ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

"DISEÑO DE RELLENO SANITARIO PARA EL CANTÓN NARANJITO"

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

VÍCTOR HUGO CAICEDO CARVAJAL

LEINY MARIUXI DELGADO CADENA

GUAYAQUIL - ECUADOR

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Mercedes de Fátima Carvajal Nieto y Víctor Hugo Caicedo Ortega, por su paciencia y apoyo incondicional y a mi tía Sandra Carvajal, por su constante apoyo.

Víctor Hugo Caicedo Carvajal

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi madre María Cadena Paz que me ha apoyado a lo largo de mi vida y nunca ha dejado de creer en mí.

Leiny Mariuxi Delgado Cadena

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, y mis padres que siempre han estado en mis buenos y malos momentos.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial al PhD. David Matamoros que contribuyo a la realización de este trabajo.

Víctor Hugo Caicedo Carvajal

Leiny Mariuxi Delgado Cadena

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

_____

PhD. Hugo Egüez Álava
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

_____

PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo
DIRECTOR DEL PROYECTO

_____

Msc. Luis De Grau Vidal
COORDINADOR DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Víctor Hugo Caicedo Carvajal

Leiny Mariuxi Delgado Cadena

RESUMEN

Naranjito es un cantón perteneciente a la provincia del Guayas, a la actualidad dispone de un botadero a cielo abierto para disposición final de los desechos sólidos que generan sus habitantes; el botadero no cuenta con la infraestructura adecuada lo cual genera problemas de salud pública y ambiental.

En el presente proyecto se presenta como solución a este problema los estudios y diseños para la construcción de un Relleno Sanitario que cumpla con las técnicas constructivas y normativa ambiental vigente.

Para la realización de este trabajo se analizaron las condiciones generales de Naranjito, y del área de implementación del proyecto. Se muestra la metodología, los resultados obtenidos, así como las conclusiones y recomendaciones.

Además, se presente un análisis sobre la recuperación del biogás generado por el relleno sanitario y su potencial para generar energía eléctrica a partir de este.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA II
AGRADECIMIENTO IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN V
DECLARACIÓN EXPRESA VI
RESUMEN VII
ÍNDICE GENERAL VIII
ABREVIATURAS XIII
SIMBOLOGÍA XV
ÍNDICE DE FIGURAS XIX
ÍNDICE DE TABLAS XXII
CAPÍTULO 1 26
INTRODUCCIÓN 26
1.1 Introducción al método de relleno sanitario 27
1.2 Justificación 29
1.3 Objetivos 30
1.3.1 Objetivo General 30
1.3.2 Objetivos Específicos 30
1.4 Metodología de diseño 31
CAPÍTULO 2 32
TEORÍA Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS. 32
2.1 Información general 33
2.1.1 Localización Geográfica 33
2.1.2 Áreas de Proyecto 34
2.1.3 Geología 36
2.1.4 Climatología 38

2.1.5 Hidrología 39
2.1.6 Hidrogeología 40
2.1.7 Topografía 40
2.1.8 Relieve 41
2.1.9 Estratigrafía y litología 41
2.1.10 Características de los Suelo 41
2.1.11 Tectónica 43
2.1.12 Población 43
2.1.13 Propiedades de los residuos urbanos 43
2.2 Producción de Basura en el cantón Naranjito 48
2.2.1 Manejo de desechos 48
2.2.2 Origen de los Desechos Sólidos 50
2.2.3 Caracterización de Desechos Sólidos 51
2.3 Criterios para la selección del sitio. 52
2.3.1 Factores Ambientales 52
2.3.2 Factores Técnicos 54
2.3.3 Factores Económicos 55
2.3.4 Factores Sociales 56
2.3.5 Factores Legales 56
2.4 Relleno sanitario 57
2.4.1 Definición de relleno sanitario 57
2.4.2 Tipos de rellenos sanitarios 58
2.4.1 Relleno de tipo “Superficie” 60
2.5 Generación de gases en un relleno sanitario 61
2.6 Generación del líquido lixiviado en un relleno sanitario 67
2.7 Estudio ambiental aplicado al proyecto 69
2.7.1 Marco Legal 69
2.7.2 Identificación de Impactos Existentes 79
2.7.3 Criterios de Evaluación 79
CAPÍTULO 3 80
METODOLOGÍA 80

3.1 Selección del sitio 81
3.2 Proyección Poblacional..... 82
3.3 Generación de Desechos 83
3.3.1 Generación de Desechos Anual..... 83
3.3.2 Producción Per Cápita 84
3.3.3 Composición física de desechos..... 84
3.3.4 Densidad de los desechos 86
3.3.5 Densidad Global de los desechos..... 86
3.3.6 Humedad de los desechos..... 87
3.4 Dimensiones del Relleno Sanitario 88
3.4.1 Volumen de desecho sólidos 88
3.4.2 Material de cobertura 89
3.4.3 Volumen total del relleno sanitario 90
3.4.4 Área requerida para el relleno sanitario 90
3.4.5 Altura necesaria del relleno sanitario 92
3.5 Generación de Gases..... 93
3.5.1 Determinación de la composición química de la materia orgánica ……..93
3.5.2 Determinación del volumen de biogás 95
3.6 Sistema de recolección de aguas pluviales 98
3.7 Generación de Lixiviados..... 106
3.7.1 Estimación de la infiltración de operación en el relleno sanitario ……108
3.7.2 Estimación de la Producción de lixiviado 110
3.8 Presupuesto de Costo de Obra 116
3.9 Estabilidad de Taludes..... 116
3.10 Determinación de Impacto Ambiental del Proyecto 118
3.10.1 Matriz Intensidad (Int)..... 118
3.10.2 Matriz Extensión (Ext). 118
3.10.3 Matriz Duración (Dur). 119
3.10.4 Matriz de Bondad de Impacto o Signo (S)..... 119
3.10.5 Matriz Magnitud (M) 119

3.10.6 Matriz Reversibilidad (Rev.). 120
3.10.7 Matriz de Riesgos (Rg)..... 120
3.10.8 Matriz de Valoración de Impacto Ambiental (V.I.A.) 120
CAPÍTULO 4..... 123
RESULTADOS 123
4.1 Selección de sitio para disposición final de desechos 124
4.1.1 Sitio escogido para implementación del Relleno Sanitario de Naranjito 124
4.2 Proyección Poblacional del cantón Naranjito..... 125
4.3 Producción per cápita de desechos del cantón Naranjito 127
4.4 Dimensiones finales del relleno sanitario para Naranjito 128
4.4.1 Volumen final del relleno sanitario de Naranjito 128
4.4.2 Área final para implantación del cuerpo del relleno sanitario .. 132
4.4.3 Altura final del relleno Sanitario de Naranjito 134
4.5 Diseño de la Subrasante..... 137
4.6 Diseño de la celda diaria de basura..... 155
4.7 Biogás generado por el relleno sanitario de Naranjito 157
4.7.1 Composición química de los desechos del cantón..... 157
4.7.2 Volumen de Biogás generado por el relleno sanitario del cantón ……158
4.7.3 Diseño del sistema de recolección del Biogás 161
4.8 Diseño del sistema de recolección de aguas pluviales..... 163
4.9 Liquido Lixiviado generado por el relleno sanitario de Naranjito.... 164
4.9.1 Infiltración de operación en relleno sanitario de Naranjito..... 164
4.9.2 Producción de lixiviado generado por el relleno sanitario del cantón ……164
4.9.3 Diseño del sistema de recolección del líquido Lixiviado..... 166
4.9.4 Diseño del sistema de tratamiento de lixiviados..... 168
4.10 Cálculo de la mano de obra..... 169
4.11 Presupuesto de Costo de Obra 170
4.12 Estabilidad de Taludes..... 173
4.13 Análisis de resultados..... 176

4.13.1 Generación de Basura y cobertura..... 176
4.13.2 Composición de la basura..... 178
4.13.3 Generación de gases y su aprovechamiento 179
4.14 Impacto Ambiental 187
CAPÍTULO 5..... 189
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 189
5.1 Conclusiones 190
5.2 Recomendaciones 191

ANEXOS
BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

EPA	United States Environmental Protection Agency
CNEL	Coorporación Nacional de Electricidad
Evt	Evapotranspiración
FS	Factor de seguridad
GEI	Gases de Efecto Invernadero
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAHMI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
PDOT	Plan de Ordenamiento Territorial
PPC	Producción Per Cápita

PVC	Policloruro de Vinilo
RS	Relleno Sanitario
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SUMA	Sistema Único de manejo ambiental
SUIA	Sistema Único de impacto ambiental
SIN	Sistema Nacional de Información
UTM	Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
VIA	Valoración de Impacto ambiental

SIMBOLOGÍA

º	Grados
´	Minutos
”	Segundos
”	Pulgadas
%	Porcentaje
ºC	Grados centígrados
ϕ	Diámetro
Mm	Milímetro
Ton	Tonelada
m^3	Metro cubico
m^2	Metro cuadrado
Kg	Kilogramo
Cm	Centímetro
cm^3	Centímetro cubico

CH4	Metano
CO2	Dióxido de Carbono
H2O	Agua
C	Carbono
H	Hidrogeno
O	Oxigeno
N	Nitrógeno
S	Azufre
Ph	Potencial de Hidrogeno
S	Pendiente
KN	Kilo Newton
Art	Articulo
Φ	Diámetro
ρ_g	Densidad global de los desechos
ρ_c	Densidad compactada de los desechos

$AALL$	Aguas lluvias
A_{RR}	Área requerida para el relleno
Ad	Ancho medio de la cuenca
A	Sección de canales
c,e,f	Factores para distintos tiempos de retorno
K	Coeficiente de escorrentía
H	Horizontal
Ha	Hectárea
H_R	Altura de relleno sanitario
Hab	Habitante
Hr	Hora
I	Intensidad de lluvia
L	Longitud del Cauce
lb	Libras
msnm	Metros Sobre el Nivel del Mar

Po	Población en el año de base
P	Presión
Ps	Polietileno
Pp	Polipropileno
Q	Caudal
R	Tasa de crecimiento poblacional
Rh	Radio Hidráulico del canal
T	Tiempo en años
Tc	Tiempo de concentración
V_{RSC}	Volumen de residuos compactados
Vc	Volumen material de cobertura
V	Vertical
V_{TR}	Volumen total de relleno sanitario
Yd3	Yardas Cúbicas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de la metodología de diseño aplicada en este proyecto 31

Figura 2.1 Ubicación Geográfica del cantón Naranjito 33

Figura 2.2 Ubicación Geográfica de la Alternativa A 34

Figura 2.3 Ubicación Geográfica de la Alternativa A 35

Figura 2.4 Posibles sitios para disposición final de desecho 36

Figura 2.5 Fotografía del botadero actual del cantón Naranjito 49

Figura 2.6 Fases generalizadas en la generación de gases de relleno sanitario (I-Ajuste Inicial, II-Fase de Transición, III-Fase Ácida, Fermentación IV-Metano y V-Maduración) 62

Figura 2.7 Representación gráfica de la producción de gas durante un período de 5 años a partir de los materiales orgánicos descomponibles rápida y lentamente colocados en un vertedero. 66

Figura 2.8 Bosquejo del balance hídrico para la estimación de lixiviados... 68

Figura 3.1 Tasa de Producción de Biogás por año MRB 98

Figura 3.2 Tasa de Producción de biogás por año MLB 98

Figura 3.3 Imagen del software GEO5 usado para la estabilización del talud del RS. 117

Figura 4.1 Sitio escogido para la disposición final..... 125

Figura 4.2 Topografía del sitio seleccionado para la construcción del relleno sanitario de Naranjito 137

Figura 4.3 Producción parcial de biogás generado por Kg de basura en el relleno sanitario de Naranjito 160

Figura 4.4 Bosquejo de las chimeneas a construirse en el relleno sanitario de Naranjito 162

Figura 4.5 Estimación del caudal diario de líquido lixiviado producido por el relleno sanitario del cantón 165

Figura 4.6 Producción pico de líquido lixiviado por cada capa del relleno sanitario de Naranjito 166

Figura 4.7 Bosquejo filtro principal 167

Figura 4.8 Bosquejo filtro secundario..... 168

Figura 4.9 Bosquejo del sistema de tratamientos de lixiviados a construirse en el relleno sanitario de Naranjito..... 169

Figura 4.10 Corrida con el programa GEO5 para determinar la estabilidad del talud del Relleno Sanitario de Naranjito..... 174

Figura 4.11 Corrida con el programa GEO5 para determinar la estabilidad del talud del Relleno Sanitario de Naranjito..... 174

Figura 4.12 Corrida con el programa GEO5 para determinar la estabilidad del talud del Relleno Sanitario de Naranjito..... 175

Figura 4.13 Corrida con el programa GEO5 para determinar la estabilidad del talud del Relleno Sanitario de Naranjito 175

Figura 4.14 Crecimiento Demográfico del cantón Naranjito 177

Figura 4.15 Potencial eléctrico en MWh del relleno sanitario de Naranjito… 185

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Nombre y ubicación de las estaciones meteorológicas 38

Tabla II. Extensión y Distribución del suelo según su tipo en el cantón Naranjito 42

Tabla III. Cobertura de Recolección de desechos sólidos en el cantón Naranjito 50

Tabla IV. Desechos Sólidos del cantón Naranjito según su origen 50

Tabla V. Composición porcentual de los desechos sólidos de Naranjito..... 51

Tabla VI. Tipos de rellenos sanitarios recomendados según el número de habitantes 60

Tabla VII. Puntuación de parámetros para la selección del sitio 81

Tabla VIII. Puntuación para selección de Terreno..... 82

Tabla IX. Caracterización de los residuos sólidos de Naranjito..... 85

Tabla X. Densidades parciales de los residuos sólidos de Naranjito..... 86

Tabla XI. Humedades parciales de los residuos sólidos del cantón Naranjito 87

Tabla XII. Peso Seco de los componentes de los residuos sólidos de Naranjito 88

Tabla XIII. Porcentaje de C, H, O y N de cada constituyente de los RS del cantón Naranjito 93

Tabla XIV. Factores de Biodegradación de algunos Residuos 97

Tabla XV. Valores empíricos para obtener el coeficiente de escurrimiento (k) 100

Tabla XVI. Factores c, e y f de la ecuación 102

Tabla XVII. Valores de coeficiente de retraso 103

Tabla XVIII. Coeficiente de rugosidad (n) 105

Tabla XIX. Evapotranspiración en mm de las estaciones San Carlos y Valdez 109

Tabla XX. Parámetros empleados para estabilidad de taludes, software GEO5 117

Tabla XXI. Factores de magnitud usados para cálculo de Impacto Ambiental 119

Tabla XXII. Factores de importancia 121

Tabla XXIII. Calificación del tipo de impacto según resultado de la matriz V.IA. 122

Tabla XXIV. Proyección poblacional del cantón Naranjito para los 20 años de vida útil del relleno sanitario 126

Tabla XXV. Proyección de la PPC del cantón Naranjito para los 20 años de vida útil del relleno sanitario 128

Tabla XXVI. Proyección del volumen de basura compactado durante los 20 años de operación del relleno sanitario del cantón Naranjito..... 129

Tabla XXVII. Proyección del volumen de material de cobertura compactado durante los 20 años de operación del relleno sanitario del cantón Naranjito 130

Tabla XXVIII. Proyección del volumen total anual compactado durante los 20 años de operación del relleno sanitario del cantón Naranjito..... 131

Tabla XXIX. Proyección del volumen de basura anual durante los 20 años de operación del relleno sanitario del cantón Naranjito 132

Tabla XXX. Altura requerida anualmente para el apilamiento de los RS según el método constructivo seleccionado para el relleno sanitario de Naranjito…… 136

Tabla XXXI. Alturas de las celdas diarias según las capas del relleno sanitario de Naranjito 156

Tabla XXXII. Longitud de las celdas diarias según las capas del relleno sanitario de Naranjito 157

Tabla XXXIII. Valores de mano de obra para el Relleno Sanitario en los años (2017-2037) 170

Tabla XXXIV. Presupuesto de la Obra 171

Tabla XXXV. Producción per cápita en el Ecuador 176

Tabla XXXVI. Potencial eléctrico en MWh del relleno sanitario de Naranjito 184

Tabla XXXVII. Matriz VIA – Etapa de Construcción relleno sanitario de Naranjito 187

Tabla XXXVIII. Matriz VIA – Etapa de Operación del relleno sanitario de Naranjito 188

Tabla XXXVIII. Matriz VIA – Etapa de Demolición del relleno sanitario de Naranjito 188

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción al método de relleno sanitario

La disposición final de los residuos sólidos constituye la última fase del sistema de limpieza municipal de una ciudad y se encuentra directamente ligada con la preservación del ambiente y con la salud pública, por lo que se debe tener un control mediante técnicas modernas que logren minimizar los impactos ambientales negativos que se puedan generar en el entorno.

Entre las alternativas que se encuentran para la disposición y control de los desechos sólidos, se tiene el método de Relleno Sanitario, este consiste en depositar los residuos sobre el terreno seleccionado y conformarlo en capas, compactarlos al menor volumen posible y posteriormente cubrirlos con una capa inerte, el espesor de esta dependerá del tipo de material.

Antes y después de la construcción del Relleno Sanitario, se desarrollan obras complementarias, con la finalidad de poder controlar los efectos negativos que puedan producirse; algunas obras son, sistemas de control de lixiviado, sistema de impermeabilización, pozos para extracción de gases, entre otros.

El sistema de Relleno Sanitario es una obra de ingeniería por lo que es necesario planeación y diseño con el objetivo de lograr una adecuada construcción y operación de este, por esto se requiere la elaboración de

un proyecto que brinde los lineamientos, criterios para la construcción y operación adecuada, siguiendo la normativa vigente.

Actualmente la ciudad de Naranjito dispone de un botadero a cielo abierto que es utilizado para la disposición final de los desechos sólidos producidos por sus habitantes; este botadero no dispone de la infraestructura técnica adecuada lo que genera un problema de salud pública y ambiental.

1.2 Justificación

El incremento de la población a nivel mundial, crecimiento económico y desarrollo de las industrias ha originado una mayor demanda de los servicios públicos, y como consecuencia, se ha superado la capacidad de las autoridades, en calidad y cantidad, referente a la prestación de los mismos.

El Cantón Naranjito se encuentra en constante desarrollo económico e industrial, esto sumado al crecimiento de la población, ha afectado la prestación de los servicios del Sistema de Limpieza Municipal, el cual está conformado por: recolección, transferencia y disposición final de los desechos sólidos.

A pesar de la conciencia de mantener una disposición final adecuada de los desechos sólidos, en el cantón prevalece la práctica de usar Botadero a Cielo Abierto, que consiste en verter los desechos directamente sobre el suelo, contribuyendo al deterior de la calidad del ambiente de esta localidad.

Por lo tanto, en el presente trabajo se propone como alternativa de disposición y control de los residuos, el diseño del Relleno Sanitario para la población de Naranjito, aplicando la normativa ecológica y de construcción para las consideraciones particulares de esta ciudad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar el relleno sanitario que reciba los desechos sólidos del Cantón Naranjito.

1.3.2 Objetivos Específicos

Analizar las condiciones ambientales del área de estudio.

Seleccionar el sitio más apropiado para la implementación del relleno sanitario.

Estimar la producción de Biogás que se generara en el relleno sanitario.

Estimar la producción de lixiviados que se generara en el relleno sanitario.

Estimar el potencial eléctrico que tendría el relleno sanitario a partir del aprovechamiento del Biogás.

Determinar el impacto ambiental que se produciría a través de la matriz VIA.

Realizar el presupuesto en función de la ejecución de la obra.

1.4 Metodología de diseño

La metodología usada en el diseño del Relleno Sanitario de Naranjito se encuentra detallada en el siguiente esquema, donde se consideraron los puntos más relevantes para el desarrollo del presente proyecto.

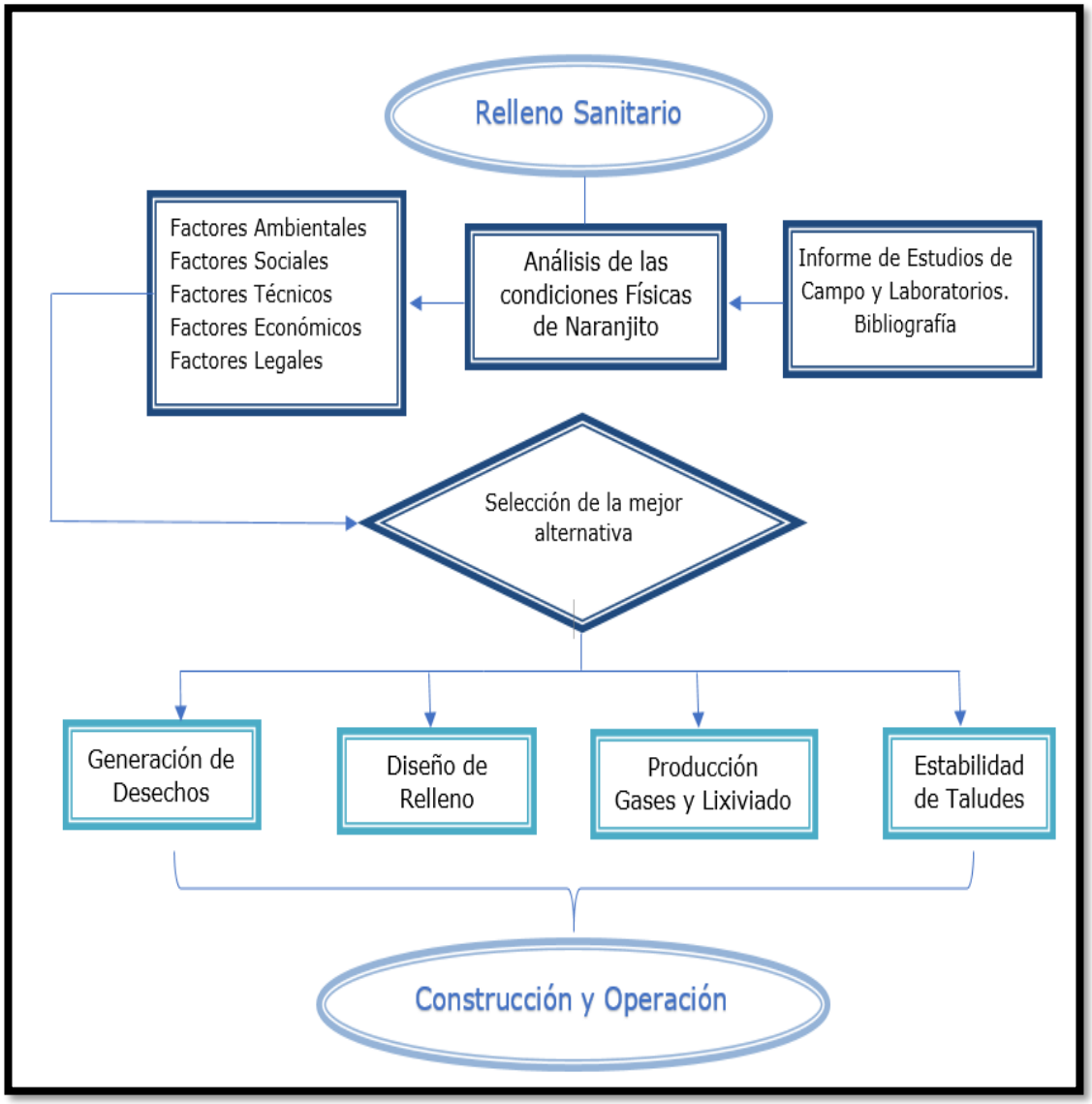


Figura 1.1 Esquema de la metodología de diseño aplicada en este proyecto
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

CAPÍTULO 2

TEORÍA Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS.

2.1 Información general

2.1.1 Localización Geográfica

El cantón Naranjito forma parte de la Provincia del Guayas y territorialmente se encuentra constituido de su cabecera cantonal y sus 27 recintos.

El territorio cantonal tiene una extensión de 297,28 km2 y se encuentra limitado al norte con los cantones Simón Bolívar, Babahoyo y Chillanes; al sur con el cantón Marcelino Maridueña; al este con el cantón Gral. Antonio Elizalde y al sur con el cantón

Figura 2.1 Ubicación Geográfica del cantón Naranjito
Fuente: (GOOGLE EARTH, 2017)

Milagro.

2.1.2 Áreas de Proyecto

Luego de un análisis de la información territorial existente del Cantón se han elegido 2 posibles sitios para la disposición final de los desechos.

Estos 2 sitios han sido elegidos por la extensión y ubicación que poseen, ya que es la necesaria para la implementación del proyecto.

Alternativa A

Esta primera alternativa fue escogida ya que hasta el año 2013 el sitio era usado como botadero a cielo abierto, actualmente se encuentra en funcionamiento para actividades recreativas.

Figura 2.2 Ubicación Geográfica de la Alternativa A para selección final de Sitio - Cantón Naranjito
Fuente: (GOOGLE EARTH, 2017)

La ubicación geográfica del primer posible sitio para la implementación del relleno sanitario es: 675268.42; 9760881.73

Alternativa B

El terreno de esta alternativa es actualmente usado como botadero a cierro abierto, es por esta razón que se tomó en cuenta para posible implementación del RS.

La ubicación geográfica del segundo posible sitio para la implementación del relleno sanitario es: 667342.42; 9760563.76.

Figura 2.3 Ubicación Geográfica de la Alternativa A para selección final de Sitio - Cantón Naranjito
Fuente: (GOOGLE EARTH, 2017)

La alternativa que se escoja para la disposición final de los desechos será la que reciba la mayor puntuación, en base a un sinnúmero de parámetros evaluados en la sección 2.3.

Figura 2.4 Posibles sitios para disposición final de desecho
Cantón Naranjito
Fuente: (GOOGLE EARTH, 2017)

2.1.3 Geología

Geológicamente Naranjito se encuentra sentada sobre la zona oriental de la unidad morfológica denominada Depresión del Guayas, cuyos límites naturales están establecidas por el lado occidental con la Cordillera de Los Andes, en el lado oriental con la Cordillera Chongón - Colonche y el estuario del Río Guayas.

Esta depresión se ha rellenado paulatinamente con una gran cantidad de sedimentos de origen reciente, Holoceno, que ha sido

aportado por ciertos volcanes y por la erosión que ha presentado la cordillera, y que de a poco fueron arrastrados por las corrientes de los diversos afluentes desde las partes altas, que llegaron a formar posteriormente los ríos Chimbo, Milagro, Yaguachi, Vinces y Babahoyo. El depósito de estos y otros materiales en la parte baja originó la formación de la gran llanura de inundación donde actualmente se asientan las poblaciones pertenecientes a ciudades, entre ellas Naranjito.

En la cuenca del Guayas se encuentran una diversidad de tipos de suelos en distintas etapas de desarrollo. Estos suelos han sido originados por fenómenos climáticos como “El Niño”, debido a las inundaciones en los meses lluviosos y sequías en los meses de ausencias y lluvias.

Geológicamente Naranjito se encuentra en la llanura oriental, donde los suelos se han originado primordialmente por la acumulación de materiales detríticos erosionados y que fueron sedimentándose en capas sucesivas desde el terciario. En la parte occidental de esta llanura, los suelos se formaron sobre sedimentos provenientes de areniscas y calizas que fueron acumulándose para formar actualmente mesetas y los cerros bajos localizados al sur y sureste.

Los fenómenos que se han dado como los de meteorización intensa, sumado al proceso continuado de la erosión superficial del suelo, han creado las condiciones apropiadas para un continuo enriquecimiento de los elementos nutritivos de los suelos que cubren las rocas básicas subyacentes de estas unidades fisiográficas de la región.

2.1.4 Climatología

Los datos que respectan a la climatología del área de estudio fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas ubicadas en Milagro y Marcelino Maridueña, se escogieron estas estaciones por su cercanía con el cantón, lo que permite una fácil interpolación para obtener datos que se requieren para el presente estudio.

Tabla I Nombre y ubicación de las estaciones meteorológicas

CÓDIGO	ESTACIÓN	COORDENADAS		ALTURA
		NORTE	ESTE	
M218	INGENIO SAN CARLOS	9754469	677013	54
M037	INGENIO VALDEZ	9754469	655647	15

Fuente: (INAHMI, 2013)

El área del proyecto registra una altura de 22 y 24 msnm, con temperaturas que varían entre 20 a 29 °C. Posee precipitaciones promedio de 1360 mm con una humedad relativa de 53%. Por su ubicación presenta dos estaciones climáticas, seca y lluviosa.

La estación lluviosa se establece del 15 de diciembre al 20 de mayo, aproximadamente; y la estación seca entre el 16 de mayo al 14 de diciembre.

2.1.5 Hidrología

Entre los principales recursos hídricos de Naranjito se encuentra el Rio Chorrón que se encuentra a aproximadamente 1 Km. del proyecto. En el área de implementación del proyecto y en su zona de influencia no se encuentran corrientes hídricas subterráneas ni corrientes de aguas superficiales cercanas.

A pesar de la cercanía, del área disponible para el presente proyecto, con los recursos hídricos del cantón, hasta la fecha no se ha registrado inundaciones, ya que el terreno presenta un drenaje propio adecuado.

En lo que refiere al área rural de Naranjito, los recintos San Francisco, Primavera, Rocafuerte y Barraganete si presentan problemas de inundación, dada la influencia que tienen los ríos Milagro y Chimbo, respectivamente, quienes, por falta de drenaje, facilitan su desbordamiento.

También se presentan desbordes, aunque no muy frecuentes de los esteros El Toro, El Hediondo, Chilintomo, Los Amarillos, Anapoyo y Papayal que causan malestar en las zonas adyacentes.

2.1.6 Hidrogeología

El Cantón Naranjito se encuentra en la Región Costa, donde se perforan la mayoría de los pozos en nuestro país, el cantón constituye una unidad hidrogeológica con características excepcionales.

A pesar de estas características no se encontraron puntos hidrogeológicos ni en el área de estudio ni en la zona de influencia de este.

En el cantón más de 64 pozos han sido perforados con profundidades entre 40 y 130 m, con un caudal promedio entre 100 l/s y 200l/s, para fines industriales agrícolas y domésticos.

La unidad hidrológica de Naranjito presenta un rendimiento medio, debido a que, presenta una permeabilidad media en la porosidad intergranular de sus unidades (arenas, aluviales, gravas).

2.1.7 Topografía

La topografía de la región es plana con pendientes muy pequeñas que no superan un gradiente del 5%. Los accidentes topográficos de importancia lo constituyen los ríos que discurren en la planicie general. Debido la combinación de un sin número de factores naturales como las pendientes pequeñas, la falta de permeabilidad del terreno y el nivel elevado del nivel freático en todo el cantón, el

drenaje de la escorrentía superficial suele ser muy lento, es por esta razón que se requiere de un mayor tiempo para el desalojo natural de las aguas.

2.1.8 Relieve

El territorio tiene en su mayor parte una elevación bastante regular, en la mayor parte de la extensión predominan los Conos Aluviales, Conos de Esparcimiento y las Terrazas bajas.

También hay presencia se Llanuras Aluviales de Depositación en áreas concretas de los recintos Alegría, La Paciencia, sector María Isabel, ubicadas al límite Oeste del cantón, que se encuentran complementados a su vez con Bancos y Diques Aluviales.

2.1.9 Estratigrafía y litología

Esta se encuentra constituida por rocas ígneas o sedimentarias paleoozoicas, que a veces llegan a aflorar en varios lugares de la cuenca. El material superficial se encuentra compuesto por materiales detríticos de granulometría muy amplia como arcilla, arenas e incluso gravas, y frecuentes variaciones en lo que respecta a su composición.

2.1.10 Características de los Suelo

El suelo presente tiene un ph<7 y tiene las siguientes características:

Tabla II. Extensión y Distribución del suelo según su tipo en el cantón Naranjito

Tipo	Extensión	Distribución
Gruesa	178.36 km2	60%
Moderadamente Gruesa	74.32 km2	25%
Medianamente Gruesa	2.97 km2	10%
Fina	1.48 km2	5%

Fuente: (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON NARANJITO, 2014)

Gruesa: presenta pendiente del 0 al 5%, y posee un drenaje elevado.

Moderadamente Gruesa: posee pendientes de 5 a 12%, por lo que posee un drenaje bueno.

Media: presenta un drenaje excesivo con pendiente que varían entre 0 y 5%

Fina: el suelo es poco profundo y presenta un drenaje moderado con pendientes que van desde 0 hasta 5%.

2.1.11 Tectónica

El sistema principal de fallas de la región está compuesto por fracturas de salto importante, que corren paralelamente a las estribaciones de la cordillera que enmarcan la cuenca.

El sitio de implementación del relleno sanitario no presenta fallas geológicas asociadas.

2.1.12 Población

Hasta el año 2010, el cantón poseía una población de 37.186 personas, constituido por 19.337 hombres que representa el 52% y 17.849 mujeres que representa el 48%.

El 52% de la población se concentra en el grupo de 25 a 49 años, es por esto, que la edad media del habitante es de 29 años; la población del cantón es considerada como joven y se encuentra en condiciones para realizar actividades económicas para desarrollo del lugar.

2.1.13 Propiedades de los residuos urbanos

2.1.13.1 Características o propiedades físicas

Densidad o Peso específico

Se puede definir como el peso del material por su volumen ocupado (kg/ m3).

Al momento de determinar los equipos de recolección, así como los equipos de almacenamiento de los RSU, este parámetro es muy importante ya que está directamente relacionado.

La densidad aparente se presenta en los residuos antes del proceso de compactación ya que las partículas están sueltas, al realizar la compactación de los residuos su densidad se altera o se modifica. La densidad es un parámetro que cambia según los distintos factores que se presenten en el área de implantación del proyecto como la producción o la estación del año.

Humedad

La humedad se puede estimar como proporciones de agua que se encuentran dentro de los diferentes elementos que conforman los RSU, por lo que la cantidad de agua que se encuentra contenida altera su peso

Poder calorífico

El poder calorífico es la proporción de calor desglosada en la combustión completa en una unidad de masa.

Por la heterogeneidad que presentan los residuos el poder calorífico inferior (PSI), depende en gran medida del porcentaje de humedad y la cantidad de materiales combustibles e inertes que estén presentes como elemento en los RSU.

Capacidad de campo

Es la humedad que puede ser retenida a través de una muestra de residuo sometida a la gravedad expresada en cantidad, este parámetro es de importancia crítica para la generación de líquido lixiviado en los vertederos, ya que si se presenta en exceso influye en una mayor cantidad de lixiviados generados.

2.1.13.2 Características o propiedades químicas

La caracterización de los residuos urbanos es fundamental, ya que nos permite analizar los diferentes tratamientos disponibles y recuperación o reutilización de los residuos generados, como parámetros se presentan:

Para los elementos de combustión se lo determina con el PSC y el porcentaje de C, H, O, N, S y cenizas se incluye el porcentaje de halógenos.

Para la materia orgánica, se determina el PH, humedad relativa, densidad aparente, conductividad eléctrica (conductímetro), materia orgánica total (calcinación), carbono orgánico oxidable (oxidación), nitrógeno total (colorimetría), etc.

2.1.13.3 Características o propiedades biológicas

Las propiedades biológicas son importantes de conocer y analizar ya que nos permiten conocer los gases que se puedan generar.

- Los componentes biológicos de los residuos urbanos se catalogan en:

- Constituyentes en solubles en el agua
- Hemicelulosas
- Celulosa
- Grasas, aceites y ceras
- Lignina
- Lignocelulosa
- Proteínas

La biodegradabilidad es una propiedad muy importante ya que se establece como la capacidad que presentan los RSU para ser degradado en otros más sencillos con la intervención de los microorganismos y otros agentes físicos.

2.1.13.4 Transformaciones de los residuos urbanos

La transformación de los residuos radica en:

- Poder mejorar la eficiencia de las operaciones de los sistemas de gestión.
- Mejorar la recuperación de los materiales reciclables
- Recuperar productos de alto nivel energéticos

Los tipos de transformaciones que se pueden presentar se detallan a continuación:

- Transformaciones físicas
- Separación de componentes
- Reducción mecánica de volumen

- Reducción de tamaño
- Transformaciones químicas
- Combustión
- Pirolisis
- Gasificación
- Transformaciones biológicas

Separación de componentes biológicos

Compostaje aerobio

Digestión anaerobia

2.1.13.5 Caracterización de los residuos urbanos

El conteo y clasificación del tipo de residuo urbano recogidos se obtiene a través de un pesaje.

Para realizar la caracterización en los sectores urbanos debemos analizar los distintos sectores de la comunidad:

Sectores de población con alta densidad de población.

- Sector residencial
- Sector comercial.
- Sector industrial
- Sector agrícola

2.2 Producción de Basura en el cantón Naranjito

2.2.1 Manejo de desechos

Una de las etapas de la gestión de desechos sólidos urbanos es la recolección y manejo de estos, incluye la captación de los desechos provenientes de los diferentes orígenes y transportarlos a un sitio de disposición final adecuado.

La gestión de recolección y manejo de desechos de Naranjito está bajo la responsabilidad del GAD del cantón; para esto se dispone de 8 vehículos que se encargan de la cobertura local y rural, 4 son de tipo volqueta y el resto son recolectores.

La disposición de la mayoría de estos desechos se la realiza en un botadero a cielo abierto, la otra parte es arrojada a lo largo de la urbe y de las calles que conectan al cantón.

Figura 2.5 Fotografía del botadero actual del cantón Naranjito
Fuente: (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON NARANJITO, 2014)

Como se observa en la Figura 2.5 el botadero no cuenta con la adecuada infraestructura para cumplir con todos los lineamientos técnicos y ambientales.

Las estadísticas más recientes de la cobertura de recolección de los desechos en Naranjito muestran la siguiente distribución.

Tabla III Cobertura de Recolección de desechos sólidos en el cantón Naranjito

Cobertura de Recolección de Desechos Sólidos	
Carro Recolector	72,0%
Terrenos Baldíos	7,0%
Incineración o Entierro	19,0%
Otro	2,0%

Fuente: (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON NARANJITO, 2014)

2.2.2 Origen de los Desechos Sólido

Naranjito produce alrededor de 4000 toneladas de basura al año; la misma que es generada por las actividades que se realizan en los sectores comerciales, industriales, agrícolas, hogares, etc.

Las distribuciones de los desechos generados se muestran en la Tabla IV, cabe destacar entre los datos que aproximadamente la mitad proviene de los hogares tanto de sector rural y urbano.

Tabla IV Desechos Sólidos del cantón Naranjito según su origen

Desechos Sólidos, según origen	
Domicilios	51%
Comercios	29%
Cultivos e Ingenios	16%
Otros	4%

Fuente: (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON NARANJITO, 2014)

2.2.3 Caracterización de Desechos Sólidos

La caracterización de los residuos sólidos es sumamente importante para saber qué tipo de gestión, procedimientos y planificación se le puede dar a los mismos. Los diseños de las rutas de recolección, las maquinarias, equipos, los métodos de separación y las instalaciones están directamente relacionadas con la cantidad y composición de los residuos generados por la población.

Tabla V Composición porcentual de los desechos sólidos de Naranjito

Composición de desechos sólidos	
Materia Orgánica	69%
Plásticos	13%
Vidrios	5,10%
Metal y Latón	1,70%
Caucho	0,70%
Papel y Cartón	3,50%
Otros	7%

Fuente: (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON NARANJITO, 2014)

En la Tabla V se muestra información proporcionada por la Jefatura Agropecuaria, Medio Ambiente y Turismo, que efectuó un estudio de la composición de desechos sólidos generados por la población de Naranjito y cuyo destino final es el botadero del cantón.

Entre los valores mostrados se observa un valor alto de materia orgánica, esto se debe tener en cuenta al momento de seleccionar un sistema de disposición final para los residuos sólidos que genera

el cantón, ya que se tendrá una alta producción de lixiviados y se generarán muchos gases.

2.3 Criterios para la selección del sitio.

El sitio escogido para la disposición final de los desechos sólidos es uno de los factores más importantes, ya que establece la viabilidad o no del proyecto.

Entre los factores a considerar para la evaluación de sitios se encuentran los factores ambientales, técnicos, económicos, legales y sociales.

2.3.1 Factores Ambientales

Estos factores están estrechamente relacionados con los posibles impactos y alteraciones que se puedan generar en el medio ambiente.

A continuación, se detallan cada uno de los factores con las respectivas consideraciones que se deben tomar:

Proximidad a centros poblados

Se debe considerar una distancia mínima de 1.000 metros desde el sitio hasta el poblado cercano.

Proximidad a otras instalaciones

El sitio seleccionado debe estar a una distancia de 500 m hasta infraestructuras presentes como líneas de transmisión, torres de energía eléctrica, acueductos y en general obras de ingeniería y de comunicación.

Fuentes de abastecimiento de agua potable

Con el fin de evitar una posible contaminación al agua que abastece a la población del cantón, se recomienda una distancia mínima de 500 m desde el relleno sanitario.

Afectación paisajística

Se refiere a las posibles alteraciones del paisaje del área, debido al potencial natural y paisajístico que posee.

Flora y fauna

El proceso constructivo requiere de movimiento de tierras, lo que podría afectar a la flora y fauna local.

Existencia de áreas protegidas

El terreno no debe estar dentro de un área protegida, y así mismo se debe respetar los límites de seguridad establecidos por las autoridades.

Áreas con restos arqueológicos

Se refieren a zonas donde se hayan encontrado vestigios de civilizaciones pasadas o de importancia arqueológica.

2.3.2 Factores Técnicos

Los factores técnicos van relacionados con la etapa de construcción del relleno ya que de esto depende un funcionamiento adecuado posteriormente. A continuación, se detallan cada uno de los factores con las respectivas consideraciones que se deben tomar:

Vida útil del terreno

Se refiere a la disponibilidad del terreno para garantizar el funcionamiento del relleno sanitario en su tiempo de vida útil.

Topografía del terreno

Se recomienda sitios con una pendiente entre 3% y 12%, puesto que sitios con pendientes distintas a estas presentan dificultades en manejo de lixiviados y actividades de operación.

Condiciones Sísmicas

El sitio debe estar fuera de zonas de peligro potencialmente sísmico.

Fallas Geológicas

La norma recomienda 60 metros mínimos hasta una falla geológica que haya presentado un desplazamiento recientemente.

2.3.3 Factores Económicos

Los factores económicos van relacionados con los costos de operación del relleno sanitario. A continuación, se detallan cada uno de los factores con las respectivas consideraciones que se deben tomar:

Distancia de recorrido en el transporte de residuos sólidos

Desde el punto de vista económico se recomienda una distancia de 20km de recolección, aunque este parámetro no es determinante.

Disponibilidad de material para cobertura

Con el fin de disminuir los costos de material se debe determinar, material para cobertura en el sitio dispuesto o en sus proximidades.

Caminos de accesos

Los sitios deben contar con caminos de accesos, asimismo, garantizar los derechos de vías y posibles expropiaciones.

Uso actual del terreno

El terreno no debe contar con uso productivo actual, o que sirva para desarrollar actividades que sean de gran importancia para la economía del entorno.

2.3.4 Factores Sociales

Los factores sociales van relacionados con los aspectos sociales de los habitantes del cantón. A continuación, se detallan cada uno de los factores con las respectivas consideraciones que se deben tomar:

Tipos de asentamientos

Se debe determinar la legalidad del terreno que se va a disponer y de los terrenos colindantes; se deben verificar si existen asentamientos ilegales que puedan provocar problemas sociales.

Caminos de acceso

Comprende la identificación de las vías de acceso hacia el sitio desde el punto de vitas de las costumbres de las comunidades cercanas.

2.3.5 Factores Legales

Son factores que relacionan la legalidad del terreno, así como la propiedad de este.

Propiedad del terreno

Se debe contar con un análisis legal de la propiedad del terreno si es publica, privada o comunitarias.

2.4 Relleno sanitario

2.4.1 Definición de relleno sanitario

Es una técnica para obtener un mejor manejo de los desechos en el suelo, minimizando lo máximo posible el daño afectado al suelo o el ambiente, así como prevenir peligros para la salud pública.

Se lo utiliza para dar confinamiento a la basura en un menor espacio posible reduciendo su volumen al mínimo, los desechos sólidos generados s los cubre con una capa de material inerte, que puede ser algún tipo de agregado fino como arcilla, y luego realizar el proceso de compactación, todo esto se lo realiza en un proceso de capas sucesivas hasta alcanzar con la vida útil para el cual fue diseñado el relleno sanitario.

Si lo comparamos con un botadero a cielo abierto no controlado o semicontrolado se obtienen las siguientes ventajas:

- Una mayor protección al medio ambiente debido a los procesos de drenaje que se realizan, el uso de material para impermeabilización, el respectivo tratamiento de lixiviados y en algunos casos cubiertas para protección de lluvia para evitar infiltración en el relleno sanitario.

- Se tiene taludes de protección, mejor compactación, menos peligro de caída del cuerpo de basura, menos contaminación en el sitio de disposición final y las áreas colindantes, lo que se traduce en mejores condiciones de salud pública.

- Se pueden obtener ventajas económicas, si se realiza el proceso de compactación de forma óptima y planificada se puede alcanzar una mayor colocación de capas de residuos sólidos, por lo que permite abarcar más volumen se desechos y material de cobertura y de esta manera prolongar la vida útil del sitio de disposición final.

- Menos molestia y contaminación para los ciudadanos: El manejo adecuado comienza con la selección del terreno para el relleno, que no debe ser cerca de sitios poblados, para evitar problemas de generación de malos olores y afectaciones paisajísticas.

2.4.2 Tipos de rellenos sanitarios

Los tipos de relleno que se pueden implementar se muestran en la tabla VI. El relleno sanitario manual es una tecnología que se aplica cuando la mano de obra se encuentra fácilmente disponible en el área de implementación de la obra. Los obreros del relleno sanitario manual realizan todas actividades a mano: descarga, colocación, compactación y cubierta de los desechos, así como el

mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes, excavación de nuevos módulos etc.

La tecnología del relleno manual tiene sus límites. La compactación del material es menos eficiente, y pueden generarse un sinnúmero de desventajas como, la estabilidad de taludes, el cuerpo de basura no alcanza alturas elevadas, entre otras.

Los rellenos sanitarios con compactación mecanizada son la tecnología apropiada para municipalidades medianas y grandes, que es el que se ha establecido para las consideraciones de diseño de RS del presente proyecto. Estos municipios disponen generalmente de fondos más adecuados y también de personal técnico capacitado. En el relleno sanitario mecanizado pueden trabajar generalmente uno o dos tractores que se encargan de la compactación de los desechos y del material de cobertura. Los trabajos de mantenimiento se pueden hacer manualmente o con apoyo de maquinaria, dependiendo de la disponibilidad y la capacidad del RS (Tchobanouglous, Theisen, & Vigil, 1994).

Tabla VI Tipos de rellenos sanitarios recomendados según el número de habitantes

Situación	Relleno manual	Relleno con compactación mecanizada
Municipalidad o comunidad muy pequeña (< 5000 habitantes	Siempre se recomienda.	NO
Municipalidad pequeña (< 50 000 habitantes)	Se recomienda generalmente.	Se recomienda si se puede compartir con otros municipios cercanos.
Municipalidad mediana (50 000 – 200 000 habitantes	Solamente en circunstancias especiales (existe terreno vasto, no hay mano de obra especializada, mano de obra barata, no se dispone de maquinaria).	Se recomienda generalmente
Municipalidad grande (> 200 000 habitantes)	NO	Siempre se recomienda
Municipalidad muy aislada	Favorable para la implementación del relleno manual	Solamente se recomienda para municipios medianos y grandes
Terreno es muy caro o limitado	Solamente para municipios muy pequeños	Se prefiere también para municipios pequeños – medianos (el tractor se puede utilizar a medio tiempo, si posible)
Sitio muy lluvioso	Se recomienda para municipios pequeños y muy pequeños, tomando precauciones especiales (drenajes, cubierta)	Se prefiere generalmente
Se entierran también desechos peligrosos	Se pueden implementar las dos alternativas, tomando precauciones especiales (establecimiento de una celda separada de seguridad)	
Situación	Relleno manual	Relleno con compactación mecanizada
No se dispone de mano de obra calificada	Se prefiere para municipios pequeños - medianos	Solamente se recomienda para municipios medianos – grandes
El relleno sanitario se encuentra en un sitio bajo protección (parque nacional, bosque Protector etc.)	Se pueden implementar las dos alternativas con cuidados especiales para disminuir las emisiones (capa impermeable de fondo, laguna suficiente, recuperación de los desechos valorables etc.)	
Mano de obra muy barata	Se prefiere generalmente	Se recomienda para municipios medianos – grandes

Fuente: (Tchobanouglous, Theisen, & Vigil, 1994)

2.4.1 Relleno de tipo “Superficie”

El tipo de relleno sanitario usado dadas las características del presente proyecto será de tipo “superficie” o también llamado “método de área”.

El método de área es el indicado debido a la topografía de Naranjito, ya que los posibles sitios de disposición final son de tipo plano. Este método consiste en depositar los residuos sólidos directamente en el suelo previamente impermeabilizado con una capa de geotextil, que servirá como barrera entre el terreno natural y las capas de RS.

La operación de descarga y compactación de los residuos según la celda debe iniciarse desde el fondo hacia arriba. El relleno se construye apoyándose en la base de talud, se extienden y compactan contra él, y se recubren diariamente con una capa de tierra.

Se debe considerar que el material de cobertura debe ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de las capas superficiales de áreas cercanas.

2.5 Generación de gases en un relleno sanitario

Un relleno sanitario puede ser conceptualizado como un reactor bioquímico, con los residuos sólidos y el agua como los principales insumos, y con el biogás y el lixiviado como los principales productos. El biogás generado es producto de la descomposición orgánica y estabilización de los residuos depositados, y está

compuesto principalmente por: CH4 (metano), CO2 (dióxido de carbono) y H2O y se producen durante un largo tiempo aun después del cierre del relleno sanitario.

El proceso de descomposición de residuos orgánicos resulta complejo y ocurre en diversas etapas condicionadas por la temperatura, la presencia de oxígeno, las características de los residuos y la edad del relleno sanitario, principalmente. Por lo general, se identifican cinco fases durante el proceso como se describe en la Figura 2.6

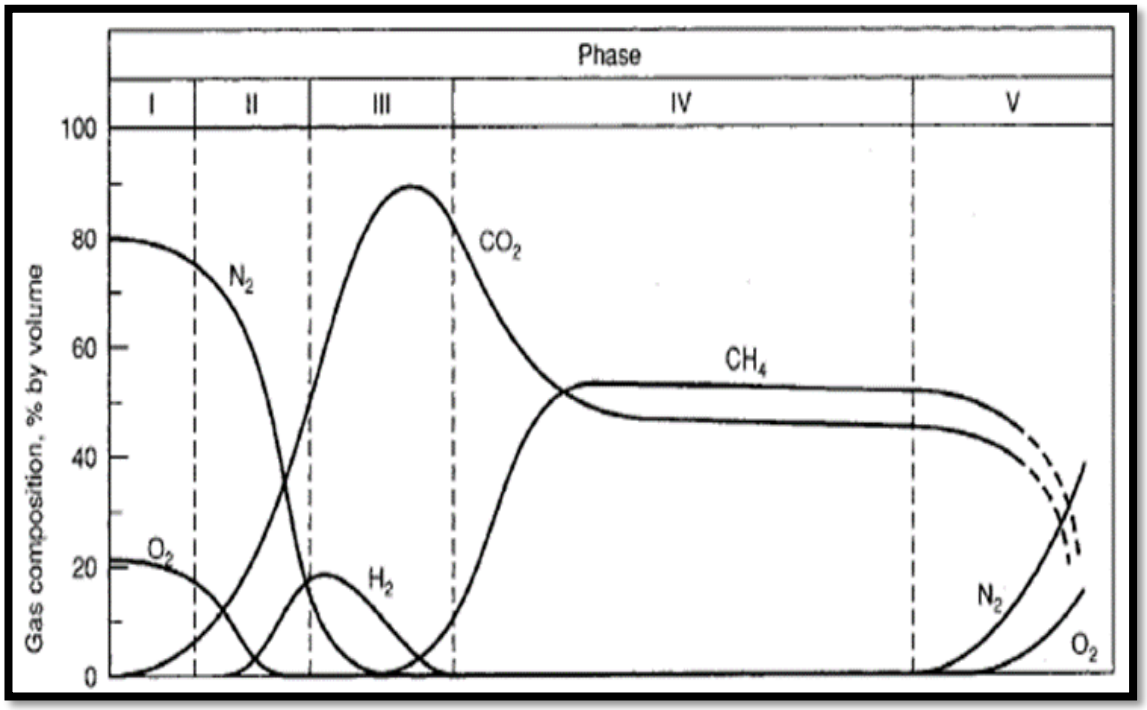


Figura 2.6 Fases generalizadas en la generación de gases de relleno sanitario (I-Ajuste Inicial, II-Fase de Transición, III-Fase Ácida, Fermentación IV-Metano y V-Maduración)
Fuente: (Tchobanouglous & Kreith, 2002)

Fase I: Aeróbica, que inicia inmediatamente después de la disposición de los residuos sólidos en el relleno sanitario y en la que las sustancias fácilmente biodegradables se descomponen por la presencia de oxígeno y se propicia la formación de dióxido de carbono (CO2), agua, materia parcialmente descompuesta, registrando temperaturas entre 35 y 40 °C.

Fase II: Aeróbica con el desarrollo de condiciones anaeróbicas en la que ocurre el proceso de Fermentación, actúan los organismos facultativos con la producción de ácidos orgánicos, se reduce significativamente el pH, se dan condiciones propicias para la liberación de metales en el agua y la generación de dióxido de carbono (CO2).

Fase III: Anaeróbica, resultado de la acción de organismos formadores de metano (CH4), que, en las condiciones adecuadas, actúan lenta y eficientemente en la producción de este gas mientras reducen la generación de dióxido de carbono (CO2).

Fase IV: Metanogénica estable, que registra la más alta producción de metano oscilando entre 40-60% de metano (CH4) en volumen.

Fase V: Estabilización, la producción de metano (CH4) comienza a disminuir y la presencia de aire atmosférico introduce condiciones aeróbicas en el sistema.

La duración de cada fase dependerá de la caracterización de los desechos, de la disponibilidad de los nutrientes, el contenido de humedad de los desechos, el paso de la humedad a través del material de cobertura (infiltración) y el grado de compactación inicial.

De acuerdo con las fases de generación de gases descritas anteriormente y asumiendo que metano, dióxido de carbono y amoniaco son los principales gases generados y que la porción biodegradable de los residuos está completamente estabilizada, la transformación de la porción orgánica de los residuos sólidos colocados en un relleno sanitario puede describirse mediante la siguiente reacción:

$$C_aH_bO_cN_d + \left(\frac{4a - b - 2c + 3d}{4}\right) H_2O \rightarrow \left(\frac{4a + b - 2c - 3d}{8}\right) CH_4 + \left(\frac{4a - b + 2c + 3d}{8}\right) CO_2 + dNH_3$$

Un punto importante por destacar es que esta reacción requiere indispensablemente la presencia de agua, por lo que la determinación de la humedad de los residuos y las precipitaciones del lugar toman gran importancia para la estimación de generación de gases bajo esta metodología.

El volumen de los gases liberados durante la vida útil del relleno puede estimarse de varias maneras. Tchobanoglous y Keith plantean representar los constituyentes orgánicos individuales de los RS (con la excepción de los plásticos) con una fórmula generalizada de la forma $C_aH_bO_cN_d$, y así lograr estimar el volumen total de gas usando la reacción presentada anteriormente. En general, los materiales orgánicos presentes en los residuos sólidos se pueden dividir en dos clasificaciones: (1) los materiales rápidamente biodegradables (MRB) y (2) los materiales que se degradan de manera lenta (MLB). La materia rápidamente biodegradable de los RS incluye desperdicios de alimentos, periódicos, cartón. La materia que se degrada de manera lenta incluye caucho, cuero, desperdicios de jardines y madera

La variación de la tasa de gas producida por la descomposición anaeróbica de la materia rápidamente biodegradables (de 5 a 5 años o menos) y de la que se degrada de manera lenta (5 a 50 años), según Tchobanoglous y Keith, pueden ser modelado como

se muestra en la Figura 2.7. Las tasas anuales de descomposición para la materia rápidamente y lentamente biodegradable se basan en un modelo triangular de producción de gas en el que la tasa de pico de producción de gas se produce en 1 y 5 años, respectivamente, Se supone que la producción de gas comenzará al final del primer año completo de operación del relleno

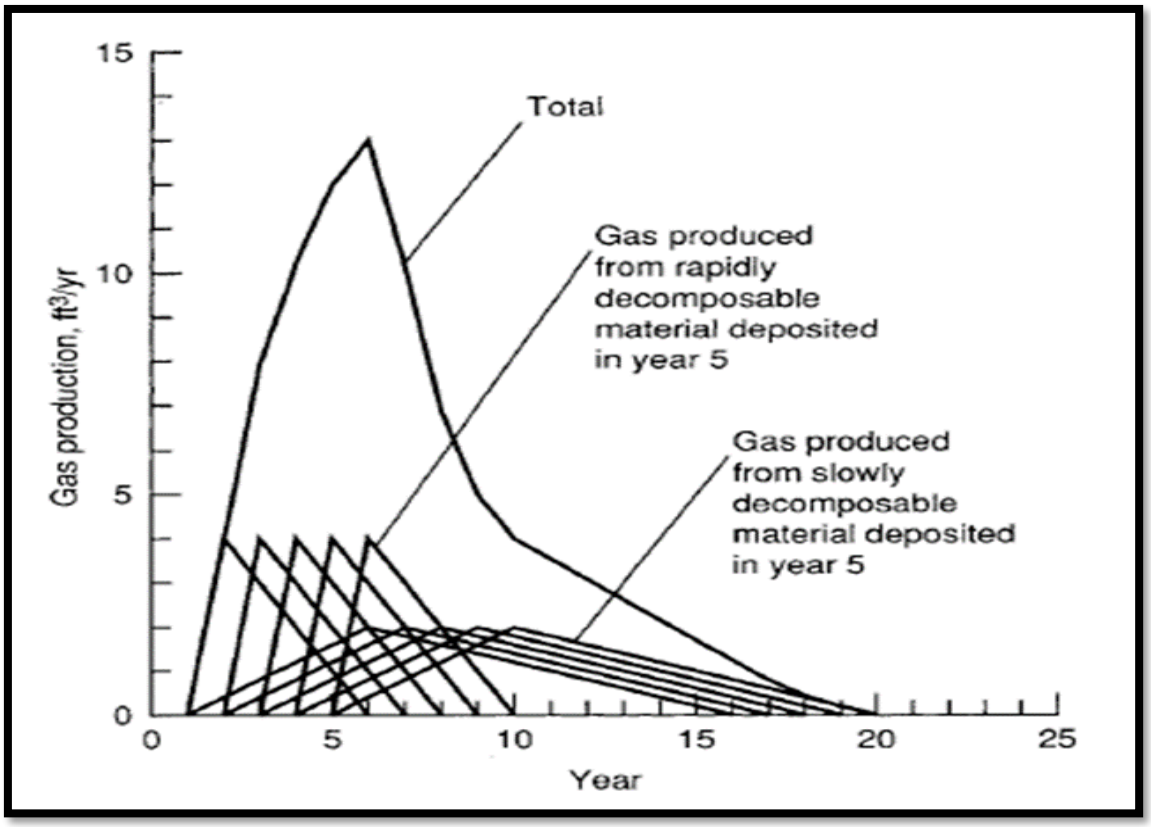


Figura 2.7 Representación gráfica de la producción de gas durante un período de 5 años a partir de los materiales orgánicos descomponibles rápida y lentamente colocados en un vertedero.
Fuente: (Tchobanouglous & Kreith, 2002)

La tasa total de producción de gas de un relleno en el que los desechos se colocaron durante un período de 5 años, se obtiene gráficamente sumando la cantidad de gas producida de las porciones lenta y rápidamente biodegradables de los RS depositados cada año (véase la Figura 2.7). La cantidad total de gas producido corresponde al área bajo la curva de velocidad

2.6 Generación del líquido lixiviado en un relleno sanitario

Tchobanoglous y Keith definen como lixiviado a el líquido que se ha filtrado a través de los RS y que ha extraído materiales disueltos o suspendidos. En la mayoría de los rellenos sanitarios, el lixiviado se compone del líquido que ha entrado en el vertedero de fuentes externas, tales como drenaje superficial y lluvia y el líquido producido por la descomposición de los desechos, si los hay. Contienen una gran cantidad de sólidos en suspensión y materia orgánica altamente contaminante. Su generación está directamente relacionada con las condiciones climatológicas, entre las consideradas en esta metodología están: la precipitación, la humedad de los RS, La evapotranspiración, propiedades del suelo (infiltración), humedad del suelo y la metodología de trabajo del relleno sanitario ya en operación.

La estimación del volumen de lixiviado generado en un relleno sanitario, se lo puede realizar, según Tchobanoglous y Keith,

mediante el análisis de un balance hídrico, el cual implica sumar las cantidades de agua que entran al relleno sanitario considerando un volumen con áreas superior e inferior unitarias como se muestra en la Figura 2.8 (volumen de control) y restar la cantidad de agua consumida en las reacciones químicas y la cantidad que sale como vapor de agua.

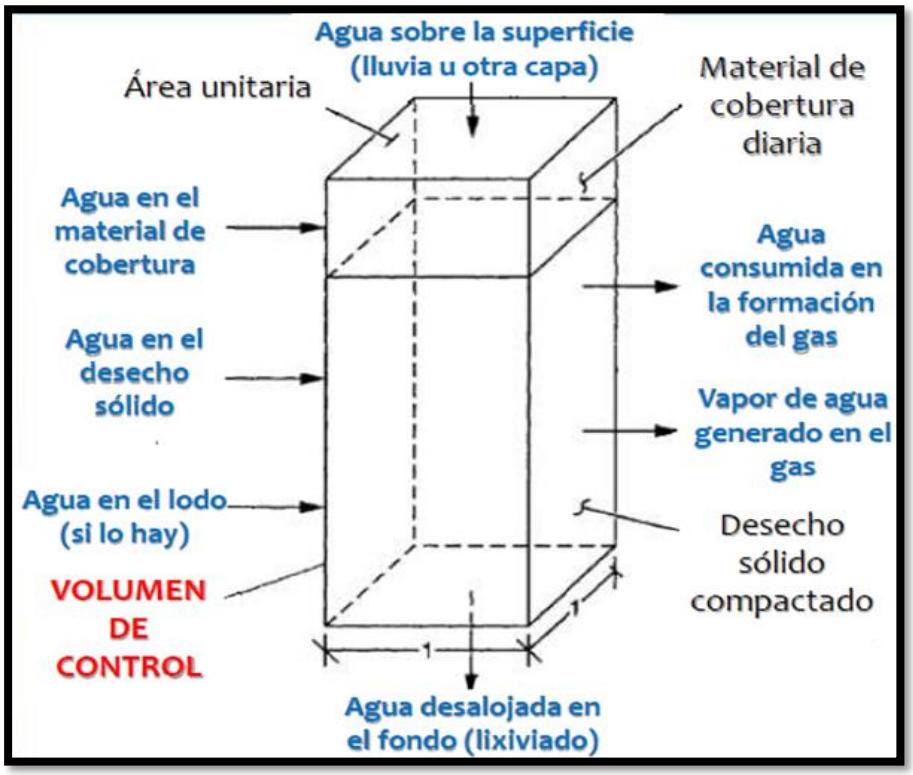


Figura 2.8 Bosquejo del balance hídrico para la estimación de lixiviados
Fuente: (Tchobanouglous, Theisen, & Vigil, 1994)

2.7 Estudio ambiental aplicado al proyecto

2.7.1 Marco Legal

Para realizar el estudio de impacto ambiental aplicado al prediseño del sitio de disposición final, es necesario conocer las leyes y normativas a las que se debe regir al proyecto.

2.7.1.1 Constitución de la República del Ecuador

La Constitución Política del Estado enumera y a la vez describe los derechos y garantías que el país tiene en materia ambiental y temas relacionados, del cual se presentan los artículos más relevantes:

Título I: De los Principios fundamentales. En el numeral 7 del Artículo 3, se menciona que es un deber patrimonial defender el patrimonio natural y cultural del país.

Título II: Capítulo 2: De los Derechos del Buen vivir. Artículo 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, sumakkawsay.

Título II: Capítulo 6: De los Derechos de Libertad. En el numeral 27 del Artículo 66, el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

2.7.1.2 Ley de Gestión Ambiental

La ley de Gestión Ambiental establece los principios y directrices de política ambiental del Estado Ecuatoriano y determina las acciones que se deben ejecutar en cuestiones ambiente en general (Articulo 1).

Además, la ley establece la existencia de obligaciones que se deben cumplir en la gestión de los proyectos; la legislación analizada establecerá las funciones de Autoridad Ambiental al Ministerio del Ramo, que actuará como coordinador y regulador del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, esto sin prejuicios de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforme a la ley lo regulan.

La misma Ley establece por primera vez en la legislación nacional, principios ejecutables de información y vigilancia ambiental, aplicando mecanismos de participación social para lograr un adecuado control de la contaminación ambiental y protección del ecosistema. A continuación, se presentan los artículos más relevantes sobre temas ambientales:

Art. 19. Las obras públicas privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los

organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20. Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 21. Los Sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base, evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos, planes de manejo, planes de manejo de riesgo, sistemas de monitoreo, planes de contingencia y mitigación, auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos.

Art. 22. Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y en las actividades para las que se hubiere otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento, a solicitud del Ministerio del ramo o de las personas afectadas.

La evaluación del cumplimiento de los planes de manejo ambiental aprobados se le realizará mediante la auditoría ambiental, practicada por consultores previamente calificados por el Ministerio del ramo, a fin de establecer los correctivos que deban hacerse.

Art. 23. La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada.

Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución. y, la incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

Art. 25. La Contraloría General del Estado, podrá en cualquier momento, auditar los procedimientos de realización y aprobación de los estudios y evaluaciones de impacto ambiental, determinando la validez y eficacia de éstos, de acuerdo con la Ley y su Reglamento Especial. También lo hará respecto de la eficiencia, efectividad y economía de los planes de prevención, control y mitigación de impactos negativos de los proyectos, obras o actividades. Igualmente podrá contratar a personas naturales o jurídicas privadas para realizar los procesos de auditoría de estudios de impacto ambiental.

Art. 26. En las contrataciones que, conforme a esta Ley deban contar con estudios de impacto ambiental los documentos precontractuales contendrán las especificaciones, parámetros,

variables y características de esos estudios y establecerán la obligación de los contratistas de prevenir o mitigar los impactos ambientales. Cuando se trate de concesiones, el contrato incluirá la correspondiente evaluación ambiental que establezca las condiciones ambientales existentes, los mecanismos para, de ser él.

Art. 27. La Contraloría General del Estado vigilará el cumplimiento de los sistemas de control aplicados a través de los reglamentos, métodos e instructivos impartidos por las distintas instituciones del Estado, para hacer efectiva la auditoría ambiental. De existir indicios de responsabilidad se procederá de acuerdo a la ley.

Art. 28. Toda persona natural o jurídica tiene derecho a participar en la gestión ambiental, a través de los mecanismos que para el efecto se establezcan.

Art. 29. Toda persona natural y jurídica tiene derecho a ser informada oportuna y suficientemente sobre cualquier actividad que pueda producir impactos ambientales. Para ello podrá formular peticiones y deducir acciones de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes.

Art. 39. Las instituciones encargadas de la administración de los recursos naturales, control de la contaminación ambiental y

protección del medio ambiente, establecerán con Participación Social sistemas de monitoreo.

Art. 40. Toda persona natural o jurídica, que, en el curso de sus actividades empresariales o industriales estableciere que las mismas puedan producir o están produciendo daños ambientales está obligada a informar de ello al Ministerio del Ramo o a la entidad competente, para que sea ésta la que tome las medidas correspondientes a solucionar los problemas detectados.

Art. 41. Se concede el derecho a las personas naturales o jurídicas para denunciar la violación de normas de medio ambiente, sin perjuicios de la acción de amparo constitucional.

Art. 42. Toda persona natural y jurídica o grupo humano, podrá ser oída en los procesos penales, civiles previa fianza de calumnia que se inicie por infracción de carácter ambiental, aunque no hayan sido vulnerados sus propios derechos. La Ley establece instrumentos de aplicación de las normas ambientales, entre los cuales se identifican los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones (que incluye a los monitoreos ambientales) y evaluaciones de impacto ambiental (Arts. 33 y 34).

2.7.1.3 Ley Orgánica de Régimen Municipal

De acuerdo a la Autonomía Municipal que le atribuye la Ley Orgánica de Régimen Municipal en los Artículos 11, 14, numeral

(16), 16, 143 y 149, se establecen funciones, responsabilidades y competencias con plena autonomía para proteger el medio físico cantonal, prevenir y controlar el deterioro de los recursos hídricos y regular las actividades productivas y de servicios que puedan afectar los sistemas ambientales para uso público.

La Ley Orgánica de Régimen Municipal, en los Arts. 16, 264, 265 y 267, establece plena autonomía y competencia a los Gobiernos Municipales para autorizar y conceder el uso de actividades productivas, agrícolas, de servicios, industriales y la explotación de materiales, canteras, en los ríos, lagos y lechos de las fuentes de agua, y prohibir acciones que constituyen un riesgo ambiental y que atenten contra la población y los principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

2.7.1.4 Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

La Ley contiene prohibiciones para las descargas directas de contaminantes al aire, agua y suelo, creados por las diferentes actividades que se realizan al ejecutar un proyecto; los responsables de estas acciones están obligados a implementar tratamientos previos a las descargas (Arts. 1, 6,10 y 11).

Por esa razón los artículos que se menciona en este proyecto son responsabilidad de que no ocurran los impactos ambientales que se

restringe para la implementación del proyecto con sus respectivas actividades de las diferentes fases del diseño y construcción del relleno sanitario.

2.7.1.5 Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Libro VI, Título I del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA)

Art. 25. Del registro del promotor, Previamente a registrar cualquier proyecto, obra o actividad, el promotor deberá contar con un nombre de usuario y contraseña que le asignará el sistema SUIA, para lo cual deberá cumplir con todo el proceso de registro, en la página WEB del Ministerio del Ambiente. Una vez culminado el proceso de registro el sistema SUIA notificará al proponente en su dirección de correo electrónico si el proceso fue exitoso, y le asignará un nombre de usuario y contraseña. El proponente deberá registrarse en el SUIA por una sola vez, independientemente de los proyectos, obras o actividades que presente en el futuro.

Art. 26. Del registro del proyecto, obra o actividad. Todos los proyectos, obras o actividades, que generen impactos y riesgos ambientales, deberán regularizarse mediante el SUIA.

Art. 28. Del certificado de intersección. El certificado de intersección es un documento electrónico, generado por el SUIA, a partir de coordenadas UTM datum: WGS84, 17S, en el que se

indica que el proyecto, obra o actividad propuesto por el promotor interseca o no, con el Sistema Nacional de Áreas

Protegidas, Bosques y Vegetación Protectora, Patrimonio Forestal del Estado, Zona Intangible Cuyabeno Imuya, Núcleo del Parque Nacional Yasuní y Zona de Amortiguamiento Núcleo Parque Nacional Yasuní y otras de alta prioridad. El certificado de intersección es un documento necesario y obligatorio para continuar con el proceso de registro de un proyecto, obra o actividad: sin la obtención del mismo, no se podrá continuar con el proceso de regularización ambiental.

Art. 39. De la categoría II (licencia ambiental categoría II). Dentro de ésta categoría se encuentran catalogados los proyectos, obras o actividades cuyos impactos ambientales y/o riesgo ambiental, son considerados de bajo impacto. Todos los proyectos, obras o actividades catalogados dentro de ésta categoría, deberán regularizarse ambientalmente a través de la obtención de una licencia ambiental, que será otorgada por la autoridad ambiental competente, mediante el SUIA.

Art. 44. De los objetivos de la ficha ambiental. Este documento técnico permite describir de manera general, el marco legal aplicable y las principales actividades de los proyectos, que, según la categorización ambiental nacional, son consideradas de bajo

impacto, además en este se describe el efecto de las labores en los medios físicos, bióticos y socioeconómicos, y propone medidas para mitigar los posibles impactos ambientales a través de un plan de manejo ambiental.

2.7.1.6 Ley orgánica de salud

Este documento señala en los Art. 95 y 96 respectivamente lo siguiente: “La autoridad sanitaria nacional en coordinación con el Ministerio de Ambiente, establecerá las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias” y “Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las frentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua”.

2.7.1.7 Reglamento de seguridad y salud ocupacional 2393 del ministerio del trabajo

Art. 1. Ámbito de Aplicación. Las disposiciones del presente Reglamento se aplicarán a toda actividad laboral y en todo centro de trabajo, teniendo como objetivos la prevención, disminución o eliminación de los riesgos que pueden presentarse en el trabajo.

2.7.2 Identificación de Impactos Existentes

Los impactos existentes son los que se observaron en el área de influencia antes de iniciar el proyecto; los impactos se encuentran agrupados según el componente ambiental afectado y se detallan a continuación:

Suelo: presenta erosión, y no presenta cubierta vegetal original.

Agua: no se encontraron recursos hídricos afectados.

Aire: se presenció una ligera emisión de gases proveniente de los vehículos que circulan por la carretera principal.

Flora y Fauna: existe carencia de vegetación nativa en el área de influencia y no se encontraron comunidades faunísticas importantes.

2.7.3 Criterios de Evaluación

Un impacto ambiental es toda alteración o cambio que se puede pronosticar en cada una de las fases de implementación de un proyecto en un determinado espacio, estos impactos pueden ser positivos o negativos.

Es importante identificar y evaluar las principales características de cada uno de los componentes y subcomponentes ambientales para el área de influencia del proyecto.

CAPÍTULO 3
METODOLOGÍA

3.1 Selección del sitio

Con el objetivo de seleccionar el mejor sitio para la disposición final de los desechos se analizan los factores y parámetros del sitio a los cuales se les dará una puntuación. El sitio con un puntaje mayor será el seleccionado.

Se definen cada uno de los parámetros a usar en la evaluación; estos deben ser cuantificables para comparar los valores de las alternativas.

El sistema para calificar escogido se encuentra entre 1 y 3.

Tabla VII Puntuación de parámetros para la selección del sitio

Puntuación de Parámetros para Selección de Sitio		
Mejor Valor	3	Cumple o sobrepasa valores de referencia
Valor Medio	2	El parámetro se encuentra entre los límites mayor y menor
Peor Valor*	1	Cuando no cumple los valores de referencia

Fuente: (Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos , 2012)

Se define el factor de importancia de cada uno de los parámetros, este valor es otorgado en función de la realidad propia de la zona. La escala de evaluacion según la importacia se encuentra entre 1 – 5.

La ponderacion de parámetros se establece de la siguiente manera:

$$V_{parámetro} = Puntaje_{max} * Factor_{import} \quad (1)$$

Una vez determinado la puntuación final de cada una de las alternativas para el proyecto, se procede a comparar con Tabla VIII donde se determina si el terreno es apto o no para la implementación del relleno sanitario.

Tabla VIII Puntuación para selección de Terreno

Puntaje Total	Calificación
0 – 50	Terreno No Aceptable
50 - 100	Terreno Moderadamente Aceptable
100-150	Terreno Aceptable
> 150	Terreno Aceptable de Primera Opción

Fuente: (Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos , 2012)

3.2 Proyección Poblacional

Actualmente Naranjito tiene una población de 42355 según el último censo realizado por el INEC en 2010. Para el cálculo de la proyección de la población, existen diferentes métodos (matemáticos, demográficos y económicos), los cuales requieren diferentes tipos de información. Para

este diseño se empleará el método matemático geométrico, cuya característica supone que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente en cada período de tiempo como se establece en la ecuación 2.

$$P_f = P_o(1 + r)^t \tag{2}$$

Donde:

Pf: Población proyectada

Po: Población año base

r: Tasa de crecimiento

t: Tiempo entre Po y Pf

La tasa de crecimiento fue obtenida a partir de la ecuación 3

$$r = (\frac{P_f}{P_O})^{1/t} - 1 \tag{3}$$

3.3 Generación de Desechos

3.3.1 Generación de Desechos Anual

La generación de desechos sólidos se refiere a la cantidad producida por la población del cantón Naranjito en un periodo de un año. Según las estimaciones mostradas en el PDOT (2012-2020), la generación de basuras esta alrededor de 4000 toneladas por año.

Con estos valores obtenidos se estima la producción diaria por habitante para cada uno de los años de vida útil del relleno sanitario.

3.3.2 Producción Per Cápita

Con la información obtenida en la sección anterior se calcula la producción per cápita (PPC), que es la cantidad de desechos sólidos generada por habitante en un día.

La ecuación 2 usada para determinar PPC se establece de la siguiente manera:

$$PPC = \frac{Cantidad\ de\ RS\ generados\ en\ un\ día}{Población} \quad (4)$$

Así como la población va en incremento también lo hace la producción per cápita de RS. Según expertos en el tema, para tomar en cuenta esto mencionado, se recomienda asumir que la PPC cada año incrementa entre 0.5%-1%. Para el caso de Naranjito se asumió un incremento del 0.5% anual, debido a que es un cantón con una población relativamente pequeña.

3.3.3 Composición física de desechos

El conocimiento de las fuentes y tipos de desechos sólidos, junto con datos sobre la composición y las tasas de generación, es

básico para el diseño y operación de los elementos funcionales asociados con su manejo.

La composición física de los desechos sólidos, tanto urbanos y rurales dependen generalmente de tres factores: calidad de vida de la población, actividad de la población y climatología de la zona

La información referente a la caracterización de los RS del cantón Naranjito fue obtenida del PDOT Tabla IX

Tabla IX Caracterización de los residuos sólidos de Naranjito

Material	Kg (Wh)	Porcentaje
Materia Orgánica	279,5	69
Plástico	52,7	13
Vidrios	20,7	5,1
Metal y Latón	6,9	1,7
Caucho	2,8	0,7
Papel y Cartón	14,2	3,5
Otros	28,4	7
TOTAL	405,2	100

Fuente: (GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON NARANJITO, 2014)

3.3.4 Densidad de los desechos

Según la caracterización de los RS, se asignó la respectiva densidad teórica (lb/yd3) obtenidas de TCHOBANOGLOUS y posteriormente se convirtieron a unidades métricas (kg/m3).

Tabla X Densidades parciales de los residuos sólidos de Naranjito

Material	Kg (Wh)	Densidad lb/yd3	Densidad (ρ) Kg/m3
Materia Orgánica	279,5	490	290,72
Plástico	52,7	110	65,26
Vidrios	20,7	330	195,79
Metal y Latón	6,9	540	320,38
Caucho	2,8	220	130,53
Papel y Cartón	14,2	71,75	42,57
Otros	28,4		
TOTAL	405,2		

Fuente: (Tchobanouglous, Theisen, & Vigil, 1994)

3.3.5 Densidad Global de los desechos

Es necesario determinar la densidad global de los RS, que toma en cuenta todos los componentes de los desechos presentados en la Tabla X y se la obtuvo mediante la ecuación 5:

$$\rho_g = \frac{W_{\mathrm{h}1} + W_{\mathrm{h}2} + \cdots + W_{hn}}{\frac{W_{\mathrm{h}1}}{\rho_1} + \frac{W_{\mathrm{h}2}}{\rho_2} + \cdots + \frac{W_{hn}}{\rho_n}} \qquad (5)$$

Donde

W_h: es el peso húmedo de cada componente de los RS

ρ: es la densidad respectiva a cada peso húmedo de basura

3.3.6 Humedad de los desechos

La humedad de los RS es uno de los parámetros más importantes a determinar, y así como en la densidad global se requiere tomar en cuenta todos los componentes de los desechos mostrados en la Tabla IX y sus correspondientes humedades parciales, obtenidas de TCHOBANOGLOUS, Tabla XI. Para esto se aplicó la ecuación 6:

$$W\% = \frac{(W_{h1} - W_{d1}) + (W_{h2} - W_{d2}) + \cdots + (W_{hn} - W_{dn})}{W_{d1} + W_{d2} + \cdots + W_{dn}} \quad (6)$$

Donde W_d es el peso seco; calculado a partir de las humedades parciales Tabla XII.

Tabla XI Humedades parciales de los residuos sólidos del cantón Naranjito

Material	Kg	Humedad (W%)
Materia Orgánica	279,5	70
Plástico	52,7	2
Vidrios	20,7	2
Metal y Latón	6,9	3
Caucho	2,8	2
Papel y Cartón	14,2	4
Otros	28,4	
TOTAL	**405,2**	

Fuente: (Tchobanouglous, Theisen, & Vigil, 1994)

Tabla XII Peso Seco de los componentes de los residuos sólidos de Naranjito

Material	Kg	Peso seco Kg (Wd)
Materia Orgánica	279,5	164,4
Plástico	52,7	51,7
Vidrios	20,7	20,3
Metal y Latón	6,9	6,7
Caucho	2,8	2,7
Papel y Cartón	14,2	13,7
Otros	28,4	
TOTAL	405,2	

Fuente: Caicedo V., Delgado L.., 2017

3.4 Dimensiones del Relleno Sanitario

3.4.1 Volumen de desecho sólidos

El volumen de los residuos sólidos (V_{RSC}) es uno de los primeros parámetros que se deben determinar en el diseño de los rellenos sanitario. A partir de la proyección poblacional establecida en la sección 3.2 y con la producción per cápita establecida en la sección 3.3.2, se obtienen los pesos (Wh) por año de los RSU, durante todo el tiempo de vida útil del relleno; que para Naranjito será de 20 años.

La densidad compactada (ρ_c) se asumió de 600 Kg/m3 con base en la revisión de distintos proyectos de rellenos sanitarios para ciudades con características similares a las de Naranjito. Por lo

tanto, aplicando la ecuación 7 se determina el volumen anual de desechos sólidos.

$$V_{RSC} = \frac{W_h}{\rho_c} * 365.25 \quad (7)$$

El factor que se observa en la ecuación 7 es para tomar en cuenta los años bisiestos

3.4.2 Material de cobertura

Es necesario también considerar el volumen del material de cobertura a usarse; material con el que se cubre los RSU ya compactados. Según la guía boliviana para construcción de rellenos sanitarios, el volumen del material de cobertura varía entre un 20% a 25% del volumen de los desechos sólidos compactados. Para este diseño se asumió un valor del 20%.

Por lo tanto, aplicando ecuación 8 se logra obtener el volumen de cobertura.

$$V_c = 0.2 * V_{RSC} \quad (8)$$

3.4.3 Volumen total del relleno sanitario

El volumen total del relleno (V_{TR}) viene dado entonces por la suma de el volumen de RS compactados más el volumen del material de cobertura, como se muestra en la ecuación 9

$$V_{TR} = V_{RSC} + V_C \tag{9}$$

Este volumen total deberá acumularse durante todo el tiempo de vida útil del relleno sanitario (20 años para este diseño) y partir del mismo estimar un área requerida y una profundidad o altura necesaria de relleno.

3.4.4 Área requerida para el relleno sanitario

El área requerida para un relleno sanitario (A_{RR}) puede estimarse de diferentes maneras. Para este diseño se consideraron dos metodologías. La primera consiste en asumir una altura o profundidad de relleno y aplicando ecuación 10 determinar un área requerida.

$$A_{RR} = \frac{V_{TR}}{H_R} \tag{10}$$

Cabe mencionar que al aplicar la ecuación 10 se está asumiendo que la forma final del apilamiento de los RS será de un hexaedro regular (cubo) lo cual no es tan cierto, ya que es necesario

establecer taludes por motivos de estabilidad. Además, que el V_{TR} es calculado a partir de la densidad global de la basura y no de la compactada.

Para la segunda metodología los datos básicos para el cálculo son: población servida, producción per cápita de residuos, densidad de los residuos sólidos estabilizados y una estimación de la altura a alcanzar. Como se muestra en la ecuación 11.

$$A_{RR} = \frac{365.25 * V_U * PPC * g^{V_U - 1} * p * (1 + r)^{V_U - 1} * Cob * f_c}{\rho * H_R} \quad (11)$$

V_U: Vida útil del relleno sanitario (años)

g: Tasa de crecimiento de generación de residuos sólidos (%)

p: Población (hab.)

Cob: Cobertura de recolección (%)

f_c: Factor de material de cobertura y de taludes

Como se observa esta ecuación 11 toma en cuenta muchas más variables que la ecuación 10 sin embargo sigue sin tomar en cuenta los taludes

3.4.5 Altura necesaria del relleno sanitario

A partir del área requerida y del tipo de relleno sanitario elegido para el diseño, es necesario estimar la profundidad o altura de este. Para este diseño se seleccionó el tipo de relleno mecanizado con el método constructivo “en superficie”, es decir no se realizarán excavaciones, por lo que es preciso hablar de altura de relleno y no de profundidad de relleno.

Entonces para estimar la altura del relleno ya se debe tomar en cuenta los taludes, Con estas consideraciones la forma geométrica final del relleno será la de un tronco piramidal cuyo volumen viene dado por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{A_{mayor} + A_{menor}}{2} * H$$

Relacionando esta ecuación con todas las variables determinadas en las secciones anteriores se establece la ecuación 12

$$V_{TR} = \frac{A_{RR} + A_{FR}}{2} * H_R \qquad (12)$$

Donde A_{FR} es el área final a la que llegara el relleno luego de cumplido su tiempo de vida útil, es decir el área menor del tronco piramidal

Resolviendo para H_R la ecuación 12 se determina la altura final del relleno sanitario.

3.5 Generación de Gases

3.5.1 Determinación de la composición química de la materia orgánica

Como se mencionó en la sección 2.5, para determinar el volumen de gases que generará un RS. Es necesario representar, a partir de la Tabla IX en la sección 3.3.3, los constituyentes orgánicos individuales de los RSU (con la excepción de los plásticos) con una fórmula generalizada de la forma $C_aH_bO_cN_d$, para lo cual se debe obtener los porcentajes de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno presentes en los constituyentes orgánicos de los RS como se muestra en la Tabla XIII

Tabla XIII Porcentaje de C, H, O y N de cada constituyente de los RS del cantón Naranjito

		Carbono		Hidrógeno		Oxígeno		Nitrógeno	
Material	Peso seco (Kg)	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg
Materia Orgánica	164,41	48%	78,92	6%	10,52	38%	61,82	3%	4,27
Plástico	51,67	60%	31,00	7%	3,72	23%	11,78	0%	0,00
Vidrios	20,29	0,5%	0,10	0,1%	0,02	0,4%	0,08	0,1%	0,02
Metal y Latón	6,70	5%	0,30	1%	0,04	4%	0,29	0,1%	0,01
Caucho	2,75	78%	2,14	10%	0,27	0%	0,00	2%	0,05
Papel y Cartón	10,22	44%	4,45	6%	0,61	44%	4,50	0,3%	0,03
Otros	28,4								

Fuente: Caicedo V., Delgado L.., 2017

Como se observa en la Tabla XIII los porcentajes de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno fueron obtenidos a partir del peso seco de la basura Tabla XII, como así lo establecen Tchobanoglous y Keith. Además, cabe mencionar que dichos porcentajes son teóricos, obtenidos también de los autores antes mencionados, y no producto de ensayos realizados directamente a los RS del cantón Naranjito.

Una vez se establecidos estos porcentajes es necesario determinar el total, en Kg, de la materia rápidamente biodegradable (MRB), considerando como tal: materia orgánica, papel y cartón, y de la materia que se degrada de manera lenta (MLB), considerando como tal: plásticos, vidrios y caucho. Tchobanoglous y Keith no recomiendan incluir a los plásticos ni a los vidrios como parte de la materia que se degrada de manera lenta para el cálculo del biogás, sin embargo, para este diseño se los ha incluido debido a que la mayoría de estos 2 materiales incluyen etiquetas, que si están consideradas como materia orgánica. Con estos datos y aplicando la ecuación 13, para el cálculo de los moles de cada elemento (C, H, O y N), se puede determinar la composición química en términos de C, H, O y N para los dos tipos de materias antes mencionadas. Como se muestra en la Tabla: Porcentaje de C, H, O y N de cada

constituyente de los RS del cantón Naranjito que por su extensión se muestra en la sección anexos, Anexo A

$$Moles_{\ elemento} = \frac{Kg_{elemento}}{Peso\ Molar_{\ elemento}} \quad (13)$$

3.5.2 Determinación del volumen de biogás

Como también se estableció en la sección 2.5 la transformación de la porción orgánica de los residuos sólidos colocados en un relleno sanitario puede describirse mediante la reacción presentada en la misma sección. Aplicando esta reacción para la composición química (CHON) establecida en la sección anterior se obtienen las reacciones tanto para MRB como para la MLB

Con estas reacciones y aplicando las ecuaciones 14 y 15, asumiendo además una densidad para el metano de 0.717 Kg/m3 y para el dióxido de carbono de 1.977 Kg/m3 se logra estimar el volumen de metano y dióxido de carbono que un relleno sanitario llegarían a producir.

$$Fraccion_{gas} = \frac{Peso(Kg)_{gas}}{Peso(Kg)_{CHON}} \quad (14)$$

$$Volumen_{gas} = Fraccion_{gas} * \frac{Peso\ Seco\ (Kg)_{fraccion\ rapida\ o\ lenta}}{Densidad_{gas}} \quad (15)$$

La generación de los volúmenes de gases determinados puede variar conforme se muestra en la Figura 2.6, sin embargo, por cuestiones prácticas se asume que su generación va a hacer constantemente variable en un periodo de tiempo determinado, como se muestra en la Figura 2.6. La mezcla de gas metano y dióxido de carbono es lo que se conoce como biogás; es decir su suma. Dicho esto, y considerando los factores de biodegradación mostrados en la Tabla XIV, es posible determinar la producción de Biogás por kilogramo de basura mediante la aplicación de las ecuaciones 16, 17 y 18

$$Produccion_{Biogas\ PS} = \frac{Volumen\ Total_{gas}}{Peso\ Seco_{fraccion\ rapida\ o\ lenta}} \quad (16)$$

$$Fraccion_{MRB\ o\ MLB} = fb * \frac{Peso\ Seco_{fraccion\ rapida\ o\ lenta}}{Peso\ Total\ Basura} \quad (17)$$

$$Produccion_{Biogas} = Produccion_{Biogas\ PS} * Fraccion_{MRB\ o\ MLB} \quad (18)$$

Tabla XIV Factores de Biodegradación de algunos Residuos

Componente	Biodegradation Factor
Orgánico Putrescible	0,82
Papel	0,79
Cartón	0,47
Residuos de Jardín	0,72
Textiles	0,3
Plásticos	0,3
Cuero	0,3
Residuos de Jardín	0,64
Madera	0,3

Fuente: (Tchobanouglous, Theisen, & Vigil, 1994)

Estos valores de Producción de Biogás representan el área total de modelo triangular de producción de gas, en el que la tasa pico de producción de Biogás se produce en 1 y 5 años para la MRB y MLB respectivamente, Se supone que la producción de gas comenzará al final del primer año completo de operación del relleno. Por lo tanto, el volumen final de Biogás anual por kilogramo de basura que se estima genere un relleno viene dado por el área bajo la curva del modelo triangular expuestos en las Figuras 3.1 y 3.2, que en el primer año es el área de un triángulo y los siguientes años es el área de un polígono.

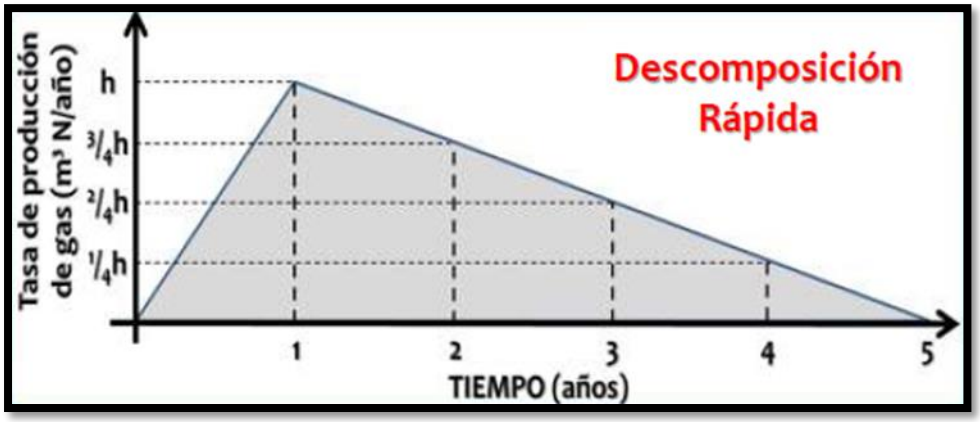


Figura 3.1 Tasa de Producción de Biogás por año MRB
Fuente: (Tchobanouglous, Theisen, & Vigil, 1994)

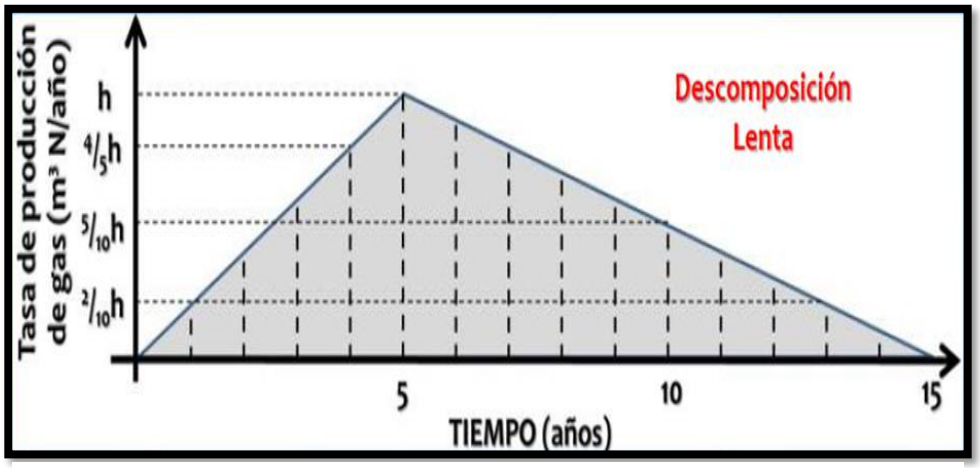


Figura 3.2 Tasa de Producción de biogás por año MLB
Fuente: (Tchobanouglous, Theisen, & Vigil, 1994)

3.6 Sistema de recolección de aguas pluviales

El manejo de las aguas pluviales tiene como objetivo evitar su infiltración al interior del área de implantación del cuerpo del relleno sanitario, para evitar principalmente el aumento de líquidos lixiviados y gases, la erosión del sellado o cobertura del relleno

sanitario, así como el deterioro de los caminos de acceso y a otras obras de infraestructura.

Para tal efecto, se deberán construir canales para recolectar las aguas lluvias en el interior y perimetralmente al área de implantación del relleno sanitaria

- Los canales internos serán de área transversal pequeña a mediana
- La zanja de coronamiento o perimetral será de área transversal mayor a mediana

El grado de pendiente de los canales internos debe ser diseñado con la finalidad de asegurar el escurrimiento de las aguas superficiales desde el interior del cuerpo del relleno hacia los puntos de evacuación fuera de la superficie, Para esto se elegirá una pendiente del 2%. Las aguas procedentes de la lluvia deben escurrir sobre la superficie de cubierta final sin que se produzca una erosión excesiva o una filtración.

Para el dimensionamiento del sistema de captación de aguas pluviales, se utilizará la fórmula de Manning, para obtener el gasto de diseño garantizando que las velocidades del agua dentro de los

canales no deban ser menor a 0,60 m/s ni mayor a 2,00 m/s. (Ven Te Chow, 1994)

Antes de e aplicar la fórmula de Manning es necesario estimar (1) el coeficiente de escurrimiento (k) de la cuenca, usando la Tabla XV

Tabla XV Valores empíricos para obtener el coeficiente de escurrimiento (k)

A. Topografía	
Terreno plano con pendiente del orden de 0,2 – 0,6 m/km	0,3
Terreno con inclinación leve del orden de 3 – 4 m/Km	0,2
Terreno con inclinación fuerte del orden de 30 – 50 m/Km	0,1
B. Suelo	
Arcilla	0,1
Arcilla con migajón	0,2
Arcilla arenosa	0,3
C. Cobertura	
Terrenos agrícolas y pastizales	0,1
Áreas boscosas	0,2

Fuente: (Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos , 2012)

Se puede obtener el coeficiente k mediante la ecuación 19:

$$k = 1 - (A. + B. + + C.) \quad (19)$$

(2) la intensidad de la lluvia de diseño, analizando los datos meteorológicos del sitio. Para aquello se ha empleara la ecuación 20 establecida por Wenzel (1982)

$$i = \frac{c}{td^f + e} \qquad (20)$$

Donde:

i= Intensidad de lluvia en mm/hora.

td= Duración de la lluvia (minuto).

c, e y f son coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno.

Los valores de c, f, e, para distintos períodos de retorno se muestran en la Tabla XVI. Estos valores son recomendados por la empresa INTERAGUA

Tabla XVI Factores c, e y f de la ecuación pluviométrica

Recurrencia (Años)	Factores		
	C	E	F
5	570.75	2.35	0.5
10	521	1.49	0.45
25	486.47	0.88	0.4
50	471.72	0.59	0.37
100	463.15	0.38	0.35

Fuente: INTERAGUA, 2016

(3) el tiempo de concentración (tc) en minutos. El tiempo de concentración (tc) para una cuenca pequeña sería igual a la combinación más larga del tiempo de escurrimiento sobre el terreno (t_1) y del tiempo de escurrimiento en la zanja de coronamiento (t_2).

$$tc = t_1 + t_2 \tag{21}$$

El tiempo de escurrimiento sobre el terreno (t1) viene dado por la ecuación 22

$$t_1 = \frac{235 * b * L_1}{3 * (k * i)^{2/3}} \tag{22}$$

Dónde:

L1 = Longitud del flujo de escurrimiento sobre el terreno (m) y el coeficiente b está dado por la siguiente ecuación:

$$b = \frac{0.000028 * i + C_r}{(S_1)^{1/3}}$$

Dónde:

S1 es la pendiente de la superficie y Cr es el coeficiente de retraso que se lo puede establecer a partir de la Tabla XVII

Tabla XVII Valores de coeficiente de retraso

Valores del coeficiente de retraso	Cr
Superficies lisas asfálticas	0,007
Pavimento de concreto	0,012
Pavimento de gravado	0,017
Césped muy tupido	0,046
Pasto azul denso	0,06

Fuente: (Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos , 2012)

El tiempo, en minutos, de escurrimiento en la zanja de coronamiento (t_2) se toma comúnmente como la longitud de la zanja más larga (L_2), dividida entre la velocidad de diseño de la misma (V_2)0 ecuación 23.

$$t_2 = \frac{L_2}{V_2} \tag{23}$$

(4) el máximo del escurrimiento en la zanja de coronamiento (Qp), en metros cúbicos por segundo, usando la siguiente ecuación 24 llamada generalmente como la fórmula racional.

$$Q_p = \frac{k * i * Ad}{3{,}6 * 106} \tag{24}$$

Donde Ad es el área tributaria de la cuenca en m2

Finalmente aplicando la ecuación 25 (ecuación de Manning) es posible determinar las secciones de los canales de drenaje de aguas pluviales.

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2} \tag{25}$$

Donde n es el coeficiente de rugosidad determinado por la Tabla XVIII

Tabla XVIII Coeficiente de rugosidad (n)

Material de la zanja	n
Plástico, vidrio, tubería estirada	0,009
Cemento puro, metal liso	0,01
Madera cepillada, tubería asbesto	0,011
Hierro forjado, acero soldado, lona	0,012
Concreto ordinario, hierro colocado asfáltico	0,013
Madera no cepillada, barro vitrificado	0,014
Tubería de hierro colado	0,015
Acero remachado, tabique	0,016
Mampostería de pedacería	0,017
Tierra emparejada	0,018
Grava firme	0,02
Tubería de metal corrugado	0,022
Corrientes naturales en buena condición	0,025
Corrientes naturales con piedras y hierbas	0,035
Corrientes naturales en muy malas condiciones	0,06

Fuente: (Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos , 2012)

3.7 Generación de Lixiviados

Como se estableció en la sección 2.6 para la estimación de lixiviados es necesario realizar un balance hídrico, cuyos componentes (Figura 2.8) pueden expresarse mediante la ecuación 19:

$$\Delta S_{SW} = W_{SW} + W_{TS} + W_{CM} + W_R - W_{LG} - W_{WV} - W_E + W_{BL} \quad (26)$$

ΔS_{SW}: Cambio en la cantidad de agua almacenada en los residuos sólidos en relleno sanitario, Kg/m3

W_{SW}: Agua (humedad) en los residuos sólidos entrantes Kg/m3

W_{TS}: Agua (humedad) en el lodo de la planta de tratamiento entrante Kg/m3

W_{CM}: Agua (humedad) en el material de la cubierta Kg/m3

W_R: Agua que se infiltra por las precipitaciones Kg/m2

W_{LG}: Agua perdida en la formación del biogás Kg/m3

W_{WV}: Agua perdida como vapor de agua generado en el biogás Kg/m3

W_E: Agua perdida debido a la evapotranspiración

W_{BL}: Agua que sale del fondo del volumen de control (para la celda colocada directamente encima de un sistema de recogida de lixiviados, el agua del fondo corresponde al lixiviado)

El agua que entra en el volumen de control (Figura 2.8) que no se consume y no sale como vapor de agua puede ser retenida dentro de dicho volumen o puede aparecer como lixiviado. Tanto el material de desecho como el material de cubierta son capaces de retener el agua contra la fuerza de gravedad. La cantidad de agua que se puede retener contra la atracción de la gravedad se denomina capacidad de campo (FC). La cantidad potencial de lixiviado es la cantidad de humedad dentro del volumen de control que excede la capacidad de campo de los constituyentes de dicho volumen. La capacidad de campo, que varía con el peso de la sobrecarga, se puede estimar usando la ecuación 20

$$FC = 0.6 - 0.55\,(\frac{W_{d-Final}}{4536 + W_{d-Final}} \qquad (27)$$

Donde $W_{d-Final}$ es el peso medio en Kg del volumen de control considerado anteriormente (Figura 2.8) y se calcula en la mitad de este volumen usando la ecuación 21

$$W_{C-medio} = \frac{W_{d-Final} + W_{SW-Final}}{2} + W_{MC} \qquad ($$

28)

Como regla general, para determinar la formación de lixiviado en cualquier capa del relleno sanitario, se compara la humedad disponible, después haber considerado todas las pérdidas de agua en la generación del biogás, con la capacidad de campo del relleno sanitario. Si la cantidad de agua presente (humedad disponible) excede la capacidad de campo del relleno sanitario, se formará lixiviado

3.7.1 Estimación de la infiltración de operación en el relleno sanitario

Como se muestra en la ecuación 26 uno de los componentes a determinar en el balance hídrico es el agua, provenientes de las precipitaciones, que se infiltra durante la etapa de operación del relleno sanitario. Se puede hacer esta estimación, de manera general, mediante la siguiente relación:

$$P = Esc + Evt + Inf$$

Donde **P:** es la precipitación que se estableció en la sección 3.6 **Esc:** es la escorrentía superficial establecida también en la misma sección y Evt: es la evapotranspiración en zona del relleno sanitario. Existen muchas metodologías para el cálculo de la evapotranspiración, sin embargo, para este diseño se consideró los

datos medidos en las estaciones de Milagro y del cantón Marcelino Maridueña, instaladas en los respectivos ingenios azucareros de dichos cantones. Los datos de estas mediciones se muestran en la Tabla XIX

Tabla XIX Evapotranspiración en mm de las estaciones San Carlos y Valdez

Mes	ESTACIONES	
	SAN CARLOS Evt (mm)	VALDEZ Evt (mm)
ENE	127,50	135,30
FEB	118,10	120,80
MAR	140,50	143,20
ABR	136,10	139,60
MAY	128,10	133,10
JUN	105,90	106,80
JUL	99,40	100,60
AGO	99,10	99,80
SEP	100,60	102,80
OCT	104,40	109,50
NOV	108,30	113,90
DIC	127,20	134,90
TOTAL	1395,20	1440,30

Fuente: (MAGAB, 2014)

Los datos en esta tabla son el resultado de un estudio realizado por el MAGAB considerando un promedio histórico desde el año 1990 hasta el 2012.

3.7.2 Estimación de la Producción de lixiviado

Antes de realizar el balance hídrico, se requiere establecer las magnitudes de todos los componentes de la ecuación 19, además de otros parámetros como: (1) Factor de material de cobertura **(Fc)**; que toma en cuenta qué porcentaje del volumen antes mencionado es de material de cobertura. Como se mencionó este factor varía entre 20% al 25% según recomienda la Guía para el Diseño Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios de Bolivia. Para este diseño se adoptó un valor de 1.2, es decir 20%. (2) La densidad compactada de material de cobertura **($\boldsymbol{\rho_{MC}}$)** ; se adoptó una densidad de 1400 Kg/m3 en base a otros diseños de rellenos sanitarios que se revisaron para la elaboración de este proyecto (3) La densidad de la basura compactada **($\boldsymbol{\rho_{BC}}$),** cuyo valor se asumió, como se mostró en la sección 3.4.1, de 600 Kg/m3 dado por el tipo de maquinaria que se recomienda usar para la operación del relleno sanitario en Naranjito y (4) La infiltración **($\boldsymbol{Infiltr_{aall}}$)** que se dará a través de las capas del material de cobertura, cuyo valor se estimó de 100mm en base a la metodología expuesta en la sección anterior

La estimación de la producción de lixiviados es un proceso largo ya que debe considerarse la producción que cada capa del relleno sanitario genere. Como se mencionó anteriormente, para este

cálculo se consideró que cada capa del relleno será recopilada cada año. Por lo tanto, son 20 capas que se consideraron para esta estimación. A continuación, se muestra la secuencia del cálculo junto con las ecuaciones aplicadas para la estimación de la producción de lixiviado que generará la primera capa recopilada el primer año de operación del relleno sanitario de Naranjito.

Determinación del peso del suelo de cobertura usada en el año de operación:

$$W_{MC} = h_c * Fc * \rho_{MC} * (Fc - 1) \quad (29)$$

Determinación del peso de basura colocada en el año de operación:

$$W_{RS} = h_c * Fc * \rho_{BC} * (2 - Fc) \quad (30)$$

Determinación del peso agua lluvia que se infiltra en el año de operación:

$$W_R = Infiltr_{aall} * \frac{998}{1000} \quad (31)$$

Determinación del peso de la celda considerando la cobertura y la basura en el año de operación:

$$W_c = W_R + W_{MC} + W_{RS}$$

(32)

Determinación del volumen de Biogás generado en el año de operación por la basura colocada:

$$V_{Biogas} = W_c * V_{Biogas/Kg} \quad (33)$$

El volumen de Biogás por kilogramo de basura se calcula según la metodología expuesta en la sección 3.5.2

Determinación del peso del Biogás generado:

$$W_{Biogas} = V_{Biogas} * \rho_{Biogas} \quad (34)$$

Donde la densidad del Biogás viene dada por la siguiente ecuación:

$$\rho_{Biogas} = \frac{\rho_{CH4} * (V_{CH4-MRB} + V_{CO2-MRB}) + \rho_{CO2} * (V_{CH4-MLB} + V_{CO2-MLB})}{V_{CH4-MRB} + V_{CO2-MRB} + V_{CH4-MLB} + V_{CO2-MLB}} \quad (35)$$

Todos los componentes de la ecuación 28 se obtienen según la metodología expuesta en la sección 3.5.2

Determinación del peso de agua consumida en las reacciones de generación de gases:

$$W_{LG} = V_{Biogas} * Agua_{consumida}$$

(36)

La metodología para calcular los kilogramos de Agua consumida por volumen de biogás generado en las reacciones es similar a la aplicada en la determinación del volumen de biogás por kilogramo de basura. En primer lugar, se debe conocer la producción de gas por peso seco de basura, tanto para la MRB como para la MLB; aplicando la ecuación 16. Luego se debe determinar la proporción de agua consumida en las reacciones, tanto para la MRB como para la MLB. Para finalmente calcular el consumo de agua dividiendo la proporción de agua consumida en la reacción para la producción de biogás por peso seco de basura. Así mismo para cada uno de los dos tipos de materias (MRB y MLB). Este resultado representa el área total bajo la curva del modelo triangular usando en la sección 3.5.2. Véase Figuras 3.1 y 3.2

El consumo de agua total se lo obtiene sumando los consumos de agua calculados en las reacciones, en correspondencia con cada año y además acumulando por cada año de tiempo de vida útil del relleno sanitario (20 años). En la sección anexos se muestra esta acumulación Anexo A: Tabla: Consumo de agua anual (Kg/m3*año).

Determinación del peso de vapor de agua en el gas generado en condiciones normales:

$$W_{WV} = V_{Biogas} * Peso\ Volumétrico_{vapor\ generado} \quad (37)$$

Tchobanoglous y Keith recomiendan usar un peso volumétrico del vapor generado de 0.0048kg/m3N

Determinación del peso de agua contenida inicialmente en la basura colocada:

$$W_{SW} = W_{RS} * w(\%) \quad (38)$$

Determinación del peso seco inicial de la basura:

$$W_{d-RS} = W_{RS} - W_{SW} \quad (39)$$

Determinación del peso final de agua disponible:

$$W_{SW-Final} = W_{SW} - W_{LG} - W_{WV} + W_R \quad (40)$$

Determinación del peso seco de basura después de generado el Biogás:

$$W_{d-Final} = W_{d-RS} - (W_{LG} - W_{WV}) \quad (41)$$

Determinación del peso total (basura + cobertura) en el punto medio de la celda: ecuación 4

Determinación de la capacidad de campo (agua retenida) de la basura basada en peso medio de la celda: ecuación 21

Determinación del peso de agua retenida en la basura:

$$W_{SW-Retenida} = W_{d-Final} * FC \quad (42)$$

Determinación del peso de Lixiviado generado:

$$W_{BL} = W_{SW-Final} - W_{SW-Retenida} \quad (43)$$

Como se mencionó anteriormente si el valor calculado con esta ecuación es negativo, se asume que el peso de lixiviado es cero. Si no lo es, este resultado sería el lixiviado generado en el primer año de operación del relleno sanitario. Para calcular el lixiviado que se generará en el siguiente año, se debe considerar el agua retenida ($W_{SW-Retenida}$) y sumarle el peso seco final ($W_{d-Final}$) para hallar el peso de basura inicial (W_{RS}) en el siguiente año. Todo este procedimiento se lo debe aplicar para cada capa que se recopile.

Se debe mencionar que este cálculo es por metro cuadrado de relleno. Para obtener una producción final de lixiviado se multiplica el valor hallado con la ecuación 36 por el área total que alcance cada año de operación del relleno sanitario y se divide este valor para la densidad del lixiviado para finalmente obtener un caudal de

lixiviado diario. Debido a la dificultad de predecir todos los componentes del que estará formado el lixiviado, es recomendable asumir como densidad de éste, un valor muy cercano a la densidad del agua, ya que se ha demostrado mediante estudios, el agua es uno de los mayores componentes presentes en el lixiviado que generan los rellenos sanitarios. En este diseño, sin embargo, se asumió un valor de 1 T/m3 como densidad del lixiviado.

3.8 Presupuesto de Costo de Obra

Para el presupuesto del costo del proyecto, se consideran las actividades preliminares para dejar el terreno en condiciones óptimas y la conformación del relleno sanitario propiamente dicho.

Entre las actividades preliminares se considera la limpieza del terreno, nivelación del mismo, y todo lo relacionado con movimiento de tierra necesario.

La conformación del relleno consiste en capas de desechos y cobertura que serán compactados; debido a que tendrá 8 capas de distintas alturas se calcularon distintos valores para cada una de ellas a lo largo de la vida útil del relleno sanitario.

3.9 Estabilidad de Taludes

Para el análisis de estabilidad se utilizó el Software GEO5 Versión 17, que emplea el método de cálculo de Bishop simplificado.

Figura 3.3 Imagen del software GEO5 usado para la estabilización del talud del RS.
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Para efectos del análisis que se realiza con el empleo del software GEO5 se consideraron parámetros respecto al suelo y a los desechos generados que conformaran el relleno sanitario.

Los parámetros requeridos para realizar el análisis de talud se presentan en la Tabla XX

Tabla XX Parámetros empleados para estabilidad de taludes, software GEO5 (Caicedo y Delgado, 2017)

	Desechos Sólidos	**Material de Cobertura**
Peso Unitario [KN/m3]	6	14
Angulo de Fricción Interna [º]	17	30
Cohesión [KPa]	23	58
Peso Unitario de Suelo Saturado[KN/m3]	-	18

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

3.10 Determinación de Impacto Ambiental del Proyecto

Para determinar el impacto ambiental relacionado con el presente proyecto se utilizó la metodología de las matrices de Leopold descrita a continuación:

Matrices de Leopold

Las matrices de Leopold son una serie de matrices evalúan los posibles impactos positivo y negativos en las etapas de un proyecto que son construcción, operación y cierre.

3.10.1 Matriz Intensidad (Int)

El valor numérico de la matriz intensidad varía de 1-10 dependiendo del grado de cambio sufrido, siendo (10) el valor indicativo de mayor impacto, (1) el valor indicativo de muy bajo impacto y (0) para actividades de generen impactos muy leves o imperceptibles.

3.10.2 Matriz Extensión (Ext).

El valor de la matriz extensión es de (10) para actividades que generen impactos regionales, (5) para impactos locales y (1) para impactos puntuales.

3.10.3 Matriz Duración (Dur).

Valor de duración (10) para actividades que generen impactos mayores a 10 años, (5) para impactos de 5 a 10 años, (1) para impactos menores a 5 años.

3.10.4 Matriz de Bondad de Impacto o Signo (S).

El valor de impacto o signo es (-1) para actividades que generen impactos negativos y (+1) para actividades que generen impactos positivos.

3.10.5 Matriz Magnitud (M)

Es una matriz calculada, los valores numéricos de la matriz magnitud están dados por las matrices, intensidad, extensión, duración y bondad de impacto, y cada una multiplicada por un factor correspondiente a cada matriz.

Tabla XXI Factores de magnitud usados para cálculo de Impacto Ambiental

Factores	Valor
Intensidad	0.4
Extensión	0.2
Duración	0.4

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

La matriz magnitud estará dada por la siguiente ecuación:

[M]= [± S] [Intensidad *Fint.]+ [Extensión*Fext.]+ [Duración*Fdur.]]

3.10.6 Matriz Reversibilidad (Rev.).

El valor numérico de la matriz de reversibilidad es de (10) para actividades que generen impactos irreversibles, (8) para impactos reversibles a largo plazo, (5) para impactos parcialmente reversibles y (1) para impactos altamente reversibles.

3.10.7 Matriz de Riesgos (Rg)

El valor numérico de la matriz de riesgos es de (10) para impactos que tienen una probabilidad de ocurrencia alta, (5) para impactos que tienen una probabilidad de ocurrencia media y (1) para impactos que tienen una probabilidad de ocurrencia baja

3.10.8 Matriz de Valoración de Impacto Ambiental (V.I.A.)

Es una matriz calculada, los valores numéricos de la matriz V.I.A. están dados por las matrices magnitud, reversibilidad y riesgo, y cada una multiplicado por un factor, el que se muestra en la siguiente Tabla XXII:

Tabla XXII Factores de importancia

Matriz de Valoración de Impacto Ambiental (VIA)	
Factores	
0,3	Magnitud
0,3	Riesgo
0,4	Reversibilidad
1,0	

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

La matriz V.I.A. estará dada por:

[VIA] = [Rev] ^ (FRev)* [Rg] ^ (FRev)*[|M|] ^ (FM)

Como se presenta a continuación:

Rango de Significancia de la Matriz de Valoración de Impacto Ambiental.

Indica el nivel de impacto que tendrán las actividades en cada uno de los componentes ambientales mostrados en las matrices, su valor numérico varía de 0 a 10, (0) significancia neutra (N), (1-4) significancia baja (B), (4-7) significancia media (M) y (7-10) significancia alta (A).

Luego de detallar e interpretar el impacto causado por la construcción y operación de la presa a través del método de

matrices de Leopold, promediando se ha determinado un grado de afectación en los recursos de la siguiente forma:

Tabla XXIII Calificación del tipo de impacto según resultado de la matriz V.IA.

Calificación	Valor
Impacto Neutro	0
Impacto Bajo	1.0 - 4.0
Impacto Medio	4.1 - 7.0
Impacto Alto	7.1 - 10

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

CAPÍTULO 4
RESULTADOS

4.1 Selección de sitio para disposición final de desechos

Como se mencionó en la sección 2.1.1, el presente proyecto dispone de dos posibles sitios para su implementación, cada una de estas alternativas fueron evaluadas con la metodología descrita en la sección 3.1 obteniendo los resultados expuestos en la sección anexos. Anexo B Tabla: Matriz de evaluación Alternativa A. Tabla: Matriz de evaluación Alternativa B

Los resultados de la sección 4.1 muestran una puntuación de 132 para la alternativa A y 174 para la alternativa B, comparando con la Tabla VII que se muestra en la sección 3.1 la alternativa B es la apropiada.

4.1.1 Sitio escogido para implementación del Relleno Sanitario de Naranjito

El sitio para la construcción del relleno sanitario de la ciudad de Naranjito se encuentra a aproximadamente dos kilómetros del límite urbano de la ciudad. El predio es propiedad de la Municipalidad de Naranjito, actualmente es usado como botadero a cielo abierto de basura, pero precisamente por sus características evaluadas en la sección 2.3 es el sitio óptimo para la construcción y operación del relleno sanitario.

Figura 4.1 Sitio escogido para la disposición final de desechos cantón Naranjito
Fuente: (GOOGLE EARTH, 2017)

El acceso al sitio se lo efectúa desde el centro de la ciudad, a través de la vía asfaltada principal de acceso a la ciudad; se toma una vía de tercer orden por la que, transitando aproximadamente 1 km, se arriba al predio del proyecto. El terreno seleccionado se ubica en el predio comprendido entre las coordenadas 667342.42; 9760563.76

4.2 Proyección Poblacional del cantón Naranjito

Según proyecciones del INEC, con base en el último censo poblacional de 2010, Naranjito en la actualidad (año 2017) tendría una población de 42355 habitantes. A partir de esto y estableciendo un tiempo de vida útil de 20 años para la operación de un relleno sanitario, es necesario proyectar la población a dicho tiempo. Esta proyección se la realizo

aplicando el método geométrico (véase ecuaciones 2 y 3) obteniendo los siguientes resultados expuestos en la Tabla XXIV

Tabla XXIV Proyección poblacional del cantón Naranjito para los 20 años de vida útil del relleno sanitario

Años	Población
2017	42355
2018	42925
2019	43502
2020	44087
2021	44680
2022	45281
2023	45889
2024	46507
2025	47132
2026	47766
2027	48408
2028	49059
2029	49719
2030	50388
2031	51065
2032	51752
2033	52448
2034	53153
2035	53868
2036	54592
2037	55327

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.3 Producción per cápita de desechos del cantón Naranjito

Como se mencionó en la sección 3.3.1 se estima que Naranjito genere 4000 toneladas de basuras al año. A partir de esta información y con el número de habitantes en la actualidad (año 2017) se determinó la producción per cápita (PPC) de basura mediante la aplicación de la ecuación 4:

$$PPC = 0{,}294\ \frac{Kg}{hab * día}$$

Esta producción es en el año en curso, pero es necesario proyectar este valor al tiempo de vida útil del relleno sanitario de Naranjito (20 años) tomando en cuenta las consideraciones expuestas en la sección 3.3.2. obteniendo los siguientes resultados Tabla XXV

Tabla XXV Proyección de la PPC del cantón Naranjito para los 20 años de vida útil del relleno sanitario

Años	Producción per Cápita (Kg/hab/día)
2017	0,294
2018	0,296
2019	0,297
2020	0,298
2021	0,300
2022	0,301
2023	0,303
2024	0,304
2025	0,306
2026	0,308
2027	0,309
2028	0,311
2029	0,312
2030	0,314
2031	0,315
2032	0,317
2033	0,318
2034	0,320
2035	0,322
2036	0,323
2037	0,325

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.4 Dimensiones finales del relleno sanitario para Naranjito

4.4.1 Volumen final del relleno sanitario de Naranjito

Tomando en cuenta todo los expuesto en las secciones 3.4.1 y 3.4.2 los volúmenes de desechos anuales compactados que se estima serán apilado en el relleno sanitario de Naranjito se presentan en la Tabla XXVI

Tabla XXVI Proyección del volumen de basura compactado durante los 20 años de operación del relleno sanitario del cantón Naranjito

Años	Peso basura anual (Ton)	Volumen Basura Anual compactada (m3)
2017	4548,9	7581,52
2018	4633,1	7721,90
2019	4718,9	7864,87
2020	4806,3	8010,49
2021	4895,3	8158,80
2022	4985,9	8309,86
2023	5078,2	8463,72
2024	5172,3	8620,43
2025	5268,0	8780,04
2026	5365,6	8942,60
2027	5464,9	9108,18
2028	5566,1	9276,81
2029	5669,1	9448,58
2030	5774,1	9623,52
2031	5881,0	9801,70
2032	5989,9	9983,18
2033	6100,8	10168,02
2034	6213,8	10356,28
2035	6328,8	10548,03
2036	6446,0	10743,33
2037	6565,3	10942,24

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Así mismo los volúmenes de material de cobertura compactado se presentan en la Tabla XXVII

Tabla XXVII Proyección del volumen de material de cobertura compactado durante los 20 años de operación del relleno sanitario del cantón Naranjito

Años	Peso cobertura (Ton)	Volumen anual cobertura (m3)
2017	909,8	649,84
2018	926,6	661,88
2019	943,8	674,13
2020	961,3	686,61
2021	979,1	699,33
2022	997,2	712,27
2023	1015,6	725,46
2024	1034,5	738,89
2025	1053,6	752,57
2026	1073,1	766,51
2027	1093,0	780,70
2028	1113,2	795,16
2029	1133,8	809,88
2030	1154,8	824,87
2031	1176,2	840,15
2032	1198,0	855,70
2033	1220,2	871,54
2034	1242,8	887,68
2035	1265,8	904,12
2036	1289,2	920,86
2037	1313,1	937,91

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Por lo tanto, aplicando ecuación 9 se obtuvo el volumen total anual que deberá ser apilado en el relleno sanitario de Naranjito Tabla XXVII

Tabla XXVIII Proyección del volumen total anual compactado durante los 20 años de operación del relleno sanitario del cantón Naranjito

Años	Volumen Total Anual (cobertura + basura) (m3)
2017	8231,4
2018	8383,8
2019	8539,0
2020	8697,1
2021	8858,1
2022	9022,1
2023	9189,2
2024	9359,3
2025	9532,6
2026	9709,1
2027	9888,9
2028	10072,0
2029	10258,5
2030	10448,4
2031	10641,8
2032	10838,9
2033	11039,6
2034	11244,0
2035	11452,1
2036	11664,2
2037	11880,1

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Si se suma todos los volúmenes totales anuales se obtiene que en el relleno sanitario de Naranjito se apilaran 208950,16 m3 de basura y material de cobertura.

4.4.2 Área final para implantación del cuerpo del relleno sanitario

Aplicando la primera metodología para el cálculo del área requerida para implantación del cuerpo del relleno sanitario se obtuvieron los siguientes resultados Tabla XXIX

Tabla XXIX Proyección del volumen de basura anual durante los 20 años de operación del relleno sanitario del cantón Naranjito

Años	Población	Tasa de generación (Kg/hab/día)	Acumulación de la basura (Ton)
2017	42355	0,294	4545,80
2018	42925	0,296	9175,77
2019	43502	0,297	13891,46
2020	44087	0,298	18694,46
2021	44680	0,300	23586,39
2022	45281	0,301	28568,90
2023	45889	0,303	33643,65
2024	46507	0,304	38812,37
2025	47132	0,306	44076,79
2026	47766	0,308	49438,68
2027	48408	0,309	54899,84
2028	49059	0,311	60462,12
2029	49719	0,312	66127,39
2030	50388	0,314	71897,54
2031	51065	0,315	77774,54
2032	51752	0,317	83760,35
2033	52448	0,318	89856,98
2034	53153	0,320	96066,50
2035	53868	0,322	102390,98
2036	54592	0,323	108832,57
2037	55327	0,325	115393,42

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Entonces asumiendo una altura de relleno de 20m y considerando además la densidad global calculada mediante la ecuación 5 se obtiene un área requerida de:

$$\rho_g = 167{,}38\ \frac{Kg}{m^3}$$

$$V_{TR} = 689422{,}53\ m^3$$

$$A_{RR} = 3{,}45\ Ha$$

Por otro lado, aplicando la segunda metodología mediante la ecuación 11 se obtiene un área de:

V_U: Vida útil del relleno sanitario (años) = 20 años

g: Tasa de crecimiento de generación de residuos sólidos (%) = 1,005 (0.5%)

p: Población (hab.) = 42355 habitantes

Cob: Cobertura de recolección (%) = 72% según PDOT del cantón

f_c: Factor de material de cobertura y de taludes = 1.2 (20%)

$$A_{RR} = 3{,}33\ Ha$$

Como se observa el cálculo del área requerida mediante las dos metodologías proporciona resultados similares y se confirma además que el sitio elegido en la sección 4.1 cumple con este criterio, ya que el terreno consta de casi 5 Ha

4.4.3 Altura final del relleno Sanitario de Naranjito

Como se mencionó en la sección 3.4.5, para el cálculo de la altura de relleno tomando en cuenta los taludes, que para este diseño se asumieron taludes 2.5 H: 1 V, es necesario partir del área requerida para la implantación del relleno sanitario. En la sección anterior se mostró el cálculo de esta área, sin embargo, este cálculo solo toma en cuenta una densidad global de los RSU y no la densidad compactada; que finalmente se va a obtener.

Por lo tanto, es necesario determinar un área requerida tomando en cuenta la densidad compactada de los RS. En consecuencia, se requiere determinar un volumen total acumulado durante todo el tiempo de vida útil del relleno, lo cual se hizo en la sección 4.4.1 obteniendo un volumen de 208950,16 m3. Dividiendo este volumen para la altura asumida anteriormente se calcula un área de 1.04 Ha .

Para este diseño se estableció que el área de implantación del cuerpo del relleno deberá ser cuadrada, por lo tanto, tomando un

promedio entre las 2 áreas calculadas en la sección anterior y además considerando el área calculada en esta sección se obtienen dimensiones de 184x184 y 102x102 respectivamente. Finalmente se eligió un área, para base del cuerpo del relleno, de 160x160 (2,54 Ha) y aplicando la ecuación 12, se obtuvo las alturas requeridas por año para apilar los volúmenes de desechos que lleguen al relleno Tabla XXX

Tabla XXX Altura requerida anualmente para el apilamiento de los RS según el método constructivo seleccionado para el relleno sanitario de Naranjito

Años	Volumen Total Anual (cobertura + basura) (m3)	Altura anual requerida (m)
2017	8231,4	0,32
2018	8383,8	0,34
2019	8539,0	0,35
2020	8697,1	0,37
2021	8858,1	0,38
2022	9022,1	0,40
2023	9189,2	0,42
2024	9359,3	0,44
2025	9532,6	0,46
2026	9709,1	0,49
2027	9888,9	0,51
2028	10072,0	0,54
2029	10258,5	0,58
2030	10448,4	0,61
2031	10641,8	0,66
2032	10838,9	0,75
2033	11039,6	0,88
2034	11244,0	0,98
2035	11452,1	1,10
2036	11664,2	1,27
2037	11880,1	1,50

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

La altura final viene dada por la suma de las alturas anuales mostradas en la Tabla XXX:

$$H_{R-Final} = 14\ m$$

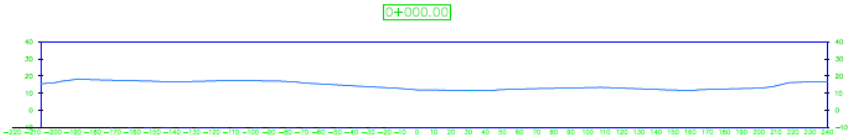
4.5 Diseño de la Subrasante.

El sitio escogido para la implantación del relleno sanitario en la sección 4.1 no presenta mayores depresiones, según la topografía obtenida a partir de Google Earth Figura 4.2

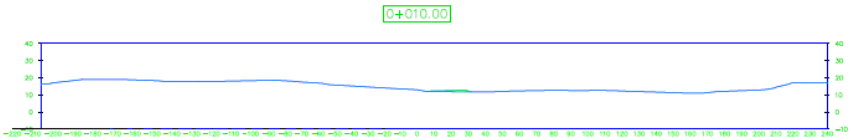
Figura 4.2 Topografía del sitio seleccionado para la construcción del relleno sanitario de Naranjito
Fuente: (Caicedo y Delgado,2017)

Con el objetivo de obtener material de cobertura, se realizará una nivelación a la cota 15 con pendientes máximas de 2%. Esta cota está 2 metros por encima de la cota del río Chorrón para evitar los efectos de las inundaciones. Para esto se obtuvieron perfiles longitudinales y transversales del sitio cada 10 m con la ayuda del programa AutoCAD Civil 3D. Los resultados se muestran a continuación.

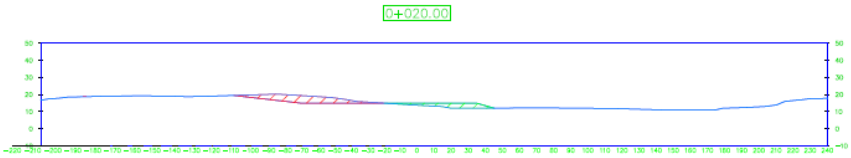
Perfiles longitudinales:



Total Volume at Station 0+000.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	0.01
Cut Vol	0.00
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	0.00
Cum Fill Vol	0.00
Net Vol	0.00

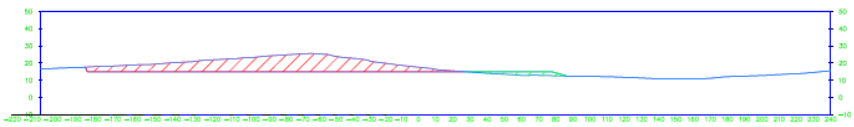


Total Volume at Station 0+010.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	14.28
Cut Vol	0.00
Fill Vol	71.46
Cum Cut Vol	0.00
Cum Fill Vol	71.46
Net Vol	-71.46



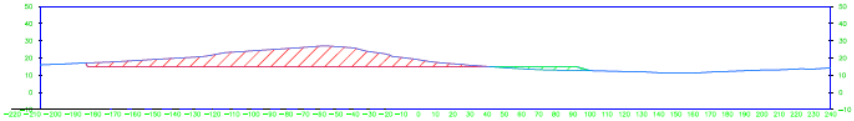
Total Volume at Station 0+020.00	
Cut Area	213.46
Fill Area	108.73
Cut Vol	1067.28
Fill Vol	615.07
Cum Cut Vol	1067.28
Cum Fill Vol	686.53
Net Vol	380.75

0+050.00



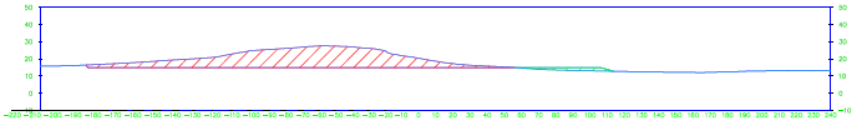
Total Volume at Station 0+050.00	
Cut Area	1284.22
Fill Area	85.14
Cut Vol	11769.09
Fill Vol	874.79
Cum Cut Vol	27711.79
Cum Fill Vol	3553.26
Net Vol	24158.53

0+060.00



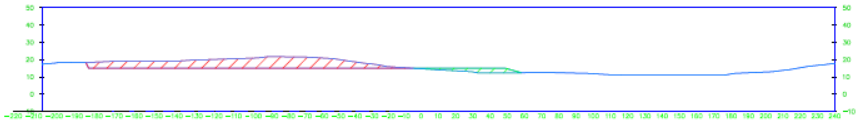
Total Volume at Station 0+060.00	
Cut Area	1468.82
Fill Area	81.87
Cut Vol	13765.21
Fill Vol	835.04
Cum Cut Vol	41477.00
Cum Fill Vol	4388.30
Net Vol	37088.70

0+070.00



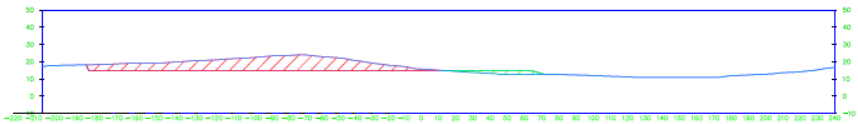
Total Volume at Station 0+070.00	
Cut Area	1577.00
Fill Area	73.77
Cut Vol	15229.12
Fill Vol	778.18
Cum Cut Vol	56706.12
Cum Fill Vol	5166.48
Net Vol	51539.64

0+030.00

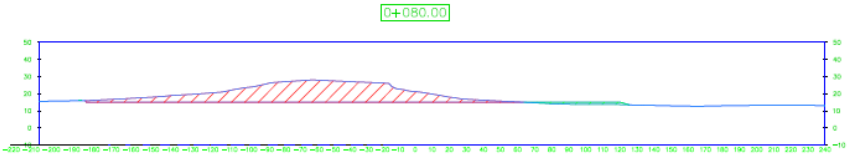


Total Volume at Station 0+030.00	
Cut Area	846.01
Fill Area	99.92
Cut Vol	5297.35
Fill Vol	1043.26
Cum Cut Vol	6364.63
Cum Fill Vol	1729.79
Net Vol	4634.85

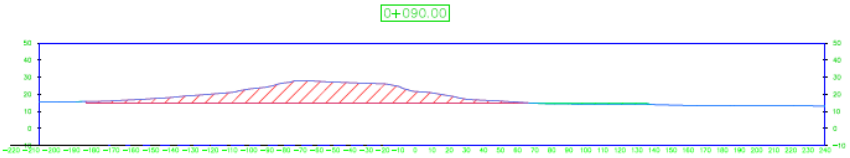
0+040.00



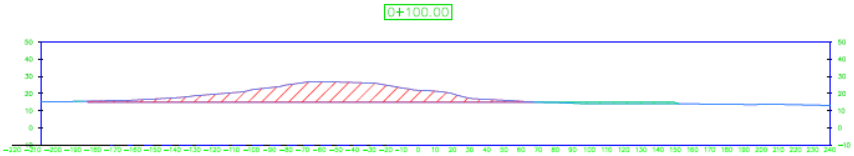
Total Volume at Station 0+040.00	
Cut Area	1069.60
Fill Area	89.82
Cut Vol	9578.06
Fill Vol	948.69
Cum Cut Vol	15942.69
Cum Fill Vol	2678.47
Net Vol	13264.22



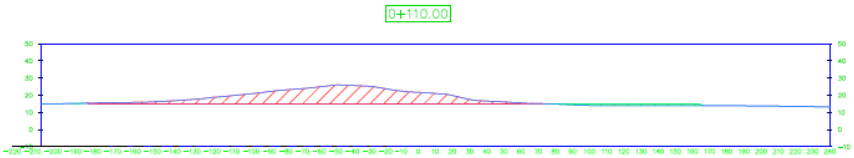
Total Volume at Station 0+080.00	
Cut Area	1605.68
Fill Area	58.20
Cut Vol	15913.42
Fill Vol	659.83
Cum Cut Vol	72619.54
Cum Fill Vol	5826.31
Net Vol	66793.23



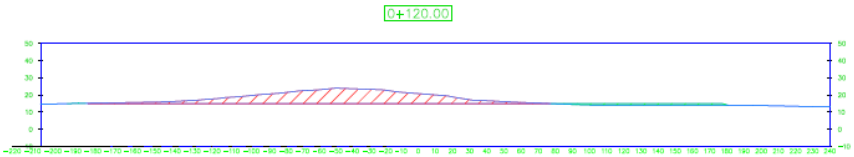
Total Volume at Station 0+090.00	
Cut Area	1567.59
Fill Area	56.28
Cut Vol	15866.38
Fill Vol	572.37
Cum Cut Vol	88485.93
Cum Fill Vol	6398.68
Net Vol	82087.25



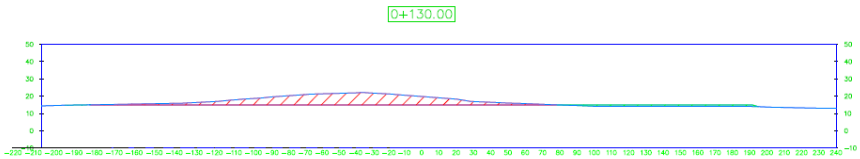
Total Volume at Station 0+100.00	
Cut Area	1452.46
Fill Area	63.87
Cut Vol	15100.27
Fill Vol	600.73
Cum Cut Vol	103586.19
Cum Fill Vol	6999.41
Net Vol	96586.78



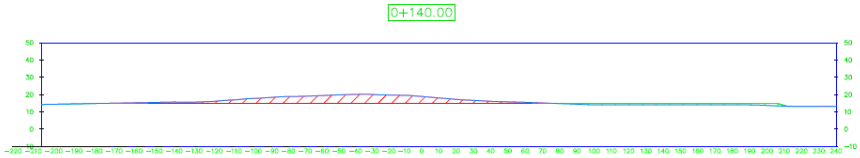
Total Volume at Station 0+110.00	
Cut Area	1276.13
Fill Area	73.85
Cut Vol	13642.95
Fill Vol	688.59
Cum Cut Vol	117229.14
Cum Fill Vol	7688.00
Net Vol	109541.14



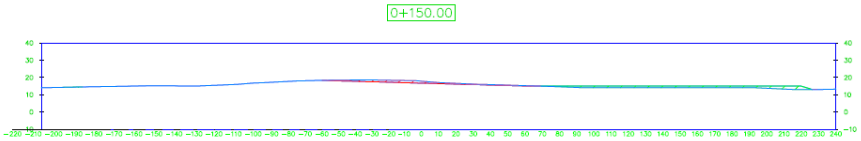
Total Volume at Station 0+120.00	
Cut Area	1050.35
Fill Area	84.75
Cut Vol	11632.40
Fill Vol	792.98
Cum Cut Vol	128861.54
Cum Fill Vol	8480.99
Net Vol	120380.55



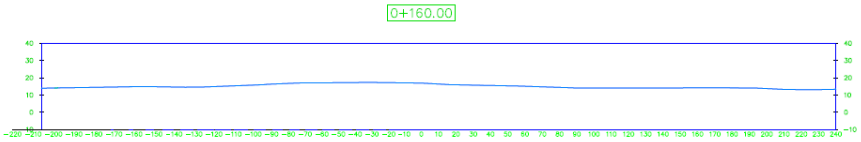
Total Volume at Station 0+130.00	
Cut Area	839.70
Fill Area	95.48
Cut Vol	9450.27
Fill Vol	901.13
Cum Cut Vol	138311.80
Cum Fill Vol	9382.11
Net Vol	128929.69



Total Volume at Station 0+140.00	
Cut Area	609.95
Fill Area	120.78
Cut Vol	7248.29
Fill Vol	1081.28
Cum Cut Vol	145560.09
Cum Fill Vol	10463.39
Net Vol	135096.70



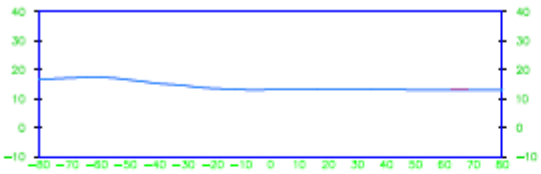
Total Volume at Station 0+150.00	
Cut Area	74.29
Fill Area	152.74
Cut Vol	3421.23
Fill Vol	1367.60
Cum Cut Vol	148981.32
Cum Fill Vol	11831.00
Net Vol	137150.33



Total Volume at Station 0+160.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	0.00
Cut Vol	371.46
Fill Vol	763.71
Cum Cut Vol	149352.79
Cum Fill Vol	12594.71
Net Vol	136758.08

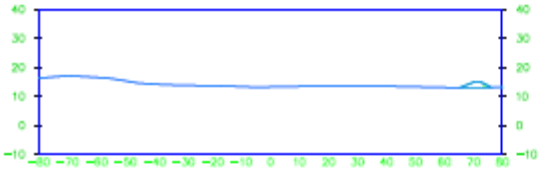
Perfiles transversales

0+000.00



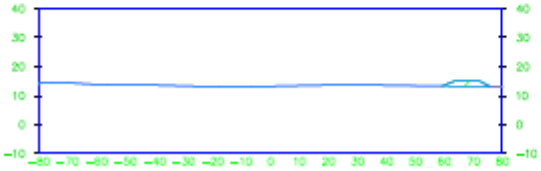
Total Volume at Station 0+000.00	
Cut Area	0.01
Fill Area	0.00
Cut Vol	0.00
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	0.00
Cum Fill Vol	0.00
Net Vol	0.00

0+010.00



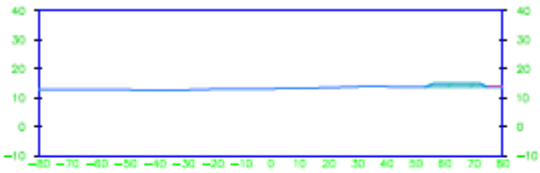
Total Volume at Station 0+010.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	12.66
Cut Vol	0.05
Fill Vol	63.28
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	63.28
Net Vol	−63.23

0+020.00



Total Volume at Station 0+020.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	22.32
Cut Vol	0.00
Fill Vol	174.87
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	238.15
Net Vol	−238.10

0+030.00

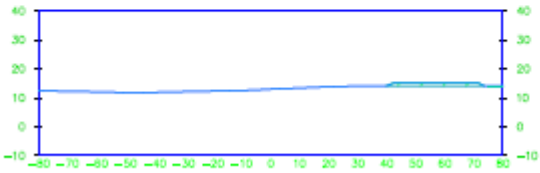


Total Volume at Station 0+030.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	23.92
Cut Vol	0.00
Fill Vol	231.22
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	469.37
Net Vol	−469.32

0+040.00

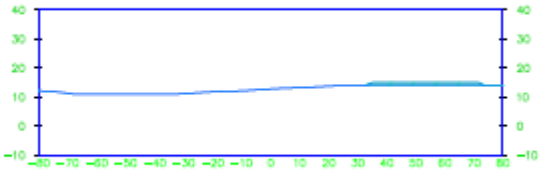
Total Volume at Station 0+040.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	24.07
Cut Vol	0.00
Fill Vol	239.99
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	709.36
Net Vol	−709.30

0+050.00



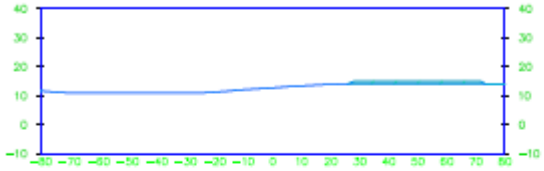
Total Volume at Station 0+050.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	29.31
Cut Vol	0.00
Fill Vol	266.94
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	976.29
Net Vol	−976.24

0+060.00



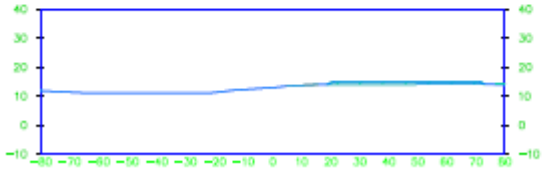
Total Volume at Station 0+060.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	35.29
Cut Vol	0.00
Fill Vol	323.03
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	1299.32
Net Vol	−1299.27

0+070.00



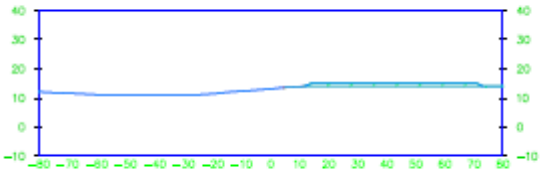
Total Volume at Station 0+070.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	41.88
Cut Vol	0.00
Fill Vol	385.88
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	1685.20
Net Vol	−1685.15

0+080.00



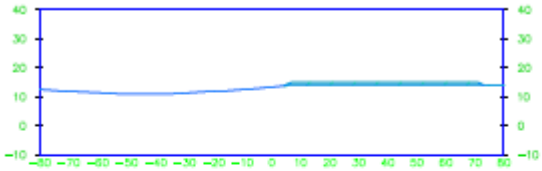
Total Volume at Station 0+080.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	48.60
Cut Vol	0.00
Fill Vol	452.40
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	2137.60
Net Vol	−2137.55

0+090.00



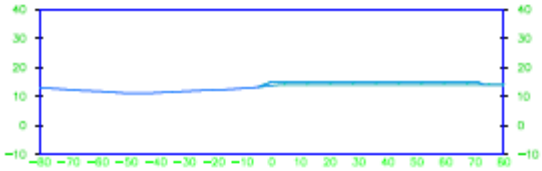
Total Volume at Station 0+090.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	55.60
Cut Vol	0.00
Fill Vol	520.97
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	2658.57
Net Vol	−2658.52

0+100.00



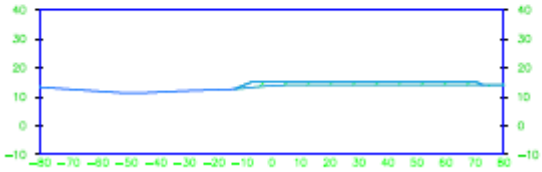
Total Volume at Station 0+100.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	63.09
Cut Vol	0.00
Fill Vol	593.42
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	3251.99
Net Vol	−3251.94

0+110.00



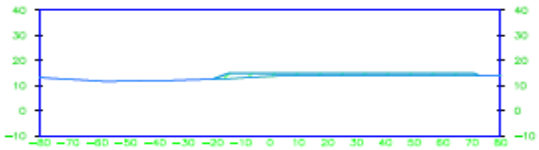
Total Volume at Station 0+110.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	72.60
Cut Vol	0.00
Fill Vol	678.42
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	3930.41
Net Vol	−3930.36

0+120.00



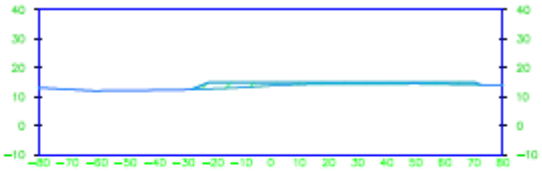
Total Volume at Station 0+120.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	85.79
Cut Vol	0.00
Fill Vol	791.94
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	4722.35
Net Vol	−4722.30

0+130.00



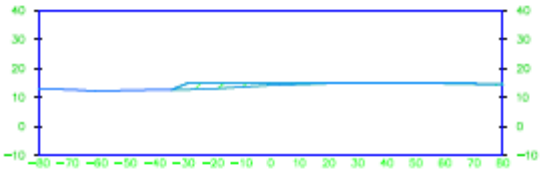
Total Volume at Station 0+130.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	99.48
Cut Vol	0.00
Fill Vol	926.33
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	5648.68
Net Vol	−5648.63

0+140.00



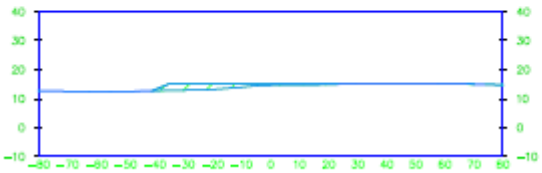
Total Volume at Station 0+140.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	89.73
Cut Vol	0.00
Fill Vol	946.04
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	6594.72
Net Vol	−6594.67

0+150.00



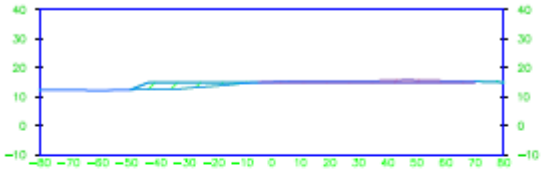
Total Volume at Station 0+150.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	75.54
Cut Vol	0.00
Fill Vol	826.36
Cum Cut Vol	0.05
Cum Fill Vol	7421.09
Net Vol	−7421.03

0+160.00



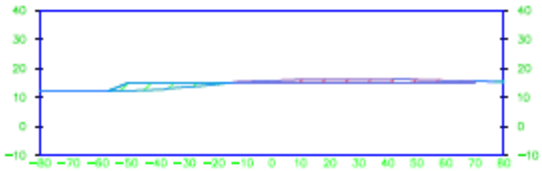
Total Volume at Station 0+160.00	
Cut Area	9.23
Fill Area	62.83
Cut Vol	46.13
Fill Vol	691.85
Cum Cut Vol	46.18
Cum Fill Vol	8112.94
Net Vol	−8066.76

0+170.00



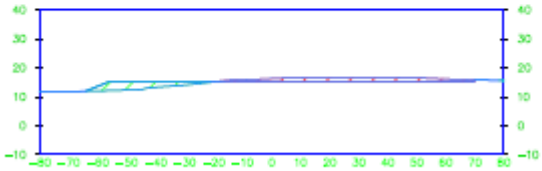
Total Volume at Station 0+170.00	
Cut Area	35.60
Fill Area	61.59
Cut Vol	224.13
Fill Vol	622.12
Cum Cut Vol	270.31
Cum Fill Vol	8735.05
Net Vol	−8464.74

0+180.00



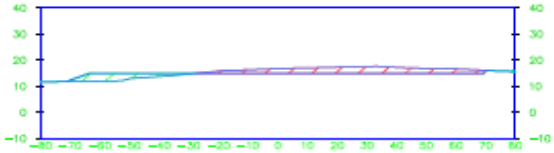
Total Volume at Station 0+180.00	
Cut Area	74.49
Fill Area	66.39
Cut Vol	550.44
Fill Vol	639.91
Cum Cut Vol	820.75
Cum Fill Vol	9374.97
Net Vol	−8554.22

0+190.00

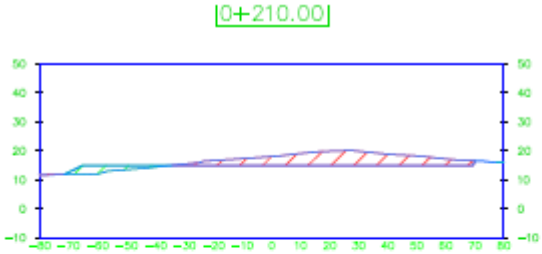


Total Volume at Station 0+190.00	
Cut Area	116.60
Fill Area	70.78
Cut Vol	955.46
Fill Vol	685.85
Cum Cut Vol	1776.20
Cum Fill Vol	10060.82
Net Vol	−8284.61

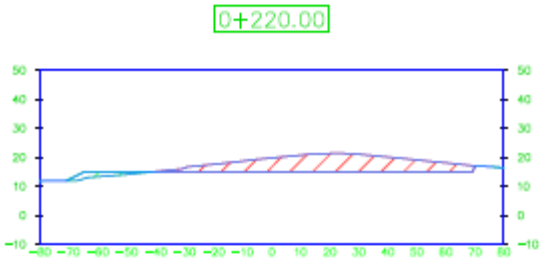
0+200.00



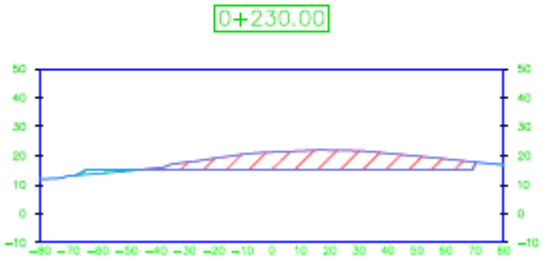
Total Volume at Station 0+200.00	
Cut Area	172.79
Fill Area	74.62
Cut Vol	1446.96
Fill Vol	727.01
Cum Cut Vol	3223.17
Cum Fill Vol	10787.83
Net Vol	−7564.66



Total Volume at Station 0+210.00	
Cut Area	313.76
Fill Area	57.49
Cut Vol	2432.72
Fill Vol	660.58
Cum Cut Vol	5655.89
Cum Fill Vol	11448.41
Net Vol	−5792.52

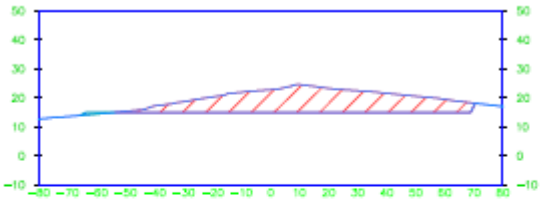


Total Volume at Station 0+220.00	
Cut Area	438.19
Fill Area	34.77
Cut Vol	3759.73
Fill Vol	461.31
Cum Cut Vol	9415.62
Cum Fill Vol	11909.72
Net Vol	−2494.10



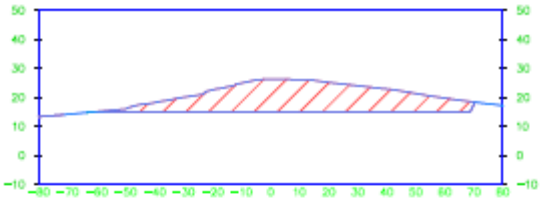
Total Volume at Station 0+230.00	
Cut Area	553.15
Fill Area	15.87
Cut Vol	4956.69
Fill Vol	253.18
Cum Cut Vol	14372.30
Cum Fill Vol	12162.90
Net Vol	2209.40

0+240.00



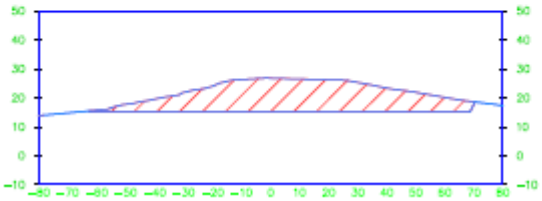
Total Volume at Station 0+240.00	
Cut Area	696.50
Fill Area	5.27
Cut Vol	6248.25
Fill Vol	105.70
Cum Cut Vol	20620.55
Cum Fill Vol	12268.60
Net Vol	8351.95

0+250.00



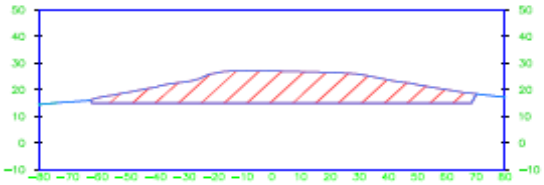
Total Volume at Station 0+250.00	
Cut Area	887.35
Fill Area	0.28
Cut Vol	7919.24
Fill Vol	27.77
Cum Cut Vol	28539.79
Cum Fill Vol	12296.37
Net Vol	16243.41

0+260.00



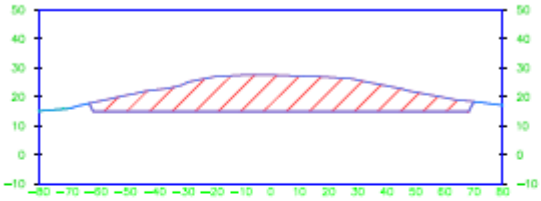
Total Volume at Station 0+260.00	
Cut Area	1015.14
Fill Area	0.00
Cut Vol	9512.41
Fill Vol	1.41
Cum Cut Vol	38052.19
Cum Fill Vol	12297.78
Net Vol	25754.41

0+270.00



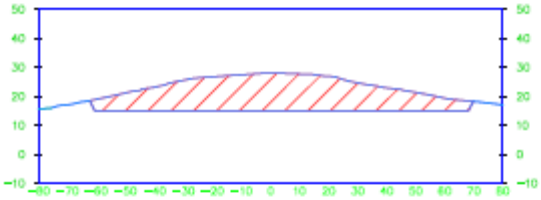
Total Volume at Station 0+270.00	
Cut Area	1110.25
Fill Area	0.00
Cut Vol	10626.93
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	48679.13
Cum Fill Vol	12297.78
Net Vol	36381.34

0+280.00



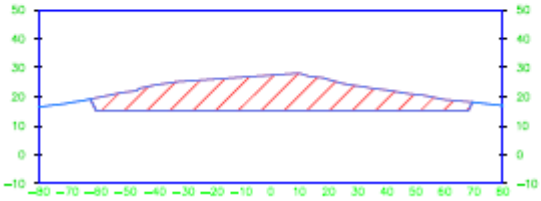
Total Volume at Station 0+280.00	
Cut Area	1177.74
Fill Area	0.00
Cut Vol	11439.94
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	60119.06
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	47821.28

0+290.00



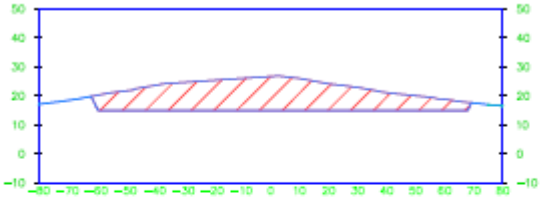
Total Volume at Station 0+290.00	
Cut Area	1189.66
Fill Area	0.00
Cut Vol	11836.97
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	71956.03
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	59658.24

0+300.00



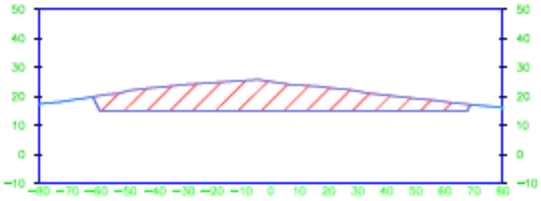
Total Volume at Station 0+300.00	
Cut Area	1142.84
Fill Area	0.00
Cut Vol	11662.49
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	83618.52
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	71320.73

0+310.00



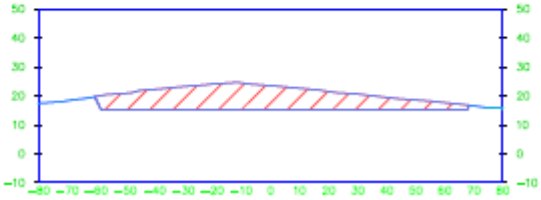
Total Volume at Station 0+310.00	
Cut Area	1053.50
Fill Area	0.00
Cut Vol	10981.71
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	94600.22
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	82302.44

0+320.00



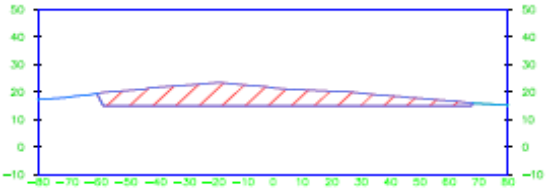
Total Volume at Station 0+320.00	
Cut Area	935.21
Fill Area	0.00
Cut Vol	9943.54
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	104543.77
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	92245.98

0+330.00

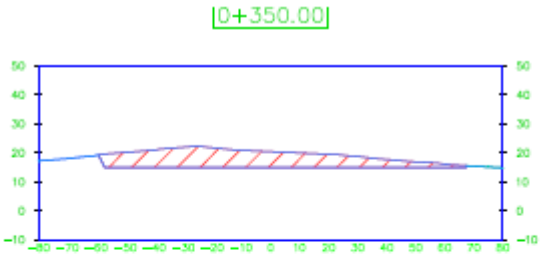


Total Volume at Station 0+330.00	
Cut Area	809.67
Fill Area	0.00
Cut Vol	8724.37
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	113268.14
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	100970.35

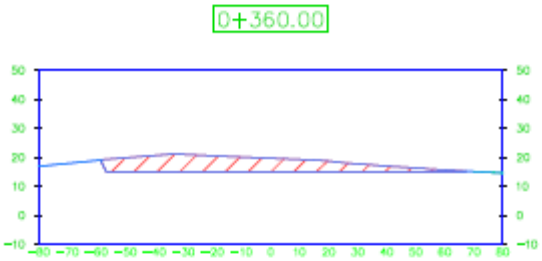
0+340.00



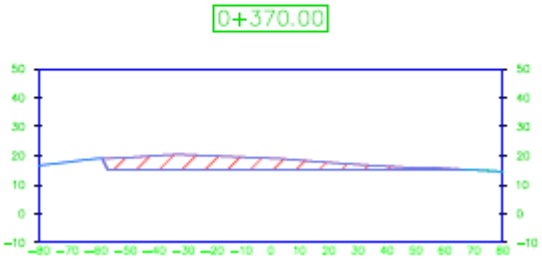
Total Volume at Station 0+340.00	
Cut Area	681.13
Fill Area	0.00
Cut Vol	7454.00
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	120722.14
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	108424.35



Total Volume at Station 0+350.00	
Cut Area	569.26
Fill Area	0.00
Cut Vol	6251.97
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	126974.11
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	114676.32

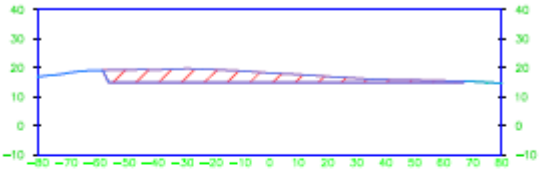


Total Volume at Station 0+360.00	
Cut Area	475.40
Fill Area	0.00
Cut Vol	5223.31
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	132197.43
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	119899.64



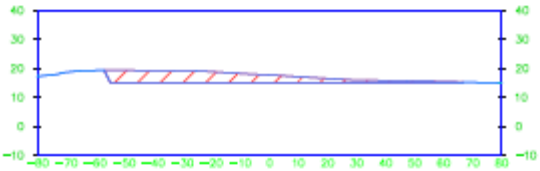
Total Volume at Station 0+370.00	
Cut Area	401.37
Fill Area	0.00
Cut Vol	4383.85
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	136581.27
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	124283.48

0+380.00



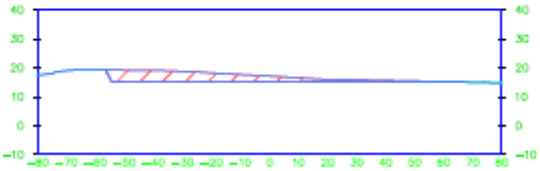
Total Volume at Station 0+380.00	
Cut Area	339.48
Fill Area	0.00
Cut Vol	3704.27
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	140285.54
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	127987.75

0+390.00



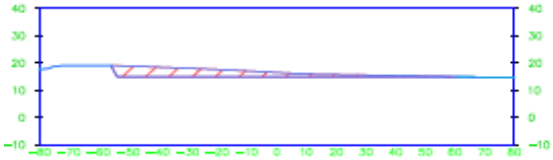
Total Volume at Station 0+390.00	
Cut Area	288.71
Fill Area	0.00
Cut Vol	3140.99
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	143426.53
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	131128.73

0+400.00

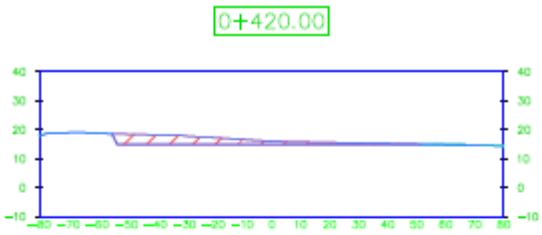


Total Volume at Station 0+400.00	
Cut Area	244.58
Fill Area	0.00
Cut Vol	2666.46
Fill Vol	0.00
Cum Cut Vol	146092.99
Cum Fill Vol	12297.79
Net Vol	133795.19

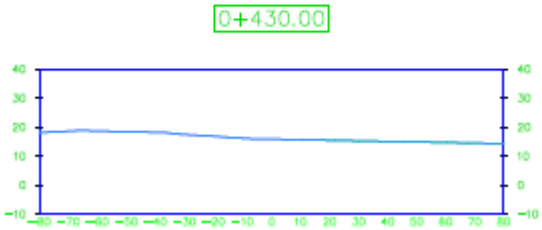
0+410.00



Total Volume at Station 0+410.00	
Cut Area	199.41
Fill Area	0.34
Cut Vol	2219.95
Fill Vol	1.70
Cum Cut Vol	148312.93
Cum Fill Vol	12299.50
Net Vol	136013.43



Total Volume at Station 0+420.00	
Cut Area	163.48
Fill Area	2.25
Cut Vol	1814.46
Fill Vol	12.97
Cum Cut Vol	150127.39
Cum Fill Vol	12312.47
Net Vol	137814.92



Total Volume at Station 0+430.00	
Cut Area	0.00
Fill Area	0.01
Cut Vol	817.41
Fill Vol	11.34
Cum Cut Vol	150944.80
Cum Fill Vol	12323.81
Net Vol	138620.98

Dejando un volumen disponible de 138620m3, material que será usado como cobertura para la construcción de las celdas diarias y así abaratar costos operacionales del relleno sanitario

4.6 Diseño de la celda diaria de basura

Se llama celda diaria a la conformación geométrica que se le da a los residuos sólidos y al material de cobertura debidamente compactados mediante un equipo mecánico o manual. Dicho elemento es la unidad básica de construcción de un relleno sanitario, siendo un espacio específicamente definido, dentro del cual se confinan y compactan los residuos de un día de operación. Al conjunto de varias celdas adyacentes de la misma altura, se les denomina franja y al conjunto de franjas, se denomina capas.

En la sección 4.4.3 se establecieron alturas anuales que se requieren para apilar los residuos en forma de pirámide truncada con taludes 2.5H:1V. No obstante, se puede observar que en su mayoría estas alturas son menores a 1 m, lo cual constructivamente no es recomendable para la construcción de la celda diaria. Tomando en cuenta las recomendaciones expuestas en la guía boliviana para construcción de rellenos sanitarios, se determinaron alturas variables, mayores a un metro, para la construcción de la celda diaria, estableciendo también el número de capas que tendrá el relleno sanitario de Naranjito; como se muestra en la Tabla XXXI

Tabla XXXI Alturas de las celdas diarias según las capas del relleno sanitario de Naranjito

Capas del relleno sanitario	Altura de capas (m)
Capa 1	1,1
Capa 2	1,2
Capa 3	1,4
Capa 4	1,6
Capa 5	1,9
Capa 6	1,6
Capa 7	2,1
Capa 8	2,8

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Es necesario establecer también el ancho de la celda diaria, el cual se lo conoce como frente de trabajo, y viene dado por el tipo de maquinaria que opere en el relleno. En este diseño se determinó un ancho de 10 m

La longitud de la celda diaria es otro parámetro importante que determinar y se lo estableció mediante la aplicación de la ecuación 12 obteniendo las siguientes dimensiones Tabla XXXII

Tabla XXXII Longitud de las celdas diarias según las capas del relleno sanitario de Naranjito (Caicedo y Delgado, 2017)

Capas del relleno sanitario	Altura de capas (m)	Longitud de la celda diaria (m)
Capa 1	1,1	5
Capa 2	1,2	6
Capa 3	1,4	6
Capa 4	1,6	6
Capa 5	1,9	7
Capa 6	1,6	6
Capa 7	2,1	7
Capa 8	2,8	9

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.7 Biogás generado por el relleno sanitario de Naranjito

4.7.1 Composición química de los desechos del cantón

Según la metodología expuesta en la sección 3.5.1 la composición química de la materia orgánica de los residuos sólidos del cantón Naranjito, en términos carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno, viene dada por las siguientes formulas empíricas:

Materia orgánica rápidamente biodegradable:

$$C_{23}H_{36}O_{13}N_1$$

Materia orgánica que se degrada de manera lenta:

$$C_{474}H_{693}O_{130}N_1$$

4.7.2 Volumen de Biogás generado por el relleno sanitario del cantón

Según se estableció en la sección 2.5 la transformación de la porción orgánica de los residuos sólidos colocados en un relleno sanitario puede describirse mediante la reacción presentada en la misma sección. Aplicando esto para la composición química (CHON) establecida en la sección anterior se obtienen las siguientes reacciones:

$$C_{23}H_{36}O_{13}N_1 + 8H_2O \longrightarrow 12CH_4 + 11CO_2 + 1NH_3$$

Reacción para la materia rápidamente biodegradable

Reacción para la materia que se degrada de manera lenta

$$C_{478}H_{693}O_{130}N_1 + 240H_2O \longrightarrow 293CH_4 + 185CO_2 + 1NH_3$$

Luego el volumen de metano y dióxido de carbono que se estima generen los RS dispuestos en el relleno sanitaria es:

Volumen generado por la materia rápidamente biodegradable:

$$V_{CH_4} = 87{,}65\ m^3$$

$$V_{CO_2} = 76{,}10\ m^3$$

Volumen generado por la materia que se degrada de manera lenta:

$$V_{CH_4} = 62{,}43 m^3$$

$$V_{CO_2} = 39{,}37\ m^3$$

Dejando una producción de Biogás por kilogramo de basura de:

Producción de Biogás que genera la MRB

$$Producción\ de\ Biogás = 0{,}33 \frac{m^3}{Kg_{W_h}}$$

Producción de Biogás que genera la MLB

$$Producción\ de\ Biogás = 0{,}05 \frac{m^3}{Kg_{W_h}}$$

En la sección Anexos se muestran los resultados de la producción de Biogás por kilogramo de basura tanto para la MRB como para la MLB según su tiempo de descomposición. Anexo B Tabla:

Producción de Biogás generada por la MRB. Tabla: Producción de Biogás generada por la MLB.

La producción de Biogás considerando los dos tipos de materias orgánicas y su tiempo de descomposición se muestran en la Figura 4.3

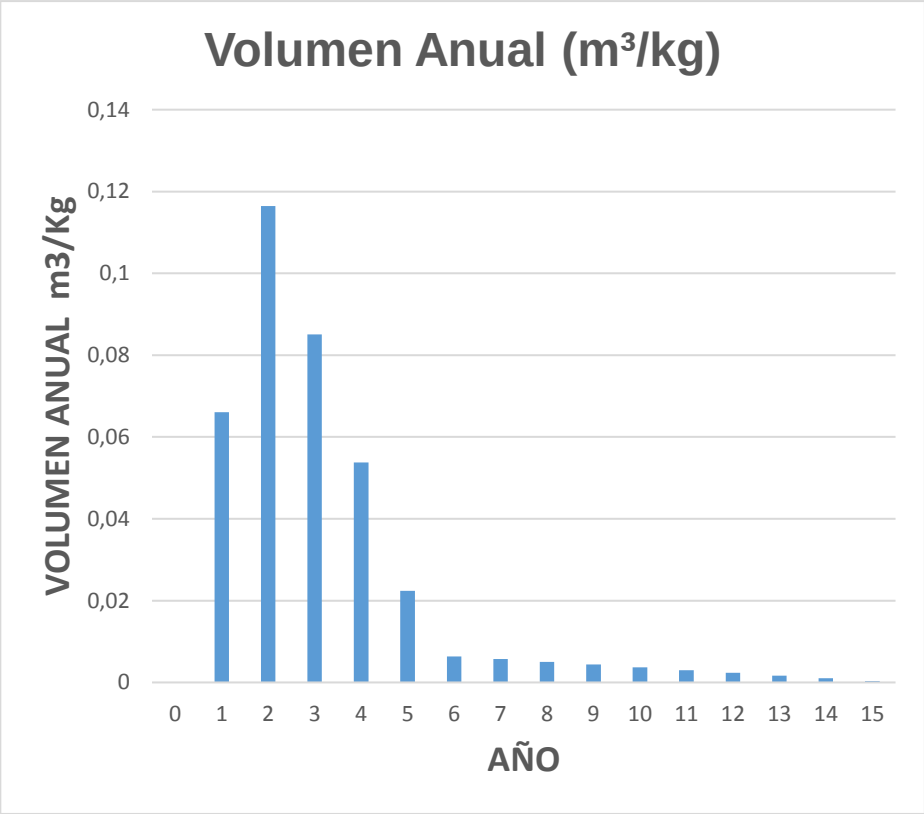


Figura 4.3 Producción parcial de biogás generado por Kg de basura en el relleno sanitario de Naranjito
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

La producción total de Biogás, es decir acumulando por cada año de tiempo de vida útil de relleno sanitario la producción mostrada en

la Figura 4.3, se presenta en la sección anexos. Anexo B Tabla: Producción de Biogás anual acumulada. Figura: Producción total anual de biogás por Kg de basura generado en el relleno sanitario de Naranjito

4.7.3 Diseño del sistema de recolección del Biogás

El sistema de recolección de gases debe estar diseñado con la capacidad suficiente para poder drenar el gas generado. El gas de relleno se puede evacuar con drenaje activo o pasivo. El drenaje activo consiste en la succión del gas mediante un soplador. El drenaje pasivo, se refiere a la difusión natural de los gases mediante chimeneas.

Debido a que naranjito es un cantón de bajos recursos económicos el sistema considerado será pasivo que tendrá una capacidad para drenar:

$$V_{Biogas\ a\ drenar} = 0{,}116 \frac{m^3}{Kg} * 5498{,}69\ Ton * \frac{1000\ Kg}{1\ Ton}$$

$$V_{Biogas\ a\ drenar} = 640{,}19\ m^3$$

Para lo cual se construirán chimeneas con pozos de ventilación de 0,5x0,5 m de base y altura variable según se apilen los desechos véase Tabla XXXI. Los pozos se construirán de caña guadua y en el

interior se colocará grava Φ 4”. Al llegar a la última capa, se llenará la sección de concreto con un espesor de 0.25 m, también se colocará un tubo PVC Φ 4” perforado cada 0.1 m, continuando con un tubo galvanizado Φ 1 1/2” y un quemador. En Figura 4.4 se muestra el detalle de la chimenea.

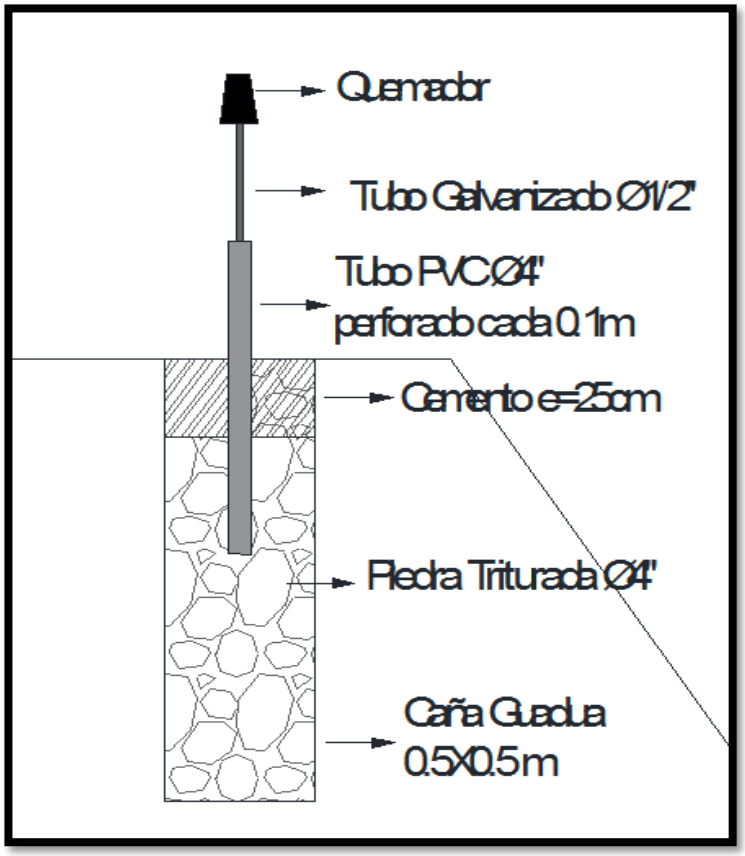


Figura 4.4 Bosquejo de las chimeneas a construirse en el relleno sanitario de Naranjito
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.8 Diseño del sistema de recolección de aguas pluviales

La lluvia de diseño determinada a partir de las mediciones de las estaciones mencionadas en la sección 3.6 y mediante la aplicación de la ecuación 20 es de:

$$i = 92\frac{mm}{h}$$

Esta precipitación es calculada para el tiempo máximo de duración de una lluvia. Para e diseño de un sistema de recolección es necesario conocer la ´precipitación a partir de la cual empiece a formarse un caudal de escorrentía superficial, para cual hay que determinar el tiempo de escurrimiento como se estableció en la sección 3.6 ecuaciones 21, 22 y 23 dejando una precipitación final de diseño de

$$i = 46\frac{mm}{h}$$

Luego, considerando el área total de implantación del relleno, el área tributaria de la subcuenca, la velocidad de diseño; considerando turbidez en el agua, velocidad mínima para que no ocurra sedimentación y velocidad límite para que no ocurra erosión. Aplicando ecuaciones 24 y 25 se determinó el área de la sección trasversal requerida para la construcción de los canales de drenaje de 8 m2.

4.9 Liquido Lixiviado generado por el relleno sanitario de Naranjito

4.9.1 Infiltración de operación en relleno sanitario de Naranjito

Con los datos de lluvia de diseño determinados en la sección anterior, de evapotranspiración mostrados en la sección 3.7.1 Tabla XIX y de caudal de escorrentía calculados en base a la ecuación 24; tomando en cuenta el tipo de suelo de cobertura y el área de implantación del cuerpo del relleno sanitario, se estimó la infiltración anual de operación aplicando la formula general de la precipitación (P) mostrada también en la sección 3.7.1

$$inf = 92{,}94\ mm$$

4.9.2 Producción de lixiviado generado por el relleno sanitario del cantón

Una vez establecidos todos los componentes de la ecuación 26, se realizó el balance hídrico considerando como altura del volumen de control, la altura de cada una de las capas (Tabla XXXI) que formaran el cuerpo del relleno sanitario. Este balance se lo realizo para cada una de las 8 capas.

Como se mencionó en la sección 3.7.2, el resultado de realizar este balance hídrico es un peso de líquido lixiviado por metro cuadrado de relleno sanitario. Estos resultados se muestran en la sección anexos. Anexo B Tablas: Peso de líquido lixiviado por m2 generado por cada una de las 8 capas que forman el cuerpo del relleno sanitario.

Con estos resultados y con las consideraciones determinadas en la sección 3.7.2, se estimó el caudal de líquido lixiviado que el relleno sanitario del cantón producirá en los años de operación Figura 4.5

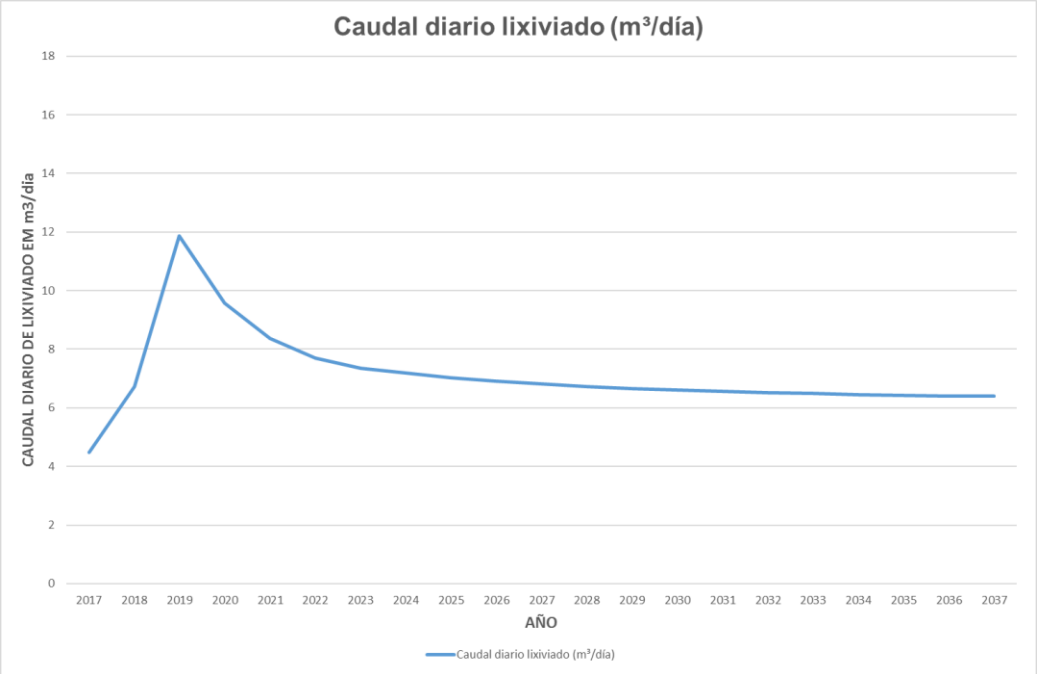


Figura 4.5 Estimación del caudal diario de líquido lixiviado producido por el relleno sanitario del cantón
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Cabe mencionar que los caudales mostrados en la Figura 4.5 son los producidos por la primera capa del relleno sanitario.

Para tener mayores herramientas de análisis, es necesario conocer la producción de lixiviado tomando en cuenta todas las capas del relleno sanitario a medida que estas se vayan formando. Para lo cual se consideró el pico de producción de cada capa del relleno, cuyo

comportamiento es similar al mostrado en la Figura 4.5. Los resultados se muestran en la Figura 4.6

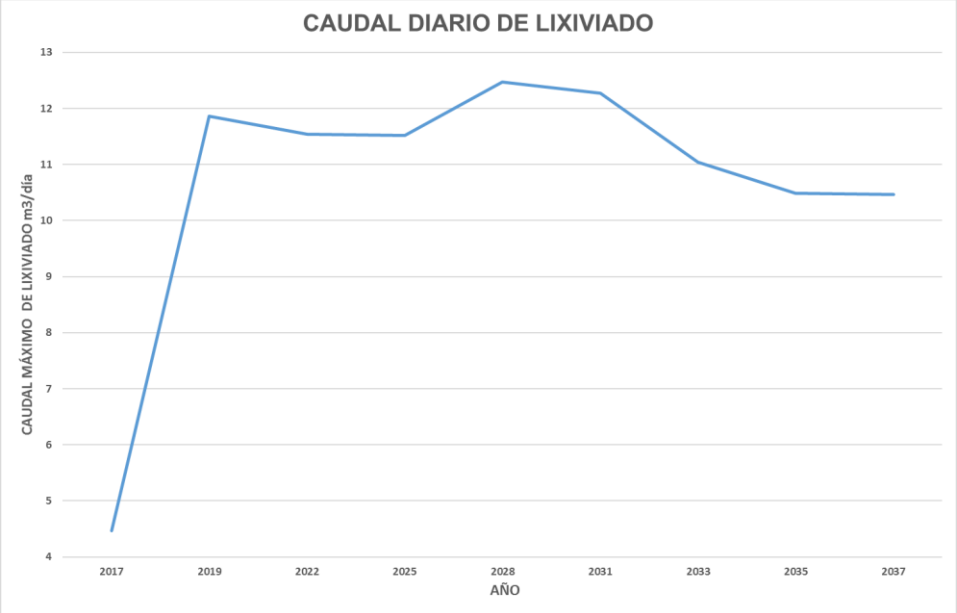


Figura 4.6 Producción pico de líquido lixiviado por cada capa del relleno sanitario de Naranjito
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.9.3 Diseño del sistema de recolección del líquido Lixiviado

Según se estimó en la sección anterior, el relleno sanitario de Naranjito producirá un caudal pico de lixiviado de 12,5 m3/día, a partir de este valor se diseña el sistema de captación, el cual consistirá en un sistema de filtros con tuberías en 2 sentidos. El sistema de filtros principal estará construido en la base del relleno, cubierta con geomembrana HHDPE e=1.5mm. La sección cuadrada del filtro tendrá 0.5 metro de ancho, 0.5 metros de altura y una longitud de 160 metros; en el interior de la sección, se instalará una tubería PVC Φ 6” con ranuras laterales de ½” x 2” y se cubrirá el resto de la sección con grava entre 4 y 5”.

El sistema de filtros secundarios, cuya sección cuadrada tendrá 0.5 metro de ancho por 0.5 metros de altura y la tubería instalada en el interior de éste será de PVC Φ 4”, y ésta también tendrá ranuras de ½” x 2”. En las Figuras 4.7 y 4.8 se muestra los detalles de los filtros, principal y secundarios respectivamente. El filtro principal llegará hasta las piscinas de lixiviados y tendrá una pendiente de 0,1%.

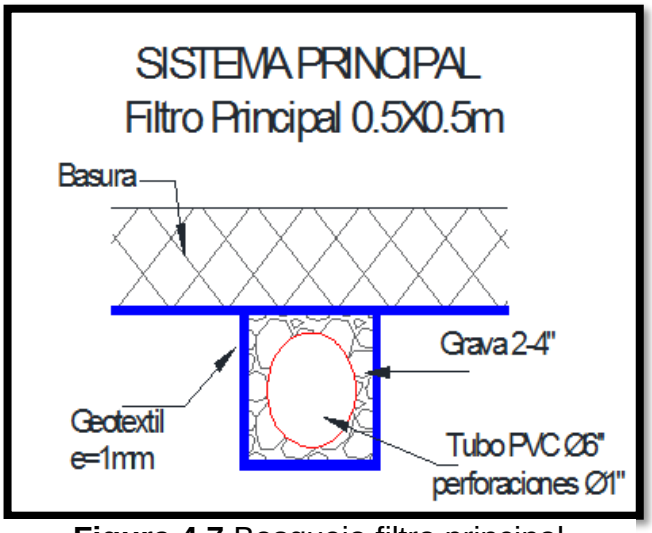


Figura 4.7 Bosquejo filtro principal
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

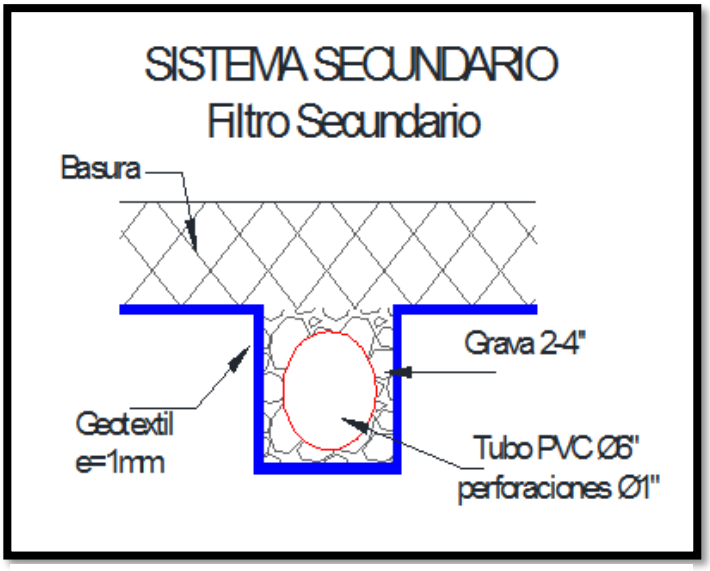


Figura 4.8 Bosquejo filtro secundario
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.9.4 Diseño del sistema de tratamiento de lixiviados

El sistema de tratamiento deberá estar diseñado para almacenar un caudal pico de 12,5 m3/día, y consistirá en piscinas de estabilización la cuales determinan un tratamiento aeróbico de los lixiviados. Se construirá 2 piscinas con forma tronco piramidal y una profundidad de 1.5, tendrán un tiempo de retención de 25 días cada una. Se construirá además una tercera piscina con características similares a las 2 primeras, pero con un tiempo de retención de 7 días así lo recomienda la Guía Boliviana para el diseño construcción operación mantenimiento y cierre de relleno sanitario.

Por lo tanto, las 2 primeras piscinas recibirán un caudal de 400m3 durante su tiempo de retención de 25 días, para lo cual se requerirá un área de 300m2. Para la tercera piscina, recibirá un caudal de 112m3 requiriéndose un área de 80m2. En la Figura 4.9 se puede observar un bosquejo del sistema de tratamientos de lixiviados a construirse en el relleno sanitario de Naranjito.

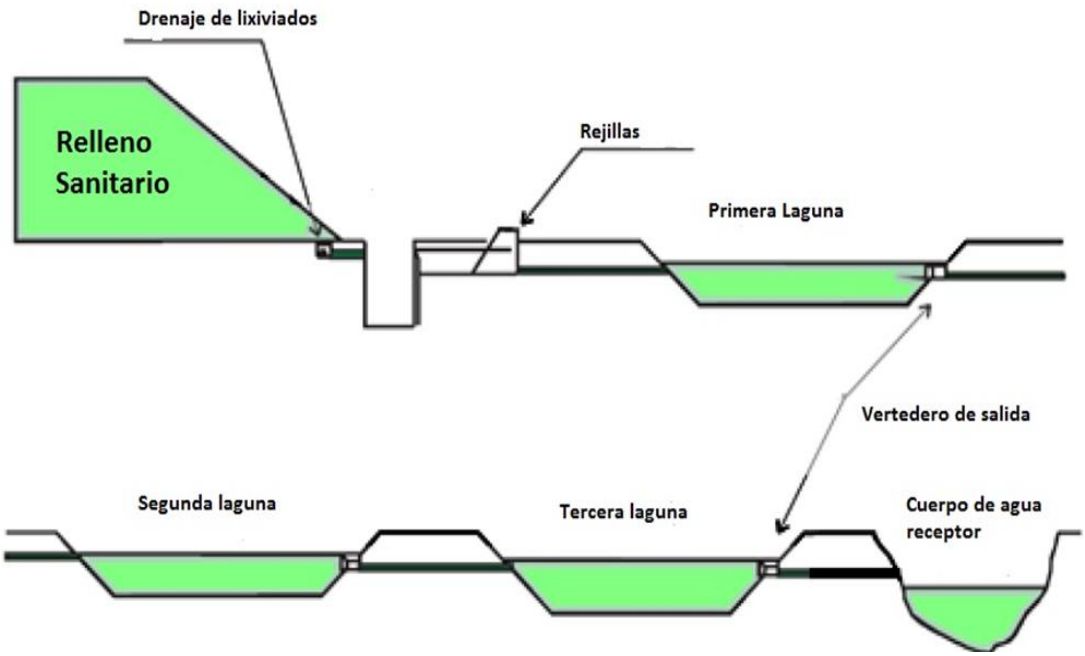


Figura 4.9 Bosquejo del sistema de tratamientos de lixiviados a construirse en el relleno sanitario de Naranjito
Fuente: (Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos , 2012)

4.10 Cálculo de la mano de obra

A continuación, se muestran los datos obtenidos en el cálculo de mano de obra para el relleno sanitario de Naranjito en los años de vida útil de este.

Tabla XXXIII Valores de mano de obra para el Relleno Sanitario en los años (2017-2037)

Años	Cantidad de basura diaria (Kg/día)	Volumen Total Anual (cobertura+basura) (m3)	Volumen Total Diario (cobertura+basura) (m3)	Hombre /día
2017	12454	8231	23	8
2018	12685	8384	23	9
2019	12920	8539	23	9
2020	13159	8697	24	9
2021	13403	8858	24	9
2022	13651	9022	25	9
2023	13903	9189	25	9
2024	14161	9359	26	10
2025	14423	9533	26	10
2026	14690	9709	27	10
2027	14962	9889	27	10
2028	15239	10072	28	10
2029	15521	10258	28	11
2030	15809	10448	29	11
2031	16101	10642	29	11
2032	16399	10839	30	11
2033	16703	11040	30	11
2034	17012	11244	31	12
2035	17327	11452	31	12
2036	17648	11664	32	12
2037	17975	11880	33	12

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.11 Presupuesto de Costo de Obra

Para el presupuesto se consideraron todas las actividades relacionadas con la preparación del terreno, movimiento de tierra, y conformación de las capas de desechos y materia de cobertura.

Tabla XXXIVV Presupuesto de la Obra

	RELLENO SANITARIO - CIUDAD DE NARANJITO			LEINY DELGADO VICTOR CAICEDO	
No.	**Rubro**	**Unidad**	**Cantidad**	**Precio Unitario**	**Precio Total**
1.0	**PRELIMINARES - INSTALACIONES PROVISIONALES**				**52.936,00**
	PRELIMINARES				**52.936,00**
1.1	LIMPIEZA DE TERRENO Y DESALOJO	m^2	40000	1,30	52.000,00
1.3	LETREROS INFORMATIVOS	~~Glb~~	12	78,00	936,00
2.0	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**				**540.627,20**
	MOVIMIENTO DE TIERRAS				**409.056,00**
2.1	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	40000	1,70	68.000,00
2.2	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN MANUAL	m^3	1280	7,80	9.984,00
2.3	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICACIÓN MECÁNICA	m^3	25600	2,02	51.712,00
2.4	DESALOJO DE MATERIAL EXCAVADO	m^3	25600	2,70	69.120,00
2.5	SUMINISTRO E INSTALACIÓN GEO MEMBRANA 1 mm	m^2	26280	8,00	210.240,00
	MEJORAMIENTO DEL TERRENO				**131.571,20**
2.6	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DEL SITIO	m^3	19200	4,10	78.720,00
2.7	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	m^3	6400	8,15	52.160,00
2.8	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	256	2,70	691,20
3.0	**CONSTRUCCION DE CAPAS**				**714.089,76**
	CAPA 1				**103.359,74**
3.1	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	17423	1,60	27.876,80
3.2	COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN DESECHOS SÓLIDOS	m^3	23168	2,90	67.188,03
3.3	RELLENO, COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA	m^3	1986	4,15	8.241,29
3.4	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	20	2,70	53,62

	CAPA 2				**106.349,25**
3.5	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	16623	1,60	26.596,80
3.6	COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN DESECHOS SÓLIDOS	m^3	24479	2,90	70.989,10
3.7	RELLENO, COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA	m^3	2098	4,15	8.706,70
3.8	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	21	2,70	56,65
	CAPA 3				**109.525,21**
3.9	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	15787	1,60	25.259,20
3.10	COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN DESECHOS SÓLIDOS	m^3	25864	2,90	75.005,60
3.11	RELLENO, COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA	m^3	2217	4,15	9.200,55
3.12	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	22	2,70	59,86
	CAPA 4				**109.779,63**
3.13	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	12968	1,60	20.748,80
3.14	COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN DESECHOS SÓLIDOS	m^3	27327	2,90	79.248,30
3.15	RELLENO, COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA	m^3	2342	4,15	9.719,30
3.16	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	23	2,70	63,23
	CAPA 5				**113.237,78**
3.14	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	11980	1,60	19.168,00
3.15	COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN DESECHOS SÓLIDOS	m^3	28873	2,90	83.731,70
3.16	RELLENO, COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA	m^3	2475	4,15	10.271,25
3.17	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	25	2,70	66,83
	CAPA 6				**86.591,98**
3.18	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	10929	1,60	17.486,40
3.19	COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN DESECHOS SÓLIDOS	m^3	20151	2,90	58.437,90
3.20	RELLENO, COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA	m^3	1727	6,15	10.621,05
3.21	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	17	2,70	46,63
	CAPA 7				**85.433,18**
3.22	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	8589	1,60	13.742,40

3.23	COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN DESECHOS SÓLIDOS	m^3	20904	2,90	60.621,60
3.24	RELLENO, COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA	m^3	1792	6,15	11.020,80
3.25	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	17,92	2,70	48,38
	CAPA 8				**86.404,97**
3.26	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	7526	1,60	12.041,60
3.27	COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN DESECHOS SÓLIDOS	m^3	21685	2,90	62.886,50
3.28	RELLENO, COMPACTACION DEL MATERIAL DE COBERTURA	m^3	1858	6,15	11.426,70
3.29	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m^3	18,58	2,70	50,17
4.0	**TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**				**54.160,00**
	LAGUNA PARA LIXIVIADOS				**54.160,00**
4.1	TRAZADO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN	m^2	100	1,60	160,00
4.2	CONFORMACION DE LAGUNAS PARA LIXIVIADOS	Unid	3	11.500	34.500,00
4.3	RECOLECCION DE LIXIVIADOS	Unid	3	6.500	19.500,00
PRECIO TOTAL DE LA OFERTA (SIN IVA) USD:					**1.361.812,96**

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.12 Estabilidad de Taludes

Con la ayuda del software Geo5 se analizaron las corridas considerando los parámetros geotécnicos detallados en la sección 3.9. Los taludes asumidos para nuestro RS están descritos en el apartado 4.4.3, con base a estos datos se analizaron las superficies de fallas más críticas para el talud hasta encontrar un factor de seguridad óptimo que indique la estabilidad.

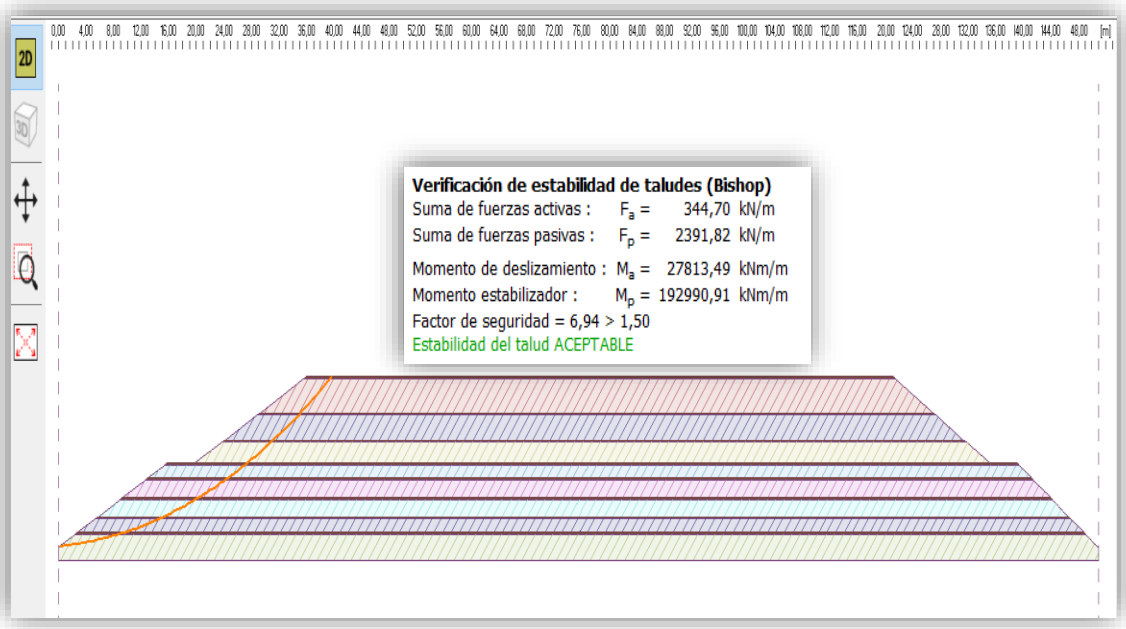


Figura 4.10 Corrida con el programa GEO5 para determinar la estabilidad del talud del Relleno Sanitario de Naranjito
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

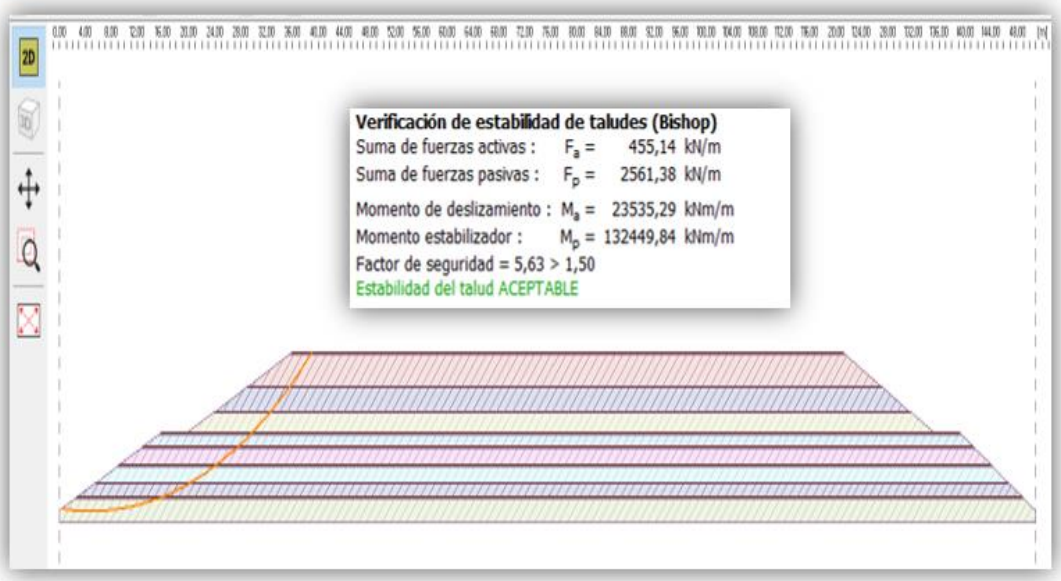


Figura 4.11 Corrida con el programa GEO5 para determinar la estabilidad del talud del Relleno Sanitario de Naranjito
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

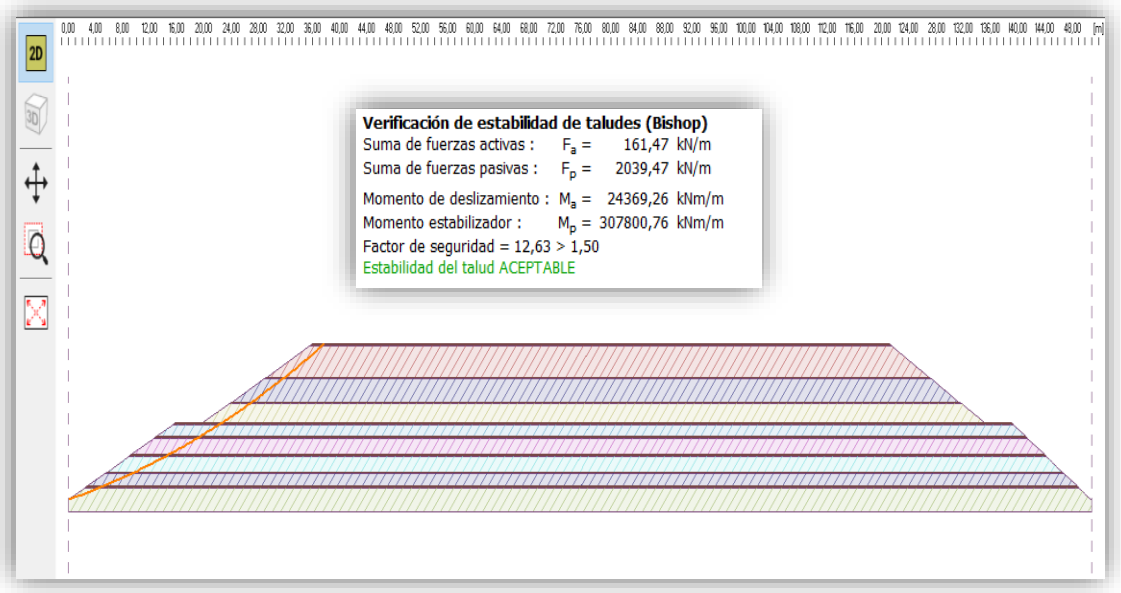


Figura 4.12 Corrida con el programa GEO5 para determinar la estabilidad del talud del Relleno Sanitario de Naranjito
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

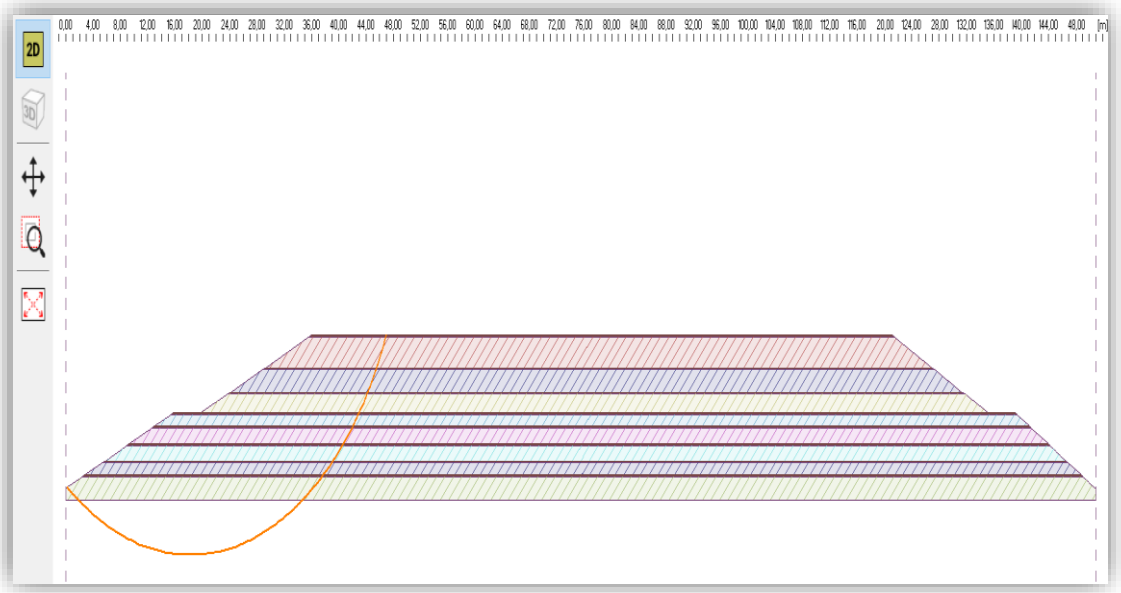


Figura 4.13 Corrida con el programa GEO5 para determinar la estabilidad del talud del Relleno Sanitario de Naranjito
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

4.13 Análisis de resultados

4.13.1 Generación de Basura y cobertura

El Ecuador es responsable de una producción de más de 7,400 toneladas al día. A nivel continental la generación diaria de desechos sólidos per cápita es 0.9 kg/hab/día.7 En la Tabla XXXV se muestra los promedios de producción de residuos por habitante para el Ecuador, según el tamaño demográfico de ciudades.

Tabla XXXV Producción per cápita en el Ecuador

Población grande		Población mediana		Población pequeña	
Más de 1 millón de hab.	De 200,001 a 500,000 hab.	De 100,001 a 200,000 hab.	De 50,001 a 100,000 hab.	De 15,000 a 50,000 hab.	Menos de 15,000 hab.
0,72	0,65	0,69	0,692	0,63	0,509
0,711		0,691		0,578	

Fuente: (INEC, 2010)

Por su parte, según se estableció en la sección 4.3, Naranjito tiene una producción per cápita de 0.294 Kg/hab/día. Esta producción es muy inferior a las producciones promedio de RSU mostradas en la Tabla XXXV. Sin embargo, este escenario gana validez al considerar el hecho de que el 98.5% de la población de Naranjito, según lo establece el PDOT, no gana lo suficiente para cubrir sus necesidades básicas. Por lo tanto, de acuerdo con la teoría de Cointreau, a menor ingreso, menor generación de desechos, es justificable la estimación realizada en sección 4.3, como un reflejo propio del estilo de vida de los habitantes del cantón.

Existe además una relación directa entre el crecimiento demográfico y el aumento de los desechos generados de la población. A pesar de que no se ha llevado un registro de las totalidades anuales de generación de residuos, el cambio poblacional ha sido permanente y ascendente, véase Figura 4.14

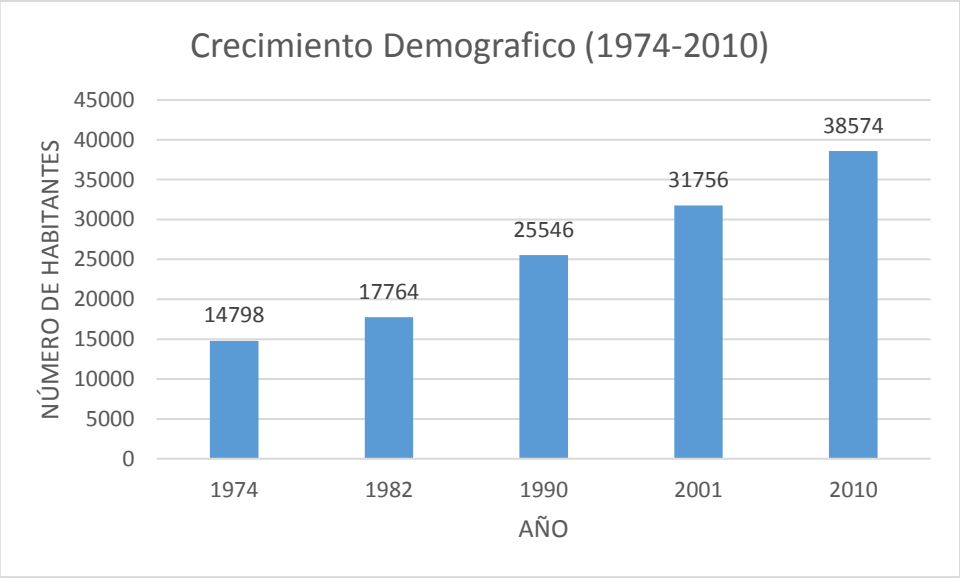


Figura 4.14 Crecimiento Demográfico del cantón Naranjito
Fuente: INEC, 2010

Entonces, con base en esta relación directa y asumiendo además una variación anual de la tasa de generación de RS del cantón Naranjito de 0.5%, es posible proyectar la cantidad de basura diaria que generará el cantón durante toda la etapa operacional del relleno y así se muestra en la Figura mostrada en la sección anexos. Anexo B Figura: Proyección de la generación de basura diaria del cantón Naranjito durante todo el tiempo de operación del relleno sanitario. Con esta proyección se obtiene que Naranjito generará en promedio, durante todo el tiempo de vida útil del relleno, 15 Ton/dia de basura, sin embargo, el municipio del cantón cuenta tan solo con cuatro

recolectores y cuatro volquetes que están encargados de la cobertura urbana y rural, respectivamente.

Analizando solo la parte rural, que es la que más basura genera, los 4 recolectores tienen una capacidad de 1.5 Toneladas cada uno, si se asume que el 90% de la generación diaria lo hace población rural, es decir 13.5 Ton/dia, aun haciendo dos viajes por cada recolector, no se alcanzaría una cobertura del 100% de los residuos sólidos, de allí que en el PDOT del cantón se estima una cobertura de 72%, la cual, como se evidencia, puede estar sobrestimada. A esto último se añade el crecimiento desorganizado de la población, especialmente de la rural, y el continuo deterioro de la red vial con lo cual el proceso de recolección se dificulta. Además de la ausencia de coordinación entre los hogares que entregan sus desechos y los recolectores que la recogen, causan una desorganización total y una gestión deficiente.

4.13.2 Composición de la basura

En la sección 3.3.3 Tabla IX, se muestra la composición de los residuos sólidos del cantón naranjito. La mitad de los residuos sólidos recolectados proviene de los hogares, departamentos, ranchos u otros domicilios. En segundo lugar, se encuentra el rubro de comercios con una participación también considerable del 29%. Le siguen los desechos sólidos de cultivos e ingenios 15% (Valdez y San Carlos), y un 6% tiene origen variado, dentro del cual se incluyen desechos de barrido y los hospitalarios.

El porcentaje de materia orgánica promedio en los RS de Ecuador es del 71,4%. Se podría esperar que, en un cantón con relativamente bajos ingresos económicos, la fracción de materia orgánica supere el promedio, considerándose la teoría de Cointreau, sin embargo, no es así, ya que está muy cercano (69%). Así mismo, la presencia de plásticos en los desechos de Naranjito (13%) es superior a la del promedio nacional (4,5%).

Existen dos razones para tratar de justificar estas variaciones. La primera es la costumbre de las amas de casa de arrojar gran parte de sus restos de comida a los animales que crían en sus terrenos. Al hacerlo, parte de la materia orgánica generada está siendo ya nuevamente consumida y, por tanto, no entra en la toma de datos para elaborar estadísticas. Por otro lado, la presencia considerable del material plástico puede deberse a los métodos de cultivo preferidos por los agricultores del cantón, en los cuales se da una alta demanda de plásticos. Afín de verificarlo, se recomienda revisar El III Censo Agropecuario llevado a cabo en el año 2000, bajo la dirección del Instituto Nacional de Estadística y Censo junto al Ministerio de Agricultura, donde se provee información útil para estimar los impactos de las actividades agrícolas llevadas a cabo en Naranjito.

4.13.3 Generación de gases y su aprovechamiento

El Biogás generado en los rellenos sanitarios se puede evacuar con sistemas de drenaje activo o pasivo. El drenaje activo consiste en la succión del gas mediante un soplador. El drenaje pasivo, se refiere a la difusión natural de los gases mediante chimeneas. Es este sistema

que fue considerado para el diseño del relleno sanitario en Naranjito, debido a la poca capacidad de financiamiento que tiene del cantón para este tipo de proyectos. Sin embargo, a continuación, se presenta un análisis sobre el potencial en generación de electricidad que podría tener el relleno a partir de la aplicación de sistemas de drenajes activos.

Según estadísticas del instituto nacional de estadísticas y censos (INEC) la provincia del Guayas, a la cual pertenece el cantón Naranjito, tiene un consumo eléctrico per cápita anual de 1.76 KWh/hab. En base a este valor, se estima que Naranjito consumiría anualmente 74.54 MGh. El uso predominante del biogás, una vez este se haya recolectado, ha sido como combustible para la generación de electricidad, la cual se distribuye a través de la red local o se transmite hasta algún consumidor cercano. A continuación, se presentan algunas razones por la cuales es preciso realizar este tipo de análisis:

- La utilización de biogás como fuente de energía local, se presenta como una oportunidad de contribución adicional al desarrollo sustentable del país, como así se establece en el Plan Nacional del Buen Vivir, y como una fuente de generación de empleo, inversión extranjera y desarrollo local. Además de que la venta de energía puede generar ingresos adicionales para rentabilizar la etapa operacional del relleno sanitario.
- Lograr cubrir el déficit que presenta el cantón en cobertura de energía eléctrica, que ahora mismo, según datos del INEC, estaría en un 5%. Esto debido a que la ciudad ha crecido de manera desorganizada y

tantos las redes eléctricas como el servicio que brinda CNEL es deficiente y tampoco el cantón cuenta con una oficina técnica para reparaciones

- Tratar de implementar bajas en los costos de la disposición final para los municipios y usuarios, lo que a su vez, podría des-incentivar la utilización de vertederos y/o basurales y la disposición en vertederos ilegales, reduciendo impactos ambientales y económicos para las localidades afectadas.
- Finalmente, el aprovechamiento del biogás como fuente de energía, se presenta como una oportunidad adicional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En la medida que el metano y el dióxido de carbono sean capturados para generar energía que se incorpora a las redes eléctricas, esto podría reemplazar fuentes más contaminantes que emiten GEI.

En base a lo determinado en la sección 4.7.2 Figura 4.3 es posible estimar el potencial de generación de energía del biogás producido por el relleno sanitario de Naranjito. Para lo cual, La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, EPA por sus siglas en inglés, recomienda utilizar las siguientes relaciones:

$$KW = Flujo\ de\ Biogas * Contenido\ de\ Energia * 1/(Tasa\ calorífica * 1dia/(24\ hr)) \quad (44)$$

$\boldsymbol{KW}$: Potencial de generación de energía bruto (kWB): Esta es la capacidad instalada de generación que el flujo de biogás obtenido de un relleno puede soportar

$\boldsymbol{Flujo\ de\ Biogas}$: se refiere a la cantidad neta de biogás por día que es capturada por el sistema de recolección, procesada y entregada al equipo de generación eléctrica (usualmente se supone que esta alcanza entre el 75% y el 85% del total de gas producido en el relleno) (pie3/día). Para este análisis se asumió un valor, queriendo ser conservadores, de 75%

$\boldsymbol{Contenido\ de\ Energia}$: Se asume aproximadamente 500 Btu/pie3. Dependerá mucho de la composición de los residuos sólidos, siendo un buen valor para residuos con un alto componente de materia orgánica, como es el caso de los residuos del cantón Naranjito (69%).

$\boldsymbol{Tasa\ calorifica}$: Valor que depende del tipo de equipo a implementar en el sistema de conversión a energía eléctrica. La EPA considera 2 tipos de equipos: motores de combustión interna con 12.000 Btu/kWh y turbinas de ciclo combinado con 8.500 Btu/kWh. Como se evidencia las turbinas tienen una mayor eficiencia, sin embargo, sus altos costos son una gran desventaja, por lo cual, para este análisis, se consideró los motores de combustión interna como equipo conversor.

$$KWN = KW * (1 - Perdidas)$$

$\boldsymbol{KWN}$: Potencial de generación de energía neto (kWN): Esto equivale al Potencial de generación de energía bruto menos las $\boldsymbol{Perdidas}$ relacionadas a los sistemas auxiliares y equipos, las que alcanzan un

2% para motores de combustión interna

$$Electricidad\ anual\ generada = KWN * cf * horas\ de\ operación \quad (46)$$

$\boldsymbol{Electricidad\ anual\ generada}$: Este es la cantidad de electricidad generada en un año, medida en kWh, que es igual al potencial de energía neto multiplicado por las $\boldsymbol{horas\ de\ operacion}$ al año y afectado por el factor de capacidad $\boldsymbol{cf}$ que considera el porcentaje de horas al año que el equipo produce electricidad a su capacidad de diseño. Para el caso de proyectos de biogás se estima entre 80 y 95%, considerando un porcentaje de parada de 4 a 10%. Se asume normalmente un 90% para este factor.

También la EPA sugiere ciertas condiciones mínimas para pensar en desarrollar proyectos de generación de energía a partir del biogás generado en rellenos:

Que el relleno reciba cerca de 4.200 toneladas al año (considerando un poder calorífico de 450Btu/kWh).

Que el sitio esté recibiendo basura o se encuentre cerrado por menos de 5 años, ya que el pico de generación se alcanza poco después de cerrado un relleno.

Que tenga una profundidad no menor a 13 m.

Con lo cual naranjito estaría con las condiciones mínimas necesarias para implementar sistema de aprovechamiento de gases

Por lo tanto, aplicando las consideraciones que se mencionaron y realizando las conversiones pertinentes, la electricidad anual que podría generarse, en MWh, durante el tiempo de vida útil del relleno de Naranjito se muestra en la Tabla XXXVI y Figura 4.15

Tabla XXXVI Potencial eléctrico en MWh del relleno sanitario de Naranjito

Año	Flujo de biogás (pies3/día)	PGB Bruto (kW)	PGB Neto (kWN)	Electricidad anual generada (MWh)
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	59,65	0,10	0,10	0,80
2	164,78	0,29	0,28	2,21
3	241,62	0,42	0,41	3,24
4	290,14	0,50	0,49	3,89
5	310,36	0,54	0,53	4,16
6	316,12	0,55	0,54	4,24
7	321,28	0,56	0,55	4,31
8	325,83	0,57	0,55	4,37
9	329,77	0,57	0,56	4,42
10	333,11	0,58	0,57	4,47
11	335,84	0,58	0,57	4,50
12	337,96	0,59	0,58	4,53
13	339,48	0,59	0,58	4,55
14	340,39	0,59	0,58	4,57
15	340,69	0,59	0,58	4,57
16	340,69	0,59	0,58	4,57
17	340,69	0,59	0,58	4,57
18	340,69	0,59	0,58	4,57
19	340,69	0,59	0,58	4,57
20	340,69	0,59	0,58	4,57
21	281,04	0,49	0,48	3,77
22	175,91	0,31	0,30	2,36
23	99,07	0,17	0,17	1,33
24	50,55	0,09	0,09	0,68
25	30,33	0,05	0,05	0,41
26	24,57	0,04	0,04	0,33

27	19,41	0,03	0,03	0,26
28	14,86	0,03	0,03	0,20
29	10,92	0,02	0,02	0,15
30	7,58	0,01	0,01	0,10
31	4,85	0,01	0,01	0,07
32	2,73	0,00	0,00	0,04
33	1,21	0,00	0,00	0,02
34	0,30	0,00	0,00	0,00

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

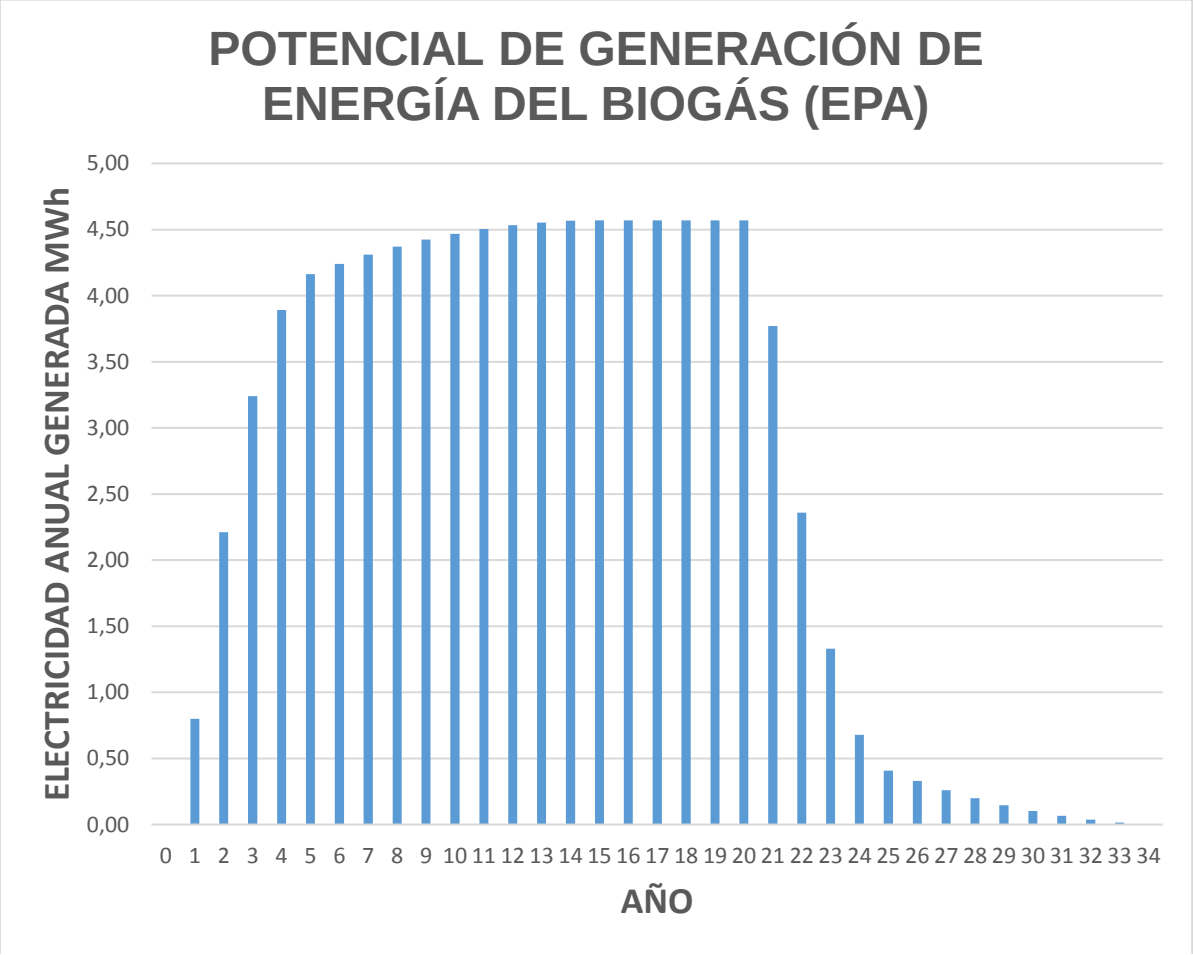


Figura 4.15 Potencial eléctrico en MWh del relleno sanitario de Naranjito
Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

operación del relleno sanitario, la electricidad generada empieza a estabilizarse hasta el año 21, es decir un año después del cierre del

relleno. Si se toma un promedio de estos valores, este relleno generaría 4.34 MGh lo cual permitiría cubrir al menos durante este tiempo (18 años), el déficit que presenta el cantón en la cobertura de energía electricidad, considerando que no es un déficit originado por la falta de infraestructura eléctrica, es decir falta de postes y cableados, sino por la capacidad de la planta eléctrica en sí.

Por otro lado, la EPA considera un valor mínimo de interés comercial de 0,8 MW. Según el Global Energy Competitiveness Index 2012 el costo promedio de la energía eléctrica en el Ecuador es de $ 7.6/KWh, si se usa este valor para estimar ingresos económicos que generaría el relleno sanitario durante el tiempo de estabilidad de generación eléctrica (18años), ingresarían en promedio alrededor de $ 33.000 durante los 18 años. Cabe mencionar que el coste para producir energía eléctrica a partir de rellenos sanitarios está por debajo de los que se dan en los sistemas tradicionales de generación de energía (hidroeléctricas etc.), lo cual se ve reflejado en el precio de comercialización, no obstante, para los municipios no deja de ser interesante originar recursos económicos a partir de la basura que genera su población, más aun cuando se evidencia un crecimiento en la construcción de rellenos sanitarios en el ecuador y que en ninguno de los que han estado o están en operación, se intenta aprovechar al máximo sus potenciales en generación de electricidad.

Cabe notar también que Naranjito es un cantón con una población relativamente pequeña, que genera un poco más de 12T/dia y le resulta interesante la aplicación de sistemas para aprovechamiento

del biogás generado del relleno sanitario, No se diga para ciudades mucho más pobladas como Guayaquil, Quito y cuenca. En el caso de Guayaquil que genera alrededor de 4200 T/día de basura es innegable el potencial que tendría para la aplicación de este tipo de proyectos.

4.14 Impacto Ambiental

Se pudo estimar el impacto ambiental que se producirá por la implementación del RS utilizando la metodología de la sección 3.10 para la fase de construcción, operación y demolición.

Tabla XXXVIII Matriz VIA – Etapa de Construcción relleno sanitario de Naranjito

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos		
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo	
Topografía	0,00	0,00	1,00	1,62	0,00	0,00	0,00	1,27	1,11	4,99
Desbroce y Limpieza	2,65	3,09	2,66	2,66	2,66	2,21	2,66	2,05	4,86	25,48
Excavación	4,30	5,01	6,35	2,66	2,66	2,21	2,77	1,39	4,86	32,20
Desalojo	1,71	1,71	2,21	2,00	2,21	2,53	2,53	2,25	5,42	22,56
Colocación de barrera de PEHD	3,26	3,26	4,07	1,79	1,39	1,39	1,39	1,33	5,42	23,31
Construcciones provisionales	3,80	1,71	4,07	1,93	1,79	1,79	1,79	1,27	6,35	24,51
	15,72	14,78	20,36	12,66	10,71	10,13	11,14	9,56	28,01	

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Tabla XXXVIIIII Matriz VIA – Etapa de Operación del relleno sanitario de Naranjito

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos		
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo	
Operación y mantenimiento de maquinaria	5,43	5,23	3,09	3,01	5,53	0,00	3,01	5,33	5,33	35,96
Descarga de desechos	0,00	0,00	0,00	0,00	3,09	3,16	3,23	5,23	3,29	17,99
Compactación de desechos manual	0,00	0,00	3,01	3,01	0,00	3,09	3,16	5,23	3,09	20,57
Generación de gases	0,00	0,00	0,00	0,00	5,53	3,09	0,00	0,00	3,01	11,63
Generación de lixiviados	5,43	5,53	3,09	5,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,28
Material de Cobertura sobre desechos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,09	3,09	5,33	0,00	11,50
	10,87	10,76	9,18	11,25	14,15	12,41	12,48	21,12	14,72	

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

Tabla XXXIXII Matriz VIA – Etapa de Demolición del relleno sanitario de Naranjito

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos		
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo	
Clausura y abandono del relleno	1,90	1,90	1,90	3,09	3,09	1,90	3,09	0,00	3,09	19,96
Relleno	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	17,13
Compactación	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	17,13
Revegetación del área	1,90	1,90	1,90	3,09	3,09	1,90	3,09	3,09	3,09	23,04
	7,61	7,61	7,61	9,98	9,98	7,61	9,98	6,89	9,98	

Fuente: Caicedo V., Delgado L., 2017

CAPÍTULO 5
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se logró diseñar el relleno sanitario para la captación de desechos sólidos generados por los habitantes del cantón Naranjito, considerando la producción per cápita esperada en los 20 años de vida útil que tendrá este.

A través de la evaluación de factores sociales, legales, ambientales, económicos y técnicos se seleccionó el sitio más apropiado para la implementación del relleno sanitario para el tiempo de operación del mismo.

A través del estudio de impacto ambiental se determinó que en Naranjito existen serios problemas de saneamiento respecto a alcantarillado y al manejo de los desechos generados, por lo que urge la implementación de un relleno sanitario.

La producción de Biogás esperado en el relleno sanitario de Naranjito es relativamente baja si se compara con otros rellenos de ciudades más grandes, sin embargo, se demostró que proyectos para la recuperación de los gases podrían ser de interés para el municipio del cantón.

Se estimó una producción de líquido lixiviado elevada, esto principalmente se da por el alto porcentaje de materia orgánica que presentan los desechos sólidos del cantón.

Se realizó el presupuesto según la ejecución de la obra, considerando actividades preliminares de movimiento de tierra para preparación de terreno y considerando la disposición final de los residuos sólidos en capas, donde se obtuvo un presupuesto referencial de un poco más de 1 millón y medio.

Mediante el uso del software GEO5 se pudo calcular la estabilidad del talud del Relleno Sanitario; se simularon todas las capas de residuos y material de cobertura y se analizaron las superficies de deslizamiento crítico, donde se obtuvo un factor de seguridad mayor al establecido con lo que se comprueba que el diseño es el adecuado.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios de suelos más profundos, en el área de implementación del relleno, como sondeos eléctricos verticales y calicatas para así determinar los diferentes parámetros del suelo.

En necesario elevar la cota en la zona de implementación del relleno sanitario, una buena alternativa es obtener el material para el relleno del Río Chorrón ubicado a 500 m de la zona y cuyo cause atraviesa la zona urbana.

Debido al aumento en la construcción de rellenos sanitarios en el país, se recomienda establecer la normativa necesaria para que en cada proyecto se realicen los estudios referentes a la recuperación del biogás generado lo cual podría disminuir los costos de operación.

ANEXOS

ANEXO A

Tabla: Porcentaje de C, H, O y N de cada constituyente de los RS del cantón Naranjito

	Material	Peso seco	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno
Total (Kg)	405,2	256,04	116,91	15,19	78,47	4,39
Total: materia rápidamente biodegradable (kg)		174,64	83,37	11,14	66,32	4,31
Total: materia que se degrada de manera lenta (Kg)		81,40	33,54	4,05	12,15	0,08
Peso Molar			12	1	16	14
Moles: materia rápidamente biodegradable			6,95	11,14	4,14	0,31
Moles: materia que se degrada de manera lenta			2,80	4,05	0,76	0,01
Moles corregidas: materia rápidamente biodegradable			22,59	36,21	13,48	1,00
Moles corregidas: materia que se degrada de manera lenta			477,86	693,20	129,81	1,00

ANEXO B

Tabla: Consumo de agua anual acumulado (Kg/m3*año)

Consumo de agua anual (Kg/m3.año)																					
Año	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8	NA 9	NA 10	NA 11	NA 12	NA 13	NA 14	NA 15	NA 16	NA 17	NA 18	NA 19	NA 20	Total por año
0	0																				0,00
1	0,0594	0																			0,06
2	0,1107	0,0594	0																		0,17
3	0,0945	0,1107	0,06	0																	0,26
4	0,0784	0,0945	0,11	0,05939	0																0,34
5	0,0622	0,0784	0,09	0,110703	0,06	0															0,41
6	0,0515	0,0622	0,08	0,094548	0,11	0,06	0														0,46
7	0,0460	0,0515	0,06	0,078394	0,09	0,11	0,06	0													0,50
8	0,0406	0,0460	0,05	0,06224	0,08	0,09	0,11	0,06	0												0,54
9	0,0352	0,0406	0,05	0,051455	0,06	0,08	0,09	0,11	0,06	0											0,58
10	0,0298	0,0352	0,04	0,046039	0,05	0,06	0,08	0,09	0,11	0,059	0										0,61
11	0,0244	0,0298	0,04	0,040623	0,05	0,05	0,06	0,08	0,09	0,111	0,059	0									0,63
12	0,0190	0,0244	0,03	0,035206	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,095	0,111	0,059	0								0,65
13	0,0135	0,0190	0,02	0,02979	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,078	0,095	0,111	0,059	0							0,67
14	0,0081	0,0135	0,02	0,024374	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,062	0,078	0,095	0,111	0,059	0						0,67
15	0,0027	0,0081	0,01	0,018957	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,051	0,062	0,078	0,095	0,111	0,059	0					0,68
16		0,0027	0,01	0,013541	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,046	0,051	0,062	0,078	0,095	0,111	0,059	0				0,68
17			0	0,008125	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,041	0,046	0,051	0,062	0,078	0,095	0,111	0,059	0			0,68
18				0,002708	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,035	0,041	0,046	0,051	0,062	0,078	0,095	0,111	0,059	0		0,68
19					0	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,035	0,041	0,046	0,051	0,062	0,078	0,095	0,111	0,059	0	0,68
20						0	0,01	0,01	0,02	0,024	0,03	0,035	0,041	0,046	0,051	0,062	0,078	0,095	0,111	0,059	0,68
21							0	0,01	0,01	0,019	0,024	0,03	0,035	0,041	0,046	0,051	0,062	0,078	0,095	0,111	0,62
22								0	0,01	0,014	0,019	0,024	0,03	0,035	0,041	0,046	0,051	0,062	0,078	0,095	0,51
23									0	0,008	0,014	0,019	0,024	0,03	0,035	0,041	0,046	0,051	0,062	0,078	0,41
24										0,003	0,008	0,014	0,019	0,024	0,03	0,035	0,041	0,046	0,051	0,062	0,33
25											0,003	0,008	0,014	0,019	0,024	0,03	0,035	0,041	0,046	0,051	0,27
26												0,003	0,008	0,014	0,019	0,024	0,03	0,035	0,041	0,046	0,22
27													0,003	0,008	0,014	0,019	0,024	0,03	0,035	0,041	0,17
28														0,003	0,008	0,014	0,019	0,024	0,03	0,035	0,13
29															0,003	0,008	0,014	0,019	0,024	0,03	0,10
30																0,003	0,008	0,014	0,019	0,024	0,07
31																	0,003	0,008	0,014	0,019	0,04
32																		0,003	0,008	0,014	0,02
33																			0,003	0,008	0,01
34																				0,003	0,00

ANEXO C

Tabla C-1: Matriz de evaluación Alternativa A, Sección 4.1

Parámetros	Valor mínimo permisible	Mejor Valor	Valor Medio	Peor Valor	Importancia del Factor	Puntaje Sitio A
Puntuación		**3**	**2**	**1**	**De 1 a 5**	
Factores Ambientales						
Proximidad a centros poblados	1000 m	> 1000		< 1000	3	3
Proximidad a otras instalaciones	1000 m	> 1000		< 1000	3	3
Presencia de fuentes de abastecimiento de agua	500 m	>500		< 500	4	4
Afectación paisajística	n.c	Baja o Inexistente	Media	Alta	3	6
Presencia de flora y fauna	n.c	Baja o Inexistente	Media	Alta	4	12
Existencia de áreas protegidas	n.c	No		Si	4	12
Áreas con restos arqueológicos	n.c	No		Si	4	12
Factores Técnicos						
Barrera geológica	1,50 m	> 1,50		< 1,5	4	4
Vida útil del terreno	15 años	> 15 años		< 15 años	4	4
Topografía del terreno	n.c	3% a 12 %	12% a 25 %	<3% ó >25%	4	12
Características de Drenaje natural	n.c	Bien drenado > 3m	Moderadamente drenado 0,5 m - 3 m	Pobremente drenado < 5,5	3	6
Condiciones Sísmicas	n.c	Sin riesgo sísmico		Con riesgo sísmico	4	12
Factores Económicos						
Camino disponible	n.c	Transitable	Requiere Mejoras	Requiere apertura	3	6
Distancia de recorrido en el transporte de desechos	20 km	< 20		> 20	3	9
Disponibilidad de material para cobertura	n.c	En el sitio	Próximo al sitio	Sin material	3	6
Uso actual terreno y colindancias	n.c	Improductivo	Pastoreo	Productivo	3	9
Factores Legales						
Legalidad de asentamientos	n.c	< 100 familias ilegalmente asentadas	100 - 200 familias ilegalmente asentadas	>200 familias ilegalmente asentadas	4	12
					Calificación Total	**132**

Tabla C-2: Matriz de evaluación Alternativa B, Sección 4.1

Parámetros	Valor mínimo permisible	Mejor Valor	Valor Medio	Peor Valor	Importancia del Factor	Puntaje Sitio B
Puntuación		**3**	**2**	**1**	**De 1 a 5**	
Factores Ambientales						
Proximidad a centros poblados	1000 m	> 1000		< 1000	4	12
Proximidad a otras instalaciones	1000 m	> 1000		< 1000	3	9
Presencia de fuentes de abastecimiento de agua	500 m	>500		< 500	4	12
Afectación paisajística	n.c	Baja o Inexistente	Media	Alta	4	12
Presencia de flora y fauna	n.c	Baja o Inexistente	Media	Alta	4	12
Existencia de áreas protegidas	n.c	No		Si	4	12
Áreas con restos arqueológicos	n.c	No		Si	4	12
Factores Técnicos						
Barrera Geológica	1,50 m	> 1,50 m		< 1,50 m	4	12
Vida útil del terreno	15 años	> 15 años		< 15 años	4	12
Topografía del terreno	n.c	3% a 12 %	12% a 25 %	<3% ó >25%	3	9
Características de Drenaje natural	n.c	Bien drenado > 3m	Moderadamente drenado 0,5 m - 3 m	Pobremente drenado < 5,5	3	6
Condiciones Sísmicas	n.c	Sin riesgo sísmico		Con riesgo sísmico	4	12
Factores Económicos						
Camino disponible	n.c	Transitable	Requiere Mejoras	Requiere apertura	3	6
Distancia de recorrido en el transporte de desechos	20 km	< 20		> 20	3	9
Disponibilidad de material para cobertura	n.c	En el sitio	Próximo al sitio	Sin material	3	6
Uso actual terreno y colindancias	n.c	Improductivo	Pastoreo	Productivo	3	9
Factores Legales						
Legalidad de asentamientos	n.c	< 100 familias ilegalmente asentadas	100 - 200 familias ilegalmente asentadas	>200 familias ilegalmente asentadas	4	12
					Calificación Total	**174**

ANEXO D

Tabla D-1: Producción de Biogás generada por la MRB, Sección 4.7.2

Año	0	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	13	14	15
Tasa de Producción Pico al final del año (m^3/kg.año)	0,00	0,13	0,10	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Volumen Anual (m^3/kg)	0,00	0,07	0,11	0,08	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla D-2: Producción de Biogás generada por la MRB, Sección 4.7.2

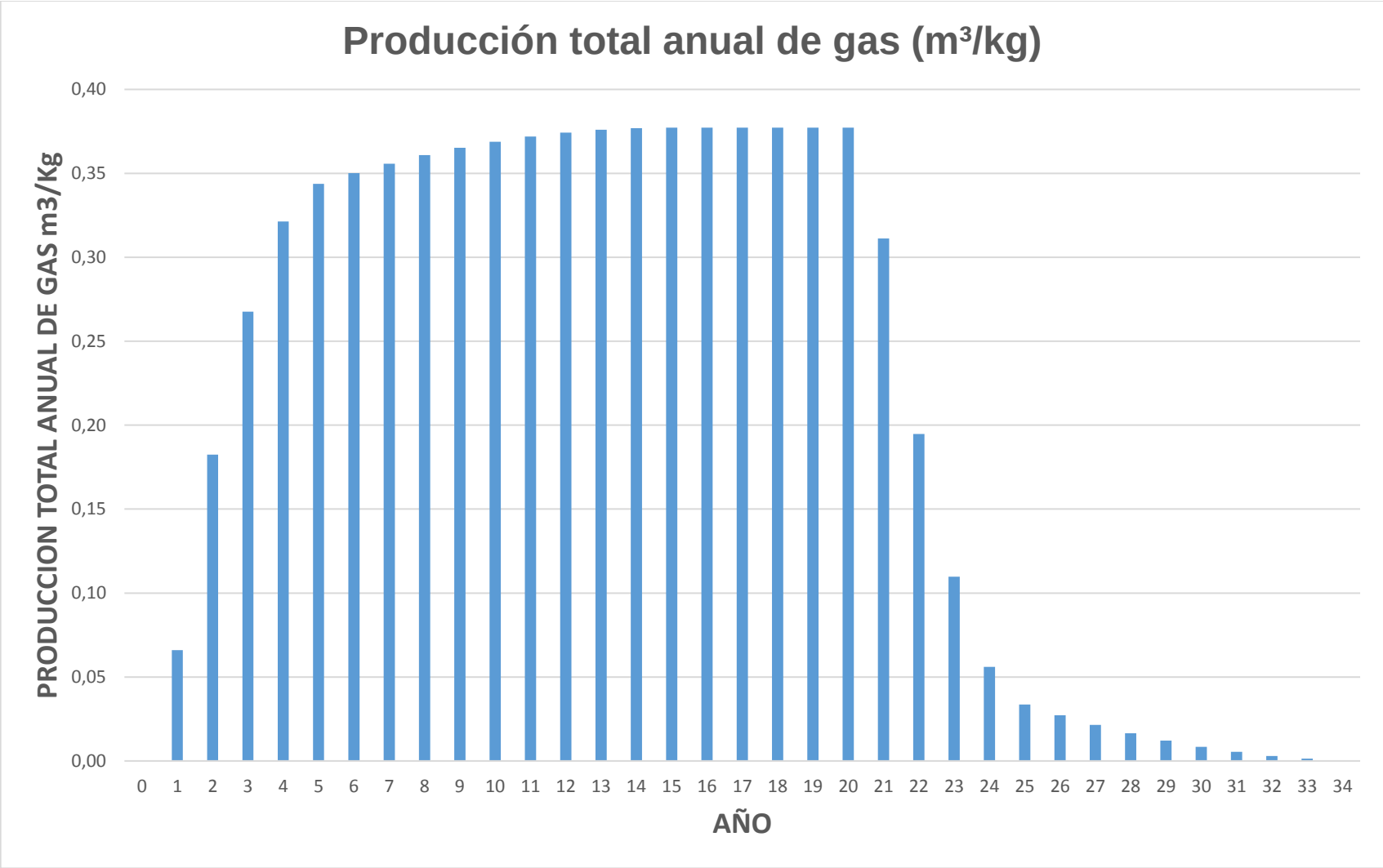
Año	0	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	13	14	15
Tasa de Producción Pico al final del año (m^3/kg.año)	0,00	0,0013	0,0027	0,0040	0,0054	0,0067	0,0047	0,0040	0,0034	0,0027	0,0020	0,0013	0,0007	0,00
Volumen Anual (m^3/kg)	0,00	0,0007	0,0020	0,0034	0,0047	0,0060	0,0050	0,0044	0,0037	0,0030	0,0024	0,0017	0,0010	0,00

ANEXO E

Tabla: Producción de Biogás anual acumulada.

Producción anual de gas (m³/kg.año)																					
Año	NA 1	NA 2	NA 3	NA 4	NA 5	NA 6	NA 7	NA 8	NA 9	NA 10	NA 11	NA 12	NA 13	NA 14	NA 15	NA 16	NA 17	NA 18	NA 19	NA 20	Total por año
0	0																				0,00
1	0,0660	0,0000																			0,07
2	0,1164	0,0660	0,0000																		0,18
3	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000																	0,27
4	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000																0,32
5	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000															0,34
6	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000														0,35
7	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000													0,36
8	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000												0,36
9	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000											0,37
10	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000										0,37
11	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000									0,37
12	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000								0,37
13	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000							0,38
14	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000						0,38
15	0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000					0,38
16		0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000				0,38
17			0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000			0,38
18				0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000		0,38
19					0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,0000	0,38
20						0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,0660	0,38
21							0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,1164	0,31
22								0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,0851	0,19
23									0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,0537	0,11
24										0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,0224	0,06
25											0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,0064	0,03
26												0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,0057	0,03
27													0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,0050	0,02
28														0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,0044	0,02
29															0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,0037	0,01
30																0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,0030	0,01
31																	0,0003	0,0010	0,0017	0,0024	0,01
32																		0,0003	0,0010	0,0017	0,00
33																			0,0003	0,0010	0,00
34																				0,0003	0,00

Figura: Producción total anual de biogás por Kg de basura generado en el relleno sanitario de Naranjito, Sección 4.9.2



ANEXO F

Tablas: Peso de líquido lixiviado por m2 generado por cada una de las 8 capas que forman el cuerpo del relleno sanitario

Nivel	Cota	Año	Peso Material Cobertura (kg/m2)	Peso basura (Kg/m2)	Peso celda diaria total (kg/m2)	Volumen Gas (m3 N)	Peso Gas (Kg/m2)	Peso H_2O Consumida (Kg/m2)	Peso Vapor Agua (Kg/m2)	Peso Agua Basura (Kg/m2)	Peso Seco Basura(Kg/m2)	Peso de agua Nivel 1(Kg/m2)	Peso seco Nivel 1(Kg/m2)	Peso Medio (Kg/m2)	Factor de Capacidad de Campo	Agua Retenida en residuos	Lixiviado Producido (Kg/m2)	Agua Restante (Kg/m2)	Peso Total Basura final de año (Kg/m2)
CAPA 1	16,1	2017	369,60	633,60	1095,95	0,00	0,00	0,00	0,00	286,51	347,09	379,26	347,09	732,78	0,52	181,71	197,55	181,71	528,80
		2018	369,60	528,80	991,15	34,93	44,18	2,07	0,17	239,12	289,68	329,63	247,58	658,20	0,53	131,29	198,33	131,29	378,87
		2019	369,60	378,87	841,22	44,11	55,79	4,88	0,21	171,32	207,55	258,98	156,64	577,41	0,54	84,25	174,72	84,25	240,89
		2020	369,60	240,89	703,24	20,50	25,92	1,94	0,10	108,93	131,96	199,64	107,98	523,41	0,54	58,64	141,00	58,64	166,62
		2021	369,60	166,62	628,97	8,95	11,33	0,70	0,04	75,34	91,28	167,35	80,65	493,60	0,55	44,04	123,31	44,04	124,69
		2022	369,60	124,69	587,04	2,79	3,53	0,17	0,01	56,38	68,31	148,95	64,95	476,55	0,55	35,57	113,38	35,57	100,52
		2023	369,60	100,52	562,88	0,64	0,81	0,03	0,00	45,46	55,07	138,17	54,29	465,83	0,55	29,79	108,38	29,79	84,08
		2024	369,60	84,08	546,44	0,48	0,61	0,02	0,00	38,02	46,06	130,75	45,48	457,71	0,55	24,99	105,76	24,99	70,47
		2025	369,60	70,47	532,82	0,36	0,45	0,01	0,00	31,87	38,60	124,60	38,17	450,99	0,55	21,00	103,60	21,00	59,17
		2026	369,60	59,17	521,53	0,26	0,33	0,01	0,00	26,76	32,42	119,50	32,10	445,40	0,55	17,68	101,82	17,68	49,78
		2027	369,60	49,78	512,13	0,18	0,23	0,01	0,00	22,51	27,27	115,26	27,04	440,75	0,55	14,91	100,35	14,91	41,95
		2028	369,60	41,95	504,30	0,13	0,16	0,00	0,00	18,97	22,98	111,72	22,82	436,87	0,55	12,59	99,13	12,59	35,41
		2029	369,60	35,41	497,77	0,08	0,11	0,00	0,00	16,01	19,40	108,76	19,30	433,63	0,55	10,65	98,11	10,65	29,95
		2030	369,60	29,95	492,30	0,05	0,06	0,00	0,00	13,54	16,41	106,29	16,34	430,92	0,55	9,03	97,27	9,03	25,37
		2031	369,60	25,37	487,72	0,03	0,03	0,00	0,00	11,47	13,90	104,22	13,87	428,64	0,55	7,66	96,56	7,66	21,53
		2032	369,60	21,53	483,88	0,01	0,01	0,00	0,00	9,73	11,79	102,49	11,78	426,74	0,55	6,51	95,97	6,51	18,30
		2033	369,60	18,30	480,65	0,00	0,00	0,00	0,00	8,27	10,02	101,03	10,02	425,12	0,55	5,54	95,48	5,54	15,56
		2034	369,60	15,56	477,92	0,00	0,00	0,00	0,00	7,04	8,53	99,79	8,53	423,76	0,55	4,72	95,08	4,72	13,24
		2035	369,60	13,24	475,59	0,00	0,00	0,00	0,00	5,99	7,25	98,74	7,25	422,60	0,55	4,01	94,73	4,01	11,27
		2036	369,60	11,27	473,62	0,00	0,00	0,00	0,00	5,09	6,17	97,85	6,17	421,61	0,55	3,41	94,43	3,41	9,59
		2037	369,60	9,59	471,94	0,00	0,00	0,00	0,00	4,33	5,25	97,09	5,25	420,77	0,55	2,91	94,18	2,91	8,16

CAPA 2	17,3	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2019	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2020	403,20	691,20	1187,15	0,00	0,00	0,00	0,00	312,55	378,65	405,31	378,65	795,18	0,52	196,13	209,18	196,13	574,77
		2021	403,20	574,77	1070,73	37,96	48,02	2,25	0,18	259,91	314,87	350,22	269,10	712,86	0,53	141,36	208,86	141,36	410,46
		2022	403,20	410,46	906,42	47,79	60,45	5,29	0,23	185,61	224,86	272,84	169,70	624,47	0,53	90,53	182,31	90,53	260,22
		2023	403,20	260,22	756,18	22,14	28,00	2,09	0,11	117,67	142,55	208,22	116,64	565,63	0,54	62,87	145,35	62,87	179,52
		2024	403,20	179,52	675,47	9,65	12,20	0,76	0,05	81,17	98,34	173,12	86,90	533,21	0,54	47,11	126,01	47,11	134,01
		2025	403,20	134,01	629,96	3,00	3,80	0,19	0,01	60,60	73,41	153,15	69,80	514,67	0,54	37,97	115,18	37,97	107,77
		2026	403,20	107,77	603,72	0,69	0,87	0,04	0,00	48,73	59,04	141,45	58,20	503,02	0,55	31,73	109,72	31,73	89,93
		2027	403,20	89,93	585,88	0,51	0,65	0,02	0,00	40,67	49,26	133,39	48,64	494,22	0,55	26,55	106,84	26,55	75,19
		2028	403,20	75,19	571,15	0,38	0,48	0,02	0,00	34,00	41,19	126,74	40,73	486,93	0,55	22,27	104,47	22,27	62,99
		2029	403,20	62,99	558,95	0,28	0,35	0,01	0,00	28,48	34,51	121,23	34,17	480,90	0,55	18,70	102,53	18,70	52,87
		2030	403,20	52,87	548,82	0,20	0,25	0,01	0,00	23,91	28,96	116,65	28,72	475,89	0,55	15,73	100,92	15,73	44,46
		2031	403,20	44,46	540,41	0,13	0,17	0,00	0,00	20,10	24,35	112,85	24,19	471,72	0,55	13,26	99,59	13,26	37,45
		2032	403,20	37,45	533,40	0,09	0,11	0,00	0,00	16,93	20,51	109,68	20,40	468,24	0,55	11,19	98,49	11,19	31,60
		2033	403,20	31,60	527,55	0,05	0,07	0,00	0,00	14,29	17,31	107,04	17,24	465,34	0,55	9,46	97,58	9,46	26,70
		2034	403,20	26,70	522,66	0,03	0,03	0,00	0,00	12,08	14,63	104,83	14,60	462,91	0,55	8,01	96,81	8,01	22,61
		2035	403,20	22,61	518,56	0,01	0,01	0,00	0,00	10,22	12,39	102,98	12,38	460,88	0,55	6,80	96,18	6,80	19,17
		2036	403,20	19,17	515,13	0,00	0,00	0,00	0,00	8,67	10,50	101,42	10,50	459,16	0,55	5,77	95,65	5,77	16,27
		2037	403,20	16,27	512,23	0,00	0,00	0,00	0,00	7,36	8,92	100,11	8,92	457,71	0,55	4,90	95,21	4,90	13,82

CAPA 3	18,7	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2019	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2023	470,40	806,40	1369,55	0,00	0,00	0,00	0,00	364,64	441,76	457,40	441,76	919,98	0,51	224,08	233,31	224,08	665,84
		2024	470,40	665,84	1228,99	43,98	55,63	2,61	0,21	301,09	364,76	391,01	311,74	821,78	0,52	160,75	230,27	160,75	472,48
		2025	470,40	472,48	1035,64	55,01	69,58	6,09	0,27	213,65	258,83	300,05	195,34	718,10	0,52	102,52	197,53	102,52	297,86
		2026	470,40	297,86	861,01	25,34	32,06	2,40	0,12	134,69	163,17	224,92	133,51	649,62	0,53	70,91	154,02	70,91	204,42
		2027	470,40	204,42	767,57	10,98	13,89	0,86	0,05	92,44	111,98	184,28	98,95	612,01	0,53	52,90	131,37	52,90	151,85
		2028	470,40	151,85	715,01	3,40	4,30	0,21	0,02	68,67	83,19	161,19	79,10	590,54	0,54	42,45	118,74	42,45	121,54
		2029	470,40	121,54	684,70	0,78	0,98	0,04	0,00	54,96	66,58	147,67	65,64	577,06	0,54	35,31	112,36	35,31	100,95
		2030	470,40	100,95	664,11	0,58	0,73	0,03	0,00	45,65	55,30	138,37	54,60	566,89	0,54	29,42	108,95	29,42	84,03
		2031	470,40	84,03	647,18	0,42	0,54	0,02	0,00	38,00	46,03	130,73	45,51	558,52	0,54	24,56	106,17	24,56	70,07
		2032	470,40	70,07	633,23	0,31	0,39	0,01	0,00	31,69	38,39	124,43	38,01	551,62	0,54	20,54	103,89	20,54	58,55
		2033	470,40	58,55	621,70	0,22	0,27	0,01	0,00	26,48	32,08	119,22	31,81	545,91	0,54	17,21	102,02	17,21	49,01
		2034	470,40	49,01	612,17	0,15	0,19	0,00	0,00	22,16	26,85	114,91	26,67	541,19	0,54	14,44	100,48	14,44	41,10
		2035	470,40	41,10	604,26	0,10	0,12	0,00	0,00	18,59	22,52	111,34	22,40	537,27	0,54	12,13	99,20	12,13	34,53
		2036	470,40	34,53	597,68	0,06	0,07	0,00	0,00	15,61	18,92	108,37	18,84	534,00	0,54	10,21	98,15	10,21	29,06
		2037	470,40	29,06	592,21	0,03	0,04	0,00	0,00	13,14	15,92	105,89	15,88	531,29	0,54	8,61	97,28	8,61	24,49

CAPA 4	20,3	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2019	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2024	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2025	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2026	537,60	1105,92	1736,27	0,00	0,00	0,00	0,00	500,08	605,84	592,84	605,84	1136,94	0,49	296,72	296,11	296,72	902,56
		2027	537,60	902,56	1532,91	59,61	75,40	3,54	0,29	408,13	494,43	497,05	422,57	997,41	0,50	211,65	285,40	211,65	634,22
		2028	537,60	634,22	1264,57	73,84	93,40	8,17	0,36	286,78	347,43	371,01	262,21	854,21	0,51	134,47	236,54	134,47	396,68
		2029	537,60	396,68	1027,03	33,75	42,69	3,19	0,16	179,37	217,30	268,77	177,81	760,89	0,52	92,64	176,14	92,64	270,44
		2030	537,60	270,44	900,79	14,53	18,38	1,14	0,07	122,29	148,15	213,83	130,91	709,97	0,53	68,80	145,03	68,80	199,71
		2031	537,60	199,71	830,06	4,47	5,66	0,28	0,02	90,31	109,40	182,76	104,03	680,99	0,53	54,95	127,81	54,95	158,97
		2032	537,60	158,97	789,32	1,01	1,28	0,05	0,00	71,89	87,09	164,58	85,86	662,82	0,53	45,49	119,09	45,49	131,35
		2033	537,60	131,35	761,70	0,75	0,95	0,03	0,00	59,39	71,95	152,11	71,04	649,17	0,53	37,73	114,38	37,73	108,77
		2034	537,60	108,77	739,13	0,55	0,69	0,02	0,00	49,19	59,59	141,91	58,92	638,02	0,53	31,35	110,56	31,35	90,27
		2035	537,60	90,27	720,62	0,39	0,50	0,01	0,00	40,82	49,45	133,56	48,97	628,86	0,53	26,10	107,46	26,10	75,07
		2036	537,60	75,07	705,42	0,28	0,35	0,01	0,00	33,94	41,12	126,69	40,78	621,33	0,53	21,77	104,92	21,77	62,55
		2037	537,60	62,55	692,90	0,19	0,24	0,00	0,00	28,28	34,26	121,03	34,03	615,13	0,53	18,18	102,85	18,18	52,21

CAPA 5	22,2	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2019	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2024	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2025	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2027	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2028	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2029	638,40	1313,28	2044,43	0,00	0,00	0,00	0,00	593,85	719,43	686,60	719,43	1341,42	0,47	341,35	345,25	341,35	1060,78
		2030	638,40	1060,78	1791,93	70,06	88,62	4,16	0,34	479,67	581,11	567,93	496,65	1170,69	0,49	241,95	325,97	241,95	738,60
		2031	638,40	738,60	1469,75	85,99	108,77	9,52	0,42	333,98	404,61	416,80	305,36	999,48	0,50	152,89	263,91	152,89	458,25
		2032	638,40	458,25	1189,41	38,99	49,32	3,69	0,19	207,22	251,04	296,09	205,41	889,15	0,51	104,73	191,37	104,73	310,13
		2033	638,40	310,13	1041,29	16,67	21,08	1,31	0,08	140,24	169,90	231,60	150,12	829,26	0,51	77,31	154,29	77,31	227,43
		2034	638,40	227,43	958,59	5,09	6,44	0,32	0,02	102,84	124,59	195,25	118,47	795,26	0,52	61,36	133,89	61,36	179,83
		2035	638,40	179,83	910,98	1,15	1,45	0,06	0,01	81,32	98,51	174,00	97,12	773,96	0,52	50,49	123,52	50,49	147,61
		2036	638,40	147,61	878,76	0,84	1,07	0,04	0,00	66,75	80,86	159,46	79,83	758,04	0,52	41,61	117,84	41,61	121,45
		2037	638,40	121,45	852,60	0,61	0,77	0,02	0,00	54,92	66,53	147,64	65,78	745,11	0,52	34,36	113,28	34,36	100,14

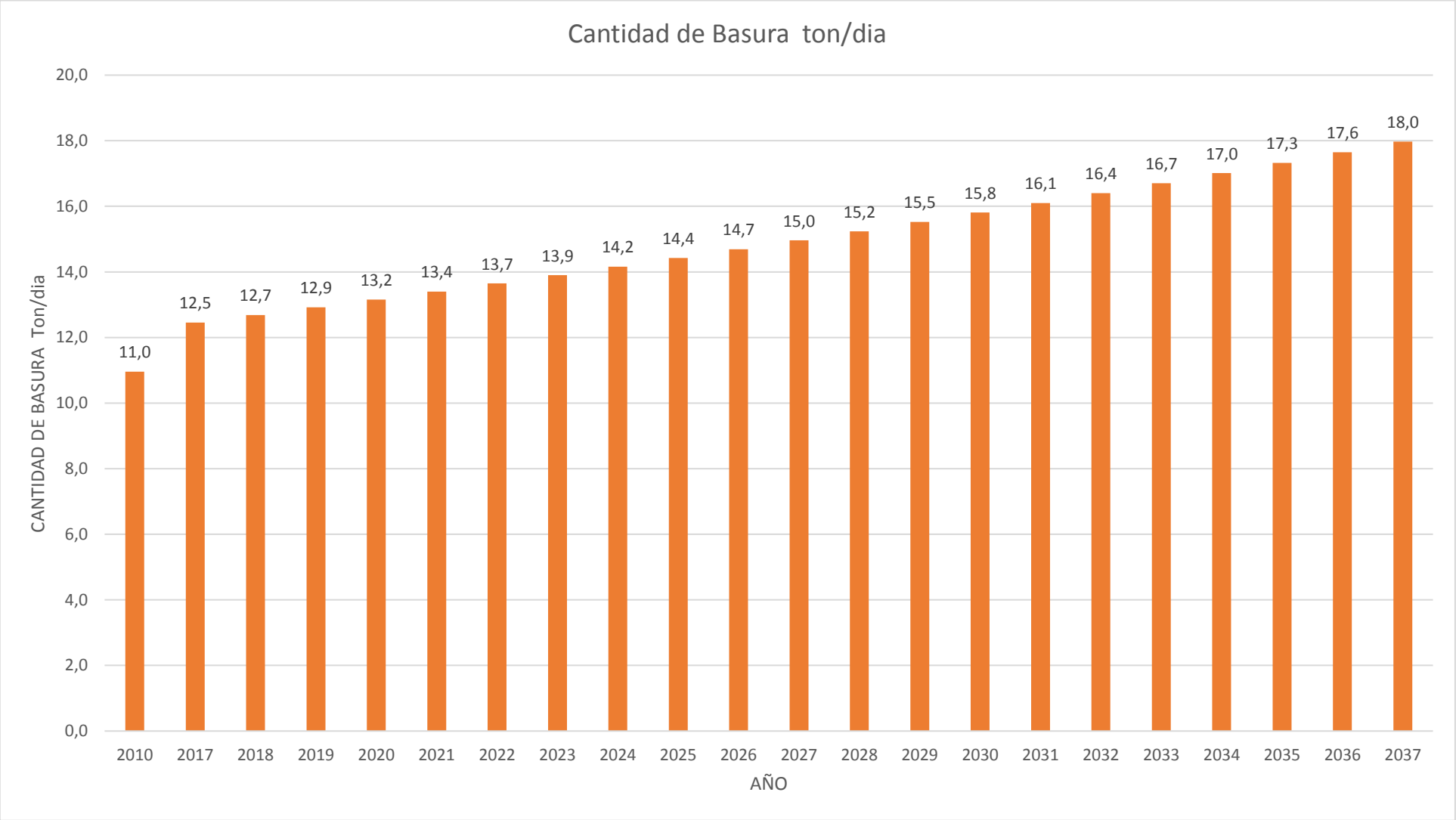
CAPA 6	22,2	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2019	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2024	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2025	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2027	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2028	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2029	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2030	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2031	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2032	550,66	1132,78	1776,19	0,00	0,00	0,00	0,00	512,23	620,55	604,98	620,55	1163,42	0,49	302,66	302,32	302,66	923,21
		2033	550,66	923,21	1566,62	60,98	77,13	3,62	0,29	417,47	505,75	506,30	432,24	1019,93	0,50	215,70	290,60	215,70	647,94
		2034	550,66	647,94	1291,35	75,44	95,42	8,35	0,36	292,99	354,95	377,03	267,88	873,11	0,51	136,95	240,08	136,95	404,83
		2035	550,66	404,83	1048,24	34,44	43,57	3,26	0,17	183,06	221,77	272,39	181,46	777,58	0,52	94,27	178,12	94,27	275,73
		2036	550,66	275,73	919,14	14,82	18,74	1,16	0,07	124,68	151,05	216,20	133,47	725,49	0,52	69,96	146,24	69,96	203,43
		2037	550,66	203,43	846,84	4,55	5,76	0,28	0,02	91,99	111,44	184,43	105,96	695,86	0,53	55,83	128,61	55,83	161,79

CAPA 7	24,3	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2019	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2024	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2025	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2027	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2028	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2029	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2030	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2031	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2033	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2034	700,96	1441,98	2235,70	0,00	0,00	0,00	0,00	652,05	789,94	744,80	789,94	1468,33	0,47	367,72	377,09	367,72	1157,65
		2035	700,96	1157,65	1951,37	76,46	96,72	4,54	0,37	523,48	634,17	611,32	542,00	1277,62	0,48	259,69	351,63	259,69	801,69
		2036	700,96	801,69	1595,40	93,34	118,06	10,33	0,45	362,51	439,17	444,48	331,44	1088,93	0,49	163,58	280,91	163,58	495,02
		2037	700,96	495,02	1288,74	42,12	53,27	3,98	0,20	223,84	271,18	312,41	221,89	968,11	0,50	111,67	200,74	111,67	333,55

CAPA 8	27,1	2017	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2018	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2019	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2020	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2023	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2024	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2025	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2026	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2027	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2028	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2029	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2030	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2031	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2032	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2033	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2034	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2035	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2036	929,92	1912,97	2935,64	0,00	0,00	0,00	0,00	865,02	1047,95	957,78	1047,95	1932,78	0,44	456,56	501,22	456,56	1504,51
		2037	929,92	1504,51	2527,18	99,37	125,70	5,90	0,48	680,32	824,19	766,69	704,39	1665,46	0,45	318,59	448,10	318,59	1022,99

ANEXO G

Figura 4.17 Proyección de la generación de basura diaria del cantón Naranjito durante todo el tiempo de operación del relleno sanitario, Sección 4.13



BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (2004). Standard Method of Test for Determining Expansive Soil. En AASHTO DESIGNATION: T 258-81.

Agudo, D., & Burgos, E. (2015). Análisis de la eficiencia de filtros a base de zeolita para la remoción de contaminantes en el agua proveniente de dos pozos de abastecimiento público en el Recinto Tres Postes, Cantón Alfredo Baquerizo Moreno. *ESPOL*.

Aleman, A. (1999). *Informe Geológico de la Cuenca Progreso .* (Informe no publicado para la Compañía Duke Energy, Guayaquil).

Altamirano, G., Freire, A., & Gallegos, D. (s.f.). *Producción de electricidad mediante el aprovechamiento del Biogás en un relleno sanitario.* Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14639/1/exposicion%20tesis.pdf

Anzules, J., & Oviedo., J. (2015). *Diseño "Diseño del nuevo relleno sanitario de Babahoyo, vinculado al control de inundaciones" de residuos sólidos para el actual relleno sanitario del cantón Babahoyo (Tesis).* Guayaquil-Ecuador.: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ciencias de la Tierra. Obtenido de Guayaquil-Ecuador.

Armijos Verdezoto, I. R. (2015). *Estudio para el Aprovechamiento Óptimo de los Depósitos Aluviales Considerados en el Proceso de Obtención de Libres*

Aprovechamientos de Materiales de Construcción, de la Prefectura de Los Ríos. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Asociación Lahmeyer Cimentaciones. (octubre de 1998). Estudios de Prefactibilidad, Factibilidad, y Selección de la mejor alternativa del Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado. *Informe final*. Guayaquil.

Autoridad Nacional del Agua. (2010). Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. Lima, Perú.

Baldock, J. W. (1982). Geología del Ecuador. En *Boletín de la Explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador Escala 1: 1,000.000* (pág. 41).

Benítez, S. (1995). En S. Benítez, *Evolution Geodynamique de la Province Côtière Sud-Équatorienne au Créacé Supérieur-Tertiare, Géologie Alpine, édité par le laboratoire de géologie de L'universite Joseph Fourier* (págs. 5 - 16).

Benítez, S. (2001). *Informe: Geología de la ampliación del relleno sanitario de Las Iguanas: Primer Borrador*, 9, 10.

Budhu, M. (2010). *Soil Mechanics and Foundations* (Tercera ed.). (I. John Wiley & Sons, Ed.) Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=ga8bAAAAQBAJ&dq=Soil+Mechanics

+and+Foundations+Muni+Budhu&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwizxLnHur3JAhXERyYKHb3fBSIQ6AEIJzAA

Castillo, F. (2011). Gestión de Desechos Sólidos Flotantes. *Presentación Powerpoint*. ECOSAMBITO.

CEC. (2003). *Resumen de derecho ambiental en los Estados Unidos*. Obtenido de http://www.cec.org/lawdatabase/us12.cfm?varlan=espanol

CEC. (2003). *Resumen de derecho ambiental en los Estados Unidos.* Obtenido de http://www.cec.org/lawdatabase/us12.cfm?varlan=espanol

CIPAT-ESPOL. (2013). *Estudios preliminares y diseños definitivos ara la ampliación del sector D del Relleno Sanitario Las Iguanas de la ciudad de Guayaquil.* Guayaquil.

Coduto, D. P. (1999). *GEOTECHNICAL ENGINEERING: Principles and Practices.* (P. Hall, Ed.) Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=ifUeAQAAIAAJ&q=GEOTECHNICAL+ENGINEERING:+Principles+and+Practices&dq=GEOTECHNICAL+ENGINEERING:+Principles+and+Practices&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjFj5X9u73JAhUJRiYKHWKOAScQ6AEIKzAB

CUSTODIO, E., & LLAMAS, M. (1976). Hidrología Subterránea. Editorial OMEGA.

de Vallejo, L. G. (2002). *Ingeniería Geológica.* Pearson. ISBN: 8420531049.

Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos . (2012). *Guía para el diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios* . Bolivia.

El Universo. (16 de febrero de 2010). Sur de Guayaquil inundado tras doce horas de lluvias. *http://www.eluniverso.com/2010/02/16/1/1445/decenas-afectados-caos-vehicular-lluvias-sur.html*.

Fattorelli, S., & Fernandez, P. (2011). *Diseño Hidrológico* (Digital ed.). Mendoza, Argentina. Obtenido de http://www.ina.gov.ar/pdf/Libro_diseno_hidrologico_edicion_digital.pdf

Federico, V. B. (s.f.). *Relleno Sanitario, Las Iguanas.* Obtenido de Consorcio I.L.M: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/fulltext/iguanas.pdf

Feininger, T., & Bristow, C. R. (1980). En *Cretaceous and Paleogene Geologic History of Coastal Ecuador.* Rundsch., Vol. 69.

Fernández, F. M. (2008). *Estructuras de vertimiento de aguas en laderas de media a fuerte pendiente.* Colombia.

GAD Parroquial Manglaralto. (2016). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2010 – 2017 - GAD PARROQUIAL MANGLARALTO.*

García, J. C., & Crespo, P. R. (2011). Estudio hidrogeológico de la Isla Puná (Ecuador). *ESPOL*.

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON NARANJITO. (Noviembre de 2014). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2014-2020. *CANTON NARANJITO PROVNCIA DEL GUAYAS* . Naranjito, Guayas, Ecuador.

González, A. (2007). *Optimización del relleno sanitario Doña Juana - ZVIII - Z7A1 - Fase I. Análisis de estabilidad para prefactibilidad.* Bogotá.: Memorando Proac-DNJ-180.

GOOSENS, P., ROSE, W., & FLORES, D. (1977). Geochemistry of tholeiites of the Basic igneous Complex of North western South America. En P. GOOSENS, *Geochemistry of tholeiites of the Basic igneous Complex of North western South America.* (págs. 1711-1720). New York.: - GEol. Soc. Am. Bull. Vol. 88.

HAMM. (2010). *Analysis Methods backgorund, how Galena calculate factor of safety. Galena Slope Stability.*

Herrera, G., Carrión, P., Berrezueta, E., & Flores, E. (2010). Valoración de Impactos Ambientales Relacionados con las Aguas Subterráneas y Turismo en las Comunas de Manglaralto y Olón, Ecuador. En *Aplicación de la Huella Ecológica. Técnicas Aplicadas a la Caracterización y Aprovechamiento de Recursos Geológicos- Minero* (pág. 199).

Holdridge, L. (1967). Sistema de Clasificación de Zonas de Vida.

Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management. *Urban development series; Knowledge Papers No. 15, World Bank, Washington D.C.*

I. N. (s.f.). *Estudios para el Relleno Sanitario de Guayaquil.*

Ibarra, Y. (Agosto de 2011). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.* Obtenido de Sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358012/358012_Modulo_de_curso.pdf

IGME-ITGE. (1991). *Manual de Ingeniería de Taludes.* Madrid.: 1era Reimpresión.

INAMHI. (05 de 2014). *Boletín Climatológico Anual 2013.* Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#

INAMHI. (08 de 2014). *Boletín Meteorológico Mes: Agosto de 2014 Año: XXXVIII Nº 474- Análisis Climatológico.* Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#

INAMHI. (2014). *Ecuador con lluvias de intensidad variable hasta noviembre 2014*. Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/ecuador-con-lluvias-de-intensidad-variable-hasta-noviembre-2014/

INEC. (2010). *Censos de Población y Vivienda 2010.* Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

INHAMI. (2014). *Boletín Meteorológico. Mes: Septiembre de 2104. Año: XXXVIII Nº 475.* Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/#

INOCAR. (2008). Estudio de impacto Ambiental.

Instituto Geólogo Minero de España. (1987). *Manual de Ingeniería Taludes.* España.

Jaramillo, J. (2002). GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES. Colombia.: Universidad de Antioquia.

Jiménez, S. (2008). *Elaboración de un Plan de Explotación de Aguas Subterráneas en una Zona de la Península de Santa Elena, mediante la Interpretación de Métodos Resistivos.* Facultad de Ingeniería en Ciencias de La Tierra, ESPOL.

La vida de Leonardo da Vinci, genio, artista, ingeniero, arquitecto y hombre. (s.f.). Recuperado el 7 de 3 de 2017

Labrousse, B. (s.f.). *Relaciones entre la formación Cayo y la formación Piñón en el sector de Guayaquil.* Obtenido de Implicaciones Geotécnicas: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/26522.pdf

Mark, A., & Marek, P. E. (2014). *Hydraulic Design Manual.* Texas.

Martínez, R., Barrera, S., & Gómez, P. (2011). *El método Seudoestático de estabilidad en presas. Un análisis Crítico.*

Mhurty, V. N. (2002). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering.* New York: Marcel Dekker, Inc. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=Lhetuhms4t4C&dq=Geotechnical+Engineering:+Principles+and+Practices+of+Soil+Mechanics+and+Foundation+Engineering&hl=es&source=gbs_navlinks_s

MIDUVI. (2011). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. Obtenido de http://www.habitatyvivienda.gob.ec/

Montalván, F. (2008). *Caracterización Geoeléctrica del Acuífero de la Cuenca del Río Olón para Propuesta de Plan Explotación.* Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, ESPOL.

N. N. (1965). *Effects of Earth qake on Dams and Embankments. Geotechnique.*

Nanía, L. S. (29 al 31 de Enero de 2007). Manual Básico de HEC-HMS 3.0.0 y HEC-GeoHMS 1.1. *Universidad de Granada, Dpto. de Mecánica de estructuras e ingeniería hidráulica*, 7,8 y 9.

NEC. (2011). Obtenido de Norma Ecuatoriana de la Construcción. Capítulo 9. Geotecnia y Cimentaciones: http://www.cimeg.org.ec/normasnec/NEC2011-CAP.9-GEOTECNIA%20Y%20CIMENTACIONES-021412.pdf

NEC. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Decreto Ejecutivo Nº 705. Capítulo 2. Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente.* Obtenido de http://www.cimeg.org.ec/normasnec/NEC2011-CAP.2-PELIGRO%20SISMICO%20Y%20REQUISITOS%20DE%20DISE%C3%91O%20SISMO%20RESISTENTE-021412.pdf

Newmark, N. M. (1965). *Effects of Earth qake on Dams and Embankments.* Geotechnique.

NICOLL, S.A. (2011). *Tubos y accesorios plásticos*. Obtenido de http://www.nicoll.com.ar/index1.php

Norma Europea-Euro Códigos. (2000). *Euro Códigos.*

OMS. (15 de Noviembre de 2014). *Agua, saneamiento y salud (ASS).* Obtenido de Organización mundial de la salud: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/wsh0207/es/index1.html

Programa de manejo de recursos costeros. (s.f.). *Manejo integral de desechos sólidos en el cantón Atacames.* Atacames: Ilustre Municipio de Atacames.

Roben, E. (2002). Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. *DED/ Ilustre Municipalidad de Loja*.

S. S. (s.f.).

Sáez, E. (2010). Fundamentos de Geotecnia (ICE-1603). *Pontificia Universidad Católica de Chile - Departamento de ingeniería estructural y geotécnica*, 22, 23.

Sakurai, D. K. (10 de 12 de 2000). *Bliblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de HDT 17: Metodo sencillo del anáisis de residuos sólidos: http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html

Sarmiento, V., Vargas, D., Pedroza, A., Matiz, A., & Piñales, R. P. (2003). Producción de a-Amilasa con celulas libres e inmovilizadas de Thermus sp. *Revista MVZ Córdoba*, 8(2), 310-317.

Services Republic. (2012). *CONSTRUCCIÓN DE NUEVO RELLENO SANITARIO.* Inc. Scs Engieneers.

Sierra, R. (1999). Propuesta Preliminar de un sistema de Clasificación de Vegetación para Ecuador Continental. *Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecoeficiencia*. Quito, Ecuador.

Sifontes, V. E., & Moya, R. M. (2012). Modelación hidrológica con HEC-HMS en cuencas montañosas de la región oriental de Cuba. *scielo*, 95.

SIISE. (2014). *Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador*. Obtenido de Indicadores del SIISE - Tasa de crecimiento poblacional: http://www.siise.gob.ec/siiseweb/PageWebs/Poblaci%C3%B3n/ficpbl_D01.htm

Tchobanouglous, G., & Kreith, F. (2002). *Handbook of Solid Waste Management;*.

Tchobanouglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

Terreros, C. (2007). Mecánica de Suelos Práctica. En C. Terreros. ESPOL: 2da Edición.

TULSMA. (2003). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua - Libro VI Anexo 1.* Quito: República del Ecuador.

U. S. Gobernment Printing Office. (2014). *Part 258—Criteria for Municipal Solid Waste Landfills*. Obtenido de http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=4680a74ce35518a5cf2c7d61247ed53b&node=40:25.0.1.4.39&rgn=div5#se40.25.258_114

UK Environment Agency. (2002). Guidance on Monitoring of Landfill Leachate, Groundwater and Surface Water. P. 221: Landfill Directive Project Team, Environment Agency UK.

UNEP. (2009). *Developing Integrated Solid Waste Management Plan–Training Manual, Volume 1.* United Nations Environmental Programme.

Valverde, H. (2011). *Aprendo haciendo.* Editorial de la Universidad Estatal a Distancia: Costa.

Ven Te Chow. (1994). *Hidráulica de canales abiertos.*