



Universidad de Guayaquil

**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO CIVIL

SANITARIA

**DISEÑO DE UNA CELDA EMERGENTE PARA UBICACIÓN
FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS
EN EL CANTÓN ISIDRO AYORA**

AUTORES: AYLIN STEFANIA ENRIQUEZ ROBALINO

MARÍA JOSÉ SUÁREZ MACÍAS

TUTOR: ING. ANDRES MARCEL VILLAMAR CARDENAS M. Sc.

GUAYAQUIL, ABRIL 2022

Agradecimiento

Agradecer a Dios es muy poco para todo lo que me ha ayudado a superar, sin Él no estaría en donde estoy ahora.

Agradezco la vida de mis padres quienes han sido de gran bendición para poder culminar esta etapa tan bonita de mi vida, gracias por todo, los amo.

Aylin Stefania Enríquez Robalino

Agradecimiento

En primer lugar, le agradezco a Dios por haberme permitido culminar esta etapa de mi vida, que empezó como un sueño y que ahora se hace realidad.

Agradezco de gran manera a mi madre Roció Suárez que es la persona más importante en mi vida, por seguirme apoyando y por darme fuerza y esperanza siempre.

A mis hermanos que son parte de mis ganas de seguir adelante y ser un buen ejemplo para ellos.

A mi familia en general por haberme ayudado siempre en todo lo que he necesitado, y a esos amigos que estuvieron conmigo en las buenas y las malas.

María José Suárez Macías

Dedicatoria

A Dios, porque me enseñó que no es en mi tiempo sino en el suyo, y que los planes que tiene preparado para mí son grandes, gracias por bendecirme día a día.

A mis padres y a toda mi familia en general que siempre estuvo dispuesta a brindarme un plato de comida cuando me tocaba quedarme todo el día en la universidad, o una cama en donde dormir y descansar, gracias por todo ustedes son mi mayor inspiración.

Aylin Stefania Enríquez Robalino

Dedicatoria

Dedico este proyecto de tesis con mucho respeto y admiración a mi querida abuela María Giler que en paz descanse por haber sembrado en mí, esas ganas de convertirme en una profesional.

A mi madre que es mi más grande inspiración y mi mejor amiga, se la dedico con mucho amor.

A mi abuela Benita Macías por su gran amor, y a toda mi familia en general que siempre ha estado pendiente de mí, los amo mucho.

María José Suárez Macías

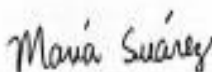
Declaración Expresa

Artículo XI.- del Reglamento Interno de Graduación de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este trabajo de titulación corresponden exclusivamente al autor y al Patrimonio Intelectual de la Universidad de Guayaquil.



Enriquez Robalino Aylin Stefania
0951014711



Suárez Macías María José
0955621644

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

JOSUE
EDILBERTO
RODRIGUEZ
SANTOS

Firmado digitalmente
por JOSUE EDILBERTO
RODRIGUEZ SANTOS
Fecha: 2022.05.11
15:45:23 -05'00'

ING. JOSUE RODRIGUEZ SANTOS, MSc.

PRESIDENTE DE TRIBUNAL



Firmado digitalmente por:
FRANKLIN
WILFRIDO
VILLAMAR BAJANA

ING. FRANKLIN VILLAMAR B., MSc.

PRIMER VOCAL



Firmado digitalmente por:
MANUEL IGNACIO
GOMEZ DE LA TORRE
GOMEZ

ING. GOMEZ DE LA TORRE MANUEL, MSc.

SEGUNDO VOCAL



Universidad de Guayaquil

ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE- TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Guayaquil, 27 de marzo de 2022

Ingeniero

Guillermo Pacheco Q., MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA CIVIL

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **DISEÑO DE UNA CELDA EMERGENTE PARA UBICACIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS EN EL CANTÓN ISIDRO AYORA** de los estudiantes **ENRIQUEZ ROBALINO AYLIN STEFANIA y SUÁREZ MACÍAS MARÍA JOSÉ**, indicando que han cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que los estudiantes están aptos para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Para más información contacte por correo:
ANDRÉS MARCEL
VILLAMAR
CARDENAS

Ing. Andrés Marcel Villamar Cardenas

C.C.: 0920430683

FECHA: 27/03/2022



ANEXO VII- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Habiendo sido nombrado VILLAMAR CÁRDENAS ANDRES MARCEL, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por estudiantes ENRIQUEZ ROBALINO AYLIN STEFANIA con C.C. 0951014711, y SUÁREZ MACÍAS MARÍA JOSÉ con C.C. 0955621644 con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de: INGENIERO CIVIL.

Se informa que el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA CELDA EMERGENTE PARA UBICACIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS EN EL CANTÓN ISIDRO AYORA, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 1% de coincidencia.



Document Information

Analyzed document	TRABAJO DE TITULACION ENRIQUEZ - SUAREZ.docx (D131745232)
Submitted	2022-03-28T04:22:00.0000000
Submitted by	Villamar Cardenas Andres Marcel
Submitter email	andres.villamarc@ug.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	andres.villamarc.ug@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	LUIS DAVID VACA ARIAS - PLAN DE TITULACIÓN CON NUEVO.docx Document LUIS DAVID VACA ARIAS - PLAN DE TITULACIÓN CON NUEVO.docx (D110868899)	1
SA	TESIS FINAL.pdf.pdf Document TESIS FINAL.pdf.pdf (D48398749)	5
SA	proyecto Diseño celda emergente.docx Document proyecto Diseño celda emergente.docx (D35411442)	2



ANDRES MARCEL
VILLAMAR
CARDENAS

Ing. Andrés Marcel Villamar Cardenas
C.C.: 0920430683
FECHA: 27/03/2022



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

Guayaquil, 2 de abril de 2022

Ingeniero

Guillermo Pacheco Quintana, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

FACULTAD CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del trabajo de Titulación **DISEÑO DE UNA CELDA EMERGENTE PARA UBICACIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS EN EL CANTÓN ISIDRO AYORA** de los estudiantes **ENRIQUEZ ROBALINO AYLIN STEFANIA y SUÁREZ MACÍAS MARÍA JOSÉ**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 13 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad. La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que los estudiantes **ENRIQUEZ ROBALINO AYLIN STEFANIA y SUÁREZ MACÍAS MARÍA JOSÉ** están aptos para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



FRANKLIN
WILFRIDO
VILLAMAR BAJAÑA

Ing. Franklin Wilfrido Villamar Bajaña

C.C.0904846276

FECHA:02/04/2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS

CARRERA: INGENIERIA CIVIL

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo/Nosotros, Aylin Stefania Enriquez Robalino con CI: 0951014711 y Maria Jose Suarez Macias con CI: 0955641644, certificamos que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es "DISEÑO DE UNA CELDA EMERGENTE PARA UBICACIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS EN EL CANTÓN ISIDRO AYORA" son de nuestra absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizamos la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

Enriquez Robalino Aylin Stefania
CI :0951014711

Suárez Macías María José
CI: 0955621644

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I Generalidades

1.1	Introducción.....	1
1.2	Planteamiento del Problema.....	2
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	Objetivo General.....	2
1.3.1.1	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>2</i>
1.4	Delimitación del Tema.....	3
1.5	Justificación e Importancia.....	3
1.6	Ubicación del Proyecto.....	4

CAPÍTULO II Marco Teórico

2.1	Antecedentes.....	5
2.2	Marco Legal.....	5
2.3	Bases Teórico-Científicas.....	10
2.4	Definición de Términos Básicos.....	12
2.4.1	Vertedero a Cielo Abierto.....	12
2.4.2	Desechos Sólidos.....	12
2.4.2.1	<i>Desechos Sólidos no Peligrosos.....</i>	<i>12</i>
2.4.2.2	<i>Clasificación de los Desechos Sólidos no Peligrosos.....</i>	<i>13</i>
2.4.2.3	<i>Disposición Final de los Desechos Sólidos no Peligrosos.....</i>	<i>14</i>
2.4.3	Caracterización de los Residuos Sólidos.....	14
2.4.4	Métodos para Caracterización de los Residuos Sólidos.....	14

2.4.4.1	<i>Método del Cuarteo</i>	14
2.4.4.2	<i>Método de Recolección Selectiva</i>	15
2.4.4.3	<i>Método de Caracterización y Viviendas</i>	15
2.4.5	<i>Población Futura</i>	15
2.4.6	<i>Población Última o Actual</i>	16
2.4.7	<i>Tasa de Crecimiento Población Fija</i>	16
2.4.8	<i>Producción Per Cápira</i>	16
2.4.9	<i>Celda Diaria</i>	17
2.4.9.1	<i>Cantidad de RSU a Disponer</i>	17
2.4.9.2	<i>Volumen de Celda Diaria</i>	18
2.4.9.3	<i>Dimensiones de la Celda</i>	18
2.4.9.3.1	<i>Área de la Celda</i>	18
2.4.9.3.2	<i>Largo o Avance de la Celda</i>	18
2.4.10	<i>Celda Emergente</i>	19
2.4.10.1	<i>Volumen y Área Requerida para la Celda Emergente</i>	19
2.4.10.1.1	<i>Cantidad de Desechos Sólidos no Peligrosos</i>	20
2.4.10.1.2	<i>Volumen de Desechos Sólidos Compactados</i>	20
2.4.10.1.3	<i>Volumen de Material de Cobertura</i>	20
2.4.10.1.4	<i>Volumen Anual de Desechos Sólidos Estabilizados</i>	21
2.4.10.1.5	<i>Volumen de Celda Emergente</i>	21
2.4.10.1.6	<i>Área Requerida para la Celda Emergente</i>	22
2.4.11	<i>Lixiviados</i>	23
2.4.11.1	<i>Método de Tratamiento de Lixiviados</i>	23
2.4.11.1.1	<i>Método de Balance Hídrico</i>	23
2.4.11.1.2	<i>Método Suizo</i>	24

2.4.11.2 Manejo y Tratamiento de Lixiviados.....	24
2.4.11.2.1 Tipos de Tratamiento de Lixiviados.....	25
2.4.12 Drenaje de Gases.....	25
2.4.13 Geomembrana.....	26
2.4.14 Suelo.....	26
2.4.15 Material de Cobertura.....	27
2.4.16 Período de Diseño.....	27
2.4.17 Vida Útil.....	27
2.4.18 Tipos de Rellenos Sanitarios Aplicados a Celdas Emergentes.....	27
2.4.18.1 Relleno Sanitario Mecanizado.....	27
2.4.18.2 Relleno Sanitario Semimecanizado.....	28
2.4.18.3 Relleno Sanitario Manual.....	29
2.4.19 Métodos de Construcción de Rellenos Sanitarios.....	29
2.4.19.1 Método de Zanja o Trinchera.....	30
2.4.19.2 Método de Área.....	30

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1 Tipo de Estudio.....	32
3.2 Población, Muestra y Muestreo.....	32
3.2.1 Población.....	32
3.2.2 Cálculo del Tamaño de la Muestra.....	32
3.3 Métodos, Técnicas e Instrumentos.....	33
3.3.1 Métodos de investigación.....	33
3.3.1.1 Método Inductivo.....	34
3.3.1.2 Método Deductivo.....	34

3.3.1.3 Método Descriptivo.....	34
3.3.2 Instrumentos.....	34
3.4 Plan de Procesamiento y Análisis.....	35
3.4.1 Proceso de Levantamiento de Información.....	35

CAPÍTULO IV

Desarrollo del Tema

4.1 Coordenadas del Lugar.....	36
4.2 Cálculo de la Población Futura.....	36
4.3 Cálculo y Composición de la Producción de Residuos Sólidos.....	37
4.4 Producción Per Cápita.....	39
4.4.1 Cálculo de la Producción Per Cápita Diaria.....	40
4.4.2 Cálculo de la Producción Per Cápita Anual.....	41
4.5 Cálculo de la Densidad In Situ.....	42
4.6 Generación de Desechos.....	43
4.6.1 Cantidad Diaria de Desechos Sólidos no Peligrosos.....	43
4.6.2 Cantidad Anual de Desechos Sólidos no Peligrosos.....	43
4.7 Cantidad Diaria de Desechos Sólidos no Peligrosos Depositados.....	44
4.8 Volumen de Desechos Sólidos no Peligrosos.....	44
4.8.1 Volumen Diario de Desechos Compactados.....	44
4.8.2 Volumen Anual de Desechos Compactados.....	45
4.8.3 Volumen Diario de Material de Cobertura.....	45
4.8.4 Volumen Anual de Material de Cobertura.....	45
4.8.5 Volumen Anual de Desechos Sólidos Estabilizados.....	45
4.8.6 Volumen Total de la Celda Emergente.....	46
4.9 Área Requerida.....	46
4.9.1 Área para la Celda Emergente.....	46

4.9.2	Área Total.....	47
4.10	Dimensiones de Celda Emergente.....	47
4.11	Área Entregada por el GAD Municipal de Isidro Ayora.....	49
4.12	Celda Diaria.....	49
4.12.1	Volumen de Celda Diaria.....	49
4.13	Dimensiones de la Celda.....	50
4.13.1	Área de la Celda Diaria.....	50
4.13.2	Largo de las Celdas Diarias.....	50
4.14	Generación de Lixiviados.....	52
4.14.1	Caudal de Lixiviado.....	52
4.14.2	Volumen de Lixiviado.....	53
4.15	Impermeabilización de Suelo.....	54
4.16	Sistema de Recolección de Lixiviados.....	55
4.16.1	Sistema de Drenes para Recolección de Lixiviados.....	55
4.17	Manejo del Biogás.....	56
4.17.1	Estimación de Cantidades de Biogás Generado.....	56
4.17.2	Chimeneas de Captación de Gases.....	56
4.17.3	Sistema de Ductos para Evacuación del Biogás.....	57
4.18	Cobertura Final de la Celda Emergente.....	58

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1	Conclusiones.....	60
5.2	Recomendaciones.....	61

Bibliografía

Anexos

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Mapa del Cantón Isidro Ayora.....	4
Ilustración 2: Método del Cuarteo.....	15
Ilustración 3: Relleno Sanitario Mecanizado.....	28
Ilustración 4: Relleno Sanitario Manual.....	29
Ilustración 5: Método de Trinchera o Zanja.....	30
Ilustración 6: Método de Áreas.....	31
Ilustración 7: Coordenadas del botadero a cielo abierto.....	36
Ilustración 8: Ubicación del Botadero a cielo abierto.....	36
Ilustración 9: Clasificación de los Desechos Sólidos no Peligrosos.....	38
Ilustración 10: Porcentaje de desechos sólidos generados.....	39
Ilustración 11: Valores de Producción Per Cápita de años anteriores.....	39
Ilustración 12: Pesaje de las fundas de desechos sólidos.....	40
Ilustración 13: Densidad del relleno estabilizado.....	43
Ilustración 14: Celda tipo diaria.....	49
Ilustración 15: Detalle de altura de celda diaria.....	50
Ilustración 16: Celda tipo Diaria.....	51
Ilustración 17: Celda tipo diaria volumen real.....	52
Ilustración 18: Especificaciones Técnicas de una Geomembrana.....	54
Ilustración 19: Espina de Pescado para recolección de lixiviados.....	55
Ilustración 20: Diseño tipo de instalación de chimeneas.....	57
Ilustración 21: Diseño tipo de chimenea de eliminación de biogás.....	58
Ilustración 22: Detalle tipo de cobertura fina.....	59

Índice de Tablas

Tabla 1: Ubicación Cantón Isidro Ayora.....	4
Tabla 2: Valor de "K" dependiendo del tipo de relleno.....	24
Tabla 3: Resumen de los diferentes tipos de tratamientos para los lixiviados.....	25
Tabla 4: Componentes de algunos gases.....	26
Tabla 5: Cálculo de la muestra.....	33
Tabla 6: Proyección de la población futura.....	37
Tabla 7: Resumen de la composición de la producción RSNP.....	38
Tabla 8: Volúmenes y áreas de celda emergente.....	48
Tabla 9: Resumen de Volúmenes Reales de la celda tipo diaria.....	51
Tabla 10: Estimacion caudal generado de lixiviados (Método Suizo).....	53
Tabla 11: Resumen de cálculo de caudales y volúmenes de lixiviados.....	54



**RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
(ESPAÑOL)**

**FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS Y
FÍSICAS CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

Título Del Trabajo De Titulación: **DISEÑO DE UNA CELDA
EMERGENTE PARA UBICACIÓN
FINAL DE LOS DESECHOS
SÓLIDOS NO PELIGROSOS EN
EL CANTÓN ISIDRO AYORA**

Autores: Aylin Stefania Enríquez Robalino
María José Suárez Macías

Tutor: Ing. Andrés Marcel Villamar Cárdenas M. Sc.

RESUMEN

El presente proyecto detalla cálculos que se realizaron para el diseño de una celda emergente que se llevará a cabo en el Cantón Isidro Ayora que tiene como finalidad el buen manejo de la disposición de los desechos sólidos que se generan en el Cantón, se podrán ver estimaciones de la población de diseño y la producción per cápita del Cantón. Realizamos cálculos de generación de desechos sólidos y el volumen compactado diariamente para obtener los cálculos anuales de producción y volúmenes de desechos sólidos, se estableció el área en hectáreas que ocuparía la celda emergente, se realizaron cálculos estimados de la generación de lixiviados, se explica sobre los drenes en forma de espina de pescado que suelen utilizarse para la recolección de lixiviados, las chimeneas para la quema de gases y el material de cobertura que se usa al llegar a su ciclo final.

PALABRAS CLAVES: CELDA, LIXIVIADOS, DESECHOS, BIOGÁS, DRENES.

**RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)****FACULTAD: CIENCIAS MATEMÁTICAS
Y FÍSICASCARRERA: INGENIERÍA CIVIL****Title Of the Degree Project:****DESIGN OF AN EMERGING CELL FOR
THE FINAL LOCATION OF NON-
HAZARDOUS SOLID WASTE IN THE
CANTON ISIDRO AYORA****Authors:** Aylin Stefania Enríquez Robalino
María José Suárez Macías**Advisor:** Ing. Andrés Marcel Villamar Cárdenas M. Sc.**ABSTRACT**

This project details calculations that were made for the design of an emerging cell that will be carried out in the Canton Isidro Ayora, which has as its purpose the proper management of the disposal of solid waste generated in the Canton, estimates can be seen of the design population and the per capita production of the Canton. We made calculations of solid waste generation and the volume compacted daily to obtain the annual calculations of production and volumes of solid waste, the area in hectares that the emerging cell would occupy was established, estimated calculations of the generation of leachate were made, it is explained about the herringbone-shaped drains that are usually used for leachate collection, the chimneys for burning gases and the covering material that is used when reaching its final cycle.

KEY WORDS: CELL, LEACHATE, WASTE, BIOGAS, DRAINS.

CAPÍTULO I

Generalidades

1.1 Introducción

En la actualidad el manejo global de los desechos sólidos peligrosos y no peligrosos en el Ecuador está a cargo de cada gobierno autónomo descentralizado municipal, ya sea de un Cantón o de una Provincia, los cuales organizan la disposición de dichos desechos.

La sobrepoblación y el consumismo son factores negativos que han incrementado la acumulación de desechos en diferentes lugares, y adicional a esto la mala disposición de los residuos sólidos no peligrosos, puede dar cabida a una contaminación por medio de la producción de lixiviados que son sustancias nocivas que proceden de la descomposición de la basura, debido a esto, el manejo de los desechos sólidos no peligrosos hoy en día, es un proceso muy importante, ya que, ayuda a disminuir la contaminación del planeta.

Debido al aumento de los botaderos a cielo abierto y el impacto ambiental que producen los gases tóxicos provenientes de la descomposición de la basura, se ha optado por el uso de celdas emergentes las cuales cumplen diferentes funciones como la recolección de lixiviados y cuentan con una vida útil que va de 2 a 3 años como máximo.

El diseño de celdas emergentes se ha convertido en un tratamiento técnico que se realiza a los desechos sólidos no peligrosos, convirtiéndose hoy en día en unos de los principales reemplazos de los botaderos a cielo abierto.

Las celdas emergentes han sido creadas con el propósito de mitigar los impactos ambientales producidos por los desechos sólidos no peligrosos y aunque se siguen

implementando diferentes formas de tratar estos desechos, las celdas emergentes seguirán siendo igual de importantes.

1.2 Planteamiento del Problema

El Cantón Isidro Ayora cuenta actualmente con un botadero a cielo abierto, que no cuenta con el debido manejo de todos los desechos que llegan allí, y esto provoca afectaciones directamente al medio ambiente y al suelo. Y aunque este botadero cuenta con una propuesta de celda de cierre, aun así, los nuevos desechos sólidos que llegarían a este lugar, no tendrían un lugar adecuado en donde ser depositados, lo cual seguiría causando impactos ambientales y posibles afectaciones a salud de los moradores.

Con lo anteriormente planteado podemos deducir las siguientes interrogantes:

¿Cómo estimamos el volumen de desechos sólidos no peligrosos que se generan en el Cantón? Y ¿Cuál es el diseño adecuado para la celda emergente del Cantón Isidro Ayora?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Diseñar una celda emergente en el Cantón Isidro Ayora de la provincia del Guayas, para la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, realizando las estimaciones y cálculos necesarios.

1.3.1.1 Objetivos Específicos.

Determinar el volumen tanto diario como anual de los residuos sólidos urbanos generados por la población del Cantón Isidro Ayora, para el diseño de la celda emergente de residuos sólidos no peligrosos.

Definir el horizonte de diseño del proyecto conforme el área requerida y la disponibilidad de terrenos del GAD municipal de Isidro Ayora.

Desarrollar el diseño de la celda emergente para la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos.

1.4 Delimitación del Tema

La presente investigación plantea el diseño de una celda emergente para la destinación de los desechos sólidos no peligrosos, con el propósito de mejorar su disposición final.

Este proyecto tiene como principal objeto la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos pertenecientes del Cantón Isidro Ayora ubicado en la provincia del Guayas.

1.5 Justificación e Importancia

El aumento de población está en constante crecimiento en todas partes del mundo y, el cantón Isidro Ayora no está exento de esto, a medida que la población aumenta el incremento de desechos sólidos no peligrosos también, contar con un lugar que cumpla con las condiciones ambientales necesarias es vital para el cantón asegurando el bienestar de los habitantes y todo lo que rodea el paradero final de estos desechos, es por esto que, se realizará la creación de una celda emergente a la cual se enviarán todos estos desechos sólidos no peligrosos con el fin de que cumplan su ciclo final sin consecuencias a largo plazo.

1.6 Ubicación del Proyecto

La ubicación de la celda emergente se encuentra dentro del Cantón Isidro Ayora perteneciente a la provincia del Guayas, a 56.0 km su acceso es a través de la vía principal, Guayaquil - Pedro Carbo, a la vía de primer orden con salida a la provincia de Manabí.

Tabla 1: Ubicación Cantón Isidro Ayora

Latitud	-1.88333
Longitud	-80.1667
Sur	1°52'60"
Oeste	80°10'0"

Fuente: (GAD Isidro Ayora, 2020)

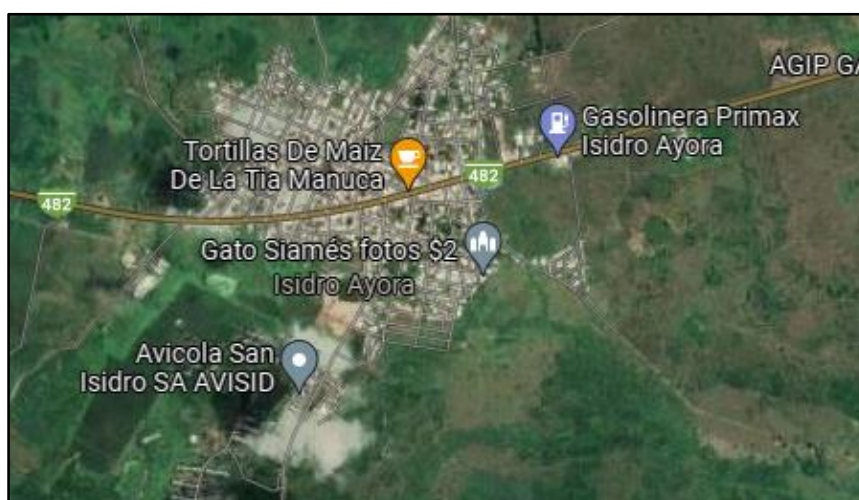


Ilustración 1: Mapa del Cantón Isidro Ayora

Fuente: (GOOGLE MAPS, 2021)

CAPITULO II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

Isidro Ayora es un Cantón con una población que se caracteriza por sus zonas comerciales a nivel de la avenida principal. Desde hace 8 años en el Cantón Isidro Ayora, se han dispuesto en un botadero a cielo abierto todos los desechos sólidos no peligrosos que se generan en el Cantón, el cual no cumple con las especificaciones técnicas que debería tener, ni mucho menos con controles sanitarios regularizados por los departamentos ambientales de cada cantón o provincia, adicional a esto se cree que esté botadero se encuentra generando impactos negativos ambientales debido a la inadecuada disposición de los desechos sólidos.

El botadero ubicado en el Cantón Isidro Ayora, ha llegado a su ciclo final actualmente, y se está llevando a cabo la planificación de la creación de una celda de cierre técnico según información proporcionada por el GAD Municipal del Cantón, necesitando así, después de este cierre, el diseño de una celda emergente que recepte todos los desechos sólidos no peligrosos que se empiecen a generar y de esta forma hacer un buen manejo y una buena disposición de los desechos sólidos no peligrosos del lugar.

2.2 Marco Legal

Para el desarrollo del diseño de la celda emergente, es de suma importancia revisar y conocer el marco legal vigente que se encarga de la regularización del manejo de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos no peligrosos del Municipio del Cantón o Provincia presente.

Constitución de la República del Ecuador

Publicada en el registro oficial N.- 449 de fecha lunes 20 de octubre del 2008

Sección segunda Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético de país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (GAD Isidro Ayora, 2020)

**Código Orgánico Territorial Autonomía y Descentralización Registro Oficial
Suplemento 303 de 19-oct.-2010 Última modificación: 09-dic.-2016.**

Art 55 literal d). - Determina que en sus competencias exclusivas los gobiernos autónomos presentaran los servicios públicos de agua potable, alcantarillado. Depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquello que establezca la ley.

Acuerdo Ministerial N 052 reforma al acuerdo 031 del 17 de mayo del 2013

En su **Art.2.- numeral 4.10.1.1.5.1. Implementación de celda emergente.** – En el caso de existir impactos negativos severos al ambiente y a la salud pública por la mal disposición de los desechos sólidos y/o por que el botadero está por llegar al límite de su capacidad de recepción, las entidades responsables, previo acuerdo con otro regulado cercano, podrán disponer sus desechos sólidos en el sitio de disposición final de este último siempre y cuando este regularizado ambientalmente; si no fuera posible contar con esta alternativa, el regulado implementará una celda emergente en

el botadero actual o en el nuevo sitio el cual deberá poseer una superficie mínima requerida para posteriormente implementar el relleno sanitario con sus respectivas obras complementarias, siempre y cuando cumpla con lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador y la Normativa Ambiental Vigente.

Ordenanza Municipal Cantón Isidro Ayora: Que regula la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, de las infracciones, las sanciones y la tasa por el servicio de recolección de desechos.

Título I

Del sistema integral de residuos sólidos

Capítulo I

Objeto, ámbito, principios y fines

Artículo 1.- Objeto. - La presente ordenanza tiene por objeto regular el funcionamiento de la gestión integral de residuos sólidos del Cantón Isidro Ayora, para garantizar el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, en armonía de los derechos de la Naturaleza.

Capítulo II

Generalidades y competencias

Artículo 10.- La recolección, disposición final y tratamiento de los residuos sólidos en general, es obligación de la Jefatura de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Isidro Ayora, con la participación de los Recintos, Instituciones públicas, privadas y habitantes en general.

Título IV

De las fases de la gestión integral de residuos sólidos

Capítulo I

De la generación y almacenamiento inicial

Artículo 20.- Generación. – Para efectos de la presente ordenanza, la generación es la producción de residuos sólidos a cargo de toda persona natural o jurídica o colectiva del Cantón, quienes serán considerados como generadores. Será obligación de estos realizar el acopio y almacenamiento inicial.

Capítulo III

De la recolección y transporte de los residuos sólidos

Artículo 32.- Servicio de la recolección ordinaria. – Son objeto de la recolección ordinaria los residuos sólidos ordinarios productos por las actividades domésticas no peligrosas, viales, industriales no peligrosas. Comerciales, institucionales, están incluidos en el servicio de la recolección ordinaria.

Capítulo IV

Reducción, aprovechamiento y tratamiento de Residuos Sólidos

Artículo 44.- Tecnologías alternativas. - El municipio evaluará nuevas formas de industrialización de los residuos sólidos, en especial aquellos que promueven la generalización de energía y consecuentemente incentivara la utilización de materiales desechados, previa selección de producción. Para este propósito analizara la instalación y operación de centros de tratamiento de residuos sólidos, con el objetivo de utilizarlos en las diferentes actividades de aprovechamiento.

Artículo 45.- La disposición final de los residuos sólidos no peligrosos solo podrá hacerse en la Celda Emergente o relleno sanitario del Cantón Isidro Ayora, que será manejado técnicamente por la Jefatura de Gestión Ambiental o quien haga sus veces. Por lo tanto, aquellas personas que dispongan de residuos en lugares no autorizados serán sancionadas. La disposición final de los desechos no peligrosos, se lo realizará de manera clasificada o compactada.

En los lugares considerados como rellenos sanitarios no se recibirán aquellos residuos con características diferentes a aquellas aprobadas y aceptadas en la licencia ambiental respectiva.

Artículo 46.- Las iniciativas comunitarias, sean en barrios o recintos, sobre la disposición final y el procesamiento de los residuos sólidos, deberán contar con la aprobación del GADMIA a través de la Jefatura de Gestión Ambiental y el Ministerio del Ambiente, según sea el caso.

Artículo 47.- Instalaciones del sitio de disposición final. – En el relleno sanitario se podrán instalar plantas para el aprovechamiento, reciclaje compostaje, tratamiento mecánico biológico de residuos y recuperación energéticas y otros similares.

Artículo 48.- Requerimientos técnicos: el relleno sanitario deberá cumplir con las normas vigentes para su construcción y operación para evitar problemas de contaminación y se deberá observar la planificación para el desarrollo territorial.

- a) El relleno sanitario contará con un manejo técnico para evitar problemas de contaminación de las aguas subterráneas, superficiales, del aire, los alimentos y del suelo mismo, este estará bajo responsabilidad de la Jefatura de Gestión Ambiental o unidad competente del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Isidro Ayora.
- b) Se controlará el relleno sanitario estrictamente como lo describe el manual de operación y mantenimiento.

- c) El relleno sanitario no se ubicará en zonas donde se ocasione o afecte negativamente daños de los recursos hídricos, flora, fauna, zonas agrícolas, paisaje natural, bienes culturales, proyectos de desarrollo regional o nacional.

2.3 Bases Teórico-Científicas

Hay objetos o materiales que son desechos en determinadas situaciones, mientras que en otras se aprovechan. Diariamente arrojamos a la basura una gran cantidad de artículos que podrían ser utilizados nuevamente. Muchos desechos se pueden reciclar si se disponen de las tecnologías adecuadas y además el proceso es económicamente rentable. Una buena gestión de los desechos persigue precisamente no perder el valor económico y la utilidad que pueden tener muchos de ellos y usarlos como materiales útiles en vez de desecharlos. (Carlos, 2009)

Los estudios de (Liamsanguan, 2007) y (Emery A., 2007) muestran que los desechos sólidos municipales pueden gestionarse mediante el análisis del ciclo de vida.

(Emery A., 2007) compara la incineración, el relleno de tierra, el reciclaje y el abono. Determino que la incineración es más favorable que los demás procedimientos, sin embargo, los altos costos operativos hacen que esta opción no sea la mejor desde el punto de vista económico y ambiental. Concluye afirmando que la gestión de desechos sólidos no peligrosos debe realizarse de forma íntegra, es decir, combinando varias opciones para obtener un beneficio económico y ambiental.

Generalmente la gestión de los desechos sólidos no peligrosos comprende cuatro actividades (Carlos, 2009).

Reducción en el origen: que es la forma más efectiva de reducir la cantidad de desechos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. Los desechos pueden reducirse a través del diseño, la producción y el envasado de productos con mínimo material toxico, mínimo volumen de material, una vida útil más larga y la reutilización del producto y los materiales. (Carlos, 2009)

Reciclaje: que implica la separación y recogida de materiales de desechos no peligrosos, la preparación de estos materiales con miras a la reutilización, la reprocesamiento y la transformación en nuevos productos. Es necesario un mercado confiable y cercano para los materiales recuperados con fin de tener un programa de reciclaje satisfactorio. Adicionalmente, los programas de reciclaje requieren una infraestructura de recolección y procesamiento que permita un abastecimiento confiable y consistente de material recuperado para los fabricantes. Entre los materiales recuperados más comúnmente utilizados en el reciclaje tenemos: aluminio, papel y cartón, vidrio, plásticos y materiales terrosos como hierro y acero. (Carlos, 2009)

Transformación de desechos: mediante operaciones que alteran su composición química, física o bilógica. Un ejemplo de esta transformación lo que constituye la combustión y la producción de abono.

Vertido: que implica la evacuación controlada de desechos encima o dentro del manto de la tierra. Es el método más común, pero el menos deseado para tratar los desechos sólidos. (Carlos, 2009)

2.4 Definición de Términos Básicos

2.4.1 Vertedero a Cielo Abierto.

Es el lugar donde se ubica a los desechos sólidos no peligrosos sin ningún tipo de manejo o control; en este lugar los residuos no se cubren ni compactan diariamente, existen recicladores que a diario ponen su salud en riesgo al exponerse en estos lugares tratando de aprovechar el poco uso que se le puede dar a ciertos desechos adicional a esto en estos lugares no existe ningún tipo de control sanitario ni se procura el impacto negativo de la contaminación al medio ambiente, tanto el aire, agua y suelo se encuentran expuestos a formación de gases y líquidos lixiviados. (Vargas, 2018)

2.4.2 Desechos Sólidos.

Según (OMS, 2013) corresponden a todo tipo de desperdicios únicamente en estado sólido, que provienen de la actividad del ser humano y las escorias que resultan de fenómenos naturales causantes de catástrofes. Dentro de estos está incluida la basura domiciliar, conformada por residuos de alimentos, envolturas, polvo, etc.

Por lo general son sólidos que no volverán a ser utilizados y que necesitan ser desechados en un lugar donde cumplan su ciclo de descomposición final.

2.4.2.1 Desechos Sólidos no Peligrosos.

Todos los residuos que se generan a nivel doméstico como industrial pueden ser residuos peligrosos o residuos no peligrosos. Por eso, diferenciarlos y llevar una correcta gestión de residuos de los mismos es de vital importancia. En esta situación, las empresas de recogida de residuos son grandes aliadas, ya que tienen la capacidad de identificar cuáles son peligrosos y cuáles no. (Redes, 2019)

Para que quede un poco más claro, vamos a centrarnos en los residuos que consideramos no peligrosos. Estos residuos son aquellos materiales que no tienen ningún riesgo para la salud ni contaminan el medio ambiente. Estos desechos pueden presentarse en estado sólido o semisólido, como por ejemplo cartones, chatarra, madera, colchones, vegetales y desechos alimenticios no infectados, entre otros. (Redes, 2019)

2.4.2.2 Clasificación de los Desechos Sólidos no Peligrosos.

Muchos de estos residuos no peligrosos pueden reciclarse, por lo que gestionarlos bien se traduce en beneficios económicos de reutilización de los materiales, así como en una mejora significativa para el medio ambiente (Redes, 2019). Se los clasifica de la siguiente forma:

Desechos Urbanos o Municipales.- que son aquellos que se generan en las casas, oficinas, comercios y servicios.

Desechos Inertes.- aquellos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; es decir, que no son solubles ni combustibles ni reaccionan físicamente o químicamente. Tampoco dan lugar a contaminación de aguas ni suelos, ni pueden perjudicar la salud.

Desechos de construcción y demolición.- que son todos aquellos desechos que se generen en una obra de construcción o demolición.

Desechos no peligrosos valorizables.- aquellos materiales que suelen entregarse a gestores para su reciclaje, como por ejemplo cartón, plástico, papel de embalaje, chatarra, etc. (Redes, 2019)

2.4.2.3 Disposición final de los Desechos Sólidos no Peligrosos.

La disposición final de los residuos es un proceso complejo y que tiene un costo significativo para las finanzas de un municipio. Un sitio que opera como relleno sanitario requiere personal directivo profesional con conocimientos y experiencias en este tipo de actividades, a trabajadores especialistas (para operación de maquinaria y organización de la disposición) y también requiere de un presupuesto anual de acuerdo con el tamaño del sitio y el tonelaje de residuos que recibe semanalmente. (Pérez, 2012)

2.4.3 Caracterización de los Residuos Sólidos.

Es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos no peligrosos. La caracterización de residuos se realiza a través de diferentes estudios, de los cuales se obtienen datos tales como: la cantidad, densidad, composición y humedad de los residuos sólidos. (Ministerio del Ambiente, 2010)

2.4.4 Métodos para Caracterización de los Residuos Sólidos.

2.4.4.1 Método del Cuarteo.

Este método nos sirve para conocer la composición de residuos que entran al relleno de una ruta específica. Por ejemplo, podemos conocer la composición de un estrato específico, el porcentaje de material orgánico que puede salir de las plazas de mercado, la fracción de material inorgánico que no esta siendo aprovechado, la cantidad de material inservible que produce una ciudad, etc. (Rendón, 2012)



Ilustración 2: Método del Cuarteo

Fuente: (GOOGLE, 2022)

2.4.4.2 Método de Recolección Selectiva.

Consiste en recolectar los residuos sólidos antes del paso del carro recolector, o recolectar con el vehículo y diferenciar las bolsas que se van a caracterizar depositándolas en costales para que no se mezcle la muestra que se va a aforar con la recolección diaria del vehículo. (Rendón, 2012)

2.4.4.3 Método de Caracterización y Viviendas.

Este método se realiza caracterizando los residuos sólidos aforados en cada vivienda. Esta forma de realizar caracterizaciones es la más exacta pero la menos aplicada dada su complejidad. (Rendón, 2012)

2.4.5 Población Futura

Se considera población fija a las personas que habitan en un lugar en específico de forma permanente y duradera, esto permite calcular la densidad poblacional de la zona de estudio y potencial de crecimiento, en este caso el método geométrico. (INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2001)

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Ecuación 1: Población Futura

Donde:

Pf= Población Futura (habitantes)

Pa= Población Actual (habitantes)

r= Tasa de crecimiento poblacional

n= periodo de diseño (años)

2.4.6 Población Última o Actual.

La población última o futura toma en cuenta a los habitantes que viven en zonas urbanas y rurales, de acuerdo a la entidad encargada de la recopilación de datos demográficos. (INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2001)

2.4.7 Tasa de Crecimiento Población Fija.

Representa el crecimiento de la población anualmente además forma parte principal en la estimación de la población fija futura. (Manglaralto, 2014), para Isidro Ayora se ha establecido una tasa de crecimiento poblacional del 2.6%.

2.4.8 Producción Per Cápita.

Según (Villegas, 2012). Es la relación entre (kg/Hab-día), también es posible relacionar la cantidad de desechos sólidos producidos por vivienda, o sea, kg/vivienda-día, la producción per cápita muestra el porcentaje de producción de residuos de cada habitante de un lugar.

Según (INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2001) la generación per cápita tiene un incremento del 1% por año. La siguiente ecuación muestra lo anterior descrito:

$$PPC = \frac{\text{Cantidad RSU generados en un día}}{\text{Número de habitantes} * \text{tiempo}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{hab} - \text{día}} \right)$$

Ecuación 2: Producción Per Cápita

2.4.9 Celda Diaria

Según (Gavilanes, 2011) es una unidad básicas de construcción del relleno sanitario está constituida por la cantidad de desechos sólidos que llegue y se dispone en un día de trabajo y por la tierra necesaria para cubrirla.

Para avalar una estabilidad mecánica acorde a las necesidades constructivas de los terraplenes, se sugiere que su altura oscile entre 1 y 2 metros, ya que, durante las actividades de operación manual, se alcanza un grado de compactación baja.

Las capas de desechos sólidos no peligrosos para ser compactados, oscilan en un rango de 0.20 a 0.30 m. (López & Soria, 2021)

El material de cobertura correspondiente que se coloca como capa de sellado, de los residuos dispuestos, oscila entre un 20 y 25% del volumen del relleno de la celda emergente; en términos generales se recubre diariamente con tierra o algún material de similares características del lugar, con un espesor de 0.10 a 0.20 m. (López & Soria, 2021).

Para la capa final se emplea un espesor de 0.40 a 0.60 m. y en medida de los posible colocar vegetación para asegurar el sostenimiento del terraplén en conjunto con cada uno de sus niveles. (López & Soria, 2021)

2.4.9.1 Cantidad de RSU a Disponer.

Se calcula a partir de la premisa cantidad diaria producida, a continuación:

$$RSU_{CE} = RSU * \left(\frac{7}{d_{hb}} \right)$$

Ecuación 3: Cantidad de RSU (Ton/día)

Donde:

RSU_{CE} = Cantidad de RSU (Ton/día)

RSU = Cantidad de RSU producidos en un día (Ton/día)

d_{hb} = Días hábiles o laborables en una semana (5 o 6 días)

2.4.9.2 Volumen de Celda Diaria.

$$V_c = \frac{RSU_{CE}}{DC_{rsu} * m.c}$$

Ecuación 4: Volumen de Celda Diaria (m^3)

Donde:

V_c = Volumen de celda diaria

RSU_{CE} = Cantidad media diaria de RSU en el relleno sanitario (Kg/día)

DC_{rsu} = Densidad de los RSU recién compactados en la celda emergente manual
400-500 (Kg/día)

$m.c$ = Material de cobertura (20 – 25% del volumen de la celda emergente)

2.4.9.3 Dimensiones de la Celda.

2.4.9.3.1 Área de la Celda.

$$A_c = \frac{V_c}{h_c}$$

Ecuación 5: Área de la Celda Diaria (m^2)

Donde:

V_c = Volumen de la celda diaria en m^3

A_c = Área de la celda en m^2

h_c = Altura de la celda en m

2.4.9.3.2 Largo o Avance de la Celda.

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

Ecuación 6: Largo o avance de la Celda

Donde:

a = Ancho de la celda (3 a 6 m)

I = Depende de las variaciones normales del ingreso de la basura, y del ancho “a” adoptado.

2.4.10 Celda Emergente.

Se las puede llegar a considerar como un relleno sanitario con una vida útil muy corta a diferencia de una relleno sanitario común.

Es una celda técnicamente diseñada, donde se depositan temporalmente los desechos sólido no peligrosos, los mismos que deberán tener una compactación y cobertura diaria con material adecuado, poseer los sistemas de: evacuación de biogás, recolección de lixiviados, desviación de las aguas de la escorrentía; hasta la habilitación del sitio de disposición final, tecnica y ambientalmente regularizado. (Nuñez, 2013)

Para la adecuada operación de la celda emergente, se deberá contar con las siguientes unidades complementarias:

- Celda para la disposición de desechos sanitarios.
- Conducción, almacenamiento y tratamiento de lixiviados.

El período de vida útil tanto de la celda emergente como de las unidades complementarias, no deberá ser menor a un año, ni mayor a 2 años. (Nuñez, 2013)

2.4.10.1 Volumen y Área Requerida para la Celda Emergente.

Para realizar los cálculos de volumen y área se consideran los siguientes parámetros:

- La producción total de RSU
- La cobertura de recolección
- La densidad de los RSU estabilizados en la celda emergente.

- La cantidad del material de cobertura correspondiente (20-25%) del volumen compactado de los RSU.

2.4.10.1.1 *Cantidad de Desechos Sólidos no Peligrosos.*

$$RSU_{CE} = \frac{7 \text{ días} * RSU}{dh}$$

Ecuación 7: Cantidad de RSU diarios depositados (kg/día)

Donde:

RSU_{CE} = Cantidad de RSU diarios depositados (kg/día).

RSU = Cantidad de RSU diarios generados (kg/día)

dh = Días hábiles

2.4.10.1.2 *Volumen de Desechos Sólidos Compactados.*

$$V_{dc} = \frac{RSU}{DC_{rsu}}$$

Ecuación 8: Volumen de RSU diarios compactados (m³/día)

$$V_{ac} = V_{dc} * 365$$

Ecuación 9: Volumen de RSU anual compactados (m³/año)

Donde:

V_{dc} = Volumen de RSU diario compactado (m³/día).

V_{ac} = Volumen de RSU anual compactado (m³/año).

RSU = Cantidad de RSU diarios generados (kg/día)

365= Un año (días)

DC_{rsu} = Densidad de los RSU recién compactadosm400-500 (Kg/día)

2.4.10.1.3 *Volumen de Material de Cobertura.*

$$V_{m.c.d} = V_{dc} * (20\%)$$

Ecuación 10: Volumen de material de cobertura diario (m³/día)

$$V_{m.c.a} = V_{m.c.d} * 365$$

Ecuación 11: Volumen de material de cobertura anual (m³/año)

Donde:

$V_{m.c.d}$ = Volumen de material de cobertura diario (m³/día)

$V_{m.c.a}$ = Volumen de material de cobertura anual (m³/año)

V_{dc} = Volumen de RSU diario compactado (m³/día).

2.4.10.1.4 *Volumen Anual de Desechos Sólidos Estabilizados.*

$$V_{ae} = \frac{RSU * 365}{DE_{rsu}}$$

Ecuación 12: Volumen anual estabilizado (m³/año)

Donde:

V_{ae} = Volumen anual estabilizado (m³)

RSU= Cantidad de RSU diarios generados (kg/día)

DE_{rsu} = Densidad de los RSU, relleno estabilizado (500-600 kg/m³)

2.4.10.1.5 *Volumen de Celda Emergente.*

Podemos tener una estimación del volumen de la celda emergente mediante la siguiente ecuación:

$$V_{CE} = V_{m.c.a} + V_{ae}$$

Ecuación 13: Volumen de la celda emergente (m³/año)

Donde:

V_{CE} = Volumen de la celda sanitario (m³/año)

$V_{m.c.a}$ = Volumen de material de cobertura anual (m³/día)

V_{ae} = Volumen anual estabilizado (m³)

Al final de la vida útil de la celda emergente, se puede conocer el volumen que ocupará el mismo de la siguiente manera:

$$V_{CEvu} = \sum_{i=1}^n V_{CE}$$

Ecuación 13: Volumen de la celda emergente durante su vida útil (m³)

Donde:

V_{CEvu} = Volumen de la celda emergente durante su vida útil (m³)

n = Número de años

V_{CE} = Volumen de la celda emergente (m³/año)

2.4.10.1.6 Área Requerida para la Celda Emergente.

Existen varios requisitos que se toman en cuenta, los presentamos a continuación:

- Cantidad de RSU que se manejarán.
- Cantidad de material de cobertura.
- Densidad de compactación de los RSU.
- Profundidad o altura de la celda emergente.
- Áreas extras para obras complementarias

$$A_{CE} = \frac{V_{CE}}{h_{CE}}$$

Ecuación 14: Área neta de la celda emergente (m²)

Donde:

A_{CE} = Área neta de la celda emergente (m²)

V_{CE} = Volumen de la celda sanitario (m³/año)

h_{CE} = Altura de la celda emergente (m)

Siendo el área necesario total:

$$A_T = F * A_{CE}$$

Ecuación 14: Área total requerida (m²)

Donde:

A_T = Área total requerida (m^2)

F = Factor de aumento del área adicional requerida (20-40%).

2.4.11 Lixiviados.

Es el líquido, cuando el agua procedente de la escorrentia superficial, lluvia o aquella producida por la propia dinámica de descomposición de los residuos se pone en contacto con los residuos depositados, excediendo su capacidad de absorción, pasando a través de ellos y aumentando la concentración de contaminantes. Este líquido tiene la capacidad de trasladarse a las aguas subterráneas, superficiales y al suelo circundante. (Vergara, 2008).

2.4.11.1 Método de Tratamiento de Lixiviados.

2.4.11.1.1 Método de Balance Hídrico.

Con este método se estima la cantidad de lixiviados que será necesario controlar a partir de la evaluación de pérdidas y ganancias de agua que la masa de residuos tendrá por efecto, principalmente, de la precipitación pluvial y la temperatura ambiente. (Ledezma, 2012)

(Ledezma, 2012) Las variaciones de disponibilidad del agua en el suelo debido a los aportes, movimiento y salida en una zona determinada, constituye la esencia del balance hídrico, y se puede sintetizar en la siguiente ecuación:

$$P = ET + HS + I + E$$

Ecuación 15: Método de balance hídrico

Donde:

P: Precipitación.

ET: Evaporación.

HS: Cambios de la humedad del suelo.

I: Infiltración.

E: Escorrentía.

2.4.11.1.2 Método Suizo.

El método suizo proporciona el cálculo del caudal de lixiviado, de manera directa y muy convencional. (Ledezma, 2012).

$$Q = \frac{1}{t} P * A * K$$

Ecuación 16: Método Suizo

Donde:

Q= Caudal medio de lixiviados (l/s)

P= Precipitación media anual (mm/año)

A= Área superficial del relleno (m²)

T= Número de segundos en un año (31536000 s/año)

K= Coeficientes que depende del grado de compactación de los residuos sólidos, cuyos valores recomendados son los siguientes:

Tabla 2: Valor de "K" dependiendo del tipo de relleno.

Grado de compactación	Valor K
Relleno débilmente compactado con peso específico de 0,4 a 0,7 Ton/m ³	0,25 - 0,50
Relleno fuertemente compactado con peso específico > 0,7 Ton/m ³	0,15 - 0,25

Fuente: (Ledezma, 2012)

2.4.11.2 Manejo y Tratamiento de Lixiviados.

La remoción de los distintos contaminantes presentes en los lixiviados, DQO, DBO₅, compuestos orgánicos volátiles, amonio, y metales pesados, hace necesario

emplear combinaciones de los tratamientos habitualmente empleados en la depuración de lixiviados. (Ledezma, 2012)

Existen diferentes métodos de control para el manejo y tratamiento de los lixiviados generados, como:

- La evaporación.
- Estabilización.
- Recirculación.
- Procesos biológicos.
- Procesos fisicoquímicos.
- Tecnologías de membranas

2.4.11.2.1 Tipos de Tratamiento de Lixiviados Dependiendo del Tipo de Relleno.

Tabla 3: Resumen de los diferentes tipos de tratamientos para los lixiviados por tipo de rellenos sanitarios

TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS POR TIPO DE RELLENOS SANITARIOS						
TIPO DE RELLENO SANITARIO	PRIMARIO		BIOLÓGICOS		TERCIARIO	
	RECIRCULACIÓN	LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN	ANAERÓBICOS	AERÓBICOS	FISICOQUÍMICOS	MEMBRANAS
Relleno manual	X	X				
Relleno Semimecanizado	X		X	X		
Relleno Mecanizado			X	X	X	X

Fuente: (López & Soria, 2021)

2.4.12 Drenaje de Gases.

La extracción de gas de vertedero generado, se lo realiza mediante mecanismos de aireación, ya sea a manera de conductos de concreto o de material pétreo. Los cuales se conectan con los ductos de lixiviados ortogonalmente, atravesando desde el fondo hasta la superficie del relleno sanitario. Con esto, se garantiza que los gases y líquidos sean extraídos de forma adecuada. (López & Soria, 2021).

Los gases producidos por el vertedero lo conforman gases principales y oligogases.

Los gases principales que se generan, son dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). Mientras que los oligogases, aunque presentes en porciones bajas, pueden representar un peligro para la salud pública. (López & Soria, 2021).

Tabla 4: Componentes de algunos gases

COMPONENTE	PORCENTAJE (base volumen seco)^b
Metano	45-60
Dióxido de carbono	40-60
Nitrógeno	2-5
Oxígeno	0,1-1,0
Sulfuro, disulfuros, mercaptanos, etc.	0-1
Amoníaco	0,1-1
Hidrógeno	0-0,2
Monóxido de carbono	0-0,2
Constituyentes en cantidades traza	0,01-0,6
Características	Valor
Temperatura	37-67°C
Densidad específica	1,02-1,06
Contenido en humedad	Saturado
Poder calorífico superior, Kcal/m³	890-1,223

Fuente: (López & Soria, 2021)

2.4.13 Geomembrana.

Se refiere al recubrimiento o barrera de baja permeabilidad usada para controlar la infiltración de fluidos en cualquier proyecto que pueda afectar a cuerpos de aguas subterráneas, con posibles contaminantes.

La impermeabilidad de las geomembranas es bastante alta comparada con los geotextiles o suelos, aún con los suelos arcillosos. (Portalupi, 2014)

2.4.14 Suelo.

(INIA, 2017) Lo define como la capa superficial de la tierra, al realizar cualquier tipo de construcción es importante tener el conocimiento de las condiciones del mismo.

2.4.15 Material de Cobertura.

(Sandoval, 2010) Se trata del componente a ser utilizado para la cobertura diaria de los residuos sólidos dentro de un relleno sanitario.

2.4.16 Período de Diseño.

El período de diseño se basa en diferentes principios, (Ramos & Soria, Marzo 2021) estos son:

- La vida útil de la estructura
- La ampliación de una obra
- El aumento de la población
- La conducta de la obra en sus primeros años

2.4.17 Vida Útil.

Se puede definir como el tiempo estimado que una obra o proyecto puede durar siendo útil en las funciones para lo cual fue creado. Por lo general cuando se trata de obras se recomienda calcular el tiempo de vida útil en años.

2.4.18 Tipos de Rellenos Sanitarios Aplicados a Celdas Emergentes.

Se puede proponer 3 tipos de rellenos sanitarios con respecto a la disposición de los RSU.

2.4.18.1 Relleno Sanitario Mecanizado.

Este tipo de diseño va dirigido más hacia las ciudades grandes y población que generan más de 40 toneladas diarias. Debido a las exigencias que crea este diseño los proyectos de ingeniería son bastantes complejos, va mas allá de operar con equipo pesado. Todo esto relacionado básicamente a la cantidad y tipos de residuos,

la selección del sitio, la planificación, el diseño, la extensión del terreno y la ejecución del relleno, además de la estructura requerida, ya sea para el control de las operaciones o el recibir los residuos, manejo de las inversiones y el monto, mantenimiento y gastos de operación.

Este tipo de relleno opera mediante el uso de un compactador de residuos sólidos, equipo especializado en movimiento de tierra como: retroexcavadora, volqueta, cargador, tractor de oruga etc. (Jaramillo, 2002)

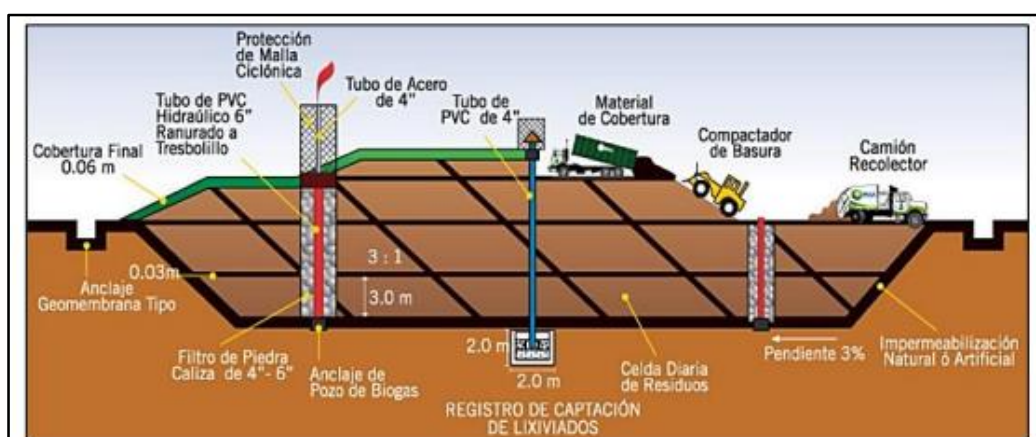


Ilustración 3: Relleno Sanitario Mecanizado

Fuente: (Valda, Mamani, & Gamboa, 2012)

2.4.18.2 Relleno Sanitario Semimecanizado.

Este tipo de relleno se suele utilizar cuando se produzca en la población de 16 a 40 toneladas de RSU, cabe recalcar que se debe utilizar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, con el objetivo de realizar una mejor compactación de los residuos, dar mayor vida útil al relleno y estabilizar los terraplenes. Para estos casos, el tractor agrícola es adaptado como una hoja cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que nos referimos como semimecanizado. (Jaramillo, 2002)

2.4.18.3 Relleno Sanitario Manual

Este relleno va dirigido a las poblaciones pequeñas que producen no más de 15 toneladas al día y que, por su condición económica, no se encuentran en capacidad de manejar el equipo pesado debido a sus altos costos y mantenimiento.

Cuando se dice “manual” nos referimos a que las actividades a ejecutarse se pueden realizar con el apoyo de una cuadrilla de hombres y empleando algunas herramientas. (Jaramillo, 2002)

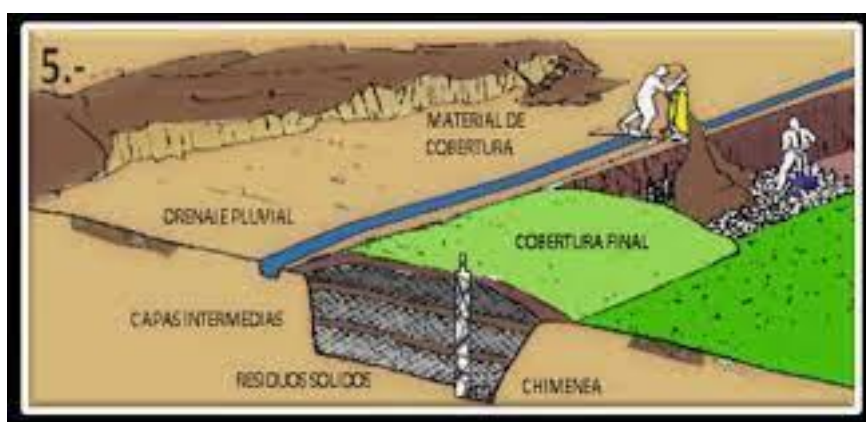


Ilustración 4: Relleno Sanitario Manual

Fuente: (Valda, Mamani, & Gamboa, 2012)

2.4.19 Métodos de Construcción de Rellenos Sanitarios Aplicados a Celdas Emergentes.

La topografía del lugar es uno de los datos fundamentales para la construcción preliminar del relleno sanitario, aunque es importante también tener en cuenta la profundidad del nivel freático y el tipo de suelo en donde se quiere construir. (Jaramillo, 2002)

2.4.19.1 Método de Zanja o Trinchera

Este método se caracteriza principalmente por que utiliza regiones planas y consiste básicamente en periódicamente zanjas de 2 y 3 metros de profundidad. Una de los puntos negativos de este tipo de método es que en temporada de lluvias se debe tener mucha precaución ya que pueden llegar a inundarse, debido a esto se debe prever a las zanjas de drenajes internos que recepten las aguas lluvias.

Este tipo de método también exige condiciones favorables con respecto al lugar en donde se vaya a construir ya que un terreno muy rocoso impediría las excavaciones y si el lugar cuenta con un nivel freático muy alto tampoco sería un lugar óptimo para realizar la construcción de las mismas. (Jaramillo, 2002)

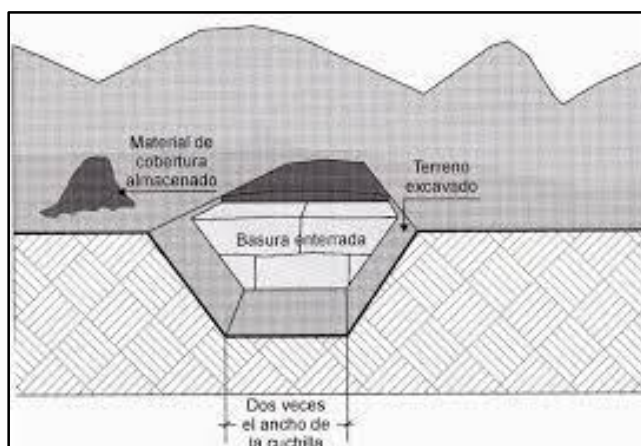


Ilustración 5: Método de Trinchera o Zanja

Fuente: (Santana, 2021)

Elaborado por: Ricardo Santana

2.4.19.2 Método de Área

Este método es utilizado en lugares en donde realizar excavaciones y zanjas es totalmente desfavorables, por lo que, los desechos son dispuestos directamente en suelo habiendo sido este previamente impermeabilizado. En estos casos el material de cobertura debe ser transportado desde otros sitios o a su vez se puede extraer de

la capa superficial, adicional a esto las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. (Jaramillo, 2002)

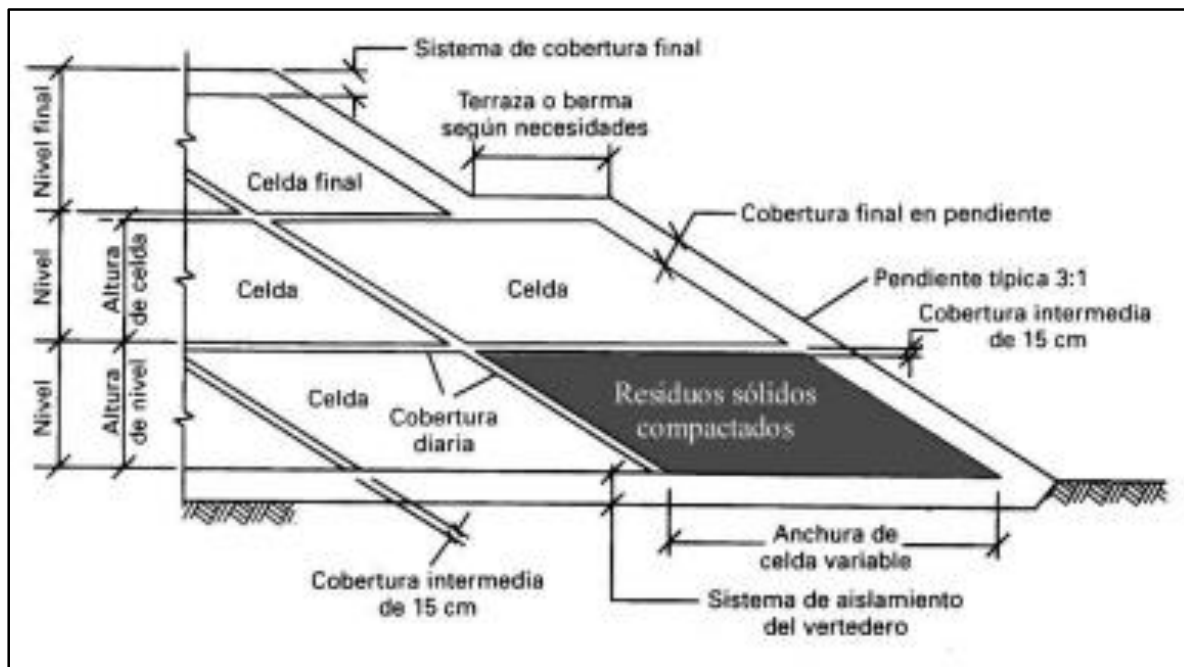


Ilustración 6: Método de Áreas

Fuente: (Piguave, 2015)

CAPÍTULO III

Marco Metodológico

3.1 Tipo de Estudio

Los tipos de estudios utilizados fueron de tipo diagnóstico y exploratorios ya que se realizó un análisis previo del área que se va a estudiar con el propósito de conocer la situación en que se encuentra actualmente el botadero a cielo abierto. Para la obtención de información se realizaron visitas, trabajo de campos y entrevistas a los moradores. También se utilizó información de diferentes tipos de fuentes bibliográficas.

3.2 Población, Muestra y Muestreo

3.2.1 Población.

Isidro Ayora cuenta actualmente con una población promedio de 13525 habitantes, con una tasa de crecimiento del 2.6%, la población futura se la calculará utilizando la ecuación 2 mediante el método geométrico. Mediante la ecuación 1

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Ecuación 17: Calculo de la población futura

$$Pf = 13525 * (1 + 0.026)^2$$

$$Pf = 14237.44 \approx 14238 \text{ habitantes}$$

3.2.2 Cálculo del Tamaño de la Muestra.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utiliza la siguiente expresión misma que; permite mantener una confiabilidad de muestreo:

$$n = \frac{v^2}{\left(\frac{E}{1.96}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{N}\right)}$$

Ecuación 18: Cálculo del tamaño de la muestra

Donde:

n = Número de viviendas a probar aleatoriamente

v = Desviación Estándar de la variable x (120)

E = Error permisible (gr/hab/día), 25-60 recomendado

N = Número total de viviendas del estrato en cuestión

Con los datos de viviendas se determina el número de muestras a ser determinadas así:

$$n = \frac{120^2}{\left(\frac{60}{1,96}\right)^2 + \left(\frac{120^2}{14237,44}\right)}$$

$$n = 15,35 \approx 16$$

Tabla 5: Cálculo de la muestra

Localidad	No. De viviendas de 2022	No. De muestras adoptadas	No. De muestras calculadas	E	V
Isidro Ayora	2602	16	15.35	60	120

Fuente: (GAD Isidro Ayora, 2020)

Si no se cuenta con datos de estudio anteriores se recomienda el uso de 100-200 gr/hab/día como desviación estándar y un error de 60 gr/hab/día.

3.3 Métodos, Técnicas e Instrumentos

3.3.1 Métodos de Investigación.

Para poder cumplir con los objetivos se consideró la información secundaria de: tesis, artículos de internet, documentos, y primarias como la interacción directamente con los moradores de la comunidad, todo esto con el fin de conocer la situación real y actual del botadero a cielo abierto.

3.3.1.1 Método Inductivo.

Es un método de investigación que pone en funcionamiento el razonamiento inductivo, es decir, es un método en el que no es posible confirmar la información obtenida, ya que suele expresarse en términos de probabilidades o posibilidades.

Por medio de estimaciones e informaciones obtenidas se calculará el volumen generado de desechos sólidos no peligrosos del Cantón Isidro Ayora.

3.3.1.2 Método Deductivo.

El método deductivo consiste en extraer una conclusión con base en una premisa o a una serie de proposiciones que se asumen como verdaderas. (Westreicher, 2022)

Partiendo del volumen calculado de desechos sólidos no peligrosos se establecería el diseño adecuado para la celda emergente en el área establecida dispuesta por el GAP municipal del Cantón Isidro Ayora.

3.3.1.3 Método Descriptivo.

En este método se utiliza mucho la observación, pero dicho método reside en el control de las amenazas que contaminan la validez interna y externa de la investigación. (Roberto, 2012)

3.3.2 Instrumentos.

Instrumentos para realizar la caracterización de la composición de los desechos sólidos no peligrosos:

- Cámara de celular.
- Computador portátil.
- Internet.
- Libreta, cuadernos y calculadora.
- Casco de seguridad personal.

- Equipos de seguridad (mascarillas, guantes industriales y botas)
- Transporte.
- Romanas.

3.4 Plan de Procesamiento y Análisis

3.4.1 Proceso de Levantamiento de Información

El levantamiento de información se realizó con el apoyo de un grupo de personas en una campaña que se realizó durante varios días, acudiendo en primer lugar al GAD Municipal del Cantón Isidro Ayora en donde se nos facilitó cierto tipo de información la cual sería de gran ayuda para iniciar el desarrollo del diseño de la celda emergente.

A continuación, se realizó un muestreo durante varios días para esto se visitaron casas, locales comerciales, con el fin de recoger fundas con los desechos generados por los habitantes, las fundas de polietileno con los residuos sólidos generados el día anterior al día de la visita, y a la vez se les entregó una nueva funda para que almacenen los residuos sólidos que generen el día de la visita.

Después de recoger diariamente los residuos sólidos generados el día anterior se procedió a pesarlos con las romanas anotando el peso de los residuos.

El paso que sigue fue dividir el peso de los residuos sólidos entre el número de habitantes de la casa, local comercial (para este efecto se estableció el número de habitantes de la vivienda incluido adultos y niños), de esta forma se obtuvo la generación per cápita de residuos sólidos en Kg/hab/día, correspondientes al día que fueron generados.

A partir del cálculo obtenido de la producción per cápita podemos determinar el volumen total estimado de los desechos sólidos no peligrosos generados a nivel de Cantón, lo cual nos ayudará a definir el diseño adecuado de la celda emergente.

CAPÍTULO IV

Desarrollo del Tema

4.1 Coordenadas del Lugar

NORTE	ESTE	COTA
9789181.49	591708.64	67.35
9789146.87	591734.76	59.13
9789215.81	591787.31	68.23
9789182.95	591798.46	57.32

Ilustración 7: Coordenadas del botadero a cielo abierto

Fuente: (GAD Isidro Ayora, 2020)



Ilustración 8: Ubicación del Botadero a cielo abierto

Fuente: (GOOGLE MAPS, 2021)

4.2 Cálculo de la Población Futura

La tasa de crecimiento poblacional del Cantón Isidro Ayora es de 2,6% según datos entregados por el GAD Municipal, y adicional a esto se cuenta con una población actual estimada de 13.525 habitantes, con dichos valores podemos realizar la proyección de la población futura del Cantón.

Tabla 6: Proyección de la población futura

AÑO	POBLACIÓN	TASA GEOM.	POB FUTURA
2022	13.525	0,026	14.237
2023		0,026	14.987
2024		0,026	15.777
2025		0,026	16.608
2026		0,026	17.483
2027		0,026	18.404
2028		0,026	19.373
2029		0,026	20.394
2030		0,026	21.468

Fuente: (GAD Isidro Ayora, 2020)

La proyección se realiza a partir de análisis de los Censos Nacionales desde el año 2010, se determinan las tasas de crecimiento geométrico en los periodos censales para todo el cantón y se proyecta el crecimiento de la cabecera cantonal con una tasa un poco mayor a la determinada a nivel cantonal considerando que la migración es primero hacia las cabeceras cantonales.

4.3 Cálculo y Composición de la Producción de Residuos Sólidos

Para poder tener una estimación con respecto a los residuos sólidos no peligrosos del cantón se procedió a realizar un muestreo en 16 casas durante 7 días. Con el fin de poder caracterizar en su mayoría los desechos sólidos no peligrosos que se generan en el Cantón Isidro Ayora.



Ilustración 9: Clasificación de los Desechos Sólidos no Peligrosos

Tabla 7: Resumen de la composición de la producción de residuos sólidos no peligrosos generados en una semana

7 DÍAS	MATERIA ORGANICA	PAPELES	CARTÓN	VIDRIO	PLÁSTICOS	MADERA	METAL	OTROS	TOTAL (Kg)
LUNES	14.14	3.96	2.56	0.5	1.57	0.38	0.96	0.13	24.2
MARTES	16.4	2.14	1.24	0.65	2.59	0.75	1.64	0.28	25.69
MIÉRCOLES	15.71	3.25	1.97	0.56	1.67	0.59	0.84	0.24	24.83
JUEVES	17.1	1.99	2.22	0.74	1.64	0.58	1.79	0.17	26.23
VIERNES	21.87	3.84	1.66	0.25	2.58	0.84	0.73	0.65	32.42
SABADO	25.8	4.27	2.55	0.58	1.66	0.65	1.83	0.48	37.82
DOMINGO	19.7	2.45	1.87	1.13	1.69	0.69	1.59	0.34	29.46
TOTAL (Kg)	130.72	21.90	14.07	4.41	13.4	4.48	9.38	2.29	200.65

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez

Tabla 8: Resumen Composición Física de los desechos más predominantes

FECHA:	DE LUNES 10 AL DOMINGO 16 DE ENERO 2022	
DESECHOS A CLASIFICAR	TOTAL (Kg/Día)	PORCENTAJE DE DESECHOS SOLIDOS NO PELIGROSOS (%)
ORGANICA	130.72	65.15
PAPELES	21.90	10.91
CARTON	14.07	7.01
VIDRIO	4.41	2.20
PLASTICO	13.4	6.68
MADERA	4.48	2.23
METAL	9.38	4.67
OTROS	2.29	1.14
TOTAL	200.65	100

Elaborado por: Aylin Enríquez y María Suárez

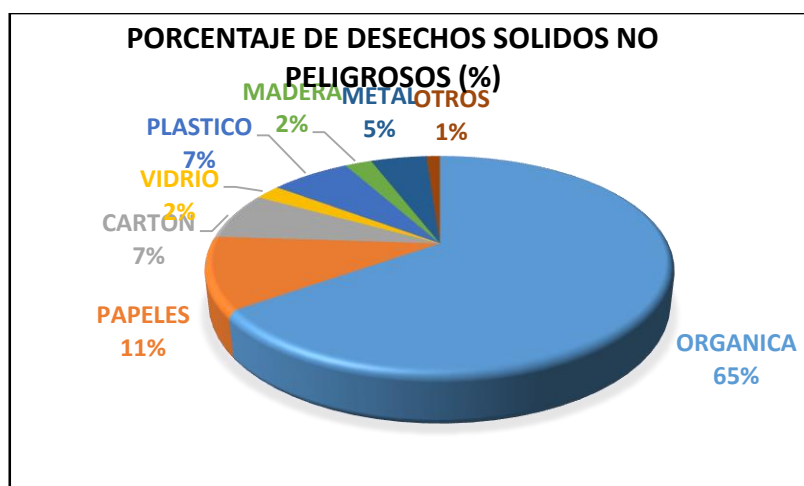


Ilustración 10: Porcentaje de desechos sólidos generados

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez

Con respecto a estos resultados podemos ver que el porcentaje mayor de desechos corresponde a la materia orgánica con un 65% del porcentaje total, siendo también el cartón y el papel, desechos predominantes con un porcentaje de 7% y 11% respectivamente.

4.4 Producción Per Cápita

Con respecto a la producción per cápita existen datos referenciales proporcionados por (Leon & Ging, 2021) donde nos muestran una gráfica de valores per cápita hasta el año 2019 como podemos ver en la ilustración 11:

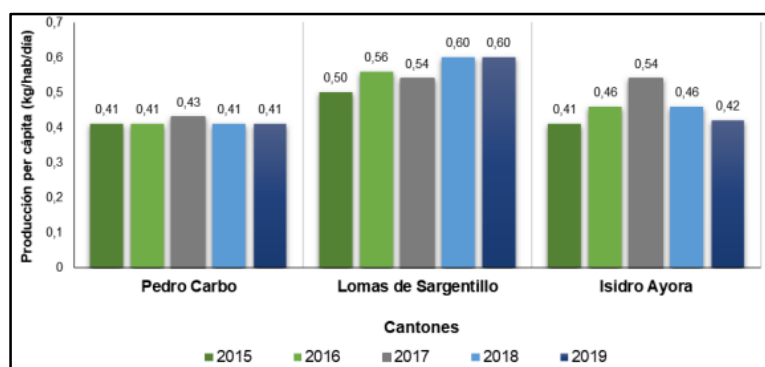


Ilustración 11: Valores de Producción Per Cápita de años anteriores

Fuente: (Leon & Ging, 2021)

Elaborado por: Renato León; Javier Ging

Fuente: (INEC, Base de datos abiertos de la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, 2019)

En la tabla anterior se muestran las producciones per cápita sin restarse el porcentaje que se utiliza para reciclaje.

Para cálculos personales y comprobación de la estimación de ese valor se realizó una comparación con los datos obtenidos en las visitas que se realizaron a las casas de los moradores.

4.4.1 Cálculo de la Producción Per Cápita Diaria.

Para el cálculo de la PPC se tomaron muestras de las casas en el periodo de 7 días y se procedió a realizar una tabla con valores, para esto se realizó los promedios aritméticos tomados por cada familia durante los días de las visitas, pesando el total de los desechos depositados en las fundas negras de polietileno y dividiéndolas para el número total de habitantes, el resultado obtenido nos arroja el valor de 0.434 Kg/hab*día.



Ilustración 12: Pesaje de las fundas de desechos sólidos

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez

Ejemplo:

$$PPC = \frac{\text{Cantidad RSU generados en un día}}{\text{Número de habitantes} * \text{tiempo}} \left(\frac{kg}{hab - día} \right)$$

Ecuación 19: Producción Per Cápita

$$PPC = \frac{24.2 \text{ kg}}{66 \text{ habitantes} * 1 \text{ día}}$$

$$PPC = 0,367 \frac{kg}{hab - día}$$

Y así se realiza el cálculo con cada uno de los pesos producidos por el número de habitantes totales de las 16 casas haciendo como último proceso un promedio de las producciones per cápitas producidas diariamente.

Tabla 9: Cálculo de PPC

	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6	DIA 7	PROMEDIO
PESO TOTAL DIA	24.2	25.69	24.83	26.23	32.42	37.82	29.46	28.66
PPC (Kg/hab/día)	0.367	0.389	0.376	0.397	0.491	0.573	0.446	0.434

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez

De este resultado el 5% será considerado como reciclaje. (Morán, 2020)

Tendríamos como resultado 0.412 (kg/hab*día)

4.4.2 Cálculo de la Producción Per Cápita Anual.

Cabe recalcar que anteriormente se mencionó que la tasa de crecimiento de la producción per cápita aumentara el 1% anualmente.

$$PPC = PPC_1 * 1.01$$

Ecuación 20: Producción per cápita por año

$$PPC_2 = 0,412 \frac{kg}{hab - día} * 1.01$$

$$PPC_2 = 0,416 \frac{kg}{hab - día}$$

4.5 Cálculo de la Densidad In Situ

Para la determinación de la densidad “in situ”, el procedimiento se realiza tomando los residuos de las fundas negras conteniendo los desechos sólidos del muestreo. Labor que requiere la intervención mínima de dos personas.

Previo a efectuar la determinación de volúmenes, se pesa el recipiente vacío, tomado este peso como la tara del recipiente. Cabe recalcar que, de no conocer la capacidad del recipiente, esta se determinará a partir de la geometría de dicho recipiente.

A continuación, se llena el recipiente hasta el borde con residuos sólidos homogenizados, obtenidos de las fundas negras del polietileno, se golpea el recipiente contra el suelo tres veces, dejándolos caer desde una altura aproximada de 10 cm., teniendo como finalidad llenar los espacios dejados por los desechos en el llenado inicial. Nuevamente se procede a llenar de residuos sólidos hasta el borde, teniendo el cuidado de presionar al colocarlos al recipiente, con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.

Se debe tener el cuidado de vaciar dentro del recipiente todo el residuo sólido sin descartar los finos para la obtención del peso neto de los residuos, se pesa el recipiente con estos y se resta el peso de la tara.

Se recomienda que cuando no se tenga suficiente cantidad de desechos para llenar el recipiente se marque la altura alcanzada, y se determina dicho volumen.

Para obtener la densidad se divide el peso de los residuos en kg, entre el volumen del recipiente en metros cúbicos.

A partir del peso neto de los residuos sólidos, y el volumen del recipiente utilizado se obtiene el peso volumétrico de la muestra en kg/m^3 .

Pero para métodos de diseño de celda emergente consideraremos una densidad de compactación de 500 kg/m^3

Adicional para cálculo de volúmenes anuales de desechos sólidos estabilizados se utiliza una densidad de 600 kg/m^3

ppc kg/hab/día	Densidad de compactación de los residuos kg/m^3	Material de cobertura m^3	Densidad del relleno estabilizado kg/m^3	Altura o profundidad del relleno sanitario m	Área adicional, infraestructura y amortiguamiento de impactos m^2
0,2 a 0,5	500	20% del volumen de RSM compactados	600	3 a 6	30% del área del relleno

Ilustración 13: Densidad del relleno estabilizado

Fuente: (Jaramillo, 2002)

4.6 Generación de Desechos

Datos proporcionados:

PPC= 0,416 Kg/hab-día

Población 2022= 14.237 habitantes

4.6.1 Cantidad Diaria de Desechos Sólidos no Peligrosos.

$$RSU = Pob * PPC$$

Ecuación 21: Cantidad diaria de RSU

$$RSU = 14237 \text{ hab} * \frac{0.416 \text{ kg}}{\text{hab} - \text{día}}$$

$$RSU = 5.922,59 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

4.6.2 Cantidad Anual de Desechos Sólidos no Peligrosos.

Este cálculo se realizará tomando en cuenta la producción diaria durante los 365 días del año.

$$RSU_{anual} = 5.922,59 \frac{kg}{día} * \frac{365 días}{1 año} * \frac{1 ton}{1000kg}$$

Ecuación 22: Cantidad anual de RSU

$$RSU_{anual} = 2.161,74 \frac{ton}{año}$$

4.7 Cantidad Diaria de Desechos Sólidos no Peligrosos

Depositados.

La celda emergente se encontrará operando 6 días a la semana.

$$RSU_{CE} = \frac{7 días * RSU \frac{kg}{día}}{6 días laborables}$$

Ecuación 23: Cantidad diaria de RSU por días laborables en la celda emergente

$$RSU_{CE} = \frac{7 días * 5.922,59 \frac{kg}{día}}{6 días laborables}$$

$$RSU_{CE} = 6.909,69 \frac{kg}{día}$$

$$RSU_{CE} = 6.9 \frac{ton}{día}$$

4.8 Volumen de Desechos Sólidos no Peligrosos.

Dato: RSU (2022) = 5.922,59 Kg/día

4.8.1 Volumen Diario de Desechos Compactados.

Para obtener el volumen diario de desechos compactados usaremos la densidad para los desechos compactados de 500 kg/m³.

$$V_{dc} = \frac{RSU}{DC_{rsu}}$$

Ecuación 24: Volumen de RSU diarios compactados (m³/día)

$$V_{dc} = \frac{5.922,59 \frac{kg}{día}}{500 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_{dc} = 11.85 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.8.2 Volumen Anual de Desechos Compactados.

$$V_{ac} = V_{dc} * 365$$

Ecuación 25: Volumen de RSU anual compactados

$$V_{ac} = 11.85 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 365 \text{ días}$$

$$V_{ac} = 4.325,25 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

4.8.3 Volumen Diario de Material de Cobertura.

Este volumen se lo obtiene calculando el 20% del volumen diario de desechos compactados, es la cantidad de tierra o material del lugar que se necesita para cubrir los residuos sólidos ya compactados.

$$V_{m.c.d} = V_{dc} * (20\%)$$

Ecuación 26: Volumen de material de cobertura diario

$$V_{m.c.d} = 11,85 \text{ m}^3/\text{día} * 0,20$$

$$V_{m.c.d} = 2,37 \text{ m}^3/\text{día}$$

4.8.4 Volumen Anual de Material de Cobertura.

$$V_{m.c.a} = V_{m.c.d} * 365$$

Ecuación 27: Volumen de material de cobertura anual (m³/año)

$$V_{m.c.a} = 2.37 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 365 \text{ días}$$

$$V_{m.c.a} = 865,05 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

4.8.5 Volumen Anual de Desechos Sólidos Estabilizados.

Para este cálculo se estará empleando una densidad estabilizada 600 kg/m³.

$$V_{ae} = \frac{RSU * 365}{DE_{rsu}}$$

Ecuación 28: Volumen anual estabilizado (m³/año)

$$V_{ae} = \frac{5.922,59 \frac{kg}{día} * 365}{600 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_{ae} = 3.602,91 \frac{m^3}{año}$$

4.8.6 Volumen Total de la Celda Emergente.

$$V_{CE} = V_{m.c.a} + V_{ae}$$

Ecuación 29: Volumen de la celda emergente (m³/año)

$$V_{CE} = 865,05 \frac{m^3}{año} + 3.602,91 \frac{m^3}{año}$$

$$V_{CE} = 4.467,96 \frac{m^3}{año}$$

4.9 Área Requerida

4.9.1 Área para la Celda Emergente.

Al tratarse de una celda emergente se utilizará una altura promedio de 3mts. (Valda, Mamani, & Gamboa, 2012).

$$A_{CE} = \frac{V_{CE \text{ acumulada}}}{h_{CE}}$$

Ecuación 30: Área neta de la celda emergente (m²)

$$A_{CE} = \frac{4.467,96 m^3}{3m}$$

$$A_{CE} = 1.489,32 m^2 (0,15 ha)$$

4.9.2 Área Total.

Para realizar la estimación del área total de la celda emergente se debe considerar un factor de aumento (F) del 20 al 30% que corresponde a lugares como garita, área de reciclaje, cerco perimetral del relleno y caseta de guardianía, entre otros. Para este diseño se asumirá 15% al tratarse de una celda emergente.

Siendo el área necesario total:

$$A_T = F * A_{CE}$$

Ecuación 31: Área total requerida (m²)

$$A_T = 1.15 * 1.489,32 \text{ m}^2$$

$$A_T = 1.712,72 \text{ m}^2 (0.17 \text{ ha})$$

4.10 Dimensiones de Celda Emergente

Para las dimensiones de la celda emergente se podría optar por un ancho de 30m y un largo de 50m dando como resultado 1500m² es decir 0.15ha.

TABLA DE RESUMEN DE LAS ÁREAS Y VOLÚMENES PARA LA CELDA EMERGENTE

Tabla 8: Volúmenes y áreas de celda emergente

AÑO	POBLACIÓN	PPC	CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS					VOLUMEN							ÁREA REQUERIDA		ÁREA REQUERIDA	
								RESIDUOS SÓLIDOS COMPACTADO		MATERAIL DE COBERTURA		ESTABILIZADOS	CELDA EMERGENTE		CELDA EMERGENTE	ÁREA TOTAL	CELDA EMERGENTE	ÁREA TOTAL
			DIARIA	ANUAL	ACUMULADA	DEPOSITADOS EN EL RELLENO	DEPOSITADOS EN EL RELLENO	DIARIO	ANUAL	DIARIO	ANUAL	ANUAL	(Vae+m.c)	ACUMULADO				
			HAB	kg/hab/día	kg/día	ton/año	ton/año	kg/día lab	ton/día lab	m3	m3	m3	m3	m3				
2022	14237	0.416	5923	2162	2162	6910	6.91	11.85	4323	2.37	865	3603	4468	4468	1489	1713	0.15	0.17
2023	14987	0.420	6297	2298	4460	7346	7.35	12.59	4597	2.52	919	3831	4750	9218	1583	1821	0.16	0.18
2024	15777	0.424	6695	2444	6904	7811	7.81	13.39	4887	2.68	977	4073	5050	14268	1683	1936	0.17	0.19
2025	16608	0.429	7118	2598	9502	8305	8.30	14.24	5196	2.85	1039	4330	5370	19638	1790	2058	0.18	0.21
2026	17483	0.433	7568	2762	12264	8830	8.83	15.14	5525	3.03	1105	4604	5709	25347	1903	2188	0.19	0.22
2027	18404	0.437	8047	2937	15201	9388	9.39	16.09	5874	3.22	1175	4895	6070	31416	2023	2327	0.20	0.23
2028	19373	0.442	8555	3123	18324	9981	9.98	17.11	6245	3.42	1249	5204	6453	37870	2151	2474	0.22	0.25
2029	20394	0.446	9096	3320	21644	10612	10.61	18.19	6640	3.64	1328	5533	6861	44731	2287	2630	0.23	0.26
2030	21468	0.450	9671	3530	25174	11282	11.28	19.34	7060	3.87	1412	5883	7295	52026	2432	2796	0.24	0.28

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

4.11 Área Entregada por el GAD Municipal de Isidro Ayora para la Construcción de la Celda Emergente

De acuerdo a los datos de la topografía realizada por el GADM del Cantón Isidro Ayora el área total dispuesta para disposición de desechos sólidos y construcción de celdas emergentes es de 4,50ha de las cuales 0.51ha están ocupadas por desechos sólidos no peligrosos a cielo abierto lo cual dejaría un área total libre de 3.99ha de las cuales se requieren 0.17ha para una celda de vida útil de 1 año y 0.35ha para la construcción de una celda emergente con un periodo de vida útil de 2 años.

4.12 Celda Diaria

Datos:

$RSU_{CE} = 6.909,69 \text{ kg/día}$

$DC_{rsu} = 500 \text{ kg/día}$

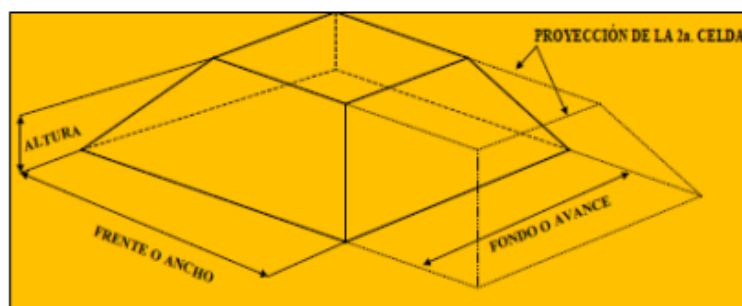


Ilustración 14: Celda tipo diaria

Fuente: (Valda, Mamani, & Gamboa, 2012)

4.12.1 Volumen de Celda Diaria

$$V_c = \frac{RSU_{CE} * m. c}{DC_{rsu}}$$

Ecuación 32: Volumen de Celda Diaria (m³)

$$V_c = \frac{6.909,69 \frac{kg}{día} * 1,20}{500 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_c = 16.58 m^3$$

4.13 Dimensiones de la Celda

4.13.1 Área de la Celda Diaria.

Con respecto al rango para escoger la altura de la celda (hc) se encuentra entre 1 a 2 metros, pero al tratarse de una celda emergente y por cuestiones de trabajabilidad y ergonomía, se opta por un valor de $hc = 1m$

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

Ecuación 33: Área de la celda diaria

$$Ac = \frac{16.58 m^3}{1m}$$

$$Ac = 16.58 m^2$$

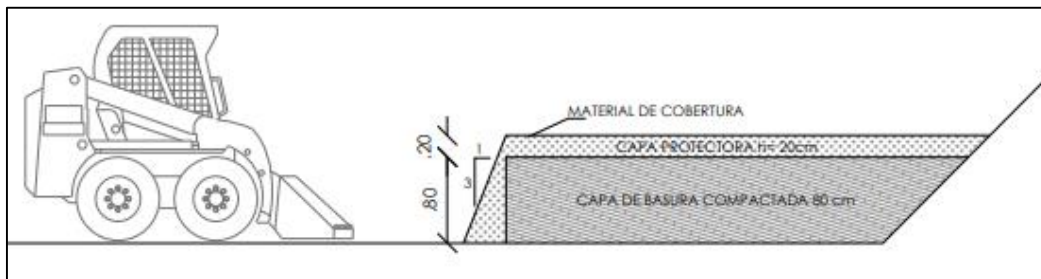


Ilustración 15: Detalle de altura de celda diaria

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

4.13.2 Largo de las Celdas Diarias.

Anteriormente se mencionó que el ancho “a” puede estar entre 3 y 6 metros, por lo que adoptaremos 4 metros por tratarse de una celda emergente, para garantizar un óptimo trabajo con respecto a la descarga de los residuos de los camiones y a su vez también en el frente de trabajo de operación manual.

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

Ecuación 34: Largo de la celda diaria

$$l = \frac{16.58 \text{ m}^2}{4}$$

$$l = 4,145 \text{ m} \approx 4,15\text{m}$$

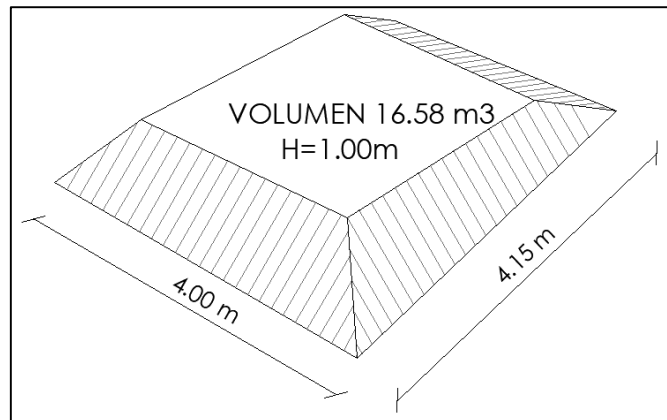


Ilustración 16: Celda tipo Diaria

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

Tabla 9: Resumen de Volúmenes Reales de la celda tipo diaria

AÑO	RSU depositados en el relleno	VOLUMEN	ÁREA DE LA CELDA hc=1m	DIMENSIONES DE LA CELDA TIPO				
				ANCHO O FRENTE DE TRABAJO	ALTURA	LARGO	LARGO ADOPTADO	VOLUMEN REAL
	kg/día	m3/día	m2/día	m/día	m/día	m/día	m/día	m3/día
2022	6910	16.58	16.58	4	1	4.15	4.15	16.6
2023	7346	17.63	17.63	4	1	4.41	4.5	18.0
2024	7811	18.75	18.75	4	1	4.69	4.7	18.8
2025	8305	19.93	19.93	4	1	4.98	5	20.0
2026	8830	21.19	21.19	4	1	5.30	5.3	21.2
2027	9388	22.53	22.53	4	1	5.63	5.65	22.6
2028	9981	23.95	23.95	4	1	5.99	6	24
2029	10612	25.47	25.47	4	1	6.37	6.4	25.6
2030	11282	27.08	27.08	4	1	6.77	6.8	27.2

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

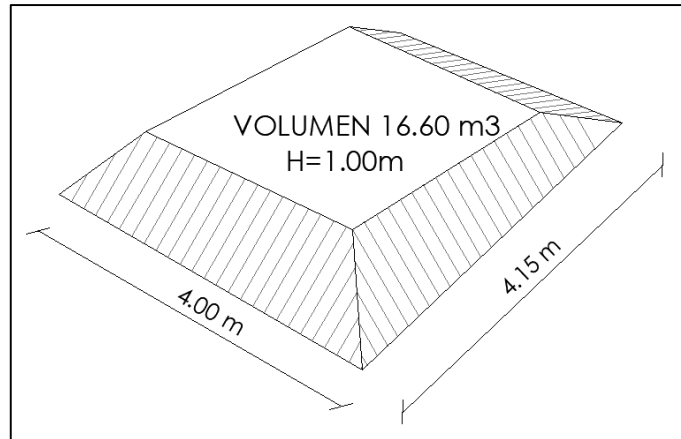


Ilustración 17: Celda tipo diaria, volumen real

Elaborado por: Aylin Enríquez y María Suárez.

4.14 Generación de Lixiviados

Para rellenos fuertemente compactados con peso específico $> 0,7 \text{ T/m}^3$, se estima una generación de lixiviados de 15 a 25% ($K = 0,15$ a $0,25$) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.

Con respecto a la generación de lixiviados el GAD municipal del Cantón nos proporcionó el valor de la precipitación.

Datos:

$P = 1480 \text{ mm/año}$ dato procesado de la estación M169 Julcuy

$A_{CE} = 1.489 \text{ m}^2$

$K = 0.17$

$t = 120 \text{ días}$ (tiempo aproximado de mayor precipitación anual en el Ecuador).

4.14.1 Caudal de Lixiviado.

$$Q = \frac{1}{t} (P * A * K)$$

Ecuación 35: Caudal de lixiviado

$$Q = \frac{1,48 \frac{\text{m}}{\text{año}} * 1.489 \text{ m}^2 * 0,17}{365 \text{ días}}$$

$$Q = \frac{374.63 \frac{m^3}{año}}{365 \text{ días}} = 1,03 \frac{m^3}{día} = 1.026,38 \frac{l}{día} = 0.0119 \frac{l}{s} \text{ (invierno)}$$

Tabla 10: Estimación caudal generado de lixiviados (método suizo)

CELDA EMERGENTE ISIDRO AYORA		
ESTIMACION CAUDAL GENERADO DE LIXIVIADOS (MÉTODO SUIZO)		
Caudal Estimado de lixiviado		
$Q = I * A * K/t$	0.0119	l/s
Precipitación Anual=	1480.00	mm
Área a ser rellenada=	1489.32	m ²
Coeficiente de grado de compactación (K)=	0.17	Compactación asumida de 600kg/m ³
Número de segundos en un día (T)=	86400	s
Caudal de lixiviado=	1.03	m ³ /día

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

4.14.2 Volumen de Lixiviado.

Para el cálculo de este volumen hemos considerado usar el método suizo, en donde se toman en consideración los meses en donde hubo presencia de mucha más precipitación, a continuación, realizamos el cálculo:

$$V = Q * t$$

Ecuación 36: Volumen de lixiviado

$$V = \left(0,0119 \frac{l}{s}\right) * \frac{86400}{1 \text{ día}} * \frac{1m^3}{1000 l}$$

$$V = 1,03 \frac{m^3}{día}$$

$$V = 1.03 \frac{m^3}{día} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 30,80 \frac{m^3}{mes}$$

$$V = 30,80 \frac{m^3}{mes} * \frac{4 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 123,18 \frac{m^3}{año}$$

Tabla 11: Resumen de cálculo de caudales y volúmenes de lixiviados método suizo

AÑO	ÁREA	K	PRECIPITACIÓN	CAUDAL	CAUDAL	CAUDAL	NÚMERO DE MESES DE MAYOR PRECIPITACIÓN	VOLUMEN	VOLUMEN	VOLUMEN
	m ²		mm/añual	m ³ /año	m ³ /día	l/s		m ³ /día	mes	m ³ /añual
2022	1489	0.17	1480	374.68	1.03	0.0119	4	1.03	30.80	123.18
2023	1583	0.17	1480	398.37	1.09	0.0126	4	1.09	32.74	130.97
2024	1683	0.17	1480	423.56	1.16	0.0134	4	1.16	34.81	139.25
2025	1790	0.17	1480	450.33	1.23	0.0143	4	1.23	37.01	148.05
2026	1903	0.17	1480	478.79	1.31	0.0152	4	1.31	39.35	157.41
2027	2023	0.17	1480	509.06	1.39	0.0161	4	1.39	41.84	167.36
2028	2151	0.17	1480	541.22	1.48	0.0172	4	1.48	44.48	177.93
2029	2287	0.17	1480	575.44	1.58	0.0182	4	1.58	47.30	189.18
2030	2432	0.17	1480	611.80	1.68	0.0194	4	1.68	50.28	201.14

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

4.15 Impermeabilización de Suelo

La impermeabilización del suelo se realiza después del trazado y la respectiva excavación del sistema de recolección de lixiviado donde se recomendó la espina de pescado, proceso que se realiza impermeabilizando el suelo con geomembrana de polietileno de alta densidad por lo general las juntas se traslapan y termo sellan procurando siempre que la superficie total de la geomembrana sea mayor que el área de la celda emergente.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
DESCRIPCION	NORMA	UNIDAD	VALORES MINIMOS REQUERIDOS
Resistencia a la tensión	ASTM D 6693 TIPO IV	KN/m	15
Resistencia a la rotura	ASTM D 6693 TIPO IV	KN/m	27
Elongación al límite elástico		%	dic-13
Elongación de rotura		%	700
Resistencia al rasgado	ASTM D_1004	N	125
Resistencia a la perforación	ASTM D-4832	N	300
Cantidad de negro de humo	ASTM D-1603	%	02-mar
Densidad	ASTM D-1505	g/cm ³	0,94
Espesor promedio mínimo		mm	1

Ilustración 18: Especificaciones Técnicas de una Geomembrana

Fuente: (Vargas, 2018)

4.16 Sistema de Recolección de Lixiviados

Por lo general el sistema que se utiliza con frecuencia para la recolección de lixiviados es la espina de pescado, que facilita la recepción adecuada de los lixiviados producidos por la descomposición de los diferentes tipos de desechos sólidos no peligrosos del Cantón Isidro Ayora, la misma que cuenta con un dren primario y varios drenes secundarios.

4.16.1 Sistema de Drenes para Recolección de Lixiviados.

Una vez que se haya realizado la impermeabilización del suelo se lleva a cabo la colocación de los drenes para la recolección de los lixiviados. Tomando en cuenta que el dimensionamiento de los diferentes tipos de drenes no sigue ningún tipo de criterio convencional, y esto es, debido a que los líquidos percolados contienen sólidos en suspenso que al entrar en contacto con las espumas suelen crear capas de lodos las cuales se adhieren a las paredes de las tuberías, provocando automáticamente la disminución de su sección normal.

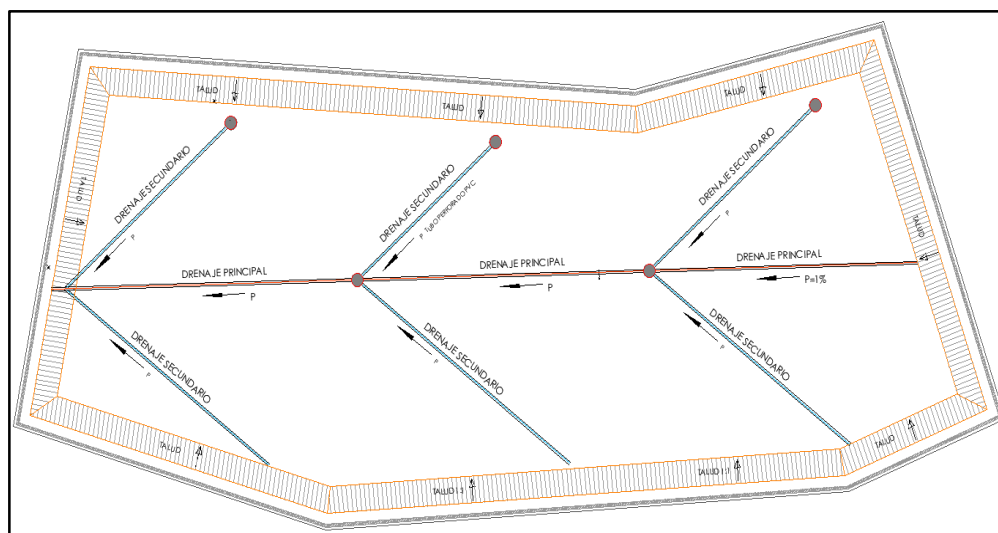


Ilustración 19: Espina de Pescado para recolección de lixiviados

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

Debido a lo antes expuesto, el dimensionamiento de los drenes para recolección de lixiviados se basa principalmente en la experiencia que tenga la persona encargada del diseño del sistema de drenes para conducción de lixiviados. A continuación, los lixiviados recolectados por el sistema de drenes serán dirigidos hacia un sistema alcantarillado donde serán sometidos a un sistema de almacenamiento y tratamiento de lixiviados.

4.17 Manejo del Biogás

Para evitar el traslado del gas del interior de la celda emergente hacia los terrenos aledaños o la formación de bolsas de gases, es recomendable propiciar la evacuación de los gases de manera controlada, para esto se deberá implementar chimeneas de evacuación de gases lo cual facilitará el manejo del biogás.

4.17.1 Estimación de Cantidades de Biogás Generado.

El mecanismo que se utilizara para la estimación de las cantidades de biogás parte del Modelo Centroamericano de Biogás el cual fue preparado por SCS Engineers, que pertenece a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA), mecanismo que se establecerá desde el inicio de operación de la celda emergente hasta el cierre de sus actividades.

Este modelo va dirigido principalmente a las zonas ubicadas dentro de Centroamérica y Suramérica.

4.17.2 Chimeneas de Captación de Gases.

Se puede implementar el uso de chimeneas y ubicar estas sobre la última capa de la base preparada de la celda emergente, dicha capa podría estar conformada por piedra bola y extenderse hasta la base suelo con la finalidad de captar completamente el biogás que se produce en el área de la celda emergente.

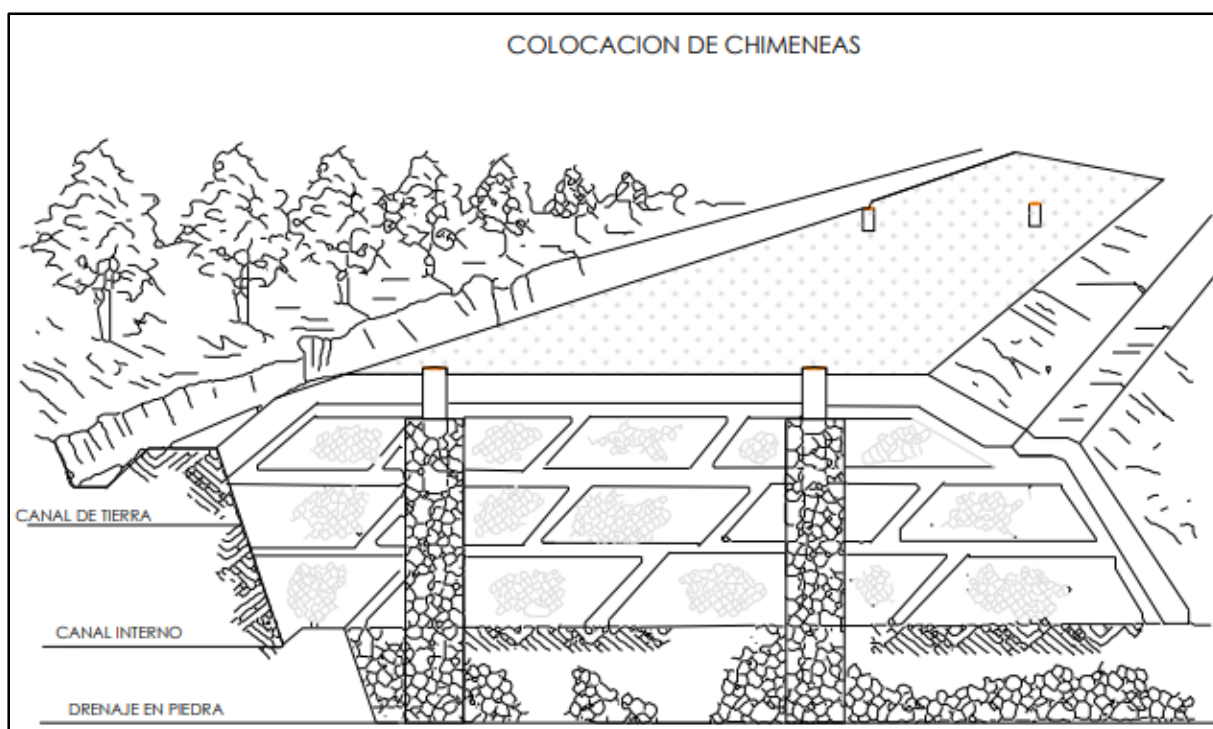


Ilustración 20: Diseño tipo de instalación de chimeneas para drenaje de biogases

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

4.17.3 Sistema de Ductos para Evacuación del Biogás.

Los ductos verticales son la mejor opción con respecto a la conducción de gases ya que disminuyen el riesgo de sobrepresión o inclusive las explosiones causadas por estos gases, los cuales se recomienda empatar a los drenes de manera que evacuen el biogás y cumplan una doble función como drenes verticales.

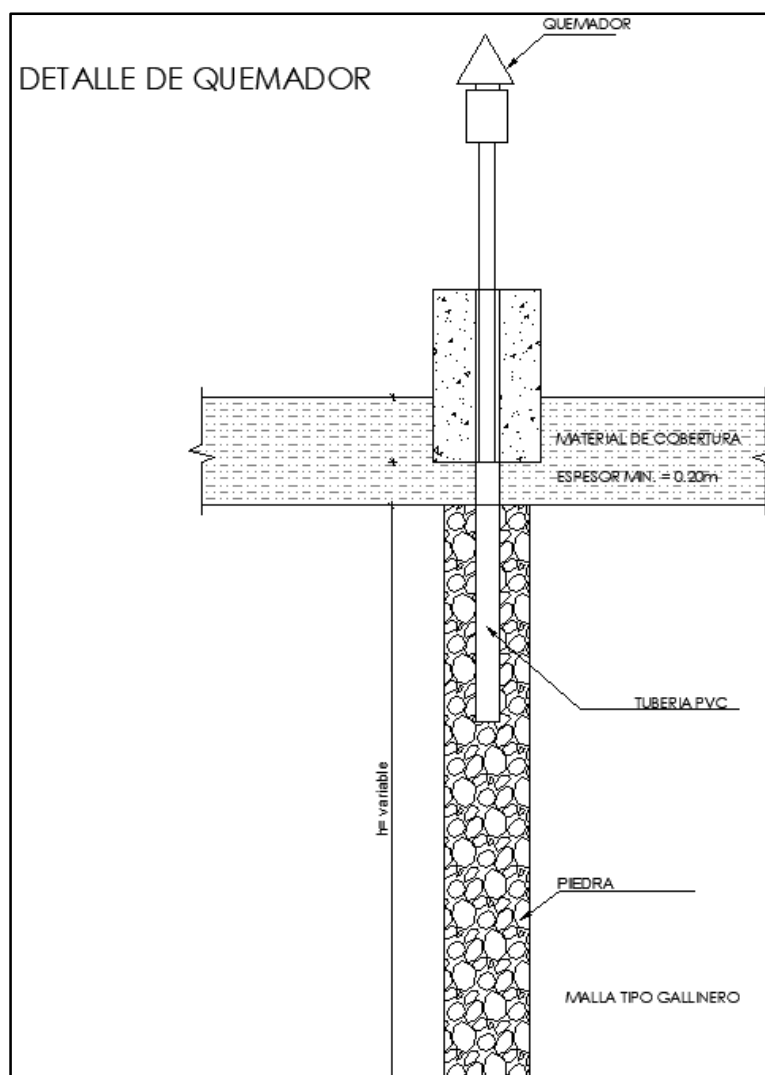


Ilustración 21: Diseño tipo de chimenea de eliminación de biogás

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

Siempre es recomendable poder aprovechar los gases, una opción que suele usarse es la encapsulación de los mismo o como menciona (Jaramillo, 2002) se puede eliminar estos gases mediante combustión, pero no es muy recomendable debido al impacto que produce al medio ambiente y los habitantes.

4.18 Cobertura final de la Celda Emergente

La cobertura final y el diseño paisajístico se realizará cuando la celda emergente cumpla con su tiempo de vida útil.

Para la cobertura final de la plataforma se deberán colocar las siguientes capas:

Una capa de material explotado en el sitio o a su vez lastre, el mismo que debe estar muy bien compactado ya que este servirá para cubrir los desechos sólidos.

La geomembrana de polietileno de alta densidad con un mínimo de espesor de 1mm que sirve como capa protectora aislante.

Una capa adicional de material explotado que servira para cubri la geomembrana.

Y finalmente una capa de material vegetal sin compactar con el fin de que el mismo pueda enraizarse y dar crecimiento a las especies nativas del cantón.

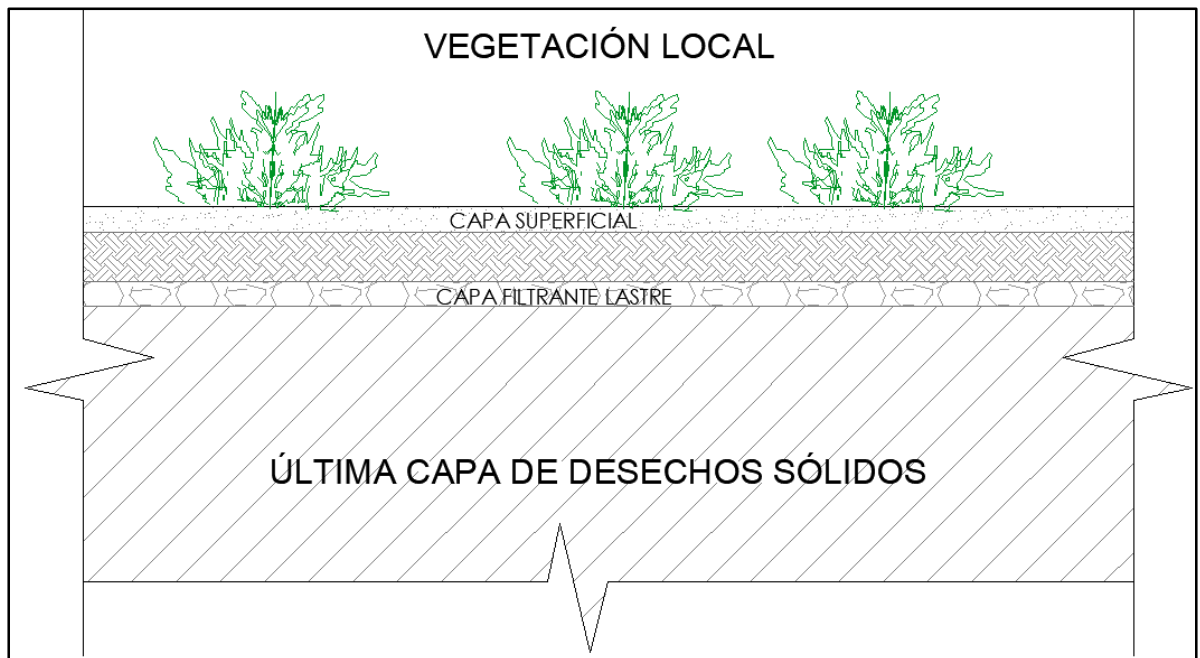


Ilustración 22: Detalle tipo de cobertura final

Elaborado por: Aylin Enríquez; María Suárez.

CAPITULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La celda emergente genera un volumen diario de $11,85\text{m}^3$ teniendo en cuenta que para métodos de cálculos de compactación de volúmenes diarios se debe trabajar con una densidad de $500\text{kg}/\text{m}^3$ donde se debe incluir el volumen del material de cobertura diaria que es $2,37\text{m}^3$ dando un volumen total diario producido de $14,22\text{m}^3/\text{día}$. Adicional a esto el volumen anual de desechos sólidos no peligrosos es de $3.602,91\text{m}^3/\text{año}$, habiéndose ya estabilizados los desechos en un año, la densidad con la que se trabajo fue de $600\text{kg}/\text{m}^3$ y adicional sumándose el volumen anual de material de cobertura que es de $865,05\text{ m}^3/\text{año}$ dándonos un volumen anual total $4.467,96\text{ m}^3/\text{año}$.

Con respecto al horizonte del proyecto podemos concluir que el GADM de Isidro Ayora cuenta con un área total disponible para construcción de celdas emergentes de $4,50\text{ha}$ de las cuales $0,51\text{ha}$ están siendo ocupadas por los desechos sólidos del botadero a cielo abierto, quedaría un área disponible de $3,99\text{ha}$ de las cuales, $0,17\text{ha}$ se utilizara para una celda con 1 año de vida útil y $0,31\text{ha}$ serían usadas para celda emergente con una vida útil de 2 años.

El diseño adecuado de la celda emergente teniendo en cuenta el área calculada, tendría una altura promedio de 3 metros, un ancho de 30 metros y un largo de 50 metros, contará con sistema de drenaje de lixiviados compuestos por drenes, contará también con chimeneas para quema de gases y al final de su vida útil será cubierta con material vegetal.

5.2 Recomendaciones

Debido a los movimientos de masa de personas de nuestro país vecino Venezuela las poblaciones en las diferentes provincias ha aumentado, es por esto que, se recomienda realizar una estimación que vaya enfocada a esa pequeña población que de una u otra forma se ha asentado en cantones y provincias.

Para un mayor tiempo de vida útil del proyecto se recomienda la capacitación para que la población mejore la separación desde la fuente de los RSU y así reducir la Producción Per Cápita.

Es recomendable realizar nuevos levantamientos de información para obtener valores actualizados de PPC, ya que, como se menciona anteriormente la producción per cápita tiene una tasa de crecimiento de 1% al año pero al aumentar las poblaciones, las producciones de desechos sólidos también aumenta y conocer este porcentaje de crecimiento es muy importante para el diseño de cualquier tipo de construcción en donde se dispongan desechos sólidos no peligrosos.

BIBLIOGRAFÍA

(2021). Obtenido de GOOGLE MAPS: <https://www.google.com/maps>

Ayora, G. M. (s.f.).

Carlos, B. F. (2009). LA PROBLEMÁTICA DE LOS DESECHOS SÓLIDOS .
Economía, XXXIV, 125-130.

Emery A., D. A. (2007). *“Environmental and economic modelling: A case study of municipal solid waste management scenarios in Wales.” Resources, Conservation and Recycling*. Ecoe Ediciones.

GAD Isidro Ayora. (29 de Abril de 2020). *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Isidro Ayora*. Obtenido de <https://www.oficial.ec/>

Gavilanes, D. S. (2011). *“LOS DESECHOS SÓLIDOS Y SU INCIDENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE DEL CANTÓN CEVALLOS PROVINCIA DE TUNGURAHUA”*. Ambato: Ecoe Ediciones.

GOOGLE. (2022).

INEC. (2001). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. ECUADOR.

INEC. (2019). *Base de datos abiertos de la Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*.

INIA. (2017). *Semana de la ciencia y tecnología jornada de puertas abiertas* .
Tacuarembó .

ISRAEL, D. M., PARRA, M. A., & CASTAÑO, Y. M. (2016). *ESTADO DEL ARTE DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN CUNDINAMARCA*. BOGOTÁ D.C.

- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Antioquia, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Ledezma, G. V. (2012). *Guía para el Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios*. La Paz: Editorial GG.
- Leon, R. A., & Ging, J. S. (2021). *Determinación de áreas óptimas para un relleno sanitario en Lomas de Sargentillo, Isidro Ayora y Pedro Carbo, Provincia del Guayas*. Guayaquil: IC Editorial.
- Liamsanguan, C. y. (2007). "LCA: A decision support tool for environmetal assesment of MSW management Systems". *Journal of Environmental Management*.
- López, R. F., & Soria, S. (2021). *Diseño del relleno sanitario para desechos sólidos no peligrosos comuna Montañita-Cantón Santa Elena*. Guayaquil: Ecoe ediciones.
- Manglaralto, G. A. (2014). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL MANGLARALTO*. MANGLARALTO: Ecoe Ediciones.
- Ministerio del Ambiente, P. (2010). *Guía para la caracterizacion de Residuos Sólidos Municipales*.
- Morán, S. (23 de Junio de 2020). *PLAN V Hacemos periodismo*. Obtenido de <https://www.planv.com.ec>
- Núñez, L. T. (2013). Registro Oficial. En G. d. Ecuador, *Registro Oficial N°17* (pág. 15). Quito: Ecoe Ediciones.
- OMS, O. &. (2013). *Notas técnicas sobre agua, saneamiento e higiene en emergencias* .

- Pérez, G. B. (2012). Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. Un estudio de la región Centro Occidente de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 16-17.
- Piguave, J. (2015). Evacuación de Residuos Sólidos y Rechazos. México: Instituto Politécnico Nacional .
- Portalupi, L. (2014). *Información de Geomembranas de PVC y HDPE*. Ambato: Ecoe Ediciones.
- Ramos, F., & Soria, N. (Marzo 2021). *DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO PARA DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS-COMUNA MONTAÑITA-CANTÓN SANTA ELENA*. GUAYAQUIL: Ecoe Ediciones.
- Redes, L. (13 de Mayo de 2019). *Leonardo*. Obtenido de <https://www.leonardo-gr.com/es/blog/qu-son-los-residuos-no-peligrosos>
- Rendón, A. F. (13 de Octubre de 2012). Caracterización de Residuos Sólidos. Antioquía, Medellín, Colombia.
- Roberto, D. M. (2012). *Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle*.
- Sandoval, I. Y. (2010). *Diseño y factibilidad de relleno sanitario manual para el Municipio de La Libertad, departamento de La Libertad*. San Salvador: Ecoe Ediciones.
- Santana, R. R. (2021). *Prefactibilidad para reubicación de relleno sanitario en la Parroquia Machalilla, Cantón Puerto López*". Jipijapa- Manabí: Nobuko.
- Valda, Z. R., Mamani, L. G., & Gamboa, M. E. (2012). *Guía de Educación Ambiental en Gestión Integral de Residuos Sólidos*. La Paz: Ediciones UNL.

- Vargas, A. J. (2018). *Diseño de una celda emergente para la disposición final de los residuos sólidos no pelirosos en el cantón Baños de Agua Santa*. Pastaza: Ecoe Ediciones.
- Vergara, M. E. (2008). *Metodología de Diagnóstico Ambiental adaptación para su información utilizando técnicas difusas y su aplicación en vertederos de Andalucía Granada, España*. Granada: Editorial de la Universidad de Granada.
- Villegas, M. (2012). *Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos (RSD) con algunos factores socioeconómicos de los habitantes del municipio de Circasia-Quindío*. Circasia, Tolima, Colombia.
- Westreicher, G. (5 de marzo de 2022). *Economipedia, haciendo fácil la economía* .
Obtenido de <https://economipedia.com>

ANEXOS

ANEXOS FOTOGRAFICOS



Anexo 1: Botadero a cielo abierto del Cantón Isidro Ayora



Anexo 2: Llegada de camión recolector desechos al cantón



Anexo 3: Llegada de camión recolector al botadero



Anexo 4: Recepción de desechos para caracterización de desechos.



Anexo 5: Recepción de desechos para caracterización de desechos.



Anexo 6: Clasificación de los residuos sólidos no peligrosos.



Anexo 7: Pesaje de las fundas de desechos sólidos

CABEZA FAMILIAR		No. PERSONAS
1	STEFANIA SOLORZANO GUTIERREZ	4
2	SOFIA LADINES ZUMBA	5
3	JORDY RIVADENERIA SORIANO	4
4	MARIA CEDEÑO CASTRO	3
5	ANDY LÓPEZ CANTOS	5
6	JACINTO ALARCÓN BALLADARES	6
7	ANDRÉS CARCHI FAJARDO	5
8	CINTHIA PEÑAFIEL DE HOLGUÍN	4
9	RODOLFO VERA PEÑA	4
10	LUPE RIVERA CARRIÓN	3
11	GEORGE LINDAO VILLAVICENCIO	3
12	DANIELA VITE ANZULEZ	4
13	PATRICIO CÁRDENAS DE GONZABAY	4
14	RAMÓN PLUAS MERCHAN	5
15	JOSÉ REYES HENRIQUEZ	4
16	ANA JARAMILLO VAZQUEZ	3

Anexo 8: Familias que colaboraron en muestreo



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
SECRETARÍA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR,
CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO: Diseño de una celda emergente para ubicación final de los desechos sólidos no peligrosos en el Cantón Isidro Ayora.

AUTOR/ ES: Aylin Stefania Enriquez Robalino;
María José Suárez Macías

REVISORES: Ing. Andrés Villamar Cárdenas M. Sc /
Ing. Franklin Wilfrido Villamar Bazaña, M. Sc

INSTITUCIÓN: Universidad de Guayaquil

FACULTAD: Ciencias Matemáticas y físicas

CARRERA: Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACION: Abril, 2022

Nº DE PÁGS: 61

ÁREAS TEMÁTICAS: Diseño de Celda Emergentes

PALABRAS CLAVE: CELDA, LIXIVIADOS, DESECHOS, BIOGÁS, DRENES.

RESUMEN: El presente proyecto detalla cálculos que se realizaron para el diseño de una celda emergente que se llevará a cabo en el Cantón Isidro Ayora que tiene como finalidad el buen manejo de la disposición de los desechos sólidos que se generan en el Cantón, se podrán ver estimaciones de la población de diseño y la producción per cápita del Cantón. Realizamos cálculos de generación de desechos sólidos y el volumen compactado diariamente para obtener los cálculos anuales de producción y volúmenes de desechos sólidos, se estableció el área en hectáreas que ocuparía la celda emergente, se realizaron cálculos estimados de la generación de lixiviados, se explica sobre los drenes en forma de espina de pescado que suelen utilizarse para la recolección de lixiviados, las chimeneas para la quema de gases y el material de cobertura que se usa al llegar a su ciclo final.

Nº DE REGISTRO (en base de datos):

Nº DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:

SI

NO

**CONTACTO CON
AUTOR/ES:**

Teléfono: 0985779311
0986688586

E-mail: aylinenriquez27@gmail.com
mjms.19.1997@gmail.com

**CONTACTO EN LA
INSTITUCIÓN:**

Nombre: FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS Y FISICAS

Teléfono: 2-283348

E-mail: fmatematicas@ug.edu.ec

Quito: Av. Whymper E7-37 y Alpallana, Edificio Delfos, teléfonos (593-2)2505660/ 1; y en la Av. 9 de octubre 624 y Carrión, edificio Prometeo, teléfonos 2569898/9. Fax: (593 2) 250-9054