



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO Y EL USO DE  
GESTORES DE DESECHOS EN LA CABECERA CANTONAL DE  
SANTA ELENA, ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**POZO CRUZ BRYAN DANIEL**

**RENGIFO GARCIA MICHAEL ALEJANDRO**

**TUTOR:**

**ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR, PhD.**

La Libertad, Ecuador

2023

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO Y EL USO DE  
GESTORES DE DESECHOS EN LA CABECERA CANTONAL DE  
SANTA ELENA, ECUADOR”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**AUTORES:**

**POZO CRUZ BRYAN DANIEL**

**RENGIFO GARCIA MICHAEL ALEJANDRO**

**TUTOR:**

**ING. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR, PhD.**

La Libertad, Ecuador

2023

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Jonny Raúl Villao Borbor, MSc.

**DIRECTOR DE CARRERA**

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

**DOCENTE TUTOR**

f. 

Ing. Gastón Nicolas Proaño Cadena, MSc.

**DOCENTE ESPECIALISTA**

f. 

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

**DOCENTE UIC**

# DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **BRYAN DANIEL POZO CRUZ** y **MICHAEL ALEJANDRO RENGIFO GARCIA**, declaramos bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado “**MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO Y EL USO DE GESTORES DE DESECHOS EN LA CABECERA CANTONAL DE SANTA ELENA, ECUADOR**”, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**, Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito de nuestra autoría.

Por medio de la presente declaración cedemos los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,

**AUTORES**

f.  \_\_\_\_\_

**Bryan Daniel Pozo Cruz**

**C.I. 2450499989**



f. \_\_\_\_\_

**Michael Alejandro Rengifo Garcia**

**C.I. 0962530010**

# CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, PhD.

## TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo “**MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO Y EL USO DE GESTORES DE DESECHOS EN LA CABECERA CANTONAL DE SANTA ELENA, ECUADOR**” previo a la obtención del Título de **INGENIERO CIVIL** elaborado por el **Sr. BRYAN DANIEL POZO CRUZ** y el **Sr. MICHAEL ALEJANDRO RENGIFO GARCIA**, egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**, Facultad **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA** de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

Atentamente,



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

C.I.:0911164127

DOCENTE TUTOR

# CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA

*Lcdo. Dennys Mauricio Panchana Yagual, Mgtr.*

*Celular: 0939211033*

*Correo: [dennys.panchana@educacion.gob.ec](mailto:dennys.panchana@educacion.gob.ec)*

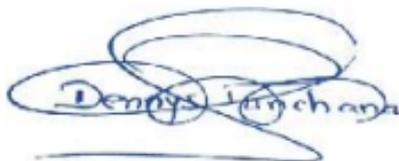
## CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **DENNYS MAURICIO PANCHANA YAGUAL**, en mi calidad de **LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN Y LIDERAZGO EDUCACIONAL**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **“MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO Y EL USO DE GESTORES DE DESECHOS EN LA CABECERA CANTONAL DE SANTA ELENA, ECUADOR”** de los estudiantes: **POZO CRUZ BRYAN DANIEL y RENGIFO GARCIA MICHAEL ALEJANRO**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

Es cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estime conveniente.

Santa Elena, 30 de enero del 2023



Lcdo. Dennys Panchana Yagual, Mgtr.

CI. 0919400176

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
MAGISTER EN GERENCIA Y LIDERAZGO EDUCACIONAL  
N° DE REGISTRO DE SENECYT 1031-2018-1947613



ID: 00b717f66047d46f5581805bc6511990e8b694d9

La Libertad, 14 de febrero del 2023

### CERTIFICADO ANTIPLAGIO

**DOCENTE UIC LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR-2022**

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado **“MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO Y EL USO DE GESTORES DE DESECHOS EN LA CABECERA CANTONAL DE SANTA ELENA, ECUADOR”**, elaborado por los estudiantes **POZO CRUZ BRYAN DANIEL** y **RENGIFO GARCIA MICHAEL ALEJANDRO** con C.I. **2450499989** y **0962530010** respectivamente, egresados de la Carrera de Ingeniería civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio **COMPILATIO**, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con **6%** de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

**Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.**

**C.I.:0911164127**

**DOCENTE TUTOR**

Archivo. CC.



## REPORTE DE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

### Tesis - Pozo Bryan y Rengifo Michael

6%  
Similitudes

< 1% Texto entre comillas  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: Tesis - Pozo Bryan y Rengifo Michael.docx  
ID del documento: 00b717f6047d46f5581805bc6511990e8b694d9  
Tamaño del documento original: 68.39 Mo

Depositante: LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR  
Fecha de depósito: 14/2/2023  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 14/2/2023

Número de palabras: 27.645  
Número de caracteres: 185.916

Ubicación de las similitudes en el documento:



#### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/5/LIBRO%20VI%20Anexo%206%20Manejo%20de%20residuos%20sólidos%20en%20la%20zona%20de%20la%20península%20de%20Santa%20Elena.pdf">dspace.espol.edu.ec</a> https://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/5/LIBRO VI Anexo 6 Manejo de residuos sólido ... 35 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (944 palabras)
2	<a href="https://www.lomasdesargentillo.gob.ec/paginas/nuevos_proyectos/archivos/eia_relleno_sanitario_loma...">www.lomasdesargentillo.gob.ec</a> https://www.lomasdesargentillo.gob.ec/paginas/nuevos_proyectos/archivos/eia_relleno_sanitario_loma... 52 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (939 palabras)
3	<a href="https://www.gob.ec/emision-tramites/emision-pronunciamento-al-estudio-celda-emergente-disposicion...">www.gob.ec</a>   Emisión de pronunciamiento al estudio de celda emergente para la di... https://www.gob.ec/emision-tramites/emision-pronunciamento-al-estudio-celda-emergente-disposicion... 21 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (789 palabras)
4	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/2709/32747/6/UTC-00284.pdf.txt">repositorio.utc.edu.ec</a>   Caracterización de los residuos sólidos y verificación de las ... http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/2709/32747/6/UTC-00284.pdf.txt 22 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (743 palabras)
5	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/20331/5/TESE-038713.pdf.txt">repositorio.espe.edu.ec</a>   Diseño del relleno sanitario del cantón Pedro Moncayo par... http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/20331/5/TESE-038713.pdf.txt 35 fuentes similares	3%		Palabras idénticas : 3% (734 palabras)

#### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.flacoandes.edu.ec/bitstream/10469/17068/1/FLACSO%20LV28-09-Española.pdf">repositorio.flacoandes.edu.ec</a>   Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal... http://repositorio.flacoandes.edu.ec/bitstream/10469/17068/1/FLACSO%20LV28-09-Española.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (39 palabras)
2	<a href="https://1library.co/document/qv95jdy-prepuesta-politicas-integrales-gestion-ambientalmente-adeuada...">1library.co</a>   Propuesta de políticas integrales de gestión ambientalmente adecuada ... https://1library.co/document/qv95jdy-prepuesta-politicas-integrales-gestion-ambientalmente-adeuada...	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (36 palabras)
3	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10123/3/23510357.pdf.txt">dspace.esPOCH.edu.ec</a>   Programa de gestión integral de residuos del Mercado Centr... http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10123/3/23510357.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (27 palabras)
4	<a href="http://repositorio.flacoandes.edu.ec/bitstream/10469/16842/2/FLACSO-2020MAH.pdf">repositorio.flacoandes.edu.ec</a>   La gobernanza ambiental en el Manejo Integral de ... http://repositorio.flacoandes.edu.ec/bitstream/10469/16842/2/FLACSO-2020MAH.pdf	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (36 palabras)
5	<a href="http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46009/726/3/26-SERGIO%20RRALA%20MONTES.pdf.txt">repositorio.upse.edu.ec</a>   Plan Estratégico para la empresa municipal de recolección... http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46009/726/3/26-SERGIO%20RRALA%20MONTES.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (35 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.027>
- <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129649>
- <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.07>
- <https://www.bibliocadvipgratis.com/2017/08/estructura-metalica-polideportivo.html>
- <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138150>

# **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de Integración curricular en primer lugar a Dios, por darme la vida, la sabiduría y la capacidad de culminarla exitosamente. A mis padres tutores por brindarme su apoyo incondicional, confianza y empatía. A mi hermano por apoyarme durante toda mi carrera y a toda mi familia en general por el sacrificio y la ayuda brindada. A los docentes que me ayudaron en mi formación profesional y quienes nos guiaron a ser investigadores y entusiastas.

***BRYAN DANIEL***

Este trabajo de titulación va dedicado a la existencia misma, ya que al brindarme un poco de su inmensidad me permitió cumplir una meta más en mi vida, a mis seres queridos que siempre me apoyaron y confiaron en mis capacidades, y a mis amistades, que en mis momentos de tristeza me acompañaron.

***MICHAEL ALEJANDRO***

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS por guiarme por el buen camino y darme la capacidad de resolver cada problema que se me presenta, a mis padres HENRY JULIÁN POZO TOMALÁ y HERMA DE JESÚS CRUZ GONZÁLEZ por aconsejarme y apoyarme. A la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA y la carrera de Ingeniería civil por brindar sus instalaciones para un mejor aprendizaje. A la Ing. LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCÍVAR, Mg; por ser una excelente profesional y ayudarnos en la formación académica. A todos mis compañeros quienes nos apoyamos mutuamente para fortalecer nuestros conocimientos y llegar a ser excelentes profesionales.

***BRYAN DANIEL***

Le agradezco a DIOS por permitirme continuar luchando día a día para cumplir a cabalidad las metas que me propongo, por brindarme claridad y sentido en la toma de decisiones y acompañarme en cada paso que doy, a mi madre PAOLA ANDREA RENGIFO GARCIA por darme la vida, a mi abuela MARIA CENETH GARCIA CARDONA por ser mi segunda madre y compañera fiel, a mi hermana HANNA SALOME SANTA RENGIFO por darme una razón más en esta vida para seguir luchando, y especialmente a mi tía GLORIA PATRICIA RENGIFO GARCIA por acompañarme en todo mi proceso académico y ayudarme de forma incondicional. Le doy gracias a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales, a los docentes que compartieron sus conocimientos conmigo y a la ingeniera LUCRECIA CRISTINA MORENO ALCIVAR por el acompañamiento en el presente trabajo.

A mi familia por siempre estar conmigo en los buenos y malos momentos, a los amigos que me regalo la universidad, y a mi particular amigo ANTHONY ABEL PILCO RODRIGUEZ, quien me acompaño y apoyo de forma incondicional durante gran parte de mi preparación como profesional.

***MICHAEL ALEJANDRO***

# TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
CERTIFICACIÓN DE GRAMATOLOGIA.....	v
DEDICATORIA .....	viii
AGRADECIMIENTOS .....	x
TABLA DE CONTENIDO .....	xii
LISTA DE FIGURAS .....	xvii
LISTA DE TABLAS .....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT .....	xx
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.1. Hipótesis General.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3.2. Hipótesis Específicas. ....</b>	<b>10</b>
<b>1.4. OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.1. Objetivo General. ....</b>	<b>11</b>
<b>1.4.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>11</b>
<b>1.5. ALCANCE.....</b>	<b>11</b>
<b>1.6. VARIABLES .....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.1. Variables Independiente. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.6.2. Variable Dependiente.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. RESIDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>20</b>
	xii

2.5. IMPACTOS DEL INADECUADO MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	21
2.6. LA EDUCACIÓN Y LA CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS. ....	22
2.7. RELLENOS SANITARIOS: UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	22
2.8. TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS .....	23
2.8.1. Relleno Sanitario Mecanizado.....	23
2.8.2. Relleno sanitario semi-mecanizado.....	24
2.8.3. Relleno sanitario manual .....	25
2.9. RELLENO SANITARIO: VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	25
2.10. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE SE PUEDEN TRATAR EN UN RELLENO SANITARIO .....	27
2.11. EFECTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO.....	28
2.11.1. <i>Efectos de los cambios físicos, químicos y biológicos de los residuos</i> .....	28
2.11.2. <i>Efectos en la producción de líquidos y gases</i> .....	29
2.12. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA EL RELLENO SANITARIO.....	29
2.12.1. Método de Trinchera o Zanja .....	29
2.12.2. Método de Área.....	30
2.12.3. Método Combinado .....	30
2.13. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS.....	31
2.13.1. Características del Terreno .....	31
2.13.2. Demografía.....	32
2.13.3. Generación de Residuos Sólidos.....	33
2.13.4. Volumen del Relleno Sanitario.....	36
2.13.5. Volumen del relleno sanitario durante su vida útil .....	36
2.13.6. Área Requerida para la construcción del relleno sanitario.....	37
2.13.7. Área total requerida para construcción del relleno sanitario.....	37
2.13.8. Diseño de la Celda tipo.....	38
2.13.9. Lixiviados .....	39

2.14.	COMPOSTAJE.....	41
2.15.	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	41
2.16.	ECONOMIA CIRCULAR.....	41
2.17.	MARCO LEGAL.....	42
2.17.1.	Normas Universales.....	42
2.17.2.	Constitución de la república del Ecuador 2008.....	43
2.17.4.	Código orgánico del ambiente.....	44
2.17.5.	<i>Reforma Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Acuerdo Ministerial No. 061</i> .....	46
2.17.6.	TULSMA.....	47
2.1.1.	<i>Diseño y especificaciones técnicas</i> .....	47
2.1.2.	<i>Requisitos para rellenos sanitarios</i> .....	48
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		51
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.1.1.	<i>Tipo</i> .....	51
3.1.2.	<i>Nivel</i> .....	51
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	52
3.2.1.	<i>Método</i> .....	52
3.2.2.	<i>Enfoque</i> .....	52
3.2.3.	<i>Diseño</i> .....	52
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	53
3.3.1.	<i>Población</i> .....	53
3.3.2.	<i>Muestra</i> .....	53
3.3.3.	<i>Muestreo</i> .....	53
3.4.	UBICACIÓN DE ÁREAS DEL PROYECTO .....	54
3.4.1.	<i>Área de influencia y área de estudio</i> .....	54
3.5.	UBICACIÓN DEL VERTEDERO ACTUAL.....	55
3.5.1.	<i>Vertedero en la Vía Guayaquil – Santa Elena</i> .....	55
3.6.	METODOLOGIA DEL OE.1: Determinar la producción de desechos en la cabecera cantonal y proyectarla a los años de diseño, mediante los métodos de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta.....	56
3.6.1.	<i>Método de regresión lineal</i> .....	56
3.6.2.	<i>Tasa de crecimiento en función compuesta</i> .....	57

<b>3.7. METODOLOGIA DEL OE.2: Diseñar el sistema de tratamiento de residuos para la cabecera cantonal de la provincia de Santa Elena.....</b>	<b>57</b>
3.7.1. <i>Consideraciones para el diseño.....</i>	58
3.7.2. <i>Ubicación.....</i>	59
3.7.3. <i>Volumen de residuos.....</i>	59
3.7.4. <i>Construcción del sistema de gestión de residuos.....</i>	59
3.7.5. <i>Construcción de celdas para el relleno sanitario.....</i>	60
3.7.6. <i>Principios de uso de un relleno sanitario y gestores de residuos.....</i>	60
<b>3.8. METODOLOGIA DEL OE.3: Elaborar el plan de manejo ambiental, para la gestión de los residuos producidos por los habitantes de la cabecera cantonal.....</b>	<b>60</b>
3.8.1. <i>Programa de análisis de riesgos y alternativas de prevención.....</i>	61
3.8.2. <i>Programa de mitigación y prevención ante impactos ambientales.....</i>	62
3.8.3. <i>Programa de medidas compensatorias.....</i>	62
3.8.4. <i>Programa de evaluación, seguimiento y control ambiental.....</i>	62
3.8.5. <i>Programa de capacitación.....</i>	63
3.8.6. <i>Programa de cierre y abandono.....</i>	63
<b>3.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>64</b>
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>65</b>
<b>4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1, Análisis estadístico de la Producción de desechos y su proyección mediante: Método de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta. ....</b>	<b>65</b>
4.1.1. <i>Producción de desechos.....</i>	65
4.1.1. <i>Proyección mediante el método de Tasa de crecimiento en función compuesta.....</i>	70
4.1.2. <i>Proyección mediante el método de regresión lineal.....</i>	71
<b>4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, Propuesta del sistema de gestión para residuos sólidos.....</b>	<b>74</b>
4.2.1. <i>Ubicación.....</i>	74
4.2.2. <i>Geografía.....</i>	75
4.2.3. <i>Hidrología.....</i>	75
4.2.4. <i>Clima.....</i>	75
4.2.5. <i>Temperatura.....</i>	75

4.2.6. <i>Población</i> .....	76
4.2.7. <i>Producción de desechos</i> .....	76
4.2.8. <i>Volumen de residuos</i> .....	76
4.2.9. <i>Propuesta de diseño</i> .....	78
<b>4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.3, Elaborar el Plan de manejo ambiental, para la gestión de residuos producidos por los habitantes de la cabecera cantonal de Santa Elena.</b> .....	<b>82</b>
<b>4.4 DISCUSION DE RESULTADOS</b> .....	<b>90</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>92</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	<b>92</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>93</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>94</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>105</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Soluciones de la gestión de residuos .....	19
<b>Figura 2</b> Relleno Sanitario .....	23
<b>Figura 3</b> Relleno sanitario mecanizado .....	24
<b>Figura 4</b> Relleno sanitario semimecanizado .....	24
<b>Figura 5</b> Relleno sanitario Manual.....	25
<b>Figura 6</b> Método de trinchera o zanja .....	29
<b>Figura 7</b> Método de área .....	30
<b>Figura 8</b> Método combinado .....	31
<b>Figura 9</b> Ciclo de economía circular .....	42
<b>Figura 10</b> Identificación de áreas .....	54
<b>Figura 11</b> Área del vertedero actual.....	55
<b>Figura 12</b> Actividades para el diseño de la gestión de residuos.....	58
<b>Figura 13</b> Producción de desechos por familia .....	66
<b>Figura 14</b> Tipos de desechos.....	67
<b>Figura 15</b> Clasificación porcentual de los desechos encontrados .....	68
<b>Figura 16</b> Clasificación de los tipos de desechos.....	68
<b>Figura 17</b> Condensado de resultados .....	69
<b>Figura 18</b> Regresión lineal .....	72
<b>Figura 19</b> Proyección de desechos al año de diseño .....	73
<b>Figura 20</b> Puntos y área para la ubicación del proyecto .....	74
<b>Figura 21</b> Diseño del cerramiento para el sistema de gestión.....	78
<b>Figura 22</b> Diseño del letrero de identificación.....	78
<b>Figura 23</b> Estructura tipo cerca para la gestión de residuos reciclables.	79
<b>Figura 24</b> Poza para el almacenamiento de lixiviados.....	80
<b>Figura 25</b> Dren vertical para evacuación de gases.....	81

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Tipos de sustancias y sus efectos en la salud .....	14
<b>Tabla 2</b>	Propiedades de los residuos sólidos .....	15
<b>Tabla 3</b>	Generación de residuos en América latina y el Caribe .....	16
<b>Tabla 4</b>	Composición de los RSU en diversos países ( % en peso) .....	18
<b>Tabla 5</b>	Residuos sólidos que se pueden tratar en un relleno sanitario ....	27
<b>Tabla 6</b>	Densidad estimada de los residuos sólidos .....	34
<b>Tabla 7</b>	Coordenadas UTM del área de influencia.....	54
<b>Tabla 8</b>	Coordenadas UTM del área del vertedero .....	55
<b>Tabla 9</b>	Cuadro de operacionalización de variables.....	64
<b>Tabla 10</b>	Pesaje realizado a las 10 familias durante cuatro semanas .....	66
<b>Tabla 11</b>	Resultados de la clasificación de residuos en el vertedero .....	67
<b>Tabla 12</b>	Condensado de resultados .....	69
<b>Tabla 13</b>	Producción de desechos en la cabecera cantonal .....	70
<b>Tabla 14</b>	Proyección usando tasa de crecimiento en función compuesta	71
<b>Tabla 15</b>	Información de EMASA sobre la producción de desechos .....	71
<b>Tabla 16</b>	Proyección mediante el método de regresión lineal.....	72
<b>Tabla 17</b>	Coordenadas geográficas del área del proyecto .....	74
<b>Tabla 18</b>	Promedio de los muestreos realizados .....	76
<b>Tabla 19</b>	Calculo de volúmenes para el diseño del relleno sanitario .....	77
<b>Tabla 20</b>	Programa análisis de riesgos y alternativas de prevención .....	82
<b>Tabla 21</b>	Programa mitigación y prevención ante impactos ambientales	83
<b>Tabla 22</b>	Continuación programa de mitigación y prevención .....	84
<b>Tabla 23</b>	Programa de medidas compensatorias .....	85
<b>Tabla 24</b>	Programa de seguimiento, evaluación y control .....	86
<b>Tabla 25</b>	Continuación programa de seguimiento, evaluación y control	87
<b>Tabla 26</b>	Programa de capacitación .....	88
<b>Tabla 27</b>	Programa de clausura .....	89

# **“MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO Y LA UTILIZACIÓN DE GESTORES DE DESECHOS EN LA CABECERA CANTONAL DE SANTA ELENA, ECUADOR”**

**Autores:** Bryan Daniel Pozo Cruz y Michael Alejandro Rengifo Garcia

**Tutor:** Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

## **RESUMEN**

El incremento poblacional y el gran consumo de productos se traducen en la alta producción de desechos; esto lleva a la exigencia de adoptar métodos innovadores para su tratamiento, entre los que se destacan los gestores de residuos y rellenos sanitarios, cuyo principal propósito es mitigar el impacto ambiental y aportar al desarrollo socioeconómico. La problemática que se evidencia en la cabecera cantonal es el deficiente manejo de residuos y la consecuente contaminación ambiental. El presente trabajo de titulación tendrá como objetivo diseñar la gestión integral de los residuos sólidos con su respectivo sistema de tratamiento, mediante la proyección y estimación de volúmenes, para la implementación de un adecuado plan de manejo en la cabecera cantonal de la provincia de Santa Elena. La metodología estará comprendida por: I. Estudio de la producción de residuos, II. Postulación de diseños y III. Planteamiento del plan de manejo ambiental. Al diseñar un sistema óptimo de separación de residuos y tratamiento de desechos, se logra innovar en la aplicación de los métodos de tratamiento, generar una conciencia de sostenibilidad y mitigar el impacto ambiental.

***Palabras Clave:*** Medio ambiente, tratamiento de desechos, residuos sólidos.

# **“SOLID WASTE MANAGEMENT THROUGH THE IMPLEMENTATION OF A SANITARY LANDFILL AND THE USE OF WASTE MANAGERS IN THE CANTONAL HEAD OF SANTA ELENA, ECUADOR”**

**Authors:** Pozo Cruz Bryan Daniel y Rengifo Garcia Michael Alejandro

**Tutor:** Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

## **ABSTRACT**

The increase in population and the high consumption of products result in the high production of waste; this leads to the need to adopt innovative methods for its treatment, including waste managers and sanitary landfills, whose main purpose is to mitigate the environmental impact and contribute to socioeconomic development. The problem that is evident in the cantonal capital is the deficient management of waste and the consequent environmental contamination. The objective of this degree work will be to design the integral management of solid waste with its respective treatment system, through the projection and estimation of volumes, for the implementation of an adequate management plan in the cantonal head of the province of Santa Elena. The methodology will be comprised of: I. Study of waste production, II. Postulation of designs and III. Proposal of the environmental management plan. By designing an optimal system of waste separation and waste treatment, it is possible to innovate in the application of treatment methods, generate an awareness of sustainability and mitigate the environmental impact.

***Key words:*** Environment, waste treatment, solid waste.

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El aumento en la producción de agentes contaminantes en la actualidad se convirtió en una de las mayores preocupaciones a nivel mundial, teniendo como base este criterio se emplean diversas metodologías enfocadas en el tratamiento de residuos (Obersteiner et al., 2021). Actualmente el tratamiento inadecuado de residuos está generando afectaciones al medio ambiente y a la salud (Lachi Reddy et al., 2021), por lo que la aplicación de métodos de tratamiento alternativos se convirtió en una necesidad para el ser humano (Obersteiner et al., 2021).

La generación de residuos está vinculada al desarrollo económico, crecimiento poblacional y la industrialización (Betanzo-Quezada et al., 2016). Se estima que en la actualidad la población mundial es de 8000 millones de habitantes (ONU, 2022). (Garrick E., 2004) declara que, debido al déficit de métodos para el tratamiento de desechos a principios del siglo XIX en los Estados Unidos, se emplearon los primeros rellenos sanitarios. En la actualidad, algunos países tienen como práctica común el transporte directo de estos residuos hacia su disposición final sin intermediarios para su gestión (Sáes y Urdaneta, 2014). La prevención de la contaminación y la concientización ambiental se ven reflejadas en la generación de regulaciones legales enfocadas en el cuidado del medio ambiente (Vargas et al., 2021). Ya que los temas ambientales han adquirido importancia en las políticas nacionales para países desarrollados y en proceso de desarrollo (Turriago Hoyos y Arrieta Bernate, 2016), entidades internacionales como las naciones unidas trabajan en la implementación de políticas que ayuden a la prevención de conflictos legales en base al cuidado ambiental (Figuerola y Azerrat, 2020).

Según lo indican (Garcés-Ordóñez et al., 2019), una de las mayores problemáticas ambientales presentes en la actualidad, es la acumulación de desechos que terminan depositados en el medio marino, a causa de la mala gestión por parte de la población. En la zona costera del Ecuador, específicamente al oeste de la región, se encuentra ubicada la provincia de Santa Elena, la cual según datos poblacionales,

en el 2020 cuenta con 401.178 habitantes (Morante-Carballo et al., 2021), esta provincia posee un área conocida como la cabecera cantonal, que tiene un sistema deficiente para el tratamiento de residuos, que se compone de un vertedero a cielo abierto, ubicado en el kilómetro 3 de la vía Guayaquil-Santa Elena, específicamente en las coordenadas UTM 520997.00 m E y 9752755.00 m S, este espacio destinado para la disposición de desechos cuenta con un área aproximada de 321.000 m<sup>2</sup>, y no posee sistemas que controlen la infiltración de lixiviados a las aguas subterráneas. De acuerdo con (Hereher et al., 2020), la práctica de eliminar desechos mediante la implementación de vertederos en zonas costeras se convirtió en el método más promovido e implementado por los países desarrollados.

La provincia de Santa Elena al estar ubicada en una zona costera se convierte en un foco de la actividad turística, por ello es más propensa a la acumulación de residuos, y al no poseer un sistema de tratamiento de desechos adecuado, gran cantidad de agentes contaminantes terminan depositándose en áreas marinas. (Beaven et al., 2020), sostienen que la liberación de residuos sólidos en zonas costeras representa una amenaza incluso mayor que las inundaciones. (Cordova et al., 2021), destacan que la producción de desechos plásticos que terminan llegando a zonas costeras oscila entre 1,15 y 12,7 millones de toneladas métricas al año.

La necesidad latente de un área delimitada para la ubicación de desechos lleva a la implementación de los vertederos históricos en zonas costeras, de los cuales en la actualidad podemos encontrar 100,000 a nivel mundial (Brand et al., 2018). Debido a la inadecuada ubicación de los vertederos y su cercanía al mar, en tiempos de fuertes oleajes estos sufren inundaciones, la cuales causan la liberación de los desechos directamente al área costera y el mar (Brand y Spencer, 2020), al no contar con las características técnicas y de diseño necesarias para garantizar la efectividad, se convierten en peligros ambientales.

El estudio de la producción de residuos y el análisis de su tratamiento, llevan a la necesidad de aplicar métodos alternativos para el diseño de sistemas de gestión de desechos (Herrera-Murillo et al., 2016). Las tasas de manejo de residuos en los últimos 20 años mediante la metodología de reciclar aumento, en función de la

aplicación de nuevas tecnologías provenientes de sistemas occidentales (Wilson et al., 2009). En Ecuador se llegó a producir 58.829 Toneladas semanales de desechos, de las cuales solo el 20% tiene una disposición final adecuada (Solíz Torre, 2015).

Como señalan (Yuan et al., 2021), las plantas encargadas de la gestión de residuos deben contar con la información adecuada para el estudio y almacenamiento de los desechos, conocer el área en la que se produce mayor cantidad de desechos a nivel provincial, estudiar la generación actual de residuos y brindar alternativas óptimas de tratamiento. Actualmente el mundo industrial y académico se centran en fortalecer la acción de reutilizar y reciclar productos, con el objetivo de implementarlos en la producción de materiales ecológicos, y de esta manera garantizan el aprovechamiento total de los recursos e impulsan la economía circular (Quispe y Quispe, 2021), la noción de economía circular tiene como objetivo principal promover la sostenibilidad ambiental (Sasmoko et al., 2022).

En función de la reducción de la contaminación muchos países optaron por la aplicación de esquemas de responsabilidad ampliada del productor, o métodos para el tratamiento de residuos, con el fin de aportar al desarrollo económico y disminución del impacto ambiental (Bening et al., 2022), acoplándose a normativas internacionales como los “Objetivos de Desarrollo Sostenible” (Gonzales-Loli et al., 2021). La cabecera cantonal de la provincia de Santa Elena debe poseer un sistema de recolección y reutilización adecuado, que aporte con la disminución de los impactos ambientales causados por la deficiente gestión de los residuos y que brinde la oportunidad de generar un aprovechamiento total de los desechos (Mora Cervetto y Molina Moreira, 2017).

El presente trabajo de titulación está enfocado en realizar el diseño de dos sistemas de tratamiento de residuos, que cumplan con las regulaciones vigentes y presten un servicio óptimo a la comunidad. El sistema por diseñar estará conformado por dos partes: un relleno sanitario para el depósito de los residuos orgánicos con su respectivo sistema colector de lixiviados, y gestores de residuos inorgánicos. Previo a la obtención de información se evalúa de manera estadística la producción de desechos para cuantificar y proyectar mediante los métodos de regresión lineal y

tasa de crecimiento en función compuesta, la cantidad de desechos en peso y volumen, para el correcto diseño del sistema de gestión.

Los resultados de este estudio serán útiles para las autoridades que deseen implementar el sistema de tratamiento de residuos sólidos diseñado. La metodología usada se resume en el capítulo III, el cual consta de las siguientes partes:

En la primera parte se desarrolla el estudio estadístico de la producción de desechos sólidos en la cabecera cantonal del cantón Santa Elena, mediante los métodos de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta. La segunda parte se enfoca en el diseño del sistema de tratamiento de residuos sólidos y la última parte expone el plan de manejo ambiental requerido.

## **1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En la actualidad el cuidado y preservación de los recursos naturales es un importante aspecto social, que se ve enmarcado por el cumplimiento de las regulaciones vigentes que promueven el bienestar y el buen vivir. El tratamiento deficiente de los residuos y la poca conciencia del reciclaje, representan una problemática que genera afectaciones graves para el medio ambiente y la salud en general. La inadecuada logística referente a la ubicación de residuos causa afectaciones directas a las fuentes de aguas superficiales, freáticas y al ecosistema; además contribuye a la transmisión de enfermedades, aporta con las emisiones de gases, genera incendios y no permite la circulación adecuada de los sistemas sanitarios (Solíz Torre, 2015).

La provincia de Santa Elena al ser considerada una provincia nueva, con tan solo 15 años desde su separación de Guayaquil, cuenta con un sistema de tratamiento de desechos el cual está constituido por dos vertederos a cielo abierto, uno ubicado en la zona noroeste de palmar y el otro ubicado en el kilómetro 3 de la vía Santa Elena – Guayaquil, estos vertederos al estar a cielo abierto no cumplen con las regulaciones ambientales requeridas para mitigar el impacto ambiental causado por la emisiones de gases y la infiltración de lixiviados, además no se aplican los criterios de separación y reutilización de residuos mediante la técnica de reciclaje,

al enfrentar un crecimiento poblacional que conlleva un aumento en la producción de residuos la gestión de desechos implementada se vuelve deficiente.

La ausencia de regulaciones que impongan la separación de residuos mediante una normativa estandarizada se ve reflejada en el no aprovechamiento de las materias que se pueden reutilizar. La resolución del consejo cantonal indico que a partir del año 2012 la empresa pública EMASA E.P se encargaría de la recolección y disposición de los desechos en el cantón Santa Elena (GADM Santa Elena, 2014). La interrogante que se formula a partir del problema general de la investigación es: ¿Cómo se lograría dar solución al deficiente manejo de residuos sólidos y la consecuente contaminación ambiental en la cabecera cantonal de Santa Elena?, de la cual se deducen tres problemas específicos que se reflejan en las siguientes preguntas: ¿Cuál es la producción de desechos sólidos en la cabecera cantonal?, ¿Cómo se podrían tratar de manera correcta los desechos sólidos?, y ¿Qué regulaciones se deberían implementar para el manejo adecuado del sistema de tratamiento?.

## **1.2. ANTECEDENTES**

Según lo indicado en el artículo científico de (Orozco Alvarado y Díaz Pérez, 2018), los antecedentes en un proyecto son los estudios efectuados en torno al tema de investigación tratado, estos se clasifican en áreas internacionales, nacionales y locales.

Del medio internacional se toma como referente la tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero ambiental de (Ricaldi Atahuaman et al., 2021), acerca del “DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO DE EL TAMBO - HUANCAYO 2021”. Esta investigación tuvo como objetivo proponer el diseño de un relleno sanitario para el distrito de El Tambo, efectuando la valorización de los residuos que se puedan aprovechar, la metodología aplicada estuvo en función de la guía de diseño, operación, mantenimiento, construcción y cierre de relleno sanitario de carácter mecanizado. De los resultados obtenidos

consideraron que el diseño total de la infraestructura cuenta con un área de 6,51 hectáreas y un perímetro de 1084, además optó por que la ubicación del diseño este aproximadamente a unos 630 metros de las viviendas, el relleno sanitario propuesto es semi-mecanizado y cuenta con diez zanjas, de medidas 121.18 metros de largo, una profundidad de 4 metros y un ancho de 35 metros, el área también posee dos plantas encargadas de la valorización de los residuos, una encargada del proceso de reciclaje y la otra del compostaje. Los autores concluyen que el diseño tendrá una capacidad de volumen promedio de 16.932.25 m<sup>3</sup> en base a los cálculos, contará con un área aproximada de 5,9 Hectáreas y tendrá una vida útil de 10 años, además que la composición de los residuos de El Tambo está dividida en un 82.89% de desechos aprovechables y 17.11% no aprovechable.

De igual manera se cita el trabajo de grado de (Garzon Diaz y Vanarken Gracia, 2015),“ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO Y PLANTAS DE PROCESO DE RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL (SANTANDER) ”,este tiene como finalidad analizar la factibilidad para la construcción de una planta de procesamiento de desechos y un relleno sanitario en Colombia, específicamente en la ciudad Puente Nacional, para este estudio efectuaron la caracterización de los desechos generados, de la cual obtuvieron como resultado que del 100% de desechos, el 68% son orgánicos. Para el correcto funcionamiento del diseño efectuaron un estudio de la producción per cápita, calcularon los volúmenes, estimaron la mano de obra necesaria y el área requerida para su ubicación, obtenida toda la información concluyeron que se requiere un relleno sanitario manual, el cual contribuirá a la adecuada ubicación de los residuos y aportara con un ahorro del 80% referente al transporte de desechos y una disminución del 50% de pagos para la disposición de los residuos en otras localidades.

En el ámbito nacional se destaca el proyecto previo a la obtención del título profesional de (Bonilla Chango y Vasquez Nuñez, 2012),el cual tiene como nombre “PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE RESIDUOS SOLIDOS DE LA CIUDAD DE LOGROÑO”. Este trabajo de titulación tuvo como objetivo brindar una propuesta para la adecuada gestión de los residuos en la ciudad de Logroño, que cumpla con las especificaciones requeridas para que pueda ser implementada por el

gobierno. La metodología base estuvo constituida por la identificación de residuos, un diagnóstico de la gestión de los desechos sólidos, análisis y resultados, y se culminó con la propuesta para la gestión, los resultados que obtuvieron determinan que la producción per cápita en la ciudad de Logroño es de 0.57kg/Hab al día, y que del 100% de los residuos el 77.21% corresponde a desechos orgánicos, el 6.82% a residuos del tipo papel y madera, 11.85% a desechos de metal y plástico, y para culminar el 4,06% corresponde a los desechos que no se encuentran en los porcentajes ya mencionados. Como conclusión obtuvieron que el sistema de recolección y transporte de sólidos en la ciudad de Logroño es deficiente, los trabajadores encargados de la gestión de los residuos no poseen el equipo adecuado de protección y que el vehículo implementado en la recolección de desechos no es apto para tal actividad.

El trabajo investigativo de (Conopoima Moreno, 2022), “LAS ISLAS DE PLASTICO SU VINCULACIÓN AMBIENTAL EN EL ECUADOR”, tiene como objetivo realizar una descripción sobre las islas conformadas por desechos plásticos y su vinculación con el área ambiental en el Ecuador, la metodología aplicada estuvo apoyada de una investigación de carácter documental, la cual como resultado reflejo la necesidad de concientizar a la población y a las entidades sobre la problemática ambiental presente. La autora concluye que la toma de decisiones ante las afectaciones de los desechos en los ambientes marinos debe tener prioridad, para de esta manera lograr mitigar el impacto ambiental causado por la contaminación de residuos plásticos que afectan a la fauna y flora marina.

El proyecto de titulación propuesto por (F. Lascano, 2008), denominado “GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS PARA POBLACIONES MENORES DE 30000 HABITANTES” tiene como objetivo facilitar en la toma de decisiones la construcción de un relleno sanitario manual junto con otras obras sanitarias básicas con el fin de elevar la calidad de vida de los habitantes y conservar el medio ambiente. La metodología implementada para el desarrollo de este trabajo de titulación consistió en la investigación para la recopilación de información, consideraciones en el diseño del relleno sanitario, trabajo de campo, tabulación de datos obtenidos y estudio de impacto ambiental. Los resultados obtenidos denotan que los volúmenes de producción de desechos varían según los hábitos y

costumbres de la ciudad, esto influye en la búsqueda de soluciones apropiadas y es fundamental que los funcionarios tengan conocimiento de las proyecciones futuras de los residuos sólidos. El autor concluye que el relleno sanitario es un elemento fundamental para la disposición final de los residuos sólidos y que se debe considerar como prioridad la ubicación estratégica para su implementación.

Asimismo, en el trabajo de tesis desarrollado por (Arrieta, 2017), cuyo título es “PROPUESTA DE POLÍTICAS INTEGRALES DE GESTIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO” tiene como objetivo principal realizar un análisis de las políticas sobre la gestión de residuos sólidos considerando el ámbito legal, político, económicos, de ordenanza territorial y las buenas prácticas ambientales. La metodología consistió en desarrollar un estudio descriptivo, exploratorio y cualitativo en fuentes fiables, también se realizó un análisis de las relaciones internacionales como convenios, tratados y normas relacionadas con la gestión de residuos sólidos. Como resultado de las comparaciones de las buenas prácticas ambientales empleadas en países como Argentina, Perú y Chile para la conservación ambiental internacional se propone las políticas integrales públicas con el fin de tener una mejor ordenanza. El autor concluye que, ante la problemática de agotamiento de recursos, calentamiento global, la implementación de políticas públicas son necesarias para el desarrollo sostenible de un estado.

La Provincia de Santa Elena cuenta con pocos estudios entorno a la gestión de residuos, pero se pueden destacar tres de ellos, los cuales se efectuaron como trabajos de titulación en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, el primero fue de (Navarrete Garcia y Cochea Tomala, 2013), “PROPUESTA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL Y MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, AÑO 2014”, este tiene como objetivo determinar el impacto del tratamiento adecuado de residuos en la contaminación ambiental, la metodología empleada se centró en un análisis cuantitativo y cualitativo, acompañado de la recopilación de información mediante entrevistas y encuestas realizadas a la

población involucrada, los resultados reflejan que en la provincia existen tres vertederos de basura, y hay proyectos para la implementación de uno más, además se destaca la importancia del manejo adecuado de residuos para frenar el impacto ambiental causado por el deficiente manejo. Como conclusión del trabajo de titulación los autores indican que parte de la población si realiza la gestión adecuada de los desechos, y en acompañamiento a esto se cree conveniente ejecutar un proyecto que abarque la implementación de una planta de manejo de residuos para darle un adecuado aprovechamiento a los desechos, destacan de igual manera que la acción del departamento de EMASA E.P. no cumple con las necesidades de la población para brindar un servicio de calidad.

El segundo proyecto de titulación fue propuesto por (Molina, 2012), con título “CREACIÓN DE UNA EMPRESA DE RECICLAJE QUE APORTE A LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA, AÑO 2013”, el objetivo de este trabajo es establecer una empresa de reciclaje que fomente la disminución de agentes contaminantes al medio ambiente, la metodología aplicada consistió en investigar los procesos que se realizan en el manejo de residuos y los efectos contaminantes que producen, para la obtención de información se usaron métodos, herramientas, técnicas como la utilización de encuestas y entrevistas, analizaron la viabilidad de la creación de la empresa y el apoyo social. Los resultados obtenidos de la observación destacan que la falta de control y manejo en el botadero de basura que se ubica en el kilómetro tres en la vía Santa Elena-Guayaquil no cumple con las condiciones para albergar un relleno sanitario, según datos de la encuesta el 98 % de los encuestados no practica el reciclaje debido a la falta de información y un 91% estuvieron de acuerdo con la creación de la empresa de reciclaje. Concluyeron que la falta de preocupación de las autoridades por el ámbito sanitario contribuye a que los ciudadanos apoyen a la creación de una empresa de reciclaje que ayude a disminuir los residuos sólidos fomentando la economía circular aprovechando los recursos.

El tercer proyecto de titulación fue presentado por (Santos Orrala y Chele Parrales, 2017), con el título “DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA UNA POBLACIÓN DE 5000 HABITANTES, QUE GENERAN 15 TON/DÍA DE

DESECHOS”, el objetivo de este trabajo fue efectuar el diseño de un relleno sanitario manual para una población de 5000 habitantes, considerando una vida útil de 15 años, analizando el medio ambiente y las características geológicas y geomecánicas para la adecuada disposición de los desechos, la metodología empleada consistió en una recopilación de información bibliográfica con la finalidad de sustentar la selección del tema, realizaron un estudio topográfico y determinaron las características geotécnicas óptimas a considerar en el proyecto, por último se realizó el diseño del relleno sanitario manual, los resultados obtenidos indican que la pendiente del terreno estará en un rango del 3%, la producción per cápita de residuos será de 0.316/kg/hab/día, el volumen anual compactado será de 1280.70m<sup>3</sup>/año y el área total requerida será de 243.33 m<sup>2</sup>, los autores concluyen que el área requerida para el diseño es de 2 hectáreas, la producción de desechos durante los años de diseño estimados generara un volumen de 24.465m<sup>3</sup> aproximadamente y que el diseño planteado brindará alternativas para mitigar los impactos ambientales generados por la inadecuada deposición de los desechos.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. Hipótesis General.**

El diseño integral de un sistema de manejo de residuos sólidos permitirá cumplir con los parámetros ambientales establecidos en la normativa vigente TULSMA, además podrá contribuir con aportaciones locales en el área económica y de la salud, impulsando la economía circular y fortaleciendo los sistemas actuales para el manejo de desechos.

#### **1.3.2. Hipótesis Específicas.**

**H.E1.:** La estimación de los desechos mediante los métodos de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta, nos permitirá obtener proyecciones confiables para la elaboración del diseño.

**H.E2.:** El diseño del sistema de tratamiento nos brindará un control adecuado de los desechos producidos.

**H.E3.:** La elaboración del plan de manejo ambiental regulará la disposición de los desechos sólidos en la cabecera cantonal de Santa Elena.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General.**

Diseñar la gestión integral de los residuos sólidos con su respectivo sistema de tratamiento, mediante la proyección y estimación de volúmenes, para la implementación de un adecuado sistema de manejo en la cabecera cantonal de la provincia de Santa Elena.

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

**O.E1.:** Determinar la producción de desechos en la cabecera cantonal y proyectarla a los años de diseño, mediante los métodos de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta.

**O.E2.:** Diseñar el sistema de tratamiento de residuos para la cabecera cantonal de la provincia de Santa Elena.

**O.E3.:** Elaborar el plan de manejo ambiental, para la gestión de los residuos producidos por los habitantes de la cabecera cantonal.

## **1.5. ALCANCE**

El presente trabajo de titulación se centra en el estudio y elaboración del sistema de tratamiento de residuos sólidos en la cabecera cantonal de Santa Elena-Ecuador, para lograr el adecuado aprovechamiento de los desechos, mitigar el impacto ambiental e impulsar la economía circular.

## **1.6. VARIABLES**

### **1.6.1. Variables Independiente.**

- Producción y tipo de desechos.
- Tratamiento de residuos.
- Regulaciones ambientales.

### **1.6.2. Variable Dependiente.**

- Diseño del sistema de tratamiento de residuos sólidos.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **2.1.1. Residuos**

Los residuos sólidos son productos que consume el ser humano y que con su consecuente uso se pueden descartar, estos se pueden tratar aplicando métodos de tratamiento que nos permitan reutilizarlos de una forma diferente a la original, mediante técnicas de gestión y reciclaje (Freire, 2015).

Las actividades comerciales consecuentes del urbanismo también producen residuos sólidos urbanos generados principalmente por establecimientos comerciales, hogares, industrias e instituciones, como embalajes de productos, recortes de césped, muebles, telas, botellas, restos de comida, papelería, electrodomésticos, pinturas y batería.

#### **2.1.2. Tipos de residuos sólidos**

Los residuos sólidos se clasifican principalmente en dos; residuos sólidos peligrosos y no peligrosos. La primera clasificación corresponde a los tipos de residuos que representan un riesgo al medio ambiente y a la vida debido a la presencia de propiedades corrosivas, tóxicas, inflamables, radioactivas o explosivas. En cambio, los residuos sólidos no peligrosos son aquellos que representan riesgos de menor intensidad y que son producto de las actividades humanas (Ordoñez y Reyes, 2022).

Los autores Jaime y Cotrina (2021) identifican los siguientes residuos sólidos peligrosos y sus efectos para la salud:

**Tabla 1** *Tipos de sustancias y sus efectos en la salud*

<b>TIPO DE SUSTANCIA / EMISIÓN</b>	<b>EFECTO POTENCIAL EN LA SALUD/ SÍNTOMAS</b>
<b>Ba</b>	Efectos tóxicos en el corazón, vasos sanguíneos y nervios.
<b>As</b>	Toxicidad crónica o aguda (por acumulación), pérdida de energía y fatiga, cirrosis, dermatitis.
<b>Compuestos orgánicos, benceno, hidrocarburos, insecticidas policíclicos, esteres fenolitos, As, Cr, dioxinas, Ni, cloro-vinilos.</b>	Cancerígenos
<b>Cr</b>	Tumores de pulmón
<b>Hg</b>	Mercurialismo, vómitos, náuseas, somnolencia, diarreas y hemorragias, afecciones a los riñones.
<b>Pb</b>	Anemia, convulsiones. Inflamaciones
<b>Compuestos orgánicos volátiles (VOC)</b>	Irritación ocular
<b>Material particulado, SO<sub>2</sub></b>	Bronquitis
<b>SO<sub>2</sub></b>	Irritación de garganta y pulmones, incremento de la susceptibilidad a contraer infecciones respiratorias
<b>NO<sub>2</sub></b>	Irritación pulmonar, asma
<b>CO</b>	Reducción de la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina en la sangre, daño neuronal
<b>Pb, Mn, CO</b>	Efectos en el sistema nervioso central
<b>Benceno, Cr, dioxinas, Pb, Hg, Hidrocarburos policíclicos</b>	Efectos en el sistema inmunológico y reproductivo
<b>Cloroformo</b>	Efectos en el hígado

*Nota:* Tomado de (Jaime y Cotrina, 2021)

### 2.1.3. Propiedades de los residuos sólidos

De acuerdo con Revelo (2019) se consideran las siguientes propiedades de los residuos sólidos:

**Tabla 2** *Propiedades de los residuos sólidos*

<b>Propiedades</b>	<b>Descripción</b>
<b>Físicas</b>	Las propiedades físicas son tamaño de la partícula, el contenido de la mezcla, la densidad, el volumen, contenido de humedad, compresibilidad y permeabilidad. La densidad principalmente es un parámetro muy importante, porque muestra la cantidad de residuos sólidos que pueden ser depositados sobre un volumen determinado.
<b>Químicas</b>	Determinan las acciones de compostaje, tratamientos de lixiviados y generación de recursos energéticos como biogás. Estas propiedades son cantidad de materia volátil, cenizas totales, porcentaje de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, poder calorífico, pH y relación carbono nitrógeno.
<b>Biológicas</b>	Las propiedades biológicas sirven para determinar los agentes patógenos y población microbiana con la finalidad de proporcionar el tratamiento y la disposición final a los desechos y de los lixiviados.
<b>Retracción y expansión</b>	Se debe tener en cuenta estas propiedades ya que se producen por los cambios de humedad en el suelo, es necesario agregar un mineral arcilloso para mantener esta humedad.
<b>Durabilidad</b>	Se refiere a la resistencia que tenga a procesos de erosión o absorción de carga por tráfico.

*Nota.* Tomado de Revelo (2019).

## 2.2. GENERACIÓN DE RESIDUOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

La investigación de Barradas (2009) indica que la generación de residuos en América Latina y el Caribe corresponde a una producción media per cápita de 0,92 kg/hab/día, que se traduce a una producción de 33 toneladas diaria de desechos. La tabla 3 presenta la cantidad de residuos sólidos por día y de residuos sólidos peligrosos al año de varios países latinoamericanos y de América central.

**Tabla 3** *Generación de residuos en América latina y el Caribe*

<b>País</b>	<b>Ciudad</b>	<b>RSU</b>	<b>RS Peligroso (kg/hab/año)</b>
<b>Argentina</b>	Buenos Aires	0,88	260
<b>Bolivia</b>	La Paz	0,51	60
<b>Brasil</b>	Río de Janeiro	1,00	340
<b>Colombia</b>	Bogotá	0,74	60
<b>Cuba</b>	La Habana	0,70	100
<b>Chile</b>	Santiago	0,87	210
<b>Ecuador</b>	Guayaquil	0,70	60
<b>Guatemala</b>	Guatemala	0,54	20
<b>México</b>	Monterrey	1,07	400
<b>Nicaragua</b>	Managua	0,60	60
<b>Paraguay</b>	Asunción	0,94	140
<b>Perú</b>	Lima	0,56	140
<b>Trinidad y Tobago</b>	Pto. España	1,20	230
<b>Uruguay</b>	Montevideo	0,90	300
<b>Venezuela</b>	Caracas	1,18	260

*Nota:* Tomado de (Barradas Rebolledo, 2009)

En esta tabla se aprecia que Trinidad y Tobago poseen la mayor producción per cápita de residuos sólidos urbanos con un valor del 1,20 kg/hab/día, mientras que, Bolivia, Guatemala y Perú presentan los valores más bajos de producción de residuos con 0,51, 0,54 y 0,56 kg/hab/día, respectivamente. Por su parte, Ecuador ocupa el décimo puesto con una producción total de 0,70 kg/hab/día, de los 15 países evaluados. En relación con la producción de residuos sólidos peligrosos anualmente, México lleva la delantera generando 400 kg/hab/año, seguido de Brasil y Uruguay con 340 y 300 kg/hab/año. En contraste, Guatemala, Ecuador, Bolivia, Colombia y Nicaragua generan alrededor de 20 y 60 kg/hab/año de estos residuos.

De acuerdo con los datos recolectados, América latina y el Caribe presentan altas tasas de producción de residuos sólidos urbanos, no obstante, es importante conocer la composición porcentual de esta producción, para tener una visión general de las actividades propias de cada país que inciden en las altas tasas de generación de residuos urbanos y las estrategias a emplear para la disposición de estos.

En relación con lo expuesto la tabla 4 recoge la composición porcentual en peso de los residuos sólidos urbanos de América Latina y el Caribe.

**Tabla 4** *Composición de los RSU en diversos países ( % en peso)*

<b>País</b>	<b>Papel y Cartón</b>	<b>Metal</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Textil</b>	<b>Plásticos</b>	<b>Orgánicos</b>	<b>Otros Inertes</b>
<b>Brasil</b>	25,0	4,0	3,0	-	3,0	-	65,0
<b>México</b>	20,0	3,2	8,2	4,2	6,1	43,0	15,3
<b>Costa Rica</b>	19,0	-	2,0	-	11,0	58,0	10,0
<b>El Salvador</b>	18,0	0,8	0,8	4,2	6,1	43,0	27,1
<b>Perú</b>	10,0	2,1	1,3	1,4	3,2	50,0	32,0
<b>Chile</b>	18,8	2,3	1,6	4,3	10,3	49,3	13,4
<b>Guatemala</b>	13,9	1,8	3,2	3,6	8,1	63,3	6,1
<b>Colombia</b>	18,3	1,6	4,6	3,8	14,2	52,3	5,2
<b>Uruguay</b>	8,0	7,0	4,0	-	13,0	56,0	12,0
<b>Bolivia</b>	6,2	2,3	3,5	3,4	4,3	59,5	20,8
<b>Ecuador</b>	10,5	1,6	2,2	-	4,5	71,4	9,8
<b>Paraguay</b>	10,2	1,3	3,5	1,2	4,2	56,6	23,0
<b>Argentina</b>	20,3	3,9	8,1	5,5	8,2	53,2	0,8
<b>Trinidad y Tobago</b>	20,0	10,0	10,0	7,0	20,0	27,0	6,0

*Nota:* Obtenido de (Barradas Rebolledo, 2009)

En una revisión general, Brasil es el país que genera más papel y cartón de los 15 países evaluados con un valor porcentual del 25%, Trinidad y Tobago es el país mayor generador de residuos de metales, vidrio y plástico con valores de 10,10 y 20 %, respectivamente. Por último, Ecuador es el país que genera mayor cantidad de residuos orgánicos con un total del 71,4 %, muy probablemente debido a las actividades agrícolas muy extendidas en el país, que son parte importante de su economía.

### 2.3. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

La gestión de los residuos sólidos es el conjunto de acciones que busca mitigar y minimizar los riesgos de salud en la población y la contaminación del ambiente, provocada por la acumulación de basura en las ciudades. Estas actividades resultan ineficientes en muchos países debido a factores políticos, socioeconómicos, culturales, de educación, infraestructura y tecnologías de innovación. Por ello, es importante que las entidades encargadas de la gestión de residuos diseñen e implementen instrumentos de política pública que involucren los aspectos antes mencionados, para mejorar la calidad de vida de la población, minimizar los efectos contaminantes al medio ambiente y recuperar los recursos de este (Macías Lam et al., 2018).

Marca y Pozo (2021) establecen un modelo de gestión integral de residuos, basado en el principio de jerarquía que ayuda a visualizar de manera global las soluciones favorables y desfavorables a considerar para la gestión de los residuos sólidos. Como se evidencia en la figura la prevención y minimización son las soluciones más favorables y las más complejas a implementar para la gestión de residuos, puesto que, requiere de la disposición de la población para aprender y comprender la importancia de la generación de desechos consciente y amigable con el ambiente.

**Figura 1** Soluciones de la gestión de residuos



*Nota:* Obtenido de (Marca Zúñiga y Pozo Guerrero, 2021)

## **2.4. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Nájera, (2012) define al manejo de los residuos sólidos como la disciplina encargada del control de las actividades de generación, almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, procesamiento y disposición final de residuos sólidos en base a los principios de salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y otras consideraciones. Vesco (2006) sugiere que el manejo adecuado de residuos sólidos se logra cumpliendo los siguientes cuatro subsistemas:

### **2.4.1. Generación**

La generación de residuos la hace cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo.

### **2.4.2. Transporte:**

Es el agente encargado de movilizar el residuo. A su vez, puede convertirse en un generador de residuos, si el transportista derrama su carga.

### **2.4.3. Tratamiento y disposición**

Es la aplicación de técnicas y tecnologías para el correcto tratamiento de los residuos ordinarios y especiales que minimice los impactos negativos en el ambiente y los riesgos en la salud. Un método de disposición de residuos muy empleado es el relleno sanitario.

### **2.4.4. Control y supervisión**

Este subsistema es muy importante para llevar a cabo de manera eficiente el transporte, el tratamiento y disposición de residuos sólidos. Para tal fin, es importante que existan las políticas públicas que apoyen e incentiven la reducción de la generación de residuos sólidos, el reciclaje y estimulen la adopción de tecnologías limpias. Además, es importante contar con la planificación, diseño y utilización de tecnologías y prácticas apropiadas para ser fuente de beneficio social y económico a través de la creación de nuevas oportunidades de empleo local y de generación de ingreso por la venta de materiales usados, ahorro de energía por el reprocesamiento de materiales reutilizables segregados de los desechos, y la prevención de costos generados por la degradación ambiental, la seguridad y la asistencia médica de personas contaminadas (Vesco, 2006).

## 2.5. IMPACTOS DEL INADECUADO MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los efectos en la *salud* se ven representados por el desencadenamiento de enfermedades como el dengue, la leptospirosis, el parasitismo e infecciones en la piel, causadas principalmente por el acumulamiento de basura que se convierten en depósitos de insectos y roedores. En adición, la quema de basura a cielo abierto ocasiona enfermedades en las vías respiratorias, incluso llegando a producir cáncer.

El *medio ambiente también* se ve afectado, puesto que, existe una distorsión en el paisaje, además de la emisión de sustancias tóxicas que contaminan el ambiente. El suelo contaminado no permite el crecimiento de nuevas especies de plantas, lo que a largo plazo limita la capacidad alimentaria, la contaminación de fuentes de agua naturales limita el recurso hídrico esencial para el consumo del hombre, la contaminación del aire se ve reflejada en la emisión de malos olores y humos perjudiciales para la salud del hombre (Machaca, 2021).

El *aire* se contamina cuando los incendios se producen, el humo afecta la visibilidad y provoca irritaciones nasales, así también, se suman las afectaciones pulmonares por los malos olores generados durante la descomposición bajo condiciones predominantemente anaerobias, de la materia orgánica presente.

La contaminación de las *aguas* tanto superficiales como subterráneas es la afectación más seria y menos reconocida por el vertido de la basura al suelo, ocurre por el proceso de formación de un líquido llamado lixiviado, el cual se produce durante la descomposición de los desechos y por efecto del paso del agua de lluvia a través de ellos.

Los *lixiviados* provienen de desechos muy heterogéneos en composición y arrastran todo tipo de contaminantes, muchos de ellos en concentraciones elevadas, por lo que es catalogado como uno de los más complejos y difíciles de tratar, al contener contaminantes orgánicos e inorgánicos incluyendo ácidos húmicos, nitrógeno amoniacal y metales pesados, hasta sales inorgánicas (Nájera Aguilar, 2012).

## **2.6. LA EDUCACIÓN Y LA CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS.**

En el tema de los residuos, sobre todo domésticos, la sensibilización debe jugar un papel importante. Se trata de percibir valores ligados a la conservación de los recursos, cuidado del medio ambiente y de cambiar las actitudes de la población, partiendo desde los hogares.

Las técnicas usadas para diseminar la información e informar al público son muchas y variadas, pero el tema sobresaliente es asegurarse de involucrar a la comunidad en el proceso de toma de decisiones, consistencia en el cuerpo de apoyo y la inclusión de los grupos de oposición en las reuniones. La consulta y participación ciudadanas tendrá éxito si el público es informado tempranamente, si la información es sencilla, si el público tiene la oportunidad de recibir respuestas, si las decisiones finales se basan en las opiniones recabadas y si la información reconoce los elementos socioculturales (Barradas Rebolledo, 2009).

## **2.7. RELLENOS SANITARIOS: UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL MANEJO ADECUADO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

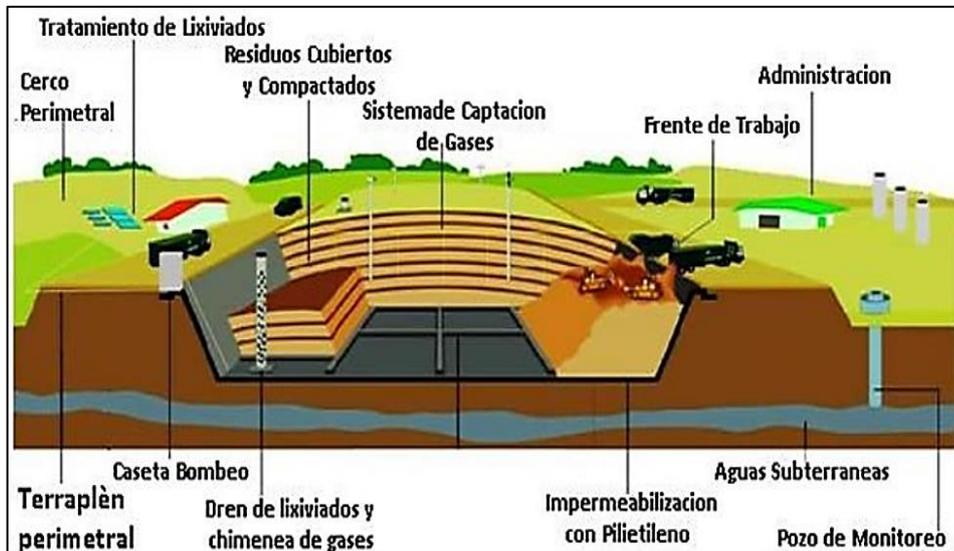
De acuerdo con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA (2003) el relleno sanitario es una técnica que utiliza principios de ingeniería para la disposición de los desechos sólidos en el suelo sin representar un peligro para el medio ambiente, la salud y la seguridad pública

El relleno sanitario consta de instalaciones especialmente diseñadas para no perjudicar el ambiente durante su operación o después de su clausura. Este método confina la basura en un área lo más estrecha posible, compactándola para reducir su volumen y cubriéndola con capas de suelo diariamente (Torri, 2017).

La sostenibilidad del relleno sanitario se sustenta en la correcta asimilación de los residuos sólidos en el ambiente donde se planifica la instalación del gestor de desechos. Es decir, las condiciones del ambiente deben favorecer a la degradación de los residuos sólidos y la generación de biogás, incluso, cuando no se hayan empleado técnicas de tratamiento, porque, a largo plazo es inevitable impedir la fuga de los efectos de la degradación de los residuos sólidos como el

líquido percolado. Por lo tanto, es crucial la selección del sitio de implementación, el diseño, las técnicas constructivas y la elaboración de un plan de manejo para lograr sostenibilidad en la gestión de los residuos sólidos (Barradas, 2009).

**Figura 2** *Relleno Sanitario*



*Nota:* Tomado de (Ordoñez y Reyes, 2022)

## 2.8. TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS

(Tobar Herrera, 2008), menciona que existen tres tipos de rellenos sanitarios; mecanizados, semi-mecanizado y manuales, la selección de estos depende de la técnica constructiva y la cantidad de residuos sólidos que se producen por día.

### 2.8.1. Relleno Sanitario Mecanizado

Este tipo de relleno sanitario se implementa en las grandes ciudades donde la producción de desechos sólidos es mayor a 50 toneladas por día, es un proyecto bastante complejo en el cual se requiere el uso de maquinaria especializada como tractor de orugas, cargador frontal, volquete, motoniveladoras, etc. Para el cumplimiento de los trabajos diarios de esparcido, compactación, suministro de tierra para cobertura y cubrimiento de los residuos (Sanchez y Perez, 2021).

**Figura 3** *Relleno sanitario mecanizado*



*Nota:* Tomado de (Sanchez y Perez, 2021)

### 2.8.2. Relleno sanitario semi-mecanizado

Es utilizado cuando la producción de residuos se encuentra entre más de seis toneladas hasta las cincuenta toneladas por día. La característica principal de este tipo de relleno es que permite emplear el uso maquinaria pesada que tenga como finalidad apoyar el trabajo manual, la maquinaria soporta las siguientes operaciones diarias como el esparcido, compactación y cubrimiento de los residuos sólidos se realiza empleando equipo mecánico como tractor de orugas, cargador frontal sobre neumáticos entre otros (Sanchez y Perez, 2021).

**Figura 4** *Relleno sanitario semimecanizado*



*Nota:* Tomado de (Sanchez y Perez, 2021)

### 2.8.3. Relleno sanitario manual

Es un pequeño relleno utilizado en áreas poblacionales pequeñas donde se producen hasta 6 toneladas al día, y en el cual el confinamiento de residuos puede ser ejecutado por personas con ayuda de pequeñas herramientas. La característica principal de este tipo de relleno, es que las operaciones diarias tales como el esparcido, compactación y cubrimiento de los residuos se realizan por operarios que utilizan herramientas simples como rastrillos, lampas, carretillas, picos, rodillo de compactación manual, entre otros. Además, esta técnica solo requiere maquinaria pesada para realizar la adecuación del lugar como la excavación de zanjas, extracción del material de cobertura, la construcción de las vías y las áreas adicionales que requerirá el relleno sanitario manual (Sanchez y Perez, 2021).

**Figura 5** Relleno sanitario Manual



*Nota:* Tomado de (Sanchez y Perez, 2021)

## 2.9. RELLENO SANITARIO: VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ulloa, (2006) en su reporte científico “Los rellenos sanitarios” expresa las siguientes ventajas de esta técnica:

- Brinda la oportunidad de recuperar áreas ambientalmente degradadas por la minería o explotación de canteras, así como de terrenos considerados improductivos o marginales.
- Su ejecución demanda baja inversión de capital en comparación a otros métodos de tratamiento.

- Son fuentes generadoras de empleo de mano de obra no calificada.
- Brindan flexibilidad para recibir cantidades adicionales de desechos y la posibilidad de utilizar el gas metano producido como fuente alternativa de energía.

Garrido (2014)expone las siguientes desventajas de la implementación de un relleno sanitario.

- El rápido proceso de urbanización 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.
- 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.

## 2.10. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS QUE SE PUEDEN TRATAR EN UN RELLENO SANITARIO

Barradas (2009) clasifica a los sólidos urbanos tratables en un relleno sanitario, en dos categorías. En el primer grupo se encuentran los residuos sólidos urbanos de disposición normal, que, son aquellos que se producen diariamente por las actividades propias de la urbe. La otra valoración corresponde a los residuos de disposición especial, en esta categorización se encuentran aquellos desechos que requieran algún tratamiento más específico. La tabla 5 resume la clasificación expuesta en líneas anteriores.

**Tabla 5** *Residuos sólidos que se pueden tratar en un relleno sanitario*

<b>Disposición Normal</b>	<b>Disposición Especial</b>
<b>Domiciliarios</b>	Hospitalarios, sólo cuando no sea posible su tratamiento específico
<b>Comerciales (cartón, papel)</b>	Alimentos decomisados en malas condiciones
<b>De establecimientos mercantiles</b>	Procedentes de mataderos
<b>Procedentes de limpieza viaria, zonas verdes y zonas recreativas (tierras, papeles, hojas, ramas, etc.)</b>	Animales muertos
<b>De construcción y obras menores de reparación domiciliaria (escombros)</b>	Lodos procedentes de plantas depuradoras de aguas residuales que no sean tóxicos ni peligrosos
<b>Muebles y enseres inútiles (lavadoras, frigoríficos, etc.)</b>	Lodos procedentes de plantas potabilizadoras

*Nota:* Tomado de Barradas (2009)

## **2.11. EFECTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RELLENO SANITARIO**

De acuerdo con Jaramillo (2002) las reacciones que se generan en los rellenos sanitarios se clasifican en dos grandes grupos, el primer grupo lo componen las reacciones producto de los cambios físicos, químicos y biológicos de los residuos sólidos al ser confinados en el relleno sanitario. En cambio, el segundo grupo está integrado por las reacciones producidas por la descomposición y desintegración de materia orgánica produciendo líquidos lixiviados y gases.

### ***2.11.1. Efectos de los cambios físicos, químicos y biológicos de los residuos.***

Los *cambios físicos* más relevantes que se producen en el relleno sanitario son el movimiento de los gases o biogases, el movimiento de líquidos y los asentamientos diferenciales producto de la compactación y descomposición de los residuos. En el primer caso, el inadecuado flujo de los gases ocasiona el incremento de la presión interna produciendo fisuras y agrietamientos en la cubierta lo que favorece a la infiltración de líquidos del exterior como el agua lluvia y la generación de gases y lixiviados. Como consecuencia de estas infiltraciones se alteran las propiedades del relleno sanitario provocando asentamientos diferenciales debido a cambios en el volumen del relleno. Además, de desestabilizar los taludes de terraplenes

Los *cambios químicos* se deben principalmente a las reacciones químicas que ocurren dentro del relleno sanitario como la disolución y suspensión de materiales y productos de conversión biológica en los líquidos, la descomposición de compuestos orgánicos y las reacciones de óxido-reducción en metales y sales metálicas.

Los *cambios biológicos* producidos en un relleno sanitario son producto de la acción de microorganismos aerobios y anaerobios en los residuos sólidos. De este modo, ante la presencia de oxígeno el proceso de descomposición empieza con la presencia del oxígeno (fase aerobia), cuando los residuos son cubiertos el oxígeno empieza a ser consumido por la actividad biológica. Luego de ser consumido, continúa la descomposición en la fase anaerobia en ausencia de oxígeno, fase en la que la materia orgánica se transforma en bióxido de carbono, metano y cantidades traza de amoníaco y ácido sulfhídrico.

### 2.11.2. Efectos en la producción de líquidos y gases

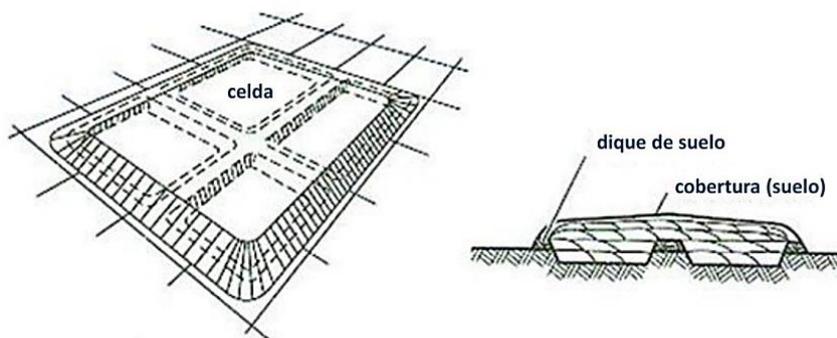
La descomposición de los residuos sólidos provoca la generación de líquidos conocidos como *lixiviados* que se caracterizan por ser de color negro y malolientes. La infiltración del agua lluvia produce un incremento en el volumen en una proporción mucho mayor de la que produce la misma humedad de los residuos sólidos, es importante tomar medidas correctivas para evitar problemas en la operación del relleno y contaminación en las corrientes y nacimientos de agua y pozos vecinos. En la fase anaerobia, en cambio, se producen cambios apreciables de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), así como trazas de gases de olor punzante, como el ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y mercaptanos.

## 2.12. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA EL RELLENO SANITARIO

### 2.12.1. Método de Trinchera o Zanja

El método de trinchera o zanja consiste en excavar zanjas de dos o tres metros de profundidad periódicamente con máquinas como retroexcavadoras o tractores oruga. La tierra extraída es colocada a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura, posteriormente, los residuos sólidos se depositan sobre un talud inclinado de la trinchera donde se acomodan y luego son compactados en capas hasta formar una celda que después es recubierta con el material de cobertura, este procedimiento se repite al menos una vez por día (Soriano Bonilla, 2007).

**Figura 6** Método de trinchera o zanja

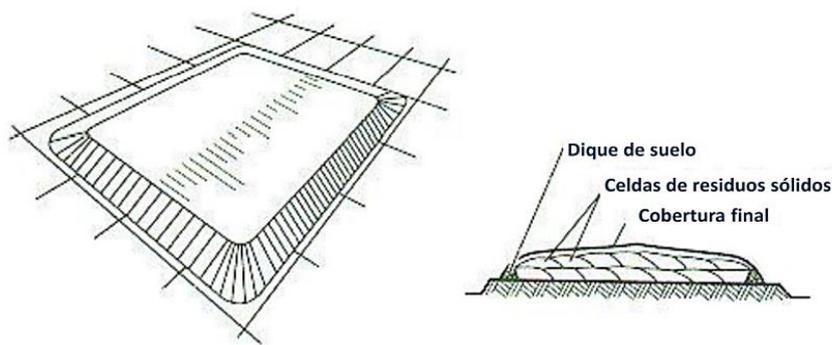


*Nota:* Tomado de (Torri, 2017)

### 2.12.2. Método de Área

El método de área es empleado en terrenos planos, canteras abandonas o para rellenar depresiones. El proceso de operación de este relleno sanitario consiste en depositar los residuos sólidos en el suelo cuando se trabaja en un terreno plano, sin embargo, cuando el terreno presenta depresiones, los residuos son depositados en los niveles más profundos hacia los más altos, luego, se compactan adecuadamente los residuos y después se recubren diariamente con un material de cobertura que es transportada desde laderas o montañas, con capas de 10 a 20 cm de tierra (F. P. Lascano, 2007).

**Figura 7** Método de área

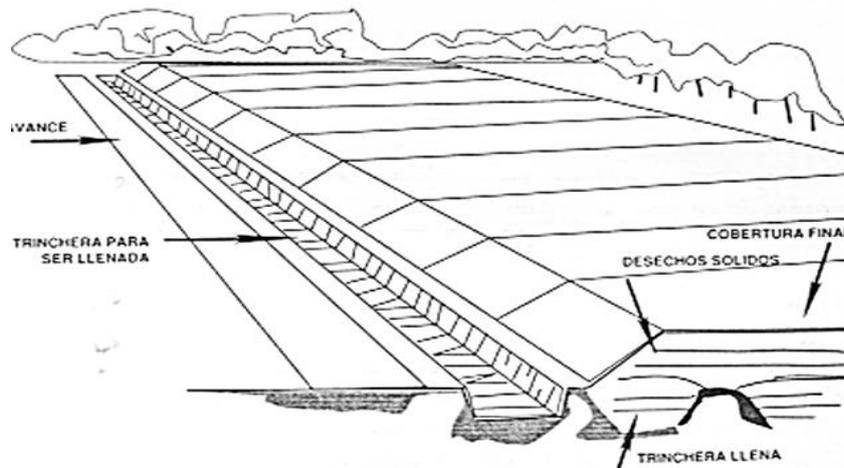


Nota: Tomado de (Torri, 2017)

### 2.12.3. Método Combinado

Este método es empleado cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio son apropiadas para la construcción del relleno sanitario. De este modo, es factible combinar el método de trinchera y el de área porque tienen técnicas similares de operación y son más eficientes. En este sentido, se puede iniciar con el método de trinchera y continuar con el método de área en la parte superior. A su vez, se puede iniciar excavando el material de cubierta en la base de la rampa y luego al formarse las trincheras emplear las técnicas de operación del método de trinchera (Soriano Bonilla, 2007).

**Figura 8 Método combinado**



*Nota:* Tomado de (Soriano Bonilla, 2007)

## **2.13. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE RELLENOS SANITARIOS**

El diseño de un relleno sanitario debe incluir la delimitación del área total del sitio, método constructivo, origen de tierra de cobertura y disposición de obras de infraestructura, memorias de cálculo de la vida útil, uso futuro y costo del proyecto (Pérez Alcívar, 2019). Sin embargo, el alcance de este proyecto no abarcará presupuestos ni costos de implementación.

### **2.13.1. Características del Terreno**

Los suelos adecuados para la implementación de un relleno sanitario son los suelos areno-limo-arcillosos, los limo-arcillosos y los catalogados como arcillo-limosos debido a que el contenido de arcilla favorecerá a la contención de líquidos percolados (Pérez Alcívar, 2019; Soriano Bonilla, 2007).

La permeabilidad del suelo es un indicador de la facilidad con la que el agua atraviesa los espacios intersticiales del suelo, este parámetro es muy importante porque permite conocer la velocidad de infiltración del líquido percolado o lixiviado y las soluciones ingenieriles a implementar para mitigar la contaminación de las aguas subterráneas (Pérez Alcívar, 2019).

Con relación al parámetro de la profundidad del nivel freático, se preferirán los sitios con el nivel de aguas a más de un metro de profundidad durante todo el año, evitando rotundamente los terrenos que poseen un nivel freático inferior a un metro o que debido a las condiciones climáticas pasan inundados la mayor parte del año (Pérez Alcívar, 2019).

La disponibilidad del material de cobertura dependerá de la topografía del terreno. De modo que, los terrenos planos, con un suelo limo-arcilloso y con un nivel freático a una profundidad mayor a un metro, son ideales para la extracción de material de cobertura. Por el contrario, si el terreno es arenoso y con el nivel freático inferior a un metro, el material de cobertura se deberá acarrear desde otro sitio, además, para evitar la contaminación del agua subterránea se deberá impermeabilizar el terreno. En cambio, los terrenos ondulados también son excelentes porque se puede nivelar el terreno extrayendo cortes de las laderas (Pérez Alcívar, 2019).

#### **2.13.1.1. *Clima***

Los factores ambientales climáticos como las precipitaciones, la evaporación, la temperatura y la dirección del viento son los agentes de mayor incidencia en los efectos de la degradación de los residuos sólidos como la generación de biogás y los lixiviados. Por lo tanto, es importante que el diseño del relleno sanitario considere los agentes ambientales del sitio para proponer soluciones ingenieriles a cualquier problemática que se requiera (Pérez Alcívar, 2019).

#### **2.13.2. Demografía**

##### **2.13.2.1. *Proyección de la Población***

Dado que, la producción de residuos urbanos es producto de las actividades comerciales, industriales, domesticas, hospitalarias, etc., es de suma importancia estimar la población a futuro para conocer una estimación de la cantidad de residuos sólidos que deberán tratarse durante el período de diseño. Existen varios métodos para obtener la proyección de la población como los métodos matemáticos, el crecimiento geométrico, aritmético (Pérez Alcívar, 2019).

### **2.13.3. Generación de Residuos Sólidos**

#### **2.13.3.1. Producción per cápita**

La generación per cápita es la razón de los residuos sólidos obtenidos durante una semana entre la población total multiplicada por los siete días de la semana en los que fueron recolectados los residuos sólidos y un valor porcentual de cobertura del servicio (Causa Mamani, 2019; Pérez Alcívar, 2019). La ecuación 1 presenta la fórmula para obtener la producción per cápita de residuos sólidos.

#### **Ecuación 1**

*Producción per cápita*

$$PPC = \frac{DSr}{Pob \times 7 \times C}$$

Donde:

*PPC* = Producción por habitante por día (kg/hab/día)

*DSr* = Cantidad de residuos sólidos urbanos recolectados en una semana (kg/sem)

*Pob* = Población total (hab)

*C* = Cobertura del servicio de aseo urbano (%)

#### **2.13.3.2. Producción total**

En Lugar determinado para saber la cantidad de habitante lo encontramos publicada en el Instituto Nacional de Estadística (INEC), estos datos son utilizados por Instituciones Públicas y/o privadas para realizar un estudio. Mediante este método, se puede determinar el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de ésta. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el usado para el método aritmético (Causa, 2019).

#### **2.13.3.3. Producción total a futuro**

Se emplea la fórmula expuesta en la ecuación 2, para proyectar la producción de residuos sólidos a futuro (Pérez Alcívar, 2019).

## Ecuación 2

*Producción total de residuos sólidos a futuro*

$$CRD = Pob \times PPC$$

Donde:

*CRD*= Cantidad de residuos sólidos producidos (kg /día)

*Pob* = Población área urbana (hab.)

*PPC* = Producción per cápita (kg/hab-día)

### 2.13.3.4. *Densidad de los Residuos Sólidos*

De acuerdo con Perez y Rojas (2016) para dimensionar el volumen del relleno sanitario y la celda diaria es necesario conocer la densidad de los residuos sólidos, para tal fin, el autor sugiere emplear los siguientes criterios para estimar su densidad.

**Tabla 6** *Densidad estimada de los residuos sólidos*

<b>Cálculo</b>	<b>Densidad estimada (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Condición</b>
Volumen del Relleno Sanitario	400 – 500	Residuos sólidos compactados
Celda diaria	500 – 600	Residuos sólidos estabilizados

*Nota:* Tomado de (Perez y Rojas, 2016)

La compactación y estabilización homogénea inciden directamente en la vida útil del relleno sanitario, además, con las técnicas de reciclaje, la descomposición de materia orgánica y el peso propio de las celdas superiores generan un aumento en la densidad de los residuos sólidos (Pérez Alcívar, 2019).

### 2.13.3.5. *Cálculo del Volumen Requerido*

El volumen del relleno sanitario depende de tres parámetros esenciales; la cantidad y densidad de los residuos sólidos y el material de cobertura. El primer parámetro está relacionado con la producción diaria y recolección de residuos, el segundo, se refiere a la densidad alcanzada al concluir los procesos de estabilización

y finalmente el material de cobertura que se recomienda sea entre el 20 y 25% del volumen de residuos sólidos estabilizados (Perez y Rojas, 2016)

#### **2.13.3.6. Volumen diario de Residuos Sólidos**

El volumen diario de residuos sólidos es el resultado de la relación entre la cantidad de residuos sólidos que se disponen en un día expresado en las unidades m<sup>3</sup>/día y el valor de la densidad compactada y estabilizada (Perez y Rojas, 2016). La ecuación 3, expone a detalle el cálculo del volumen diario.

#### **Ecuación 3**

*Volumen diario de residuos sólidos*

$$V_{diario} = \frac{CRS}{DRS}$$

Donde:

*CRS* = Cantidad de residuos producidos en un día

*DRS* = Densidad de residuos sólidos recién compactados y estabilizados

#### **2.13.3.7. Volumen anual de Residuos Sólidos**

El volumen anual de residuos sólidos es el producto del volumen diario por los 365 días del año, como se muestra en la ecuación 4.

#### **Ecuación 4**

*Volumen anual de residuos sólidos*

$$V_{anual} = V_{diario} \times 365$$

Donde:

*V<sub>anual</sub>* = Volumen anual de residuos sólidos

*V<sub>diario</sub>* = Volumen diarios de residuos sólidos

365 = días del año

#### 2.13.4. Volumen del Relleno Sanitario

El volumen del relleno sanitario para el primer año de funcionamiento se obtiene al multiplicar el volumen anual de residuos sólidos expresado en m<sup>3</sup>/año por un factor de material de cobertura, que, por lo general oscila entre 1, 2 y 1,25, como se muestra en la ecuación 5.

#### Ecuación 5

*Volumen del relleno sanitario*

$$VRS = V_{anual} \times Fmc$$

Donde:

*VRS* = Volumen de Relleno Sanitario

*V<sub>anual</sub>* = Volumen anual de residuos sólidos

*Fmc* = Factor de material de cobertura

#### 2.13.5. Volumen del relleno sanitario durante su vida útil

Dependiendo de los años de vida de útil con los que se diseñe el relleno sanitario se obtendrá el volumen total acumulado, que, corresponde al volumen que se ocupará durante toda la vida útil del relleno sanitario como se expresa en la ecuación 6.

#### Ecuación 6

*Volumen del relleno sanitario durante su vida útil*

$$VRSvu = \sum_{i=1}^n VRS$$

*VRSvu* = Volumen del relleno sanitario durante su vida útil (m<sup>3</sup>)

*n* = número de años

### **2.13.6. Área Requerida para la construcción del relleno sanitario**

El área requerida para la construcción del relleno sanitario depende principalmente del área que ocupan los residuos sólidos, la cantidad del material de cobertura, la capacidad volumétrica del terreno y la disposición de áreas adicionales para obras complementarias. En relación con lo expuesto el área requerida de construcción se tomará igual al valor del área de residuos sólidos disponibles, como se muestra en la ecuación 7.

#### **Ecuación 7**

*Área requerida para la construcción del relleno sanitario*

$$A_{RS} = \frac{VRS}{h}$$

Donde:

$A_{RS}$  = Área de residuos sólidos (m<sup>2</sup>)

$VRS$  = Volumen de residuos sólidos (m<sup>3</sup>/año)

$h$  = altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

### **2.13.7. Área total requerida para construcción del relleno sanitario**

El área total requerida es un valor que se obtiene al multiplicar el área total requerida obtenida en el parámetro anterior por un factor de aumento, que, se considera para considerar espacios adicionales. Este factor se considera entre el 20 y 40 % del área a rellenar. La ecuación 8, expresa el cálculo a realizar a detalle.

#### **Ecuación 8**

*Área total requerida para la construcción del relleno sanitario*

$$A_{TOTAL} = A_{RS} \times F$$

Donde:

$A_{TOTAL}$  = Área total requerida en (m<sup>2</sup>)

$A_{RS}$  = Área de Residuos Sólidos

$F$  = Factor de aumento (20 y 40%)

### **2.13.8. Diseño de la Celda tipo**

La celda es la unidad básica para la construcción del relleno sanitario, es un pequeño bloque en el que se recogen los residuos sólidos producidos por día, en conjunto con la tierra o material recubrimiento. Su propósito es evitar la salida de lixiviados, combustiones internas, malos olores y propagación de insectos. Las dimensiones de la celda y la cantidad de residuos sólidos recolectados por día determinarán el avance diario de las actividades de operación del relleno sanitario Pullay y Andrade (2022).

#### **2.13.8.1. Volumen de Celda diaria**

El volumen de la celda diaria del relleno sanitario se puede calcular con la expresión de la ecuación 9, que se expone a continuación Pullay y Andrade (2022).

#### **Ecuación 9**

*Volumen de celda diaria*

$$V_c = \frac{CRS}{DRS} \times Fm.c$$

Donde:

$V_c$  = Volumen de celda diaria ( $m^3$ )

$CRS$  = Cantidad de residuos sólidos producidos por día

$DRS$  = Densidad de residuos sólidos recién compactados ( $500 \text{ kg}/m^3$ )

$Fm.c$  = Material de cobertura (20 – 25%)

#### **2.13.8.2. Área de la Celda**

El área de la celda diaria se calcula siguiendo la expresión matemática que se presenta en la ecuación 10. Pullay y Mendoza (2022) para una mejor compactación recomiendan la altura de celda de 1 a 1,5 metros.

### **Ecuación 10.**

*Área de la Celda*

$$Ac = \frac{Vc}{hc}$$

Donde:

$Vc$  = Volumen de la celda (m<sup>3</sup>)

$Ac$  = Área de la celda (m<sup>2</sup>)

$hc$  = Altura de la celda (m)

#### **2.13.8.3. Largo o Avance de la celda**

El largo de la celda es la razón del área de la celda entre el ancho de la celda, que, debe ser superior a 6 metros, como se muestra en la ecuación 11. El ancho de la celda dependerá de la longitud de la cuchilla de la máquina de construcción, Pullay y Andrade (2022) recomiendan que sea de 2 a 2.5 veces el largo de la maquinaria.

### **Ecuación 11**

*Largo o Avance de la celda*

$$l = \frac{Ac}{\alpha}$$

Donde:

$l$  = Largo de la celda

$Ac$  = Área de la celda (m<sup>2</sup>/día)

$\alpha$  = Ancho de la celda (> 6 m)

#### **2.13.9. Lixiviados**

Pullay y Andrade (2022) definen a los lixiviados como la cantidad de agua en exceso que sobrepasa la capacidad de retención de humedad del suelo, este exceso está fuertemente relacionado con las condiciones climatológicas como las precipitaciones o la radiación solar, las propiedades del suelo, el diseño y las técnicas constructivas del relleno sanitario.

### **2.13.9.1. Caudal del lixiviado**

El caudal de los lixiviados depende de la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y la humedad generada por la descomposición de los residuos sólidos, para cuantificar este cálculo se emplea la fórmula descrita en la ecuación 12 (Pullay Morocho y Andrade Mendoza, 2022).

#### **Ecuación 12**

*Caudal del lixiviado*

$$Q = P \times A \times k \times \frac{1}{T}$$

Donde:

$Q$  = Caudal medio de lixiviado (m<sup>3</sup>/mes)

$P$  = Precipitación media anual de la zona a implementar el relleno sanitario (m/año)

$A$  = Área del relleno (m<sup>2</sup>)

### **2.13.9.2. Volumen de lixiviado**

El volumen del lixiviado puede calcularse a partir del buen drenaje de lixiviados y a través de la construcción de zanjas que permiten que el líquido se sumerja y consecuentemente se evapore. La ecuación 13, muestra el cálculo del volumen de lixiviados Pullay y Andrade (2022).

#### **Ecuación 13**

*Volumen del lixiviado*

$$V = Q \times t$$

Donde:

$V$  = Volumen de lixiviado almacenado (m<sup>3</sup>)

$Q$  = Caudal medio de lixiviado (m<sup>3</sup>/mes)

$t$  = Número máximo de meses con lluvias consecutivas (mes)

## **2.14. COMPOSTAJE**

Según (Vargas Pineda et al., 2019), el compostaje es una técnica aplicada de bajo costo, que se caracteriza por garantizar el aprovechamiento de los residuos orgánicos, permitiendo que estos vinculen sus componentes al suelo, para de esta manera mejorar sus condiciones fisicoquímicas y aumentar la productividad de las áreas donde se implemente esta técnica.

Generalmente el tiempo para la obtención del compost es variado, este puede ser desde 1 a 6 meses, esta variación estará en función de parámetros como: Temperatura, humedad, aireación y tamaño de los residuos (Unidad administrativa especial de servicios públicos-UAESP, 2014). Considerando la producción de desechos orgánicos, y tomando como criterio la variación de estos, se puede emplear un sistema abierto o en pila, este sistema se caracteriza por estar a cielo abierto y su funcionamiento consiste en ubicar los sustratos a compostar en montones, estos según el sistema planteado tendrán su respectivo lugar de ubicación y contará con medidas específicas.

## **2.15. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El plan de manejo ambiental es un grupo de actividades detalladas, que previo a un análisis ambiental busca prevenir, corregir y compensar las afectaciones ambientales generadas en el entorno por la implementación de un proyecto civil. Incluye planes de monitoreo, contingencia y abandono de obra.

## **2.16. ECONOMIA CIRCULAR**

La economía circular se la define como una tendencia actualizada que reduce, reutiliza y recicla productos que una vez acabado su uso pueden reutilizarse y dan privilegio al medio ambiente (Ortíz-Palomino y Fernández-Bedoya, 2021). La economía circular y el comercio internacional se han explorado muy poco, por lo que esta se plantea como un modelo que logre alcanzar con varios objetivos de desarrollo sostenible. Algunas políticas europeas recientemente se han visto adaptadas a América latina. Sin embargo, con la prohibición de china en 2018 a la importación de desechos sólidos ha generado repercusiones a los países a nivel ambiental por lo que se requiere tomar la económica circular a nivel internacional para tener un enfoque global que permita promover el uso de este método tan eficaz al nivel económico, ambiental y social (Mulder y Albaladejo, 2020).

Para el correcto manejo de los desechos y su respectivo aprovechamiento se crearon diversas reglas de control, entre las que se destaca la regla de las 5 erres, esta consiste en un conjunto de acciones para aplicar el reciclaje de objetos o desechos que han cumplido con su función y que pueden volver a usarse, estas son: Reciclar, Reducir, Reutilizar, Recuperar, Reparar (Twenergy, 2020).

En la Figura 9 se detalla el ciclo biológico y el ciclo técnico de los residuos mediante la implementación del sistema de economía circular (Prieto-Sandoval et al., 2017).

**Figura 9** *Ciclo de economía circular*



*Nota: Tomado de Prieto-Sandoval et al., 2017*

## **2.17. MARCO LEGAL**

En esta sección se tratarán normativas y leyes que regulan el bienestar y la salud pública como prioridad para el buen vivir. La construcción de un relleno sanitario no solo involucra un gran cambio en el paisaje, también incluye varios parámetros regulados por los organismos públicos, cuya finalidad es garantizar que los proyectos se ejecuten de manera correcta sin causar afectaciones en el medio ambiente. Las leyes y derechos no solo están ligados a los mandatos dictaminados por el gobierno de cada nación, también existen normas internacionales que se deben cumplir para mantener relaciones pacíficas con otros países.

### **2.17.1. Normas Universales**

En la carta de las Naciones Unidas en el capítulo IX “Cooperación internacional económica y social” en el Artículo 55 literal b promueve la resolución de conflictos sanitarios y otros problemas conexos con la cooperación internacional (ONU, 1945).

En el pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales el artículo 12 establece que las personas deben disfrutar de su salud física y mental, para garantizarlo se deben adoptar un mejoramiento de la higiene del trabajo y medio ambiente (ONU, 1976).

En el convenio de Basilea sobre el control de desechos y su eliminación en el art. 4 se propone: La reducción de la generación de residuos peligrosos y otros desechos considerando aspectos económicos, sociales y tecnológicos; tener en cuenta que las personas ayuden en el manejo de los residuos y que adopten medidas preventivas que eviten la contaminación, y en caso de que esta ocurra reducirla para evitar consecuencias en la salud humana y el ambiente (ONU , 2004).

### **2.17.2. Constitución de la república del Ecuador 2008.**

La constitución es la ley suprema a la que esta impuesta la legislación ecuatoriana donde se redactan las normas que protegen los derechos y obligaciones de los ciudadanos así mismo como las instituciones públicas y privadas del estado (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008).

En la sección de derechos en el segundo capítulo “Derechos del buen vivir” en la segunda sección de “Ambiente sano” se expone:

Art 15.- Se promueve el uso de métodos innovadores y tecnológicos ambientalmente limpios tanto en sectores públicos como privados, para disminuir los impactos ambientales.

En el titulo VII “régimen del buen vivir” el capítulo segundo “Biodiversidad y recursos naturales” en la primera sección “Naturaleza y ambiente” se establece el siguiente principio ambiental:

Art 397.- Si existen daños en el medio ambiente el estado deberá actuar y garantizar la restauración de este, y responder por la salud de los ciudadanos. El estado sancionará al operador causante de los daños con condiciones y obligaciones que ayuden a la recuperación. Para garantizar un ambiente sano se emite:

El establecimiento de mecanismos de control y prevención de la contaminación del medio ambiente y manejo de recursos para su mayor aprovechamiento.

La regulación de materiales tóxicos y peligrosos que son dañinos para la salud de los ciudadanos.

El establecimiento de un sistema para la gestión de residuos que se base en la eficiencia e inmediatez de resultados.

En el título V “organización territorial del estado” cuarto capítulo “Régimen de competencias” se establece:

Art. 264.- Los gobiernos municipales deben prestar los servicios públicos para el control y manejo de residuos sólidos, con el fin de realizar el saneamiento del medio ambiente y todos los que dicte la ley.

### **2.17.3. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.**

El COOTAD “Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización” insta la organización política y administrativa en Ecuador para garantizar autonomía financiera para la compensación del desequilibrio en el desarrollo territorial (Naciones Unidas, 2011).

Art. 55.- Es de suma competencia que los gobiernos autónomos descentralizados aporten con servicios para el manejo de residuos sólidos, como se decreta en la constitución de la república del Ecuador.

Art. 136.- El decreto de la constitución sobre la protección y defensa del medio ambiente y la responsabilidad de los ciudadanos con su preservación, establece que se utilizará un sistema que procure la defensa del medio ambiente y la naturaleza. Para la ejecución de proyectos se emitirá una licencia ambiental por parte de la autoridad nacional ambiental, en caso de que un municipio ejecute obras que requieran licencia ambiental, estas no podrán ser otorgadas por esta entidad, sino que deberán ser emitidas por el gobierno provincial.

### **2.17.4. Código orgánico del ambiente.**

El (COA, 2018) es una norma que regula los temas relacionados con materia ambiental, en el cual se plantea:

Art. 27.- Dentro de las facultades que se deben ejercer en los GAD tanto metropolitanos como municipales se tienen:

La elaboración de proyectos para: el transporte, recolección, tratamiento, control y la disposición final de residuos.

La generación de regulaciones y normas que ayuden a la gestión de residuos sólidos para su eliminación, prevención o su aprovechamiento.

En el Título V “Gestión integral de residuos y desechos” en el capítulo I “Disposiciones generales” se plantea:

Art. 225.- Dentro de las políticas que se plantean para la gestión integral de residuos sólidos, será obligación de las instituciones el cumplimiento de:

1. El control y manejo de los desechos, tomando en consideración su eliminación y disposición final.
2. La fomentación del aprovechamiento y la valoración de residuos considerando que son objetos que aportan a la economía.
3. La fomentación de investigaciones que promuevan el uso de tecnologías para minimizar los impactos ambientales.
4. La jerarquización de los residuos sólidos.

Art. 226.- la jerarquización en orden prioritario se determina en:

1. Prevención
2. Minimización en la generación de residuos
3. Aprovechamiento de los residuos solidos
4. Eliminación de desechos
5. Disposición final.

Art. 227.- Aquellas personas que trabajen en la gestión de residuos deberán procurar el cumplimiento de normas técnicas con sus respectivas autorizaciones. También se prohíbe la importación de residuos al país.

En el capítulo II “Gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos” se decreta:

Art. 228.- La gestión de residuos sólidos no peligrosos estará ligada con la autoridad ambiental nacional y las políticas que esta dictamine.

Art. 229.- la gestión de residuos promueve a la disminución de impactos ambientales y los riesgos en la salud de la ciudadanía.

Art. 230.- los GAD metropolitanos y municipales deberán promover infraestructuras para la gestión de desechos no peligrosos conforme dicten las normas.

#### ***2.17.5. Reforma Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. Acuerdo Ministerial No. 061***

El texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente establece normas políticas básicas que velan por el medio ambiente en el Ecuador donde la sociedad se debe comprometer con el desarrollo que impulse la sustentabilidad (TULSMA, 2003)

Art. 47.- Como prioridad nacional y de interés público la gestión de residuos se deberá realizar con la custodia de la autoridad ambiental nacional. También será de suma responsabilidad el cumplimiento de las políticas tanto para los ciudadanos como los gobiernos de cada región.

Art. 55.- La gestión integrada comprende un conjunto de acciones normativas, operativas, económicas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, seguimiento y evaluación, cuyo objeto es dar el destino más adecuado a los residuos sólidos que no son dañinos. También se tiene como objetivo implementar las fases de gestión de los residuos sólidos, es decir, minimización de su generación, separación en origen, almacenamiento, recolección, transporte, recolección y/o transferencia, tratamiento, aprovechamiento y disposición final.

Art. 57.- Los GAD municipales asegurarán, ya sea a través de la gestión administrativa o mediante contratos públicos o privados, la gestión integral de los residuos y/o desechos sólidos que se generen en su ámbito, promoverán la minimización de residuos y/o desechos sólidos, y la Separación en origen, adecuada limpieza y procedimientos de recolección, transporte, almacenamiento provisional.

En su caso, recolectar y/o desviar, facilitar su uso, brindar el tratamiento adecuado y la correcta disposición final de los residuos que no puedan reingresar en el reciclaje, además, dar seguimiento a la disposición final de los residuos peligrosos (Decreto 3516, 2003).

#### **2.17.6. TULSMA**

La norma TULSMA refiere los siguientes aspectos para su consideración sobre los rellenos sanitarios (TULSMA, 2003) :

4.2.19 Se prohíbe la disposición de desechos radiactivos en los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos.

4.2.20 Se prohíbe la disposición de envases de medicinas, restos de medicamentos caducados, generados por farmacias, centros hospitalarios, laboratorios clínicos, centros veterinarios, etc. En el relleno sanitario, estos serán devueltos a la empresa distribuidora o proveedora, quién se encargará de su eliminación, aplicando el procedimiento de incineración, el cual será normado por los municipios.

Las cenizas producto del proceso de incineración, son desechos peligrosos, por consiguiente, deberán cumplir con lo establecido en la Normativa para Desechos Peligrosos, que emitirá el Ministerio del Ambiente.

4.2.21 Se prohíbe la disposición de desechos industriales peligrosos provenientes de plantas de tratamiento o de los desechos sólidos generados del proceso de producción, en rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos.

#### **2.1.1. Diseño y especificaciones técnicas**

El libro VI, anexo 6 de la TULSMA (2003) menciona que deben cumplirse los siguientes requerimientos técnicos para el diseño del relleno sanitario:

- a) Localización y topografía.
- b) Cortes generales y de construcción.
- c) Construcciones auxiliares.
- d) Instalaciones.
- e) Sistemas de drenaje de aguas superficiales, drenaje de gases, y drenaje de lixiviados.
- f) Tratamiento de efluentes líquidos y gaseosos.
- g) Información general, acerca de: Vías de acceso, taludes, distribución del área de relleno, impermeabilización de la base del relleno, cobertura.

Además, el artículo 4.12.13 sugiere que, para detalles específicos relacionados con el diseño de rellenos sanitarios mecanizados, se deberán utilizar las Normas de Diseño para la Elaboración de Proyectos de Sistemas de Aseo Urbano que emitirá el Ministerio del Ambiente (TULSMA, 2003).

### ***2.1.2. Requisitos para rellenos sanitarios***

Para la implementación de rellenos sanitarios la norma TULSMA (2003) exige el cumplimiento de los parámetros que se describen a continuación.

a) El relleno sanitario debe ubicarse a una distancia no menor de 13 Km. de los límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje.

b) No debe ubicarse en zonas donde se ocasione daños a los recursos hídricos (aguas superficiales y subterráneas, fuentes termales o medicinales), a la flora, fauna, zonas agrícolas ni a otros elementos del paisaje natural. Tampoco se deben escoger áreas donde se afecten bienes culturales (monumentos históricos, ruinas arqueológicas).

c) El relleno sanitario deberá estar ubicado a una distancia mínima de 200 m de la fuente superficial más próxima.

d) Para la ubicación del relleno no deben escogerse zonas que presenten fallas geológicas, lugares inestables, cauces de quebradas, zonas propensas a deslaves, agrietamientos, desprendimientos e inundaciones, que pongan en riesgo la seguridad del personal o la operación del relleno.

El relleno sanitario no debe ubicarse en áreas incompatibles con el plan de desarrollo urbano de la ciudad. La distancia del relleno a las viviendas más cercanas no podrá ser menor de 500 m. Tampoco se deben utilizar áreas previstas para proyectos de desarrollo regional o nacional (hidroeléctricas, aeropuertos, represas).

f) El relleno sanitario debe estar cerca de vías de fácil acceso para las unidades de recolección y transporte de los desechos sólidos.

g) El lugar seleccionado para el relleno sanitario debe contar con suficiente material de cobertura, de fácil extracción.

h) La permeabilidad de los suelos deberá ser igual o menor que  $1 \times 10^{-7}$  cm/seg; si es mayor se deberá usar otras alternativas impermeabilizantes.

i) Se deberá estimar un tiempo de vida útil del relleno sanitario de por lo menos 10 años.

j) El relleno sanitario deberá poseer: cerramiento adecuado, rótulos y avisos que lo identifiquen en cuanto a las actividades que en él se desarrollan, como entrada y salida de vehículos, horarios de operación o funcionamiento, medidas de prevención para casos de accidentes y emergencias, además se deben indicar la prohibición de acceso a personas distintas a las comprometidas en las actividades que allí se realicen.

k) El relleno sanitario debe contar con los servicios mínimos de: suministro de agua, energía eléctrica, línea telefónica, sistema de drenaje para evacuación de sus desechos líquidos, de acuerdo con la complejidad de las actividades realizadas.

l) El relleno sanitario debe contar con programas y sistemas para prevención y control de accidentes e incendios, como también para atención de primeros auxilios y cumplir con las disposiciones reglamentarias que, en materia de salud ocupacional, higiene y seguridad industrial establezca el Ministerio de Salud Pública y demás organismos competentes.

m) El relleno sanitario debe contar con servicios higiénicos apropiados para uso del personal.

n) Se debe mantener un registro diario, disponible para la Entidad Ambiental de Control, en lo relacionado con cantidad, volúmenes y peso de desechos sólidos. El análisis de la composición física y química de los desechos sólidos se realizará anualmente.

o) Debe mantenerse en el relleno sanitario las condiciones necesarias para evitar la proliferación de vectores y otros animales que afecten la salud humana o la estética del entorno.

p) Se debe ejercer el control sobre el esparcimiento de los desechos sólidos, partículas, polvo y otros materiales que por acción del viento puedan ser transportados a los alrededores del sitio de disposición final.

q) Se debe controlar mediante la caracterización y tratamiento adecuado los líquidos percolados que se originen por descomposición de los desechos sólidos y que pueden llegar a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

r) Los desechos sólidos no peligrosos deben ser colocados y cubiertos adecuadamente.

s) Para la captación y evacuación de los gases generados al interior del relleno sanitario se deben diseñar chimeneas de material granular, las mismas que se conformarán verticalmente elevándose a medida que avanza el relleno.

t) Todo relleno sanitario debe disponer de una cuneta o canal perimetral que intercepte y desvíe fuera del mismo las aguas lluvias.

u) Durante la operación del relleno sanitario, los desechos sólidos deben ser esparcidos y compactados simultáneamente en capas que no excedan de una profundidad de 0,60 m.

v) Todas las operaciones y trabajos que demande un relleno sanitario deben ser dirigidos por una persona especialmente adiestrada para este efecto, debiendo estar su planteamiento y vigilancia a cargo de un ingeniero sanitario.

w) El relleno sanitario en operación debe ser inspeccionado regularmente por la entidad ambiental de control correspondiente.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

#### ***3.1.1. Tipo***

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que busca emplear en su desarrollo, la aplicación de los conocimientos adquiridos y profundizar sobre temas de interés que se vinculen, además permite el uso de información de manera ordenada para obtener mejores resultados.

El objetivo principal de esta investigación es diseñar la gestión integral de los residuos sólidos con su respectivo sistema de tratamiento, mediante la estimación y proyección de volúmenes. Durante el proceso investigativo se realizaron trabajos de campo, para la identificación de las zonas pertinente para la implantación del diseño, y trabajos de recopilación de información, para crear una base que permita sustentar las metodologías aplicadas.

#### ***3.1.2. Nivel***

Los niveles de investigación que abarca el presente proyecto son el nivel descriptivo y el nivel exploratorio, la parte descriptiva busca aportar con información referente a la correcta aplicación y funcionamiento de criterios o variables, entorno a una función específica, y la parte exploratoria se aplica al área que no posee investigaciones previas y de la cual se desean identificar sus características.

En esta investigación se identifica el comportamiento de las variables analizando la incidencia de una sobre la otra, y determinando la disposición final de los residuos en función de sus características.

## **3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### ***3.2.1. Método***

El método empleado en este trabajo es de carácter descriptivo y analítico, en la parte descriptiva se efectúa el planteamiento de las interrogantes y se realiza un análisis de la información obtenida previo a la investigación, y la parte analítica efectúa una descomposición de un todo y la separa, con la finalidad de organizarla para que lleve una dirección desde lo general a lo particular.

Al inicio de la investigación se plantearon hipótesis, mismas que se busca analizar y verificar de forma analítica y descriptiva, para identificar si estas cumplen con: regular la ubicación de los desechos, obtener volúmenes confiables de diseño y tener un control adecuado de los desechos producidos en la cabecera cantonal.

### ***3.2.2. Enfoque***

El presente estudio tiene un enfoque mixto, el cual se divide en dos partes, la cualitativa y la cuantitativa, en la parte cualitativa se efectúa un análisis de residuos, para determinar la clasificación y el tipo de residuo, y en la parte cuantitativa se realiza un análisis estadístico, para determinar la producción de desechos en el área de la cabecera cantonal y en base a esta estimar un peso y volumen de diseño.

### ***3.2.3. Diseño***

Esta investigación presenta un diseño de campo con carácter propositivo, el diseño de campo se caracteriza por ser real, brinda la posibilidad de obtener información directa y de estudiar las características y fenómenos en su entorno natural. La parte propositiva se enfoca en brindar soluciones a problemas existentes.

Este estudio se centra en el análisis de la producción de residuos y su consecuente impacto ambiental, además estudia métodos de aprovechamiento que contribuyan con el cuidado y protección del medio ambiente e impulsen la economía circular. En este estudio se efectuaron análisis estadísticos para determinar la producción de residuos, se planteó el diseño del sistema de tratamiento y se propuso un plan ambiental a implementar para mitigar los impactos ambientales.

### **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

#### ***3.3.1. Población***

La población de estudio es un conjunto determinado de individuos que se encuentran presentes en la misma área y que cuenta con las mismas características, en este caso la característica es la variable que se plantea estudiar.

En base a la teoría expuesta en el párrafo anterior, la población a considerar en el presente trabajo de titulación son los habitantes de la cabecera cantonal del cantón Santa Elena.

#### ***3.3.2. Muestra***

Se define a la muestra como un subconjunto de la Población, es decir a la porción de la población que se consideró en la investigación, en este caso dicha porción corresponde a la evaluación de la producción de desechos en 10 familias pertenecientes a la cabecera cantonal.

#### ***3.3.3. Muestreo***

El muestreo es un procedimiento seleccionado por el investigador, el cual tiene como objetivo realizar la captación de información de un grupo determinado de individuos pertenecientes a una población. En la investigación planteada el muestreo se efectuó de manera analítica y de manera física, efectuando visitas técnicas a los puntos de estudio para la obtención de datos requeridos.

### 3.4. UBICACIÓN DE ÁREAS DEL PROYECTO

#### 3.4.1. Área de influencia y área de estudio

El área de influencia de un proyecto se define como el espacio de carácter geográfico donde viven las personas que se benefician del proyecto, en el presente trabajo de titulación esta área fue la cabecera cantonal de la provincia de Santa Elena (Ministerio del Ambiente Perú, 2016).

El área de estudio abarca el área de influencia y el área que se ve afectada por la disposición de los desechos. En la figura 10 se puede visualizar la identificación de estas áreas.

**Tabla 7** Coordenadas UTM del área de influencia

Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
1	515752.15	9753884.43

*Nota.* Tomado de Google Earth Pro.

**Figura 10** Identificación de áreas



*Nota.* Obtenido de Google Earth Pro.

### 3.5. UBICACIÓN DEL VERTEDERO ACTUAL

#### 3.5.1. Vertedero en la Vía Guayaquil – Santa Elena

El área donde se ubica el vertedero actual está situada en el kilómetro 3 de la vía Guayaquil-Santa Elena, este espacio destinado para la disposición de desechos se encuentra situado a 350 metros de la vía principal y cuenta con un área estimada de 321.000 m<sup>2</sup>.

**Tabla 8** Coordenadas UTM del área del vertedero

Punto	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
1	520786.48	9752349.01
2	520897.68	9752447.24
3	521033.88	9752382.75
4	521386.97	9752803.65
5	521256.05	9753113.46
6	521003.71	9753150.95
7	520787.47	9752851.62
8	520724.12	9752600.17
9	520796.38	9752506.21
10	520754.36	9752376.34

*Nota.* Tomado de Google Earth Pro.

**Figura 11** Área del vertedero actual



*Nota.* Tomado de Google Earth Pro.

### **3.6. METODOLOGIA DEL OE.1: Determinar la producción de desechos en la cabecera cantonal y proyectarla a los años de diseño, mediante los métodos de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta.**

En respuesta a la primera hipótesis de carácter específico planteada, se debe efectuar un análisis estadístico, considerando los datos proporcionados por el departamento de EMASA y estimando la producción de desechos neta de la cabecera cantonal, para el análisis de la producción de desechos también se emplean los datos poblacionales previstos por el Municipio del cantón Santa Elena, en el plan de desarrollo y ordenamiento territorial, en función de estos datos y de la información obtenida en campo, se deben realizar proyecciones estadísticas que nos den como resultado final la producción de desechos en la cabecera cantonal, y mediante estos resultados poder determinar el volumen de desechos orgánicos e inorgánicos producidos. En el anexo 1 se evidencia la información obtenida por el departamento de EMASA y el Municipio de Santa Elena.

Para el cumplimiento del Objetivo específico número uno planteado, se debe realizar la estimación estadística de la producción de desechos y su respectiva proyección, mediante los métodos de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta.

#### ***3.6.1. Método de regresión lineal***

El método de regresión lineal se caracteriza por permitir predecir el comportamiento de una variable, este método se emplea para realizar la identificación de relaciones que tengan características que sean de tipo casual.

para el análisis y obtención de resultados se ingresan los datos proporcionados por las diferentes entidades, en función a esto el software nos reflejará una gráfica acompañada de su respectiva fórmula de regresión lineal, empleando esta fórmula se efectuará la proyección para la cantidad de años que deseamos analizar.

### ***3.6.2. Tasa de crecimiento en función compuesta***

El método estadístico de tasa de crecimiento en función compuesta es una tasa promedio, que tiene como objetivo medir un incremento en base a un dato inicial proporcionado, este método es empleado en análisis estadísticos donde se quiere determinar el aumento de nuestro valor inicial a un determinado tiempo, considerando como factor base una tasa de crecimiento.

En los casos donde no se obtiene un valor de incremento, se procede a despejar el valor de la tasa (i) indicado en la ecuación 13, para de esta manera poder ejecutar la proyección al año de interés que nos interesa conocer.

#### **Ecuación 13**

*Fórmula de crecimiento compuesto*

$$Vf = Vo \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n$$

*Donde:*

Vf = Valor final

Vo = Valor inicial

i = Tasa de incremento

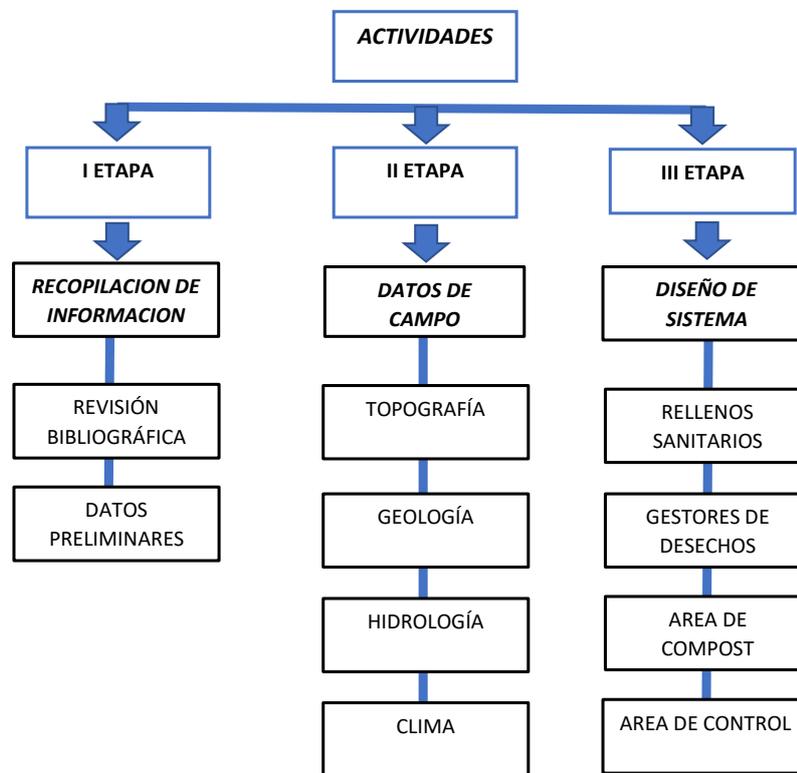
n = Número de años

### **3.7. METODOLOGIA DEL OE.2: Diseñar el sistema de tratamiento de residuos para la cabecera cantonal de la provincia de Santa Elena.**

Para poder diseñar un sistema de gestión integral de residuos sólidos es necesario explicarlo de manera sencilla y didáctica con el fin de facilitar a los receptores una mejor experiencia, despertando el interés del público. Las actividades a realizar se dividen en 3 etapas, la primera se basa en la recopilación de información mediante la búsqueda de material bibliográfico y la obtención de datos preliminares, con el fin de obtener normas establecidas con criterios de ingeniería civil en el ámbito ambiental y sanitario. La segunda etapa se basa en datos

obtenidos en campo para ubicar correctamente el proyecto y estudiar los factores que podrían incidir en el diseño. La tercera etapa consiste en el diseño del sistema de gestión para residuos sólidos, el cual tendrá varias áreas con el fin de desarrollarse de manera correcta.

**Figura 12** *Actividades para el diseño de la gestión de residuos*



*Nota: Fuente de Autores*

### **3.7.1. Consideraciones para el diseño.**

Para la elaboración de un sistema de tratamiento compuesto por un relleno sanitario y gestores de desechos, se debe cumplir con normas y especificaciones, estas lo convierten en un proyecto completo como obra de ingeniería, la cual debe estar correctamente planificada.

Por aquello los puntos a considerar dentro del diseño son: restricciones para la localización, estudios geológicos, hidrológicos, clima, temperatura, población, producción de residuos, lixiviados, gases, tránsito, entre otros.

### **3.7.2. Ubicación.**

Para la ubicación correcta de un relleno sanitario se deben considerar parámetros técnicos como la topografía del terreno, el nivel freático y la disposición de material para la cobertura de los residuos (F. Lascano, 2008). Una vez examinado el terreno se procede a implementar el tipo de relleno, al ser un terreno plano se considera desarrollar rellenos tipo zanja.

### **3.7.3. Volumen de residuos.**

Luego de estimar la producción de desechos de manera estadística en la cabecera cantonal de Santa Elena, se procede a calcular el volumen de residuos para 10 años de diseño, con la finalidad de establecer medidas para los rellenos sanitarios. El volumen se determina mediante la relación de peso y densidades compactadas.

$$\text{VRS} = \text{Peso de residuo} / \text{Densidad compactada}$$

A continuación, se muestra la fórmula para el cálculo de volumen total para residuos sólidos.

$$VT = VRS + VC + FS$$

Donde:

VT: es el volumen total ocupado en el relleno.

VRS: es el volumen de residuos.

VC: es el volumen de material de cobertura, el cual representa el 20% de VRS

FS: es el factor de seguridad, el cual se emplea por la población flotante y representa el 15% de VRS.

### **3.7.4. Construcción del sistema de gestión de residuos.**

Para la operación de este proyecto se deberán considerar la implementación de: gestores de desechos, rellenos sanitarios, áreas de compostaje, área de maquinaria, y una vía de acceso a todo el sistema, junto con ello se desarrollan obras paralelas como la recolección de lixiviados con tuberías que lleguen a un pozo de oxidación, así mismo se deben implementar drenes verticales para la recolección de gases producidos por los desechos orgánicos.

### ***3.7.5. Construcción de celdas para el relleno sanitario.***

La construcción de las celdas es muy importante, ya que dependiendo de los desechos producidos diariamente se obtendrán las medidas que se apliquen tanto en lo largo, ancho y altura. Se deberá lograr una compactación correcta con un 20% del total de desechos para evitar la emisión de olores producto de los residuos orgánicos.

### ***3.7.6. Principios de uso de un relleno sanitario y gestores de residuos.***

Para que el sistema de gestión funcione de manera correcta se deberá cumplir con varios principios:

- Se debe disponer de las maquinarias para poder compactar correctamente los residuos.
- Se debe disponer del material de cobertura, que puede ser el mismo material excavado u otro transportado de alguna cantera cercana.
- Se deben controlar los lixiviados y gases producidos.
- Los materiales deben ser clasificados con anterioridad en los gestores, para considerar los desechos que no se pueden reciclar y reubicarlos en el relleno.
- Se debe contar con personal adecuado para la ejecución de diferentes labores.

## **3.8. METODOLOGIA DEL OE.3: Elaborar el plan de manejo ambiental, para la gestión de los residuos producidos por los habitantes de la cabecera cantonal.**

Para cumplir con el objetivo específico número 3 planteado y en cumplimiento con las líneas base ambientales y las regulaciones que rigen el control y cuidado del medio ambiente, se propone el plan de manejo ambiental requerido para la construcción del sistema de tratamiento de residuos planteado en el presente trabajo de titulación, este plan de manejo tendrá como propósito principal controlar las afectaciones al medio ambiente causadas en el proceso de implementación del proyecto, aplicando medidas de prevención.

La efectividad del plan de manejo ambiental será visible en la reducción de las afectaciones ambientales causadas en las diferentes áreas previstas que rodean el proyecto.

Cada programa deberá:

- Brindar seguridad integral al personal implicado en la elaboración del proyecto, mediante el cumplimiento de las especificaciones planteadas en el plan de manejo ambiental.
- Mitigar las afectaciones causadas a la flora y fauna presentes en el área seleccionada para la implementación del proyecto.
- Proponer regulaciones ambientales que garanticen la seguridad y prevención ante cualquier situación que genere afectaciones laborales o ambientales en el área de trabajo.
- Identificar al personal encargado de la correcta ejecución de cada programa del plan de manejo ambiental propuesto.

El plan de manejo ambiental postulado contara con los siguientes programas:

- Programa de análisis de riesgos y alternativas de prevención
- Programa de mitigación y prevención ante impactos ambientales
- Programa de medidas compensatorias
- Programa de evaluación, seguimiento y control ambiental
- Programa de capacitación
- Programa de cierre y abandono

### ***3.8.1. Programa de análisis de riesgos y alternativas de prevención.***

El programa de análisis de riesgos se enfoca en el planteamiento de medidas necesarias a implementar, en el caso de enfrentar situaciones que generen afectaciones al entorno durante el desarrollo del proyecto, este programa busca generar un plan de contingencia que permita implementar acciones para frenar algún impacto negativo generado.

Tiene como finalidad la identificación de escenarios que generen afectaciones, brindar un plan de soporte y mitigación, y preparar al personal para afrontar escenarios adversos en el entorno al área laboral.

### ***3.8.2. Programa de mitigación y prevención ante impactos ambientales.***

Este programa se compone de un grupo de medidas que tienen como fin mitigar los impactos ambientales generados en el entorno, durante las etapas de operación y cierre del relleno sanitario, aplicando criterios técnicos y ambientales que permitan evitar las afectaciones al medio ambiente. Durante las diferentes fases que componen el proyecto, se debe contar con un programa de medidas precautelarias, que permitan afrontar cualquier evento que se presente en el funcionamiento del relleno sanitario.

### ***3.8.3. Programa de medidas compensatorias.***

El programa de medidas compensatorias se implementa con la finalidad de producir un beneficio ambiental, para contrarrestar los impactos generados por la implementación del proyecto, que son de difícil solución. Dentro del área del relleno las afectaciones generadas son de medio y bajo impacto, por lo que la aplicación de estas medidas tendrá la función de compensar en su totalidad las afectaciones con plena seguridad.

### ***3.8.4. Programa de evaluación, seguimiento y control ambiental.***

En el presente PMA (Plan de manejo ambiental), el programa de evaluación, seguimiento y control ambiental tiene el papel de identificar y evaluar la eficiencia de las medidas implementadas, para el control de la calidad del entorno de forma cualitativa y cuantitativa. La identificación de parámetros deficientes que no cumplen con lo establecido en la normativa reguladora ambiental permite realizar correcciones pertinentes durante la ejecución del sistema de tratamiento de residuos.

La entidad encargada de la verificación de este programa será la interventoría ambiental que se encuentre designada al proyecto, el rol de esta

entidad estará sujeto a la verificación del cumplimiento de cada uno de los programas propuestos y brindara un seguimiento a la calidad ambiental.

### ***3.8.5. Programa de capacitación.***

En este programa se definen las necesidades del personal entorno a los sistemas de capacitación, para brindar conocimientos a las áreas específicas donde se pueda generar una afectación ambiental en función de sus responsabilidades, tomando como criterio la importación de la aplicación del Plan de manejo ambiental establecido.

### ***3.8.6. Programa de cierre y abandono.***

El presente programa tiene como objetivo definir y detallar los pasos a seguir para efectuar la culminación del funcionamiento del sistema de tratamiento de residuos, aplicando técnicas de recuperación vegetal y mitigación ambiental, para la recuperación del medio ambiente.

El programa de cierre técnico y abandono se centra en los procedimientos requeridos, para evaluar las condiciones en las que se encuentra el área de funcionamiento del proyecto y analiza el cumplimiento de todos los parámetros especificados en el PMA (Plan de manejo ambiental), analizados todos estos criterios se proceden a plantear las actividades de reforestación y vegetación de la zona.

### 3.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 9 Cuadro de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Volumen y tipo de desechos.</b>	Incremento o disminución de la producción de residuos e identificación del tipo de desecho.	Se efectúan cálculos estadísticos y proyecciones para determinar la producción de desechos.	Producción de desechos	Método de Regresión lineal	m <sup>3</sup>
				Tasa de crecimiento en función compuesta	m <sup>3</sup>
<b>Tratamiento deficiente de residuos.</b>	La disposición de los desechos sin separación alguna.	Se diseña un relleno sanitario para ubicar los residuos orgánicos y un gestor de desechos para los residuos reutilizables.	Disposición de desechos	Tipo de desecho	Ton/ m <sup>3</sup>
<b>Falencia en la aplicación de regulaciones ambientales.</b>	El incumplimiento de regulaciones protectoras y la ausencia de medidas para proteger el medio ambiente.	La elaboración y aplicación de un plan de manejo ambiental mitiga los impactos generados al medio ambiente a causa de la implementación de un proyecto.	Normativa de control y cuidado	Plan de manejo ambiental	Razón
<b>Sistema de Tratamiento de residuos sólidos.</b>	Método para el tratamiento los desechos sólidos.	El diseño de un sistema de tratamiento de residuos garantiza el aprovechamiento de los desechos.	Tratamiento de los residuos	Relleno Sanitario	Ton/ m <sup>3</sup>
				Gestor de desechos	Ton/ m <sup>3</sup>

## **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El apartado correspondiente al análisis de resultados se encarga de brindar información que sustenta la investigación y da respuesta al estudio planteado, esta se presenta de forma clara y se fundamenta con la elaboración de gráficas y tablas que ayuden a sustentar de manera eficiente los resultados. En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis estadístico realizado, para determinar la producción de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, mediante los métodos de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta, se visualizan los diseños creados para el relleno sanitario y los gestores de residuos, y se evidencia el plan de manejo ambiental elaborado.

### **4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.1, Análisis estadístico de la Producción de desechos y su proyección mediante: Método de regresión lineal y tasa de crecimiento en función compuesta.**

#### ***4.1.1. Producción de desechos***

En la tabla número nueve se evidencian los resultados obtenidos del análisis de la producción de desechos efectuado a 10 familias durante cuatro semanas, también se pueden identificar los tipos de desechos y su peso.

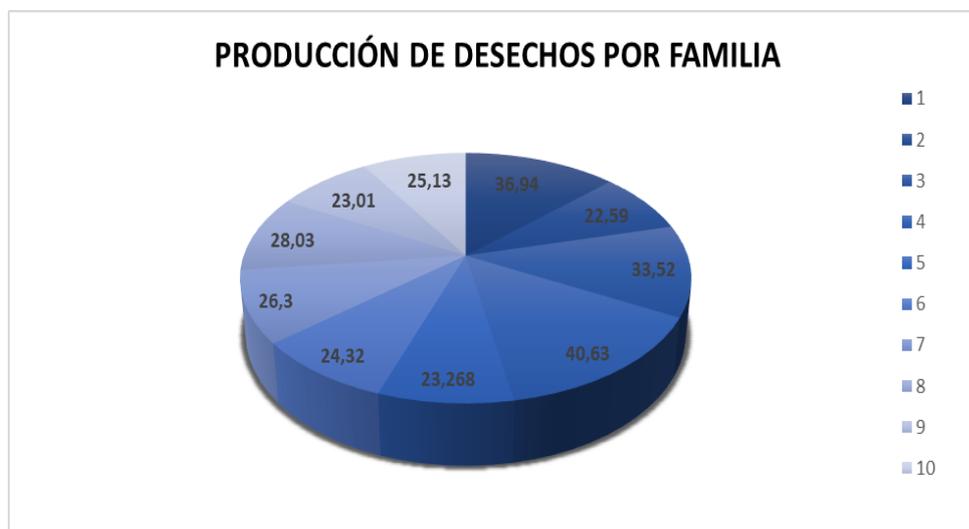
La tabla 10 nos indica que durante las 4 semanas la producción de desechos varió, esto en función de la cantidad de habitantes por vivienda, se puede visualizar que la familia número uno con 8 habitantes llegó a producir 16,37 kg de desechos plásticos y 20.57 kg de desechos orgánicos, a diferencia de la familia número dos, que teniendo cuatro habitantes fue la que menor producción de residuos registró, siendo estos datos 13.01kg de desechos plásticos y 9.58kg de desechos orgánicos.

**Tabla 10** Pesaje realizado a las 10 familias durante cuatro semanas

FAMILIAS	HABITANTES POR VIVIENDA	PESO DE LOS DESECHOS (Kg)	
		PLASTICOS	ORGANICOS
1	8	16,37	20,57
2	4	13,01	9,58
3	5	12,89	20,63
4	6	14,63	26
5	4	11,538	11,73
6	3	12	12,32
7	3	9,11	17,19
8	3	8,25	19,78
9	6	13,94	9,07
10	4	12,2	12,93
<b>PROMEDIO</b>		12,3938	15,98
<b>SUMATORIA</b>		28,3738	
<b>PORCENTAJE</b>		<b>44.00</b>	<b>56.00</b>

La figura 13 nos indica la producción de desechos por familia de una manera general, sin considerar separación alguna, podemos identificar que la familia con mayor producción fue la número cuatro, con un valor de 40.63kg, le sigue la familia número uno, con una producción de 36.94kg, de esta manera van disminuyendo de manera secuencial, hasta llegar a la familia número cinco con un valor de 23.268kg y por ultimo identificando a la familia número dos con una producción de 22.59kg, siendo esta la familia que menor producción de desechos registró.

**Figura 13** Producción de desechos por familia



Continuando con el análisis de la producción de desechos por familia, la figura 14 nos permite identificar que del 100% de desechos registrados, un 56%

pertenece a los desechos orgánicos y un 44% corresponde a los desechos inorgánicos de carácter reutilizable.

**Figura 14** *Tipos de desechos*



En la salida de campo realizada al vertedero se efectuaron 15 cuarteos, cada uno de 25 m<sup>2</sup>, esto se hizo con la finalidad de identificar el porcentaje de desechos depositados en el vertedero municipal, la tabla número 11 nos permite identificar los tipos de residuos encontrados y su respectiva distribución porcentual.

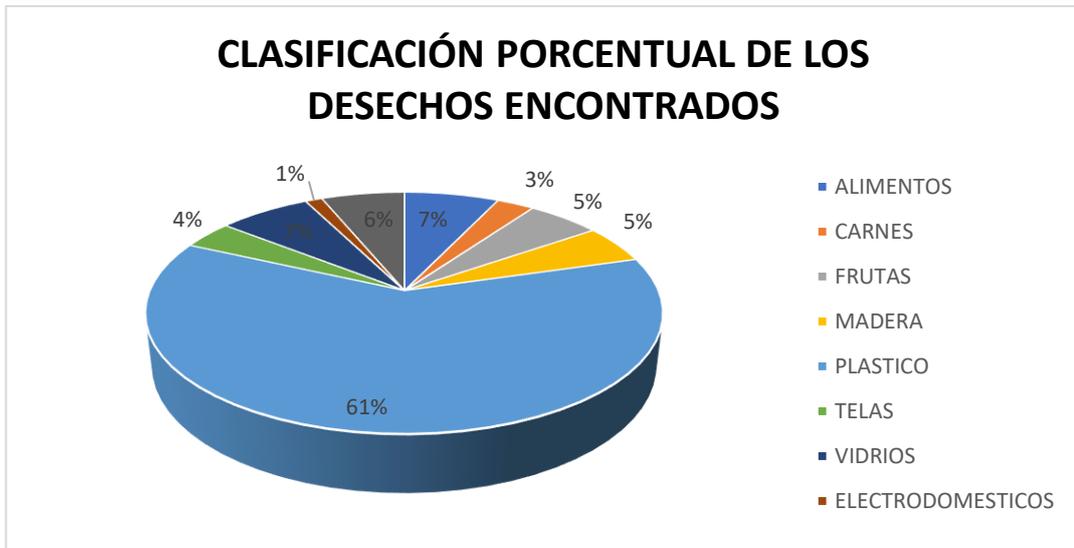
**Tabla 11** *Resultados de la clasificación de residuos en el vertedero*

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS			
TIPO DE DESECHO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	TOTAL
<b>DESECHOS ORGÁNICOS NO RECICLABLES (LIXIVIADOS)</b>	ALIMENTOS	7%	15%
	CARNES	3%	
	FRUTAS	5%	
<b>DESECHOS RECICLABLES</b>	MADERA	5%	78%
	PLÁSTICO	61%	
	TELAS	4%	
	VIDRIOS	7%	
	ELECTRODOMÉSTICOS	1%	
<b>NO RECICLABLES</b>	VARIOS	6%	7%

La figura 15 nos permite visualizar el valor porcentual de cada grupo de desechos encontrado, se puede identificar que los plásticos con un valor del 61% son el desecho que más presencia tiene en el vertedero, le siguen los alimentos y vidrios con un 7%, después se encuentran los desechos que no se pueden reutilizar

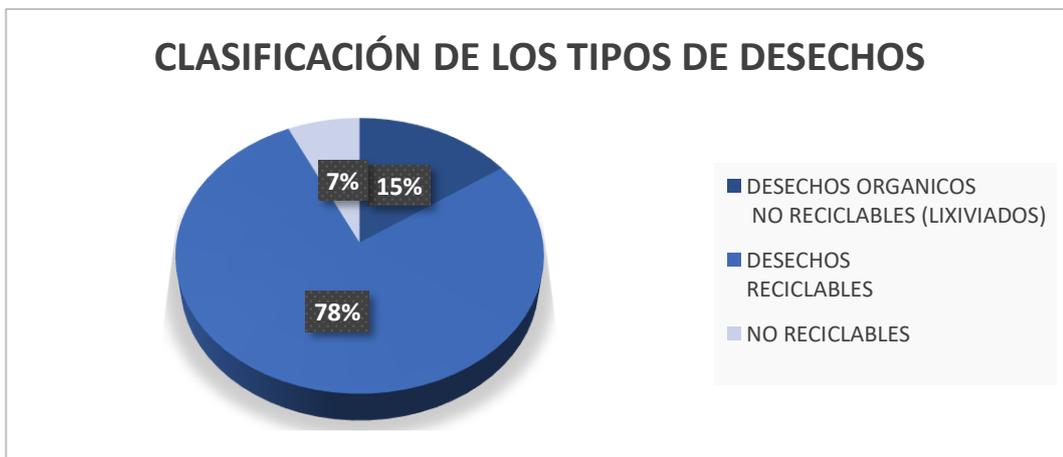
con un 6%, la madera y las frutas tienen un valor de 5%, por último, se encuentran las telas con un 4%, carnes con un 3% y electrodomésticos con un 1%.

**Figura 15** Clasificación porcentual de los desechos encontrados



La figura 16 nos permite identificar los tres tipos de residuos encontrados en la visita realizada al vertedero y que porcentajes ocupan en la producción de desechos, se puede identificar que de los residuos encontrados un 78% corresponde a desechos reciclables, un 15% a desechos de carácter orgánico y 7% a desechos no reciclables.

**Figura 16** Clasificación de los tipos de desechos



Efectuando un análisis de los resultados obtenidos del pesaje realizado a las 10 familias y de la visita al vertedero municipal, se pudieron identificar los porcentajes correspondientes a la cantidad de desechos producidos en la cabecera cantonal.

**Tabla 12** Condensado de resultados

<b>MUESTREO POR FAMILIA</b>	<b>%</b>
DESECHOS ORGANICOS	56,71
DESECHOS RECICLABLES	43,29
NO RECICLABLES	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>
<b>MUESTREO POR ÁREA EN EL BOTADERO</b>	
DESECHOS ORGANICOS	15,00
DESECHOS RECICLABLES	78,00
NO RECICLABLES	7,00
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>
<b>RESULTADOS FINALES</b>	
DESECHOS ORGANICOS	35,86
DESECHOS RECICLABLES	60,64
NO RECICLABLES	3,50
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>

la figura 17 nos muestra un condensado de los resultados obtenidos, se identifica que del 100% de desechos producidos el 35,86% corresponde a desechos orgánicos, 60.64% a desechos inorgánicos de carácter reciclable y el 3.5% a desechos no reciclables.

**Figura 17** Condensado de resultados



Haciendo uso de la fórmula empleada en el método estadístico de la tasa de crecimiento en función compuesta, se determinó que la tasa de incremento referente a la producción de desechos en la cabecera cantonal es de 1,4%, esto considerando los datos previstos por el departamento de EMASA, la tabla 13 nos permite visualizar que la producción de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena en el año 2022 es de 17922.60 Ton.

**Tabla 13** *Producción de desechos en la cabecera cantonal*

<b>PRODUCCIÓN DE DESECHOS EN LA CABECERA CANTONAL</b>		
<b>AÑO</b>	<b>TASA CRECIMIENTO</b>	<b>PRODUCCIÓN (TON)</b>
<b>2020</b>	1,40%	17427,92
<b>2021</b>	1,40%	17673,53
<b>2022</b>	1,40%	17922,60

#### ***4.1.1. Proyección mediante el método de Tasa de crecimiento en función compuesta.***

Tomando en consideración que la producción de desechos en el año 2022 fue de 17922.60 Ton, y teniendo como precedente que la tasa de incremento en la producción de residuos es del 1,4%, se procede a emplear la fórmula de la tasa de crecimiento en función compuesta para determinar la producción de residuos al año de diseño del sistema de tratamiento, en este caso considerando 10 años.

La tabla número 14 nos permite visualizar que la producción de desechos aumenta de manera gradual en función del incremento poblacional, el cual también incrementa a una tasa del 1,4%, al año de diseño la producción de desechos en la cabecera cantonal será de 20614.73 Ton.

**Tabla 14** *Proyección usando tasa de crecimiento en función compuesta*

<b>PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE DESECHOS</b>		
<b>AÑO</b>	<b>TASA DE INCREMENTO</b>	<b>PRODUCCIÓN (TON)</b>
<b>2022</b>	1,40%	17922,60
<b>2023</b>	1,40%	18175,18
<b>2024</b>	1,40%	18431,31
<b>2025</b>	1,40%	18691,06
<b>2026</b>	1,40%	18954,47
<b>2027</b>	1,40%	19221,59
<b>2028</b>	1,40%	19492,47
<b>2029</b>	1,40%	19767,17
<b>2030</b>	1,40%	20045,75
<b>2031</b>	1,40%	20328,25
<b>2032</b>	1,40%	20614,73

#### **4.1.2. Proyección mediante el método de regresión lineal.**

Para estimar la fórmula de incremento en el método de regresión lineal se proceden a organizar los datos proporcionados por el departamento de EMASA, de tal manera que permita al software generar la fórmula para realizar el análisis, la tabla 14 corresponde a los datos de producción de desechos en la cabecera cantonal proporcionados por la entidad.

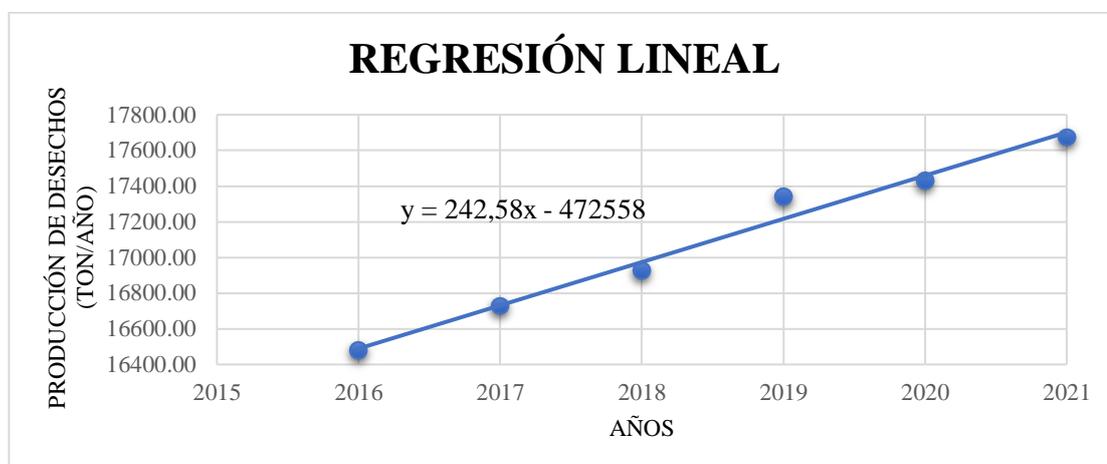
**Tabla 15** *Información de EMASA sobre la producción de desechos*

<b>PRODUCCIÓN DE DESECHOS</b>	
<b>AÑO</b>	<b>TONELADAS</b>
<b>2021</b>	17673,53
<b>2020</b>	17427,92
<b>2019</b>	17338,99
<b>2018</b>	16925,87
<b>2017</b>	16726,33
<b>2016</b>	16479,03

Nota: Obtenido del departamento de EMASA

La figura número 18 nos permite visualizar el incremento en la producción de desechos durante los años previos al presente estudio, considerando desde el año 2016 al año 2020, la tabulación de datos nos refleja  $Y = 242.58x - 472558$  como fórmula de regresión lineal

**Figura 18** *Regresión lineal*



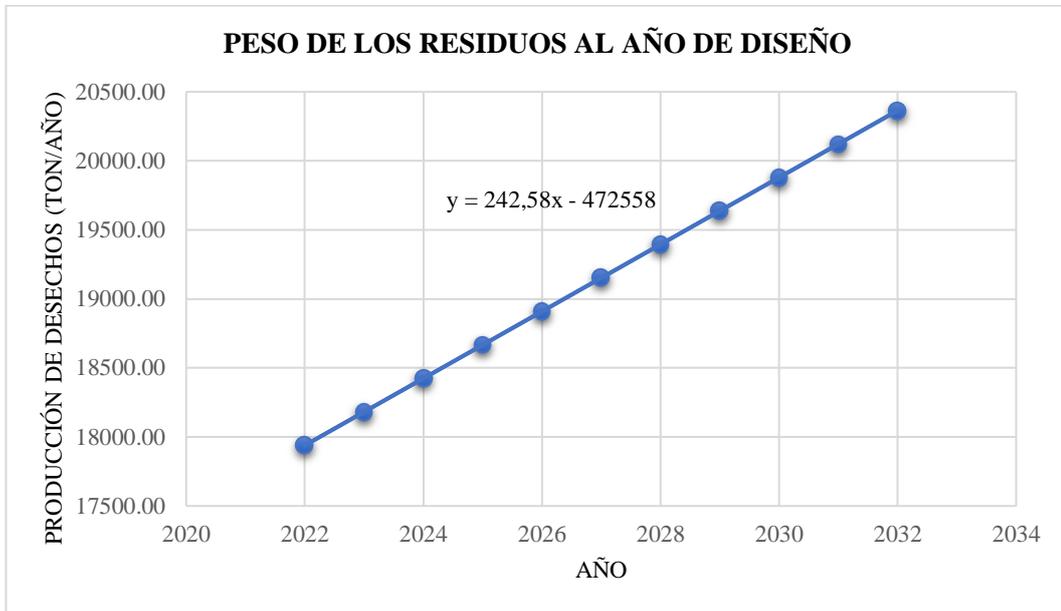
La tabla 16 nos permite identificar los datos obtenidos al aplicar la fórmula de proyección lineal, para determinar la producción de desechos en la cabecera cantonal al año de diseño considerado, se puede visualizar que en el año 2032 se producirán 20364.56 Ton de desechos.

**Tabla 16** *Proyección mediante el método de regresión lineal*

PROYECCIÓN	
AÑO	TONELADAS
2022	17938,76
2023	18181,34
2024	18423,92
2025	18666,50
2026	18909,08
2027	19151,66
2028	19394,24
2029	19636,82
2030	19879,40
2031	20121,98
2032	20364,56

La figura numero 19 presenta los datos obtenidos de la proyección de desechos al año de diseño, podemos visualizar una línea de forma ascendente, en la cual se identifica en la parte inferior la ubicación de los datos que corresponden a los años del 2022, 2023 y 2024, y en la parte superior a los años 2030, 2031 y 2032.

**Figura 19** *Proyección de desechos al año de diseño*



## 4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.2, Propuesta del sistema de gestión para residuos sólidos.

### 4.2.1. Ubicación

La ubicación del proyecto se desarrolla en base a los parámetros establecidos por el TULSMA, en el cual se ubicó un lugar cercano a una vía de acceso, y una localización lejana a la población sin adentrarse en zonas de futuras urbanizaciones (>500m), también se ubicó una cantera cercana. Las coordenadas que limitan el proyecto son las que se visualizan en la tabla 17.

**Tabla 17** *Coordenadas geográficas del área del proyecto*

Punto	Coordenadas UTM	
	ESTE	NORTE
1	520366.32	9753437.04
2	520455.54	9753504.90
3	520411.01	9753563.77
4	520563.48	9753670.74
5	520671.75	9753498.59
6	520448.24	9753336.47

**Figura 20** *Puntos y área para la ubicación del proyecto*



Nota: Tomada de Google Earth.

#### ***4.2.2. Geografía***

Conocer las características del terreno es un factor importante, los rellenos sanitarios tipo zanja se deben desarrollar en un terreno plano, por lo que en primera instancia se debe desarrollar el movimiento de Tierra para adecuar el área. Para fines de diseño se obtuvieron datos de perforaciones realizadas cerca del lugar donde se ubica el proyecto. El ensayo determina la ausencia de nivel freático a 7 metros de profundidad por lo que se pueden ejecutar excavaciones en la elaboración de los rellenos sanitario. los resultados de las propiedades del suelo por el ensayo SPT se muestran en los Anexos II.

#### ***4.2.3. Hidrología***

Santa Elena es atravesado por varios ríos y estéreos, también se denotan la presencia de cauces que solo aparecen cuando se presenta una lluvia intensa, en la zona del proyecto se pueden denotar pequeños cauces por lo que se propone disponer de canales alrededor del proyecto para que el agua circule sin tener alguna afectación en las aguas superficiales ni subterráneas (GADM Santa Elena, 2014).

#### ***4.2.4. Clima***

Los climas que caracterizan al cantón Santa Elena son: el seco y el lluvioso. Las épocas de lluvia empiezan en diciembre y terminan en abril, mientras que la estación seca empieza en junio y acaba en octubre. El promedio interanual de lluvia es de 66 mm/año (GADM Santa Elena, 2014).

#### ***4.2.5. Temperatura***

El valor promedio interanual de temperatura es de 23,4 °C. Mientras que las temperaturas mínimas y máximas se encuentran en un intervalo de 16-24 °C en épocas frías y de 24-32 °C en tiempos calurosos (GADM Santa Elena, 2014).

#### **4.2.6. Población**

Según datos del “plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santa Elena 2014-2019” se establece que en el año 2020 la población de la cabecera cantonal fue de 69688 habitantes, también se establece una tasa de crecimiento acumulado poblacional de 1,39%. Esto permite el desarrollo de proyectos urbanísticos como actividades de expansión.

#### **4.2.7. Producción de desechos**

Considerando los resultados del objetivo 1, la producción de residuos sólidos para los 10 años de diseño mediante el método de tasa de crecimiento en función compuesta es de 20614,73, mientras que mediante el método de regresión lineal es de 20364,56. Para fines de diseño de disposición final de estos residuos se toma en consideración el peso mayoritario.

#### **4.2.8. Volumen de residuos**

El cálculo del volumen se efectuó considerando la producción de desechos en el año 2032, el cual fue de 20614,73 Ton. Para la categorización se empleó un porcentaje obtenido de muestreo de familias de la cabecera cantonal, y el muestreo por área realizado en el botadero, los cuales se dividen en reutilizables, orgánicos, y no reutilizables. La tabla 18 identifica los resultados finales obtenidos para la estimación de los porcentajes correspondientes a la totalidad de desechos producidos en la cabecera cantonal

**Tabla 18** Promedio de los muestreos realizados

<b>RESULTADOS FINALES (PROMEDIO)</b>	
<b>DESECHOS ORGANICOS</b>	35,86 %
<b>DESECHOS RECICLABLES</b>	60,64 %
<b>NO RECICLABLES</b>	3,50 %
	100,00 %

**Tabla 19** *Calculo de volúmenes para el diseño del relleno sanitario*

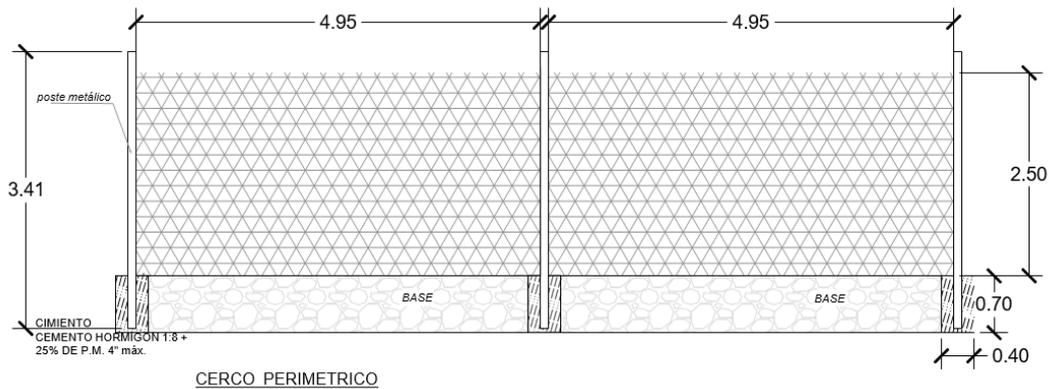
AÑO	PRODUCCIÓN	REUTILIZABLES (TON)	ORGANICOS (TON)	NO REUTILIZABLES	DENSIDAD COMPACTADA (TON/M3)	DESECHOS ORGANICOS	DESECHOS NO RECICLABLES
					Org-NR	VOLUMEN POR AÑO (M³/AÑO)	VOLUMEN POR AÑO (M³/AÑO)
						V=Peso org/Densidad compactada	V=Peso NR /Densidad compactada
2022	17922,60	10868,89	6426,42	627,29	0,5-0,6	12852,84	1045,5
2023	18175,18	11022,06	6516,98	636,13	0,5-0,6	13033,97	1060,2
2024	18431,31	11177,39	6608,83	645,10	0,5-0,6	13217,65	1075,2
2025	18691,06	11334,91	6701,96	654,19	0,5-0,6	13403,93	1090,3
2026	18954,47	11494,65	6796,41	663,41	0,5-0,6	13592,82	1105,7
2027	19221,59	11656,64	6892,19	672,76	0,5-0,6	13784,38	1121,3
2028	19492,47	11820,91	6989,32	682,24	0,5-0,6	13978,64	1137,1
2029	19767,17	11987,50	7087,82	691,85	0,5-0,6	14175,64	1153,1
2030	20045,75	12156,44	7187,71	701,60	0,5-0,6	14375,41	1169,3
2031	20328,25	12327,76	7289,00	711,49	0,5-0,6	14578,00	1185,8
2032	20614,73	12501,49	7391,72	721,52	0,5-0,6	14783,44	1202,5
					MATERIAL COBERTURA (20%)	2956,69	2469,19
					FACTOR SEGURIDAD (15%)	2217,52	1851,89
					<b>TOTAL</b>	<b>19957,65</b>	<b>16667,01</b>

### 4.2.9. Propuesta de diseño

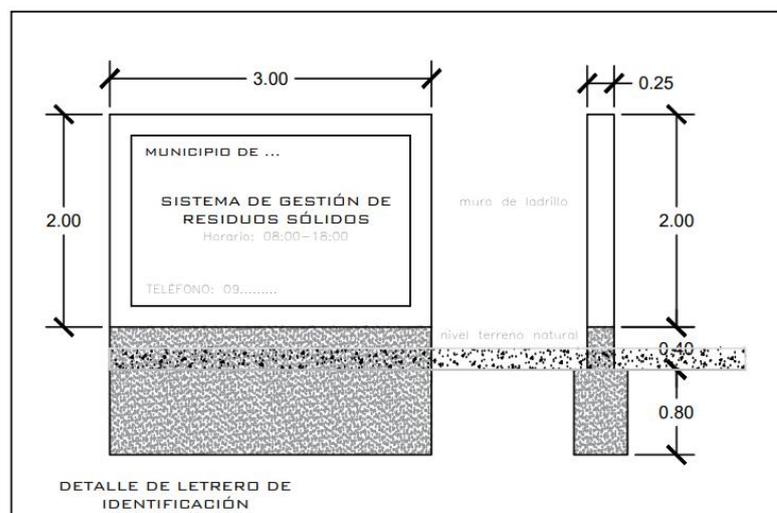
#### Vía de Acceso, Cerramiento Y Letrero

Considerando que la vía a desarrollarse es vital para el correcto y agilizado proceso de transporte de residuos, actualmente la vía de acceso hacia la ubicación del proyecto es la vía Guayaquil-Santa Elena, sin embargo, para el ingreso hacia el área, la vía debería ser pavimentada y correctamente diseñada. El área del proyecto estará delimitada por un cerco perimétrico con postes y mallas metálicas con el fin de evitar el ingreso de vehículos ajenos al sistema de gestión integral. Además, se ubicará en la entrada un letrero donde se denotará el organismo encargado, el nombre del lugar, y teléfono de contacto.

**Figura 21** Diseño del cerramiento para el sistema de gestión



**Figura 22** Diseño del letrero de identificación



## Área de guardianía y almacén

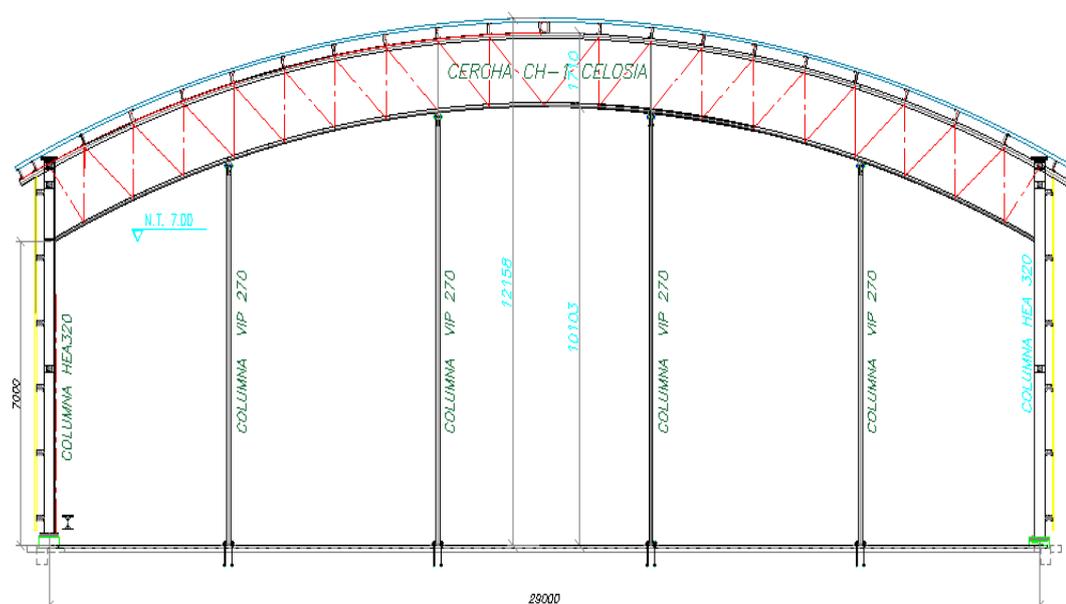
Esta área se desarrolla con el fin de llevar un control en el personal y el cuidado del sistema de tratamiento. También se debe obtener los pesajes de los residuos que entran diariamente y restringir el ingreso para personas que no forman parte del personal.

El personal contará en el área de almacén con casilleros que garanticen la seguridad y el cuidado de las pertenencias. El diseño de esta área se muestra en el ANEXO II.

## Gestor de Desechos

El diseño de los gestores de desechos se realiza en base a los puntos de reciclaje ubicados en el cantón de Santa Elena, estos están conformados por pórticos de estructura metálica con una cubierta de zinc, sin embargo, el diseño de estos gestores estará conformado por materiales que garanticen el desarrollo correcto de las labores del personal, teniendo un área amplia de 29 metros de ancho por 34 de largo, y ubicando una cubierta con aislante térmico. Este gestor se distribuirá por áreas con el fin de organizar los tipos de materiales reciclables como: plásticos, metales, papel y cartón.

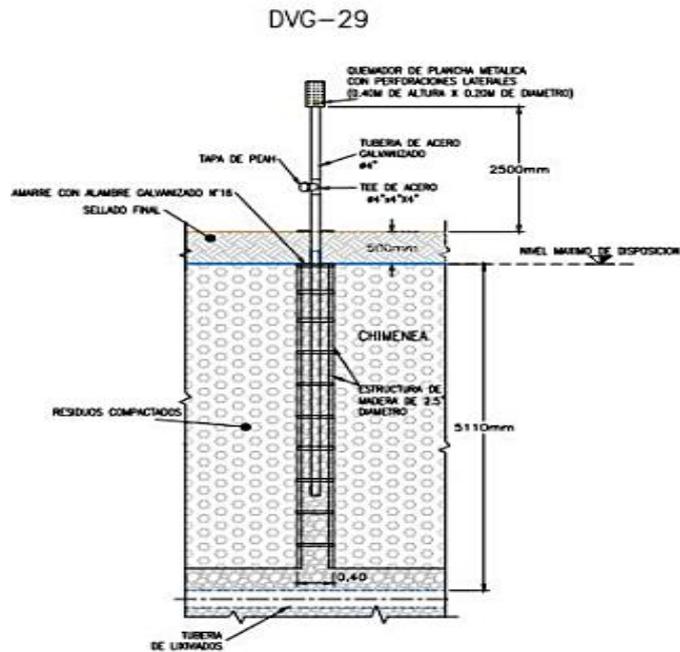
**Figura 23** Estructura tipo cercha para la gestión de residuos reciclables



Nota: Obtenido de (Bibliocad, 2021)



**Figura 25** Dren vertical para evacuación de gases



*Nota:* obtenido de (Ministerio del Ambiente Perú, 2016)

### Área de compostaje

Según SIGRE 2015, establece que los residuos orgánicos tardan en degradarse 4 semanas, por esta razón el material que ha sido compactado en el relleno se removerá con ayuda de maquinarias y se las ubicará en el área de compost, se debe contar con personal adecuado y equipo de protección para realizar este tipo de trabajo. El diseño del área de compost se muestra en el ANEXO II.

### Área de maquinaria

Para que se desarrollen los labores correctamente en el sistema de gestión, es necesario contar con la maquinaria adecuada. Para evitar gastos de transporte se propone establecer un área donde se puedan estacionar: minicargadores, tractores oruga, excavadoras, rodillos y camiones.

### 4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OE.3, Elaborar el Plan de manejo ambiental, para la gestión de residuos producidos por los habitantes de la cabecera cantonal de Santa Elena.

Para el cumplimiento del Objetivo específico número tres y considerando los parámetros ambientales que rodean la gestión integral de residuos, se propuso el plan de manejo ambiental óptimo a implementar en el proceso de construcción, aplicación y cierre del sistema de tratamiento de desechos.

La tabla número 20 describe el planteamiento del programa de análisis de riesgos y alternativas de prevención, contiene el aspecto ambiental determinado y considera como áreas de impacto los ecosistemas, la destrucción de la flora y las afectaciones a la fauna, plantea las medidas de mitigación a considerar y los medios de verificación que se emplearán para verificar que se esté aplicando la medida de control planteada.

**Tabla 20** Programa análisis de riesgos y alternativas de prevención

<b>Programa:</b>	<b>Análisis de riesgos y alternativas de prevención</b>			
<b>Objetivo:</b>	Brindar un plan de medidas que permita eliminar o mitigar las afectaciones generadas al medio ambiente, a causa de la implementación del proyecto.			
<b>Lugar de Aplicación:</b>	Área destinada para la ubicación del sistema de tratamiento			
<b>Responsable:</b>	Contratista / Supervisor			
<b>Aspecto Ambiental</b>	<b>Impacto Generado</b>	<b>Medida de Mitigación</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Plazo</b>
Prevención de Riesgos	Alteración en el ecosistema	Reparación de los recursos existentes que puedan salir afectados y aplicación de medidas de prevención	Fotografías y registro de acciones	Dos meses
	Destrucción de flora	Reforestación	cronograma de ejecución y fotografías	Tres meses
	Destrucción de Fauna	Protección de especies nativas y cuidado de su hábitat	Programa de actividades y fotografías	Dos meses

Las tablas 21 y 22 contienen el programa de mitigación y prevención ante impactos ambientales, en estas se visualizan las áreas que considera este programa, las cuales son: Aire, suelo, agua, fauna y plagas, olores, biogás, lixiviados, ruidos,

desechos peligrosos y reforestación, también nos permite identificar el enfoque con el que se analiza el área afectada y nos plantea las medidas de mitigación a emplear,

**Tabla 21** Programa mitigación y prevención ante impactos ambientales

<b>Programa:</b>	<b>Mitigación y prevención ante impactos ambientales</b>	
<b>Objetivo:</b>	Mitigar los impactos ambientales generados en el entorno, durante las etapas de operación y cierre del relleno sanitario.	
<b>Lugar de Aplicación:</b>	Área destinada para la ubicación del sistema de tratamiento	
<b>Responsable:</b>	Contratista / Supervisor	
<b>Área</b>	<b>Enfoque</b>	<b>Medida de Control</b>
<b>Aire</b>	Emisión de Gases	Incorporar un plan de mantenimiento encargado de la revisión constante de los vehículos. El vehículo que ingresa al área del relleno se debe desplazar a velocidades no mayores a los 20km/h.
	Derrame de residuos	Se debe realizar la limpieza de manera inmediata para evitar la evaporación de sustancias fuera del relleno.
<b>Suelo</b>	Disposición	Tanto la base como las paredes del relleno estén correctamente recubiertas con geomembrana.
	Control Animal	Se debe ubicar una capa de residuos naturales de 10 a 15cm, que cumpla con la función de aislante, tomando en consideración la disponibilidad del recurso natural se debe realizar esta actividad al culminar el día de trabajo.
	Lixiviados	Se efectuará la captación y el tratamiento de lixiviados para evitar su contacto directo con el suelo, mediante el uso de drenes.
	Control	Tener un área de monitoreo y realizar pruebas de laboratorio para identificar los agentes químicos presentes.
	Lixiviados	Aplicar adecuadamente el sistema de tratamiento de lixiviados para evitar infiltraciones y posibles afectaciones a las fuentes de aguas subterráneas.
<b>Fauna y Plagas</b>	Plagas	Se utilizarán mosqueros especiales que cumplan con las medidas estandarizadas y tengan su respectivo cebo, además se agregara la feromona muscalure para atraerlas.
	Pequeños Mamíferos	Se deberá ubicar en el cerramiento perimetral cebos impregnados de raticida.
	Disposición	Se deberá realizar una disposición de material natural de aproximadamente 20cm al terminar el día, para evitar accidentes con los animales nocturnos.

**Tabla 22** *Continuación programa de mitigación y prevención*

<b>Programa:</b>	<b>Mitigación y prevención ante impactos ambientales</b>	
<b>Objetivo:</b>	Mitigar los impactos ambientales generados en el entorno, durante las etapas de operación y cierre del relleno sanitario.	
<b>Lugar de Aplicación:</b>	Área destinada para la ubicación del sistema de tratamiento	
<b>Responsable:</b>	Contratista / Supervisor	
<b>Área</b>	<b>Enfoque</b>	<b>Medida de Control</b>
<b>Olores</b>	Exposición	Se deberá cubrir el relleno al finalizar las actividades diarias con una capa de cobertura natural temporal.
	Control	En caso de que ninguna medida considerada para el control de olores funcione, se puede hacer uso de la cal, siempre y cuando se cuente con el personal calificado.
<b>Biogás</b>	Equipos	Se deberá contar con equipos que garanticen la correcta evacuación de los gases producidos.
	Emisiones	Serán recolectadas mediante drenes especiales encargados de evitar la liberación indiscriminada de este.
<b>Lixiviados</b>	Control	Implementar un plan de mantenimiento periódico de las instalaciones físicas, encargadas de la recolección y tratamiento de lixiviados.
	Filtros	Se deberá ubicar de manera adecuada el material pétreo, considerando que este cuente con las características específicas (Diámetro de 6 a 10cm).
<b>Ruidos</b>	Equipos	En el caso de poseer equipo de trabajo que genere un ruido mayor a los 75Db, este se debe llevar a revisión para su respectivo mantenimiento.
	Revisión	Las herramientas de trabajo que generen altos niveles de ruido deben estar en constante revisión y contar con las condiciones mecánicas óptimas.
<b>Polvo</b>	Control	Se recomienda sembrar plantas nativas para que funcionen como un sistema de captación y mitiguen la generación de polvo.
<b>Desechos Peligrosos</b>	Características	Poseer paredes impermeables, tener dimensiones estimadas de 2 metros de profundidad por 1,5 metros de diámetro.
<b>Reforestación</b>	Área.	Se brindará vigilancia y se reforestarán zonas vulnerables que en el transcurso del funcionamiento del proyecto puedan estar en riesgo.

La tabla 23 expone el programa de medidas compensatorias, el cual busca producir un beneficio ambiental para contrarrestar los impactos negativos en el ambiente generados por la implementación del proyecto, en esta tabla se describen las actividades a realizar, siendo estas: Recuperación de zonas verdes, sembrado de especies nativas y planteamiento de una propuesta de cultura verde, cada una de estas actividades cuenta con su respectiva consideración, tales consideraciones van desde efectuar la recolección de material que se encuentre ubicado en zonas no apropiadas, hasta realizar el sembrado de especies nativas.

**Tabla 23** Programa de medidas compensatorias

<b>Programa:</b>	<b>Medidas Compensatorias</b>
<b>Objetivo:</b>	Producir un beneficio ambiental, para contrarrestar los impactos generados por la implementación del proyecto, que son de difícil solución
<b>Lugar de Aplicación:</b>	Área destinada para la ubicación del sistema de tratamiento
<b>Responsable:</b>	Contratista / Supervisor
<b>Actividad</b>	<b>Consideración</b>
Recuperación de zonas verdes	Ejecutar la recolección de escombros y sembrado de material vegetal resistente, en las zonas cercanas al centro de acopio y al área que rodea el relleno sanitario
Sembrado de especies Nativas	Realizar un análisis para identificar la flora presente en la zona del proyecto, ya que al realizar el sembrado de otras especies estas pueden afectar el ecosistema y alterar de manera directa el medio ambiente
Propuesta de cultura verde	Aplicar un plan piloto, que involucre la designación de un área verde donde se implanten semillas nativas, la cuales al estar germinadas se puedan trasplantar a espacios adecuados

Las tablas 24 y 25 conforman el programa de seguimiento, evaluación y control, en estas se describe el objetivo del programa y el responsable de su ejecución, además contienen las actividades a realizar, estas son: La evaluación de calidad de las aguas superficiales, control de aguas subterráneas, evaluación biológica de aguas superficiales, control de la densidad de compactación del material de cobertura, verificación del control de ruidos, control de lixiviados, control de la producción de gas, monitoreo biológico de flora contigua al área del

proyecto, participación comunitaria y análisis de las alteraciones físicas al entorno del proyecto, además también se explican las consideraciones a tomar para la efectividad de estas actividades.

**Tabla 24** Programa de seguimiento, evaluación y control

<b>Programa:</b>	<b>Seguimiento, evaluación y control</b>
<b>Objetivo:</b>	Identificar y evaluar la eficiencia de las medidas implementadas, para el control de la calidad del entorno de forma cualitativa y cuantitativa
<b>Lugar de Aplicación:</b>	Área destinada para la ubicación del sistema de tratamiento
<b>Responsable:</b>	Interventoría ambiental
<b>Actividad</b>	<b>Consideración</b>
Evaluación de calidad de aguas superficiales	Las aguas superficiales aledañas al área del relleno deberán contar con un plan de control y evaluación, que involucre estudios físicos, químicos y organolépticos, para la ejecución de un análisis que brinde información adecuada sobre la calidad del agua, este estudio se deberá realizar cada 6 meses.
Control de aguas subterráneas	Analizar y caracterizar las propiedades fisicoquímicas (pH, materia orgánica, DBO (Demanda bioquímica de oxígeno), metales pesados) y las propiedades organolépticas (Sanidad, Color, Olor), con la finalidad de llevar un control de la calidad de estas aguas, este estudio se deberá efectuar cada 6 meses.
Evaluación biológica de aguas superficiales	Se implementará un sistema cronológico, que tenga como base un análisis enfocado en el estudio de un grupo de especies de carácter bacteriano, considerando como muestras los indicadores macroinvertebrados, coliformes fecales y coliformes totales.
Control de la densidad de compactación del material de cobertura	Se partirá del criterio el coeficiente de permeabilidad máxima, cuyo valor es $1 \times 10^{-5}$ cm/seg, se definirá un cronograma de control que puntualice la ejecución de pruebas de permeabilidad para el material de cobertura final implementado en la obra, estos estudios se deben realizar con regularidad.
Verificación de la estabilidad del relleno	Analizar la estabilidad del suelo para determinar la existencia de posibles asentamientos de carácter diferencial y deslizamientos en el interior del relleno sanitario, el control de asentamientos y deslizamientos se debe realizar semanalmente.
Verificación del control de ruidos	Se toma como indicador la presión sonora ejercida por el funcionamiento de maquinaria pesada, este control estará bajo la supervisión del operador del relleno y se deberá realizar su análisis una vez al mes.

**Tabla 25** *Continuación programa de seguimiento, evaluación y control*

<b>Programa:</b>	<b>Seguimiento, evaluación y control</b>
<b>Objetivo:</b>	Identificar y evaluar la eficiencia de las medidas implementadas, para el control de la calidad del entorno de forma cualitativa y cuantitativa
<b>Lugar de Aplicación:</b>	Área destinada para la ubicación del sistema de tratamiento
<b>Responsable:</b>	Interventoría ambiental
<b>Actividad</b>	<b>Consideración</b>
Control de lixiviados	Se plantea un sistema de control de calidad enfocado en el estudio de las propiedades fisicoquímicas de estos desechos, este estudio estará bajo los criterios técnicos implementados en el laboratorio encargado de la ejecución de los ensayos pertinentes, los ensayos se deben realizar cada de dos meses.
Control de la producción de gas	Se tomará como indicador la composición química de los gases liberados y se analizará su índice de explosividad, la frecuencia para realizar este análisis será de cada dos meses, y su ejecución será durante toda la etapa de funcionamiento del relleno.
Monitoreo biológico de flora contigua al área del proyecto	Se realizará un análisis ambiental, que tendrá como enfoque el estudio de las zonas verdes aledañas al área del relleno sanitario, este constará de un registro cronológico para evaluar el estado actual y futuro de la vegetación, en consecuencia, a la implementación del proyecto.
Participación comunitaria	evaluar la respuesta de la comunidad beneficiada ante el sistema de tratamiento y escuchar sus opiniones e inquietudes sobre el proyecto, también se evalúa la aceptación y el servicio de este.
Análisis de alteraciones físicas al entorno del proyecto	Se ejecutará un monitoreo constante con el objetivo de evaluar alguna irregularidad o cambio en las áreas aledañas al proyecto y se evaluará el uso que se le dará a esas áreas externas al proyecto.

La Tabla 26 nos presenta el programa de capacitación, en este se visualiza que el objetivo del programa es fortalecer las capacidades laborales de los trabajadores mediante criterios técnicos, tiene como alcance brindar conocimientos para que los involucrados puedan afrontar problemáticas con criterios técnicos, se identifica la descripción y el personal involucrado, que en este caso es el personal técnico, operativo y los encargados del funcionamiento del gestor, se evidencian las actividades a realizar y los temas a tratar en la retroalimentación brindada mediante conferencias, se hace énfasis en temas específicos como regulaciones vigentes y métodos de tratamiento de desechos.

**Tabla 26 Programa de capacitación**

<b>Programa:</b>	<b>Capacitación</b>		
<b>Objetivo:</b>	Fortalecer las capacidades laborales de los trabajadores mediante criterios técnicos, respecto al análisis y estudio del plan de manejo ambiental, aplicando medidas de control para la respectiva evaluación del sistema de tratamiento de residuos		
<b>Alcance:</b>	Brindar conocimientos óptimos a las diferentes áreas involucradas, para que puedan afrontar estas problemáticas con criterios lógicos		
<b>Responsable:</b>	Encargado del funcionamiento del Sistema de tratamiento		
<b>Descripción</b>	<b>Personal</b>	<b>Actividad</b>	<b>Temas</b>
Responsabilidades y funciones	Personal Técnico	Se brindarán conferencias entorno a la capacitación, estas abordarán temas específicos los cuales podrán ser ampliados en función de las exigencias de la institución	Aplicación del Plan de manejo ambiental, criterios de gestión de residuos y normativas reguladoras vigentes
Responsabilidades y funciones	Personal Operativo	será capacitado por un especialista en el área de seguridad ocupacional, en el caso de no contar con un especialista en esa área, podrán ser capacitados por un técnico de la institución que previamente haya sido capacitado	Salud y seguridad en el trabajo, responsabilidades laborales y uso adecuado del equipo de protección.
Responsabilidades y funciones	Personal del gestor de residuos	El personal encargado del gestor de residuos contara con capacitaciones entorno a la aplicación de nuevas metodologías de reciclaje y aprovechamiento de recursos	Normativas ambientales vigentes, técnicas de reciclaje y métodos de tratamiento

La tabla 27 nos presenta el programa de clausura, siendo este el último programa del plan de manejo ambiental, en él se evidencia el objetivo del plan, su alcance, las consideraciones a tomar en este programa, se describen las actividades de identificación de áreas, actividades varias, restablecimiento de la cobertura vegetal y clausura, además se detalla el componente de cada punto, haciendo énfasis en las pautas claves para el desarrollo de la actividad planteada

**Tabla 27 Programa de clausura**

<b>Programa:</b>	<b>Clausura</b>
<b>Objetivo:</b>	Definir y detallar los pasos a seguir para efectuar la culminación del funcionamiento del sistema de tratamiento de residuos
<b>Alcance:</b>	se centra en los procedimientos requeridos, para evaluar las condiciones en las que se encuentra el área de funcionamiento del proyecto
<b>Consideraciones</b>	Después de culminada la vida útil de un sistema de gestión de residuos, el área donde su ubico, no cuenta con los parámetros necesarios para ser considerada nuevamente como zona óptima para implementación de otros proyectos
<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
Identificación de áreas	El personal encargado de efectuar la reforestación realizará un análisis ambiental para determinar las zonas más afectadas, se realizará un estudio de zonificación para determinar las condiciones de toda el área que conformo el sistema de tratamiento
Actividades Varias	Se analizarán las condiciones ambientales que tengan conexión directa con fuentes de agua, canales de drenaje, aireación del suelo y contaminación. Se determinará el cumplimiento de las regulaciones vigentes entorno al manejo, extracción y transporte del material a desalojar, por último, se aplicará una evaluación topográfica para constatar las condiciones del terreno y poder realizar una reconfiguración de las características del suelo, para dejarlo en sus condiciones originales
Restablecimiento de cobertura vegetal	Realizar actividades de siembra y mantenimiento, en este tipo de actividades se pueden tratar temas como: Adecuación de terreno, revegetación, métodos de siembra, selección y delimitación del área de siembra. Ejecutar actividades referentes al manejo de viveros, en las que se pueden incluir: Diseño y construcción de viveros, usos, selección de semilla, mecanismo de riego, sistema de sembrado y posibles enfermedades
Clausura	Recuperación de hábitats afectadas o destruidas durante el proceso de funcionamiento del proyecto, Identificación de los perfiles del relleno y sembrado de vegetación, Disposición adecuada de la capa de cobertura final del relleno clausurado y Revisión y mantenimientos de los canales encargados de la recolección de aguas provenientes de la escorrentía

#### **4.4 DISCUSION DE RESULTADOS**

Con el desarrollo del presente trabajo de titulación y el análisis de las variables planteadas, se logró dar respuesta al objetivo general del proyecto, este se basó en el diseño de la gestión integral de los residuos, mediante un sistema de tratamiento de desechos, para la obtención de resultados se efectuaron análisis para determinar la producción de residuos en la cabecera cantonal, misma que mediante métodos estadísticos se proyectó a 10 años, esto con la finalidad de estimar la producción de desechos que ingresarían al sistema de tratamiento, al obtener valores de peso y volumen se efectuó el planteamiento de diseños para el tratamiento de los residuos sólidos y en base a esto se generó el plan de manejo ambiental a considerar en la aplicación del sistema.

Se consideró la separación de residuos como factor determinante para identificar que desechos son los de mayor generación en la cabecera cantonal y en base a esto realizar diseños, que garanticen la cobertura total de los desechos producidos y su adecuado tratamiento. Efectuamos trabajo investigativo y trabajo de campo, la parte investigativa estuvo constituida por recopilación de información e investigación de normativas reguladoras entorno al diseño y cuidado ambiental, y la parte de campo se centró en visitas técnicas al vertedero municipal para ejecutar el proceso de cuarteo y obtención de información, además se realizaron visitas al municipio para identificar regulaciones aplicadas para la disposición de desechos en la cabecera cantonal y al departamento de EMASA, para conocer el tratamiento que se le da a los desechos y que cantidad de residuos se producen en la Provincia de Santa Elena.

Al efectuar el análisis para determinar la producción de desechos en la cabecera cantonal se obtuvo que para el año 2022, la producción neta estimada de la cabecera fue de 17922,60 Toneladas, de las cuales 6426,42 Toneladas fueron desechos orgánicos, 10868,89 Toneladas desechos reutilizables y 627,29 Toneladas de desechos no aptos para reutilizar.

Considerando una vida útil de 10 años para el diseño, la población estimada de la cabecera cantonal (71666 habitantes) y trabajando con una tasa de crecimiento del 1,4%, se obtuvo un área requerida para la implementación del proyecto de 85.000 m<sup>2</sup> y un volumen anual compactado de 13797.88 m<sup>3</sup>/año, a diferencia de los datos obtenidos en el trabajo de titulación de (Santos Orrala y Chele Parrales, 2017), denominado “DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO MANUAL PARA UNA POBLACIÓN DE 5000 HABITANTES, QUE GENERAN 15 TON/DÍA DE DESECHOS”, en el cual se consideran 15 años de vida útil para el diseño y una población de 5000 personas, se obtiene un volumen anual compactado de 1280.70m<sup>3</sup>/año y un área total requerida de 243.33 m<sup>2</sup>. Esta diferencia tan grande en los valores obtenidos se identifica por la muestra seleccionada para efectuar el estudio.

Para el diseño del sistema de tratamiento de residuos planteado en el presente trabajo de titulación, se consideraron los porcentajes obtenidos de la producción de desechos sólidos en la cabecera cantonal, estos reflejaron que: la producción de residuos orgánicos es de 35,86%, a los desechos reutilizables les corresponde un 60,64% y a los no reutilizables un 3,5%. A diferencia del trabajo de tesis de grado de (Lascano, 2008) denominado “GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE RELLENOS SANITARIOS PARA POBLACIONES MENORES DE 30000 HABITANTES”, donde se determina que la producción de residuos orgánicos conforma un 80 %, plásticos un 10% y papel y cartón un promedio de 6,5%, y otros residuos un 3,5%.

# **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

Se obtuvo como conclusión del objetivo general que el sistema de tratamiento propuesto en el presente proyecto cumple con las especificaciones técnicas planteadas en la normativa reguladora TULSMA, también se identifica un aprovechamiento de los residuos de carácter reutilizables y una correcta disposición final para cada tipo de desecho.

Del primer objetivo específico se concluye que la producción de desechos en la cabecera cantonal es de 17922,60 Toneladas, además el método de tasa de crecimiento en función compuesta nos da un valor mayor al obtenido en el método de regresión lineal, debido a esto y optando por ser más conservadores se decide trabajar con el valor más representativo, se destaca que la tasa de crecimiento de los desechos es proporcional a la tasa de crecimiento poblacional, este valor es de 1,4%.

Del segundo objetivo específico se tiene como conclusión que el diseño de un sistema de gestión integral de residuos sólidos es más eficiente que un proyecto que solo abarque la disposición final sin un debido tratamiento, se hace énfasis en que muchos residuos pueden ser reutilizados con el fin de impulsar el crecimiento económico de la población beneficiada, además se considera que el uso de gestores de residuos impulsa la economía circular, aporta con la apertura de plazas de trabajo y mitiga la contaminación ambiental causada por la disposición de desechos inorgánicos en zonas vulnerables.

Del tercer objetivo específico se concluye que la aplicación de un plan de manejo ambiental garantiza la protección del medio ambiente, que pueda verse afectado por la implementación de un proyecto, además aporta con regulaciones

que garanticen el bienestar del personal involucrado en el funcionamiento del sistema de tratamiento.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Se recomienda efectuar análisis de laboratorio para determinar la permeabilidad de la zona donde se implementará el sistema de tratamiento de desechos.
- ✓ Realizar un análisis de factibilidad para conocer los costos de implementación del sistema y determinar su viabilidad económica.
- ✓ Para el tratamiento de los desechos hospitalarios e industriales se recomienda realizar un proyecto, que tenga como enfoque estudiar e implementar un sistema que garantice el tratamiento de estos residuos.
- ✓ Es recomendable realizar un levantamiento topográfico en la zona donde se implementará el proyecto, esto con el fin de analizar los costos relacionados al movimiento de tierra.
- ✓ Efectuar un análisis pluvial para diseñar un canal en el perímetro del proyecto, que ayude a la circulación de las aguas superficiales, evitando daños en el sistema de tratamiento y en el ambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta, C. (2017). *Propuesta de políticas integrales de gestión ambientalmente adecuada de manejo de residuos sólidos para el Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Barradas Rebolledo, A. (2009). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales. Estado del Arte*.
- Beaven, R. P., Stringfellow, A. M., Nicholls, R. J., Haigh, I. D., Kebede, A. S., & Watts, J. (2020). Future challenges of coastal landfills exacerbated by sea level rise. *Waste Management*, *105*, 92–101.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.027>
- Bening, C. R., Kahlert, S., & Asiedu, E. (2022). The true cost of solving the plastic waste challenge in developing countries: The case of Ghana. *Journal of Cleaner Production*, *330*, 129649.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129649>
- Betanzo-Quezada, E., Torres-Gurrola, M. Á., Romero-Navarrete, J. A., & Obregón-Biosca, S. A. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: análisis e implicaciones. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *32*(3), 323–337.  
<https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.07>
- Bibliocad. (2021). *Estructura metálica polideportivo cubierta curva en cercha*.  
<https://www.bibliocadvipgratis.com/2017/08/estructura-metalica-polideportivo.html>

- Bonilla Chango, M. J., & Vasquez Nuñez, D. F. (2012). *Plan de manejo ambiental de los residuos sólidos de la ciudad de Logroño*. Escuela Politecnica del Ejercito.
- Brand, J. H., & Spencer, K. L. (2020). Will flooding or erosion of historic landfills result in a significant release of soluble contaminants to the coastal zone? *Science of The Total Environment*, 724, 138150. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138150>
- Brand, J. H., Spencer, K. L., O'shea, F. T., & Lindsay, J. E. (2018). Potential pollution risks of historic landfills on low-lying coasts and estuaries. *WIREs Water*, 5(1). <https://doi.org/10.1002/wat2.1264>
- Causa Mamani, Y. (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales y propuesta de diseño de relleno sanitario manual para el distrito de Cairani - provincia Candarave – Tacna. In *Universidad Privada de Tacna*. <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>
- Conopoima Moreno, Y. del C. (2022). Las islas de plástico su vinculación ambiental en el Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(2), 96-, 8. <https://doi.org/https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/503>
- Cordova, M. R., Nurhati, I. S., Riani, E., Nurhasanah, & Iswari, M. Y. (2021). Unprecedented plastic-made personal protective equipment (PPE) debris in river outlets into Jakarta Bay during COVID-19 pandemic. *Chemosphere*, 268, 129360. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129360>

Figuroa, L. M., & Azerrat, J. M. (2020). Entre abordajes sistémicos, racionalistas y estratégicos: una revisión de estudios sobre problemáticas y políticas ambientales en América Latina. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 28. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4378>

Freire Morales, P. G. (2015). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MERCADO “LA MERCED*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

GADM Santa Elena. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial, Cantón Santa Elena 2014-2019*.

Garcés-Ordóñez, O., Castillo-Olaya, V. A., Granados-Briceño, A. F., Blandón García, L. M., & Espinosa Díaz, L. F. (2019). Marine litter and microplastic pollution on mangrove soils of the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, 145, 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.058>

Garrick E., L. (2004). A Historical Context of Municipal Solid Waste Management in the United States. *University of Virginia, Systems & Information Engineering, Charlottesville, Virginia, USA*, 22(4), 306–322. <https://doi.org/10.1177/0734242X04045425>

Garrido, M. (2014). *“Diseño Del Complejo Ecológico Para El Manejo Integral De Residuos Sólidos De La Mancomunidad Formada Por El Cantón Las Naves Y La Parroquia San Luís De Pambil En La Provincia De Bolívar [Universidad Central del Ecuador]*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5649/1/T-UCE-0012-313.pdf>

- Garzon Diaz, M. A., & Vanarken Gracia, P. A. (2015). *ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO Y PLANTAS DE PROCESO DE RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL (SANTANDER)*. Universidad de La Salle.
- Gonzales-Loli, M. R., Sanabria-Boudri, F. M., Ríos-Garay, J. G., & Colina-Ysea, F. J. (2021). Crecimiento económico y políticas ambientales en Latinoamérica. *CIENCIAMATRIA*, 7(1), 14–34. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i1.461>
- Hereher, M. E., Al-Awadhi, T., & Mansour, S. A. (2020). Assessment of the optimized sanitary landfill sites in Muscat, Oman. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(3), 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2019.08.001>
- Herrera-Murillo, J., Rojas-Marín, J. F., & Anchía-Leitón, D. (2016). Tasas de generación y caracterización de residuos sólidos ordinarios en cuatro municipios del área metropolitana Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2(57), 235. <https://doi.org/10.15359/rgac.57-2.9>
- Jaime, J., & Cotrina, G. (2021). Gestión integral de residuos sólidos como herramienta para la optimización del servicio de limpieza pública. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 3275–3295. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i3.531](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.531)
- Jaramillo, J. (2002). *GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES* [Universidad de Antioqui]. <http://www.cepis.ops-oms.org>

- Lachi Reddy, P., Sabiha, Sk., Jaswitha, k., Dinesh, P., & Naveen, V. (2021). Optimized garbage segregation and monitoring system. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.256>
- Lascano, F. (2008). *Guía para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios para poblaciones menores de 30000 habitantes*. Universidad Técnica de Ambato.
- Lascano, F. P. (2007). Guía para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios para poblaciones menores de 30000 habitantes. [Universidad tècnica de Ambato]. In *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*. [http://www.redisa.net/doc/artSim2009/Eliminacion/Proceso operacional del relleno sanitario\\_Parque ambiental los Pocitos.pdf](http://www.redisa.net/doc/artSim2009/Eliminacion/Proceso%20operacional%20del%20relleno%20sanitario_Parque%20ambiental%20los%20Pocitos.pdf)
- Machaca, A. A. (2021). Propuesta de plan de manejo de residuos sólidos para el distrito de mÑazo 2020. In *Universidad Privada San Carlos-Puno*. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4523>
- Macías Lam, L., Páez Bernal, M., & Torres Acosta, G. (2018). La gestión integral de residuos sólidos urbanos desde una perspectiva territorial en el estado de Hidalgo y sus municipios [CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL, A.C. CentroGeo Centro]. In *CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL, A.C. CentroGeo*. <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/281/1/78-2018-Tesis-MarstrosenPlaneacionEspacial.pdf>

- Marca Zúñiga, C., & Pozo Guerrero, W. (2021). *Plantear un plan de manejo de desechos sólidos generados en el mercado municipal del cantón Portovelo provincia de El Oro - Ecuador* [Universidad de Guayaquil]. <https://secure.arkund.com/old/view/93219051-565335->
- Ministerio del Ambiente Perú. (2016). *Programa de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos*.
- Molina, P. (2012). *Creación de una empresa de reciclaje que aporte a la reducción de la contaminación ambiental en el cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, año 2013*. Universidad Estatal Península de Santa Elena .
- Mora Cervetto, A., & Molina Moreira, M. N. (2017). Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el parque histórico Guayaquil. *La Granja*, 26(2), 84. <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.08>
- Morante-Carballo, F., Apolo-Masache, B., Carrión-Mero, P., Cedeño, B., & Montalvan-Toala, J. (2021). Considerations in the Methodology for the Technical-Environmental Viability of Sanitary Landfills in Rural Communities. Northern Case of the Province of Santa Elena, Ecuador. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 16(2), 317–325. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.160211>
- Mulder, N., & Albaladejo, M. (2020). El comercio internacional y la economía circular en América Latina y el Caribe. *CEPAL - Serie Comercio Internacional N° 159*.

- Nájera Aguilar, H. A. (2012). *El manejo de los residuos sólidos no peligrosos*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas - Facultad de Humanidades. <https://hdl.handle.net/20.500.12753/1574>
- Navarrete Garcia, N. N., & Cochea Tomala, H. (2013). *Propuesta para la administración de la gestión integral y manejo de los desechos en el cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena, Año 2014*. Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena.
- Obersteiner, G., Gollnow, S., & Eriksson, M. (2021). Carbon footprint reduction potential of waste management strategies in tourism. *Environmental Development*, 39, 100617. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100617>
- ONU. (2022, November 15). *8 billion people: 10 facts about the world population*. <https://unric.org/es/8-000-millones-de-personas-10-datos-sobre-la-poblacion-mundial/>
- Ordoñez, S., & Reyes, F. (2022). *Diseño Del Relleno Sanitario Para Residuos Sólidos No Peligrosos - Cantón La Maná, Provincia De Cotopaxi*.
- Orozco Alvarado, J. C., & Díaz Pérez, A. A. (2018). ¿Cómo redactar los antecedentes de una investigación cualitativa? *Revista Electronica de Conocimientos, Saberes y Practicas*, 1(2), 66–8, 17. <https://doi.org/https://doi.org/10.30698/recsp.v1i2.13>
- Ortíz-Palomino, M. E., & Fernández-Bedoya, V. H. (2021). Evidencias de economía circular en Sudamérica. Una revisión sistemática en las bases de datos Scielo y Redalyc, 2018-2020. *Espíritu Emprendedor TES*, 5(3), 13–28. <https://doi.org/10.33970/eetes.v5.n3.2021.269>

Pérez Alcívar, C. A. (2019). *EVALUACIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL HORIZONTAL DE FLUJO SUPERFICIAL A NIVEL LABORATORIO PARA REMOCIÓN DE DOS FÁRMACOS LA EN MEDIO ACUOSO*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

Perez Caldero, C. A., & Rojas Peña, J. N. (2016). *Diseño de un relleno semi-mecanizado para el distrito de Santiago de CAO-La Libertad, 2015*. Escuela de Ingeniería Ambiental.

Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria de Investigaciones En Ingeniería.*, 15 (2017), 11.

Pullay Morocho, C. J., & Andrade Mendoza, D. S. (2022). *DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTON PALLATANGA, PROVINCIA DEL CHIMBORAZO*. Universidad de Guayaquil.

Quispe, A., & Quispe, V. (2021). Reutilización y reciclaje de residuos sólidos en economías emergentes en Latinoamérica: una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 13184–13202. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i6.1316](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1316)

Ricaldi Atahuaman, J. A., Huaman Asto, M. S., & Callupe Cordova, N. G. (2021). *Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito de El Tambo - Huancayo 2021*. Universidad Continental.

- Sáes, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista OMNIA*, 20, 121–135.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>
- Sanchez, L., & Perez, A. (2021). PROPUESTA DE DISEÑO DE RELLENO SANITARIO PARA EL DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA 2021. In *Universidad Privada del Norte*.
- Santos Orrala, E. Gabriela., & Chele Parrales, M. J. (2017). *Diseño de un relleno sanitario manual para una población de 5000 habitantes, que generan 15 ton/día de desechos*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Sasmoko, S., Akhtar, M. Z., Khan, H. ur R., Sriyanto, S., Jabor, M. K., Rashid, A., & Zaman, K. (2022). How Do Industrial Ecology, Energy Efficiency, and Waste Recycling Technology (Circular Economy) Fit into China's Plan to Protect the Environment? Up to Speed. *Recycling*, 7(6), 83.  
<https://doi.org/10.3390/recycling7060083>
- Solíz Torre, M. F. (2015). Ecología política y geografía crítica de la basura en el Ecuador. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 17. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1259>
- Soriano Bonilla, L. (2007). *Relleno Sanitario, Generador De Biogas; Fuente De Energia Alternativa*. Instituto Politécnico Nacional.
- Tobar Herrera, J. M. (2008). *Parámetros de construcción para un relleno sanitario*. Universidad del Quindío .
- Torri, S. (2017). ¿Qué es un relleno sanitario? *Centro de Estudios y Desarrollo de Políticas Públicas, CECePP, September*, 1. <http://cedepp.org.ar/?p=381>

- TULSMA. (2003). Libro VI Anexo 6 Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos sólidos No Peligrosos. In *Tulsma*. [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/55/LIBRO VI Anexo 6 MAnejo desechos solido no peligrosos.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/55/LIBRO_VI_Anexo_6_MAnejo_desechos_solido_no_peligrosos.pdf)
- Turriago Hoyos, Á., & Arrieta Bernate, G. (2016). Análisis de la producción de residuos sólidos y determinación de factores de producción en tres ciudades colombianas. Propuesta para una nueva metodología de medición. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 6(10), 41–50. <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v6i10.1063>
- twenergy. (2020, February 5). *La regla de las 5 R de la ecología*. <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/regla-de-las-5-r/>
- Ulloa, J. (2006). LOS RELLENOS SANITARIOS. *La Granja*, 1–17.
- Vargas, R., Beizaga, W., & Becerra, V. R. (2021). La valoración económica como fundamento de políticas ambientales: una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 7808–7831. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i5.877](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.877)
- Vesco, L. P. (2006). *Residuos Sólidos Urbanos: Su gestión integral en Argentina*. Universidad Abierta Interamericana.
- Wilson, D. C., Araba, A. O., Chinwah, K., & Cheeseman, C. R. (2009). Building recycling rates through the informal sector. *Waste Management*, 29(2), 629–635. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.06.016>

Yuan, X., Wang, X., Sarkar, B., & Ok, Y. S. (2021). The COVID-19 pandemic necessitates a shift to a plastic circular economy. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(10), 659–660. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00223-2>

# **ANEXOS**

## **ANEXO I.**

### **REGISTRO FOTOGRÁFICO: ACTIVIDADES DE CAMPO**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Trabajo de Titulación:</b>	Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador
<b>Autores:</b>	Pozo Cruz Bryan Daniel Y Rengifo García Michael Alejandro
<b>Tutor:</b>	Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

**ANEXO I : REGISTRO FOTOGRÁFICO: ACTIVIDADES DE CAMPO**  
**IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**





**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Trabajo de Titulación:</b>	Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador
<b>Autores:</b>	Pozo Cruz Bryan Daniel Y Rengifo García Michael Alejandro
<b>Tutor:</b>	Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

**ANEXO I : REGISTRO FOTOGRÁFICO: ACTIVIDADES DE CAMPO**  
**ELABORACIÓN DE CUARTEOS Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS**





**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Trabajo de Titulación:</b>	Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador
<b>Autores:</b>	Pozo Cruz Bryan Daniel Y Rengifo García Michael Alejandro
<b>Tutor:</b>	Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

**ANEXO I : REGISTRO FOTOGRÁFICO: ACTIVIDADES DE CAMPO**  
**PESAJE REALIZADO A LAS 10 FAMILIAS**



## **ANEXO II.**

### **ACTIVIDADES E INFORMACIÓN COMPLEMENTARIAS**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Trabajo de Titulación:</b>	Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador
<b>Autores:</b>	Pozo Cruz Bryan Daniel Y Rengifo García Michael Alejandro
<b>Tutor:</b>	Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

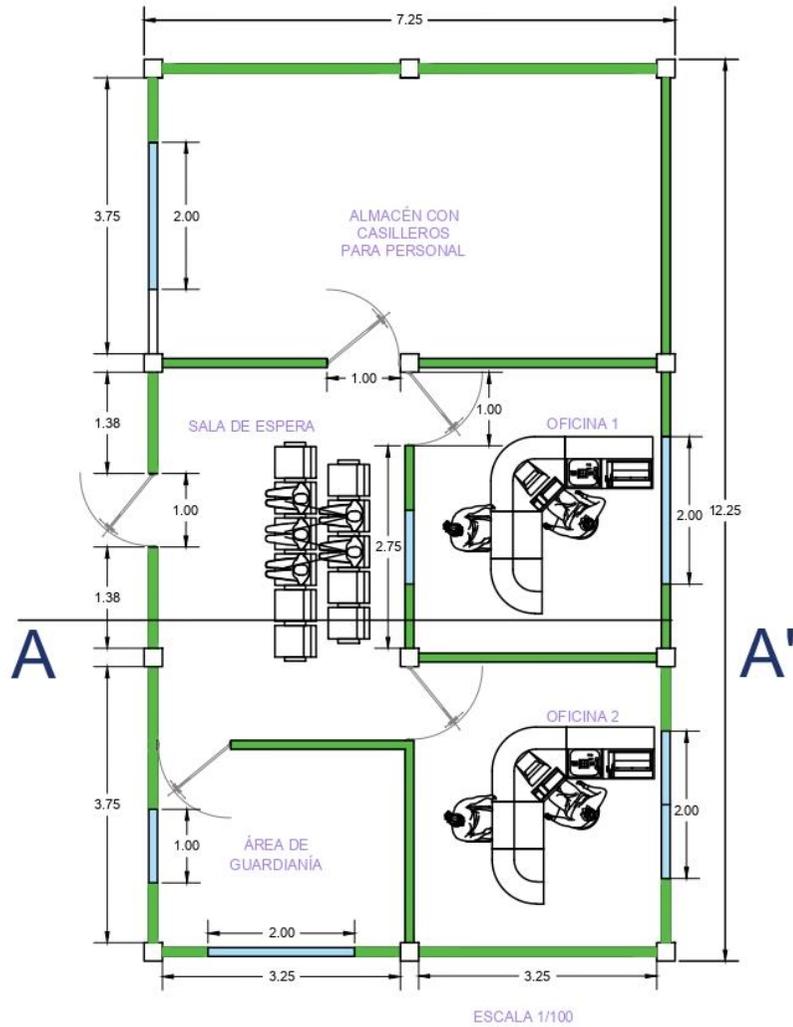
**ANEXO II : ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**

**VALORES ENSAYO SPT**

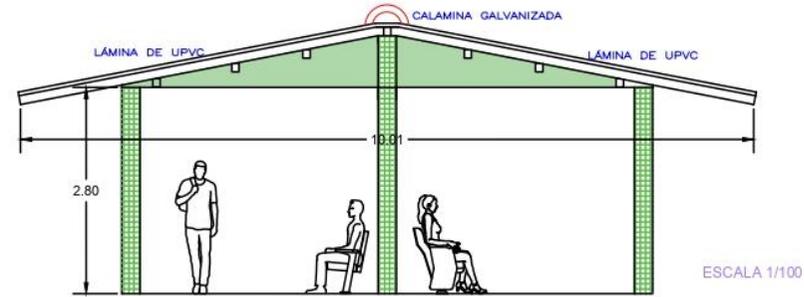
MUESTRA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS		W (%)	GRANULOMETRÍA (% QUE PASA)			COMPRESION SIMPLE		EXPANSION PROBABLE Ton/m2	CORRECCION DE SPT N60
	SIMBOLOGÍA	SUCS		N°4	N°40	N°200	γ	qu		
							Ton/m2	kg/cm2		
1 (0-1M)		CH	18.47	100	96.53	85.21	1.72	1.68	2.83	19
2 (1-2M)		CH	28.42	99.81	95.43	91.25	1.81	2.22	2.35	25
3 (2-3M)		CH	33.75	99.37	92.48	84.88	1.77	1.82	2.79	20
4 (3-4M)		CH	28.56	100	93.23	81.08	1.87	4.28	2.30	50
5 (4-5M)		CH	31.45	100	99.34	93.71	1.85	3.81	2.67	43
6 (5-6M)		CH	33.22	100	96.45	90.70	1.89	4.88	2.11	58
7 (6-7M)		CH	33.31	99.86	98.18	91.68	1.95	6.25	2.11	74

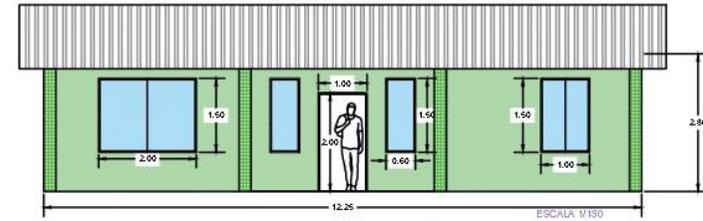
MUESTRA	CLASIFICACIÓN DE SUELOS		w (%)	GRANULOMETRÍA (% QUE PASA)			COMPRESION SIMPLE		EXPANSION PROBABLE Ton/m2	CORRECCION DE SPT N60
	SIMBOLOGÍA	SUCS		N°4	N°40	N°200	γ	qu		
							Ton/m2	kg/cm2		
1 (0-1M)		CH	22.89	90.37	85.01	62.98	1.81	2.15	2.46	24
2 (1-2M)		CH	18.99	100	97.75	84.48	1.83	2.83	2.91	31.5
3 (2-3M)		CH	23.38	100	98.57	92.51	1.83	2.76	2.69	30.75
4 (3-4M)		CH	25.29	100	95.21	87.94	1.84	2.96	2.96	33
5 (4-5M)		CH	29.96	99.39	93.42	85.41	1.83	3.28	3.72	37
6 (5-6M)		CH	40.05	99.21	93.06	83.23	1.87	5.03	2.78	56
7 (6-7M)		CH	33.08	100	94.02	83.66	1.85	4.26	3.08	rechazo



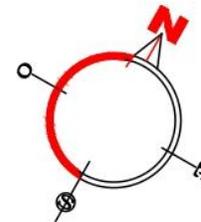
# SECCION A - A'



# FACHADA FRONTAL



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
TOPOGRAFIA DEL TERRENO TOPOGRAFIA PLANA	
ORIENTACION	
LAS EXIGENCIAS PARA CIMENTOS DEBEN PRESTARSE CON LA INGENIERIA ASISTIDA Y LOS PLANOS DE TRAZADO DEBEN SER DE PLAZA DE TRABAJO Y TOLERANCIA APROPIADA	
VIGAS Y COLUMNAS	
LOS COLUMNOS DEBEN DE SER EN LOS TIPOS DE BLOQUE O	
CORREAS DE PERIL TIPO O	
AREA DE CONSTRUCCION	88,8 m <sup>2</sup>
AREA TECNICA	82,5 m <sup>2</sup>
ESTRUCTURA	: HORMIGON ARMADO
CUBIERTA	: LAMINA UPVC
PISOS	: CERAMICAS
PAREDES	: BLOQUES
VENTANAS	: ALUMINIO Y VIDRIO
PUEERTAS	: MADERA
INSTALACIONES	: EMPOTRADAS



OBRA:  
**ALMACÉN Y OFICINAS DE ADMINISTRACIÓN**

CONTIENE:  
**VISTA EN PLANTA Y CORTE**

TÍTULO:  
POZO CRUZ BRYAN DANIEL

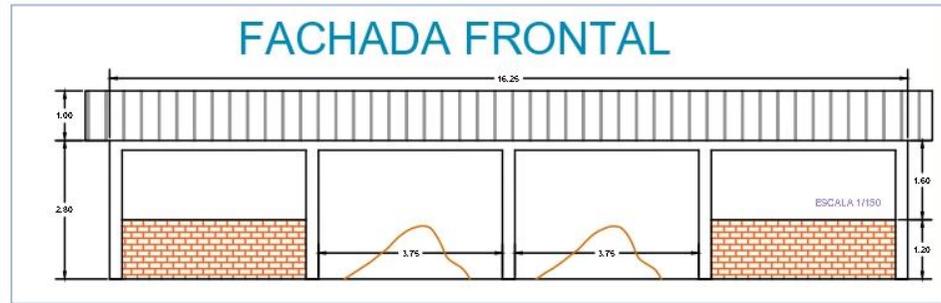
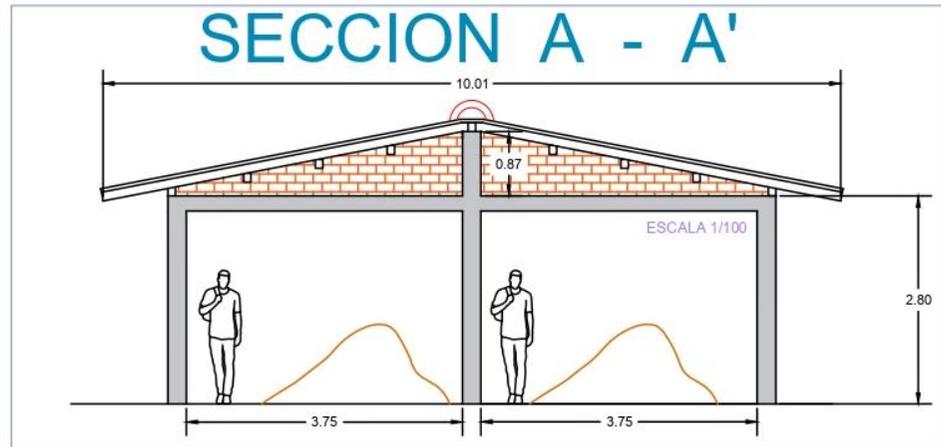
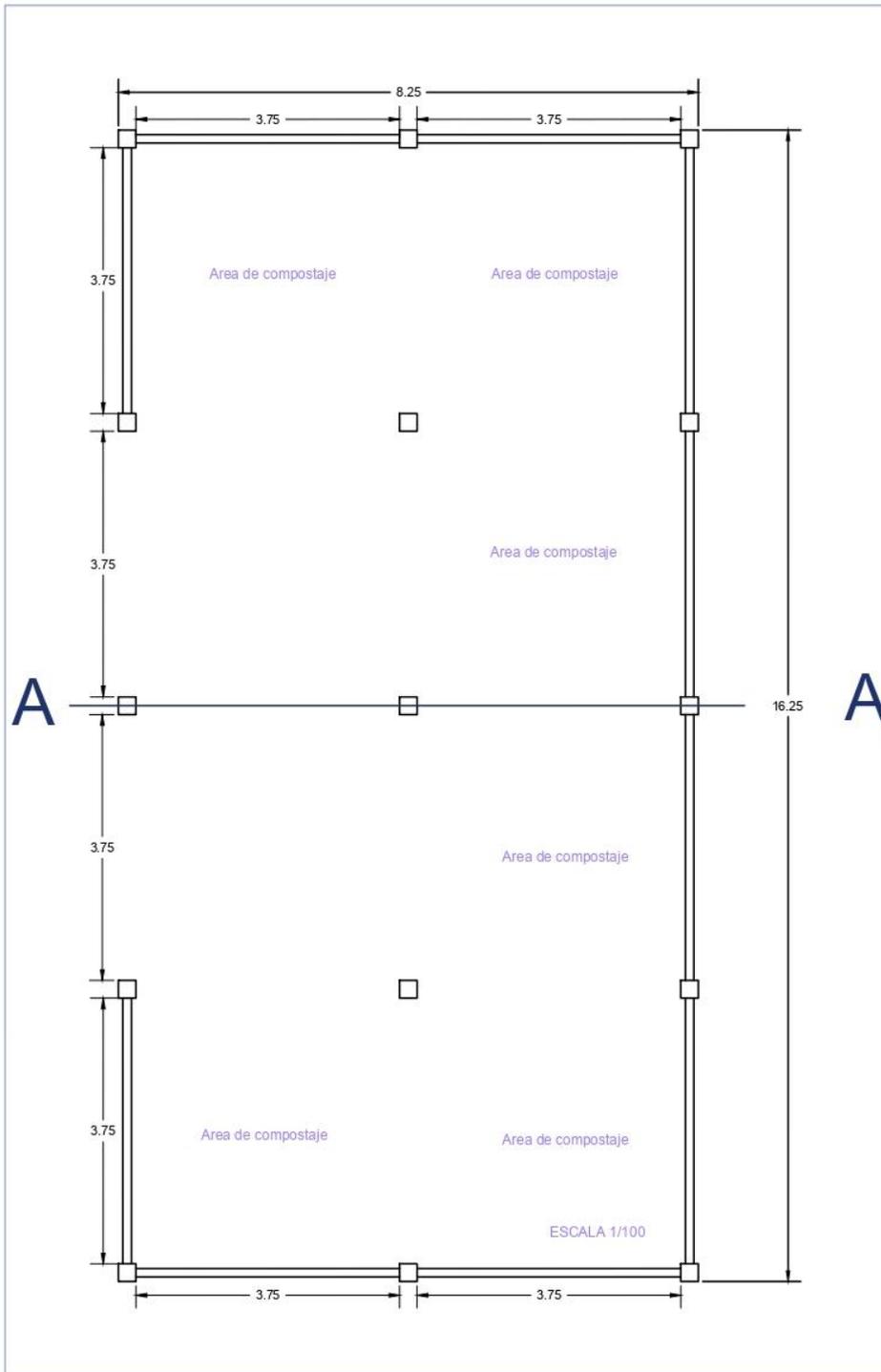
TÍTULO:  
RÍMQUIO GARCÍA MICHAEL ALEJANDRO

TÍTULO:  
Ing. Lucrecia Aldemar Moreno

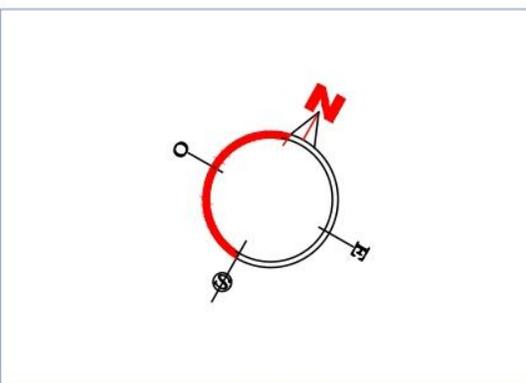
FECHA:  
ENERO/ 2023

ESCALA:  
ASIGNADA

LÁMINA:  
1/5



ESPECIFICACIONES TECNICAS	
topografía: plana	
dimensiones	
Las excavaciones para cimientos serán efectuadas con maquinaria adecuada y los puntos se tomarán mediante topografía para ser más exactos, tendrán base de piedra y hormigón armado	
Vigas y columnas	
las columnas serán de 25x25 cm	
las vigas serán de 25x20 cm	
MURDO:	BLOQUES DE PIEDRA POMEZ
COBERTURA:	LAMINA DE LINO
CUBIERTURA:	GRANERAS GALVANIZADA
PISO COMPUESTO:	PISO DE CEMENTO
AREA DE COMPOSTAJE (M <sup>2</sup> ):	128 M <sup>2</sup>
AREA TOTAL:	168 M <sup>2</sup>





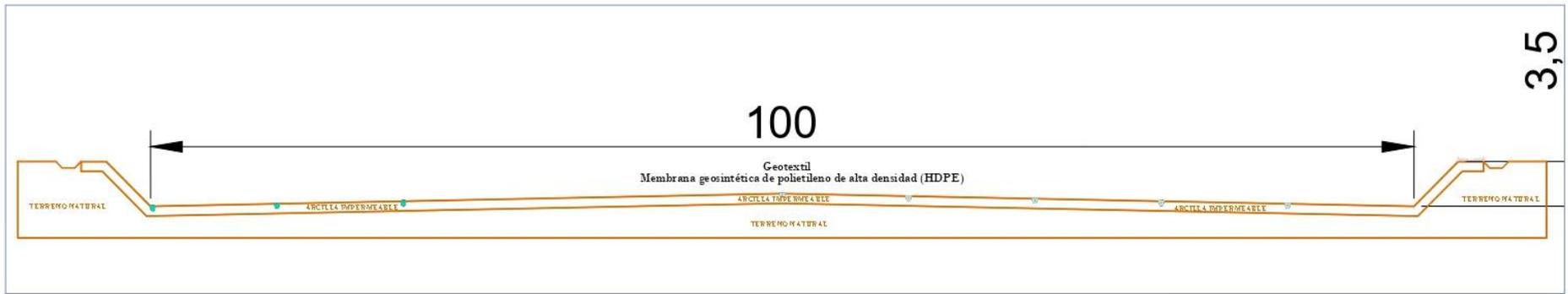

OBRAS:

### CASETA DE COMPOSTAJE

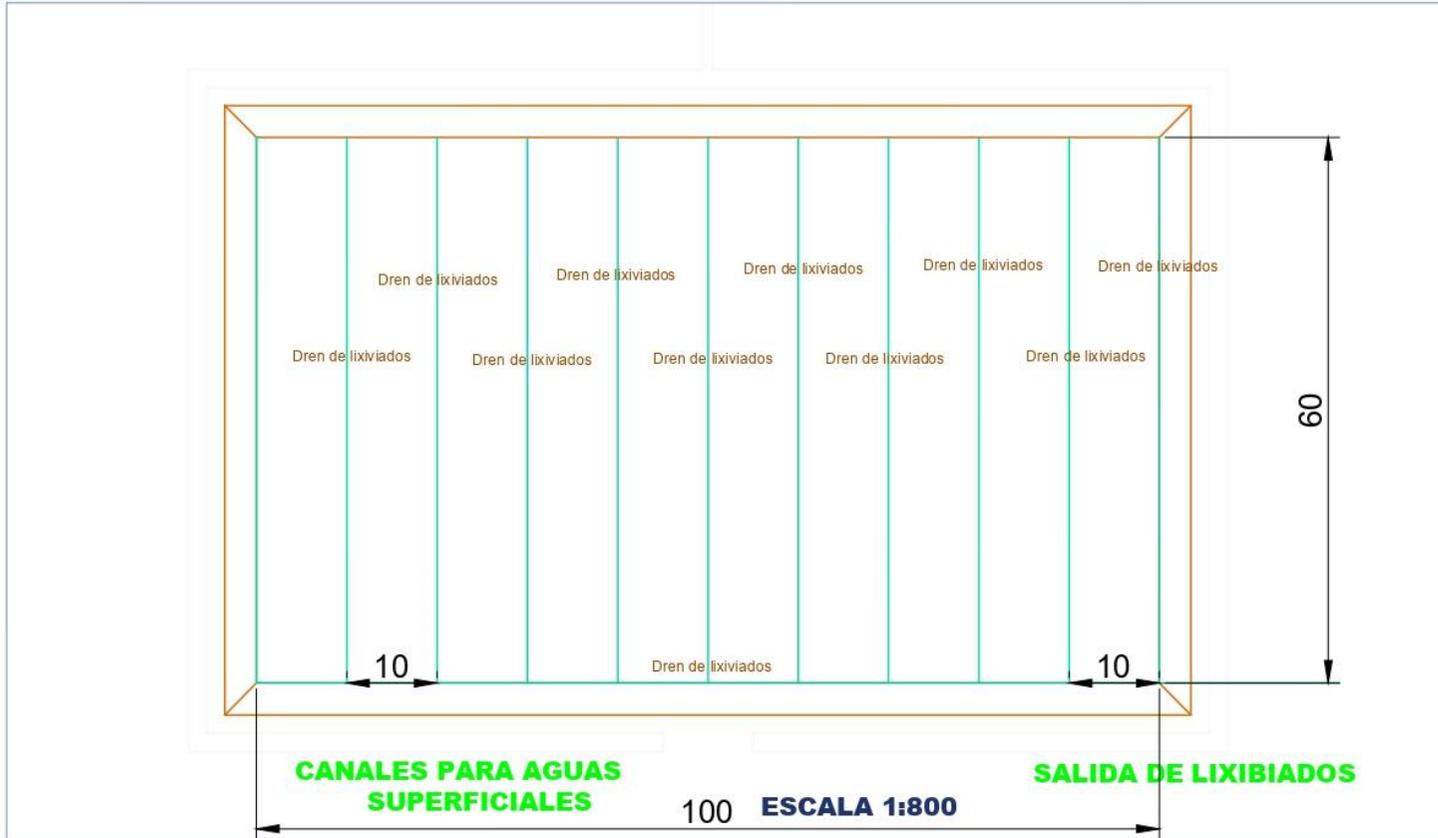
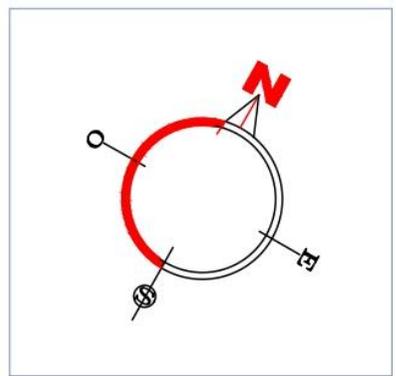
CONTIENE:

### VISTA EN PLANTA Y CORTE

TEBISTA	TEBISTA
POZO CRUZ BRYAN DANIEL	RENGIFO GARCIA MICHAEL ALEJANDRO
TUTOR: Ing. LUCREDA ALCVAR MORENO	ESCALA: ASIGNADA
FECHA: ENERO/ 2.023	LÁMINA 2/5



## RELLENO PARA ORGÁNICOS



OBRA:  
**RELLENO SANITARIO PARA RESIDUOS ORGÁNICOS**

CONTIENE:  
**VISTA EN PLANTA Y CORTE**

TEBTA

POZO CRUZ BRYAN DAHEL

TEBTA

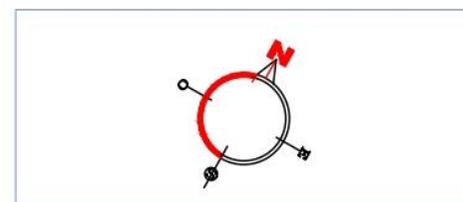
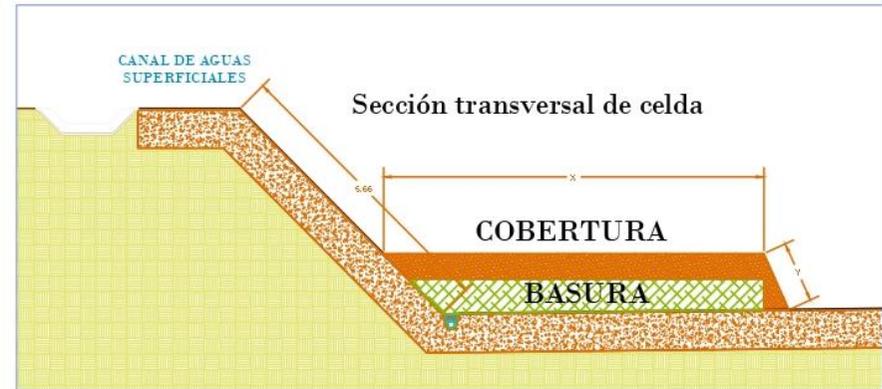
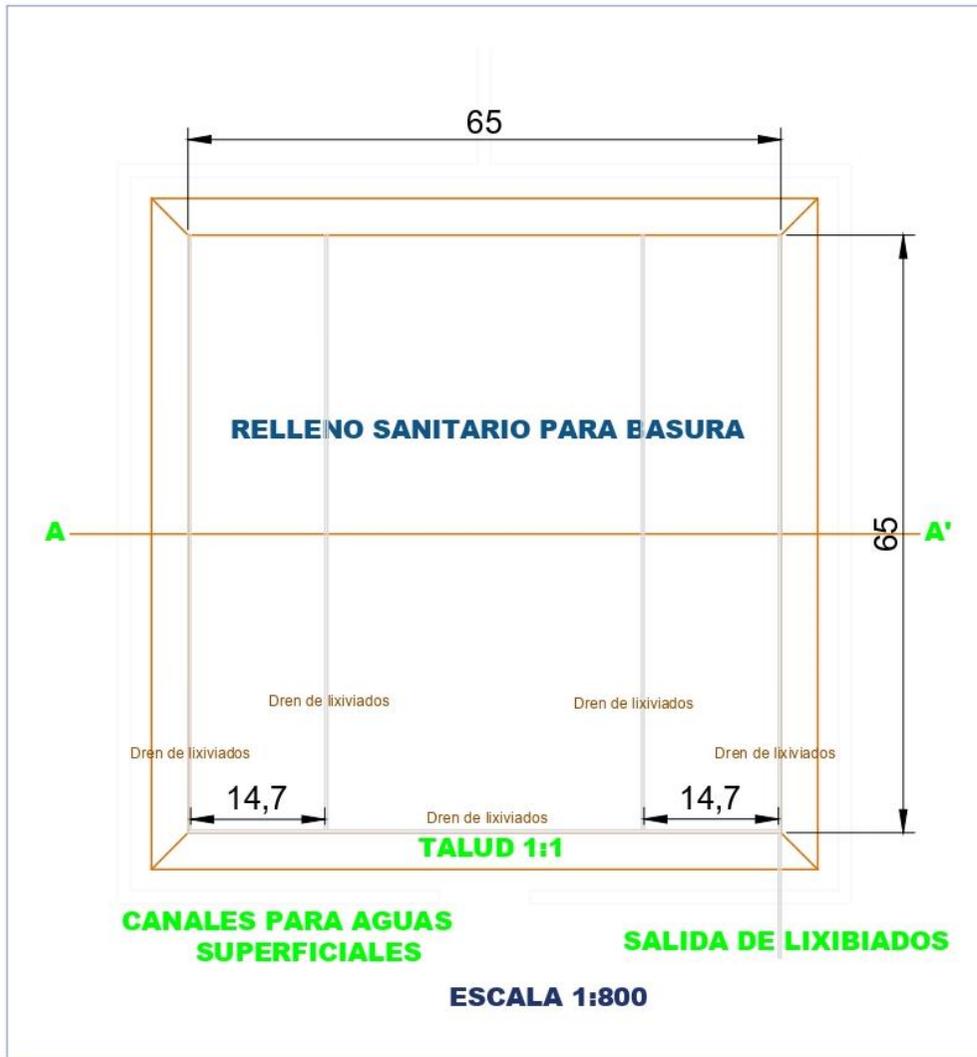
RENGIFO CARLO MICHAEL ALEJANDRO

TUTOR:  
Ing. Lucrécia Alchar Moreno

FECHA:  
ENERO / 2.023

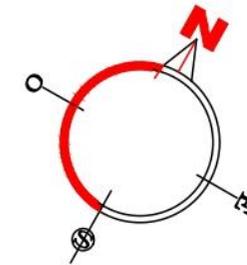
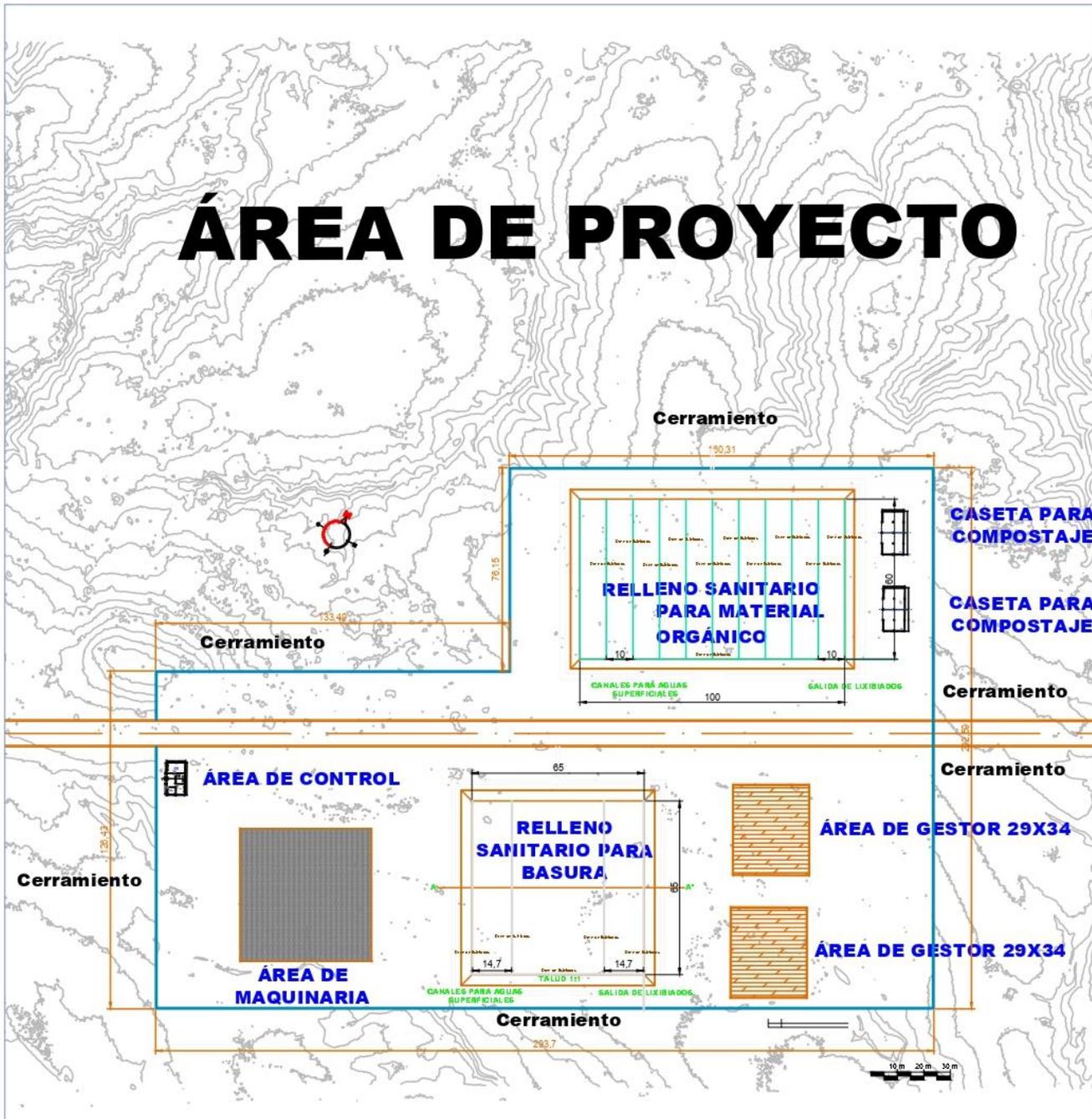
BICALA:  
ASIGNADA

LÁMINA:  
3/5



 <b>UPSE</b>	 <b>INGENIERIA CIVIL</b> <b>UPSE</b>	
OBRA: <b>RELLENO SANITARIO PARA RESIDUOS NO REUTILIZABLES</b>		
CONTIENE: <b>VISTA EN PLANTA Y CORTE</b>		
T B B I T A	T B B I T A	
POZO CRUZ BRUNA DA RIEL	FRANCISCO GARCIA MICHAEL ALEJANDRO	
TUTOR: Ing. Lucrécia Alicia Moreno	EDICIÓN: ASIGNADA	LÁMINA: 4/5
FECHA: ENERO/ 2.023		

# ÁREA DE PROYECTO



OBRA:  
SISTEMA DE GESTION DE RESIDUOS

CONTIENE:  
TOPOGRAFÍA E IMPLEMENTACIÓN DE ÁREAS

TESISTA  
POZO CRUZ BRYAN DANIEL

TESISTA  
RENGIFO GARCIA MICHAEL ALEJANDRO

TUTOR:  
Ing. Lucrecia Alcivar Moreno  
FECHA:  
ENERO/ 2.023

ESCALA:  
ASIGNADA

LÁMINA  
5/5



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Trabajo de Titulación:</b>	Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador
<b>Autores:</b>	Pozo Cruz Bryan Daniel Y Rengifo García Michael Alejandro
<b>Tutor:</b>	Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

**ANEXO II : ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**

**INFORMACIÓN OBTENIDA DEL DEPARTAMENTO DE EMASA Y DEL MUNICIPIO**

**RESUMEN**

**TOTAL TONELADAS DE LOS ULTIMOS 5 AÑOS**

<b>AÑOS</b>	<b>TONELADAS APROX</b>
<b>2020</b>	47221,30
<b>2019</b>	46980,1
<b>2018</b>	45860,8
<b>2017</b>	45320,2
<b>2016</b>	44650,6

<b>PROYECCIONES POBLACIONALES DEL CANTÓN SANTA ELENA</b>											
<b>PARROQUIAS</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
ATAHUALPA	3,64	3,735	3,831	3,927	4,025	4,124	4,223	4,324	4,425	4,526	4,629
CHANDUY	16,863	17,302	17,746	18,195	18,648	19,105	19,566	20,031	20,499	20,97	21,445
COLONCHE	32,278	33,119	33,969	34,828	35,696	36,571	37,453	38,343	39,239	40,141	41,05
MANGLARALTO	30,413	31,205	32,006	32,815	33,633	34,457	35,289	36,128	36,972	37,821	38,677
SAN JOSE DE ANCON	7,087	7,271	7,458	7,647	7,837	8,029	8,223	8,419	8,615	8,813	9,013
SANTA ELENA	54,798	56,224	57,668	59,126	60,6	62,084	63,582	65,094	66,615	68,146	69,688
SIMON BOLIVAR	3,397	3,485	3,575	3,665	3,756	3,848	3,941	4,035	4,129	4,224	4,32
<b>TOTAL</b>	<b>148,475</b>	<b>152,34</b>	<b>156,253</b>	<b>160,203</b>	<b>164,196</b>	<b>168,219</b>	<b>172,278</b>	<b>176,373</b>	<b>180,494</b>	<b>184,642</b>	<b>188,821</b>

Fuente: Censo INEC 2010 - Elaborado por: Equipo Técnico PDyOT - GADM Santa Elena 2014



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Trabajo de Titulación:</b>	Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador
<b>Autores:</b>	Pozo Cruz Bryan Daniel Y Rengifo García Michael Alejandro
<b>Tutor:</b>	Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

**ANEXO II : ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**  
**INFORMACIÓN OBTENIDA DEL PESAJE REALIZADO**

FAMILIAS	HABITANTES POR VIVIENDA	Martes 29/11/22			Jueves 1/12/22			Sábado 3/12/22																				
		Plásticos	Orgánicos	Otros	Plásticos	Orgánicos	Otros	Plásticos	Orgánicos	Otros																		
1	8	0,13	0,95	0,85	0,2	1,8	1,3	0,12	2,4	0,9																		
2	4	0,09	0,84	0,72	0,35	0,7	0,5	0,3	0,6	0,62																		
3	5	0,22	1,63	0,56	0,12	1,2	0,7	0,15	1,8	0,86																		
4	6	0,1	1,8	0,45	0,4	2,2	0,85	0,4	2,5	1,2																		
5	4	0,116	1,04	0,34	0,2	0,4	0,5	0,5	0,64	0,62																		
6	3	0,32	0,86	0,48	0,1	0,91	0,42	0,21	0,95	0,53																		
7	3	0,14	1,13	0,55	0,19	1,3	0,35	0,09	1,53	0,23																		
8	3	0,09	1,4	0,32	0,2	1,1	0,29	0,32	1,4	0,15																		
9	6	0,43	0,49	0,5	0,09	0,9	0,8	0,8	0,3	0,25																		
10	4	0,3	1,62	0,23	0,2	0,82	0,5	0,26	0,56	0,3																		
<b>PROMEDIO</b>		0,1936	1,176	0,5	0,205	1,133	0,621	0,315	1,268	0,566																		
			11,76				11,33				12,68																	
			TOTAL 1,87				TOTAL 1,96				TOTAL 2,15																	
	Porcentajes	10%			63%			27%			10%			58%			32%			15%			59%			26%		

Familia	Martes 6/12/22			Jueves 8/12/22			Sábado 10/12/22																					
	Plásticos	Orgánico	Otros	Plásticos	Orgánico	Otros	Plásticos	Orgánico	Otros																			
1	0,15	0,9	0,78	0,25	1,9	1,6	0,12	2,4	0,9																			
2	0,1	0,96	0,7	0,3	0,9	0,7	0,6	0,7	0,58																			
3	0,24	1,7	0,5	0,16	1,4	0,9	0,12	2	0,9																			
4	0,15	2,3	0,6	0,3	1,4	0,75	0,3	2,2	1																			
5	0,102	1,5	0,3	0,4	0,6	0,3	0,7	0,75	0,6																			
6	0,4	0,9	0,6	0,12	1	0,6	0,3	1,1	0,64																			
7	0,17	1	0,6	0,25	1,7	0,4	0,12	1,33	0,4																			
8	0,1	1,6	0,33	0,25	1,6	0,3	0,5	1,8	0,17																			
9	0,5	0,6	0,4	0,14	0,7	0,7	0,9	0,6	0,33																			
10	0,5	1,87	0,5	0,36	0,94	0,68	0,35	0,55	0,48																			
<b>PROMEDIO</b>	0,2412	1,333	0,531	0,253	1,214	0,693	0,401	1,343	0,6																			
		13,33				12,14				13,43																		
		TOTAL 2,11				TOTAL 2,16				TOTAL 2,34																		
	Porcentajes	11%			63%			25%			12%			56%			32%			17%			57%			26%		

Familia	Martes 13/12/22			Jueves 15/12/22			Sábado 17/12/22																					
	Plásticos	Orgánico	Otros	Plásticos	Orgánico	Otros	Plásticos	Orgánico	Otros																			
1	0,17	0,12	0,8	0,3	2,1	1,8	0,14	2,6	1																			
2	0,15	0,98	0,9	0,5	0,1	0,9	0,8	0,9	0,6																			
3	0,36	1,9	0,6	0,26	1,6	1	0,16	2,3	1																			
4	0,18	2,5	0,6	0,5	1,7	0,89	0,5	2,5	1,2																			
5	0,14	1,2	0,7	0,6	0,9	0,5	0,6	0,9	0,8																			
6	0,6	0,1	0,8	0,17	1,2	0,7	0,4	1,2	0,6																			
7	0,18	1,6	0,6	0,36	1,6	0,6	0,15	1,4	0,5																			
8	0,14	1,8	0,3	0,54	1,7	0,4	0,6	1,8	0,25																			
9	0,8	0,9	0,8	0,6	0,9	0,8	0,8	0,68	0,45																			
10	0,6	1,99	0,6	0,4	0,1	0,78	0,39	0,6	0,49																			
<b>PROMEDIO</b>	0,332	1,309	0,67	0,423	1,19	0,837	0,454	1,488	0,689																			
		13,09				11,9				14,88																		
		TOTAL 2,31				TOTAL 2,45				TOTAL 2,63																		
	Porcentajes	14%			57%			29%			17%			49%			34%			17%			57%			26%		

Familia	Martes 20/12/22			Jueves 22/12/22			Sábado 24/12/22																					
	Plásticos	Orgánico	Otros	Plásticos	Orgánico	Otros	Plásticos	Orgánico	Otros																			
1	0,2	0,1	0,9	0,4	2,4	1,7	0,7	2,9	0,96																			
2	0,3	1	0,1	0,6	1	0,9	0,9	0,9	0,8																			
3	0,4	1,2	0,8	0,28	1,4	1,2	0,5	2,5	0,9																			
4	0,36	2,5	0,9	0,6	1,8	0,6	0,6	2,6	1,2																			
5	0,14	1,9	0,6	0,5	1	0,48	0,9	0,9	0,9																			
6	0,58	1	0,8	0,36	1,5	0,6	0,8	1,6	0,87																			
7	0,19	1,3	0,9	0,48	1,6	0,5	0,56	1,7	0,6																			
8	0,15	1,8	0,45	0,5	1,78	0,6	0,78	2	0,52																			
9	0,6	0,9	0,6	0,29	0,9	0,8	0,9	1,2	0,66																			
10	0,6	1,9	0,9	0,58	0,99	0,9	0,6	0,99	0,7																			
<b>PROMEDIO</b>	0,352	1,36	0,695	0,459	1,437	0,828	0,724	1,729	0,811																			
		13,6				14,37				17,29																		
		TOTAL 2,41				TOTAL 2,72				TOTAL 3,26																		
	Porcentajes	15%			57%			29%			17%			53%			30%			22%			53%			25%		



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



<b>Trabajo de Titulación:</b>	Manejo de residuos sólidos mediante la implementación de un relleno sanitario y el uso de gestores de desechos en la cabecera cantonal de Santa Elena, Ecuador
<b>Autores:</b>	Pozo Cruz Bryan Daniel Y Rengifo García Michael Alejandro
<b>Tutor:</b>	Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, Mg.

**ANEXO II : ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS**

**INFORMACIÓN OBTENIDA DEL CUARTEO EFECTUADO EN EL VERTEDERO**

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO Y LA UTILIZACIÓN DE GESTORES DE RESIDUOS EN LA CABECERA CANTONAL DE SANTA ELENA, ECUADOR.										
FICHA DE MUESTREO DE RESIDUOS										
<b>ÁREA TOTAL:</b>		321,000 M <sup>2</sup>			<b>COORDENADAS:</b>	BRYAN POZO CRUZ, MICHAEL RENGIFO GARCIA				
<b>ÁREA DE MUESTREO:</b>		25M <sup>2</sup>								
<b>FECHA:</b>		11/11/2022								
DESECHOS ORGANICOS NO RECICLABLES (LIXIVIADOS)					DESECHOS RECICLABLES				NO RECICLABLES	TOTAL
PUNTO	ALIMENTOS	CARNES	FRUTAS	MADERA	PLASTICO	TELAS	VIDRIOS	ELECTRODOMESTICOS	VIARIOS	
1	8%	3%	5%	5%	60%	3%	8%	1%	7%	100%
2	6%	2%	7%	6%	56%	4%	11%	2%	6%	100%
3	9%	1%	4%	3%	70%	3%	5%	1%	4%	100%
4	5%	4%	5%	5%	63%	4%	7%	1%	6%	100%
5	10%	5%	4%	6%	60%	2%	4%	1%	8%	100%
6	7%	4%	8%	3%	66%	3%	5%	1%	3%	100%
7	7%	3%	7%	7%	54%	7%	7%	1%	7%	100%
8	9%	2%	6%	4%	61%	2%	6%	2%	8%	100%
9	12%	4%	2%	6%	58%	2%	8%	1%	7%	100%
10	6%	1%	6%	6%	63%	4%	6%	2%	6%	100%
11	5%	3%	6%	6%	65%	6%	5%	1%	3%	100%
12	4%	4%	4%	4%	66%	3%	7%	2%	6%	100%
13	5%	2%	5%	5%	59%	5%	9%	1%	9%	100%
14	8%	1%	8%	6%	56%	4%	8%	1%	8%	100%
15	5%	3%	5%	5%	64%	5%	7%	1%	5%	100%
<b>TOTAL</b>	7%	3%	5%	5%	61%	4%	7%	1%	6%	100%
	<b>15%</b>			<b>78%</b>				<b>7%</b>		