primer año las trincheras tendrá una vida útil de 2.6 meses y, con el crecimiento de la cantidad diaria los residuos sólidos que llegan al relleno a causa del aumento de la población, la cobertura del servicio de recolección municipal y otros factores, la vida útil de las zanjas irá disminuyendo hasta 0.8 meses, en el último año del proyecto. En total, el proyecto requiere 253 trincheras tipo para cubrir la demanda de residuos. En la

siguiente tabla se muestra la disminución de la vida útil de las zanjas durante el periodo del proyecto.

Tabla 8.8. Cálculo de la cantidad de trincheras.

AÑO	Total Relleno sanitario estabilizado		Cantidad de zanjas necesarias		Tiempo de llenado
	(m3/año)	Acumulado	(zanjas/año)	Acumulado	(meses)
0	**20.665,04**	**20.665,04**	4,60	4,60	2,61
1	**24.001,63**	**44.666,67**	5,34	9,94	2,25
2	**29.438,04**	**74.104,72**	6,55	16,49	1,83
3	**35.102,88**	**109.207,60**	7,81	24,30	1,54
4	**41.003,57**	**150.211,17**	9,12	33,42	1,32
5	**47.147,78**	**197.358,95**	10,49	43,91	1,14
6	**53.543,38**	**250.902,33**	11,91	55,82	1,01
7	**54.725,88**	**305.628,21**	12,18	68,00	0,99
8	**55.934,50**	**361.562,71**	12,44	80,44	0,96
9	**57.169,82**	**418.732,53**	12,72	93,16	0,94
10	**58.432,41**	**477.164,94**	13,00	106,16	0,92
11	**59.722,89**	**536.887,83**	13,29	119,45	0,90
12	**61.041,87**	**597.929,70**	13,58	133,03	0,88
13	**62.389,98**	**660.319,68**	13,88	146,91	0,86
14	**63.767,86**	**724.087,55**	14,19	161,10	0,85
15	**65.176,18**	**789.263,73**	14,50	175,60	0,83
16	**66.615,59**	**855.879,32**	14,82	190,42	0,81
17	**68.086,80**	**923.966,12**	15,15	205,57	0,79
18	**69.590,50**	**993.556,61**	15,48	221,05	0,78
19	**71.127,40**	**1.064.684,02**	15,82	236,87	0,76
20	**72.698,25**	**1.137.382,27**	16,17	253,05	0,74

Fuente: Elaboración Propia

8.1.11. Cálculo de las celdas diarias

Las dimensiones de las celdas diarias varían según la altura de ella, ya que la sección que tendríamos que rellenar diariamente sería un trapecio.

Por ello se dividen en tres camadas de relleno, las tres tendrán una altura de 1,65m completando así los 5 m de profundidad que tiene la zanja tipo.

Para la primera camada se adopta como base menor el trapecio de las celdas diarias, la mitad de la base de las zanjas tipo se puede calcular el lado mayor teniendo como datos s=0,33.

Una vez calculado el volumen diario y adoptando una altura de 1,65m se puede calcular el avance (b) que tendrán las celdas diarias para la primera camada.

La segunda camada tendrá como base menor la base mayor calculada para la primera camada, calculando el avance que tendrán cada una de ellas.

Repitiendo el mismo procedimiento para la tercera camada.

Una vez calculadas todas las dimensiones de la celda se procede al cálculo del volumen de cobertura necesaria.

A continuación, se muestran las tablas de cálculo de avance de las celdas por camadas

Tabla 8.9 cálculo del avance para la primera camada y volumen de cobertura necesaria para un día.

PRIMERA CAMADA									
Año	Residuos solidos compactados por dia (m3)	Material de cobertura (20%)	Volumen a enterrar por dia (m3)	Altura de Celda (m)	area de la seccion transversal de la celda	area superior de la celda	Frente de trabajo (m) = promedio	Avance (m)	Avance (m)
0	56,62	11,32	67,94	1,65	8,65	41,18	5,25	7,85	7,85
1	65,76	13,15	78,91	1,65	8,65	47,82	5,25	9,12	9,12
2	80,65	16,13	96,78	1,65	8,65	58,66	5,25	11,19	11,18
3	96,17	19,23	115,41	1,65	8,65	69,94	5,25	13,34	13,34
4	112,34	22,47	134,81	1,65	8,65	81,70	5,25	15,58	15,58
5	129,17	25,83	155,01	1,65	8,65	93,94	5,25	17,92	17,91
6	146,69	29,34	176,03	1,65	8,65	106,69	5,25	20,35	20,34
7	149,93	29,99	179,92	1,65	8,65	109,04	5,25	20,80	20,79
8	153,25	30,65	183,89	1,65	8,65	111,45	5,25	21,26	21,25
9	156,63	31,33	187,96	1,65	8,65	113,91	5,25	21,73	21,72
10	160,09	32,02	192,11	1,65	8,65	116,43	5,25	22,21	22,20
11	163,62	32,72	196,35	1,65	8,65	119,00	5,25	22,70	22,69
12	167,24	33,45	200,69	1,65	8,65	121,63	5,25	23,20	23,19
13	170,93	34,19	205,12	1,65	8,65	124,31	5,25	23,71	23,70
14	174,71	34,94	209,65	1,65	8,65	127,06	5,25	24,24	24,22
15	178,56	35,71	214,28	1,65	8,65	129,87	5,25	24,77	24,76
16	182,51	36,50	219,01	1,65	8,65	132,73	5,25	25,32	25,31
17	186,54	37,31	223,85	1,65	8,65	135,66	5,25	25,88	25,87
18	190,66	38,13	228,79	1,65	8,65	138,66	5,25	26,45	26,44
19	194,87	38,97	233,84	1,65	8,65	141,72	5,25	27,03	27,02
20	199,17	39,83	239,01	1,65	8,65	144,85	5,25	27,63	27,62

Tabla 8.10. Cálculo del avance para la segunda camada y volumen de cobertura necesaria para un día

SEGUNDA CAMADA									
Año	Residuos solidos compactados por dia (m3)	Material de cobertura (20%)	Volumen a enterrar por dia (m3)	Altura de Celda (m)	area de la seccion transversal de la celda	area superior de la celda	Frente de trabajo (m) = promedio	Avance (m)	Avance (m)
1	56,62	11,32	67,94	1,65	10,45	41,18	6,34	6,50	6,50
2	65,76	13,15	78,91	1,65	10,45	47,82	6,34	7,55	7,55
3	80,65	16,13	96,78	1,65	10,45	58,66	6,34	9,26	9,26
4	96,17	19,23	115,41	1,65	10,45	69,94	6,34	11,04	11,04
5	112,34	22,47	134,81	1,65	10,45	81,70	6,34	12,90	12,90
6	129,17	25,83	155,01	1,65	10,45	93,94	6,34	14,83	14,83
7	146,69	29,34	176,03	1,65	10,45	106,69	6,34	16,85	16,84
8	149,93	29,99	179,92	1,65	10,45	109,04	6,34	17,22	17,21
9	153,25	30,65	183,89	1,65	10,45	111,45	6,34	17,60	17,59
10	156,63	31,33	187,96	1,65	10,45	113,91	6,34	17,99	17,98
11	160,09	32,02	192,11	1,65	10,45	116,43	6,34	18,38	18,38
12	163,62	32,72	196,35	1,65	10,45	119,00	6,34	18,79	18,78
13	167,24	33,45	200,69	1,65	10,45	121,63	6,34	19,20	19,20
14	170,93	34,19	205,12	1,65	10,45	124,31	6,34	19,63	19,62
15	174,71	34,94	209,65	1,65	10,45	127,06	6,34	20,06	20,06
16	178,56	35,71	214,28	1,65	10,45	129,87	6,34	20,51	20,50
17	182,51	36,50	219,01	1,65	10,45	132,73	6,34	20,96	20,95
18	186,54	37,31	223,85	1,65	10,45	135,66	6,34	21,42	21,42
19	190,66	38,13	228,79	1,65	10,45	138,66	6,34	21,89	21,89
20	194,87	38,97	233,84	1,65	10,45	141,72	6,34	22,38	22,37
21	199,17	39,83	239,01	1,65	10,45	144,85	6,34	22,87	22,87

Fuente: Elaboración propia.

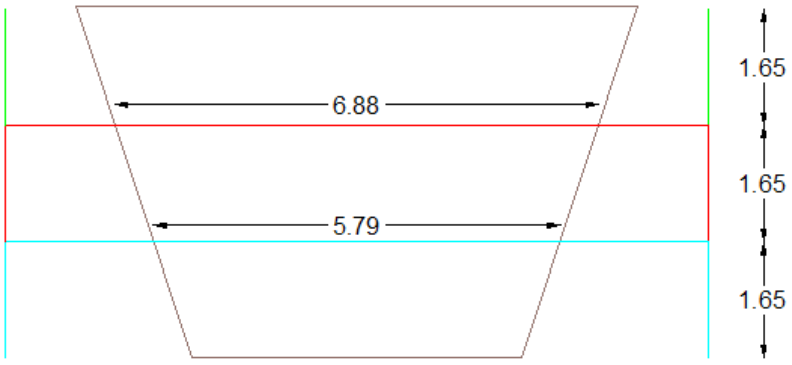
Tabla 8.11 Cálculo del avance para la tercera camada y volumen de cobertura necesaria para un día.

TERCERA CAMADA									
Año	Residuos solidos compactados por dia (m3)	Material de cobertura (20%)	Volumen a enterrar por dia (m3)	Altura de Celda (m)	area de la seccion transversal de la celda	area superior de la celda	Frente de trabajo (m) = promedio	Avance (m)	Avance (m)
1	56,62	11,32	67,94	1,65	12,28	41,18	7,44	5,53	5,53
2	65,76	13,15	78,91	1,65	12,28	47,82	7,44	6,43	6,43
3	80,65	16,13	96,78	1,65	12,28	58,66	7,44	7,88	7,88
4	96,17	19,23	115,41	1,65	12,28	69,94	7,44	9,40	9,40
5	112,34	22,47	134,81	1,65	12,28	81,70	7,44	10,98	10,98
6	129,17	25,83	155,01	1,65	12,28	93,94	7,44	12,63	12,63
7	146,69	29,34	176,03	1,65	12,28	106,69	7,44	14,34	14,34
8	149,93	29,99	179,92	1,65	12,28	109,04	7,44	14,66	14,66
9	153,25	30,65	183,89	1,65	12,28	111,45	7,44	14,98	14,98
10	156,63	31,33	187,96	1,65	12,28	113,91	7,44	15,31	15,31
11	160,09	32,02	192,11	1,65	12,28	116,43	7,44	15,65	15,65
12	163,62	32,72	196,35	1,65	12,28	119,00	7,44	15,99	15,99
13	167,24	33,45	200,69	1,65	12,28	121,63	7,44	16,35	16,35
14	170,93	34,19	205,12	1,65	12,28	124,31	7,44	16,71	16,71
15	174,71	34,94	209,65	1,65	12,28	127,06	7,44	17,08	17,08
16	178,56	35,71	214,28	1,65	12,28	129,87	7,44	17,46	17,46
17	182,51	36,50	219,01	1,65	12,28	132,73	7,44	17,84	17,84
18	186,54	37,31	223,85	1,65	12,28	135,66	7,44	18,23	18,23
19	190,66	38,13	228,79	1,65	12,28	138,66	7,44	18,64	18,64
20	194,87	38,97	233,84	1,65	12,28	141,72	7,44	19,05	19,05
21	199,17	39,83	239,01	1,65	12,28	144,85	7,44	19,47	19,47

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se puede observar cómo quedaría una zanja en su sección transversal con las distancias de cada una de las camadas

Figura 8.2. sección transversal de la zanja



AREA 1: 8.65 m2
AREA 2: 10.45 m2
AREA 3: 12.276 m2

Fuente: Elaboración propia.

8.2. INFREAESTUCTURA PERIFERICA DEL RELLENO SANITARIO

8.2.1. Captación y drenaje de agua de escorrentía

El transporte de las aguas pluviales se realiza en dos etapas diferenciadas. En la primera, el escurrimiento ocurre en la superficie del terreno. En la segunda, las aguas son captadas por un canal que desemboca fuera del área del proyecto.

8.2.2. Escurrimiento superficial

Aparicio (2012) expresa que en general, los registros de precipitaciones son más abundantes que los de escurrimiento y, además no se afectan por cambios en la cuenca. Por ello, es conveniente contar con métodos que permitan determinar el escurrimiento de una cuenca mediante las características de la misma y la precipitación. Las características de la cuenca se conocen por medio de planos

topográficos y de uso de suelo, y la precipitación a través de mediciones directas en el caso de predicción de avenidas frecuentes o usando diversos métodos en el caso de avenidas de diseño.

Los principales parámetros que intervienen en el proceso de conversión de lluvia a escurrimiento son los siguientes:

- Área de la cuenca.
- Altura total de precipitación
- Características generales o promedio de la cuenca (forma, pendiente, vegetación, etc.)
- Distribución de la lluvia en el tiempo.
- Distribución en el espacio de la lluvia de las características de la cuenca

Una de las formas de estimar el escurrimiento es mediante la Formula Racional. Este modelo toma en cuenta el área de la cuenca y la intensidad de la precipitación. Suponiéndose que en una cuenca impermeable se hace caer uniformemente una lluvia de intensidad constante durante un tiempo largo, al principio se tendrá un caudal que sale de la cuenta que irá creciendo con el tiempo pero que llegará un momento en el que se alcance un punto de equilibrio entre los caudales de entrada y salida de la cuenca.

En una cuenca no impermeable, solo una parte de la lluvia escurre directamente hasta la salida. Si se acepta que, una vez establecido el caudal de equilibrio, no cambia la capacidad de infiltración en la cuenca, se puede escribir la formula racional como en la Ecuación 8.2.2.1

$$Q = \frac{C\ x\ i\ x\ A}{360}$$

ECUACION 8. 2.2.1 formula racional

Donde

Q es el caudal máximo posible que puede producirse, en m^3/s

C es el coeficiente de escurrimiento

I es la intensidad de la lluvia, en mm/h

A es el área de la cuenca, en Ha

El coeficiente de escurrimiento es obtenido mediante la tabla 9.1.1

Tabla 8.12. Rango de valores del coeficiente de escurrimiento

Tipo de Area drenada	Pendiente	Coeficiente de Escurrimiento	
Praderas		**Minimo**	**Máximo**
Suelos Arenosos Planos	<= 0,02	0,05	0,10
Suelos Arenosos con pendientes medias	0,02 a 0,07	0,10	0,15
Suelos Arcillosos escarpados	>=0,07	0,15	0,20
Suelos Arcillosos planos	<=0,02	0,13	0,17
Suelos Arcillosos con pendientes medias	0,02 a 0,07	0,18	0,22
Suelos Arcillosos escarpados	>=0,07	0,25	0,35

Fuente: Sección de tabla del Aparicio 2012

La intensidad se obtiene mediante curvas de intensidad-Duración-Frecuencia (I.D.F) de la zona. La estación pluviométrica más cercana al distrito de Coronel Oviedo es la de Villarrica se utilizan las curvas I.D.F. de la ciudad de Villarrica Obtenidas por Luis Cuevas. para cuantificación de aguas de lluvia que afectaran al proyecto.

$$i = \frac{2152 \times Tr^{0,17279}}{(D+14)^{0,87232}}$$

Ecuación 8.2.2.2. Curva I.D.F. de Villarrica

Donde:

i Intensidad, en milímetro por hora

Tr tiempo de retorno, en años

D duración de la tormenta, en minutos

La duración de la Tormenta es igual a la suma del tiempo de concentración en el terreno más el tiempo de viaje en el canal. El tiempo de concentración tc, es el tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del equilibrio, o dicho de otra forma, es el tiempo que tarda la gota de agua que cae en el punto más lejano en llegar hasta la salida de la cuenca. Este depende de la longitud máxima que debe de recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de su velocidad promedio, que es función de las pendientes del terreno y los causes y de la rugosidad de la superficie de los mismos.

Para pequeñas áreas sin causes definidos en los cuales el escurrimiento se da de forma laminar sobre el terreno, el tiempo de concentración puede ser calculado mediante la Ecuación 3.8

$$Tc = \frac{0.000325 \times L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Ecuación 8.2.2.3 Formula de Kirpich

Donde:

tc: es el tiempo de concentración, en min

L: Longitud entre el punto de consideración y el Hidráulicamente más alejado en metros

S: Pendiente media entre el punto de consideración y el Hidráulicamente más alejado en m/m

8.2.3. Canalización

La Canalización de las aguas afuera del terreno se realiza mediante canales empastados, dimensionándose en base al caudal a transportar con la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_h \frac{2}{3} \times \sqrt{S}$$

Ecuación 8.1.3. Ecuación de Manning

Donde:

Q: es el caudal, en m^3/s

n: es la rugosidad

A: es el área mojada

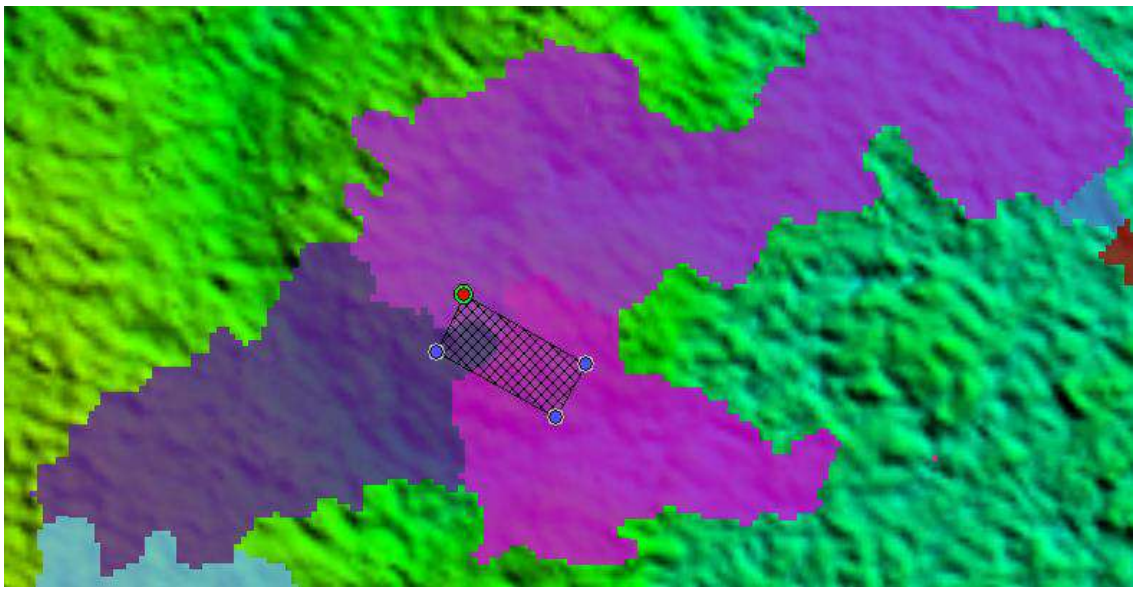
R_h: es el radio hidráulico, en m

S: es la pendiente del fondo del canal, en m/m

Cálculo

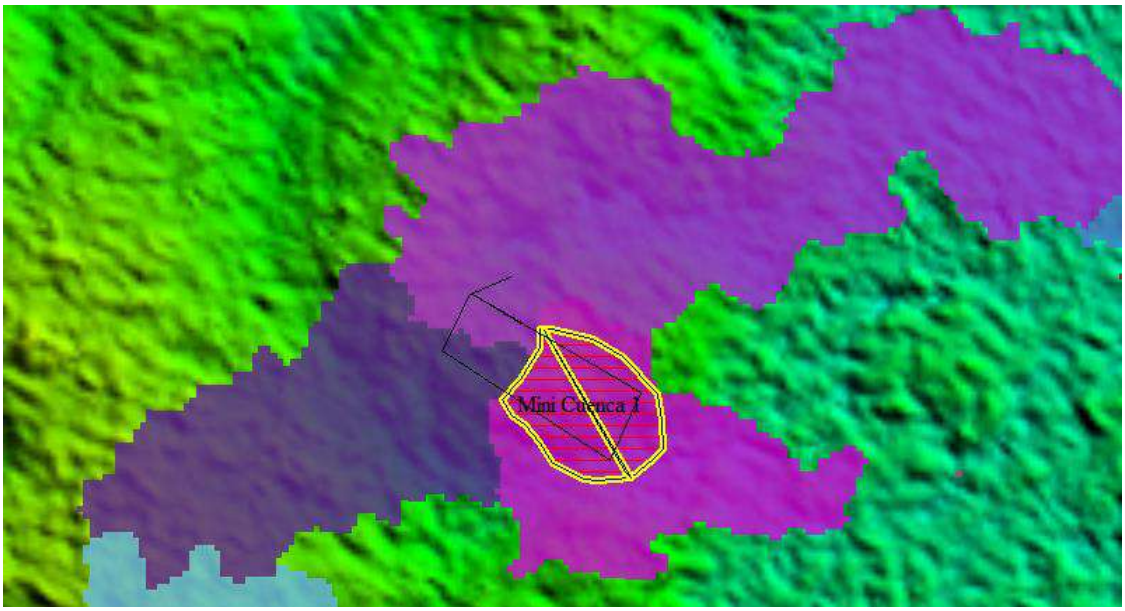
Dado que el terreno tiene un gran estrato de arcilla de color marrón rojiza a pocos metros de la superficie, que en el relevamiento topográfico se obtuvieron pendientes aproximadas de 1,5% y que al avanzar con las obras civiles se dará al terreno una pendiente final de 2% tanto longitudinal como transversalmente, el coeficiente de escurrimiento se considera 0,15 por ser el valor promedio para suelos arcillosos planos con pendientes menores o iguales a 2% se calculó con un tiempo de retorno de 10 años, los datos como la longitud del drenaje y el área de la cuenca se calcularon con el software Global Mapper.

Figura 8.3. Cuenncas que Intervienen en el Área del Proyecto.



Fuente: Software Global Mapper

Figura 8.4. Mini Cuenca de Diseño



Fuente: Software Global Mapper

Resultados

Como resultados del proceso, se obtienen: la tabla 8.13, que da los valores de la longitud, la pendiente de la cuenca y el Tiempo de concentración con la fórmula de Kirpich; la Tabla 8.14, donde se muestra los valores de la lluvia de diseño de la intensidad y la duración; Tabla 8.15 donde se verifican el caudal producido por la lluvia en el terreno y la intensidad de precipitación; y la Tabla 8.16, donde se verifica la sección óptima para el canal.

Tabla 8.13. Cálculo del tiempo de escurrimiento en el terreno

Cuenca	Longitud de drenaje	Pendiente de la cuenca	Tiempo de Concentración	Formula de KIRPICH
	L	***S***	***Tc***	
	m	m/m	min	$Tc = \frac{0.000325 \times L^{0.77}}{S^{0.385}}$
1	2049	1,46%	**35,208**	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8.14 Parámetros usados en la cura I.D.F. de Villarrica

Intensidad	Tiempo de Retorno	Duración
mm/h	años	min
107,06	10	35,208

Tabla 8.15. Cálculo del caudal producido por la lluvia de diseño

Cuenca	Coeficiente de Escorrentia	Intensidad de Diseño	Area	Caudal
	C	***i***	***A***	***Q***
	-	mm/h	Ha	m3/s
1	0,15	107,06	50	**2,230**

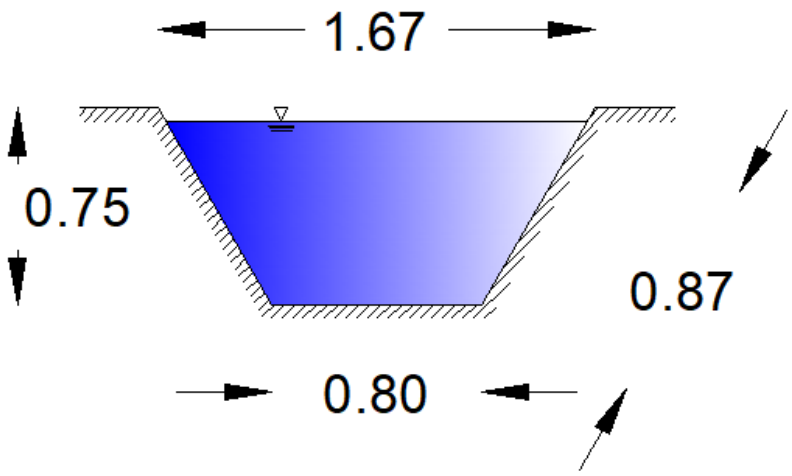
Tabla 8.16 Dimensiones del canal y caudal a transportar

Profundidad	Inclinación Lateral	Ancho del fondo del Canal	Rugosidad	Pendiente del Canal
y	***α***	***b***	***η***	S_0
m	°	m	-	m/m
0,68	60°	0,8	0,025	0,02
Caudal	**Area del flujo**	**Perimetro Mojado del flujo**	**Ancho de la Superficie del flujo**	
Q	***Af***	***Pm***	***B***	
m^3/s	m^2	m	m	
2,29	0,83	2,39	1,6	

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se muestra las dimensiones adoptadas para el canal. Usándose el semihexágono por ser el que posee la sección hidráulica óptima.

Figura 8.5. Dimensiones del Canal



Fuente: Elaboración propia.

8.2.4. Vías de acceso

Las vías de acceso serán empedradas y tendrán un ancho de 6 metros, en la zona del relleno sanitario habrá tres vías, dos en los perímetros y una central que contará con rotondas para las maniobras de los camiones.

8.3. DRENAJE LIQUIDO LIXIVIADO

8.3.1. Generación del Lixiviado

Por lo general, cuando el agua entra al contacto con los residuos sólidos depositados en el relleno sanitario se produce una solución llamado lixiviado, rica en elementos contaminantes que al desplazarse verticalmente llegan al subsuelo.

Se pueden formar de cuatro maneras distintas:

- A partir del agua de lluvia que cae directamente sobre los residuos sólidos.
- Agua que se mueve horizontalmente al suelo y que llega directamente al relleno sanitario.
- Contacto directo de las aguas subterráneas con los residuos por la elevación del nivel piezométrico.
- Aporte o derrame de líquidos en el relleno sanitario.

Con relación a lo expuesto anteriormente Jaramillo afirma que el volumen del Lixiviado formado depende de los siguientes factores:

- Precipitación pluvial en el área del relleno
- Escorrentía superficial y/o infiltración subterránea
- Evaporación
- Humedad natural de los RSU
- Grado de compactación

- Capacidad de campo

Para el cálculo de caudal de lixiviado generado se utilizó el método suizo que permite estimar de manera rápida y sencilla este parámetro

$$Q = A \times P \times K$$

Ecuación 8.3.1. Caudal del Lixiviado

Donde:

Q: Caudal medio del lixiviado (L/mes)

P: Precipitación máxima mensual (mm/mes)

A: Área superficial del relleno (m2)

K: Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes:

- Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0,4 a o,7 tn/m3, se estima una producción de lixiviado de 25 a 50% (k=0,25 a 0,50) de precipitación media anual correspondiente al área de relleno.
- Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > a 0,7 tn/m3, se estima una producción de lixiviado de 15 a 25% (k= 0,15 a 0,25) de precipitación media anual correspondiente al área de relleno.

A partir del caudal del lixiviado el volumen se calculó con la siguiente Ecuación:

$$V = Q \times t$$

Ecuación 8.3.2 Volumen de lixiviado

Donde:

V: Volumen de lixiviado que será recogido (m3)

Q: Caudal medio de lixiviado (m3/mes)

T: Número máximo de meses con lluvia consecutivas (mes)

8.3.2. Longitud de las zanjas de Lixiviados

Con el volumen calculado se puede obtener la longitud de las zanjas, estas deben medir por lo menos un ancho de 0.6 metros por 0.8 de profundidad, siempre que el nivel freático este un metro más abajo.

$$l = \frac{V}{a}$$

Ecuación 8.3.3. Longitud de zanjas

Donde:

$l =$ Longitud de las zanjas (m)

$V =$ Volumen de Lixiviado (m3)

$a =$ Área superficial de la zanja (m2)

Resultados

8.3.3. Generación del Lixiviado

El volumen del lixiviado es directamente proporcional a la precipitación pluvial, pues las lluvias que caen directamente al relleno sanitario hacen aumentar el volumen del lixiviado generado por los materiales orgánicos, así como también las aguas de escorrentía que también de alguna manera hacen contacto con estos residuos.

El volumen se calculó con la ecuación en donde se utilizó k =0.2 correspondiente al promedio de un peso específico fuertemente compactado, y la máxima precipitación del año P = 295.4 mm/mes correspondiente al mes de noviembre en la ciudad de Coronel Oviedo según el Registro de Precipitación Diaria del año 2018

del Dpto. de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos de la DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil). El área superficial de una zanja es de 1.160 m^2.

Entonces aplicando las ecuaciones 8.3.1 y 8.3.2 respectivamente obtuvimos:

$$\boldsymbol{Q = 68,53\ m3/mes}$$

$$\boldsymbol{V = 68,53\ m3}$$

8.3.4. Longitud del sistema por zanjas para el líquido lixiviado

Se contará con un sistema de colección del líquido lixiviado mediante zanjas secundarias paralelas a las trincheras para asegurar la distribución rápida y eficaz del líquido y de un subcolector perpendicular a los colectores secundarios cuyo fin es el de colectar los líquidos trasportados por estas y direccionarlos a la planta de tratamiento.

La sección transversal de las zanjas tiene las siguientes medidas

a = 1 m de profundidad

b = 0,8 m de ancho

Con esas dimensiones se determinó que la longitud necesaria de colectores secundarios para colectar el líquido lixiviado generado en una zanja es de **86 metros** multiplicando este valor por el total de trincheras necesarias para el proyecto obtuvimos **13.502 metros** de colectores secundarios.

8.3.5. Colectores de Lixiviado

Verificación de capacidad de transporte de fluidos

Para cada tramo de tubería, se supone un diámetro y se determina el caudal que puede ser transportado a media sección. Se utiliza la ecuación de Chezy para determinar la velocidad a media sección.

$$V = C\sqrt{R_h \times S}$$

Ecuación 8.3.3.1 Ecuación de Chezy

Donde:

V= Es la velocidad, en m/s

C= es la constante de Chezy

Rh = es el radio hidráulico, en m

S= Es la pendiente, en m/m

La constante de Chezy se determina mediante la fórmula de Ganguillet-Kutter

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.0015}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.0015}{S}\right) \times \frac{n}{\sqrt{R_h}}}$$

Ecuación 8.3.3.2 Formula de Ganguillet-Kutter

Donde:

n es el coeficiente de rugosidad de Manning para el PVC, que varía entre 0,009 y 0,013 (Briere, 2005), usamos el valor promedio 0,011

La velocidad obtenida se multiplica por el área de la mitad de la sección de la tubería, obteniéndose el caudal que puede transportarse a media sección.

Esta capacidad se verifica si es mayor al caudal acumulado que es transportado por la tubería.

Verificación de la Fuerza Tractiva

La fuerza tractiva es la generada por el líquido escurriéndose sobre las paredes de la tubería calculada mediante la Ecuación 8.3.3.3 Para evitar la sedimentación de los materiales en suspensión, esta fuerza debe ser mayor a 1 Pascal, que es 0,102 kg/m2.

$$\tau = \gamma \times R_h \times S$$

Ecuación 8.3.3.3

Donde:

τ es la fuerza tractiva, en m

γ es el peso específico del líquido, en Kg/m3

Resultados

En la Tabla 8.17, se muestra el caudal a conducir en cada tramo, el diámetro utilizado y los parámetros de verificación. Se obtiene que todos los tramos del colector principal son de **150mm**, verificándose la fuerza tractiva y el caudal de transporte en todo el recorrido

Tabla 8.17. Cálculo del Colector de Lixiviados y la tubería emisora

De Registro	A Registro	Longitud	Zanjas de Aporte	Caudal de Tramo	Caudal Incidente	Caudal Acumulado	Longitud del Colector	Cotas del Terreno		Desnivel del Colector	Pendiente del Colector
								Registro Anterior	Registro Posterior		
		m	uni	l/s	l/s	l/s	m	m	m	m	m/m
R1	R2	105,4	15	0,379	0,000	0,379	104,2	155,10	153,02	2,084	0,02
R2	R3	120	25	0,632	0,379	1,011	118,8	153,02	150,64	2,376	0,02
R3	R4	98	20	0,506	1,011	1,517	96,8	150,64	148,70	1,936	0,02
R4	R5	95	20	0,506	1,517	2,023	93,8	148,70	146,83	1,876	0,02
R5	R6	93	20	0,506	2,023	2,528	91,8	146,83	144,99	1,836	0,02
R6	R7	85	20	0,506	2,528	3,034	83,8	144,99	143,32	1,676	0,02
R7	R8	76	20	0,506	3,034	3,539	74,8	143,32	141,82	1,496	0,02
R8	R9	72	15	0,379	3,539	3,919	70,8	141,82	140,40	1,416	0,02
R9	EB	5	2	0,051	3,919	3,969	3,8	140,40	140,40	0,004	0,02

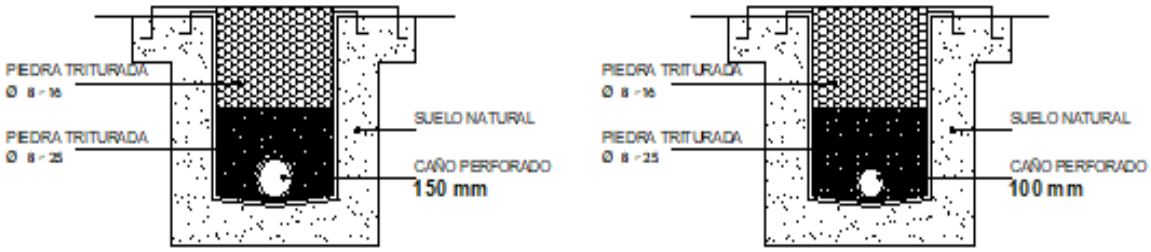
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8.17.(Continuación)

De Registro	A Registro	Diametro del Caño	Radio Hidráulico	C	Velocidad a media Sección	Capacidad a media Sección	Fuerza Tractiva	Cota de Fondo		h1	h2
								Registro Anterior	Registro Posterior		
		m	m		m/s	l/s	kg/m2	m	m	m	m
R1	R2	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	149,80	147,72	5,3	5,3
R2	R3	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	147,71	145,33	5,31	5,31
R3	R4	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	145,32	143,38	5,32	5,32
R4	R5	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	143,37	141,50	5,33	5,33
R5	R6	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	141,49	139,65	5,34	5,34
R6	R7	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	139,64	137,97	5,35	5,35
R7	R8	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	137,96	136,46	5,36	5,36
R8	R9	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	136,45	135,03	5,37	5,37
R9	EB	0,15	0,038	49,328	1,351	11,936	0,762	135,02	135,02	5,38	5,38

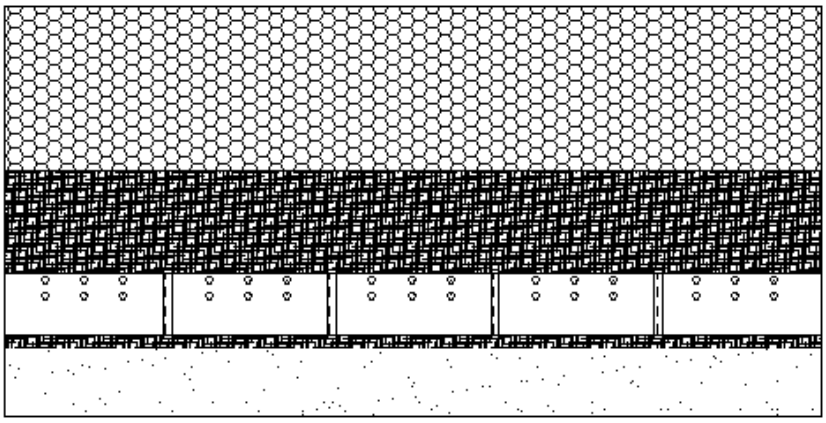
Fuente: Elaboración Propia

Figura 8.6 Sección Transversal de los Drenajes de Lixiviado



Fuente: Elaboración propia

Figura 8.7 Sección Longitudinal de los Drenajes de Lixiviado



Fuente: Elaboración propia

8.3.6. Estación de Bombeo

El Líquido transportado por el colector de Lixiviados es almacenado en un pozo de bombeo, de donde será elevado hasta el nivel de las lagunas para iniciar su tratamiento

8.3.7. Consideraciones básicas de Diseño

El lixiviado no debe permanecer en el pozo de bombeo durante mucho tiempo para evitar que comiencen el proceso de putrefacción.

Cada motor tendrá un ciclo de operación entre dos arranques consecutivos entre 6 y 30 minutos, para no sobrepasar de seis arranques en una hora, consiguiendo evitar el sobrecalentamiento de la electrobomba y limitar el periodo de detención del lixiviado, se contará con una bomba de auxilio en caso de que una se averíe o esté en mantenimiento.

El fondo del pozo debe tener pendiente no menor a 2%, con el fin de evitar la acumulación de sólidos.

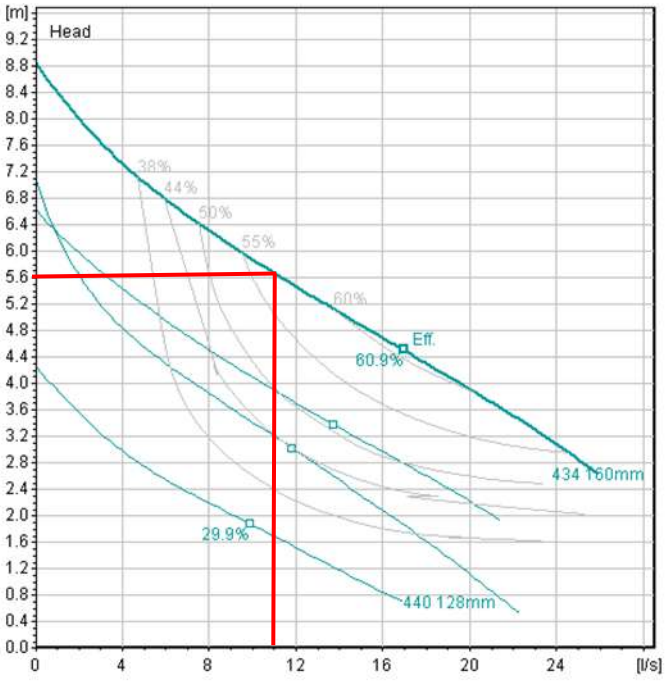
Cálculos y Resultados

Se adopta el caudal mínimo de ingreso al pozo, como el caudal promedio (4 lts). Considerando un periodo de parada de 18 minutos y multiplicando por el caudal, se obtiene que el volumen a retener es 4.320 lts.

Adoptando las dimensiones: 4,60 m de largo y 3,2 m de ancho la altura útil del líquido es 0.30 m.

La altura de elevación es de 5,2 metros, pero adoptamos 5,6 metros para considerar las pérdidas de carga en la tubería. En la figura 8.3.6 se observa la curva de desempeño de una bomba Flygt C 3085 MT monofásica 4 polos 50 Hz SI. Para una altura de 5,6 metros el caudal de bombeo es de 11 lts/s.

Figura 8.8. Curva de desempeño de la bomba Flygt 3085 de 50 Hz



Fuente: Xylem, fabricante de bombas Flygt

El periodo de funcionamiento de la bomba se calcula con la siguiente ecuación

$$f = \frac{V}{(Q_b - Q)}$$

Donde:

f es el tiempo de funcionamiento, s

V es el volumen del pozo, en lt

Q_b es el caudal del bombeo, en lt/s

Q es el caudal de Ingreso al pozo, en lt/s

Resultando 10,3 minutos de funcionamiento, seguido de 18 minutos de parada sumando los valores anteriores, se obtiene que el periodo de tiempo entre dos paradas sucesivas de la bomba es de 28,3 minutos, verificándose que la retención sea menor a 30 minutos.

Para verificar la perdida de carga en la tubería de impulsión, se utiliza la formula se Hazen-Williams que se muestra en la **Ecuación 8.3.6**

$$h = 10{,}643 \times C^{-1{,}85} \times D^{-4{,}87} \times Q^{1{,}85} \times L$$

Ecuación 8.3.6 Formula de Hazen-Williams de pérdida de carga en tuberías a presión

Donde:

h: es la pérdida de carga, en m

C: es el coeficiente de rugosidad

D: es el diámetro de la cañería de impulsión, en m

Q: es el caudal, en m3/s

L: es la longitud de la cañería, en m

Siendo el coeficiente de rugosidad igual a 150 para tuberías de PVC (Briére,205), el diámetro adoptado igual a 100mm, el caudal de bombeo de 11 ls/seg y la longitud hasta el desagüe en la laguna anaeróbica de 10m.

La pérdida de carga resulta igual 0,18 m, que, sumados a los 5,2 m de altura a salvar, es igual a 5,38 m. Dado que es menor a la altura de 5,6 m supuesta para el caudal de 11 Lt/s, verifica el diámetro.

8.3.8. Tratamiento del líquido lixiviado

El tratamiento del líquido precolado se realiza mediante lagunas de estabilización en serie, ya que es uno de los métodos más apropiados para las características propias del entorno, basadas en el clima del país y atendiendo que es uno de los métodos más económicos y efectivo si es que se dispone el área necesaria y si se realiza un buen dimensionado y ellas.

Funcionamiento de lagunas anaeróbicas

Las lagunas anaeróbicas constituyen un proceso que opera bajo una condición de ausencia de oxígeno, se utilizan normalmente como primera fase en el tratamiento de aguas residuales urbanas o industriales con alto contenido en materia orgánica biodegradable siendo su objetivo primordial la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica, no la obtención de un efluente de alta calidad.

Las lagunas anaerobias operan en serie con lagunas facultativas y de maduración, generalmente se utiliza un sistema compuesto por al menos una laguna de cada tipo en serie, para asegurar que el efluente final de la planta depuradora a poseer una calidad adecuada durante todo el año, son diseñadas para aguas residuales con altas cargas y se caracterizan por su corto tiempo de retención hidráulica.

La estabilización tiene lugar mediante tres etapas:

- Hidrólisis
- Fermentación Ácida
- Fermentación de Metano

Funcionamiento de las lagunas facultativas

Las lagunas facultativas poseen una zona aerobia y una zona anaerobia, situadas respectivamente en superficie y fondo. Por tanto, en estas lagunas podemos encontrar cualquier tipo de microorganismo, desde anaerobios estrictos en el fango del fondo hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. Sin embargo, los seres vivos más adaptados al medio serán los microorganismos facultativos, que pueden sobrevivir en las condiciones cambiantes de oxígeno disuelto típicas de estas lagunas a lo largo del día y del año. Además de las bacterias y protozoos, en las lagunas facultativas es esencial la

presencia de algas, que son las principales suministradoras de oxígeno disuelto. A Diferencia de lo que ocurre con algunas anaerobias, el objetivo perseguido en las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido de nutrientes y bacterias coliformes.

La degradación de la materia orgánica en lagunas facultativas tiene lugar fundamentalmente, por la actividad metabólica de bacterias heterótrofas facultativas, que pueden desarrollarse tanto en presencia como en ausencia de oxígeno disuelto, si bien su velocidad de crecimiento, y por tanto la velocidad de depuración, es el mayor en condiciones aerobias (Metcalf-Eddy, 1979). Puesto que la presencia de oxígeno es ventajosa para el tratamiento los mecanismos de oxigenación del medio.

Las dos fuentes de oxígeno en lagunas facultativas son la actividad fotosintética de las algas y la reaireación a través de la superficie. Puesto que las algas necesitan luz para generar oxígeno, y la difusión de éste en el agua es muy lenta, las lagunas tienen normalmente poca profundidad (1-2 metros), para facilitar así un ambiente oxigenado en la mayor parte del perfil vertical. La profundidad a la cual se anula el contenido de oxígeno disuelto se llama oxipausa y varía a lo largo del día y del año. Uno de los signos de buen funcionamiento en las lagunas facultativas es el desarrollo de un color verde brillante debido a la presencia de algas. Las bacterias y algas actúan en forma simbiótica, con el resultado global de la degradación de la materia orgánica. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar e forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxidos de carbono en grandes

cantidades. Estos son utilizados por las algas en su crecimiento. De esta forma, la actividad de ambas es mutuamente beneficiosa (Mara, 1976; Dinges, 1982: Brock, 1978).

Funcionamiento de las lagunas de maduración

Las lagunas de maduración tienen como objetivo primordial la eliminación de bacterias patógenas. Estas lagunas operan siempre al menos como lagunas secundarias, es decir, como mínimo el agua residual ha pasado otro tratamiento antes de ser introducida a ellas.

Se construyen lagunas de maduración como etapa final de otros sistemas de depuración. Además de su efecto desinfectante, las lagunas de maduración cumplen otros objetivos, como son la nitrificación del nitrógeno amoniacal, cierta eliminación de nutrientes, clarificación del afluente y consecución de un efluente bien oxigenado.

8.3.9. Dimensionamiento de lagunas

El modelo utilizado para el cálculo de las lagunas es el modelo obtenido por la CEPIS basado en investigaciones en San Juan, Lima.

Laguna Anaeróbica

Las lagunas anaeróbicas son dimensionadas mediante la carga volumétrica del afluente. El tiempo de retención es un parámetro muy importante para estas lagunas ya que de ella depende el porcentaje de disminución del contenido orgánico del efluente. Para temperaturas superiores de 20° C, Mara 81976) registra los valores siguientes:

Tabla 8.18. Reducción de DBO_5 función al tiempo de retención.

PERIODO DE RETENCION Días	REDUCCION DE CBO5 %
1	50
2,5	60
5	70

Fuente: Mara, 1976.

Laguna Facultativa

Las lagunas facultativas son dimensionadas mediante la carga superficial del efluente, done esta se calcula mediante la Ecuacion 3.18 obtenida por la CEPIS realizando correlaciones con las obtenidas por Arrhenius, Marais y Glayna.

$$Csa = 357{,}4 \times 1{,}085^{T-20}$$

Ecuacion 8.2.7.1 Carga superficial del afluente a la laguna facultativa

Donde:

Csa: Carga superficial del afluente (Kg DBO/ha/día)

T: Temperatura del líquido precolado

Una vez calculado la carga superficial se puede determinar el área necesaria para la laguna facultativa con la ecuación siguiente

$$A = \frac{Q \times DBO_5}{Csa}$$

Ecuación 8.2.7.2 Área correspondiente a una laguna facultativa

Donde:

A: Área de la laguna facultativa (ha)

Q: Caudal del lixiviado (m3/dia)

Csa: Carga superficial del afluente (Kg DBO/ha/dia)

La carga removida se puede estimar con la ecuación

$$Csr = A + B \times Csa$$

Ecuación 8.2.7.3 Carga removida en la laguna facultativa

Donde:

A y B provienen de un análisis estadístico realizado por la CEPIS cuyos valores se muestran en la tabla.

Tabla 8.19 Datos de la correlación de carga deDBO

Descripción	Tipo de Laguna		
	Primaria	Secundaria	Ambas
Coeficiente A	7.67	-0,8	-7,81
Coeficiente B	0,8063	0,765	0,8193
Desviación Estandar	18,27	6,38	13,9
Coeficiente correlación	0,9962	0,9861	0,9982
Numero de Datos	71	63	139

Fuente: Investigación de la CEPIS

Laguna de maduración

Las lagunas de maduración se calculan en base al caudal del lixiviado

$$V = \frac{Q \times tr}{\eta}$$

Ecuación 8.2.2.4

V: volumen de la laguna de maduración (m3)

Q: caudal del lixiviado (l/s)

Ŋ: Cantidad de lagunas de maduración (un)

tr: tiempo de retención.

Verificación del efluente

Coeficiente de remoción de coliformes fecales

Kb(t)= 2,6x1,19$^{(T-20)}$

Coeficiente de remoción de carga orgánica

K1(t)= 0,30x(1.05)$^{(T-20)}$

Coliformes fecales del efluente

$$Cfe = \frac{Cfi}{(1 + Kb \times tanaerobica)(1 + kb \times tfacultativa)(1 + Kb \times tfmaduracion)^{\eta}}$$

Ecuación 8.2.2.5

Cfe: coliformes que llegan a la laguna (efluente) (Cf/100ml)

Cfi: coliformes que salen de la laguna (afluente) (Cf/100ml)

Kb: coeficiente de remoción de coliformes fecales.

Carga orgánica del efluente

$$Le = \frac{Li}{(1 + K1 \times tanaerobica)(1 + K1 \times tfacultativa)(1 + K1 \times tfmaduracion)^{\eta} +}$$

Ecuación 8.2.2.6

Le: carga orgánica del efluente (mg DBO/l)

Li: carga orgánica del influente (mg DBO/l)

K1: coeficiente de remoción de carga orgánica

Los valores obtenidos de coliformes fecales y carga orgánica del efluente serán verificados con los limites admisibles establecidos por la SEAM.

Resultados

Registrando que no se encuentran comunidades cercanas al sitio donde se instalará las lagunas de tratamiento del lixiviado producido por el relleno sanitario se opta por construir una laguna anaeróbica como primera fase en el tratamiento y ya que el líquido posee de un alto contenido de materia orgánica biodegradable. El

objetivo primordial de esta laguna es la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica de lixiviado, y no la obtención de un efluente de alta calidad, por esta razón, esta laguna opera en serie con dos lagunas facultativas como tratamiento secundario para obtener un efluente con la mayor calidad posible, estabilizar la materia orgánica y reducir la cantidad de nutrientes, seguida de estas lagunas se construyen tres lagunas de maduración para alcanzar los limites admisibles de coliformes fecales y carga orgánica del efluente de la SEAM permite.

- Carga orgánica del efluente (mg DBO/l)
- Coliformes fecales del Efluente

En la Tabla 8.3.2.3 se muestran los parámetros utilizados en el cálculo de las lagunas. Se considera un nivel de 4000 mg de DBO por litro, siendo este un valor promedio para lixiviados nuevos y viejos. La laguna anaeróbica se calcula (Tabla 8.21) con el caudal máximo de lixiviado esperando que es el resultante del mes de mayor precipitación. Las lagunas facultativas (Tabla 8.22 y Tabla 8.23) y la de maduración (Tabla 8.24) se calculan con el caudal promedio de la precipitación anual.

Tabla 8.20. Parámetros de dimensionamiento de lagunas

Parámetros de Dimensionamiento de Lagunas		
Carga Organica	20.096	Kg DBO/mes
DBO_5 de lixiviado promedio	4.000	mg DBO/l
DBO_5 de lixiviado promedio	4,00	Kg DBO/m3
Caudal de Lixiviado máxima	5.024	m3/mes
Caudal de Lixiviado promedio	1.503	m3/mes
Temperatura del Liquido	20	°C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.21. Dimensionamiento de laguna anaeróbica

LAGUNA ANAEROBICA						
Carga Organica	**Carga Volumetrica**	**Volumen de la laguna**	**Profundidad**	**Area**	**Lado**	**Tiempo de Retención**
Kg DBO/dia	Kg DBO/m3	m3	m	m2	m	dias
648,26	4,00	810,32	5,00	162,06	12,73	5,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.22. Dimensionamiento de la primera laguna facultativa

LAGUNA FACULTATIVA SECUNDARIA 1									
Carga Organica	**Carga Superficial**	**Area de Laguna**	**Largo**	**Ancho**	**Profundidad**	**Volumen**	**Tiempo de Retención**	**Coef. De remoción de carga organica K1**	**Carga Organica del Efluente**
Kg DBO/dia	Kg DBO/ha/dia	m2	m	m	m	m3	dias	-	mg DBO/L
60,12	357	1.684,03	58	29	2	3364	50	0,14	149

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.23. Dimensionamiento de la segunda laguna facultativa

LAGUNA FACULTATIVA SECUNDARIA 2									
Carga Organica	**Carga Superficial**	**Area de Laguna**	**Largo**	**Ancho**	**Profundidad**	**Volumen**	**Tiempo de Retención**	**Coef. De remoción de carga organica K1**	**Carga Organica del Efluente**
Kg DBO/dia	Kg DBO/ha/dia	m2	m	m	m	m3	dias	-	mg DBO/L
6,88542	279,811	246,07	22	11	2	484	8	0,26	49

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8.24 Dimensionamiento de las lagunas de maduración

LAGUNA DE MADURACIÓN		
Tiempo de Retención	10	Dias
Cantidad de Lagunas	3	Un.
Coliformes Fecales	1E+07	Cf/100ml

Volumen	**Profundidad**	**Area de la Laguna**	**Largo**	**Ancho**	**Coef. De remoción de carga organica Kb**	**Coliformes del Efluente**
m3	m	m2	m	m	-	
267	1,2	223	22	11	2,6	610

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8.25 se muestra la comparación entre los valores de coliformes fecales y de DBO obtenidos en el cálculo y los exigidos por la SEAM. Se puede observar que el efluente de cálculo cumple con estos requisitos.

Tabla 8.25. Comparación entre valores de cálculo y de la resolución 222/02 de la SEAM

	Unidad de Medida	Valores Limites Permitidos según resolución 222/02 de la SEAM	Valores obtenidos en el calculo de Lagunas	Verificación
Coliformes Fecales	Cf/100ml	1000	625	Cumple
Carga Orgánica	mg DBO/L	50	49	Cumple

Fuente: Elaboración propia

8.3.10. Emisario

El emisario es la cañería que va desde la planta de tratamiento hasta el cauce hídrico, donde desemboca el lixiviado tratado bacteriológicamente.

Para su diseño, se traza en planta el recorrido que tendrá. Se determinan las pendientes de los tramos y se calcula siendo los mismos principios utilizados en el dimensionamiento del colector de lixiviados.

Resultados

Los resultados son presentados en la Tabla 8.26, donde se verifica la fuerza tractiva y la capacidad de transporte de caudal de los tramos.

Tabla 8.26 Cálculo del colector de lixiviados y la tubería emisora

De	A	Longitud	Caudal Acumulado	Longitud del Emisario	Cotas del Terreno		Desnivel del Colector	Pendiente del Colector
					Registro Anterior	Registro Posterior		
		m	l/s	m	m	m	m	m/m
PT	E1	99,6	3,9692	99,6	138	131	4	0,04
E1	E2	310,5	3,9692	310,5	131	123	10	0,02

Tabla 8.3.8.1 (Continuación)

Diametro del Caño	Radio Hidráulico	C	Velocidad a media Sección	Capacidad a media Sección	Fuerza Tractiva	Cota de Fondo		h1	h2
						Registro Anterior	Registro Posterior		
m	m		m/s	l/s	kg/m2	m	m	m	m
0,15	0,038	49,35709	1,91159183	16,89029377	1,524	132,7	128,7	5,3	2,3
0,15	0,038	43,75034	1,19815247	10,58654202	0,762	125,69	115,69	5,31	7,31

Fuente elaboración propia

8.4. DRENAJE DE GASES

Los drenajes para los gases estarán constituidos de tubos de hormigón perforado hasta la superficie del relleno terminado, seguido por otro tubo de 70cm de altura, éste sin perforaciones de modo que el tubo en su longitud perforada pueda facilitar la captación y el drenaje de los gases, y en la longitud sin perforaciones se pueda direccionar los gases a la salida de éste.

El tubo perforado estará protegido por una malla metálica rellena con canto rodado de forma tal a evitar cualquier tipo de obstrucción en las perforaciones, estos irán conectados al drenaje de lixiviados, y estarán separadas cada 40 metros.

8.5. MAQUINARIAS

El Relleno Sanitario contará con los equipos necesarios para el movimiento de suelos ya sea en la excavación traslado y compactación del material de cobertura diaria, también se invertirá en una máquina para el manejo de los residuos y su compactación y un camión para el traslado de los residuos a la zona de las trincheras

Maquinas a Utilizar

- Excavadora sobre Orugas
- Cargador sobre orugas o sobre ruedas más cuchilla de empuje
- Camión volquete

- Báscula

8.6. CONSTRUCCIONES AUXILIARES

Se colocarán en todo el perímetro del terreno destinado al relleno sanitario, será construida con malla de 2 pulgadas con postes de hormigón y tendrá una altura de 1.8 metros.

8.6.1. Área de amortiguamiento y protección

Se deja una franja libre de 10 metros en todo el perímetro destinado a arborización, estos árboles serán de eucalipto ya que es una especie de crecimiento rápido, se colocarán con 1 metro de altura y tendrá cuidado riguroso.

8.6.2. Caseta de control

Se construirán dos casetas de control, una para control de ingreso de personales y personas externas del relleno y otra para el control y pesajes de camiones de basuras, esta última tendrá una báscula para realizar el pesado del camión.

8.6.3. Instalaciones Sanitarias y comedor

El relleno contará con instalaciones sanitarias destinadas a los obreros que trabajan en el relleno sanitario y además vestidores

Se construirá una cocina con comedor que será compartida entre todos los trabajadores del relleno.

8.6.4. Oficinas administrativas

Se realizará una construcción destinada para la administración del relleno sanitario y la elaboración de lombricultura. Esta instalación cuenta con una kitchenette y baño diferenciados.

8.6.5. Tinglado de recuperación de residuos

Estará instalada en él una planta de recuperación de los residuos sólidos.

8.6.6. Tinglado de maquinarias

Se construirá un tinglado que será destinado para guardar al final de la jornada camiones recolectores, los elementos utilizados para el relleno sanitario y los equipos de protección al personal.

8.6.7. Zona de lombricultura

Se excavarán pequeñas zanjas de 10 metros de largo, 1.5 metros de ancho y 0.4 metros de profundidad destinado a la elaboración de humus de lombriz, este trabajo estará a cargo de la municipalidad.

Se instalará una estructura cubierta con malla metálica denominada “media sombra” para brindar protección a las zanjas de lombricultura.

8.6.8. Equipo de protección colectiva

Al final la excavación de una zanja se colocara un vallado perimetral que servirá como protección a cualquier eventualidad que pudiera ocurrir, también se colocarán señalizaciones que indiquen peligro y advertencia,

8.6.9. Paisajismo

El proyecto cuenta con una zona de paisajismo en el cual se encuentran árboles, flores y zonas de recreación y descanso para las personas que trabajan o visitan el relleno.

8.7. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

Todo proyecto que quiera llevarse a cabo está ligado a un conjunto de costos en concepto de recursos materiales y humanos, que pueden ser cuantificados en términos monetarios.

Se analizó y se estimó los costos que tendrá el proyecto considerando las variaciones que tiene el valor del dinero en el tiempo de manera a analizar el presupuesto final del Proyecto.

El proyecto de Disposición final de los residuos sólidos busca una solución a una problemática principalmente ambiental y social de allí la gran importancia de su realización.

8.7.1. Costo de Inversión

El costo total de la inversión se muestra en los ANEXO A, encontrándose un resumen en la siguiente tabla

Tabla 8.27 Resumen de Inversión del proyecto

Resumen de Inversión	
Relleno Sanitario	1.650.277.700
Tinglados	502.520.200
Oficinas	95.530.300
Comedor y Sanitarios	94.179.700
Sistema de Reciclaje	29.000.000
Casetas de Guardias	32.401.700
Lombricultura	34.655.000
Abastecimiento de agua Potable	24.753.500
Maquinarias	871.000.000
TOTAL	**3.334.318.100**

Fuente: Elaboración Propia

8.7.2. Costo de Obras Civiles

Estos costos se consideran con una Inflación anual del 4,1% obtenidos de los valores de la tabla 8.28. calculando como una media ponderada.

Tabla 8.28. Inflación anual del Paraguay

AÑO	INFLACIÓN (%)
2011	4,9
2012	4
2013	3,7
2014	4,7
2015	3,1
2016	3,9
2017	4,5
2018	4
PROM	**4,1**

Fuente: Banco Central del Paraguay

Los volúmenes de excavación y relleno de los trabajos de movimiento de suelo se calculan proporcionales a la cantidad de zanjas que deben excavarse cada año, como se muestra en la Tabla 8.28

Tabla 8.29. Costo de Movimiento de suelos

AÑO	Zanjas	Excavación			Relleno de Suelo			Compactación		
		Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	zanjas/año	m3/año	gs/m3	gs/año	m3/año	gs/m3	gs/año	m3/año	gs/m3	gs/año
0			8.500			18.500			18.500	
1	5	23.998	8.849	212.344.378	1.440	19.259	27.729.678	3.600	19.259	69.324.194
2	7	29.433	9.211	271.118.877	1.766	20.048	35.404.936	4.415	20.048	88.512.339
3	8	35.097	9.589	336.545.889	2.106	20.870	43.948.934	5.265	20.870	109.872.334
4	9	40.997	9.982	409.236.142	2.460	21.726	53.441.426	6.150	21.726	133.603.564
5	10	47.140	10.391	489.851.281	2.828	22.616	63.968.814	7.071	22.616	159.922.036
6	12	53.535	10.817	579.107.891	3.212	23.544	75.624.678	8.030	23.544	189.061.694
7	12	54.717	11.261	616.165.286	3.283	24.509	80.463.937	8.208	24.509	201.159.843
8	12	55.926	11.723	655.594.001	3.356	25.514	85.612.864	8.389	25.514	214.032.159
9	13	57.161	12.203	697.545.779	3.430	26.560	91.091.272	8.574	26.560	227.728.181
10	13	58.423	12.704	742.182.072	3.505	27.649	96.920.247	8.763	27.649	242.300.618
11	13	59.713	13.224	789.674.663	3.583	28.783	103.122.221	8.957	28.783	257.805.552
12	14	61.032	13.767	840.206.328	3.662	29.963	109.721.062	9.155	29.963	274.302.654
13	14	62.380	14.331	893.971.538	3.743	31.191	116.742.166	9.357	31.191	291.855.414
14	14	63.758	14.919	951.177.210	3.825	32.470	124.212.553	9.564	32.470	310.531.383
15	15	65.166	15.530	1.012.043.501	3.910	33.801	132.160.975	9.775	33.801	330.402.437
16	15	66.605	16.167	1.076.804.656	3.996	35.187	140.618.020	9.991	35.187	351.545.049
17	15	68.076	16.830	1.145.709.908	4.085	36.630	149.616.235	10.211	36.630	374.040.588
18	15	69.579	17.520	1.219.024.441	4.175	38.132	159.190.250	10.437	38.132	397.975.626
19	16	71.116	18.238	1.297.030.406	4.267	39.695	169.376.912	10.667	39.695	423.442.280
20	16	72.687	18.986	1.380.028.011	4.361	41.322	180.215.423	10.903	41.322	450.538.556
			TOTAL	**15.615.362.257**		**TOTAL**	**2.039.182.601**		**TOTAL**	**5.097.956.502**

TOTAL	**22.752.501.360**

Fuente: Elaboración Propia

De igual manera, el costo de las obras de desagüe de lixiviado y de gases se analiza teniendo en cuenta la cantidad de zanjas que se excavan cada año y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8.30. Costos de Obras de desagüe del Relleno Sanitario

AÑO	Zanjas	Drenaje de Lixiviado			Drenaje de Gases		
		Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	zanjas/año	ml/año	gs/m3	gs/año	un/año	gs/m3	gs/año
0			70.000			365.000	
1	5	459	72.870	33.464.571	16	379.965	6.086.994
2	7	563	75.858	42.727.182	20	395.544	7.771.805
3	8	672	78.968	53.038.201	23	411.761	9.647.314
4	9	785	82.206	64.493.876	27	428.643	11.731.029
5	10	902	85.576	77.198.479	31	446.217	14.041.916
6	12	1.024	89.085	91.264.942	36	464.512	16.600.517
7	12	1.047	92.737	97.105.029	37	483.557	17.662.792
8	12	1.070	96.539	103.318.827	37	503.383	18.793.043
9	13	1.094	100.497	109.930.249	38	524.022	19.995.618
10	13	1.118	104.618	116.964.739	39	545.507	21.275.148
11	13	1.143	108.907	124.449.370	40	567.873	22.636.555
12	14	1.168	113.372	132.412.945	41	591.155	24.085.079
13	14	1.194	118.021	140.886.114	42	615.393	25.626.295
14	14	1.220	122.859	149.901.484	43	640.624	27.266.134
15	15	1.247	127.897	159.493.753	44	666.889	29.010.907
16	15	1.275	133.140	169.699.836	44	694.232	30.867.329
17	15	1.303	138.599	180.559.011	45	722.695	32.842.544
18	15	1.332	144.282	192.113.069	46	752.326	34.944.155
19	16	1.361	150.197	204.406.478	47	783.171	37.180.248
20	16	1.391	156.355	217.486.547	49	815.281	39.559.430
			TOTAL	**2.460.914.704**		**TOTAL**	**447.624.851**

Fuente: Elaboración Propia

8.7.3. Costo operacional

El costo del personal es categorizado en 4 clases. Personal tipo A, es el supervisor que dirige y orienta las operaciones del relleno. Personal tipo B, son los trabajadores administrativos. Personal tipo C, son el encargado de la caseta de control, la limpiadora de las edificaciones, el encargado del mantenimiento del terreno y los guardias de seguridad que trabajaran en turnos rotativos.

Personal tipo D, son los obreros que realizan los trabajos de entierro y compactación de suelo y residuos.

El salario mínimo vigente es de Gs. 2.192.839 y el jornal mínimo es de Gs. 84.340.

En la **Tabla 8.31** se muestra la asignación salarial y la modalidad de pago del personal de acuerdo a la categoría correspondiente.

Tabla 8.31. Asignación Salarial del Personal

Personal	Modalidad	Cantidad
Tipo A	Mensual	3.000.000
Tipo B	Mensual	2.192.839
Tipo C	Mensual	2.192.839
Tipo D	Jornal	84.340

Fuente: Elaboración Propia

La carga social del personal tipo A, B y C, se calcula considerando que cada trabajador tiene en promedio 2 hijos. El valor porcentual se muestra en la **Tabla 8.32**

Tabla 8.32. Carga social del Personal tipo A, B y C

Descripcion	Porcentaje
Aguinaldo	8,30%
Asigancián Familiar	10%
Aporte Patronal	16,50%
Total	**34,80%**

Fuente: Elaboración Propia

La carga del personal tipo D, se calcula considerando que cada trabajador en promedio tiene 3 hijos, 10 días de enfermedad certificada, le corresponde 12 días de vacaciones anuales y asiste al trabajo 10 días en los que se suspenden las actividades. También se considera que 8 de los 11 feriados caen en días laborales, resultando en un total de 220 días trabajados al año. El valor porcentual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8.33. Carga social de Personal Tipo D

Descripción	Cantidad
Vacaciones anuales	5,50%
Enfermedad certificada	4,50%
Asistencia al trabajo con suspensión de actividades	1,10%
Aguinaldo	8,30%
Asignacion Familiar	15,00%
Aporte Patronal	16,50%
Total	**50,90%**

Fuente: Elaboración Propia

Dado el carácter variable del salario mínimo que se muestra en la Tabla 8.34

Se debe considerar este aumento en el análisis. Partiendo del valor del salario mínimo y los años que estuvo en vigencia, se calcula la tasa de incremento mediante métodos matemáticos. Se ponderan estos valores con la cantidad de años de vigencia, obteniéndose una tasa de incremento anual del 6,6%

Tabla 8.34. Evolución de Salario Mínimo del Paraguay

AÑO	SALARIO MINIMO	VIGENCIA	VARIACIÓN
	gs	años	%
2010	1.507.484	1	7,0%
2011	1.658.232	3	10,0%
2014	1.824.055	2	10,0%
2016	1.964.507	1	7,7%
2017	2.041.123	1	3,9%
2018	2.112.562	1	3,5%
2019	2.192.839	1	3,8%
Promedio Ponderado			**6,6%**

Fuente: Elaboración Propia

En la **tabla 8.35** se muestra el monto a desembolsar por cada trabajador y el monto total anual pagado en concepto de recursos humanos.

Tabla 8.35. Costo de Recursos Humanos

AÑO	Mano de Obra								
	Personal A	Salario	Personal B	Salario	Personal C	Salario	Personal D	Salario	TOTAL
	personas /año	gs/mes	personas /año	gs/mes	personas /año	gs/mes	personas /año	gs/dia	gs/año
0		4.044.000		2.955.947		2.955.947		127.269	
1	1	4.310.904	2	3.151.039	7	3.151.039	2	135.669	451.737.391
2	1	4.595.424	2	3.359.008	7	3.359.008	2	144.623	481.552.059
3	1	4.898.722	2	3.580.703	7	3.580.703	2	154.168	513.334.495
4	1	5.222.037	2	3.817.029	7	3.817.029	2	164.343	547.214.571
5	1	5.566.692	2	4.068.953	7	4.068.953	2	175.190	583.330.733
6	1	5.934.093	2	4.337.504	7	4.337.504	2	186.752	621.830.561
7	1	6.325.744	2	4.623.779	7	4.623.779	2	199.078	662.871.378
8	1	6.743.243	2	4.928.948	7	4.928.948	2	212.217	706.620.889
9	1	7.188.297	2	5.254.259	7	5.254.259	2	226.223	753.257.868
10	1	7.662.724	2	5.601.040	7	5.601.040	2	241.154	802.972.887
11	1	8.168.464	2	5.970.709	7	5.970.709	2	257.070	855.969.098
12	1	8.707.583	2	6.364.776	7	6.364.776	2	274.037	912.463.058
13	1	9.282.283	2	6.784.851	7	6.784.851	2	292.124	972.685.620
14	1	9.894.914	2	7.232.651	7	7.232.651	2	311.404	1.036.882.871
15	1	10.547.978	2	7.710.006	7	7.710.006	2	331.956	1.105.317.141
16	1	11.244.145	2	8.218.866	7	8.218.866	2	353.865	1.178.268.072
17	1	11.986.258	2	8.761.311	7	8.761.311	2	377.221	1.256.033.765
18	1	12.777.351	2	9.339.558	7	9.339.558	2	402.117	1.338.931.993
19	1	13.620.656	2	9.955.969	7	9.955.969	2	428.657	1.427.301.505
20	1	14.519.620	2	10.613.063	7	10.613.063	2	456.948	1.521.503.404

Fuente: Elaboración Propia

8.8. IMPACTO AMBIENTALES DEL RELENO SANITARIO

El relleno sanitario es una de las alternativas para la disposición correcta de los residuos sólidos generados en la ciudad, de manera a salvaguardar la salud de sus habitantes y proteger los recursos naturales de la misma. De igual forma, el relleno sanitario debe operar implementando todas las medidas necesarias para impedir que el ambiente y la comunidad se vean afectadas por el emprendimiento.

Para ello se identifican todos y cada uno de los posibles impactos que se podrían generar como causa del relleno sanitario; así mismo se puede visualizar claramente los puntos neurálgicos que podrían afectar directa o indirectamente al medio ambiente y a la comunidad. Por otro lado, se identifican los potenciales impactos positivos que generaría el proyecto y se propone potenciar aquellos impactos que favorezcan a la sociedad y el medio ambiente en regional y local.

Teniendo en cuenta la demanda ambiental del proyecto, se identifican los potenciales impactos de carácter significativos derivados de las acciones de construcción, operación y clausura del relleno sanitario, que por lo general se presentan en el tipo de obra y que pueden afectar a los componentes ambientales.

8.8.1. Posibles impactos en el relleno sanitario

8.1.1.1. Medios impactados

Medio Físico

El medio físico trata de los componentes ambientales que carecen de vida pero sirven de soporte a las especies bióticas. Entre ellos, se asumieron:

El aire: en su contexto general, la atmosfera es estudiada visto que se trata de uno de los vehículos más efectivos de transporte de materiales y; por tanto, se facilita mucho la alteración sobre otros elementos en sitios distantes.

En un relleno sanitario, la afectación sobre el elemento aire se podría dar por las emanaciones generadas en el proceso de degradación de los residuos sólidos, lo que permiten la emisión de olores y gases de efecto invernadero.

El Agua: la afectación del elemento agua es de importancia puesto que la misma es el principal medio por el cual se produce ms frecuentemente la transmisión de enfermedades y los efectos sobre la salud humana provocados por sustancias disueltas en el agua y que la hacen ajenas a la calidad potable.

En el caso de un relleno sanitario, la alteración de la calidad de agua se podría dar de dos formas. Por el arrastre de residuos sólidos y/o lixiviados resultantes de la descomposición de los residuos, por escorrentía superficial hasta cursos hídricos y la consecuente contaminación de los mismos, por otro lado, se podría dar la alteración de calidad de las aguas subterráneas, en caso de que el lixiviado

resultante de la descomposición de los residuos sólidos alcance; por percolación, los depósitos de aguas subterráneas existentes en la zona del emprendimiento. En ambos casos se producirá el transporte de vectores sanitarios.

El suelo: con la implementación de proyectos de gran envergadura como lo es un relleno sanitario, se tienen transformaciones del uso del suelo con las consecuentes alteraciones de algunas propiedades. Así mismo, se considera la alteración de la calidad del suelo como impacto negativo de gran sinergia, puesto que podría transferir los contaminantes a otros medios.

En el caso de estudio, el proyecto del relleno sanitario desarrollará en sectores sin intervención. Por otro lado, la disposición de los residuos sólidos en el terreno podría suponer la alteración de la calidad del suelo y un consecuente transporte de los contaminantes a las aguas subterráneas

El paisaje: el paisaje es analizado en el sentido de la percepción visual y las alteraciones y/o mejoras que se podrían generar como resultado de la implementación de un proyecto.

Para el caso del relleno sanitario, se generan tanto impactos negativos como positivos, dependiendo de la etapa en que se encuentre el proyecto Durante la etapa de operación se generará una alteración de la calidad paisajística del sitio, debido a la disposición de residuos y al movimiento de camiones y maquinarias dentro del predio, sin embargo es importante destacar que este impacto será de carácter reversible; puesto que, en la etapa de post-clausura el paisaje se verá afectado d forma positiva, ya que en esta etapa el relleno sanitario cerrado de convertirá en esparcimiento y recreación de la comunidad

Medio Biótico

Flora: se refiere a todo lo relacionado con especies vegetales de la zona de implementación del proyecto, incluyendo la flora acuática.

Con respecto a la implementación del relleno sanitario, el mismo afectará a las especies de fauna y flora autóctonas, alterando el medio natural en donde se desarrollan, con materiales ajenos al mismo y minimizando las áreas de desarrollo de las especies. Por otro lado, se podría producir la afectación de la fauna y flora acuática en caso que se produzca el trasporte de contaminantes resultantes de la descomposición de los residuos, hasta los cursos hídricos superficiales. Adicionalmente se puede mencionar a la proliferación de alimañas y vectores de enfermedad como otro posible impacto negativo de la instalación y operación del relleno sanitario.

Medio Social

Salud Humana: el tópico guarda relación con las afecciones a la salud humana en que podría incurrir cualquier actividad desarrollada en virtud a la construcción y operativa cotidiana del relleno sanitario, la salud de los trabajadores; así como la de los vecinos, en forma directa o indirecta. En este sentido, en un relleno sanitario se puede producir la proliferación de alimañas y vectores de enfermedad, que deben ser manejados con especial, cuidado, de modo a evitar afecciones de la salud de los que se encuentren en la zona de influencia directa del proyecto.

Seguridad: guarda relación con los riesgos de accidentes que se podrían generar durante la instalación y operación del proyecto. En el relleno sanitario el mismo supone principalmente a los riesgos de accidentes a los operarios.

Economía: se refiere a los beneficios económicos que producirían un proyecto, y la consecuente contribución al desarrollo de la comunidad. La implementación del relleno sanitario producirá ingresos a la municipalidad.

8.8.2. Impactos por etapas

8.8.2.1. Etapa de construcción

Remoción capa superficial del suelo: Al habilitar la zona del relleno y las obras perimetrales será necesario intervenir el suelo superficial con fines de nivelación, estiaje y otros; lo cual, consecuentemente generará una mayor erosión del suelo por efectos del viento o de las aguas de lluvia.

Movimiento de suelo: según la técnica constructiva del relleno, así como todos los movimientos de suelo propios de las obras perimetrales. Estas actividades producirán la alteración de la estructura del suelo, así como la compactación del mismo.

Captación y desviación de aguas de lluvias superficiales: la captación de aguas de lluvia provocará cambios en los sistemas de recargas naturales y en la escorrentía, sin embargo, es importante destacar que las aguas de lluvias captadas serán devueltas para que sigan su curso natural, de modo a que se realicen las recargas naturales en otros puntos.

Alteración de permeabilidad propia del terreno: este impacto se producirá en caso que la tecnología utilizada incluya algún sistema de impermeabilización adicional del suelo, por lo que las condiciones naturales del sistema serán alteradas.

Alteración del paisaje: es muy probable que los movimientos de tierra y habilitación de obras generen impactos visuales negativos al paisaje.

Fuente de trabajo: contratación de mano de obra

Actividades propias de la instalación de obras civiles: en el conjunto de estas actividades se podrán generar alteraciones de la calidad del aire por la emisión de polvo y gases de combustión resultante del movimiento de camiones y accidentes y consecuente afección de la seguridad de los obreros.

8.1.1.2. Etapa de Operación

Los principales impactos asociados a esta etapa están relacionados con el incremento del movimiento vehicular en los caminos de acceso al relleno sanitario; el olor resultante del proceso de descomposición de los residuos sólidos, así como del manejo de los lixiviados, el arrastre por medio del viento de material particulado, de papeles, plásticos y otros materiales y otros materiales livianos; la transformación del paisaje al modificarse la topografía y la actividad normal del área; el impacto social relacionado con la generación de fuetes de trabajo, y el impacto positivo del síndrome NIMBY(sigla inglesa de “no en mi patio trasero”) lo cual propicia a la correcta disposición final de los residuos sólidos generados en los hogares.

Incremento del tráfico de rodados

El tránsito vehicular se verá incrementado en las vías de accesos al relleno sanitario, en una cantidad que dependerá del tamaño del relleno y de la modalidad de transporte. Los vehículos utilizados para la recolección de residuos generalmente transportan en promedio 9Ton de residuos. El paso de estos vehículos impactará al medio por el levantamiento de material particulado, principalmente en caminos no pavimentados, lo cual provoca que la vegetación y las viviendas que se encuentran a los lados del camino reciban el polvo levantado. Por otro lado, el movimiento vehicula impactará por la emisión de ruidos y gases de

combustión, que alcanzan su, mayor relevancia en las horas de llegada de los camiones recolectores de residuos.

Del aire

Los principales impactos negativos en relación a la calidad del aire que se podían generar en el relleno sanitario guardan relación con la emanación de olores generados por el proceso de descomposición de los residuos, así como en el tratamiento de los lixiviados, por otro lado, la generación de metano producida por la degradación de los residuos sólidos representa el impacto de mayor importancia para la calidad del aire. La alteración del aire por olores de los residuos, por el afloramiento de lixiviado y el escape de gases se verá incrementada o disminuida, dependiendo del movimiento que tenga el aire o las condiciones locales que permitan o no la existencia de estratificación atmosférica, lo cual limitará el desplazamiento y mezcla de masas gaseosas. El efecto sobre el medio en cuanto a la ubicación e intensidad, se relaciona con la dirección e intensidad de los vientos, no obstante, en ausencia de estos, los olores llegaran a los alrededores por efecto de difusión, aunque su alcance será menor

Lixiviados

Todo relleno sanitario genera lixiviado, los cuales tienen características cualitativas de alto aporte contaminante en términos de materia orgánica (DBO), lo que obliga a implementar un sistema de tratamiento de estos líquidos, que permita su disposición final conforme la normativa ambiental vigente. De no ser así, los lixiviados constituirán un factor de alto riesgo sanitario, que puede contaminar las aguas superficiales o subterráneas, las cuales a su vez pueden llegar a los pobladores y afectar la salud de los mismos.

Contaminación de Aguas

El principal factor que podría suponer la contaminación tanto de las aguas superficiales como las subterráneas corresponde a los lixiviados resultantes de la descomposición de los residuos. Debido a esto se deben proponer sistemas de tratamientos eficientes y seguros. Es importante tomar las debidas precauciones en relación a las distancias que debe haber entre los sectores destinados al almacenamiento de los lixiviados y los recursos de agua.

Contaminación y alteración del suelo

Las diseminaciones de papeles, plásticos y materiales por acción del viento, además de alterar el paisaje, altera las condiciones del suelo para sustentar vida vegetal, además facilita el transporte de hongos y microorganismos que pueden transformar el suelo en forma negativa para su uso por parte de hombre o de los animales. La extracción de suelo para ser usada como material de recubrimiento podría alterar las características favorables del suelo para sustentar todo tipo de vida, liego se requerirá acciones que permitan que el suelo recupere sus características una vez terminado el relleno sanitario.

Impacto paisajístico

La extracción de la tierra para el recubrimiento de los residuos y por la configuración del relleno sanitario modificará la topografía del terreno, cambiado el paisaje en el área en que se instalará el relleno. El impacto podrá ser positivo o negativo dependiendo de las medidas para recuperar o mejorar lo primitivamente existente. Las actividades desarrolladas en el área utilizada se verán reemplazadas por las actividades propias del relleno, modificando la visión normal del área; esto durará

el tiempo que demore la operación del relleno sanitario hasta su etapa de post-clausura.

Impacto Social

La instalación de un relleno sanitario en una comunidad provoca rechazo de los habitantes, los cuales no atienden a razones técnicas. Donde se requiere ubicar un relleno es necesario realizar un arduo trabajo para lograr un cambio de actitud de la población con el fin de que acepten la instalación y funcionamiento del proyecto. El incremento de actividad trae consigo una actividad de servicios ligados al movimiento vehicular, como atención a los vehículos y los choferes de los mismos, dando trabajo a personas de la zona e impactando positivamente desde el punto de vista social.

Por otro lado, la instalación y operación de un relleno sanitario supone una mejor calidad de vida para los habitantes de la comunidad, puesto que contarán con un servicio de recolección y disposición adecuada de sus residuos, disminuyendo así los riesgos de proliferación de vectores de enfermedad y la contaminación de los recursos naturales de la ciudad.

9. CONCLUSIONES

La gestión de residuos sólidos urbanos es una situación que se torna preocupante para el país por el poco interés que le dan los municipios a esta problemática, esta fue la base fundamental para la elección del tema del presente trabajo.

Con los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

Para la generación per cápita de los residuos sólidos urbanos, se utilizaron datos proporcionados por Jaramillo que plantea que para ciudades con población mayor 50.000 se considera 1Kg/hab/día

El tiempo que estará en operación el sitio para la disposición de los residuos sólidos está en función del volumen disponible en el sitio seleccionado, del método de operación del relleno sanitario y del volumen de residuos compactados a disponer. En el sitio se proyecta una vida útil de 20 años, el método del relleno será mecanizado con el cual se logra mayor compactación de los RSU. Queda demostrado que un buen manejo de los residuos sólidos urbanos se traduce a un aumento de la vida útil del Relleno sanitario.

Los sistemas de recolección requeridos para la disposición final se planearon y ordenaron por zonas, es así que a cada Barrio de la ciudad le corresponde uno o dos días de recolección, y en las zonas con mayor demanda como son la zona céntrica el, mercado municipal I y II, las instituciones del municipio, etc. serán atendidos diariamente, 6 días a la semana, como se grafica en la tabla 7.2.

Las obras complementarias relacionadas a la selección de los residuos, así como la construcción de oficinas administrativas, depósito de herramientas, vestidores y sanitarios para el personal quedan ampliamente demostrados en los planos del anexo.

Análisis financiero: El proyecto es auto sostenible, por lo que es financieramente factible llevar a cabo en la ciudad y proveerá beneficios socio-ambientales.

Con respecto al medio ambiente los impactos negativos serán disminuidos con las medidas de mitigación. Los impactos positivos que genera este proyecto, tanto en lo ambiental como en lo social son varios muy significativos. Además, los mismos nuevamente traerán aparejados otros efectos sociales, como son la valorización de terrenos hoy afectados por los botaderos clandestinos y las mejoras en la calidad de vida de la ciudad.

"RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO"

CRONOGRAMA DE OBRA FISICO - FINANCIERO

TIEMPO DE EJECUCIÓN: 240 DIAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7				MES 8			
			Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	**Tinglado de Reciclaje**																																	
	Replanteo y Marcación	1.350.000																																
	Hormigón Ciclópeo (1:2:6)	7.110.000																																
	Pilares de H°A°	40.800.000																																
	Vigas de H°A°	21.280.000																																
	Cimiento de PBC con cal (1/2:1:4)	3.150.000																																
	Piso de H°A° de 12cm	41.325.000																																
	Aislación Horizontal de 0,5 m con asfalto	1.530.000																																
	Pared de Ladrillo común e: 15cm	60.883.200																																
	Dinteles (envarillado)	735.000																																
	Estructura Metálica para techo	72.000.000																																
	Revoque Interior	21.140.000																																
	Revoque Exterior con hidrofugo	21.140.000																																
	Pintura al latex	13.500.000																																
	Desague cloacal y fluvial	7.250.000																																

	Instalación de agua corriente	850.000	
	Colocación de artefactos sanitarios	3.500.000	
	Instalación Eléctrica	6.550.000	
	Portón de acceso	6.000.000	
	Contrapiso de Cascotes de 10 cm	10.875.000	
	Limpieza final de obra	2.000.000	
	TOTAL	**342.968.200**	
2	**Tinglado Para Maquinarias**		
	Replanteo y Marcación	450.000	
	Hormigón Ciclópeo (1:2:6)	3.690.000	
	Pilares de H°A°	24.800.000	
	Vigas de H°A°	13.600.000	
	Cimiento de PBC con cal (1/2:1:4)	1.650.000	
	Piso de H°A° de 12cm	14.107.500	
	Aislación Horizontal de 0,5 m con asfalto	850.000	
	Pared de Ladrillo común e: 15cm	32.436.000	
	Dinteles (envarillado)	381.000	
	Estructura Metálica para techo	24.000.000	
	Revoque Interior	11.262.500	
	Revoque Exterior con hidrofugo	11.262.500	
	Pintura al latex	12.350.000	
	Porton de acceso	3.000.000	
	Contrapiso de Cascotes de 10 cm	3.712.500	
	Limpieza final de obra	2.000.000	

	TOTAL	**159.552.000**

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
1	**Oficinas Administrativas**	
	Repanteo y marcación	240.000
	Cimiento PBC (1:12)	5.699.200
	Mampostería de Nivelación de 0,30 m con ladrillo común	2.315.600
	Aislación horizontal 0,15 con asfalto	964.000
	Aislación horizontal 0,30 con asfalto	203.000
	Aislación de Losa	12.000.000
	Mamposteria de Elevación de 0,15 m con ladrillo común	10.483.200
	Mamposteria de Elevación de 0,30 m con ladrillo común	4.338.000
	Losa de H°A°	19.200.000
	Pilar de Ladrillo Común 30x30	624.000
	Dintel de varilla sobre aberturas	237.150
	Contrapiso de H° de cascotes 10 cm	2.548.000
	Revoque interior 1,5 cm	3.580.000
	Revoque Exterior con hidrofugo	2.888.000
	Azotada impermeable 0,5 cm	695.100

	Azulejos 20x20 cm	4.760.000
	Baldosa Calcarea base gris 20x20 cm	3.488.400
	Piso ceramico esmaltado 20x30 cm	574.000
	Carpeta para piso ceramico	148.625
	Zocalo calcareo base gris	1.021.500
	Instalación desague cloacal	1.200.000
	Instalación agua corriente	750.000
	Instalación desague pluvial	550.000
	Colocación de artefactos sanitarios y griferia	3.500.000
	Instalación electrica	2.200.000
	Carpinteria Metálica	325.000
	Carpinteria de madera	2.500.000
	Pinturas	4.000.000
	Vidrios doble incoloro de 3mm, colocado	1.147.500
	Muebles para cocina	1.850.000
	Limpieza Final y retiro de escombros	1.500.000
	TOTAL	**95.530.275**

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
1	**Comedor y Sanitarios**	
	Replanteo y marcación	225.000
	Cimiento PBC (1:12)	4.164.800

	Mampostería de Nivelación de 0,30 m con ladrillo común	2.100.000	
	Aislación horizontal 0,15 con asfalto	1.040.000	
	Aislación horizontal 0,30 con asfalto	203.000	
	Aislación de Losa	11.250.000	
	Mamposteria de Elevación de 0,15 m con ladrillo común	13.356.000	
	Mamposteria de Elevación de 0,30 m con ladrillo común	2.970.000	
	Losa de H°A°	13.760.000	
	Pilar de Ladrillo Común 30x30	624.000	
	Dintel de varilla sobre aberturas	189.100	
	Contrapiso de H° de cascotes 10 cm	2.625.000	
	Revoque interior 1,5 cm	4.500.000	
	Revoque Exterior con hidrofugo	5.875.000	
	Azotada impermeable 0,5 cm	584.850	
	Azulejos 20x20 cm	4.870.500	
	Baldosa Calcarea base gris 20x20 cm	3.012.000	
	Piso ceramico esmaltado 20x30 cm	1.976.800	
	Carpeta para piso ceramico	723.650	
	Zocalo calcareo base gris	1.687.500	
	Instalación desague cloacal	1.200.000	
	Instalación agua corriente	750.000	

	Instalación desague pluvial	550.000
	Colocación de artefactos sanitarios y griferia	3.500.000
	Instalación electrica	2.200.000
	Carpinteria Metálica	325.000
	Carpinteria de madera	2.500.000
	Pinturas	4.000.000
	Vidrios doble incoloro de 3mm, colocado	607.500
	Muebles para cocina	1.850.000
	Limpieza Final y retiro de escombros	1.500.000
	TOTAL	**94.719.700**

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL
1	**Caseta de Guardias**	
	Replanteo y marcación	36.000
	Cimiento PBC (1:12)	1.424.800
	Mampostería de Nivelación de 0,30 m con ladrillo común	868.000
	Aislación horizontal 0,15 con asfalto	296.000
	Aislación de Losa	1.800.000
	Mamposteria de Elevación de 0,15 m con ladrillo común	2.304.000
	Losa de H°A°	1.280.000

	Dintel de varilla sobre aberturas	110.050
	Contrapiso de H° de cascotes 10 cm	336.000
	Revoque interior 1,5 cm	700.000
	Revoque Exterior con hidrofugo	875.000
	Baldosa Calcarea base gris 20x20 cm	576.000
	Zocalo calcareo base gris	405.000
	Instalación desague cloacal	450.000
	Instalación agua corriente	250.000
	Instalación desague pluvial	470.000
	Colocación de artefactos sanitarios y griferia	1.250.000
	Instalación electrica	850.000
	Carpinteria Metálica	200.000
	Carpinteria de madera	315.000
	Pinturas	750.000
	Vidrios doble incoloro de 3mm, colocado	405.000
	Limpieza Final y retiro de escombros	250.000
	TOTAL	**16.200.850**
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**PRECIO TOTAL**
1	**Relleno Sanitario**	

1.1	Limpieza del terreno	44.135.000	
1.2	Movimiento de suelo	297.000.000	
1.3	Empedrado	684.225.000	
1.4	Cerco Perimetral	159.740.000	
1.5	Cerco Vegetal	82.250.000	
1.6	Cordon de Hormigón	550.000	
1.7	Cordón Cuneta de Hormigón	248.192.000	
1.8	Alumbrado doble	6.040.000	
1.9	Alumbrado común	8.250.000	
1.10	Instalación Electrica	35.000.000	
2	**Drenaje de Lixiviado y Gases**		
2.1	Excavación de canales	1.170.000	
2.2	Colectores Secundarios	4.500.000	
2.3	Colectores Primarios de PVC de 150 mm	15.250.000	
2.4	Chimenea de Gases	1.140.000	
2.5	Codos 45° de 150 mm PVC	19.000	
2.6	Unión sencilla de 150 mm PVC	82.500	
2.7	Ramal de 100x150mm PVC	1.725.000	
2.8	Registros 50x50	3.150.000	
3	**Lagunas de Estabilización**		
3.1	Placas de Hormigon de 5cm de ancho	18.750.000	
3.2	Bomba elevadora	1.509.200	
3.3	Caños de PVC de 100mm	24.600.000	
3.4	Pozo de Bombeo	13.000.000	

| | | |

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Tchocbanoglous, G. Theisen, H. Vigil, S. (1998). Gestión integral de residuos sólidos. *Volumen 1.*

1. Barradas, A. (2009). Gestión integral de de residuos Sólidos Municipales, Minatitlan, Veracruz, Mexico,
2. Corbitt, R. (2003). Manual de referencia de la ingeniería ambiental. Paraguay.
3. Lopez Rivera, N. (2009). Propuesta De Un Programa Para El Manejo de los Residuos Sólidos En La Plaza de Mercado de Cerete – Cordoba Universidad Pontificia Javeriana Maestria En Gestion Ambiental Bogota .
4. Jaramillo , G., & Zapata , L. (21 de Enero de 2008). Universidad de Antioquia. Recuperado el 12 de Marzo de 2018, de http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSO UenColombia.pdf
5. Castrillón Quintana, O. Puerta Echeverri, S.(2004) Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista Revista Lasallista de investigación Vol.1, No.1 http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/174
6. Klees, D. - Coccato, C. (2005) Residuos sólidos urbanos, Departamento de Estabilidad - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Nordeste
7. Facetti Fernandez, J. (2002). Estudio de la contaminaco Industrial y Urbana en el Paraguay. Asunción, Paraguay. 92

8. Castells, X. Reciclaje de residuos industriales: Residuos solidos urbanos y fangos de depuradora, 2° edición 2012 Editorial Diaz Santos pag 3-18
9. Constitución Nacional. Proyecto de Ley Aprobada por la Honorable Cámara de Senadores. Publicada en la Gaceta Oficial de la República del Paraguay número 249 del 28 de diciembre de 2009
10. Cerrato Licona, E. Julio 2006, Aiu Atlantic Internacional Universit, Gestión Integral De Residuos Sólidos revisado el 11 de julio de 2018 https://aiu.edu/applications/.../upload/EDILFREDO%20CERRATO%20LICONA.doc
11. Gascon, M. 2007. Condiciones medioambientales, sociales y económicas de la reutilización y reciclado (en línea). Es consultado el 10 de agosto de 2018. Disponible en http://oa.upm.es/886/1/MANUEL_GASCON_CERVANTES.pdf
12. Jaramillo, J. 2002 Guia para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Universidad de Antioquia, Colombia.
13. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – (1998) RESIDUOS SOLIDOS URBANOS MANUAL DE GESTION INTEGRAL http://www.cempre.org.uy/docs/manual_girsu/capitulo_1_y_capitulo_2.pdf
14. Orozco, C. Pérez, A. González, Nieves. Rodríguez, F. Alfayate, J. 2008. Contaminacion ambiental, Una visión desde la química. Universidad de Burgos, España.
15. Lima, R. 1997. Situación de los residuos sólidos en la republica del Paraguay (en línea). Py. Consultado 5 de mayo de 2018. Dispnible en http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico/03231e16.pdf

16. Muñoz, K. Bedoya, A. 2009. El papel de los residuos sólidos, en la solución de problemas ambientales. Economía Autónoma. Edición virtual. http://www.eumed.net/rev/ea/03/mvbo.htm
17. (PDF) Los rellenos sanitarios en latinoamerica: Caso colombiano. Available from: (en línea) https://www.researchgate.net/publication/301799194_Los_rellenos_sanitarios_en_latinoamerica_Caso_colombiano [accessed Oct 30 2018].
18. Toledo, M. 2006. Estudio cuali-cuantitativo de residuos sólidos municipales en el centro urbano del Distrito de Pirapo. Teseis (Ing. Ecol. Hum.) San Lorenzo, Py: Carrera de Ingeniería en Ecologia Humana. FCA-UNA 67p.
19. Abbate, J. 2011 *Gestión Ambiental***.** 158, Asuncion : s.n., 16 de noviembre de, págs. 36-37.
20. Tavares, S; Lima, R. y Merlo, M. 2004 “Evaluación del Manejo de Residuos sólidos Municipales en Paraguay” OPS/OMS/STP. http://www.stp.gov.py/pnd/ejes-estrategicos/diagnosticos/residuos-solidos/#sdfootnote1sym
21. SAKURAI, K. 2000. Tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos. Lima, CEPIS https://www.paho.org/par/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-con-contrapartes&alias=26-evaluacion-regional-servicios-de-manejo-de-residuos-solidos-municipales&Itemid=253
22. Gutiérrez, Naú Silverio. (2014). GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) EN LA COLONIA JARDIN DE ACAPULCO (2002-2009).

1435-1440.
https://www.researchgate.net/publication/320044707_GESTION_DE_LOS_RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS_RSU_EN_LA_COLONIA_JARDIN_DE_ACAPULCO_2002-2009

23. UAESP - Universidad Nacional de Colombia Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura, 2014. **http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf**
24. SZTERN, D.; PRAVIA, M. 1999 "*Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos", en* http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf
25. Fernández A. y Sánchez M. (2007). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). https://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf Fecha de consulta: 8 de agosto de 2018.
26. De Gante Cabrera V. H. La lombricultura: alternativa a la disposición final de residuos domicilarios. (2013) 43-46 https://elementos.buap.mx/num89/pdf/43.pdf
27. Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental BVSDE http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd61/tecnadmvo/cap5.pdf
28. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA Viseministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico Dirección General de Gestión Integral de

Residuos Sólidos (MMAyA), Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios – 1era Versión. Bolivia 2010 http://www.anesapa.org/wp-content/uploads/2014/12/GuiaRellenosSanitarios.pdf

29. BVSDE El Relleno Sanitario, Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidades/unidad3.pdf
30. Brito, Hannibal & VITRI, Jairo. (2016). Diseño de una celda diaria de confinamiento de residuos sólidos para el actual relleno sanitario del Tena. 10.13140/RG.2.2.26577.94565.
31. Lovera, M. Paraguay.com. **14 de Octubre, 2015** Revisado; 28 de mayo 2018 http://www.paraguay.com/nacionales/que-se-hace-con-la-basura-135088
32. Abc color Edicion Impresa 08 de setiembre de 2014 paraguay por dentro http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/empresas-y-negocios/cnel-oviedo-1280985.html revisado 19 de octubre de 2018.
33. VITERI, J. 2015. Diseño De Una Celda Diaria de Confinamiento de Residuos Sólidos Para el Actual Relleno Sanitario del Tena. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad De Ciencias Escuela De Ciencias Químicas. Ecuador.
34. FREIRE, C. 1997. ESPAÑOLA, OFICINA. W3C World Wide Web. El W3C de la A a la Z. [En línea] 19952015. [Citado el: 17 de agosto de 2018.] Disponible en http://www.w3c.es/Divulgacion/a-z/. 1. Chimborazo Provincia Mágica en la Mitad del Mundo. [ed.] Diario La Prensa. Riobamba : Pedagógica Freire, 1997.

35. GANSKE, K. 2008 THE GUILFORD PRESS. Mindful of Words: Spelling and Vocabulary Explorations 4 - 8. New York : s.n., 2008 the Guilford Press. pág. 268.

36. Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios – 1era Versión

11. ANEXOS

ANEXO A

Tabla 11.1 Computo métrico del Relleno Sanitario

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Relleno Sanitario**				
1.1	Limpieza del terreno	m2	31.525	1.400	44.135.000
1.2	Movimiento de suelo	m3	16.500	18.000	297.000.000
1.3	Empedrado	m2	15.205	45.000	684.225.000
1.4	Cerco Perimetral	ml	2.282	70.000	159.740.000
1.5	Cerco Vegetal	un	2.350	35.000	82.250.000
1.6	Cordon de Hormigón	ml	25	22.000	550.000
1.7	Cordón Cuneta de Hormigón	ml	2.216	112.000	248.192.000
1.8	Alumbrado doble	un	8	755.000	6.040.000
1.9	Alumbrado común	un	11	750.000	8.250.000
1.10	Instalación Electrica	gl	1	35.000.000	35.000.000
2	**Drenaje de Lixiviado y Gases**				
2.1	Excavación de canales	m3	65	18.000	1.170.000
2.2	Colectores Secundarios	un	1	4.500.000	4.500.000
2.3	Colectores Primarios de PVC de 150 mm	ml	1.525	10.000	15.250.000
2.4	Chimenea de Gases	un	3	380.000	1.140.000
2.5	Codos 45° de 150 mm PVC	un	2	9.500	19.000
2.6	Unión sencilla de 150 mm PVC	un	55	1.500	82.500
2.7	Ramal de 100x150mm PVC	un	115	15.000	1.725.000
2.8	Registros 50x50	un	9	350.000	3.150.000
3	**Lagunas de Estabilización**				
3.1	Placas de Hormigon de 5cm de ancho	ml	750	25.000	18.750.000
3.2	Bomba elevadora	gl	1	1.509.200	1.509.200
3.3	Caños de PVC de 100mm	ml	3.000	8.200	24.600.000
3.4	Pozo de Bombeo	gl	1	13.000.000	13.000.000
	TOTAL				**1.650.277.700**

Tabla 11.2 Computo métrico de los Tinglados

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Tinglado de Reciclaje**				
	Replanteo y Marcación	m2	450,0	3.000	1.350.000
	Hormigon Ciclopeo (1:2:6)	m3	15,8	450.000	7.110.000
	Pilares de H°A°	m3	25,5	1.600.000	40.800.000
	Vigas de H°A°	m3	13,3	1.600.000	21.280.000
	Cimiento de PBC con cal (1/2:1:4)	m3	10,5	300.000	3.150.000
	Piso de H°A° de 12cm	m2	435,0	95.000	41.325.000
	Aislación Horizontal de 0,5 m con asfalto	ml	90,0	17.000	1.530.000
	Pared de Ladrillo común e: 15cm	m2	845,6	72.000	60.883.200
	Dinteles (envarillado)	ml	49,0	15.000	735.000
	Estructura Metálica para techo	m2	450,0	160.000	72.000.000
	Revoque Interior	m2	845,6	25.000	21.140.000
	Revoque Exterior con hidrofugo	m2	845,6	25.000	21.140.000
	Pintura al latex	gl	1,0	13.500.000	13.500.000
	Desague cloacal y fluvial	gl	1,0	7.250.000	7.250.000
	Instalación de de agua corriente	gl	1,0	850.000	850.000
	Colocación de artefactos sanitarios	gl	1,0	3.500.000	3.500.000
	Instalación Electrica	gl	1,0	6.550.000	6.550.000
	Porton de acceso	un	2,0	3.000.000	6.000.000
	Contrapiso de Cascotes de 10 cm	m2	435,0	25.000	10.875.000
	Limpieza final de obra	gl	1,0	2.000.000	2.000.000
	TOTAL				**342.968.200**
2	**Tinglado Para Maquinarias**				
	Replanteo y Marcación	m2	150	3.000	450.000
	Hormigon Ciclopeo (1:2:6)	m3	8,2	450.000	3.690.000
	Pilares de H°A°	m3	15,5	1.600.000	24.800.000
	Vigas de H°A°	m3	8,5	1.600.000	13.600.000
	Cimiento de PBC con cal (1/2:1:4)	m3	5,5	300.000	1.650.000
	Piso de H°A° de 12cm	m2	148,5	95.000	14.107.500
	Aislación Horizontal de 0,5 m con asfalto	ml	50	17.000	850.000
	Pared de Ladrillo común e: 15cm	m2	450,5	72.000	32.436.000
	Dinteles (envarillado)	ml	25,4	15.000	381.000
	Estructura Metálica para techo	m2	150	160.000	24.000.000
	Revoque Interior	m2	450,5	25.000	11.262.500
	Revoque Exterior con hidrofugo	m2	450,5	25.000	11.262.500
	Pintura al latex	gl	1	12.350.000	12.350.000
	Porton de acceso	un	1	3.000.000	3.000.000
	Contrapiso de Cascotes de 10 cm	m2	148,5	25.000	3.712.500
	Limpieza final de obra	gl	1	2.000.000	2.000.000
	TOTAL				**159.552.000**

Tabla 11.3 Computo métrico de las Oficinas Administrativas

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Oficinas Administrativas**				
	Repanteo y marcación	m2	80	3.000	240.000
	Cimiento PBC (1:12)	m3	20,8	274.000	5.699.200
	Mampostería de Nivelación de 0,30 m con ladrillo común	m2	16,54	140.000	2.315.600
	Aislación horizontal 0,15 con asfalto	ml	60,25	16.000	964.000
	Aislación horizontal 0,30 con asfalto	ml	10,15	20.000	203.000
	Aislación de Losa	m2	80	150.000	12.000.000
	Mamposteria de Elevación de 0,15 m con ladrillo común	m2	145,6	72.000	10.483.200
	Mamposteria de Elevación de 0,30 m con ladrillo común	m2	48,2	90.000	4.338.000
	Losa de H°A°	m3	12	1.600.000	19.200.000
	Pilar de Ladrillo Común 30x30	ml	9,6	65.000	624.000
	Dintel de varilla sobre aberturas	ml	15,3	15.500	237.150
	Contrapiso de H° de cascotes 10 cm	m2	72,8	35.000	2.548.000
	Revoque interior 1,5 cm	m2	143,2	25.000	3.580.000
	Revoque Exterior con hidrofugo	m2	115,52	25.000	2.888.000
	Azotada impermeable 0,5 cm	m2	66,2	10.500	695.100
	Azulejos 20x20 cm	m2	56	85.000	4.760.000
	Baldosa Calcarea base gris 20x20 cm	m2	58,14	60.000	3.488.400
	Piso ceramico esmaltado 20x30 cm	m2	10,25	56.000	574.000
	Carpeta para piso ceramico	m2	7,25	20.500	148.625
	Zocalo calcareo base gris	ml	45,4	22.500	1.021.500
	Instalación desague cloacal	gl	1	1.200.000	1.200.000
	Instalación agua corriente	gl	1	750.000	750.000
	Instalación desague pluvial	gl	1	550.000	550.000
	Colocación de artefactos sanitarios y griferia	gl	1	3.500.000	3.500.000
	Instalación electrica	gl	1	2.200.000	2.200.000
	Carpinteria Metálica	gl	1	325.000	325.000
	Carpinteria de madera	gl	1	2.500.000	2.500.000
	Pinturas	gl	1	4.000.000	4.000.000
	Vidrios doble incoloro de 3mm, colocado	m2	10,2	112.500	1.147.500
	Muebles para cocina	un	1	1.850.000	1.850.000
	Limpieza Final y retiro de escombros	gl	1	1.500.000	1.500.000
	TOTAL				**95.530.275**

Tabla 11.4 Computo métrico del Comedor y Sanitarios

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Comedor y Sanitarios**				
	Repanteo y marcación	m2	75	3.000	225.000
	Cimiento PBC (1:12)	m3	15,2	274.000	4.164.800
	Mampostería de Nivelación de 0,30 m con ladrillo común	m2	15	140.000	2.100.000
	Aislación horizontal 0,15 con asfalto	ml	65	16.000	1.040.000
	Aislación horizontal 0,30 con asfalto	ml	10,15	20.000	203.000
	Aislación de Losa	m2	75	150.000	11.250.000
	Mamposteria de Elevación de 0,15 m con ladrillo común	m2	185,5	72.000	13.356.000
	Mamposteria de Elevación de 0,30 m con ladrillo común	m2	33	90.000	2.970.000
	Losa de H°A°	m3	8,6	1.600.000	13.760.000
	Pilar de Ladrillo Común 30x30	ml	9,6	65.000	624.000
	Dintel de varilla sobre aberturas	ml	12,2	15.500	189.100
	Contrapiso de H° de cascotes 10 cm	m2	75	35.000	2.625.000
	Revoque interior 1,5 cm	m2	180	25.000	4.500.000
	Revoque Exterior con hidrofugo	m2	235	25.000	5.875.000
	Azotada impermeable 0,5 cm	m2	55,7	10.500	584.850
	Azulejos 20x20 cm	m2	57,3	85.000	4.870.500
	Baldosa Calcarea base gris 20x20 cm	m2	50,2	60.000	3.012.000
	Piso ceramico esmaltado 20x30 cm	m2	35,3	56.000	1.976.800
	Carpeta para piso ceramico	m2	35,3	20.500	723.650
	Zocalo calcareo base gris	ml	75	22.500	1.687.500
	Instalación desague cloacal	gl	1	1.200.000	1.200.000
	Instalación agua corriente	gl	1	750.000	750.000
	Instalación desague pluvial	gl	1	550.000	550.000
	Colocación de artefactos sanitarios y griferia	gl	1	3.500.000	3.500.000
	Instalación electrica	gl	1	2.200.000	2.200.000
	Carpinteria Metálica	gl	1	325.000	325.000
	Carpinteria de madera	gl	1	2.500.000	2.500.000
	Pinturas	gl	1	4.000.000	4.000.000
	Vidrios doble incoloro de 3mm, colocado	m2	5,4	112.500	607.500
	Muebles para cocina	un	1	1.850.000	1.850.000
	Limpieza Final y retiro de escombros	gl	1	1.500.000	1.500.000
	TOTAL				**94.719.700**

Tabla 11.5 Computo métrico de la Caseta de Seguridad

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Caseta de Guardias**				
	Repanteo y marcación	m2	12	3.000	36.000
	Cimiento PBC (1:12)	m3	5,2	274.000	1.424.800
	Mampostería de Nivelación de 0,30 m con ladrillo común	m2	6,2	140.000	868.000
	Aislación horizontal 0,15 con asfalto	ml	18,5	16.000	296.000
	Aislación de Losa	m2	12	150.000	1.800.000
	Mamposteria de Elevación de 0,15 m con ladrillo común	m2	32	72.000	2.304.000
	Losa de H°A°	m3	0,8	1.600.000	1.280.000
	Dintel de varilla sobre aberturas	ml	7,1	15.500	110.050
	Contrapiso de H° de cascotes 10 cm	m2	9,6	35.000	336.000
	Revoque interior 1,5 cm	m2	28	25.000	700.000
	Revoque Exterior con hidrofugo	m2	35	25.000	875.000
	Baldosa Calcarea base gris 20x20 cm	m2	9,6	60.000	576.000
	Zocalo calcareo base gris	ml	18	22.500	405.000
	Instalación desague cloacal	gl	1	450.000	450.000
	Instalación agua corriente	gl	1	250.000	250.000
	Instalación desague pluvial	gl	1	470.000	470.000
	Colocación de artefactos sanitarios y griferia	gl	1	1.250.000	1.250.000
	Instalación electrica	gl	1	850.000	850.000
	Carpinteria Metálica	gl	1	200.000	200.000
	Carpinteria de madera	gl	1	315.000	315.000
	Pinturas	gl	1	750.000	750.000
	Vidrios doble incoloro de 3mm, colocado	m2	3,6	112.500	405.000
	Limpieza Final y retiro de escombros	gl	1	250.000	250.000
	TOTAL				**16.200.850**

Tabla 11.6 Computo métrico del abastecimiento de Agua

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Abastecimiento de Agua**				
	Bomba Hidroneumatica	gl	1	1.510.000	1.510.000
	Bomba de Cloración	gl	1	1.950.000	1.950.000
	Caseta de Cloración	gl	1	6.556.000	6.556.000
	Cañeria de 1"	ml	655	22.500	14.737.500
	TOTAL				**24.753.500**

Tabla 11.7 Computo métrico de las maquinarias

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Maquinarias**				
	Excavadora sobre orugas	un	1	400.000.000	400.000.000
	Cargador sobre orugas o sobre ruedas	un	1	150.000.000	150.000.000
	Camión volquete	un	2	100.500.000	201.000.000
	Báscula	un	1	120.000.000	120.000.000
	TOTAL				**871.000.000**

Tabla 11.8 Computo métrico del Sistema de Reciclaje

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Sistema de reciclaje**				
	Tolva de recepción de residuos	un	3	2.800.000	8.400.000
	Recipientes de separación	un	4	150.000	600.000
	Báscula para pesaje	un	1	13.500.000	13.500.000
	Prensa enfardadora	un	1	6.500.000	6.500.000
	TOTAL				**29.000.000**

Tabla 11.9 Computo métrico del área de Lombricultura

RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO					
COMPUTO METRICO Y PRESUPUESTO					
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNIT.**	**PRECIO TOTAL**
1	**Lombricultura**				
	Cama para Lombricultura	m3	72	45.000	3.240.000
	Lombrices californianas	kg	15	250.000	3.750.000
	Tejido media sombra	m2	180	65.000	11.700.000
	Carretilla	un	1	180.000	180.000
	Horquillas	un	2	25.000	50.000
	Palas	un	2	30.000	60.000
	Sistema de riego (manguera)	ml	55	285.000	15.675.000
	TOTAL				**34.655.000**

ANEXO B

Figura 11.1 Fosa excavada

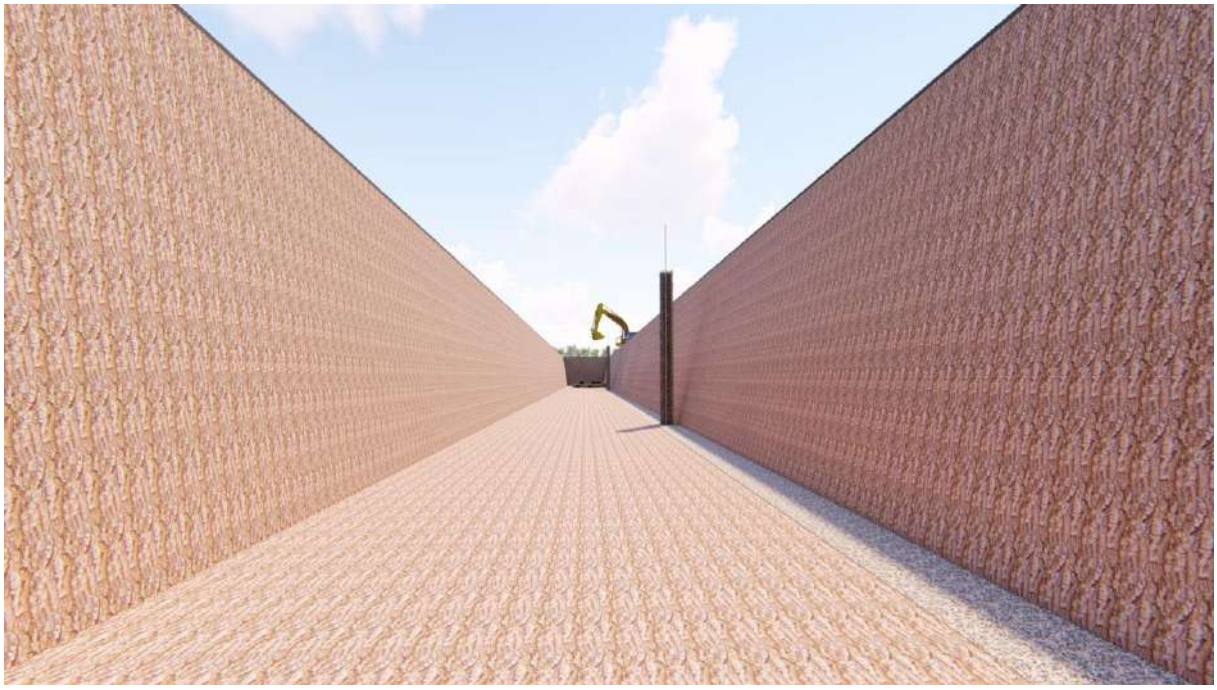


Figura 11.2 Arborización Perimetral

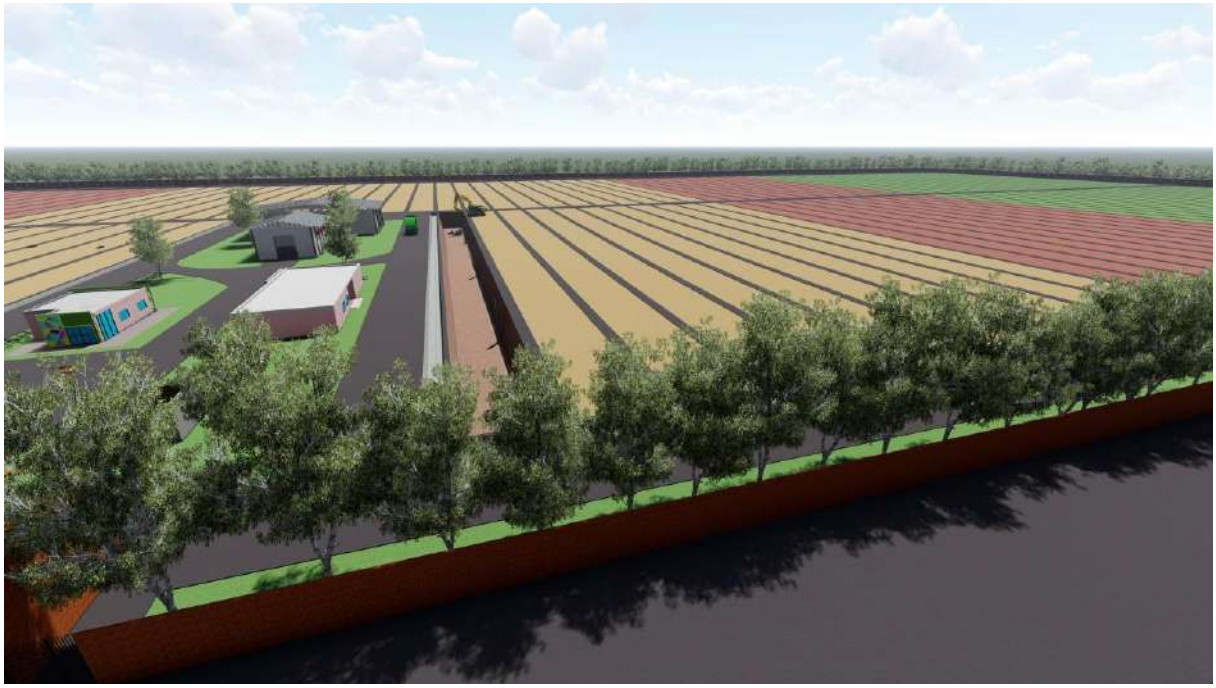


Figura 11.3 Acceso Principal al Relleno Sanitario

Figura 11.4 Zanjas Clausuradas

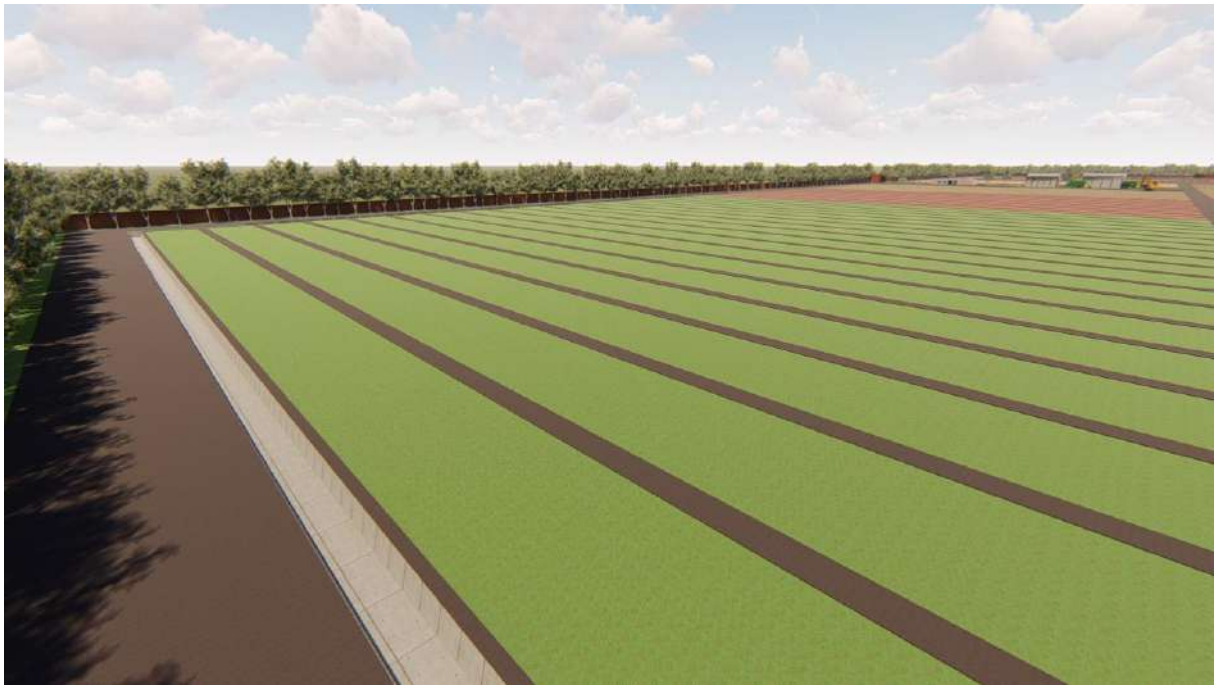


Figura 11.5 Vista Superior del Relleno Sanitario

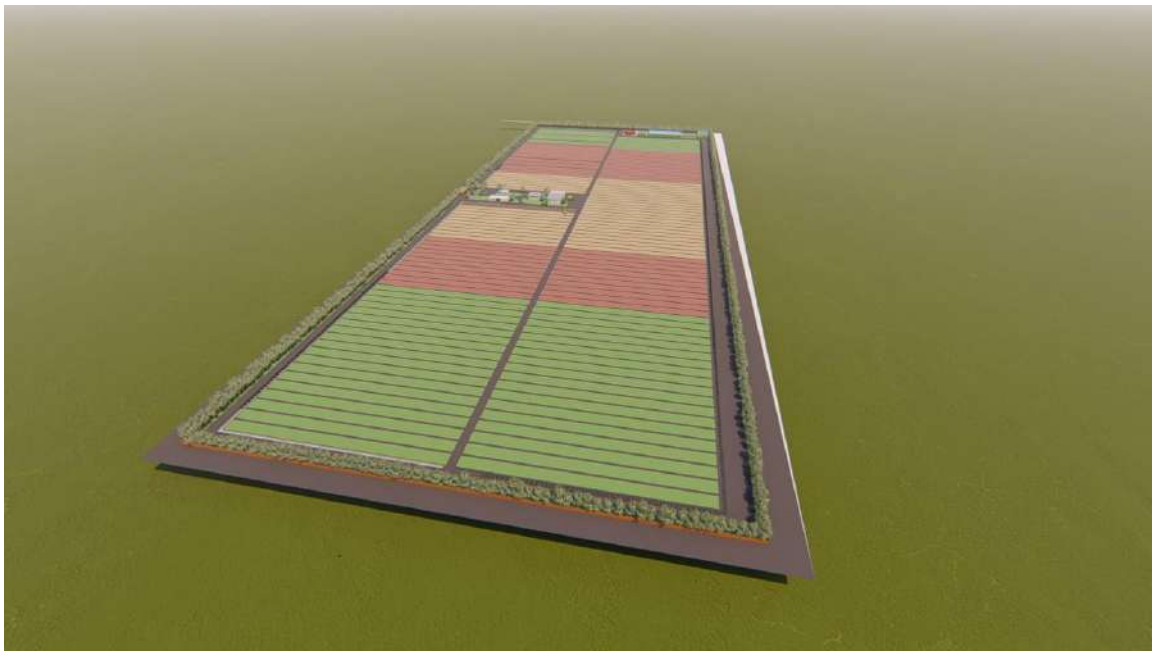


Figura 11.6 Tinglado de Recuperación de Residuos

Figura 11.7 Vista de las Lagunas de Estabilización

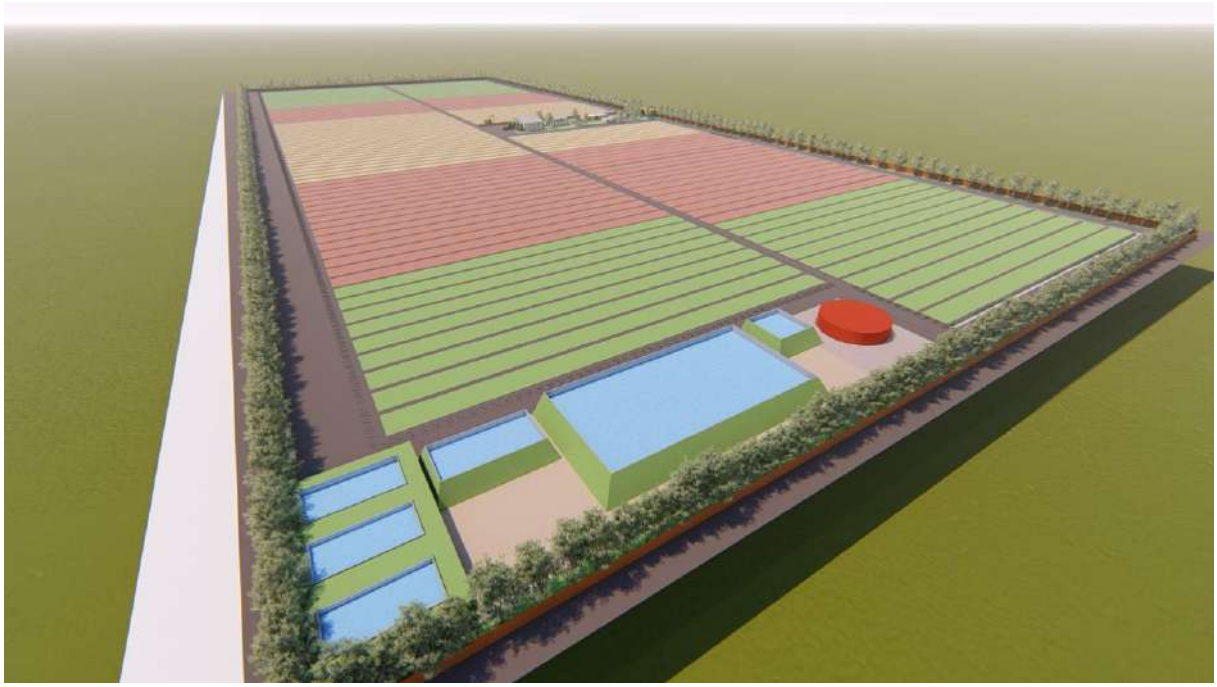


Figura 11.8 Tinglado de Maquinarias