



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO DE LAS MANCOMUNIDADES,
MONTAÑITA, OLÓN, CURIA Y LAS NUÑEZ”**

PROYECTO DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

RODRIGO ANDRES AMAYA RONQUILLO

ISMAEL JAVIER MOLINA PINTO

GUAYAQUIL-ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy. A mis padres Rodrigo Amaya y Gina Ronquillo, que con su paciencia me han formado. A mis hermanos, amigos y maestros, que me han guiado y ayudado en mi formación personal y profesional, y no cesaron con sus palabras de aliento.

Rodrigo Andres Amaya Ronquillo

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres por haberme dado todo lo necesario en todas mis jornadas de estudio, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral y a todos los profesores de la Facultad de Ciencias de la Tierra que han contribuido en nuestra formación académica.

Ismael Javier Molina Pinto

AGRADECIMIENTO

A Dios, a nuestras familias, amigos y profesores, que nos han sabido guiar en nuestro camino y han fortalecido nuestra formación personal y académica.

Rodrigo Andres Amaya Ronquillo

Ismael Javier Molina Pinto

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

PhD. Miguel Ángel Chávez Moncayo
DIRECTOR DEL PROYECTO

M. Sc. Alby del Pilar Aguilar Pesantes
COORDINADORA DE INGENIERIA CIVIL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Grado nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Rodrigo Andrés Amaya Ronquillo

Ismael Javier Molina Pinto

RESUMEN

El presente anteproyecto, muestra el diseño de un relleno sanitario para el cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena, el cual tendrá un área de estudio de cuatro comunas. Se presenta alternativas de lugares, donde ubicar la obra de saneamiento; donde se escogió la opción más factible, considerando restricciones en base a la ubicación del terreno y el análisis ambiental de la construcción del relleno en estos.

Se determinó que la alternativa viable en este trabajo, es la ubicación del terreno ubicado al frente de la comunidad de Olón, debido a que no contienen área de botadero, puesto que, es bien extensa, el terreno esta propuesto para una pista de aterrizaje, no obstante, está cerca de la población y tiene una vía de acceso transitable durante todo el año.

Puesto que el terreno es una planicie afectada por épocas de fuente invernal, por altos relieves montañosos en su alrededor, la construcción de dique y de canales de drenaje para la acumulación del agua y los lixiviados fue necesaria.

Además, se realizó un presupuesto donde se muestra el costo de la construcción del relleno sanitario, en el terreno seleccionado para este proyecto. Un corto análisis de impacto ambiental demuestra los efectos positivos y negativos que ocasionan la construcción de la obra al ecosistema.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	V
DECLARACIÓN EXPRESA	VI
RESUMEN	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS	XVIII
SIMBOLOGÍA	XX
INDICE DE FIGURAS.....	XXVI
INDICE DE TABLAS	XXVIII
CAPÍTULO 1	34
INTRODUCCIÓN	34
1.1 Introducción al método de relleno sanitario	35
1.2 Justificación	36
1.3 Objetivos.....	36
1.3.1 Objetivo General	36

1.3.2	Objetivos Específicos	37
1.4	Metodología de diseño.....	37
CAPÍTULO 2.....		39
TEORÍA Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS.....		39
2.1	Información general	40
2.1.1	Ubicación	40
2.1.2	Geología.....	42
2.1.3	Geología regional.....	44
2.1.4	Climatología	49
2.1.5	Topografía.....	53
2.1.6	Hidrología e hidráulica.....	54
2.1.7	Estudios geotécnicos	56
2.1.8	Población	56
2.1.9	Parámetros geotécnicos.....	57
2.1.10	Propiedades de los residuos urbanos	59
2.2	Criterios para la selección del sitio.	65
2.2.1	Áreas disponibles para las operaciones.....	65
2.2.2	Distancias a las zonas de recolección.....	65

2.2.3	Accesibilidad a la zona	66
2.2.4	Material disponible	66
2.2.5	Presencia de agua superficial en la zona	67
2.2.6	Abastecimiento lejos del agua potable	67
2.2.7	Estudios de impacto ambiental	67
2.2.8	Uso final	68
2.3	Relleno sanitario	68
2.3.1	Definición de relleno sanitario	68
2.3.2	Tipos de rellenos sanitarios.....	70
2.4	Preparación del sitio	74
2.4.1	Limpieza y desmonte	74
2.4.2	Movimiento de tierras	74
2.4.3	Obras de tierra	75
2.4.4	Sistema de drenaje de aguas freáticas	76
2.4.5	Sistema de impermeabilización.....	77
2.5	Infraestructura del relleno sanitario manual.	78
2.5.1	Preparación y secuencia de construcción.	78
2.5.2	Metodología de llenado.	80

2.5.3	Colocación de señalamientos viales.	80
2.5.4	Colocación de cerca viva.	81
2.5.5	Disposición de Residuos.	82
2.5.6	Diseño de la celda diaria y de niveles.	83
2.5.7	Construcción de las celdas.	84
2.5.8	Manejo de Lixiviados y Drenaje de gases.	85
2.5.9	Operación y Mantenimiento.	86
2.5.10	Cierre definitivo.	87
2.6	Canales en el sitio de disposición final	88
2.7	Estabilidad de taludes.....	90
2.7.1	Introducción.....	90
2.7.2	Esquema de perfil de la situación.....	93
2.7.3	Zonas sísmicas y factor de zona z	94
2.8	Estudio ambiental aplicado al proyecto.....	98
2.8.1	Marco Legal	98
2.8.2	Línea base	109
CAPÍTULO 3.....		112
METODOLOGÍA		112

3.1	Selección del sitio	113
3.1.1	Análisis preliminar.	113
3.1.2	Participación comunitaria	115
3.1.3	Investigación de Campo.....	117
3.2	Proyección Poblacional.....	117
3.3	Número de muestras.	118
3.4	Punto de muestreo.	120
3.5	Desarrollo de los muestreos.	121
3.5.1	Procedimiento en campo.....	121
3.6	Parámetros de evaluación.	121
3.6.1	Composición física de los residuos.	121
3.6.2	Producción per cápita.....	123
3.6.3	Densidad de residuos sólidos.	123
3.7	Capacidad necesaria del relleno sanitario manual.	124
3.7.1	Producción diaria.....	125
3.7.2	Volumen de desecho sólidos	126
3.7.3	Material de cobertura	126
3.7.4	Volumen de residuos anual estabilizado	127

3.7.5	Capacidad necesaria.....	127
3.8	Método para el Sitio de Disposición final	127
3.9	Capacidad volumétrica del sitio.	128
3.10	Metodología para el diseño de la Subrasante.....	128
3.11	Metodología para el diseño de taludes	128
3.12	Metodología del Cálculo y diseño de la celda diaria.	130
3.13	Metodología para la determinación de la vida esperada	132
3.14	Método para estimación de la cantidad de chimeneas.	133
3.15	Metodología para el cálculo de la cantidad de gases y lixiviados a generarse en el período de diseño por balance hídrico del suelo.	134
3.15.1	Evapotranspiración.....	135
3.15.2	Balance hídrico en el modelo de Tchobanoglous.....	138
3.16	Metodología para el análisis de la estabilidad	144
3.17	Recubrimiento.....	147
3.18	Metodología para el cálculo de canales.....	148
3.18.1	Metodología de cálculo.	149
3.18.2	Método racional.....	149
3.18.3	Tiempo de concentración.	151
3.18.4	Lluvia de diseño.	153

3.18.5	Ecuación de lluvia de Interagua 2011.	153
3.18.6	Coeficiente de esorrentía.	155
3.18.7	Canales.	156
3.19	Restricciones para la selección de la alternativa más conveniente. 157	
3.19.1	Análisis de las alternativas para disposición final.....	158
3.19.2	Ejecución y Operación	158
3.19.3	Presupuesto	159
3.19.4	Topografía.....	159
3.19.5	Estabilidad.....	159
3.19.6	Lixiviados	160
3.19.7	Zona Sísmica	160
3.19.8	Ubicación con respecto a fuentes de agua	160
3.19.9	Ubicación con respecto a la población	160
3.19.10	Proximidad al área de recolección de desechos	161
3.19.11	Acceso vial	161
3.20	Metodología para el cálculo de la mano de obra.	161
3.21	Presupuesto de Costo de Obra	163
3.22	Selección de alternativa.....	163

3.23	Determinación de Impacto Ambiental del Proyecto	164
3.23.1	Medidas de mitigación.....	165
3.24	Valoración de impacto ambiental (VIA).....	165
3.24.1	Plan de Manejo ambiental.....	166
3.24.2	Matriz de Leopold.....	167
CAPÍTULO 4.....		180
RESULTADOS.....		180
4.1	Sitio escogido para implementación del Relleno Sanitario	181
4.1.1	Alternativa 1	181
4.1.2	Alternativa 2	182
4.1.3	Alternativa 3	183
4.2	Proyección Poblacional.....	184
4.3	Número de muestras.	186
4.4	Toma de muestras.....	186
4.5	Composición física.....	187
4.6	Producción per cápita de desechos.....	191
4.7	Capacidad necesaria del relleno sanitario manual.	195
4.7.1	Producción diaria y anual de desechos.....	195

4.7.2	Volumen de desechos sólidos anual compactado y material de cobertura.....	196
4.7.3	Capacidad necesaria.....	197
4.8	Capacidad volumétrica del sitio.	198
4.9	Diseño de la Subrasante.....	209
4.10	Diseño de taludes en celdas y diques.....	211
4.11	Cálculo y diseño de la celda diaria.	211
4.12	Calculo de vida esperado	212
4.13	Cantidad de chimeneas.	216
4.14	Evapotranspiración potencial (ETP)	218
4.15	Evapotranspiración Real (ETR)	218
4.16	Balance Hídrico	219
4.16.1	Contenido de Humedad	219
4.16.2	Volumen de biogás potencial	220
4.16.3	Calculo de gases.....	221
4.16.4	cálculo de lixiviado	224
4.17	Análisis de las corridas	229
4.18	Diseño de canales	232
4.18.1	Coefficiente de escorrentía.	232

4.18.2	Tiempo de concentración.....	234
4.18.3	Intensidad de lluvia.....	236
4.18.4	Caudales.....	237
4.18.5	Canales.....	240
4.19	Cálculo de la mano de obra.....	243
4.20	Presupuesto de Costo de Obra.....	244
4.21	Selección de alternativa.....	247
CAPÍTULO 5.....		248
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		248
5.1	Conclusiones y recomendaciones.....	249
5.2	Recomendaciones.....	250
ANEXOS.....		
BIBLIOGRAFÍA.....		

ABREVIATURAS

ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
ETP	Evapotranspiración Potencial
ETR	Evapotranspiración Real
FS	Factor de seguridad
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
IGM	Instituto Geográfico Militar
INAHMI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
PEBD	Polietileno de Baja Densidad

PET	Polietileno Tereftalato
PPC	Producción Per Cápita
PPU	Papel periódico usado
RSM	Relleno Sanitario Manual
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

°	Grados
'	minutos
”	Segundos
”	Pulgadas
%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
mm	Milímetro
Ton	Tonelada
m ³	Metro cubico
m ²	Metro cuadrado
Kg	Kilogramo
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cubico
CH ₄	Metano

CO ₂	Dioxido de Carbono
C	Carbono
H	Hidrogeno
O	Oxigeno
N	Nitrógeno
S	Azufre
Ph	Potencial de Hidrogeno
S	Pendiente
RS	Relleno Sanitario
KN	Kilo Newton
Z	<i>factor sísmico de la zona</i>
g	gravedad
Art	Articulo
Φ	Diámetro
ρ	Densidad
σ	Desviación estándar

$Z_{1-\alpha/2}$	Coeficiente de confianza
A_{ALL}	Aguas lluvias
a	Peso total de muestras tomadas diariamente
B	Número de habitantes correspondientes a las muestras tomadas en cada día
A	Área
A_c	Área de la celda diaria
a_{max}	Aceleración máxima en el terreno
A_n	Ancho medio de la cuenca
$CDrs$	Cantidad diaria de residuos sólidos municipales en el relleno
D_d	Densidad de desechos
D_c	Densidad compactada
D_e	Densidad estabilizada

Drs	Densidad de los residuos sólidos municipales recién compactados en el relleno sanitario
C	Coeficiente de escorrentía de las cuencas hidrográficas
Cr	Coeficiente que representa el relieve de la cuenca.
Ci	Coeficiente que representa la infiltración del suelo.
Cv	Coeficiente de que representa cobertura vegetal.
Cs	Coeficiente que representa tipo de superficie.
Dr_{sm}	Densidad de los desechos sólidos compactados
E	Error permisible
c,e,f	Factores para distintos tiempos de retorno

K	Coeficiente de conversión de unidades
Ha	Hectárea
Hc	Altura de la celda
Hab	Habitante
Hr	Hora
i	Índice de Crecimiento
I	Intensidad de lluvia
L	Longitud del Cauce
lb	Libra
Ln	Logaritmo natural
m.c.	material de cobertura
n	Tamaño de la muestra
n	Coeficiente de rugosidad del cauce.
N	Tamaño de la Población

Nt	Población en el año t
No	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
T	Temperatura
Tc	Tiempo de concentración
V	Volumen
Vc	Volumen de la celda diaria
V_{RS}	Volumen de Relleno Sanitario
Kh	Demanda sísmica para los análisis pseudo estáticos

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de trabajo.....	38
Figura 2.1 Imagen de ubicación.....	42
Figura 2.2 Ubicación de sitios de disposición final.....	42
Figura 2.3 Geología en el área de estudio.....	44
Figura 2.4 Columna estratigráfica del grupo Chongón Colonche.....	49
Figura 2.5 Estaciones meteorológicas en la provincia de Santa Elena.....	50
Figura 2.6 Precipitaciones en el Ecuador.....	51
Figura 2.7 Distribución de las precipitaciones en la Península.....	53
Figura 2.8 Definición de taludes.....	76
Figura 2.9 Detalle de la estructura del dren y la Subrasante.....	80
Figura 2.10: Tabla de secciones típicas de canales abiertos.....	89
Figura 2.11 Slide,, método de Bshop.....	93
Figura 2.12 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor.....	96
Figura 2.13: Ubicación del Relleno a construirse.....	110
Figura 3.1: Posible área del proyecto.....	114
Figura 3.2 Posible área del proyecto.....	115
Figura 3.3.- Ejemplo de Prismoide.....	128
Figura 3.4 Taludes en corte.....	129
Figura 3.5.- Esquema general del Balance de Masas.....	138
Figura 3.6 Rendimientos.....	162

Figura 4.1 Porcentaje de desechos sólidos Totales.....	190
Figura 4.2 Área de dique.....	207
Figura 4.3: Perfil más crítico del relleno en curia	210
Figura 4.4: Perfil más crítico del relleno en Las Núñez.....	210
Figura 4.5: Perfil más crítico del relleno en Olón.	210
Figura 4.6 Volumen acumulado VS cota alcanzada.....	213
Figura 4.7 Volumen acumulado VS cota alcanzada.....	214
Figura 4.8 Volumen acumulado VS cota alcanzada.....	216
Figura 4.9 Volumen acumulado VS cota alcanzada.....	217
Figura 4.10 Producción de Gas por año de servicio	224
Figura 4.11 Producción de lixiviados Generados en Olón.	228
Figura 4.12 Producción de lixiviados Generados en Curia.	228
Figura 4.13 Producción de lixiviados Generados en Las Núñez.....	229
Figura 4.14 Estabilidad en Curia	231
Figura 4.15 Estabilidad en Olón.....	231
Figura 4.16 Estabilidad en Curia	232
Fotografía 1: Posible área del proyecto.....	114
Fotografía 2: Posible área del proyecto.....	182
Fotografía 3: Posible área del proyecto.....	183
Fotografía 4: Posible área del proyecto.....	184

INDICE DE TABLAS

Tabla I Estaciones Meteorológicas.....	50
Tabla II Comparación de rellenos sanitario	72
Tabla III Origen de los desechos sólidos.....	73
Tabla IV.- Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada	97
Tabla V Tipos de las viviendas.....	119
Tabla VI. Muestras por días.	120
Tabla VII. Tipos de materiales.....	122
Tabla VIII Rango de densidades según las condiciones y ubicación los desechos sólidos.	124
Tabla IX Taludes recomendados en corte.....	130
Tabla X.- Factores de seguridad por cortes mínimos.....	145
Tabla XI.- Factores c, e y f de la ecuación pluviométrica 2011.	155
Tabla XII Parámetros de Evaluación de las alternativas y restricciones.....	158
Tabla XIII.- Matriz de Intensidad para construcción	168
Tabla XIV.- Matriz de Intensidad para la fase de Operación	169
Tabla XV.- Matriz de Intensidad para la fase de demolición	169
Tabla XVI.- Matriz de Extensión para construcción.....	170
Tabla XVII.- Matriz de Extensión para operación	170
Tabla XVIII.- Matriz de Extensión para demolición	170
Tabla XIX.- Matriz de Duración para construcción	171

Tabla XX.- Matriz de Duración para operación.....	171
Tabla XXI.- Matriz de Duración para demolición	171
Tabla XXII.- Matriz de Signo para construcción.....	172
Tabla XXIII.- Matriz de Signo para operación.....	172
Tabla XXIV.- Matriz de Signo para demolición	173
Tabla XXV Matriz Magnitud.....	173
Tabla XXVI.- Matriz de Reversibilidad para construcción.....	174
Tabla XXVII.- Matriz de Reversibilidad para operación	174
Tabla XXVIII.- Matriz de Reversibilidad para demolición.....	175
Tabla XXIX.- Matriz de Riesgo para construcción	175
Tabla XXX.- Matriz de Riesgo para operación.....	176
Tabla XXXI.- Matriz de Riesgo para demolición	176
Tabla XXXII.- Matriz de VIA para construcción.....	177
Tabla XXXIII.- Matriz de VIA para operación.....	177
Tabla XXXIV.- Matriz de VIA para demolición	177
Tabla XXXV Matriz Evaluación.....	178
Tabla XXXVI.- Matriz de Rangos de Afectación para construcción.....	179
Tabla XXXVII.- Matriz de Rangos de Afectación para operación	179
Tabla XXXVIII.- Matriz de Rangos de Afectación para demolición.....	179
Tabla XXXIX.- Tasa de crecimiento poblacional.....	184
Tabla XXXIX.- Datos poblacionales.....	185
Tabla XLI.- Habitantes.....	185

Tabla XLII.- Fechas de muestreos.	187
Tabla XLIII.- Registros de las muestras y totales obtenidos.....	188
Tabla XLIV Pesos orgánicos e inorgánicos por habitantes	189
Tabla XLV Promedio total de desechos solidos	190
Tabla XLVI Producción per cápita desechos solidos.....	192
Tabla XLVII.- Producción per cápita.....	193
Tabla XLVIII. Producción per cápita desechos sólidos por año	193
Tabla XLIX Producción per cápita desechos solidos.....	194
Tabla L.- Producción per cápita desechos sólidos (Habitante, día).....	195
Tabla LI.- Cantidad acumulada de los desechos sólidos.	196
Tabla LII.- Volumen de los desechos sólidos.	196
Tabla LIII.- Capacidad necesaria del Sitio de disposición final.....	197
Tabla LIV.- Volumen de corte en Curia.	198
Tabla LV.- Volumen de corte en Las Núñez.....	199
Tabla LVI.-: Volumen de corte en Olón.	200
Tabla LVII.- Volumen de desechos Sanitario en Curia.....	201
Tabla LVIII.- Volumen de desechos Sanitario en Las Núñez.	202
Tabla LIX.- Volumen de desechos Sanitario En Olón.	203
Tabla LX.- Área de Rasante en Curia.	204
Tabla LXI.- Área de Rasante en Las Núñez.....	205
Tabla LXII.- Área de Rasante en Olón.	206
Tabla LXIII.- Volumen de cobertura en Olón.	207

Tabla LXIV.- Volumen de cobertura en Las Núñez.	208
Tabla LXV.- Volumen de cobertura en Curia.....	208
Tabla LXVI.- Volumen Total.	209
Tabla LXVII.- Dimensiones de la Celda Diaria para cada año de operación.	211
Tabla LXVIII.- volúmenes disponibles	212
Tabla LXIX.- volúmenes acumulados.....	212
Tabla LXX.- Estimación de la vida útil esperada	213
Tabla LXXI.- Estimación de la vida útil esperada	214
Tabla LXXII.- Estimación de la vida útil esperada	215
Tabla LXXIII.- Estimación de la vida útil esperada	215
Tabla LXXIV. Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite	218
Tabla LXXV.- Cálculo del Balance Hídrico del suelo.....	219
Tabla LXXVI.- Composición de área de estudio.....	220
Tabla LXXVII.- Estequiometria correspondiente a una digestión anaerobia de los desechos sólidos producidos	220
Tabla LXXVIII.- Contenido de humedad mínimo	221
Tabla LXXIX.- Contenido de humedad medio	222
Tabla LXXX.- Contenido de humedad máximo	223
Tabla LXXXI.- Lixiviados generados en el relleno sanitario de Curia	225
Tabla LXXXII.- Lixiviados generados en el relleno sanitario de Las Núñez	226

Tabla LXXXIII.- Lixiviados generados en el relleno sanitario de Olón.	227
Tabla LXXXIV.- Parámetros geotécnicos considerados en los cálculos de los perfiles Críticos	229
Tabla LXXXV.- Parámetros geotécnicos considerados en los cálculos de las trincheras libres de basura y considerando Geomembrana.....	230
Tabla LXXXVI.- Coeficientes de escorrentía empleados para el cálculo del caudal de diseño aplicando el método racional.	234
Tabla LXXXVII.- Datos para el cálculo del tiempo de concentración.....	235
Tabla LXXXVIII.- Cálculo del tiempo de concentración	236
Tabla LXXXIX.- Promedio de los diferentes metodos	236
Tabla XC.- Calculo de intensidad de lluvia	237
Tabla XCI.- Caudales con intensidades de lluvia a 25 y 50 años con respecto a diferente área de aportación para Olón	238
Tabla XCII.- Caudales con intensidades de lluvia a 25 y 50 años con respecto a diferente área de aportación para Curia	239
Tabla XCIII.- Caudales con intensidades de lluvia a 25 y 50 años con respecto a diferente área de aportación para Las Núñez.....	240
Tabla XCIV.- Calculo de canales en los diferentes sitios de disposición final	241
Tabla XCV.- Verificación de velocidad	242
Tabla XCVI.- Ejemplo para el cálculo del personal necesario.	243
Tabla XCVII.- Presupuesto general para Olón	244

Tabla XCVIII.- Presupuesto general para Curia	245
Tabla XCIX.- Presupuesto general para Las Núñez	246
Tabla C.- Matriz de Evaluación.....	247

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción al método de relleno sanitario

En nuestra sociedad se afrontan unas series de dificultades con los respectivos desechos sólidos debido al crecimiento poblacional, que de una u otra manera la relación entre ellos (crecimiento poblacional), crece en conjunto con los desechos sólidos.

Las comunas de Montaña, Olón, Curia y Las Núñez, constituyen un gran sector turístico, donde se generan abundante cantidad de desechos sólidos, que van a incrementar con desarrollo de la actividad turísticas.

Por lo antes señalado, se ha generado un problema o impacto ambiental, que debe ser manejado oportunamente por las autoridades locales de las mancomunidades.

Debido a este problema de crecimiento de desechos formulado, en el presente trabajo se propone estudiar y diseñar las tasas sujetas al plan de manejo de los desechos sólidos que incluyen el sitio de disposición final con todos sus elementos, por último, el manejo de lixiviados y gases.

Aunque en muchas poblaciones se han construido un diseño de relleno sanitario con la finalidad de sacar el buen provecho puesto que en algunos países ya no se construyen rellenos sanitarios por el gran impacto que ocasiona.

1.2 Justificación

Ante la respectiva y progresiva creciente de la generación de desechos sólidos, se debe implementar un plan de manejo y disposición final. Estas actividades están ligadas con la conservación del ambiente, en el cual no deben producir impactos a la naturaleza y con la salud de la población.

Se deben estudiar todas las posibilidades que permita controlar la producción y los efectos que produzcan los residuos sólidos.

Residuos domésticos, residuos urbanos e industriales, en el cual estos originan una gran problemática para el mundo a través de su mal manejo o de su relativa eliminación.

Por esa razón los principales impactos que se produce afectan directamente a los terrenos, al agua y al aire que se encuentran alrededor de las comunas.

A esto se le suma el desarrollo de las plagas, maleza que afectan directamente a la salud de la población.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar el relleno sanitario manual que reciba los desechos sólidos no peligrosos a ser generados en las comunidades de

Montañita, Olón, Curia y Las Núñez, como sitio de disposición final.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar las condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas del área de estudio
- Analizar las opciones para la selección del sitio de implantación del relleno sanitario manual.
- Realizar el prediseño del Relleno Sanitario como solución final
- Determinar el impacto ambiental a través de la matriz VIA
- Determinar el presupuesto en función a la ejecución de la obra

1.4 Metodología de diseño

Para llevar a cabo el diseño del relleno sanitario se consideró la siguiente metodología para la cual parte desde la revisión de la información existente hasta los estudios de campo, este prediseño será calculado para una vida útil de 10 años.

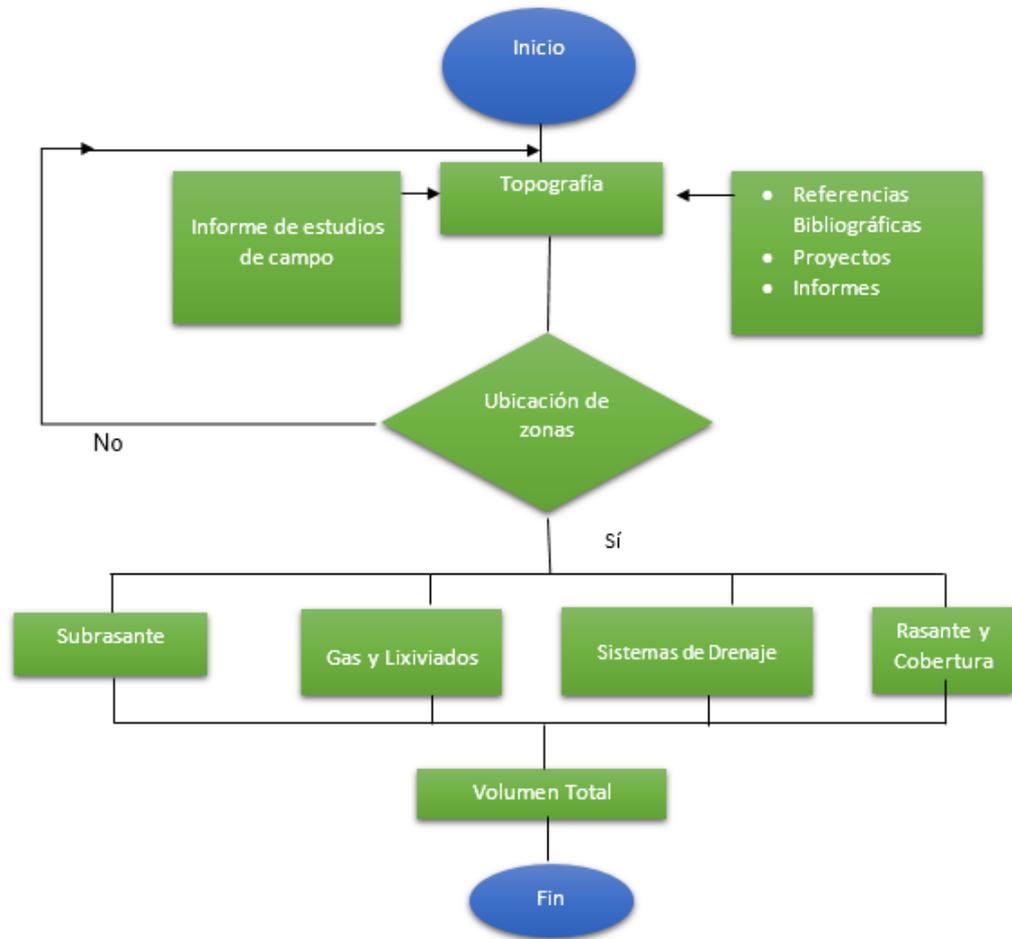


Figura 1.1 Diagrama de trabajo
Fuente: Tesistas

CAPÍTULO 2
TEORÍA Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN
EXISTENTE DEL MANEJO DE DESECHOS
SÓLIDOS.

2.1 Información general

2.1.1 Ubicación

Se han elegido tres sitios principales de disposición final, que se ubica en las comunas de Olón, Curia y Las Núñez. Cada uno de estos sitios permitirán la disposición final de los desechos sólidos de las dos poblaciones antes mencionadas, pudiendo incluir a la población de Montañita.

Los sitios elegidos lamentablemente deben estar ubicado en el borde costanero, por lo que se ha buscado localizar sitios que tengan el menor impacto posible, en el Anexo A se puede observar la ubicación con sus elevaciones correspondientes al área de búsqueda del sitio de disposición final.

La ubicación de dichos sitios de disposición final son los siguientes:

El primer sitio se localiza en la comuna de Olón que se encuentra ubicado a dos kilómetros de la carretera asfaltada en dirección este.

La ubicación geográfica del primer posible sitio del relleno sanitario es:

Latitud: 1° 47' 22" Sur

Longitud: 80° 43' 19" Oeste

El segundo sitio se localiza en la comuna de Curia que se encuentra ubicado a un kilómetro de la carretera asfaltada en dirección este.

La ubicación geográfica del primer posible sitio del relleno sanitario es:

Latitud: 1° 44' 34.02" Sur

Longitud: 80° 46' 3" Oeste

El tercer sitio se localiza en la comuna de Las Núñez que se encuentra ubicado a un kilómetro de la carretera asfaltada en dirección este.

La ubicación geográfica del primer posible sitio del relleno sanitario es:

Latitud: 1° 44' 30" Sur

Longitud: 80° 46' 27.07" Oeste

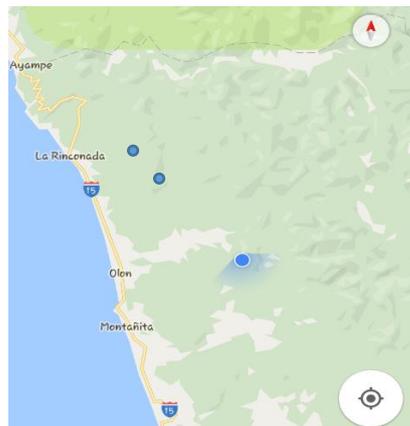


Figura 2.1 Imagen de ubicación
Fuente: Google Maps



Figura 2.2 Ubicación de sitios de disposición final
Fuente: Google Earth

2.1.2 Geología

Geológicamente la costa ecuatoriana está ubicada al Oeste de la Cordillera de los Andes, por el motivo del cual se ha depositado materiales detríticos, que constituyen las formaciones geológicas

de origen marino del litoral ecuatoriano y posteriormente formaciones de origen sublitorales-continental de la cuenca del Río Guayas.

El área de interés para el relleno sanitario, está ubicada en las estribaciones de la cordillera Chongón – Colonche, el cual constituye un levantamiento tectónico que parte desde Duran, Guayaquil y que avanza hasta el sector de Ayampe en la provincia de Manabí.

La cordillera mencionada está estructurada por las formaciones de Cayo y Piñón, en tanto sus estribaciones se encuentran sus formaciones geológicas más modernas, entre ellas la formación del miembro Zapotal que se encuentra ubicado el relleno sanitario.

La formación Zapotal, está constituida por areniscas de grano medio café amarillentas con intercalaciones de arenisca arcillosa, lutitas y arcillas, se puede observar en la Figura 2.3 Geología en el área de estudio la geología en la mayor parte del área de estudio para el sitio de implementación del relleno sanitario, más de estos detalles se los podrán observar en el Anexo B mapa geológico y Anexo C morfológico del área de estudio.

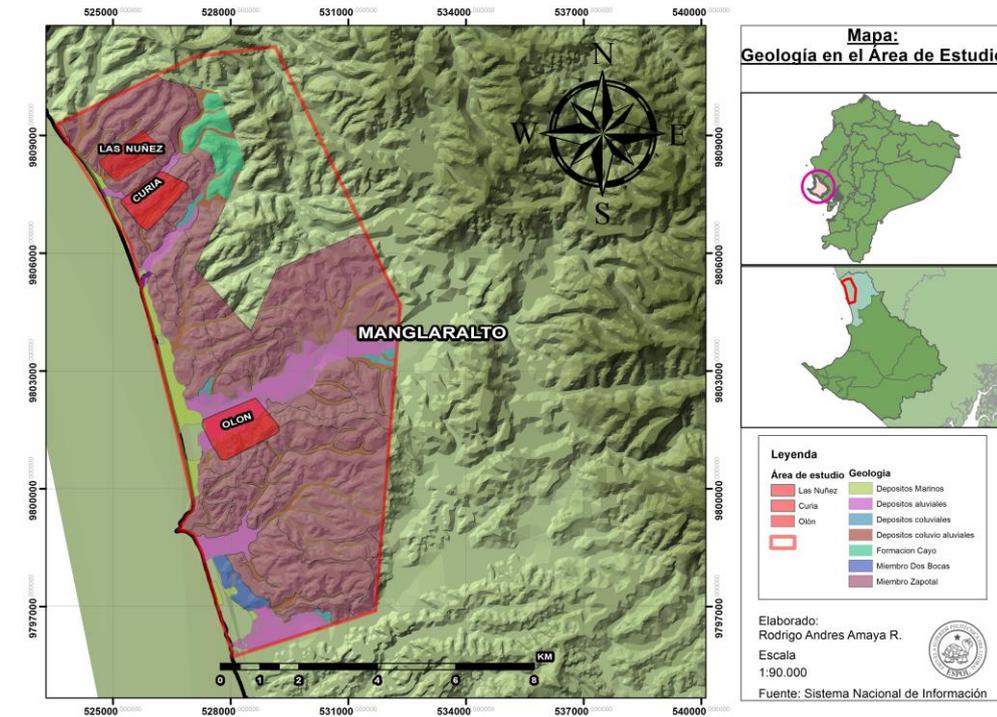


Figura 2.3 Geología en el área de estudio

Fuente: Modificado del sistema Nacional de Información

2.1.3 Geología regional

La costa ecuatoriana, comprende la extensa, plana e interna Cuenca del Guayas al Oeste de los Andes, también la cadena de montes marginales y la zona costera. Geológicamente la región representa una cuenca sedimentaria de un Ante-Arco perteneciente al Cretácico Superior o al Cenozoico, con un basamento de basaltos del Cretácico inferior (Formación Piñón); grandes anomalías gravimétricas positivas indican que no existe litósfera continental: esta y otras evidencias (por ejemplo virtual ausencia de rocas plutónicas granitoides) sugieren que la Costa

es fundamentalmente diferente no solamente de la Sierra, sino también del Sur de la región costera que continúa hacia el Perú."

En el Ecuador la sutura cubierta que separa la corteza oceánica de la Costa de la Corteza Continental que actualmente se cree subyacen los arcos volcánicos de la Cordillera Occidental, ocurre por lo tanto al Oeste de los Andes; muy al Norte del Ecuador y en Colombia, este cambio fundamental puede darse debajo de la Cordillera Occidental (Falla Romeral).

Los basaltos Piñón de la costa ecuatoriana, podrían representar el piso oceánico antiguo, o pueden ser volcánicos del arco primitivo, sobre yaciéndolo directamente. La Formación Piñón está cubierta por sedimentos pelágicos con algunos volcánicos del Cretácico Superior (Formación Cayo) depositados en una cuenca marginal enzimática Ante-Arco (en el trecho arco-fosa).

FORMACIÓN PIÑÓN (CRETÁCICO)

La formación Piñón está constituida por lavas basálticas y brechas de origen submarino, piroclásticos turbidíticos pobremente estratificados y delgadas capas de sedimentos intercalados (Pelágicos). Las lavas van de masivas a porfiríticas; algunas exhiben estructuras almohadilladas.

Los análisis químicos muestran que pueden ser toleitas de una cresta oceánica (GOOSENS, ROSE, & FLORES, 1977) o del sector toleitico primitivo de los volcánicos de un arco de isla. La Formación Piñón se caracteriza por fuertes anomalías gravimétricas positivas que también representan corteza oceánica (Feininger & Bristow, 1980) o está directamente subyacida por material del piso oceánico.

La Formación Piñón puede variar desde el Aptiano o quizá aún antes a un Turoniano o al Senoniense más inferior; por lo tanto, es más antigua y puede subyacer en parte a la Formación Macuchi, es más equivalente en edad a los volcánicos de la Formación Célica, como también a los del Grupo Casma de la Costa peruana.

FORMACIÓN CAYO (CRETÁCICO SUPERIOR: SENONIENSE, MAESTRICHTIENSE)

La Formación Cayo está expuesta ampliamente en los Cerros Chongón-Colonche y muy esporádicamente al Norte hasta Jama. Subyace el material terciario que llena las Cuencas Progreso y Manabí, descansando con una aparente concordancia sobre la Formación Piñón.

La formación consiste de una gran secuencia de sedimentos marinos y volcanoclásticos: brechas volcánicas basales están

sobreyacidas por brechas y conglomerados de grano fino, areniscas tobáceas y grauwacas; la parte superior es menos volcánica, en la que dominan argilitas pizarrosas silicificadas de color verdoso que pasan arriba dentro de los cherts del Miembro Guayaquil, que comprende argilitas altamente silicificadas, limonitas y cherts, que en ciertos lugares sobrepasan los 1.000 metros de espesor.

La columna estratigráfica del Grupo Chongón (de piso a techo: Formaciones Calentura, Cayo y Guayaquil) se muestra en la Figura 2.4 Columna estratigráfica del grupo Chongón Colonche.

FORMACIÓN TOSAGUA

Abarca un ciclo de sedimentación que comprende tres miembros: Zapotal (Cuenca de Progreso), Dos Bocas y Villingota. En la Provincia de Guayas aflora al W de la Cuenca de Progreso y más al N en la zona Valdivia - Manglaralto. Consiste de lutitas grises que se meteorizan con color chocolate y contienen una fauna nerítica bien preservada (Feininger & Bristow, 1980)

MIEMBRO ZAPOTAL

El miembro presenta bancos de conglomerados y estrados decimétricos a métricos de areniscas endurecidas. Los

conglomerados están cubiertos por areniscas que afloran en la zona de Data Posorja (IGM).

MIEMBRO DOS BOCAS

El contacto con el Miembro Zapotal es transicional, litológicamente constan de arcillas cafés en bancos centimétricos. La litología incluye concreciones calcáreas y en la base limolitas (IGM).

FORMACIÓN PROGRESO

Yace discordante sobre la formación Tosagua. Litológicamente se presenta con areniscas calcáreas, arcillas y lutitas que contienen una gran cantidad de moluscos. Las arcillas y lutitas son comúnmente plomas a verdosas, limosas, suaves y raramente carbonáceas, frecuentemente bentoníticas o tobáceas. Son comunes las concreciones alargadas de limolitas (Feininger & Bristow, 1980).

DEPÓSITOS ALUVIALES

Existen dos tipos de aluviones, de río y de estero. Al primero corresponden los depósitos que se encuentran rellenando las cuencas de los ríos y está formado por arenas y gravas no consolidadas. Al segundo corresponden los salitrales, compuestos predominantemente de lodo (fango) y trechos de arena fina y limos

que forman terrazas un poco más elevadas y secas. Los dos grupos están en proceso de formación (IGM).

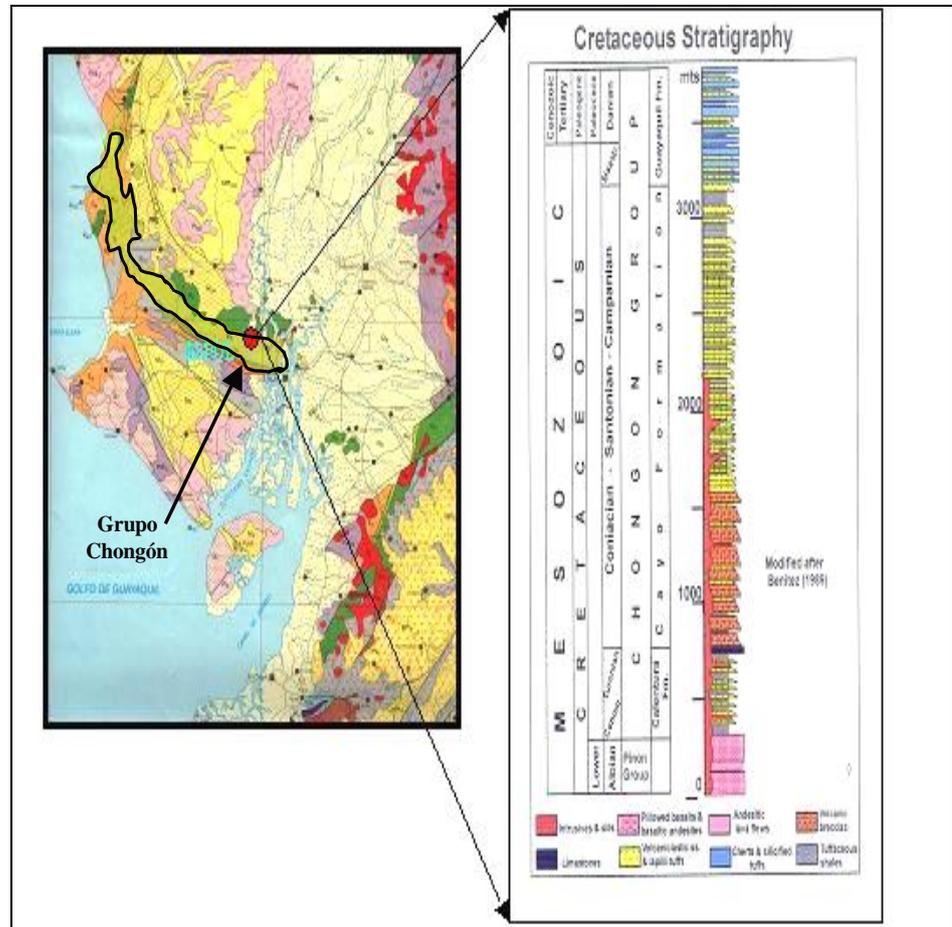


Figura 2.4 Columna estratigráfica del grupo Chongón Colonche
Fuente: (Aleman, 1999).

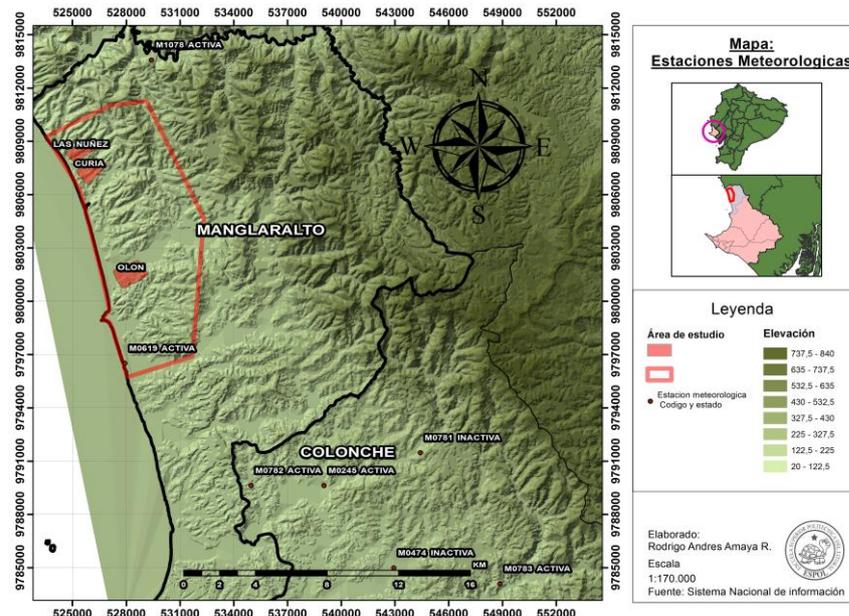
2.1.4 Climatología

El análisis del comportamiento del clima en el área de estudio, está regido por los de datos climatológicos proporcionados por las estaciones como se muestra en la Figura 2.5 Estaciones meteorológicas en la provincia de Santa Elena, la figura se lo puede ver en más detalle en el Anexo D.

Tabla I Estaciones Meteorológicas

CODIGO	Estacion
M0245	El Suspiro
M0619	Manglaralto
M0780	Colonche
M0782	Barcelona
M0783	Salanguillo

Fuente: INAMHI

**Figura 2.5** Estaciones meteorológicas en la provincia de Santa Elena

Fuente: Modificado del sistema Nacional de Información

Para el área de estudio del sitio de disposición final tomamos en consideración las estaciones meteorológicas que poseen una estación climatológica con instrumentos para registrar datos de:

- Temperatura del aire.
- Velocidad y dirección del viento.
- Cantidad de lluvia.

A nivel nacional se puede observar en el Anexo E como las precipitaciones difieren a lo largo del Ecuador en sus diferentes regiones y ambientes.

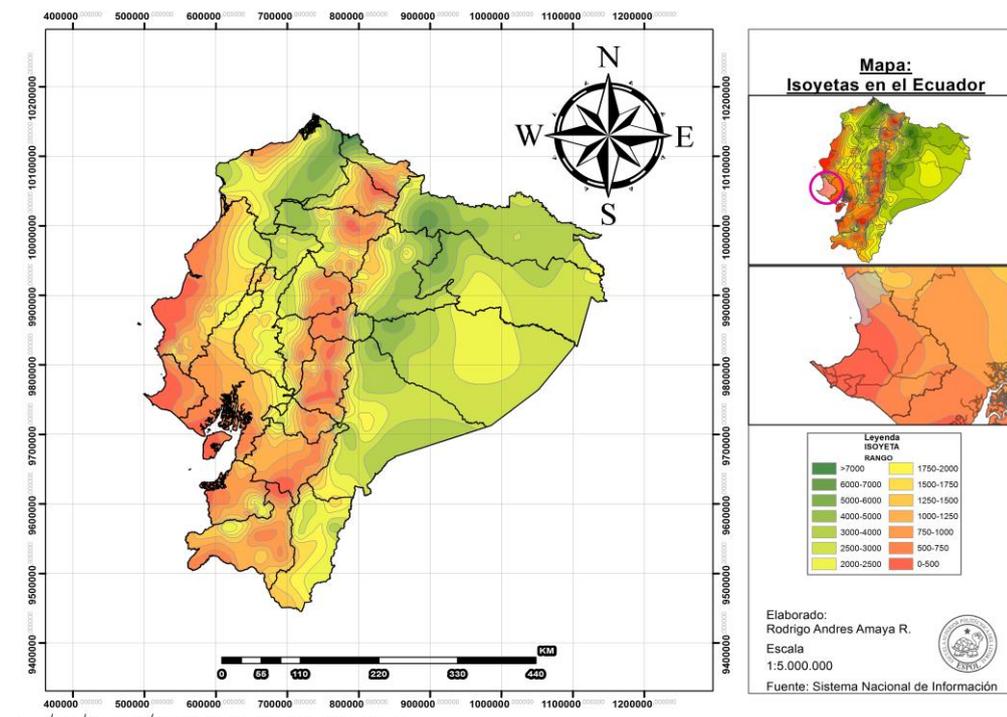


Figura 2.6 Precipitaciones en el Ecuador
Fuente: Modificado del sistema Nacional de Información

En la provincia de Santa Elena es de clima árido o desértico debido a los gradientes de temperatura, debido a las corrientes que circulan por la zona, datos que difieren por poco dependiendo de la estación climatológica que se presentan en la zona.

Por esa razón tiene dos épocas o temporadas, la lluviosa y la seca, la época seca se encuentra entre los meses de junio a noviembre

y la lluviosa de diciembre a mayo, puesto que por el cambio climático se ha obtenido un retraso hasta el mes de febrero.

Las épocas lluviosas representan aproximadamente el 90% de toda la precipitación que cae anualmente, las temperaturas oscilan entre los 21 y 40° C

Para zonas calientes se presenta la corriente del Niño debido a sus temperaturas altas, en el cual se presentan grandes precipitaciones en el año, cuando se presenta el fenómeno del niño los datos obtenidos por las estaciones difieren por mucho a los datos obtenidos en temporadas normales, después en la temporada de verano, se encuentra la presencia de la corriente de Humboldt 20 grados.

Las precipitaciones anuales en la Península, en promedio no exceden los 300 mm de lluvias (SNI). En las estribaciones de la cordillera Chongón-Colonche, las precipitaciones pueden llegar hasta los 1000 mm anuales como lo muestra la Figura 2.7 Distribución de las precipitaciones en la Península, en el Anexo F se muestra ampliamente la figura.

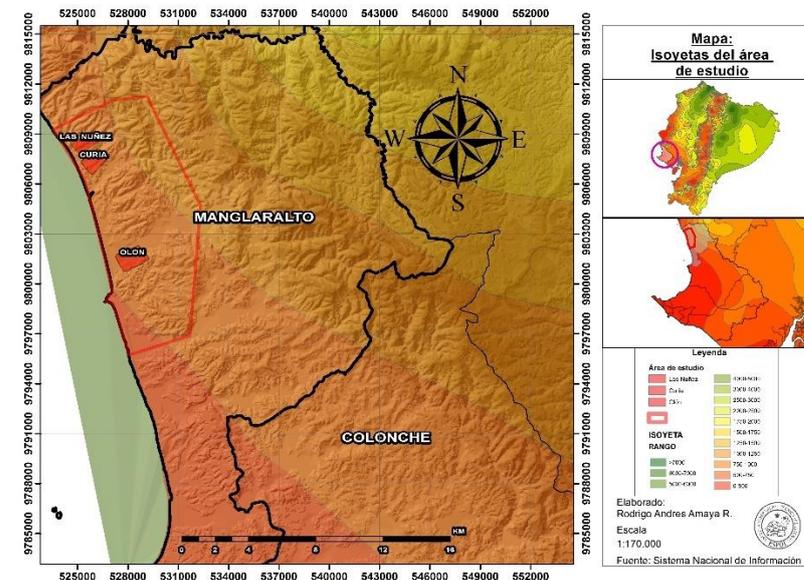


Figura 2.7 Distribución de las precipitaciones en la Península de Santa Elena
Fuente: SNI

2.1.5 Topografía

Su topografía corresponde a una zona de ríos que rodean al lugar que corresponde a un área de estudio de aproximadamente 42500 hectáreas y el área de implementación dependiendo de la pendiente podrá variar entre 1.5 y 7 hectáreas que será el correspondiente lugar donde se desalojara materiales de no peligrosos como sitio de disposición fina, con una elevación que va desde 20m desde la zona costera hasta 840m en la zona montañosa, en el anexo G se puede ver en más detalle las elevaciones en el área de estudio y su cercanía, en el anexo H se puede observar los ríos en la cercanía del área de estudio dentro de sus elevaciones.

2.1.6 Hidrología e hidráulica

En este proyecto, es importante conocer los aspectos hidrológicos, puesto que esta obra debe estar lo más alejado posible de cuerpos de agua, de no ser posible esto se requerirá alguna obra adicional de protección para evitar la infiltración de lixiviados a los cuerpos de aguas, en el anexo I se presenta las áreas propensas a inundaciones y el área de búsqueda del sitio de disposición final, por lo que de ser posible la implementación del sitio de disposición final debe estar lo más lejano a estas zonas de inundaciones, en lo que corresponde a la hidráulica de canales abiertos y sus estructuras, se propone seguir, en líneas generales, recomendaciones y la metodología empleada del libro de “Hidráulica de Canales Abiertos” (Ven Te Chow, 1994).

En cuanto a los canales abiertos perimetrales al área de estudio del Relleno Sanitario serán del tipo de sección transversal trapezoidal y revestidos. Varias son las ventajas de canales revestidos respecto a los canales de tierra, canales que servirán de pantallas deflectoras como bajantes o colectoras de agua lluvias, en el Anexo J se puede observar las microcuencas en las cercanías dentro y fuera del área de estudio del proyecto unas de las cuales serán importantes para obtener las áreas de aportación para el sitio de disposición final.

A continuación, se presentan algunas de éstas ventajas:

Es posible de esta manera disminuir las pendientes longitudinales, así manteniendo velocidades mínimas requeridas para que se realice la auto limpieza de los canales, lo que se significa en una parte de la reducción de las pérdidas de energía.

Se reducen las posibles infiltraciones.

En cuanto a la experiencia bibliográfica se puede decir que en proyectos similares los costos de mantenimiento y operación de canales revestidos son menores que si estos fueran canales de tierra.

Las características hidráulicas del flujo en canales son de mayor constancia en canales revestidos que en canales de tierra, entre otros factores, por efecto de la variación del coeficiente de rugosidad producida por el crecimiento a veces incontrolado de la vegetación.

De este modo se puede asegurar la estabilidad constante de la sección del canal.

2.1.7 Estudios geotécnicos

El presente informe tiene por objetivo elaborar y mostrar el análisis de estabilidad de los taludes de las diferentes ubicaciones de los Rellenos Sanitarios.

El resultado final se toma en cuenta las condiciones para que el sistema de la masa de los rellenos estudiados sea estable en cuanto de manera óptima alcance los valores de los factores de seguridad (FS), del perfil más crítico, a partir de que cumpla todas las exigencias que se plantea en la normativa de referencia (NEC, 2011).

Con los resultados obtenidos en la evaluación de la estabilidad de los perfiles más críticos, se analizará y recomendará otras medidas que tiendan a satisfacer las condiciones adecuadas para su estabilidad y operatividad en el relleno sanitario siempre y cuando la situación lo amerite.

2.1.8 Población

Es importante conocer el tamaño de la población puesto que esto representa la cantidad de desechos generados, por lo que en el presente informe se halla un aproximado para el cálculo en base al área de estudio y la densidad poblacional de la parroquia de Manglaralto.

2.1.9 Parámetros geotécnicos

Todos los ensayos que se llevaron a cabo fueron en base a muestras extraídas de calicatas que se efectuaron en la zona donde se calculó la ubicación idónea del relleno sanitario.

Debido a la extensión del área estudiada y al no disponer de recursos económicos para realizar la prospección geotécnica requerida en los tres sitios establecidos, se decidió efectuar un reconocimiento de campo para verificar una evaluación estimada de los parámetros geotécnicos.

El sector de Las Núñez el terreno tiene una pendiente aproximada desde 5% hasta el 14%, el cual se constató la presencia de suelos arcillosos puesto que debajo de estas capas de suelos limo arcilloso, actúa como matriz de suelos arenosos, lo que configura un depósito coluvial de suelos.

En un proyecto de vivienda cercano se determinó que los parámetros de los suelos son los siguientes:

Densidad del suelo 1.62 Ton/m³

Cohesión 1.50 kg/m²

Angulo de fricción 18 grados.

En los niveles más profundos los materiales de la zona se vuelven más resistentes.

En el siguiente sitio elegido le corresponde a la comuna de Curia, el cual se encontraron características similares a la antes descritas, puesto que, para el presente estudio, se asume los mismos parámetros.

En el siguiente sitio elegido le corresponde a la comuna de Olón, las condiciones encontradas en el terreno son tanto diferente a los otros sitios, debido a que los suelos se presentan más consolidados y además los taludes y plataforma estarán conformadas con rocas sedimentarias.

Por estas razones teniendo en cuenta estudios realizados en la parroquia Manglaralto donde se tienen materiales similares se utilizaron los siguientes parámetros:

Densidad del suelo 1.62 Ton/m³

Cohesión 2.200 kg/m²

Angulo de fricción 26 grados.

Al realizar la excavación de las plataformas y taludes en el sector de Olón los parámetros serán de mejor calidad geotécnica.

2.1.10 Propiedades de los residuos urbanos

2.1.10.1 Características o propiedades físicas

Densidad o Peso específico

Se define como el peso del material por su volumen ocupado (kg/ m³). Este parámetro es muy importante, a la hora de determinar la capacidad de los equipos de recolección y los equipos de almacenamiento de los desechos sólidos.

La densidad aparente se presenta en los residuos antes del proceso de compactación ya que están sueltas, al realizarse la compactación se altera o se modifica su densidad. La densidad varía según los distintos factores que se presenten en el área de implementación del proyecto como la producción o la estación del año. Se puede observar que la densidad es menor siempre en barrios céntricos, los desechos de oficinas son alternadas con las residenciales, puesto que en las zonas céntricas se puede encontrar una proporción de volumen mayor y bajo peso, como las hojas, cartón, plásticos, etc., mientras que en las zonas residenciales existe una mayor proporción de mayor peso y menor volumen, por la materia orgánica.

Humedad

Son proporciones de agua que se encuentran dentro de los diferentes elementos, por lo que la cantidad de agua que contienen altera su peso que alteraría cualquier proceso que se le aplique al residuo. La cantidad de agua que se retienen o pueden contener los residuos, tienen una gran influencia sobre el poder calorífico, esta acción ayuda a que los desechos pasen por un proceso de fermentación y altera el proceso de recolección y eliminación que ocasiona problemas con su realización.

Poder calorífico

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

Por la heterogeneidad de los residuos el poder calorífico inferior (PSI), depende en gran medida del grado de humedad y los porcentajes de materiales combustibles e inertes presentes como elemento en los residuos.

Capacidad de campo

Es la humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la gravedad expresada en cantidad, este parámetro es de importancia crítica para la formación

de los lixiviados en los vertederos, ya que si hay exceso representaría una mayor cantidad de lixiviados generados.

2.1.10.2 Características o propiedades químicas

Para la composición los residuos urbanos, sirve para poder analizar los diferentes tratamientos disponibles y recuperación o reutilización de los desechos 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.

De esto algunos parámetros nos sirven para realizar los procesos de incineración y el compostaje.

El resto de parámetros nos sirve para el proceso de compostaje de los residuos orgánicos, con la relación de Carbono/Nitrogeno, que se realicen de forma independiente es importante para la transformación biológica de los desechos orgánicos.

2.1.10.3 Características o propiedades biológicas

Como toda propiedad es importante, la propiedad biológica también lo es, porque es importante conocer, debido a que todos los componentes de los residuos pueden ser convertidos biológicamente en gases incluyendo los residuos orgánicos e inorgánicos

- 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

Otra propiedad biológica importante que se debe tener en cuenta para la gestión de residuos urbanos es la biodegradabilidad de los componentes orgánicos de los mismos, comprendida como la capacidad que tiene un compuesto para ser degradado en otros más sencillos con la intervención de los microorganismos y en otros casos se mide mediante sólidos volátiles.

2.1.10.4 Transformaciones de los residuos urbanos

La jerarquía de las transformaciones 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

La transformación de los residuos urbanos se lo puede efectuar en medios físicos, químicos y biológicos, también interviniendo a través de la mano de hombre o fenómenos naturales.

- 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

2.1.10.5 Caracterización de los residuos urbanos

Los residuos urbanos por lo general, se analizan en campo mediante técnicas de muestreo al azar.

El conteo y reconocimiento de los residuos urbanos recogidos se obtiene a través de un pesaje, pero para el diseño específico y preciso de un muestreo es pesar en porcentaje de cada fracción de los residuos de las comunidades.

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 y agrícola

La distribución del número de muestras se puede realizar por procedencia de manera proporcional a su volumen de generación, lo que permitirá asegurar la representatividad de los resultados a obtener en cuanto a:

Caracterizar la posible variabilidad semanal dentro de una misma procedencia.

Conocer los distintos sectores urbanos.

Considerar todos los horarios de recogida.

Una vez conocidos todos estos parámetros se procede a seleccionar proporcionalmente los camiones con respecto a su muestra diaria, con su respectiva toma de datos, como la hora, la fecha, el peso y todos los demás datos a la llegada de su respectivo tratamiento.

2.2 Criterios para la selección del sitio.

2.2.1 Áreas disponibles para las operaciones

Según los expertos de las comunidades de la zona determinaron que el terreno se encuentra en perfectas condiciones legales para la respectiva operación del relleno sanitario y el diseño correspondiente.

2.2.2 Distancias a las zonas de recolección

Los integrantes de las comunidades dado que el transporte tiene que ver con la distancia de las zonas del recorrido, siempre tiene que ser de menor longitud debido a que aumentaría con los costos de la obra, es decir que entre menor distancia menor costo, pero también tiene que estar relacionado con el abastecimiento de las cuatro comunidades respectivamente.

2.2.3 Accesibilidad a la zona

Para la respectiva construcción del relleno sanitario se debe tomar en cuenta, si contiene un acceso vial o no para el ingreso de los desechos sólidos a través de los vehículos colectores, por esa razón la ubicación de pista de aterrizaje que se encuentra ubicado en la comuna de Olón es la más favorable, puesto que el lugar consta con un acceso viable de tierra hacia el posible lugar donde se lo va a colocar, no obstante para que se proyecte a un buen servicio de recolección, lo más viable es construir una vía de acceso para el ingreso de los vehículos pesados, en el Anexo K se puede ver más detalladamente las vías o accesos disponibles al área de estudio de los diferentes sitios de disposición final. .

2.2.4 Material disponible

Para el material disponible debe de estar ubicado lo más cerca posible del relleno sanitario, sin importar que este cerca o lejos de la población, por esa razón el abastecimiento del relleno sanitario para mejorar el terreno y realizar la construcción del mismo no debe el máximo impacto a la contaminación de la naturaleza, que puede producir a la construcción del relleno sanitario, por las cotas que existen, puesto que se debe rellenar para obtener las respectivas pendientes que no deben pasar al 30 % y evitarlas grandes pendientes para la estabilización de taludes.

2.2.5 Presencia de agua superficial en la zona

Para el agua superficial se debe tener muy en cuenta ser ubicado lejos del relleno sanitario, lejos de la población, etc., por esa razón el abastecimiento del agua potable da a lugar a la contaminación que puede producir el relleno sanitario, por la filtración de los lixiviados, por la contaminación de las aguas subterráneas, la expulsión de contaminantes, por el debido tratamiento de los residuos sólidos.

2.2.6 Abastecimiento lejos del agua potable

Para el agua potable debe de ser ubicado lejos del relleno sanitario, lejos de la población, etc., por esa razón el abastecimiento del agua potable da a lugar a la contaminación que puede producir el relleno sanitario, por la filtración de los lixiviados, por la contaminación de las aguas subterráneas, la expulsión de contaminantes, por el debido tratamiento de los residuos sólidos.

2.2.7 Estudios de impacto ambiental

El control para reducir los impactos ambientales, se ve realizada por un aseguramiento de calidad, donde se realizan algunos procedimientos para realizar el debido análisis, durante el proceso, la construcción y la finalización del respectivo relleno sanitario.

Por esa razón debe estar estrictamente relacionado con los procedimientos y especificaciones de los planos de construcción y el monitoreo diario durante las fases de construcción del proyecto.

2.2.8 Uso final

Para el uso final de los residuos sólidos se debe tomar en cuenta, la clasificación de los residuos, puesto que sus desechos no pueden ir combinados con los desechos peligrosos.

El transporte es muy importante al momento de verificar la ubicación del relleno sanitario, por el resultado de los costos, pero si aumentaría la distancia de transportación, aumentaría los costos del transporte de los desechos.

Al final del ciclo se dispondrá de rellenar con una capa de material del sitio para protección, y podrá ser utilizado el sitio como área verde con vegetación del sitio o ser utilizado como parque recreativo dependiendo del uso que se le pueda dar al sitio de disposición final

2.3 Relleno sanitario

2.3.1 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, el desecho se cubre con una capa de tierra para realizar el proceso de compactación de forma sucesiva hasta terminar con la vida útil para el cual fue construido el relleno sanitario.

Si lo comparamos con un botadero no controlado o semicontrolado podemos obtener las siguientes ventajas:

- Una mejor protección al medio ambiente ya que se realizan procesos de drenaje, impermeabilización, tratamiento de lixiviados y en algunos casos cubiertas para protección de lluvia.
- Mejor seguridad se realizan taludes de protección, mejor compactación, menos peligro de caída del cuerpo de basura, menos contaminación en el sitio de disposición final, lo que se traduce en mejores condiciones para los empleados.
- Ventajas económicas, si se realiza el proceso de compactación de forma óptima y planificada se puede alcanzar una mayor vida útil del relleno, por lo que permite abarcar más desechos sólidos y 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 habitados (R.S de Loja).

2.3.2 Tipos de rellenos sanitarios

El relleno sanitario manual es una tecnología que se aplica cuando la mano de obra está disponible más fácilmente que la maquinaria que haría el mismo trabajo. Los obreros del relleno sanitario manual realizan todas actividades a mano: descarga, colocación, compactación y cubierta de los desechos, así como el mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes, excavación de nuevos módulos etc.

La tecnología del relleno manual tiene sus límites. La compactación del material es menos eficiente, y por consecuencia, la estabilidad del cuerpo de basura no permite alturas elevadas. Esta situación resulta en la necesidad de un mayor espacio con el consecuente aumento en la producción de aguas lixiviadas. No obstante, estas desventajas, suele ser la solución más conveniente para municipios y comunidades pequeñas, municipios ubicados en sitios aislados y municipios con fondos escasos (Jaramillo, 2002).

Los rellenos sanitarios con compactación mecanizada son la tecnología apropiada para municipalidades medianas y grandes que producen una cantidad diaria de basura que no sería factible manejar completamente a mano. Estos municipios disponen generalmente de fondos más adecuados y también de personal técnico capacitado. En el relleno sanitario mecanizado trabajan generalmente un o dos tractores compactadores que realizan los trabajos de colocación, compactación y cubierta de los desechos; y las excavaciones y el transporte necesario para suministrar nuevo material de cobertura. Los trabajos de mantenimiento se pueden hacer manualmente o con apoyo de maquinaria, dependiendo de la disponibilidad y necesidad de estas máquinas (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994) (por ejemplo, excavación de cunetas manualmente o con retroexcavadora).

En el Tabla II Comparación de rellenos sanitario se dan algunas recomendaciones indicando en qué situación se preferiría qué tipo de relleno sanitario. Se recomienda a cada municipalidad que planifica construir un relleno sanitario hacer un estudio de factibilidad comparando las ventajas y desventajas de las dos tecnologías para el caso específico.

Tabla II Comparación de rellenos sanitario

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: Modificado de (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

2.3 Tipo de desechos sólidos.

Para la clasificación de los desechos putrescibles y no putrescibles y consecuentemente desechos peligrosos y no peligrosos, según el origen realizado por Tchobanoglous se consideró que los desechos analizados en las comunas son del tipo residenciales, comerciales, agrícolas, construcciones, el motivo por el cual estos desechos se generan en las cuatros comunidades, por esa razón la clasificación de los desechos se lo realiza de manera separada, con su respectiva segregación, los principales tipos de desechos son putrescibles y no putrescibles.

Tabla III Origen de los desechos sólidos.

Origen	Descripción
Agrícola	Haciendas, plantaciones, ganadería, etc.
Comercial	Puntos de actividad comercial, tales como restaurantes, hoteles, bancos, etc.
Construcción	Obras civiles, demolición de estructuras, etc.
Doméstico	Viviendas, conjuntos domiciliarios, residencias etc.
Industrial	Fábricas, empresas manufactureras, refinerías, etc.
Mercado	Mercados, camal, tiendas de verduras, etc.
Plantas de Tratamiento	Plantas de tratamiento de agua potable, agua residual, lixiviado, etc.
Público	Instituciones públicas, municipales, y gubernamentales, etc.

Fuente: Modificado de (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

2.4 Preparación del sitio

La preparación del terreno incluye las siguientes actividades básicas:

2.4.1 Limpieza y desmonte

El proyecto de ser posible se realizará por etapas y de acuerdo al avance de la obra, se la realizará de esta manera con el fin de proteger de la erosión la zona de las otras fases hasta que entren en funcionamiento, sobre todo en las laderas. Pero como este proyecto es de investigación y no de construcción se tendrá que omitir las fases de la construcción del relleno sanitario. Se realizará la limpieza y desmonte de la fase a operar inicialmente, los sitios por donde se construirán los drenajes, vías, área destinada al almacenamiento y tratamiento de lixiviados, áreas administrativas y de compostaje. En las áreas a no ser utilizadas no se realizará la remoción de la cobertura vegetal.

2.4.2 Movimiento de tierras

El movimiento de tierras se realizará para la preparación de la plataforma del relleno sanitario, con este fin se realizó un profundo análisis de la topografía del sitio, estableciendo los sitios más adecuados, con el objetivo de optimizar y reducir los costos disponibles para el proyecto.

En los numerales siguientes se detallan las obras necesarias para un adecuado manejo de los desechos en el relleno, conforme se recomienda en el Estudio de Impacto Ambiental y plan de Manejo Ambiental.

2.4.3 Obras de tierra

Para los rellenos sanitarios manuales que son obras de ingeniería construidas en el suelo, muchas de sus estructuras o partes son ejecutadas con tierra.

Entre las principales obras de un relleno tenemos: terraplenes, diques, bermas de equilibrio, excavación de canales para drenaje, excavación de zanjas, construcción de vías en tierra e impermeabilización o protección de la tierra mediante compactación.

Uno de los aspectos que se debe tener en cuenta para los rellenos sanitarios manuales es la estabilidad de los taludes de tierra y de los terraplenes de basura (Jaramillo, 2002).

2.4.3.1 Definición de talud

Se denomina talud a la superficie que delimita la explanación lateralmente. En cortes, el talud está comprendido entre el punto de chaflán y el fondo del canal. En terraplenes, el talud está comprendido entre el chaflán.

La convención usada para definir el talud es en la forma de "S" unidades en sentido horizontal por una unidad en sentido vertical (Jaramillo, 2002).

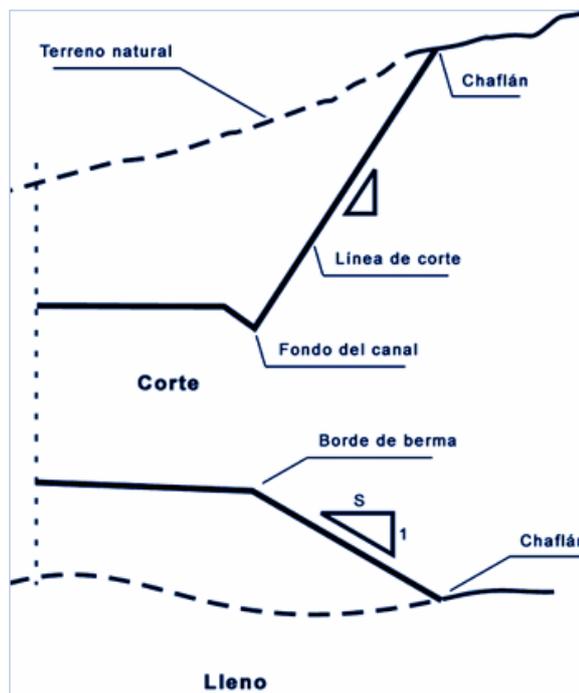


Figura 2.8 Definición de taludes
Fuente: (Jaramillo, 2002)

2.4.4 Sistema de drenaje de aguas freáticas

Se determinó que el nivel freático es poco superficial, debido a que se encuentra en las zonas costaneras, y el nivel del mar se encuentra a menos de un metro.

Pero por seguridad en la zona de ubicación de las piscinas de lixiviados se cubrirá con geomembranas.

2.4.5 Sistema de impermeabilización

No es necesario realizar ningún sistema de impermeabilización de la base del relleno si la condición del suelo lo permite y si las características del suelo son impermeables, conforme lo determine el estudio de suelos, en el Anexo L se puede observar la permeabilidad del suelo en su capa superior.

De todas formas y como una medida de precaución en el sitio donde se construirán las piscinas de almacenamiento y tratamiento de los lixiviados, se instalará geomembrana de las siguientes características:

- Geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 0.50 a 1.0 mm de espesor.
- Membrana de tipo texturada para mejor fricción con el suelo natural
- Resistencia mínima a la tracción (ASTM D882, franja de 25mm) de 11 kN/m
- Resistencia mínima al punzonamiento (ASTM D4833) de 170 N.

2.5 Infraestructura del relleno sanitario manual.

Dadas las características topográficas del terreno se utilizará un método mixto de trinchera-área para el ingreso y acomodación de los desechos sólidos.

La infraestructura del relleno consiste en la construcción de la Subrasante, el sistema de drenaje de lixiviados, la evacuación de gases (chimeneas), el llenado progresivo y la cobertura final de cierre.

Para poder implementar dichas obras es necesario seguir un procedimiento que garantice el correcto funcionamiento, adecuado mantenimiento y prevenir problemas que puedan ser perjudiciales al medio ambiente y la salud pública.

2.5.1 Preparación y secuencia de construcción.

Para la implantación de la obra establecida en los planos de diseño se realizarán las tareas que se detallan en forma secuencial a continuación:

Retirar la cobertura vegetal.

Excavar el material existente hasta la cota de diseño.

Retirar el material existente para almacenarlos en los sitios destinados para el efecto y que servirán para los trabajos de

protección de la geomembrana, cobertura de celda diaria y de cobertura final al cierre técnico del RSM, entre otros.

Previo a la instalación de la geomembrana se colocará una capa de material del sitio (limo-arcilloso) de 20cm de espesor debidamente compactada para efectos de protección al punzonamiento de la misma.

Instalación de Geomembrana de 1mm de espesor de polietileno de alta densidad, tomando en consideración el traslape y termosellado conforme las especificaciones técnicas del fabricante, así como su anclaje en las bermas de coronación.

Sobre la geomembrana, se colocará otra capa de material del sitio (areno-limoso) de 20cm de espesor. En el anexo M se puede observar con más detalle como estaría conformada la estructura de la subrasante del relleno sanitario manual. Esta capa debe ser nivelada y compactada con pendientes del 2% hasta el 5%, considerando el sistema de drenaje para el mejor escurrimiento de los lixiviados.

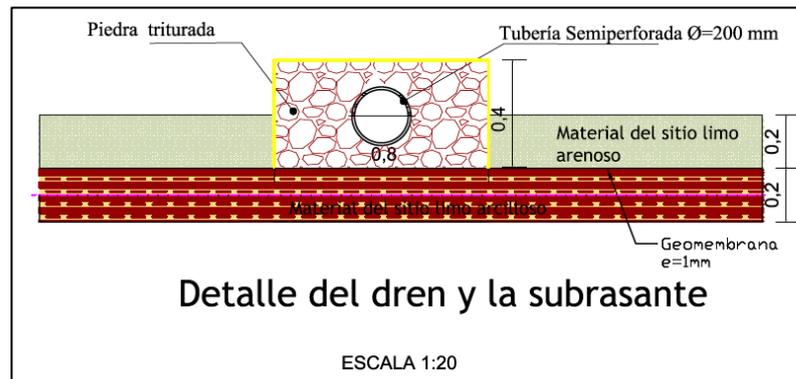


Figura 2.9 Detalle de la estructura del dren y la Subrasante
Fuente: Elaborado por Tesistas

Colocación de los drenes para realizar el drenaje de lixiviados.

Colocación de las chimeneas para realizar la evacuación de los gases producidos.

2.5.2 Metodología de llenado.

Para el presente estudio se consideró implementar una pendiente de fondo del 2% para facilitar la dirección de los lixiviados.

2.5.3 Colocación de señalamientos viales.

Es indispensable que, en cualquier relleno sanitario que cuente con señalamientos mínimos a fin de facilitar la información suficiente a los vehículos para su tránsito dentro del confinamiento y a los trabajadores para seguridad.

El proceso constructivo es simple, lo más importante es determinar la ubicación correcta para la colocación de los señalamientos, en donde deberán excavar huecos de 30 cm de diámetro por 40

cm de profundidad; una vez realizada la excavación se colocará el postigo o pedestal sobre el que se está apoyando el señalamiento.

2.5.4 Colocación de cerca viva.

Se considera importante delimitar la superficie destinada a relleno sanitario y aislarla de su entorno con el fin de minimizar o mitigar los posibles impactos negativos de las operaciones con desechos sólidos en los predios vecinos. La colocación de la cerca viva de árboles impide que los vecinos y transeúntes vean el relleno sanitario y la operación del mismo.

Esta zona mejora la apariencia estética del relleno y sirve para retener papeles y plásticos arrastrados por el viento.

El cercado se iniciará con el trazo de linderos, procediendo con la excavación de huecos para realizar la respectiva plantación.

Para el establecimiento de la cerca viva se ubicará a una distancia de 3 a 10 metros del talud del relleno sanitario como permita las condiciones del terreno y sus pendientes, luego cada 3 metros, se sugiere la siembra de árboles de rápido crecimiento típica de la zona para este fin, que no perjudiquen los taludes pero que alcancen una buena y exuberante frondosidad. La excavación será de 0.50 metros con un diámetro de 0.25 metros. Antes de la

implantación de la planta se podrá colocar en el hueco tierra mejorada.

2.5.5 Disposición de Residuos.

Los residuos son depositados en celdas unitarias o diarias previamente establecidas, ya que constituye el elemento constructivo primario y común del relleno sanitario.

Al término de cada día de operación, el área y taludes formados por los residuos compactados, son cubiertos completamente con una capa delgada de tierra, que posteriormente es compactada. De esta forma, los residuos compactados y cubiertos diariamente con este material, constituyen una celda.

Cuando los residuos son confinados en una celda, la fauna nociva como roedores, moscas principalmente, no pueden tener acceso fácil a los residuos para conseguir alimento o construir madrigueras, también se reduce la cantidad de materiales expuestos a los elementos ambientales con lo que se minimiza la dispersión de residuos, microorganismos y polvos, al igual que se mitigan o eliminan olores y la producción de lixiviados, facilitando finalmente el control de los gases que emanan de las celdas del relleno.

2.5.6 Diseño de la celda diaria y de niveles.

Los elementos que conforman a la celda son:

Altura. - Depende de la cantidad de residuos que se depositen, el espesor de material de cubierta diario, la estabilidad de los taludes y la compactación de ambos. Mientras más altas sean las celdas, menor será la cantidad de tierra necesaria para cubrir a los residuos y, mientras menor sea la altura de las celdas, el relleno requerirá de mayor cantidad de material de cubierta.

Ancho. - También llamado Frente de Trabajo, depende de la longitud de las cuchillas que se empleen en la construcción de celdas y se recomienda que el ancho mínimo sea de 2 a 2.5 veces el largo de la cuchilla de la maquinaria. Este factor de aumento se considera para facilitar las maniobras de cuchilla de la maquinaria. En nuestro caso el ancho de la celda diaria se ha calculado tomando en cuenta las condiciones de Manglaralto de un tractor más un carretón.

Talud. - Es el plano inclinado en donde se apoyan los residuos y los equipos compactadores. Su inclinación se especifica mediante un ángulo o relación que indica el número de unidades, que se avanzan en dirección horizontal, definiendo de este modo el otro

elemento de la celda diaria que es el largo. Se recomienda que las celdas tengan un talud máximo de 2:1.

2.5.7 Construcción de las celdas.

La celda diaria se define como la unidad básica de construcción del relleno sanitario; se asemeja a un pequeño bloque, y está constituida por la cantidad de desechos que se entierra en un día y por la tierra necesaria para cubrirla.

Como se sabe, las celdas están conformadas básicamente por los desechos sólidos y el material de cobertura, y serán dimensionadas con el objeto de economizar tierra, y con el fin de que proporcionen un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores.

Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores tales como:

La cantidad diaria de desechos sólidos a disponer.

El grado de compactación.

La altura de la celda más cómoda para el trabajo.

El frente de trabajo necesario que permitirá la descarga de los vehículos de recolección.

Entonces, las dimensiones principales de la celda unitaria o diaria son:

Espesor de la cubierta diaria (capa de cobertura diaria con material del sitio limo - arenoso): 0.20m máximo

Alto de la celda (solamente desechos sólidos): 0.8 m por celda diaria, que se irán compactando cada 20 cm

Ancho de la celda: 3 metros que permiten la maniobrabilidad del tractor y carretón, ver anexo M.

2.5.8 Manejo de Lixiviados y Drenaje de gases.

El drenaje de gases estará constituido por un sistema de ventilación de piedra colocada en el interior de tanques y con una tubería perforada que funciona a manera de chimeneas o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno.

Estas se construyen conectándolas a los drenajes de lixiviado que se encuentran en el fondo y se las proyecta hasta la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases.

Además, a medida que avance el relleno debe ser construida de tal manera que siempre esté un metro por encima de los desechos sólidos, procurando siempre una buena compactación a su alrededor, en el Anexo N se puede observar con más detalle la

localización de las diferentes infraestructuras necesarias en el sitio de disposición final y su ubicación respectiva.

2.5.9 Operación y Mantenimiento.

Durante las labores de operación y mantenimiento se debe prestar especial atención a:

Supervisión constante durante la construcción de la celda diaria, en las operaciones de rutina, todo esto mientras se descarga, recubre la basura y compacta la celda para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.

Desviación de las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.

Considerar la altura de la celda diaria para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.

El cubrimiento diario con una capa de 0,10 a 0,20 metros de tierra o material similar.

La compactación de los residuos sólidos con capas de 0,10 a 0,20 m de espesor cuando finalmente se cubre con tierra toda la celda.

De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario,

pues con él se puede alcanzar, a largo plazo, una mayor densidad y vida útil del sitio.

Se debe tratar de alcanzar una mayor densidad, pues resulta mucho más conveniente desde el punto de vista económico y ambiental, puesto que aumentaría la capacidad de diseño.

Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.

2.5.10 Cierre definitivo.

Se debe realizar el recubrimiento final con unos 0,20 a 0,30 metros de espesor el mismo que se efectúa con la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que pueda generar y sostener la vegetación a fin de lograr una mejor integración con el paisaje natural, aunque en muchos casos, después de la cobertura final, el pasto crece en forma espontánea.

Un relleno sanitario clausurado se puede desarrollar programas de recuperación paisajística y social como un parque, un campo deportivo o una zona verde, en nuestro caso se recomiendan zonas verdes que ocasionen los menores gastos. Para la recuperación del paisaje es conveniente la siembra de plantas de raíces cortas y césped o grama.

En varios países de la región ya existen experiencias de aprovechamiento de estos sitios transformados en parques y áreas recreativas en México D. F., Santiago de Chile y Buenos Aires, entre otras ciudades. También aquí en Guayaquil se tiene el caso de la ciudad deportiva, Carlos Pérez Perasso y el Parque Metropolitano en el Relleno Sanitario Las Iguanas.

Se debe tener en cuenta que no se recomienda la construcción de edificaciones, viviendas, escuelas ni infraestructura pesada sobre la superficie del relleno, debido a su poca capacidad para soportar estructuras pesadas, además de los problemas que pueden ocasionar los hundimientos y la generación de gases, como ya ha sucedido en Puná en los botaderos que hubo anteriormente en la cabecera cantonal

Para la recuperación del paisaje es conveniente la siembra de plantas de raíces cortas y césped o grama (Benítez, 2001).

2.6 Canales en el sitio de disposición final

El diseño hidráulico de canales consiste en realizar el dimensionamiento y la forma geométrica del canal en función al caudal que transporta de acuerdo a la demanda de agua requerida por el sistema. El diseño comprende la ingeniería de trazo, alineamiento, pendiente de fondo, secciones transversales, así como la forma y dimensiones de la sección

del canal, su revestimiento y la determinación de las características hidráulicas como la velocidad y el tirante que permiten establecer el régimen del flujo de agua en el canal.

Trata principalmente al cálculo del tirante normal que es el que corresponde para cada descarga en un canal con pendiente de fondo, sección, sección transversal y rugosidad de paredes establecidas.

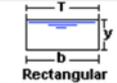
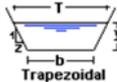
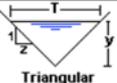
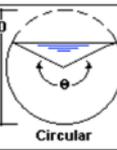
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta-\text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T+\frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura 2.10: Tabla de secciones típicas de canales abiertos.

Fuente: Diseño de canales. Rojas Rubio, Hugo Amado

Los canales usados en los botaderos fueron de sección triangular, mientras que los canales usados en las trincheras fueron de sección trapezoidal, donde más adelante ya con los cálculos de los caudales se podrá determinar la sección más conveniente.

2.7 Estabilidad de taludes

2.7.1 Introducción

Puesto que el aspecto geométrico y geotécnico de un relleno sanitario es fundamental, tanto para el diseño de la geometría de los materiales naturales que conformarán el fondo del vaso, como también para asegurar la estabilidad de los taludes finales de las celdas de desechos, se deben realizar al inicio del proyecto el procesamiento e interpretación de la información existente y una serie de ensayos de campo y laboratorio apropiados para definir los parámetros geotécnicos, tanto del terreno natural, como de los desechos que ya se han dispuesto en la zona. Estos datos deben ser complementados con los estudios hidrológicos, hidrogeológicos e hidráulicos, que definen como parte de este proyecto el sistema de evacuación de aguas de lluvia.

Entre los trabajos de campo, constan los siguientes:

- Levantamiento topográfico.
- Perforaciones.
- Prospección geofísica (sondeos eléctricos y tomografías).
- Calicatas.
- Penetraciones dinámicas superpesadas.

- Análisis de muestras en laboratorio de mecánica de suelos y rocas.

Teniendo en cuenta la complejidad del problema que se trata, ningún método de análisis, ni criterio de solución puede, por sí solo, considerarse suficiente para el diseño con la necesaria confiabilidad, de los taludes en el Relleno Sanitario Manual.

Para ello se requiere en primer término un conocimiento detallado del medio en que se realiza el estudio, principalmente de las características del material que se deposita (desechos).

Se considera que la basura tiene un comportamiento que guarda cierta similitud con los suelos, es de esperarse que la salida o drenaje de los líquidos va a permitir la consolidación del cuerpo de desechos sólidos.

Cuando se trata de suelos la consolidación de las arcillas se logra mediante la construcción de drenes que permitan la evacuación de los recursos de agua, impidiendo su llegada a terreno arcilloso.

En el caso del Relleno Sanitario para el proyecto, se implementará, chimeneas o drenes que mediante un sistema de tuberías permitan la captación y conducción de los líquidos y la evacuación de gases, para de esta forma prevenir la existencia de

bolsones de agua (lixiviado) y de gases que pueden llegar a generar presiones en los sitios donde estos puedan llegar a acumularse.

La salida de líquidos (lixiviado) de la masa de basura puede también permitir la consolidación de la misma debido a que se van a producir asentamientos. Evidentemente esta consolidación se hará más fácil, si se construye soluciones que permitan el drenaje de los líquidos (lixiviado) y que alivien la presión de los gases

Existen varios tipos de análisis de estabilidad de taludes, dependiendo la elección, de uno u otro método, de diferentes factores entre ellos la característica del material del relleno (desechos) (Federico).

Para el caso que nos ocupa es recomendable emplear métodos que permitan el cálculo para varios tipos de forma de movimientos de masas, como por ejemplo el método de Sarma y Spencer-Wright, debido a que no es factible predecir con claridad qué tipo de mecanismos o secuencias se podría producir. Por ello se elige emplear para el análisis de la estabilidad el software Slide el que ha tenido una amplia aplicación para es el caso de rellenos sanitarios en otros países (por ejemplo, Colombia).

Cabe indicar, que el software Slide parte del criterio de considerar que el movimiento de masas es circular y del empleo de las dovelas verticales (método de Bishop simplificado, Janbu, Spencer, entre otros), todos los cuales son considerados como métodos aproximados de cálculo (Instituto Geólogo Minero de España, 1987) Como ilustración, en el siguiente esquema se ilustra lo antes mencionado Figura 2.11 Slide, método de Bshop

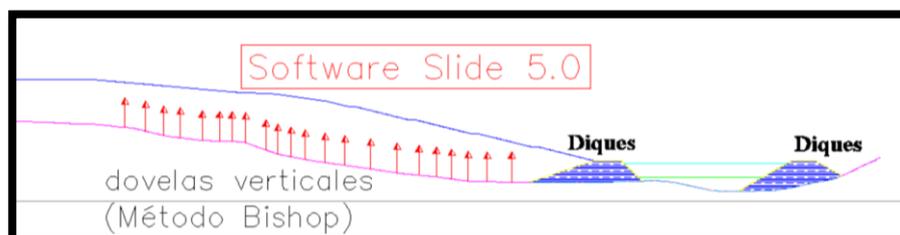


Figura 2.11 Slide, método de Bshop
Fuente: (Benítez, 2001)

2.7.2 Esquema de perfil de la situación

El análisis se hace a partir de las condiciones que existen en el sector donde se implantará el RSM.

La altura que alcanzará el relleno en los diferentes sitios de implementación, en el relleno sanitario de curia es de 8 m, en Olón es de 10 m y en las Núñez es de 13 m, todos desde la subrasante.

La disposición de los desechos consiste en colocar capas de 1m (0.8 m de desechos sólidos y 0.20 m de material arcilloso como cobertura. Al culminar la disposición de esa capa se remueve la

cobertura, lo que permitirá el paso hacia abajo (hacia la capa drenante) del líquido y se dispone la siguiente capa de 1 m.

Esta forma de disposición de los desechos en el relleno, aunque es operativa y favorable desde el punto de vista de la realización de los trabajos y además crea condiciones propicias para que el líquido fluya hacia abajo.

Lo anterior se debe a que se depositan desechos hasta los 1 m y después el material de recubrimiento, al cabo de cierto tiempo (que puede ser de varias semanas) se retira y se depositan el otro 1 m de desecho. Como es obvio, las características de los desechos de abajo tienen en ese momento otra contextura, que los que se depositan encima, produciendo en la unión de ambas capas una superficie de debilitamiento.

Esto trae consigo que la aptitud de ambas capas ante efectos desestabilizadores pueda ser diferente, a pesar de que durante esta operación al retirar la cobertura el material se remueva.

2.7.3 Zonas sísmicas y factor de zona z

El valor de Z de cada zona representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. Como bien se sabe por estudios el territorio ecuatoriano presenta una alta actividad y amenaza

sísmica elevada, a excepción del nororiente ecuatoriano que se ubica dentro de una amenaza sísmica intermedia, en cambio el litoral ecuatoriano se ubica dentro de una zona con una amenaza sísmica muy alta. (NEC, 2011)

Para el diseño de una estructura en una población o zona que no esté incluida en la clasificación de zona sísmica por ello se dificulte la caracterización, se debe utilizar el valor de la población más cercana a la zona de la construcción, para nuestro caso la ubicación de la zona de estudio se ubica dentro de la clasificación de amenaza sísmica por lo que en este caso para la población de la parroquia de Manglaralto es de $Z=0.50$ según indica la tabla 2.2 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción- Capítulo 2. Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente.

El siguiente mapa reconoce el hecho de que la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana es la principal fuente de generación de energía sísmica en el Ecuador. A este hecho se añade un complejo sistema de fallas local superficial que produce sismos importantes en gran parte del territorio ecuatoriano (NEC, 2011).

La evaluación de los principales eventos históricos acompañada de un estudio moderno de re-evaluación de la magnitud y

localización de dichos eventos utilizando el método de Bakun & Wentworth (Beauval et. al, 2010).

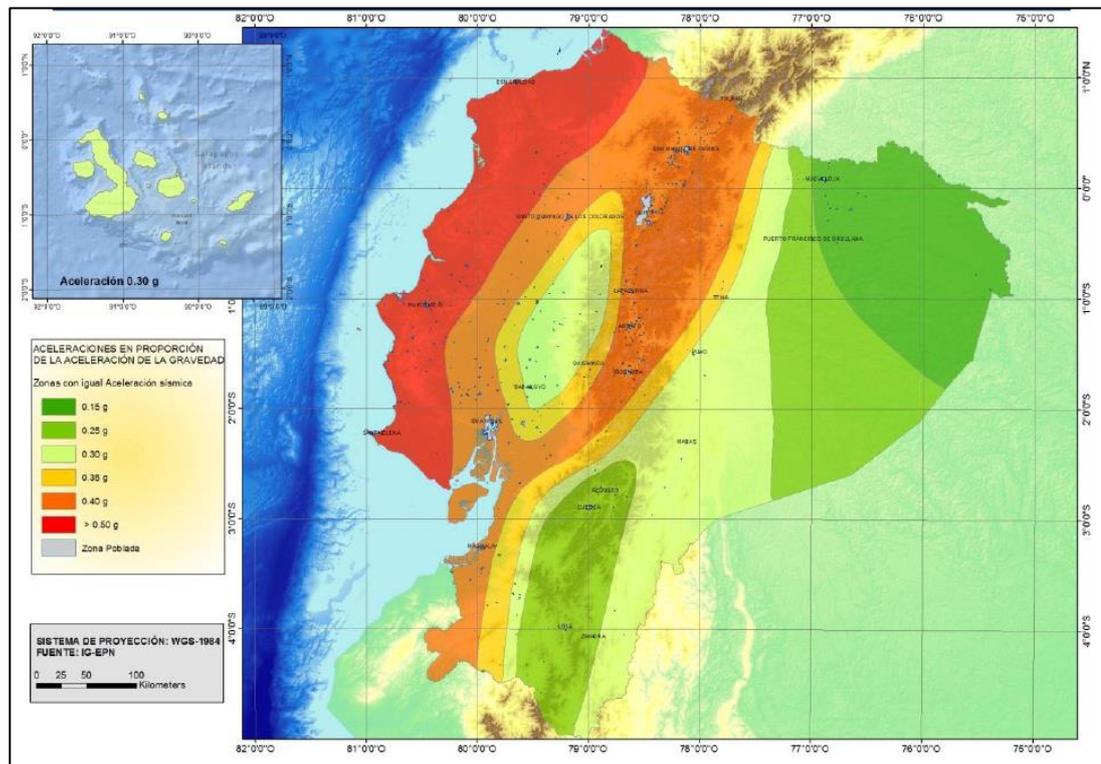


Figura 2.12 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z
Fuente: (NEC, 2011)

El mapa de zonificación sísmica para diseño de la Figura 2.12 Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI. Con ello se reconoce que los verdaderos resultados de peligro sísmico para un periodo de retorno de 475 años para la zona VI

son en realidad mayores a 0.50 g y que han sido saturados a dicho valor para ser utilizados en estructuras de edificación de uso normal.

Tabla IV.- Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: (NEC, 2011)

Se reconoce también que los resultados alcanzados hasta el momento en los estudios de peligro sísmico tienen un carácter dinámico, ya que reflejan el estado actual del conocimiento en la sismología y neotectónica del Ecuador. (NEC, 2011)

Para el diseño de estructuras de ocupación especial, esenciales, puentes, obras portuarias y otras estructuras diferentes a las de edificación, es necesario utilizar diferentes valores de amenaza sísmica para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos en la norma ecuatoriana, de acuerdo con lo estipulado en la sección 2.9 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción- Capítulo 2. Peligro Sísmico y Requisitos de Diseño Sismo Resistente.

2.8 Estudio ambiental aplicado al proyecto

2.8.1 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.

2.8.1.1 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.

2.8.1.2 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 (Artículo 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 monitoreo ambientales) y evaluaciones de impacto ambiental (Arts. 33 y 34).

2.8.1.3 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.

2.8.1.4 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.

2.8.1.5 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.

2.8.1.6 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”.

2.8.1.7 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.

2.8.2 Línea base

El área seleccionada se encuentra cerca de sembríos al antiguo botadero ubicado en el tramo E15 de la vía Salinas- Esmeraldas de la Ruta Spondylus, está rodeado de pastizales, yerba mala y no existe fauna que pueda ser afectada por el desarrollo del proyecto.

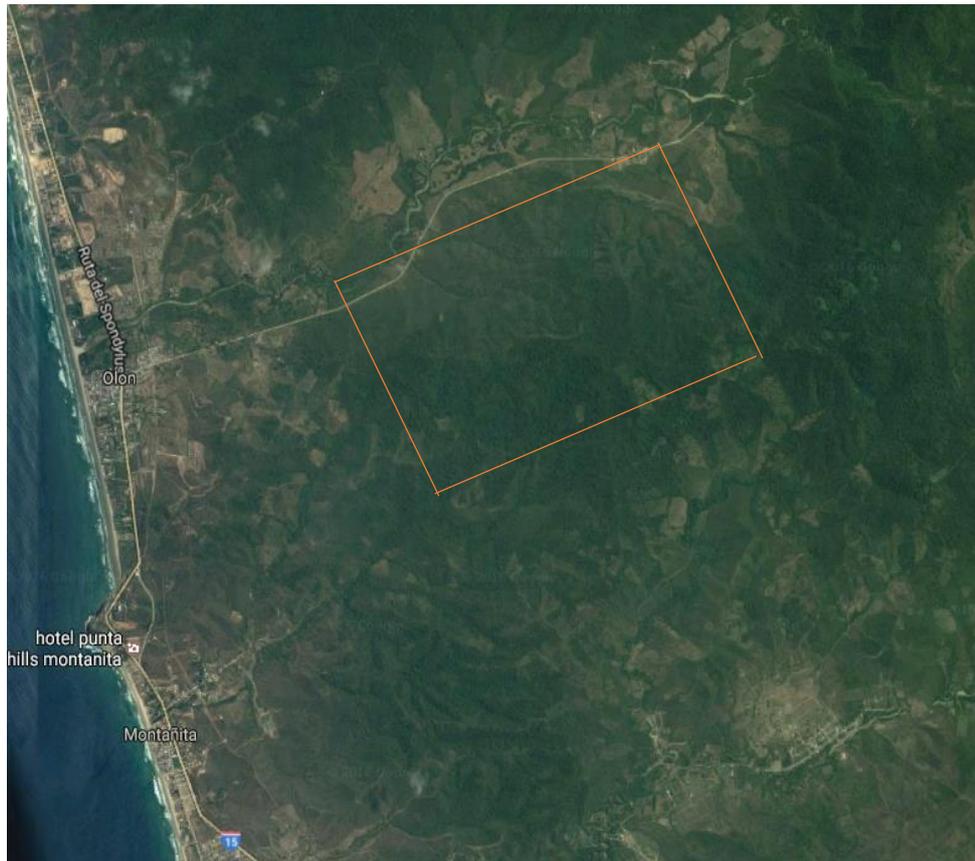


Figura 2.13: Ubicación del Relleno a construirse

Fuente: Google Earth

El lugar cuenta con una topografía regular, con 13% de pendiente. Con respecto al drenaje, se conoce que en época invernal el terreno se ve afectado por las precipitaciones, debido a la zona en que se encuentra elevación del nivel hacia el nivel del mar y por la zona montañosa, puesto que recoge gran cantidad del agua hacia el relleno.

En la mancomunidad presente cuenta con un clima Tropical Húmedo y Seco (Producto de la Sabana), puesto que, durante la estación húmeda presente en los meses de diciembre a mayo, se

aprecia un incremento de la precipitación con respecto a la estación seca.

Acorde a la información de estudio de suelos revisados en el 2.1.9 Parámetros geotécnicos, en el lugar donde se va a construir el relleno sanitario existen suelos arcillosos, producto de la formación que se produce en el lugar, por la zona costera y en base a estudios de suelos realizados se verifica que la parte superficial del suelo está compuesto por suelos arcillosos con una mezcla de arena limosa, esto lo convierte en un material permeable para los lixiviados.

Otro aspecto relevante, es que la obra se encuentra en las afueras de la comuna, es decir que no afecta a la población en un radio de no más de 1000 m.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Selección del sitio

3.1.1 Análisis preliminar.

La respectiva visita de campo se la debe de realizar con todas las autoridades competentes y los corresponsables de a la respectiva protección de suelo, agua, medio ambiente. En estas respectivas visitas se debe contar con los planos topográficos que puedan ayudar al guía y a la elección del lugar donde se va a realizar el diseño del relleno sanitario.

Para la selección del sitio deberán en tener en cuenta las siguientes consideraciones, de preferencia los lugares donde a la colocación del relleno sanitario mejore las condiciones del terreno que mejorarán para el futuro del mismo, en el cual mejoraran las operaciones que se podrían efectuar en un futuro.

Puesto que el área del proyecto debe estar a un radio máximo de tres kilómetros alejado de la población, también debe considerarse que el área del posible proyecto para la realización del relleno sanitario, no debe efectuar o causar daños ambientales tanto a las aguas superficiales como las aguas subterráneas, puesto que estos acuíferos forman parte de la potabilización del líquido potable de la población, causaría un gran impacto donde este sistema de recolección afecte esas fuentes.



Fotografía 1: Posible área del proyecto.
Fuente: Tesistas - Espol



Figura 3.1: Posible área del proyecto.
Fuente: Google Earth

Posible lugar de implementación del relleno sanitario Curia y las Núñez

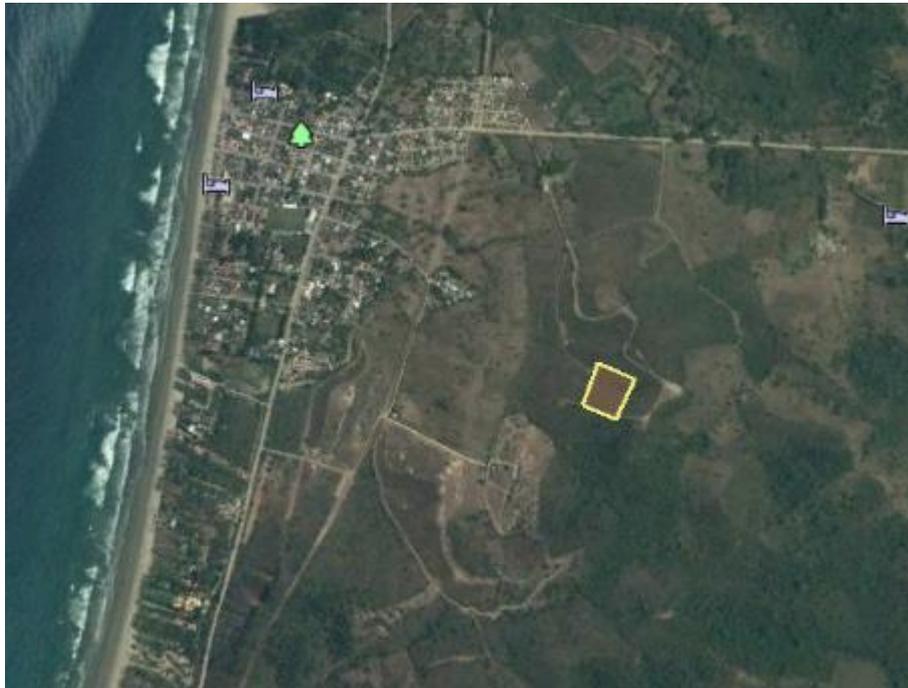


Figura 3.2 Posible área del proyecto.
Fuente: Google Earth

Posible lugar de implementación del relleno sanitario Olón

3.1.2 Participación comunitaria

Para la selección del terreno además de tener en cuenta los criterios antes mencionados (2.2 Criterios para la selección del sitio.) se debe realizar una consulta a través de las autoridades del lugar, en nuestro caso se realizó una entrevista a los presidentes de las comunidades, donde se les dio una breve charla de lo

acontecido, es decir se les explicó la propuesta de nuestro proyecto de la implantación del relleno sanitario, de la mejor manera que los oyentes puedan captar nuestra idea para el mejoramiento del lugar y el abastecimiento de la recolección de los desechos, a las cuatro comunidades se les dio a conocer lo que puede ayudar a futuro nuestro proyecto, por esa razón nos dieron la respectiva colaboración para la selección del sitio.

En ocasiones el terreno agrupa las condiciones necesarias del sitio para la construcción y el diseño del relleno sanitario, por esa razón se recomienda seguir los siguientes pasos:

Primero se debe verificar las respectivas áreas disponibles y adecuadas como sitios para el relleno sanitario, con sus respectivas alternativas del lugar a seleccionarse.

Se debe tomar la respectiva decisión del sitio, realizando cálculos rápidos para verificar si el sitio cumple con los cálculos respectivos de abastecimiento y vida útil.

La otra decisión está emitida a la opinión pública, se conversó con los presidentes, para realizar la selección del lugar y que no afecte a las poblaciones.

Realizar cálculos de costos y diseños definitivos para poder realizar la ejecución del relleno sanitario.

3.1.3 Investigación de Campo

Entre la revisión de los mejores sitios existentes, se investigaran los mejores 3 sitios disponibles y se seleccionara el mejor, siendo lo más importante la no contaminación de los cuerpos de agua o suelo en sus alrededores, por lo que se diseñara para minimizar la probabilidad de que estos cuerpos de agua sean contaminados, por lo que estos cuerpos de agua son fuente fundamental de la extracción del agua potable y parte del consumo de la población.

Otra parte principal de la explicación e investigación del relleno sanitario son las características del suelo, el nivel freático, las condiciones hidrológicas, además identificar las coordenadas de referencias de irregularidades topográficas, origen de acuíferos o canales del terreno, caminos vecinales y principales y construcciones a su alrededor.

3.2 Proyección Poblacional

Para estimar la tasa de crecimiento poblacional de la parroquia Manglaralto, se tuvo en cuenta los censos poblacionales efectuados tanto el año 2001 (23,423 habitantes) y el 2010 (29,512 habitantes),

obteniendo el valor de la tasa con la fórmula recomendada por el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE, 2014).

$$r = \frac{1}{t} x \left(\ln \frac{Nt}{No} \right) x 100$$

Dónde:

r= tasa de crecimiento promedio anual

ln = logaritmo natural

Nt = población en el año t

No = población en el año de base

t = tiempo en años

3.3 Número de muestras.

Es muy importante conocer el número de muestras en un programa de análisis por muestreo. Es necesario fijar un número mínimo de muestras para que de esta manera los resultados sean confiables y con un porcentaje mínimo de error en el universo poblacional. Para este cálculo se tomó en cuenta 1817 viviendas contabilizadas en la parroquia de Manglaralto en el Censo de Población y Vivienda del 2010 (INEC, 2010).

Tabla V Tipos de las viviendas.

Provincia	Nombre del Cantón	Nombre de la Parroquia	Área Urbana o Rural	Tipo de la vivienda								
				Casa/Villa	Departamento en casa o edificio	Cuarto(s) en casa de inquilinato	Mediagua	Rancho	Covacha	Choza	Otra vivienda particular	Total
SANTA ELENA	SANTA ELENA	MANGLARALTO	Área Rural									
			Total	5,674	109	33	304	393	109	49	9	6,680
			Total%	84.94%	1.63%	0.49%	4.55%	5.88%	1.63%	0.73%	0.13%	100%

Fuente: (INEC, 2010)

aplicando la siguiente expresión (Sakurai, 2000);

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z^2_{1-\alpha/2} \sigma^2}$$

Dónde:

n: Tamaño de la muestra (número de muestras a tomar aleatoriamente).

σ : Desviación estándar de variables xi (xi =PPC de la vivienda i) (kg/hab/día).

E: Error permisible en la estimación de PPC (kg/hab/día).

N: Tamaño de la población (número total de viviendas).

$Z_{1-\alpha/2}$: Coeficiente de confianza.

3.4 Punto de muestreo.

Se debe asignar cada muestra a un generador específico, el cual debe ser capacitado para que pueda clasificar y almacenar los residuos (Ibarra, 2011). Para ello se seleccionaron las viviendas a muestrear aleatoriamente, luego se realizó visita a las viviendas donde se explicó el motivo y método de muestreo a cada jefe de hogar.

Para realizar el muestreo se consideraron desechos generados en 40 hogares ubicados en 4 sectores de la Parroquia Manglaralto durante 4 días, 2 días continuos e ininterrumpidos al mes acorde al método.

Los puntos de muestreo fueron seleccionados previo al muestreo, de manera aleatoria y procurando que se distribuyan a lo largo de toda la zona de estudio.

Tabla VI. Muestras por días.

Sector de muestreo			
N° Sector	Sector de Parroquia	# de hogares	N° Muestras
1	Curia	10	1 – 10
2	Las Núñez	10	11 – 20
3	Olón	10	21 – 30
4	Montañita	10	31 – 40
	Total por día	40	

Fuente: Tesistas

3.5 Desarrollo de los muestreos.

3.5.1 Procedimiento en campo.

Se informó a los miembros de cada hogar acerca del muestreo, los desechos generados a lo largo del día (24 horas) en el hogar debían ser almacenados en una sola funda plástica la misma que se sellaba justo antes de que sea recolectada.

Las muestras fueron etiquetadas para su posterior identificación.

Se recolectó las muestras de desechos para luego transportarlas a un centro de acopio.

Luego se procedió a vaciar el contenido del cilindro para luego separarlos componentes de cada muestra por tipo; papel/cartón, orgánicos, plásticos. Registrando el peso de cada componente.

Finalmente se transportaron los desechos hacia el sitio de disposición final.

3.6 Parámetros de evaluación.

3.6.1 Composición física de los residuos.

Para el presente trabajo se consideró únicamente los desechos generados de tipo orgánico, plásticos, papel/cartón, vidrio y lata/metal. por representar estos componentes la mayoría de la muestra. Es decir, cada muestra fue caracterizada según los

componentes mencionados considerando como el 100% la suma de todos ellos. En la siguiente tabla se muestra ejemplos de materiales considerados como orgánicos, plásticos y papel/cartón.

Tabla VII. Tipos de materiales.

Categorías	Tipos de materiales	Ejemplos
Orgánicos Putrescibles	Desechos provenientes de los alimentos y otros compuestos orgánicos putrescibles.	Residuos de alimentos
Plástico	Polietileno tereftalato (PET/1)	Botellas para agua.
	Polietileno de alta densidad (PE-HD/2)	Botellas de refrescos, botellas de mayonesa
	Polietileno de baja densidad (PE-BD/4)	Contenedores de agua, botellas de detergente y de aceite de cocina.
	Polipropileno (PP/5)	Bolsas de limpieza, vasos, sorbetes.
	Poliestireno (PS/6)	Cubiertos de plástico, etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para pan y queso, bolsas para cereales.
	Multilaminados y otros	Envases para componentes electrónicos y eléctricos, cajas de espuma, envases para comida rápida, cubiertos, vajillas y platos para microondas.
	Plásticos mezclados	Envases multilaminados, botellas de ketchup y mostaza. Diversas combinaciones de lo anteriormente mencionado.
	Fundas Juguetes	
Papel/Cartón	Papel periódico usado (PPU)	Periódicos de quiosco o material promocional entregados a casa.
	Papel de alta calidad	Papel de informática, recortes.
	Papel Mezclado	Varias mezclas de papel limpio, incluyendo papel de periódico, revistas.
	Cartón	
	Envases Tetra pack	
Vidrio	Botellas	
	Vasos	
	focos	
Lata/Metal	Envases de atún	
	Piezas de metal	
	Lata de botellas	

Fuente: Tesistas modificado de (Federico)

3.6.2 Producción per cápita.

La producción per cápita (PPC) es la cantidad de desechos sólidos generada por habitante en nuestro caso por un día de muestreo, este parámetro se puede obtener para cada punto de muestreo y por habitante (Ibarra, 2011).

Para estimar la PPC por día, que en nuestro caso al tener una sola zona de muestreo (domiciliaria) se determina mediante la expresión:

$$PPC \left(\frac{kg}{habitante * dia} \right) = \left(\frac{1}{\#días} \right) * \frac{A}{B}$$

Dónde:

A= Peso total de las muestras tomadas diariamente.

B= Número de habitantes correspondientes a las muestras tomadas en cada día.

3.6.3 Densidad de residuos sólidos.

La densidad de los desechos se determinó de acuerdo a referencias usadas en el relleno sanitario las Iguanas en el que se halló la densidad usando un cilindro de 30cm de diámetro por 50cm de altura. Los componentes de cada muestra (papel o cartón, plásticos y orgánicos) fueron depositados en el recipiente para posteriormente medir la altura que estos ocupan en el mismo,

con la finalidad de obtener el volumen, este parámetro se lo utilizo mayormente para el cálculo de la estabilidad de taludes. Teniendo el peso y volumen de la muestra es posible obtener su densidad con la siguiente fórmula.

$$Densidad (\rho) = \frac{Peso (lb)}{volumen (cm^3)}$$

3.7 Capacidad necesaria del relleno sanitario manual.

Para determinar la densidad es importante considerar que este parámetro puede presentar variaciones según las condiciones del clima y los tipos de desechos orgánicos o inorgánicos que contengan, para tener datos aproximados a la realidad de los desechos se debe tener en cuenta lo siguiente:

Tabla VIII Rango de densidades según las condiciones y ubicación los desechos sólidos.

Rango	Descripción
105-210 Kg/m ³	Basura en el recipiente domiciliario
350-630 Kg/m ³	Basura en el recolector
400-600 Kg/m ³	Basura compactada en el relleno manual
600-810 Kg/m ³	Basura compactada mediante maquinaria

Fuente: (Roben, 2002).

Adicionalmente y de manera general es conocido que se puede calcular la proyección de la población mediante la tasa de crecimiento de la población que emplea métodos matemáticos, pero en lo que se refiere al crecimiento de la ppc difícilmente se encuentran cifras que den idea de cómo puede variar anualmente, por tanto, y según Jaramillo, para obviar

este punto y conociendo que con el desarrollo y el crecimiento urbano y comercial de la población los índices de producción aumentan, recomienda calcular la producción per cápita total, con un incremento de entre 0,5 y 1% anual. Para el caso de estudio del relleno sanitario manual se ha tomado el valor de 1% de incremento anual.

Para los otros factores que intervienen en el caso se consideró:

Una densidad compactada de $D_c = 450 \text{ kg/m}^3$

Una densidad estabilizada de $= 600 \text{ kg/m}^3$

Un factor de cobertura del 20% para la celda diaria, para el cálculo en la metodología solo se utilizará el primer año (2017), mostrando los cálculos completos para los siguientes años de funcionamiento en el capítulo 4 en el apartado 4.7 Capacidad necesaria del relleno sanitario manual. Pág. 195.

3.7.1 Producción diaria

Con estos datos y conforme lo señala Jaramillo en su Manual de Diseño para Rellenos Sanitarios Manuales, se procede a calcular el volumen que se requiere para el Relleno Sanitario Manual de acuerdo con lo siguiente:

La producción diaria, calculada a partir de:

$$PDS_d = Pob \times ppc = 6662 \text{ hab} \times 0.431 \text{ kg/hab/día} = 2871.1 \text{ kg/día}$$

Donde:

PDS_d : Producción de desechos sólidos diaria

Pob: Población

ppc: producción per cápita

Producción anual

La producción anual de desechos (PDS_{anual}) se calcula multiplicando la producción diaria de desechos sólidos por los 365 días del año.

$$PDS_{anual} = 2871.05 \text{ kg/día} \times 365 \text{ días/año} \times 1 \text{ ton}/1000 \text{ kg} = 1047.93 \text{ t/año}$$

3.7.2 Volumen de desecho sólidos

El volumen de desechos sólidos anual compactado se calcula con una densidad de $D_c = 450 \text{ kg/m}^3$ debido a la operación manual.

$$\begin{aligned} V_{anual \text{ compactado}} &= \frac{PDS_d}{D_c} \times 365 = \frac{2871.05 \text{ kg/día}}{450 \text{ kg/m}^3} \times 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} \\ &= 2328.74 \text{ m}^3/\text{año} \end{aligned}$$

3.7.3 Material de cobertura

Adicional se debe considerar el material de cobertura, como se indicó anteriormente es la tierra necesaria para cubrir los residuos compactados y se calcula como el 20% del volumen de los desechos sólidos recién compactados, así:

$$m. c. = V_{\text{anual compactado}} \times 0.2 = 2328.74 * 20\% \text{ m}^3 \text{ de tierra/año}$$

$$m. c. = 465.75 \text{ m}^3 \text{ de tierra/año (Año 2017)}$$

3.7.4 Volumen de residuos anual estabilizado

Para calcular el Volumen de residuos anual estabilizado, se toma una densidad estabilizada $D_e = 600 \text{ kg/m}^3$ para el cálculo del volumen del relleno sanitario.

$$V_{\text{anual estabilizado}} = \frac{PDS_d}{D_e} \times 365 = \frac{2871.05 \text{ kg/día}}{600 \text{ kg/m}^3} \times 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} = 1746.55 \text{ m}^3/\text{año}$$

3.7.5 Capacidad necesaria

La capacidad necesaria está conformada por los residuos sólidos estabilizados más el material de cobertura.

- Volumen del relleno sanitario

$$V_{RS} = V_{\text{anual estabilizado}} + m. c. = 1746.55 \text{ m}^3/\text{año} + 465.75 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$V_{RS} = 2212.3 \text{ m}^3/\text{año}$$

3.8 Método para el Sitio de Disposición final

El método para el diseño del sitio de disposición final será el método de área, ya que las pendientes no nos permiten trabajar de mejor forma y utilizar un método de zanja o trinchera, esta consideración se la tomará en cuenta para los posteriores procedimientos.

3.9 Capacidad volumétrica del sitio.

Para este cálculo se consideró la regla del prismoide. El prismoide se define como un sólido que tiene dos caras planas y paralelas de forma regular o irregular, unidas por superficies planas o alabeadas, en las que se puedan trazar rectas desde una hasta la otra cara paralela. Algunos ejemplos de prismoides se presentan en la siguiente figura.

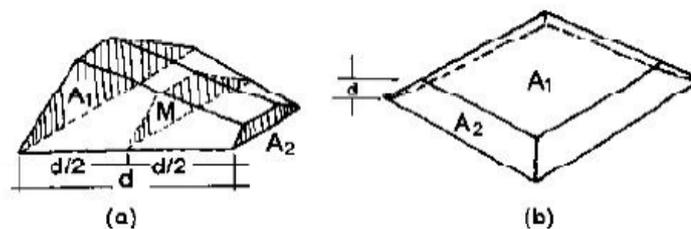


Figura 3.3.- Ejemplo de Prismoide.
Fuente: (Tchobanougous & Kreith, 2002)

Cuya fórmula equivale a: Volumen $V = (A1 + A2 + 4M) * D/6$

3.10 Metodología para el diseño de la Subrasante.

Se diseñó el fondo para maximizar la capacidad del relleno sanitario y una adecuada escorrentía de los lixiviados. Se tomó una pendiente mínima del 2%.

3.11 Metodología para el diseño de taludes

Para el diseño de taludes que el terreno sea de un material relativamente impermeable (arena fina mezclada con limo, arcilla) y que las alturas del corte (H) sean menores de 5 metros se puede establecer como norma que no se requieren estudios de estabilidad para definir el talud más apropiado.

Para un corte de baja altura se puede recomendar un talud único; para alturas mayores podrán requerirse dos taludes diversos; en algunos casos, se sugerirá la construcción de bermas.

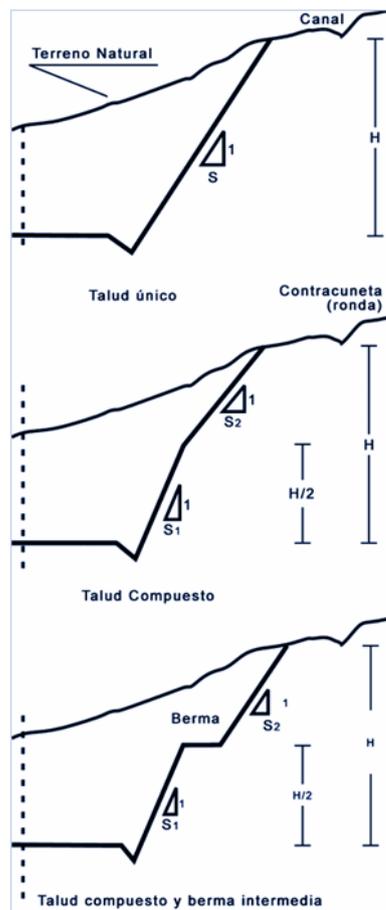


Figura 3.4 Taludes en corte

Fuente: Tchobanoglous

A continuación, se presenta una guía que puede ser utilizada sobre la base de la experiencia de varios países con respecto a la definición de los taludes de corte.

Tabla IX Taludes recomendados en corte

Tipo de material	Talud recomendable S altura del corte H (m) hasta 5 m	Observaciones
1. Arenas limosas y limos compactos	$\frac{1}{2}$	k = 10-7 cm/s. Descapotar 1:1 la parte superior más intemperada. Si son materiales fácilmente erosionables, deberá proyectarse talud 1:1
2. Arenas limosas, limo poco compacto	$\frac{1}{4}$	k = 10-7 cm/s contra cuneta impermeable. Descapotar 1,5:1 la parte más intemperada
3. Arenas limosas y limos muy compactos	$\frac{1}{4}$	k = 10-7 cm/s. Descapotar la parte superior suelta
4. Arcillas poco arenosas, firmes y homogéneas	$\frac{1}{2}$	k = 10-8 cm/s. Descapotar 1:1 la parte intemperada. Si existe flujo de agua, construir subdrenaje
5. Arcillas blandas expansivas	1	k = 10-8 cm/s

Fuente: Tomado y adaptado de Secretaría de Obras Públicas, Departamento de Antioquia, Colombia.

Para taludes en terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción, selección y colocación del material que forma el relleno (lleno en tierra), el valor que comúnmente se usa en taludes es el 1.5:1.

3.12 Metodología del Cálculo y diseño de la celda diaria.

Para la metodología del cálculo y diseño de celda diaria para nuestra área de estudio se determinó aproximadamente una población de 6662 habitantes, con una producción per cápita de 0.431 (kg/habxdía) y una cobertura del 100% del servicio de recolección de residuos, se calcula y se diseña la celda diaria en el relleno sanitario manual, para los cálculos posteriores solo se considerara el primer año (2017), mostrando en el capítulo 4 Tabla LXVII.- Dimensiones de la Celda Diaria para cada año de

operación. los resultados para los siguientes años para los siguientes años de funcionamiento.

La cantidad de desechos sólidos producida y que va al relleno sanitario se calcula a partir de la ecuación:

$$PDS_{rs} = ppc * habitantes = 0.431 \frac{kg}{hab * día} * 6662 hab = 2871.05 \frac{kg}{día}$$

Ppc: Producción per cápita

Además, se conoce que el servicio de recolección transportará esta cantidad de residuos sólidos en su totalidad hasta el sitio de disposición final.

El volumen de la celda diaria, se calcula teniendo en cuenta que el material de cobertura es 20% del volumen de los desechos sólidos recién compactada, y cuya densidad en este caso se ha estimado en 450 kg/m³.

$$V_c = \frac{DS_{rs}}{Dr_{sm}} * m.c. = \frac{2871.05 \text{ kg/día}}{450 \text{ kg/m}^3} * 1.2 = 7.66 \frac{\text{m}^3}{\text{día laboral}}$$

Dr_{sm} : Densidad de los desechos sólidos compactada.

Para hallar las dimensiones de la celda se ha considerado una altura fija de 1 m., por lo tanto, el área será igual a:

$$A_c = \frac{V_c}{h_c} = \frac{7.66 \text{ m}^3}{1 \text{ m}} = 7.66 \frac{\text{m}^2}{\text{día laboral}}$$

h_c : Altura de la celda

V_c : Volumen de la celda

El largo o avance de la celda está sujeto a las variaciones normales del ingreso de los desechos sólidos, mientras que el ancho (frente de trabajo), se mantiene en 3 m., considerado como adecuado para que el vehículo pueda descargar en el sitio de disposición final:

$$l = \frac{A_c}{a} = \frac{7.66 \text{ m}^2}{3 \text{ m}} = 2.55 \frac{\text{m}}{\text{día laboral}}$$

a: ancho de la celda

Por lo tanto:

$$l = 2.55 \frac{\text{m}}{\text{día}} ; \quad a = 3 \text{ m} ; \quad h_c = 1 \text{ m}$$

3.13 Metodología para la determinación de la vida esperada

Para calcular la vida esperada, se utilizarán los volúmenes de desechos proyectados entre el año 2017 y el año 2028.

Para ello se halla una ecuación mediante un gráfico que describa la tendencia del volumen acumulado con respecto a la cota alcanzada, hallamos el volumen entre cotas alcanzada con el área entre las cotas que es un promedio entre el área de la cota inicial y final, para hallar el volumen entre cotas se multiplicara esta área entre cotas por la altura entre las cotas, estos volúmenes se lo acumularan hasta alcanzar la cota de diseño, se realiza la gráfica, con esto se encontrará una curva de tendencia de ser posible encontrar una polinomio entre pocos puntos así

hallando una ecuación diferente en entre puntos para disminuir el error lo máximo posible.

Con los volúmenes de desecho producidos en cada año se les añadirá la cobertura diaria esperada en función del porcentaje determinado anteriormente. El volumen total se lo irá acumulando año tras año hasta alcanzar el volumen disponible en cada diseño a la cota respectiva de cada relleno, utilizando la ecuación que corresponda a cada volumen acumulado de basura más cobertura.

3.14 Método para estimación de la cantidad de chimeneas.

De acuerdo con la bibliografía para rellenos sanitarios manuales es aconsejable realizar las chimeneas con un diámetro de 0.3 a 0.6 metros y separadas de 20 a 50 metros, considerando que, por cada celda de disposición final, se debe colocar al menos una chimenea, cuando el relleno sanitario manual es relativamente pequeño y no cuenta con celdas de más de 2500 metros cuadrados (Jaramillo, 2002).

Estas chimeneas deben ser construidas de forma vertical a medida que avanza el relleno sanitario y desde la base del mismo, procurando que el entorno de la chimenea esté bien compactado, los materiales de construcción pueden ser diversos pero se aconseja puntales de madera, con trabas a cada metro, así mismo recubiertos por malla olímpica o malla de gallinero, rellenos de piedra con diámetros de 4" o 6" u otro tipo

de material como piedra partida o gravas de dimensiones mayores a los 4 cm, con el fin de garantizar el flujo del gas durante la vida útil del relleno y su posterior cierre.

3.15 Metodología para el cálculo de la cantidad de gases y lixiviados a generarse en el período de diseño por balance hídrico del suelo.

Para el cálculo de la cantidad de lixiviados que se generarán en el relleno sanitario se analizaron empleando el método del balance hídrico.

El balance hídrico del suelo consiste en el cálculo de la cantidad de humedad que reside en el mismo. Con esta información podemos estimar el déficit o excesos de agua, debido a que la humedad del suelo se va perdiendo mes a mes durante el periodo de estiaje, como consecuencia de la no presencia de precipitaciones. De esta forma se comienza a utilizar la reserva para satisfacer la demanda que se requiere por la evapotranspiración que es producto de la evaporación directa y la transpiración de las plantas.

En este análisis se consideraron las entradas y salidas del sistema, para lo cual las entradas son principalmente, producto de las precipitaciones en época de lluvias, mientras que la salida se debe, a la evapotranspiración.

La estimación del presente balance hídrico se basa en el promedio mensual de las series termo-pluviométricas dentro del periodo 1962-

2012, de la estación meteorológica emplazada en la parroquia de Manglaralto.

Este balance se realizó mediante el método directo. La elección de este método se debe a los parámetros que utiliza, tanto para la determinación de la evapotranspiración potencial (ETP), como para la estimación del balance hídrico.

3.15.1 Evapotranspiración

Para la estimación de la ETP utilizamos el método de Thornthwaite, dado que este método estima la ETP mediante la media mensual de las temperaturas medias diarias (t), por el que se calcula el índice de calor mensual i , mediante la siguiente expresión:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

Obteniendo el índice de calor anual para 30 días y 12 horas de sol diarias:

$$(I) = \sum i.$$

Entonces, el cálculo estimado de la ETP utilizando el método de Thornthwaite es:

$$ETP = 1.6(10 t/I)^a$$

Siendo a estimada mediante la expresión de I :

$$a = 675 \cdot 10^{-9} I^3 - 771 \cdot 10^{-7} I^2 + 1972 \cdot 10^{-5} I + 0.49239$$

Esta fórmula se corrige dependiendo del número de días el mes y el número de horas de sol, en nuestro caso utilizamos la latitud aproximada a la que se encuentra Manglaralto que es de aproximadamente 2° de latitud sur según la clasificación de Doorenbos y Pruitt, 1977.

Con la estimación de la ETP mediante el método de Thornthwaite, junto con las precipitaciones que son el promedio mensual anual del periodo antes indicado, procedemos a realizar el balance, para lo cual se tienen en cuenta las entradas y salidas del sistema, para el método que estamos empleando son las precipitaciones en cuanto a las entradas y la ETP en el caso de las salidas.

La evapotranspiración real (ETR) es la cantidad de agua que se evapotranspira en cada caso, dependiendo de si existe agua suficiente para evaporar, es decir el agua de las precipitaciones y la reserva del suelo en ese mes. La ETR es igual a la ETP durante el periodo húmedo, esto se debe a que las precipitaciones durante este periodo húmedo cubren la demanda de agua.

El déficit es la diferencia entre la evapotranspiración potencial y real (ETP-ETR), en el que en el presente balance el déficit es positivo, lo que indicaría que existe suficiente agua para cubrir las necesidades para la evaporación y la transpiración dentro del periodo en el que se realiza la estimación del balance.

La reserva mensual del presente balance existe en el periodo húmedo del año hidrológico (enero-abril) debido a que la precipitación es mayor que la ETP, mientras que en los meses de estiaje ocurre lo contrario. Las propiedades físicas del suelo solo pueden retener un máximo de agua que es a lo que llamamos reserva, y lo restante se escapa. En nuestro caso la reserva máxima es de 50 mm/mes, que corresponde a materiales arcillosos.

Los excedentes resultados del balance son también positivos, lo que indica que existe agua que no puede ser retenida por el suelo y escapa por la escorrentía superficial o subterránea.

El balance estimado en este trabajo se realizó mediante las medias mensuales de las precipitaciones y temperaturas anuales de un período de 50 años, lo que refuerza los datos obtenidos, disminuyendo las desviaciones de error.

Cabe indicar que este cálculo del balance hídrico es importante para conocer el volumen de agua que puede infiltrarse en el área del Relleno Sanitario durante la época de precipitaciones (enero-mayo), pero este cálculo es insuficiente a la realidad del Relleno Sanitario, donde existen desechos con humedad y las reacciones Físico-Químicas que van a sumar la producción de lixiviados, y gas, por lo que es vital realizar los cálculos, considerando:

- Humedad
- H₂O por descomposición de la basura
- Condensación

3.15.2 Balance hídrico en el modelo de Tchobanoglous

La información obtenida del balance hídrico fue empleada en el modelo de Tchobanoglous para calcular la cantidad de lixiviados.

En la figura a continuación se muestra un esquema general del balance de masas.

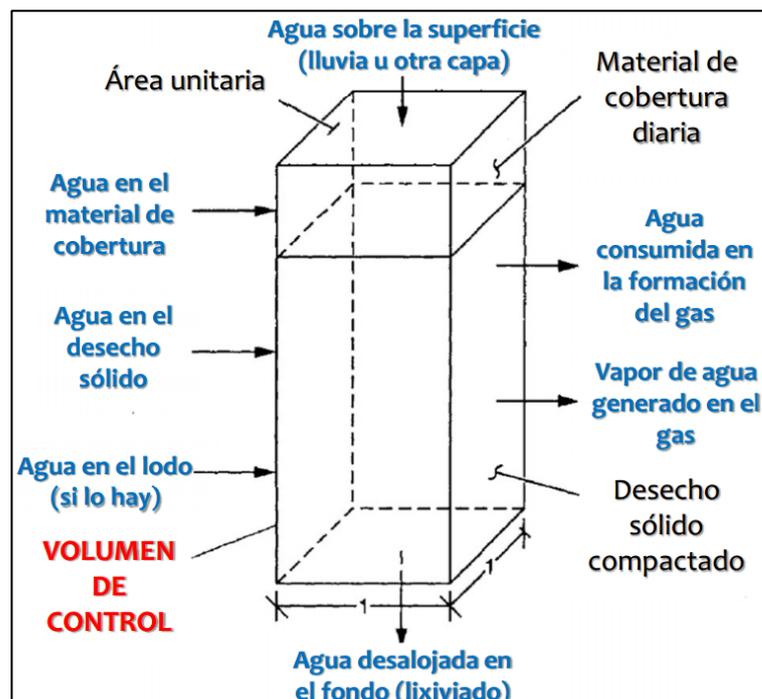


Figura 3.5.- Esquema general del Balance de Masas para el cálculo de Lixiviados.

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

Para este método se utilizaron datos de composición de los desechos recolectados (orgánico putrescibles, no putrescibles,

plásticos, papel/cartón, vidrio, lata/metal). En primer lugar se procede al cálculo de la producción de gases en los desechos

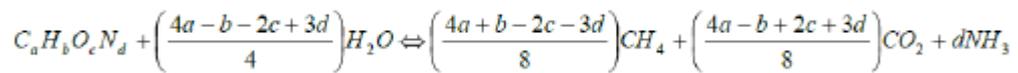
3.15.2.1 Producción de gases en los desechos

- Con los resultados de los pesos obtenidos en la Composición física. de los componentes de los desechos(Capitulo 4 literal 4.5) se procede al cálculo del contenido de humedad (mínima, media y máxima). La variación del contenido de humedad va en dependencia del tiempo de descomposición de la materia orgánica, ya que por ejemplo, para los orgánicos putrescibles, papel y cartón, la descomposición es rápida, mientras que para plásticos, la descomposición es lenta.

Es importante mencionar que se consideran condiciones normales para el gas ($T = 0^{\circ}\text{C}$ y $P = 1 \text{ atm}$):

- Densidad metano (CH_4) = 0.717 Kg/m^3
- Densidad dióxido de carbono (CO_2) = 1.977 Kg/m^3

Es posible determinar el volumen de biogás potencial a generarse por unidad de peso de residuos sólidos, usando para ello la estequiometría correspondiente a una digestión anaerobia como la siguiente:



Sin embargo, los resultados que se obtienen con esta técnica no son reales dado que se consideran productos en los mismos residuos tales como lignina, celulosa y grasa que no se biodegradan completamente, aun así este método constituye una línea de tendencia y una aproximación a la producción real de gas en un relleno sanitario.

- Luego se procede con el cálculo de la producción de gases (CH₄ y CO₂) con los desechos que son rápidamente y lentamente biodegradables:
- Volumen gas inicial = (% gas inicial en reacción)* (Peso seco fracción rápida o lenta / Densidad gas inicial condicione normales)
- Se determina el volumen total de gases por Kg de peso seco en ambas fracciones.
- Se determina la fracción de desechos secos que son biodegradables con respecto al peso húmedo.
- Se determina el volumen de gases por peso húmedo.

3.15.2.2 Producción de lixiviados

Al obtener como resultado los datos de producción anual de gases, se procede con los siguientes pasos para el cálculo de lixiviado a producirse:

- Se determina el peso de la cobertura de suelo en el año de operación:

Peso cobertura = Altura celda * Densidad suelo * Fracción cobertura

- Se determina el peso de los desechos colocada en el año de operación:

Peso desechos = Altura celda * Densidad desechos * (1 – Fracción cobertura)

- Se determina el peso de agua lluvia (aall) que se infiltra en el año de operación:

Peso (aall) = Infiltración (aall) * (998 kg/m³ / 1000 mm/m)

- Se determina el peso de la celda considerando la cobertura y los desechos en el año de operación:

Peso celda = Peso (aall) + Peso cobertura + Peso desechos

- Se determina el volumen de gas generado en el año de operación por los desechos colocados:

Volumen gas = Peso desechos * Producción anual gas

- Se determina el peso del gas generado:

$$\text{Peso gas} = \text{Volumen gas} * \text{Densidad gas}$$

- Se determina el peso de agua consumida en la reacción de generación del gas:

$$\text{Peso agua consumida} = \text{Volumen gas} * \text{Consumo agua en generación}$$

- Se determina el peso de vapor de agua en el gas generado:

$$\text{Peso vapor agua} = \text{Volumen gas} * \text{Peso volumétrico vapor generado}$$

- Se determina el peso de agua contenida inicialmente en los desechos colocados:

$$\text{Peso agua inicial} = \text{Peso desechos} * \text{Humedad desechos}$$

- Se determina el peso seco inicial de los desechos:

$$\text{Peso seco inicial} = \text{Peso desechos} - \text{Peso agua inicial}$$

- Se determina el peso final de agua disponible:

$$\text{Peso agua final} = (\text{Peso agua inicial} - \text{Peso agua consumida} - \text{Peso vapor}) + \text{Peso (aall)}$$

- Se determina el peso seco de los desechos después de generado el gas:

$$\text{Peso seco final} = \text{Peso seco inicial} - (\text{Peso gas} - \text{Peso vapor})$$

- Se determina el peso total (desechos + cobertura) en el punto medio de la celda:

$$\text{Peso medio celda} = ((\text{Peso seco final} + \text{Peso agua final}) / 2) + \text{Peso cobertura}$$

- Se determina la capacidad de campo (agua retenida) de los desechos basada en peso seco:

$$\text{Capacidad campo} = (0.6 - (0.55 * \text{Peso medio celda}) / (4536 + \text{Peso medio celda}))$$

- Se determina el peso de agua retenida en los desechos:

$$\text{Peso agua retenida} = \text{Peso seco final} * \text{Capacidad campo}$$

- Se determina el peso de agua lixiviada:

$$\text{Peso lixiviado} = \text{Peso agua final} - \text{Peso agua retenida}$$

Si el valor calculado es negativo, se asume que el peso de lixiviado es cero.

- Se determina el peso de agua inicial en los desechos para el siguiente año:

$$\text{Peso agua inicial siguiente año} = \text{Peso agua retenida}$$

- Se determina el peso de los desechos para el siguiente año:

$$\text{Peso desechos inicial siguiente año} = \text{Peso seco final} + \text{Peso agua retenida}$$

- Para calcular el lixiviado del siguiente año, se usa el dato anterior y se vuelve a repetir los cálculos.

Estos cálculos difieren para cada relleno sanitario porque dependen de la cantidad de agua que se infiltre al relleno debido a precipitaciones, y este a su vez actúa dependiendo de su área de influencia y los rellenos sanitarios propuestos son diferentes entre sí.

3.16 Metodología para el análisis de la estabilidad

Para el análisis de estabilidad se utilizó el Software Slide Versión 5.0, que emplea el método de cálculo de Bishop simplificado.

Para efectos del análisis que se realiza con el empleo del software Slide se consideró la información existente en el estudio de suelos, para el presente Proyecto.

Para efectuar las corridas de análisis de estabilidad del Relleno Sanitario se han asumido las Normas Ecuatoriana NEC-11 actualmente vigentes, las mismas que señalan que para efectos de los análisis pseudo estáticos debe ser considerado un valor del 60% (Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo 9 “Geotecnia y Cimentaciones“-Pág. 14) de la aceleración máxima probable. Además, se indica expresamente que, para el presente proyecto, pueden ser admitidos, para el caso de considerar acción sísmica, valores del factor de seguridad mayores que

1.05, en tanto cuando no se considera acción sísmica, los valores admisibles se deben considerar mayores de 1.50.

A continuación, en la Tabla X se presenta la información suministrada por el código NEC-11 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Capítulo 9 Geotecnia y Cimentaciones).

Tabla X.- Factores de seguridad por cortes mínimos

Condición **	Fs. corte Mínimo	
	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Nominal	1.5	1.25
Carga Muerta+ Carga Viva Máxima	1.25	1.1
Carga Muerta+ Carga Viva Nominal + Sismo de diseño Pseudo estático	1.1	1.00 *
Taludes - condición estática y Agua Subterránea Normal	1.5	1.25
Taludes - condición Pseudo estática con agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de diseño	1.05	1.00 *

Fuente: (NEC, 2011)

La Carga Viva Nominal, se considera un factor de reducción por simultaneidad de la carga viva. La Carga Viva Máxima no se considera un factor de reducción.

(*) La demanda sísmica para los análisis Pseudo estáticos será del 60% de la aceleración máxima en el terreno, $kh = 0.6 (a_{max})/g$, donde $a_{max} = ZFa$ (los valores de Z y Fa se encuentran definidos en el capítulo 2 de peligro sísmico de la Norma). Sin embargo, se deberá evaluar la demanda de deformación sísmica del talud mediante el método de Bray JD and Travararou T (2007).

(**) Los Factores de Seguridad por corte aplicados al material térreo (suelo, roca o material intermedio) no deben ser inferiores a los Factores de Seguridad Básicos Mínimos según Tabla X, en la cual las cargas se refieren a valores nominales de trabajo o servicio sin coeficientes de mayoración.

En referencia (*) al método de Bray JD and Travararou T (2007), es un modelo de predicción a través de medidas de intensidad escalares y vectoriales, que analiza la distribución de la mediana y la desviación estándar de los residuos de la ecuación en el espectro de una distribución normal. Cabe indicar que estos valores son muy bajos de desplazamiento que afectan los valores de dispersión mas no el resultado de los valores máximos o críticos.

La condición dinámica viene dada por la aceleración sísmica, considerándose para el área de la costa una aceleración pico efectiva de 0.50g.

Las Normas Ecuatorianas NEC-11 actualmente vigentes, señalan que para efectos de los análisis Pseudo estáticos debe ser considerado un valor del 60% de la aceleración crítica (según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo 9 "Geotecnia y Cimentaciones"-Pág. 14). Por lo tanto, para las condiciones de análisis Pseudo estáticos se debe considerar una aceleración de cálculo de 0.3g (60% de 0.50g).

A partir de esta aceleración crítica (0.3g) se recomienda tomar un amortiguamiento de los fenómenos de vibración (afectación sísmica) que se producen. Este amortiguamiento puede oscilar entre un 10% y un 20%. (Norma Europea-Euro Códigos, 2000). Según A. Gonzales en su informe sobre análisis de estabilidad en Doña Juana (González, 2007), se plantea que el amortiguamiento de un 15% es el mínimo, que debe ser considerado en el caso de residuos sólidos (CIPAT-ESPOL, 2013).

No obstante, en nuestro caso para tener una mayor reserva en los cálculos, se considera un amortiguamiento de un 0%, por lo que la aceleración sísmica de cálculo se mantiene en 0,3 g.

3.17 Recubrimiento.

El recubrimiento diario de los residuos y la cobertura final del relleno sanitario con tierra es de vital importancia para el éxito del proyecto, el recubrimiento cumple las siguientes funciones:

- Disminuir la entrada de agua de lluvia a los desechos sólidos.
- Reducir los malos olores.
- Minimizar la presencia y proliferación de moscas y aves.
- Impedir la entrada y proliferación de roedores.
- Evitar incendios y presencia de humos.

- Orientar los gases hacia los drenajes para evacuarlos del relleno sanitario.
- Darle al relleno sanitario una apariencia estética aceptable.
- Servir como base para las vías de acceso internas.
- Permitir el crecimiento de vegetación.

Es de vital importancia este paso, y el recubrimiento diario es el que permite a la infraestructura dar su condición de relleno sanitario manual, caso contrario fácilmente puede pasar a ser el caso de un botadero a cielo abierto con todos los problemas que éste conlleva.

Los residuos sólidos recibidos son esparcidos y compactados de forma manual con un pisón, en capas de 0.20 m dentro de un área perfectamente delimitada y hasta una altura también definida de 0.80m, luego llega el segundo carro y se alcanza la altura máxima de 1.00m.

3.18 Metodología para el cálculo de canales.

En este proyecto se ha delimitado un área de estudio, en la cual, dentro de su perímetro se encuentran incluidas once microcuencas. Para el diseño se tendrá en cuenta las condiciones de precipitación local, el área tributaria, las características del suelo, la vegetación y las condiciones iniciales del terreno, ya sea el relieve o la cobertura vegetal que ésta presente.

3.18.1 Metodología de cálculo.

Para la aproximación de los caudales estimados en el diseño de drenaje, se empleará el método de lluvia de escorrentía o métodos indirectos con información de precipitaciones máximas que se obtuvo de las diferentes estaciones meteorológicas.

Para el diseño del relleno sanitario manual, se utilizará las informaciones de lluvia intensas proporcionadas por el (INHAMI, 2014) y de la metodología para el cálculo de caudales de diseño recomendadas por el MTOP para la obtención del coeficiente de escorrentía y el empleo del Método Racional Americano.

3.18.2 Método racional.

Este método es aplicable para cuencas con áreas menores a 500ha. De todas las fórmulas de gastos esta tiene la ventaja de que su significado físico es razonablemente claro. La limitación del método reside en que este supone que la totalidad de la cuenca vertiente está tributando al punto en estudio, lo que no es siempre cierto, dado que la lluvia no cae uniformemente sobre toda la cuenca, pero para este caso en estudio se tendrá en consideración dicha suposición ya que se trata de un relleno sanitario manual cuyas dimensiones en comparación a otros rellenos no son realmente considerables.

La ecuación a emplear con este método, estima la tasa pico de escorrentía teniendo en cuenta una frecuencia seleccionada en una localización específica, ya sea en una cuenca, en función del área de drenaje, coeficiente de escorrentía, y la principal intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración (by Texas Department of Transportation, 2014).

La expresión general para calcular el caudal máximo en una sección de escurrimiento dado, mediante este método es:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

Donde:

Q: Caudal Recolectado [m^3/s].

I: Intensidad de lluvia en [mm/hora].

A: Área de la cuenca hidrológica o área de drenaje [Ha].

C: Coeficiente de Escorrentía [adimensional].

El área de la cuenca o área de drenaje, es la superficie de drenaje situada aguas arriba de la sección de estudio. Todo el aporte hídrico resultante de los escurrimientos originados en el interior de la superficie, deben atravesar la sección transversal en estudio.

Dado el tamaño de las subcuentas que forman parte del proyecto, se utilizará en el presente trabajo el método racional. Las áreas aportantes en general son aquellas que están destinadas al relleno sanitario.

3.18.3 Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración (t_c) es el tiempo requerido para que toda cuenca hidrográfica contribuya una escorrentía en un punto de interés para el diseño hidráulico; este tiempo es calculado como el tiempo para que una escorrentía fluya desde un punto hidráulicamente remoto al punto más bajo de área de investigación a drenar. El tiempo de viaje y t_c son funciones de la longitud y velocidad para un curso de agua particular. Para el presente estudio, el tiempo de concentración se lo determinó aplicando el método de Kerby y el método de Kirpich.

El enfoque Kerby y Kirpich requiere comparativamente pocos datos de entrada. Además, es sencillo de aplicar y da resultados de fácil interpretación.

Para determinar la capacidad hidráulica máxima de los canales, se estimó el tiempo de concentración empleando las siguientes fórmulas:

Kerby (1959) /Hathaway (1945):

$$t_c = K(L \cdot n)^{0.467} S^{-0.235}$$

Donde:

K: Coeficiente de conversión de unidades, en donde K=0.828 para unidades inglesas y K=1.44 para unidades del SI.

L: Longitud del Cauce, en pie o metros dependiendo de K.

n: Coeficiente de rugosidad del cauce.

S: Pendiente promedio del cauce principal [m/m].

Kirpich (1940): Propuesta en la tabla 15.1.2 del libro “hidrología aplicada” (Ven Te Chow, 1994), cuyo resultado esta expresado en minutos.

$$t_c = 0.0078L^{0.77} S^{-0.385}$$

Donde:

L: Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida [pies].

S: Pendiente promedio de la cuenca [pies/pies].

tc: Tiempo de concentración [min].

Dentro de los parámetros empleados para el cálculo del tiempo de concentración están: longitud del canal, cota superior e inferior, rugosidades y pendientes promedio.

Para el empleo de ambos métodos se necesita de coeficientes de conversión, ya que las unidades de los resultados no se encuentran expresadas con el sistema internacional de unidades. Ambos coeficientes son representados con la variable K y según el método aplicado se tienen valores de 1.44 para el método de Kerby (1959) / Hathaway (1945) y 0.0195 aplicado al método de Kirpich (1940).

3.18.4 Lluvia de diseño.

EL análisis de la lluvia de diseño consideró la comparación de los valores de intensidad de lluvia, empleando las ecuaciones de intensidad, duración y frecuencia publicadas por el INAMHI.

3.18.5 Ecuación de lluvia de Interagua 2011.

Para el presente estudio es importante conocer diversos parámetros y modelos matemáticos que permitan la estimación de la intensidad de lluvia para diferentes tiempos de retornos. Para aquello se ha empleado la ecuación pluviométrica publicada por INTERAGUA, la cual tiene la siguiente forma:

$$i = \frac{c}{t^f + e}$$

Donde:

i= Intensidad de lluvia en mm/hora.

t=Tiempo de concentración (minuto).

Para la estimación de la intensidad de lluvia es importante evaluar escenarios correspondientes a diferentes periodos de recurrencia. Entendiéndose por periodo de retorno, como un parámetro de probabilidad donde un suceso o evento ocurre cada cierto intervalo de tiempo, no necesariamente constante, de forma que el intervalo medio de tiempo supera un valor de precipitación crítica o máxima, establecida por el diseñador (Mark & Marek, 2014)

Los valores de c, f, e, para distintos períodos de retorno o recurrencias se muestran en la siguiente tabla:

Tabla XI.- Factores c, e y f de la ecuación pluviométrica 2011.

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.

3.18.6 Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía es uno de los parámetros más importante al momento de calcular el caudal de diseño. El coeficiente de escorrentía se lo define como un porcentaje del agua lluvia que escurre superficialmente una vez que el suelo está saturado. Obviamente como se observa en la Tabla LXXXVI.- Coeficientes de escorrentía empleados para el cálculo del caudal de diseño aplicando el método racional., los valores de los coeficientes dependerán de las características de la superficie, es decir que para un coeficiente de 0,58 se tendrá que el 58% del agua lluvia precipitada genera escorrentía superficial, mientras que el porcentaje restante se infiltra en el subsuelo. Según se expresa en el manual de (Mark & Marek, 2014), los coeficientes de Runoff para cuencas rurales se determinan de manera que analizan la forma y las condiciones que presenta el terreno. Para determinar el coeficiente de escorrentía se ha empleado la

siguiente ecuación donde se realiza la suma de cuatro componentes especificados a continuación:

$$C = C_r + C_i + C_v + C_s$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía de las cuencas hidrográficas rurales.

Cr: Coeficiente que representa el relieve de la cuenca.

Ci: Coeficiente que representa la infiltración del suelo.

Cv: Coeficiente de que representa cobertura vegetal.

Cs: Coeficiente que representa tipo de superficie.

3.18.7 Canales.

Para evitar el ingreso hacia el relleno de los escurrimientos procedentes de sus zonas adyacentes, y, además, para captar y conducir las aguas de las bajantes, se han previstos canales perimetrales en todos los sectores cuya descarga final son los cauces naturales y las perimetrales de las trincheras.

Los canales de coronación se ubican en cada una de las bermas al pie de los taludes y su función es captar y desalojar el agua que escurren por el talud, la cual para este propósito tiene una inclinación del 4% hacia el canal. Estos canales tienen sección

trapezoidal (alrededor de las trincheras del relleno sanitario) y están revestidos por una geomembrana de alta densidad de 1mm de espesor, que serán sellados por termo fusión. Los mismos que finalmente descargan en los cauces naturales.

La fórmula empleada para hallar el caudal admisible del canal es la de Manning:

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

Donde:

Q: Caudal [m³/s].

n: Rugosidad [Adimensional].

Rh: Radio Hidráulico del canal [m].

S: Pendiente del canal [m/m].

A: Área de la sección transversal [m²].

3.19 Restricciones para la selección de la alternativa más conveniente.

Para elegir la alternativa más conveniente para este proyecto, se considerará restricciones en base a la ubicación del terreno y el análisis ambiental de la construcción del relleno sanitario en estos.

3.19.1 Análisis de las alternativas para disposición final

Para la selección del sitio de disposición final se tomó en cuenta algunos parámetros de evaluación y restricciones, donde se procederá a evaluar en forma de matriz cada variable con el fin de seleccionar la solución más óptima para el problema.

Tabla XII Parámetros de Evaluación de las alternativas y restricciones.

Parámetros		Valoración (%)
Evaluación		60%
Ejecución y Operación	20%	12%
Presupuesto	25%	15%
Topografía	10%	6%
Estabilidad	25%	15%
Lixiviados	20%	12%
Total Parcial	100%	
Restricciones		40%
Zona Sísmica	25%	10%
Ubicación con respecto a fuentes de agua	25%	10%
Ubicación con respecto a la población	15%	6%
Proximidad al área de recolección de desechos	25%	10%
Acceso Vial	10%	4%
Total Parcial	100%	
Total		100%

Fuente: Tesistas

3.19.2 Ejecución y Operación

Para la ejecución se consideró diversos factores que influyen en esta variable que dependerán de: mayor espacio disponible, el fácil acceso al material de cobertura, menor altura final alcanzado

del sitio de disposición final y fácil acceso al sitio de disposición final.

3.19.3 Presupuesto

La variable dependerá del presupuesto referencial en el que se ha valorado cada sitio de disposición final, obteniendo un mejor puntaje el presupuesto referencial menor.

3.19.4 Topografía

Se considerará la topografía de cada sitio de disposición final, en el cual la pendiente media no debe sobrepasar el 30%, mientras más bajo sea el valor de la pendiente obtendrá mejor valoración el sitio de disposición final, la topografía se la puede observar en el Anexo O

3.19.5 Estabilidad

Dependerá del análisis de estabilidad de taludes de cada sitio de disposición final tomando en cuenta el factor de seguridad de las diferentes simulaciones realizadas, obteniendo un mejor puntaje mientras más alto sea el factor de seguridad, en el Anexo P se pueden observar las simulaciones realizadas en los perfiles críticos en los diferentes sitios de disposición final escogidos.

3.19.6 Lixiviados

Se considerará la generación de gases y lixiviados de cada sitio de disposición final, mientras la generación de gases y lixiviados sea menor, mayor es su puntaje.

3.19.7 Zona Sísmica

Dependerá del riesgo sísmico del sitio de disposición final, obteniendo un mejor puntaje si el riesgo sísmico supone un valor más bajo.

3.19.8 Ubicación con respecto a fuentes de agua

Se considerará la ubicación con respecto a fuentes de agua ya sean zonas de inundación, cuerpos de agua y áreas en donde se localicen drenajes naturales, considerando que obtendrá un mejor puntaje mientras mayor sea la distancia al sitio de disposición final.

3.19.9 Ubicación con respecto a la población

Para un relleno sanitario manual la distancia de la población no necesariamente debe ser mayor a 3km ya que el sitio de disposición final es pequeño y no supone grandes espacios, por lo que se considera un valor intermedio de 1km, mientras la distancia del sitio de disposición final se acerque al valor intermedio obtendrá un mejor puntaje.

3.19.10 Proximidad al área de recolección de desechos

Para la proximidad al área de recolección de desechos se consideró que el sitio de disposición final se encuentre ubicado a una distancia que permita el uso económico de los vehículos recolectores, por lo que se obtendrá un mejor puntaje mientras más cerca este al punto intermedio entre las comunidades del área de estudio.

3.19.11 Acceso vial

Se consideró la distancia entre el sitio de disposición final y el acceso vial más próximo, además, del estado de la vía y el nivel de la misma ya sea camino vecinal, senderos, vía secundaria o vía principal, mientras la distancia entre el sitio de disposición final y el acceso vial sea más corto mejor será su puntaje, así mismo, mientras mayor sea la jerarquía del acceso vial más próximo mayor será su puntaje.

3.20 Metodología para el cálculo de la mano de obra.

La mano de obra necesaria para conformar la celda diaria depende de:

- La cantidad de desechos que se debe disponer.
- La disponibilidad y el tipo de material de cobertura

- Los días laborables en el relleno, en nuestro caso 7 por semana.
- La duración de la jornada diaria, en nuestro caso 8 horas nominales y 6 horas efectivas
- Las condiciones del clima.
- La descarga de los residuos en el frente de trabajo según la distancia.
- El rendimiento de los trabajadores.

Para hacer este cálculo se considera una jornada de ocho horas diarias, con un tiempo efectivo de seis horas. Estos rendimientos son bajo condiciones normales de trabajo y pueden variar en cada lugar según los factores descritos anteriormente

A continuación, los datos que se han considerado para el relleno:

OPERACIÓN	RENDIMIENTOS		hombre/día
Movimiento de desechos	Desechos sólidos (t/día) (0,95 ^a t/hora – hombre)	X $\frac{1}{6}$ horas	
Compactación de desechos	Área superficial (m ²) (20 ^a m ² /hora – hombre)	X $\frac{1}{6}$ horas	
Movimiento de tierra	Tierra m ³ (0,35 a 0,70) ^a m ³ /hora – hom.	X $\frac{1}{6}$ horas	
Compactación de la celda	Área superficial (m ²) (20) ^a m ² /hora – hombre	X $\frac{1}{6}$ horas	
	(Total hombres)		

Figura 3.6 Rendimientos

Fuente: (Tchobanougous & Kreith, 2002)

3.21 Presupuesto de Costo de Obra

Acorde al presupuesto general del estado 29'835.098.320,79 dólares americanos y al presupuesto que el gobierno entrega a las municipalidades, en el caso del Municipio de Santa Elena es de 25 millones de dólares, se presenta un presupuesto referencial con la finalidad de demostrar la viabilidad del diseño y a la vez del proyecto.

Para el presupuesto referencial de los diferentes sitios de disposición final, solo se encuentra valorado los costos aproximados de construcción del relleno sanitario manual incluye garita de control y zona de equipo y maquinaria tipo tomados del presupuesto referencial para el sitio de disposición final en el proyecto de Puná, no se incluyen los costos de operación, mantenimiento, estudio, diseño, así como gastos legales y financiamientos, también se elaboró un cronograma valorado y análisis de precios unitarios para el prediseño

3.22 Selección de alternativa

Para la selección se realizará una matriz con los parámetros de evaluación y restricción, que se evaluará de la siguiente manera:

1. Cada parámetro de evaluación y restricción tendrá un peso propuesto por los proyectistas, de acuerdo a la importancia o influencia que esta tenga para la selección del sitio de disposición final.

2. Cada parámetro de evaluación y restricción estará sujeto a una puntuación entre el 1 y el 10, considerando 1 como puntaje más bajo y 10 como el puntaje más alto, este a su vez se lo multiplicará por el peso correspondiente de cada variable.
3. Se consideró un peso de 60% para los parámetros de evaluación y 40% para los parámetros de restricción, por lo que cada variable se lo ponderara de acuerdo a los pesos de asignados en cada parámetro establecido.
4. Finalmente se sumará los resultados correspondientes de cada variable de los parámetros de evaluación y restricción, por lo que la alternativa con mayor puntaje será la selección más óptima para el proyecto.

3.23 Determinación de Impacto Ambiental del Proyecto

En la construcción del nuevo Relleno Sanitario en las mancomunidades, se procederá a realizar las diferentes actividades que perjudicarán a los recursos agua, aire y suelo; puesto que los impactos negativos de los recursos son los siguientes: eliminación de la vegetación previo a la construcción de la obra de saneamiento, generación de ruido y polvo, y contaminación del suelo producto del proceso constructivo, donde se producen desechos sólidos y líquidos.

Con respecto a los impactos positivos que genera el proyecto, el principal es la construcción del primer Relleno Sanitario que beneficia a las cuatro

comunas consecuente, la buena organización de los desechos en donde se va a realizar el sitio de disposición final para habitantes de las comunas.

3.23.1 Medidas de mitigación

Para mitigar los efectos negativos que afectan los recursos naturales (agua y suelo) se realizarán unas medidas preventivas como un monitoreo del control de aguas residuales producidas por la actividad para determinar donde serán depositadas y una reforestación para contrarrestar dicha actividad y preservar el ecosistema del sector.

Para interpretar y predecir los efectos que causa la construcción y la operación del relleno sanitario en las comunas Manglaralto, Montaña, Olón, Curia y Las Núñez, se realiza una descripción de actividades para luego asignar una valorización a través de matrices.

3.24 Valoración de impacto ambiental (VIA)

Los componentes ambientales son aquellos que, en el entorno natural, humano o socioeconómico, logran estar afectados por las actividades en el cual son realizadas durante la fase de construcción, operación y culminación de la vida útil del proyecto.

Nombradas anteriormente las fases, serán analizadas usando las matrices de Leopold; de estas se determinará las actividades que tiene mayor consecuencia en la construcción de la obra de saneamiento. Las matrices de Leopold de las diferentes fases, se encuentran en el anexo.

Para las respectivas fases se procedieron a enunciar las actividades principales, en el cual son ejecutadas en los procesos y la valoración de los impactos generados por estas; en el cálculo, se obtendrá las actividades que generan mayor impacto y los recursos afectados por estas labores. Con los análisis citados, se formará un plan de manejo ambiental que pueda mitigar dichos impactos.

3.24.1 Plan de Manejo ambiental

Se ejecutará un plan de manejo ambiental conforme a las actividades que forman mayor impacto en los diferentes períodos del proyecto, con la finalidad de corregir los posibles efectos negativos en los recursos naturales.

3.24.1.1 Fase de Construcción

En base a los valores obtenidos de la Matriz de Valoración de Impacto Ambiental para la fase de construcción del Relleno Sanitario de las comunidades de Montaña, Olón, Curia y las Núñez, se consiguieron las actividades que generan un mayor impacto al medio ambiente, también se especifican los procesos

de mitigación para cada una de ellas con el propósito de neutralizar los posibles impactos potenciales.

Siendo la actividad con mayor impacto:

- Movimiento de tierras

Y los recursos mayormente afectados correspondientes a dichas actividades:

- Suelo
- Agua

3.24.2 Matriz de Leopold

3.24.2.1 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.

Construcción

Tabla XIII.- Matriz de Intensidad para construcción

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteración	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Topografía	0	0	1	1	0	0	0	2	2
Desbroce	1	0	5	4	6	7	7	2	5
Excavación	5	5	7	9	7	8	8	3	7
Desalojo	0	0	3	4	2	4	4	4	5
Colocación de barrera de PEHD	0	0	1	2	0	0	0	4	5
Construcción de vías de acceso	2	1	5	7	4	6	5	8	8
Construcción provisionales	1	0	1	3	2	2	2	2	4
Mantenimiento maquinarias y equ	2	1	2	5	2	2	1	4	2

Fuente: Tesistas

Operación

Tabla XIV.- Matriz de Intensidad para la fase de Operación

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 r	4	2	2	1	5	0	1	3	3
Descarga de desechos	0	0	0	0	2	3	4	2	5
Compactación de desechos manu	0	0	1	1	0	2	3	2	2
Generación de gases	0	0	0	0	5	2	0	0	1
Generación de lixiviados	4	5	2	2	0	0	0	0	0
cobertura de arcilla sobre desech	1	0	0	0	0	2	2	3	0

Fuente: Tesistas

Demolición

Tabla XV.- Matriz de Intensidad para la fase de demolición

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteración	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Clausura y abandono del relleno	5	5	5	5	5	4	2	2	6
Relleno	3	2	2	3	2	2	2	2	3
Compactación	2	2	2	3	2	2	2	2	3
Revegetación del area	2	2	2	3	2	3	2	2	8

Fuente: Tesistas

3.24.2.2 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.

Construcción

Tabla XVI.- Matriz de Extensión para construcción

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Topografía	0	0	1	1	0	0	0	5	1
Desbroce	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Excavación	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Desalojo	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Colocación de barrera e PEHD	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Construcción de vías de acceso	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Construcción provisionales	1	1	1	1	1	1	1	5	1
Mantenimiento maquinarias y equi	1	1	1	1	1	1	1	5	1

Fuente: Tesistas

Operación

Tabla XVII.- Matriz de Extensión para operación

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	5	1	1	5	0	1	5	5
Descarga de desechos	0	0	0	0	1	1	1	5	1
Compactación de desechos manual	0	0	1	1	0	1	1	5	1
Generación de gases	0	0	0	0	5	1	0	0	1
Generación de lixiviados	5	5	1	5	0	0	0	0	0
cobertura de arcilla sobre desechos	0	0	0	0	0	1	1	5	0

Fuente: Tesistas

Demolición

Tabla XVIII.- Matriz de Extensión para demolición

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	5	5	1	1	5	1	1	5	5
Relleno	1	1	1	1	5	1	1	5	1
Compactación	1	1	1	1	5	1	1	5	1
Revegetación del area	5	5	5	5	5	1	1	5	5

Fuente: Tesistas

3.24.2.3 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.

Construcción

Tabla XIX.- Matriz de Duración para construcción

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Topografía	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Desbroce	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Excavación	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Desalojo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Colocación de barrera de PEHD	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Construcción de vías de acceso	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Construcción provisionales	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mantenimiento maquinarias y equ	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Tesistas

Operación

Tabla XX.- Matriz de Duración para operación

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	10	10	10	10	10	0	10	10	10
Descarga de desechos	0	0	0	0	10	10	10	10	10
Compactación de desechos manual	0	0	10	10	0	10	10	10	10
Generación de gases	0	0	0	0	10	10	0	0	10
Generación de lixiviados	10	10	10	10	0	0	0	0	0
cobertura de arcilla sobre desechos	0	0	0	0	0	10	10	10	0

Fuente: Tesistas

Demolición

Tabla XXI.- Matriz de Duración para demolición

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	1	1	1	1	1	1	1	1
Relleno	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compactación	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Revegetación del área	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Tesistas

3.24.2.4 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.

Construcción

Tabla XXII.- Matriz de Signo para construcción

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Topografía	0	0	-1	-1	0	0	0	+1	-1
Desbroce	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
Excavación	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
Desalojo	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
Colocación de barrera de PEHD	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
Construcción de vías de acceso	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
Construcción provisionales	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1
Mantenimiento maquinarias y equ	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	-1

Fuente: Tesistas

Operación

Tabla XXIII.- Matriz de Signo para operación

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	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	1	-1
Descarga de desechos	0	0	0	0	-1	-1	-1	1	-1
Compactación de desechos manual	0	0	-1	-1	0	-1	-1	1	-1
Generación de gases	0	0	0	0	-1	-1	0	0	-1
Generación de lixiviados	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0
cobertura de arcilla sobre desechos	0	0	0	0	0	-1	-1	1	0

Fuente: Tesistas

Demolición

Tabla XXIV.- Matriz de Signo para demolición

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	1	1	1	1	1	1	1	1
Relleno	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compactación	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Revegetación del area	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Tesistas

3.24.2.5 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.

Construcción, Operación y Demolición

Tabla XXV Matriz Magnitud

Matriz de Magnitud	
<u>Factores</u>	
0.4	Intensidad
0.2	Extensión
0.4	Duración
1.0	

Fuente: Tesistas

La matriz magnitud estará dada por la siguiente ecuación:

$$[M] = [\pm S] [Intensidad * F_{int.}] + [Extensión * F_{ext.}] + [Duración * F_{dur.}]$$

3.24.2.6 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.

Construcción

Tabla XXVI.- Matriz de Reversibilidad para construcción

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Topografía	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Desbroce	5	5	1	1	1	1	1	1	10
Excavación	10	10	10	1	1	1	1	1	10
Desalojo	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Colocación de barrera e PEHD	5	5	10	1	1	1	1	1	10
Construcción de vías de acceso	5	1	10	1	1	1	1	1	10
Construcción provisionales	1	1	5	1	1	1	1	1	10
Mantenimiento maquinarias y equi	10	10	10	1	1	1	1	1	10

Fuente: Tesistas

Operación

Tabla XXVII.- Matriz de Reversibilidad para operación

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	5	5	5	5	0	5	5	5
Descarga de desechos	0	0	0	0	5	5	5	5	5
Compactación de desechos manual	0	0	5	5	0	5	5	5	5
Generación de gases	0	0	0	0	5	5	0	0	5
Generación de lixiviados	5	5	5	5	0	0	0	0	0
cobertura de arcilla sobre desechos	0	0	0	0	0	5	5	5	0

Fuente: Tesistas

Demolición

Tabla XXVIII.- Matriz de Reversibilidad para demolición

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	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Relleno	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Compactación	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Revegetación del area	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fuente: Tesistas

3.24.2.7 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

Construcción

Tabla XXIX.- Matriz de Riesgo para construcción

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Topografía	1	1	1	5	1	1	1	1	1
Desbroce	5	5	10	10	10	10	10	5	5
Excavación	10	10	10	10	10	10	10	1	5
Desalojo	10	10	10	10	10	10	10	5	5
Colocacion de barrera de PEHD	10	10	5	5	5	5	5	1	5
Construcción de vías de acceso	10	10	5	5	5	5	5	1	10
Construcción provisionales	10	10	1	1	1	1	1	1	10
Mantenimiento maquinarias y equi	10	10	1	1	1	1	1	1	10

Fuente: Tesistas

Operación

Tabla XXX.- Matriz de Riesgo para operación

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	5	1	1	5	0	1	5	5
Descarga de desechos	0	0	0	0	1	1	1	5	1
Compactación de desechos manual	0	0	1	1	0	1	1	5	1
Generación de gases	0	0	0	0	5	1	0	0	1
Generación de lixiviados	5	5	1	5	0	0	0	0	0
cobertura de arcilla sobre desechos	0	0	0	0	0	1	1	5	0

Fuente: Tesistas

Demolición

Tabla XXXI.- Matriz de Riesgo para demolición

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	5	5	1	5	5	1	5	5	5
Relleno	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compactación	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Revegetación del area	5	5	1	5	5	1	5	5	5

Fuente: Tesistas

3.24.2.8 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:

Construcción

Tabla XXXII.- Matriz de VIA para construcción

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	3.09	2.65	2.66	2.53	2.77	2.88	2.88	2.05	5.42	26.93
Excavación	6.68	6.68	7.24	3.07	2.88	2.98	2.98	1.33	5.88	39.70
Desalojo	1.71	1.71	2.38	2.53	2.21	2.53	2.53	2.25	5.42	23.27
Colocación de barrera e PEHD	3.26	3.26	4.07	1.79	1.39	1.39	1.39	1.39	5.42	23.36
Construcción de vías de acceso	4.20	2.00	5.42	2.34	2.05	2.25	2.16	1.58	7.48	29.49
Construcción provisionales	2.00	1.71	1.90	1.19	1.11	1.11	1.11	1.27	6.35	17.74
Mantenimiento maquinarias y equ	5.54	5.01	2.78	1.33	1.11	1.11	1.00	1.39	5.54	24.81
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	26.47	23.01	27.45	16.40	13.52	14.24	14.04	12.53	42.62	223,68

Fuente: Tesistas

Operación

Tabla XXXIII.- Matriz de VIA para operación

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
cobertura de arcilla sobre desechos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.09	3.09	5.33	0.00	11.50
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	10.87	10.76	9.18	11.25	14.15	12.41	12.48	21.12	14.72	

Fuente: Tesistas

Demolición

Tabla XXXIV.- Matriz de VIA para demolición

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	3.09	3.09	1.90	3.09	3.09	1.90	3.09	0.00	3.09	22.32
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 area	3.09	3.09	1.90	3.09	3.09	1.90	3.09	3.09	3.09	25.40
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	9.98	9.98	7.61	9.98	9.98	7.61	9.98	6.89	9.98	223,68

Fuente: Tesistas

La matriz V.I.A. estará dada por:

$$[VIA] = [Rev] \wedge (FRev) * [Rg] \wedge (FRev) * [M] \wedge (FM)$$

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 XXXV Matriz Evaluación.

Matriz de Evaluación	
<u>Rangos</u>	
neutra	0
baja	1 - 4
media	4.1 - 7
alta	7.1 - 10

Fuente: Tesistas

Construcción

Tabla XXXVI.- Matriz de Rangos de Afecación para construcción

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Topografía	neutra	neutra	alto	alto	neutra	neutra	neutra	alto	alto
Desbroce	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Excavación	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Desalojo	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Colocación de barrera e PEHD	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Construcción de vías de acceso	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Construcción provisionales	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Mantenimiento maquinarias y equ	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto

Fuente: Tesistas

Operación

Tabla XXXVII.- Matriz de Rangos de Afecación para operación

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Captación de agua del estero	alto	alto	alto	alto	alto	neutra	alto	alto	alto
Puesta en marcha de bombas	neutra	neutra	neutra	neutra	alto	alto	alto	alto	alto
Llenado de piscinas	neutra	neutra	alto	alto	neutra	alto	alto	alto	alto
Generación de desecho sólidos	neutra	neutra	neutra	neutra	alto	alto	neutra	neutra	alto
Generación de aguas residuales	alto	alto	alto	alto	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra
Adecuación del agua de piscinas	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	alto	alto	alto	neutra
Cultivo de Larvas	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra
Alimentar a Camarones	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra
Pescar camarones	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra
Procesar camarones	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra
Limpieza de piscinas	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra

Fuente: Tesistas

Demolición

Tabla XXXVIII.- Matriz de Rangos de Afecación para demolición

ACTIVIDADES	Recurso Agua		Recurso Suelo		Recurso Aire			Factores Socioeconómicos	
	Superficial	Subterránea	Alteraciones	Manejo	Gases	Material Particulado	Ruido	Generación de Empleo	Paisajismo
Topografía	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	neutra	alto
Desbroce	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Excavación	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Desalojo	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto	alto
Colocación de barrera e PEHD	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra
Construcción de vías de acceso	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra
Construcción provisionales	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra
Mantenimiento maquinarias y equ	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra	neutra

Fuente: Tesistas

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 Sitio escogido para implementación del Relleno Sanitario

Ya se mostró la ubicación seleccionada en el Capítulo 2 específicamente en 2.1.1 Ubicación pág. 40, sin embargo, aquí se explicará en detalle porque la selección de esos lugares.

4.1.1 Alternativa 1

La ubicación del relleno sanitario (Las Núñez) se encuentra con pendientes elevadas de hasta el 22%, no sería una opción recomendable para este trabajo, puesto que, si bien es cierto, que este predio no es susceptible a inundaciones y están alejadas de la población, existen otras razones para descartar esta opción, las cuales se muestran a continuación.

Restricción

No presenta un acceso vial seguro para el ingreso de vehículos por lo que habría que elaborar un diseño para la vía; ocasionando que el desplazamiento, desde todas las mancomunidades hasta el sector tome más tiempo que las otras dos ubicaciones. Con esta consideración, cabe recalcar que en época de lluvias se tomara más tiempo para llegar al lugar mencionado.



Fotografía 2: Posible área del proyecto.

Fuente: Tesistas - Espol

4.1.2 Alternativa 2

Esta alternativa, a pesar de que el territorio disponible en el sector (Curia) este cerca de un bosque protector, en el cual dispone de cotas topográficas o pendientes que evitarían la ocurrencia a deslaves podrían generar un gran impacto al ambiente.

Restricción

Debido a la ubicación geográfica política del predio se tendría ciertas complicaciones en la construcción de la obra de saneamiento, no existen vías de acceso principales, solo vías de 4to orden por lo que se tendría que tomar en cuenta un diseño de vías para fácil acceso.



Fotografía 3: Posible área del proyecto.

Fuente: Tesis - Espol

4.1.3 Alternativa 3

Esta alternativa (Olón) posee varios aspectos positivos, tiene vías de acceso que hace que el tránsito sea moderadamente aceptable para su ingreso por lo que no se requeriría un estudio de vías, pendientes moderadamente manejables probablemente sea la mejor opción, sin embargo, esta opción también presenta limitaciones.

Restricción

Este predio presenta terrenos con una pendiente de 13 %, que se ve abandonado. Al construir el relleno sanitario en este lugar, debe considerarse el drenaje ya que está ubicado en una zona de precipitaciones altas y cerca de un sector; propensas a

inundaciones, está más cerca de la población que las otras dos alternativas.



Fotografía 4: Posible área del proyecto.

Fuente: Tesistas - Espol

4.2 Proyección Poblacional

A continuación, se presenta una tabla con los resultados obtenidos

Tabla XXXIX.- Tasa de crecimiento poblacional.

Nombre de parroquia	2010			2001			Tasa de Crecimiento		
	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
Nacional	7,177,683	7,305,816	14,483,499	6,018,353	6,138,255	12,156,608	1.96%	1.93%	1.95%
MANGLARALTO	15,200	14,312	29,512	12,240	11,183	23,423	2.41%	2.74%	2.57%

Fuente: Modificado del (INEC, 2010)

De acuerdo a los datos obtenidos se halló la densidad poblacional de la parroquia de Manglaralto (Área 425.07m²) dividiendo su población (Censo 2010) para el área de la parroquia, luego se lo multiplico por el área de estudio para hallar una población estimada entre las comunas

de Montañita, Olón, Curia y Las Núñez, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla XL.- Datos poblacionales.

Área Parroquia Manglaralto	425.07	Km2
Densidad poblacional	69.43	Hab/Km2
Área de Estudio	80.31	Km2
Población estimada	5576	habitantes

Fuente: Tesistas

Con estos resultados se obtuvo una población aproximada de 5576 habitantes en el área de estudio y se lo proyecto con la tasa de crecimiento de la parroquia Manglaralto (2.57%), a continuación, se muestran los resultados obtenidos para las poblaciones futuras en el área de estudio, con estos resultados se determinó que tendríamos una población en el año 2028 de aproximadamente 8812 habitantes.

Tabla XLI.- Habitantes.

Año	Habitantes (Montañita, Olón, Curia, Las Núñez)
2010	5,576
2011	5,720
2012	5,867
2013	6,018
2014	6,173
2015	6,332
2016	6,495
2017	6,662
2018	6,834
2019	7,010
2020	7,190
2021	7,375
2022	7,565
2023	7,760
2024	7,960
2025	8,165
2026	8,375
2027	8,591
2028	8,812

Fuente: Tesistas

4.3 Número de muestras.

Reemplazando datos correspondientes a la localidad:

Datos:

N=	6680	Viviendas	
σ =	0.2	kg/hab/día	
E=	0.07	kg/hab/día	
Z=	1.96	(Nivel de Confianza)	
n =	31.2181165	32	muestras

Se obtiene que el tamaño de la muestra es de 32, sumando una muestra de contingencia de 8 viviendas y redondeando, se decidió realizar el estudio con un tamaño de muestra total de 40 viviendas.

4.4 Toma de muestras.

Se tomaron las muestras clasificadas previamente por el generador en los puntos ya definidos, este muestreo debe llevarse a cabo diariamente durante los 2.

Se entregó diariamente una bolsa plástica a cada predio que fue seleccionado para el muestreo, para luego, los habitantes de cada vivienda entregaban las bolsas llenas con desechos sólidos generados en las 24 horas anteriores, debidamente marcadas para su identificación.

En la Tabla XLII.- Fechas de muestreos. se muestran las fechas en las que se realizó el muestreo, además del tiempo que se tomó para la realización del muestreo diario.

Tabla XLII.- Fechas de muestreos.

Fecha de muestreos		
N° Día	Fecha	Hora
1	5/10/2016	16:00 - 20:00
2	6/10/2016	15:30 - 20:00
3	12/11/2016	13:30 - 19:30
4	13/11/2016	13:00 - 17:00

Fuente: Tesistas

Una vez recolectadas, las muestras fueron separados. Se determinó el peso, la densidad y análisis físico de los residuos sólidos.

4.5 Composición física.

Como resultado de la separación y análisis realizados sobre las muestras obtenidas se elaboraron las tablas siguientes en donde se muestran los registros de las muestras obtenidas y peso de las muestras recolectadas por habitante y porcentaje obtenido del promedio de cada punto de muestreo divididas en sus componentes: desechos orgánicos e inorgánicos.

Tabla XLIII.- Registros de las muestras y totales obtenidos

N°	Día 1			Día 2			Día 3			Día 4		
	Peso Kg Orgánicos	Peso Kg Inorgánicos	Total									
1	0.674	0.224	0.898	0.299	0.128	0.427	0.481	0.207	0.688	0.365	0.157	0.522
2	1.459	0.687	2.146	0.848	0.137	0.985	1.365	0.643	2.008	1.036	0.488	1.524
3	1.201	0.515	1.716	0.698	0.128	0.826	1.123	0.482	1.605	0.852	0.366	1.218
4	1.550	0.603	2.153	0.900	0.120	1.020	1.450	0.564	2.014	1.100	0.428	1.528
5	1.227	0.454	1.681	0.712	0.171	0.883	1.148	0.765	1.913	0.871	0.581	1.452
6	1.945	0.584	2.529	1.031	0.107	1.138	1.660	0.554	2.214	1.260	0.420	1.680
7	1.316	0.511	1.827	0.764	0.120	0.884	1.231	0.479	1.710	0.934	0.363	1.297
8	1.515	0.619	2.134	0.880	0.124	1.004	1.417	0.579	1.996	1.075	0.439	1.514
9	0.459	0.197	0.656	0.267	0.128	0.395	0.429	0.184	0.613	0.326	0.140	0.466
10	0.997	0.299	1.296	0.649	0.133	0.782	1.045	0.470	1.515	0.793	0.357	1.150
11	1.563	0.241	1.804	0.631	0.124	0.755	1.016	0.415	1.431	0.771	0.315	1.086
12	1.375	0.536	1.911	0.798	0.120	0.918	1.286	0.500	1.786	0.976	0.380	1.356
13	2.091	0.697	2.788	1.214	0.107	1.321	1.956	0.652	2.608	1.484	0.495	1.979
14	1.222	0.549	1.771	0.710	0.133	0.843	1.143	0.514	1.657	0.868	0.390	1.258
15	1.956	0.617	2.573	0.762	0.137	0.899	1.228	0.578	1.806	0.932	0.439	1.371
16	1.440	0.406	1.846	0.836	0.094	0.930	1.347	0.380	1.727	1.022	0.289	1.311
17	1.558	0.606	2.164	0.905	0.120	1.025	1.458	0.567	2.025	1.106	0.430	1.536
18	1.505	0.673	2.178	0.874	0.154	1.028	1.408	0.792	2.200	1.068	0.601	1.669
19	1.509	0.812	2.321	0.877	0.150	1.027	1.412	0.761	2.173	1.071	0.577	1.648
20	1.136	0.266	1.402	0.660	0.124	0.784	1.063	0.434	1.497	0.806	0.330	1.136
21	1.889	0.634	2.523	1.097	0.128	1.225	1.767	0.758	2.525	1.341	0.575	1.916
22	1.895	0.806	2.701	1.026	0.133	1.159	1.653	0.743	2.396	1.254	0.564	1.818
23	1.889	0.625	2.514	0.966	0.116	1.082	1.555	0.576	2.131	1.180	0.437	1.617
24	3.564	0.896	4.460	1.129	0.137	1.266	1.818	0.856	2.674	1.379	0.649	2.028
25	1.950	1.097	3.047	1.132	0.154	1.286	1.824	1.026	2.850	1.384	0.779	2.163
26	1.299	0.974	2.273	0.754	0.171	0.925	1.215	0.810	2.025	0.922	0.615	1.537
27	1.624	0.664	2.288	0.943	0.124	1.067	1.519	0.621	2.140	1.153	0.471	1.624
28	2.365	0.747	3.112	1.112	0.120	1.232	1.791	0.697	2.488	1.359	0.529	1.888
29	2.136	0.637	2.773	1.240	0.128	1.368	1.998	0.857	2.855	1.516	0.650	2.166
30	1.946	0.756	2.702	0.933	0.137	1.070	1.503	0.708	2.211	1.140	0.537	1.677
31	1.833	0.713	2.546	1.064	0.120	1.184	1.714	0.667	2.381	1.301	0.506	1.807
32	2.214	0.819	3.033	1.286	0.116	1.402	2.071	0.766	2.837	1.571	0.581	2.152
33	1.968	0.491	2.459	0.939	0.099	1.038	1.512	0.452	1.964	1.147	0.343	1.490
34	3.113	0.982	4.095	1.808	0.120	1.928	2.912	1.133	4.045	2.209	0.859	3.068
35	0.795	0.266	1.061	0.363	0.128	0.491	0.584	0.251	0.835	0.443	0.190	0.633
36	1.785	0.448	2.233	1.036	0.137	1.173	1.670	0.786	2.456	1.267	0.596	1.863
37	2.789	0.836	3.625	1.233	0.141	1.374	1.986	0.979	2.965	1.507	0.742	2.249
38	1.680	0.686	2.366	0.976	0.124	1.100	1.572	0.642	2.214	1.193	0.487	1.680
39	1.539	0.569	2.108	0.894	0.116	1.010	1.440	0.533	1.973	1.093	0.404	1.497
40	1.846	0.522	2.368	0.912	0.107	1.019	1.469	0.490	1.959	1.115	0.372	1.487
∑	67.817	24.264	92.081	36.158	5.115	41.273	58.239	24.871	83.110	44.190	18.871	63.061
Pr.	1.695	0.607	2.302	0.904	0.128	1.032	1.456	0.622	2.078	1.105	0.472	1.577

Fuente: Tesistas

Tabla XLIV Pesos orgánicos e inorgánicos por habitantes y sus porcentajes

N°	Kg/Hab/día			Porcentaje	
	Orgánicos	Inorgánicos	Total	Orgánicos	Inorgánicos
1	0.227	0.089	0.317	71.78%	28.22%
2	0.212	0.098	0.310	68.40%	31.60%
3	0.323	0.130	0.453	71.29%	28.71%
4	0.313	0.107	0.420	74.45%	25.55%
5	0.247	0.123	0.370	66.80%	33.20%
6	0.369	0.104	0.472	78.03%	21.97%
7	0.354	0.123	0.477	74.17%	25.83%
8	0.244	0.088	0.332	73.56%	26.44%
9	0.185	0.092	0.277	66.83%	33.17%
10	0.290	0.105	0.395	73.44%	26.56%
11	0.332	0.091	0.423	78.47%	21.53%
12	0.370	0.143	0.512	72.14%	27.86%
13	0.422	0.141	0.563	74.94%	25.06%
14	0.329	0.132	0.461	71.30%	28.70%
15	0.305	0.111	0.415	73.40%	26.60%
16	0.387	0.097	0.484	79.92%	20.08%
17	0.251	0.086	0.338	74.44%	25.56%
18	0.202	0.093	0.295	68.62%	31.38%
19	0.304	0.144	0.448	67.89%	32.11%
20	0.305	0.096	0.402	76.05%	23.95%
21	0.381	0.143	0.524	72.75%	27.25%
22	0.364	0.140	0.504	72.23%	27.77%
23	0.466	0.146	0.612	76.10%	23.90%
24	0.329	0.106	0.435	75.65%	24.35%
25	0.181	0.096	0.277	65.39%	34.61%
26	0.210	0.128	0.338	62.01%	37.99%
27	0.327	0.118	0.445	73.54%	26.46%
28	0.414	0.131	0.545	75.97%	24.03%
29	0.287	0.094	0.382	75.25%	24.75%
30	0.460	0.178	0.639	72.07%	27.93%
31	0.370	0.125	0.495	74.69%	25.31%
32	0.357	0.141	0.498	71.75%	28.25%
33	0.408	0.116	0.524	77.86%	22.14%
34	0.418	0.129	0.547	76.48%	23.52%
35	0.546	0.209	0.755	72.35%	27.65%
36	0.338	0.123	0.461	73.36%	26.64%
37	0.268	0.096	0.365	73.62%	26.38%
38	0.339	0.121	0.460	73.68%	26.32%
39	0.218	0.081	0.299	72.94%	27.06%
40	0.307	0.116	0.422	72.63%	27.37%
Prom.	0.312	0.115	0.427	73.11%	26.89%

Fuente: Tesistas

En la siguiente tabla se observa que el componente materia orgánica (restos de alimentos, y restos de jardín) representa semanalmente en

promedio el 74.44% del total de residuos contabilizados. Respecto a los plásticos se tiene un total de 4.74% y el papel/cartón representa un 13.33% de los cinco componentes considerados para el análisis, este promedio es diferente al obtenido anteriormente, este se basa en el total de las muestras recogidas.

Tabla XLV Promedio total de desechos solidos

	Putrescible	No Putrescible	Vidrio	Plástico	Lata / Metal	Papel / Cartón	
PROMEDIO	74.44%	25.56%	2.77%	4.74%	4.71%	13.33%	100%
MEDIANA	72.00%	28.00%	0.00%	4.99%	0.00%	14.00%	100%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	8.89%	8.89%	4.70%	4.98%	7.23%	7.33%	-
NÚMERO DE DATOS	164	164	164	164	164	164	-
RANGO	1.36%	1.36%	0.72%	0.76%	1.11%	1.12%	-
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	11.95%	34.80%	169.21%	105.22%	153.42%	54.96%	-
			10.86%	18.53%	18.45%	52.16%	

Fuente: Tesistas

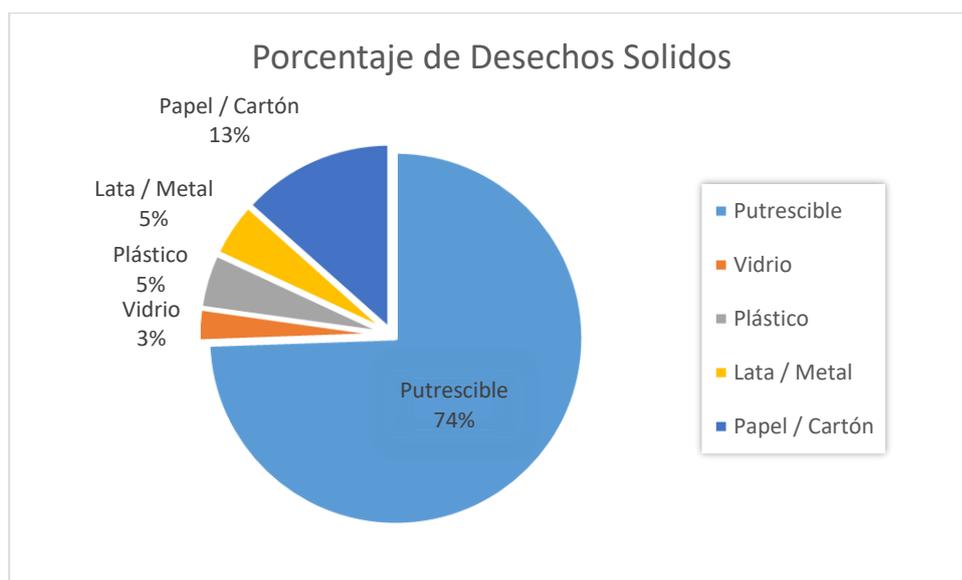


Figura 4.1 Porcentaje de desechos sólidos Totales

Fuente: Tesistas

4.6 Producción per cápita de desechos.

Se estimó la producción per cápita de desechos por vivienda, obteniendo así un valor diario promedio por cada uno de los componentes de desechos considerados. En la siguiente tabla se encuentra la producción per cápita promedio diaria y el promedio total por cada componente de cada muestreo realizado.

Tabla XLVI Producción per cápita desechos solidos

Dia 1											Dia 2											Dia 3											Dia 4											Promedio																
Orgánico	No Putrescible	Vidrio	Plástico	Lata / Metal	Papel /	TOTAL	Orgánico	No Putrescible	Vidrio	Plástico	Lata / Metal	Papel / Cartón	TOTAL	Orgánico	No Putrescible	Vidrio	Plástico	Lata / Metal	Papel /	TOTAL	Orgánico	No Putrescible	Vidrio	Plástico	Lata / Metal	Papel / Cartón	TOTAL	Orgánicos	Inorgánicos	Total																														
0.674	75%	0.224	25%	0	0%	0	0%	0.224	25%	0.898	100%	0.299	70%	0.128	30%	0	0%	0.128	30%	0.427	100%	0.481	70%	0.206	30%	0	0%	0	0%	0.206	30%	0.687	100%	0.365	70%	0.157	30%	0	0%	0	0%	0.157	30%	0.522	100%	0.455	0.179	0.634												
1.459	68%	0.687	32%	0.129	6%	0.129	6%	0	0%	0.429	20%	2.146	100%	0.848	86%	0.138	14%	0	0%	0.039	4%	0	0%	0.099	10%	0.986	100%	0.886	58%	0.646	42%	0.154	10%	0.123	8%	0.215	14%	0.154	10%	1.542	100%	1.036	68%	0.487	32%	0.152	10%	0.152	10%	0	0%	0.183	12%	1.523	100%	1.060	0.490	1.549		
1.201	70%	0.515	30%	0	0%	0	0%	0.172	10%	0.343	20%	1.716	100%	0.698	85%	0.124	15%	0	0%	0.041	5%	0	0%	0.083	10%	0.822	100%	1.123	67%	0.555	33%	0.084	5%	0.168	10%	0.219	13%	0.084	5%	1.678	100%	0.852	70%	0.366	30%	0.127	10%	0.061	5%	0	0%	0.183	15%	1.218	100%	0.969	0.390	1.359		
1.550	72%	0.603	28%	0	0%	0	0%	0.215	10%	0.388	18%	2.153	100%	0.900	88%	0.122	12%	0	0%	0	0%	0	0%	0.122	12%	1.022	100%	1.450	72%	0.563	28%	0	0%	0.201	10%	0.201	10%	0.161	8%	2.013	100%	1.100	72%	0.428	28%	0.122	8%	0	0%	0	0%	0.306	20%	1.538	100%	1.250	0.429	1.679		
1.227	75%	0.454	27%	0	0%	0.101	6%	0	0%	0.353	21%	1.681	100%	0.712	81%	0.167	19%	0	0%	0.079	9%	0	0%	0.088	10%	0.879	100%	1.148	60%	0.766	40%	0.096	5%	0.096	5%	0.383	20%	0.191	10%	1.914	100%	0.871	60%	0.580	40%	0	0%	0	0%	0.319	22%	0.261	18%	1.451	100%	0.990	0.492	1.481		
1.945	77%	0.584	23%	0	0%	0.127	5%	0	0%	0.457	18%	2.529	100%	1.031	91%	0.102	9%	0	0%	0	0%	0	0%	0.102	9%	1.133	100%	1.660	75%	0.554	25%	0	0%	0.111	5%	0	0%	0.443	20%	2.214	100%	1.260	75%	0.420	25%	0	0%	0.169	10%	0	0%	0.252	15%	1.680	100%	1.474	0.415	1.889		
1.316	72%	0.511	28%	0	0%	0.091	5%	0.146	8%	0.274	15%	1.827	100%	0.764	86%	0.124	14%	0	0%	0	0%	0	0%	0.124	14%	0.888	100%	1.231	72%	0.479	28%	0.171	10%	0.137	8%	0	0%	0.171	10%	1.710	100%	0.934	72%	0.364	28%	0	0%	0.182	14%	0	0%	0.182	14%	1.298	100%	1.061	0.370	1.431		
1.515	71%	0.619	29%	0.171	8%	0.149	7%	0	0%	0.299	14%	2.134	100%	0.880	88%	0.120	12%	0	0%	0.07	7%	0	0%	0.05	5%	1.000	100%	1.417	71%	0.579	29%	0	0%	0.12	6%	0.299	15%	0.16	8%	1.998	100%	1.075	71%	0.439	29%	0	0%	0.106	7%	0	0%	0.333	22%	1.514	100%	1.222	0.439	1.661		
0.459	70%	0.197	30%	0.033	5%	0.069	10%	0	0%	0.098	15%	0.656	100%	0.267	85%	0.047	15%	0	0%	0.047	15%	0.314	100%	0.429	55%	0.351	45%	0	0%	0	0%	0.234	30%	0.117	15%	0.780	100%	0.326	70%	0.140	30%	0	0%	0	0%	0.14	30%	0	0%	0.466	100%	0.370	0.184	0.554						
0.997	77%	0.299	23%	0	0%	0.104	8%	0	0%	0.195	15%	1.296	100%	0.649	83%	0.133	17%	0	0%	0	0%	0	0%	0.133	17%	0.782	100%	1.045	69%	0.471	31%	0.152	10%	0.152	10%	0	0%	0.167	11%	1.516	100%	0.793	69%	0.357	31%	0.127	11%	0.115	10%	0	0%	0.115	10%	1.150	100%	0.871	0.315	1.186		
1.563	87%	0.241	13%	0	0%	0	0%	0.241	13%	1.804	100%	0.631	84%	0.121	16%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0.121	16%	0.752	100%	1.016	71%	0.415	29%	0	0%	0.12	6%	0.299	15%	0.2	14%	1.431	100%	0.771	71%	0.315	29%	0	0%	0.185	17%	0.13	12%	1.086	100%	0.995	0.273	1.268				
1.375	72%	0.536	28%	0	0%	0.096	5%	0.113	6%	0.325	17%	1.911	100%	0.798	87%	0.119	13%	0	0%	0	0%	0	0%	0.119	13%	0.917	100%	1.286	65%	0.679	35%	0.179	9%	0.179	9%	0	0%	0.321	16%	1.965	100%	0.976	72%	0.379	28%	0	0%	0	0%	0.176	13%	0.203	15%	1.355	100%	1.109	0.428	1.537		
2.091	75%	0.697	25%	0	0%	0	0%	0.279	10%	0.418	15%	2.788	100%	1.214	92%	0.106	8%	0	0%	0.106	8%	0	0%	0	0%	1.320	100%	1.956	67%	0.957	33%	0.087	3%	0.145	5%	0.435	15%	0.29	10%	2.913	100%	1.484	75%	0.495	25%	0	0%	0.198	10%	0	0%	0.297	15%	1.979	100%	1.686	0.564	2.250		
1.222	69%	0.549	31%	0	0%	0.089	5%	0.177	10%	0.283	16%	1.771	100%	0.710	84%	0.135	16%	0	0%	0.084	10%	0	0%	0.051	6%	0.845	100%	1.143	69%	0.513	31%	0	0%	0.099	6%	0	0%	0.414	25%	1.656	100%	0.868	69%	0.390	31%	0	0%	0.138	11%	1.258	100%	0.986	0.397	1.383						
1.956	70%	0.617	24%	0	0%	0.154	6%	0	0%	0.463	18%	2.573	100%	0.762	85%	0.135	15%	0	0%	0	0%	0	0%	0.135	15%	0.897	100%	1.228	68%	0.578	29%	0	0%	0.217	12%	0	0%	0.361	20%	1.806	100%	1.068	64%	0.438	32%	0	0%	0.215	23%	1.370	100%	1.220	0.442	1.662						
1.440	78%	0.406	22%	0	0%	0.074	4%	0	0%	0.332	18%	1.846	100%	0.836	90%	0.093	10%	0	0%	0	0%	0	0%	0.093	10%	0.929	100%	1.347	78%	0.380	22%	0	0%	0	0%	0.38	22%	1.727	100%	1.022	78%	0.288	22%	0	0%	0	0%	0	0%	1.310	100%	1.161	0.292	1.453						
1.558	71%	0.606	28%	0	0%	0.195	9%	0	0%	0.411	19%	2.164	100%	0.905	88%	0.123	12%	0.123	12%	0	0%	0	0%	0	0%	1.028	100%	1.458	72%	0.567	28%	0	0%	0	0%	0.506	25%	0.061	3%	2.025	100%	1.106	72%	0.430	28%	0	0%	0.215	14%	0	0%	0.215	14%	1.536	100%	1.257	0.432	1.688		
1.505	69%	0.673	31%	0	0%	0.087	4%	0.217	10%	0.369	17%	2.178	100%	0.874	85%	0.154	15%	0.154	15%	0	0%	0	0%	0	0%	1.028	100%	1.408	64%	0.792	36%	0.11	5%	0.11	5%	0.22	10%	2.201	100%	1.068	64%	0.601	36%	0	0%	0.334	20%	0.267	16%	1.669	100%	1.214	0.555	1.769						
1.509	65%	0.812	35%	0.232	10%	0.116	5%	0	0%	0.464	20%	2.321	100%	0.877	85%	0.154	15%	0	0%	0.154	15%	0	0%	0	0%	1.031	100%	1.412	65%	0.760	35%	0.109	5%	0.217	10%	0.217	10%	2.172	100%	1.071	65%	0.577	35%	0.132	8%	0.132	8%	0	0%	0.313	19%	1.648	100%	1.217	0.576	1.793				
1.136	81%	0.266	19%	0	0%	0.098	7%	0	0%	0.168	12%	1.402	100%	0.660	84%	0.125	16%	0	0%	0.125	16%	0	0%	0	0%	0.785	100%	1.063	71%	0.434	29%	0	0%	0	0%	0.434	29%	1.497	100%	0.806	71%	0.329	29%	0	0%	0	0%	0.329	29%	1.135	100%	0.916	0.289	1.205						
1.889	75%	0.634	25%	0.127	5%	0	0%	0.127	5%	0.38	15%	2.523	100%	1.097	90%	0.123	10%	0	0%	0.123	10%	0	0%	0	0%	1.220	100%	1.767	65%	0.952	35%	0.136	5%	0.408	15%	0.272	10%	2.719	100%	1.341	70%	0.574	30%	0.134	7%	0.153	8%	0	0%	0.287	15%	1.915	100%	1.524	0.571	2.094				
1.895	70%	0.806	30%	0	0%	0	0%	0.403	15%	0.403	15%	2.701	100%	1.026	89%	0.127	11%	0.127	11%	0	0%	0	0%	0	0%	1.153	100%	1.653	69%	0.744	31%	0.24	10%	0	0%	0.24	10%	0.264	11%	2.397	100%	1.254	69%	0.564	31%	0.273	15%	0	0%	0	0%	0.291	16%	1.818	100%	1.457	0.560	2.017		
1.889	75%	0.625	25%	0.125	5%	0.25	10%	0	0%	0.25	10%	2.514	100%	0.966	89%	0.119	11%	0.119	11%	0	0%	0	0%	0	0%	1.085	100%	1.555	73%	0.575	27%	0	0%	0	0%	0.575	27%	2.130	100%	1.180	73%	0.437	27%	0	0%	0.162	10%	0	0%	0.275	17%	1.617	100%	1.398	0.439	1.837				
3.564	80%	0.896	20%	0.448	10%	0	0%	0	0%	0.448	10%	4.460	100%	1.129	89%	0.139	11%	0	0%	0.139	11%	0	0%	0	0%	1.139	11%	2.268	100%	1.818	68%	0.855	32%	0.187	7%	0	0%	0.401	15%	0.267	10%	2.673	100%	1.379	68%	0.649	32%	0.203	10%	0.243	12%	0	0%	0.203	10%	2.028	100%	1.973	0.635	2.607
1.950	64%	1.097	36%	0.152	5%	0.183	6%	0.305	10%	0.457	15%	3.047	100%	1.132	88%	0.154	12%	0	0%	0	0%	0	0%	0.154	12%	1.286	100%	1.324	58%	1.055	44%	0.118	5%	0.165	7%	0.423	18%	0.329	14%	2.359	100%	1.384	64%	0.778	36%	0.13	6%	0.108	5%	0.324	15%	0.216	10%	2.162	100%	1.448	0.766	2.214		
1.299	57%	0.974	43%	0.26	11%	0.108	5%	0.173	8%	0.433	19%	2.273	100%	0.754	82%	0.167	18%	0	0%	0	0%	0	0%	0.167	18%	0.921	100%	1.215	60%	0.810	40%	0.162	8%	0.101	5%	0.304	15%	0.243	12%	2.025	100%	0.922	60%	0.616	40%	0.077														

Además, se estimó la producción futura de desechos para lo cual se partió desde la población del año 2010 proyectándola hasta el año 2028 considerando una tasa de crecimiento poblacional del 2,57 %, para la cabecera parroquial Manglaralto partiendo del promedio de la producción per cápita de la Tabla XLIV Pesos orgánicos e inorgánicos por habitantes

Tabla XLVII.- Producción per cápita

Producción per cápita de desechos	Orgánico	0.312	(Kg/Hab/Día)
	Inorgánico	0.115	(Kg/Hab/Día)
	Total	0.427	(Kg/Hab/Día)

Fuente: Tesistas

Tabla XLVIII. Producción per cápita desechos sólidos por año

Año	Habitantes de la parroquia	Producción de desechos		
		Orgánicos	Inorgánicos	Total
		(Ton/día)	(Ton/día)	(Ton/día)
2010	5,576	1.74	0.64	2.38
2011	5,720	1.78	0.66	2.44
2012	5,867	1.83	0.67	2.50
2013	6,018	1.88	0.69	2.57
2014	6,173	1.93	0.71	2.63
2015	6,332	1.98	0.73	2.70
2016	6,495	2.03	0.75	2.77
2017	6,662	2.08	0.76	2.84
2018	6,834	2.13	0.78	2.92
2019	7,010	2.19	0.80	2.99
2020	7,190	2.24	0.83	3.07
2021	7,375	2.30	0.85	3.15
2022	7,565	2.36	0.87	3.23
2023	7,760	2.42	0.89	3.31
2024	7,960	2.48	0.91	3.40
2025	8,165	2.55	0.94	3.48
2026	8,375	2.61	0.96	3.57
2027	8,591	2.68	0.99	3.67
2028	8,812	2.75	1.01	3.76

Fuente: Tesistas

Sumando la producción per cápita de todos los componentes obtenemos valores totales de generación, los mismos que constan en la siguiente tabla.

Tabla XLIX Producción per cápita desechos solidos

Año	Habitantes de la parroquia	Producción de desechos				
		Orgánicos (Ton/día)	Inorgánicos (Ton/día)	Total (Ton/día)	Total (Ton/Año)	Total acumulado (Ton/Año)
2017	6,662	2.08	0.76	2.84	1037.56	1037.56
2018	6,834	2.13	0.78	2.92	1064.34	2101.90
2019	7,010	2.19	0.80	2.99	1091.75	3193.66
2020	7,190	2.24	0.83	3.07	1119.79	4313.44
2021	7,375	2.30	0.85	3.15	1148.60	5462.04
2022	7,565	2.36	0.87	3.23	1178.19	6640.24
2023	7,760	2.42	0.89	3.31	1208.56	7848.80
2024	7,960	2.48	0.91	3.40	1239.71	9088.51
2025	8,165	2.55	0.94	3.48	1271.64	10360.15
2026	8,375	2.61	0.96	3.57	1304.34	11664.49
2027	8,591	2.68	0.99	3.67	1337.98	13002.47
2028	8,812	2.75	1.01	3.76	1372.40	14374.87

Fuente: Tesistas

Sin embargo, el valor de 0.427 kg/hab/día, se considera relativamente bajo para este tipo de sectores rurales.

Datos con los cuales se ha estimado que se recolectan en promedio 2.77 t/día. Este valor representa la producción diaria con una tasa de 100% de cobertura, lo cual significa un valor de 1011,55 t/año en el 2016.

Con este valor de 2,77 t/día, y tomando en cuenta los 6495 habitantes del 2016, se estima una producción per cápita.

Realizando una estimación de la producción per cápita, con la cobertura del 100% desde el 2017, se tiene la tabla, donde se muestra la estimación de generación de desechos para las comunas.

Tabla L.- Producción per cápita desechos sólidos (Habitante, día)

Año	Habitantes de la parroquia	Producción per cápita Kg/Hab/día
2017	6,662	0.431
2018	6,834	0.435
2019	7,010	0.440
2020	7,190	0.444
2021	7,375	0.448
2022	7,565	0.453
2023	7,760	0.457
2024	7,960	0.462
2025	8,165	0.467
2026	8,375	0.471
2027	8,591	0.476
2028	8,812	0.481

Fuente: Tesistas

4.7 Capacidad necesaria del relleno sanitario manual.

4.7.1 Producción diaria y anual de desechos

Con la producción per cápita por año se calculó la cantidad de desechos sólidos generados y se los fue acumulando por cada año de vida útil, para así obtener un valor 15390.58 Toneladas que se generara en las comunas desde el año 2017 hasta el año 2028, obteniendo para el último año una generación de 1546.46 T.

Tabla LI.- Cantidad acumulada de los desechos sólidos.

Año	Habitantes de la parroquia	Cantidad de residuos Sólidos			
		PPC	PDSd	PDS anual	Acumulada
		kg/hab/día	kg/día	T/año	T/año
2017	6,662	0.431	2871.05	1047.93	1047.93
2018	6,834	0.435	2974.62	1085.74	2133.67
2019	7,010	0.440	3081.74	1124.84	3258.51
2020	7,190	0.444	3192.48	1165.26	4423.76
2021	7,375	0.448	3307.37	1207.19	5630.95
2022	7,565	0.453	3426.51	1250.67	6881.63
2023	7,760	0.457	3549.98	1295.74	8177.37
2024	7,960	0.462	3677.89	1342.43	9519.80
2025	8,165	0.467	3810.33	1390.77	10910.57
2026	8,375	0.471	3947.41	1440.81	12351.37
2027	8,591	0.476	4089.71	1492.75	13844.12
2028	8,812	0.481	4236.87	1546.46	15390.58

Fuente: Tesistas

4.7.2 Volumen de desechos sólidos anual compactado y material de cobertura

Los volúmenes de materiales que se han estimado para el material de cobertura en la celda diaria, desde el 2017 al 2028 son:

Tabla LII.- Volumen de los desechos sólidos.

Año	Habitantes de la parroquia	Cantidad de residuos Sólidos				Volumen desechos Sólidos			
		PPC	PDSd	PDSanual	Acumulada	Residuos Sólidos Compactado		Material de cobertura	
		kg/hab/día	kg/día	T/año	T/año	m3/año	m3/día	m3 tierra/año	m3 tierra/día
2017	6,662	0.431	2871.05	1047.93	1047.93	2328.74	6.38	465.75	1.28
2018	6,834	0.435	2974.62	1085.74	2133.67	2412.75	6.61	482.55	1.32
2019	7,010	0.440	3081.74	1124.84	3258.51	2499.64	6.85	499.93	1.37
2020	7,190	0.444	3192.48	1165.26	4423.76	2589.46	7.09	517.89	1.42
2021	7,375	0.448	3307.37	1207.19	5630.95	2682.65	7.35	536.53	1.47
2022	7,565	0.453	3426.51	1250.67	6881.63	2779.28	7.61	555.86	1.52
2023	7,760	0.457	3549.98	1295.74	8177.37	2879.43	7.89	575.89	1.58

Año	Habitantes de la parroquia	Cantidad de residuos Sólidos				Volumen desechos Sólidos			
		PPC	PDSd	PDSanual	Acumulada	Residuos Sólidos Compactado		Material de cobertura	
		kg/hab/día	kg/día	T/año	T/año	m3/año	m3/día	m3 tierra/año	m3 tierra/día
2024	7,960	0.462	3677.89	1342.43	9519.80	2983.17	8.17	596.63	1.63
2025	8,165	0.467	3810.33	1390.77	10910.57	3090.60	8.47	618.12	1.69
2026	8,375	0.471	3947.41	1440.81	12351.37	3201.79	8.77	640.36	1.75
2027	8,591	0.476	4089.71	1492.75	13844.12	3317.21	9.09	663.44	1.82
2028	8,812	0.481	4236.87	1546.46	15390.58	3436.57	9.42	687.31	1.88

Fuente: Tesistas

4.7.3 Capacidad necesaria

La capacidad necesaria está conformada por los residuos sólidos estabilizados más el material de cobertura.

En la Tabla siguiente se observa año a año la producción y el volumen de desechos sólidos:

Tabla LIII.- Capacidad necesaria del Sitio de disposición final.

Año	Habitantes de la parroquia	Volumen desechos Sólidos								
		Residuos Sólidos Compactado		Material de cobertura		Anual Estabilizado		Relleno sanitario		Relleno sanitario Acumulado
		m3/año	m3/día	m3 tierra/año	m3 tierra/día	m3/año	m3/día	m3/año	m3/día	m3/año
2017	6,662	2328.74	6.38	465.75	1.28	1746.55	4.79	2212.30	6.06	2212.30
2018	6,834	2412.75	6.61	482.55	1.32	1809.56	4.96	2292.11	6.28	4504.41
2019	7,010	2499.64	6.85	499.93	1.37	1874.73	5.14	2374.65	6.51	6879.07
2020	7,190	2589.46	7.09	517.89	1.42	1942.09	5.32	2459.99	6.74	9339.05
2021	7,375	2682.65	7.35	536.53	1.47	2011.98	5.51	2548.51	6.98	11887.57
2022	7,565	2779.28	7.61	555.86	1.52	2084.46	5.71	2640.31	7.23	14527.88
2023	7,760	2879.43	7.89	575.89	1.58	2159.57	5.92	2735.45	7.49	17263.33
2024	7,960	2983.17	8.17	596.63	1.63	2237.38	6.13	2834.02	7.76	20097.35
2025	8,165	3090.60	8.47	618.12	1.69	2317.95	6.35	2936.07	8.04	23033.42
2026	8,375	3201.79	8.77	640.36	1.75	2401.34	6.58	3041.70	8.33	26075.12
2027	8,591	3317.21	9.09	663.44	1.82	2487.91	6.82	3151.35	8.63	29226.48
2028	8,812	3436.57	9.42	687.31	1.88	2577.43	7.06	3264.74	8.94	32491.22

Fuente: Tesistas

4.8 Capacidad volumétrica del sitio.

Con el software AutoCAD Civil 3D y la topografía del lugar, adaptando el sitio de disposición final para abarcar la capacidad requerida y además el volumen de desechos sólidos con su respectivo material de cobertura y con sus respectivas pendientes se obtuvo:

Tabla LIV.- Volumen de corte en Curia.

VOLUMEN DE CORTE PARA RELLENO SANITARIO EN CURIA			
ESTACIÓN INICIAL	0+000		
ESTACIÓN FINAL	0+105.195		
Distancia entre Estaciones(mts)	10		
MÉTODO	Prismoidal		
$V = (A1 + A2 + 4M) * D/6$			
Estación	Área m ²	Volumen m ³	Volumen Acumulado m ³
0+000.000	0	0	0
0+010.000	8.08	26.93	26.93
0+020.000	71.79	346.52	373.45
0+030.000	135.78	1021	1394.45
0+040.000	210.31	1716.9	3111.35
0+050.000	284.78	2466.08	5577.43
0+060.000	376.04	3293.56	8870.99
0+070.000	476.13	4251.02	13122.01
0+080.000	584.91	5295.89	18417.9
0+090.000	90.98	3021.88	21439.78
0+100.000	0	303.25	21743.03
0+105.195	0	0	21743.03

Fuente: Tesistas

Tabla LV.- Volumen de corte en Las Nuñez.

VOLUMEN DE CORTE PARA RELLENO SANITARIO EN LAS NUÑEZ			
ESTACIÓN INICIAL		0+000	
ESTACIÓN FINAL		0+080.00	
Distancia entre Estaciones(mts)		10	
MÉTODO		Prismoidal	
$V = (A1 + A2 + 4M) * D/6$			
Estación	Área	Volumen	Volumen Acumulado
	m ²	m ³	m ³
0+000.000	0	0	0
0+010.000	230.47	768.22	768.22
0+020.000	459.48	3384.55	4152.77
0+030.000	686.52	5692.13	9844.91
0+040.000	881.19	7818.31	17663.21
0+050.000	728.56	8036.68	25699.89
0+060.000	238.56	4613.38	30313.27
0+070.000	0.8	844.03	31157.3
0+080.000	2.99	17.8	31175.1

Fuente: Tesistas

Tabla LVI.-: Volumen de corte en Olón.

VOLUMEN DE CORTE PARA RELLENO SANITARIO EN OLÓN			
ESTACIÓN INICIAL		0+000	
ESTACIÓN FINAL		0+110	
Distancia entre Estaciones(mts)		10	
MÉTODO		Prismoidal	
$V = (A1 + A2 + 4M) * D/6$			
Estación	Área m ²	Volumen m ³	Volumen Acumulado m ³
0+000.000	0	0	0
0+010.000	3.16	10.53	10.53
0+020.000	82.09	337.82	348.35
0+030.000	238.32	1534.25	1882.6
0+040.000	388.96	3105.82	4988.41
0+050.000	535.99	4605.13	9593.55
0+060.000	684.28	6086.23	15679.78
0+070.000	523.84	6022.74	21702.51
0+080.000	0	1746.13	23448.65
0+090.000	0.39	1.29	23449.93
0+100.000	0	1.29	23451.22
0+110.000	0	0	23451.22

Fuente: Tesistas

Tabla LVII.- Volumen de desechos en Curia.

VOLUMEN DE DESECHOS SOLIDOS EN CURIA			
ESTACIÓN INICIAL		0+000	
ESTACIÓN FINAL		0+105.195	
Distancia entre Estaciones(mts)		10	
MÉTODO		Prismoidal	
$V = (A1 + A2 + 4M) * D/6$			
Estación	Área m ²	Volumen m ³	Volumen Acumulado m ³
0+000.000	0	0	0
0+010.000	104.68	348.92	348.92
0+020.000	522.4	2869.75	3218.67
0+030.000	603.7	5625.63	8844.3
0+040.000	605.51	6046.05	14890.35
0+050.000	605.47	6054.88	20945.23
0+060.000	603.79	6046.3	26991.52
0+070.000	602.17	6029.83	33021.36
0+080.000	601.63	6019.03	39040.39
0+090.000	0	2005.44	41045.83
0+100.000	0	0	41045.83
0+105.195	0	0	41045.83

Fuente: Tesistas

Tabla LVIII.- Volumen de desechos en Las Núñez.

VOLUMEN DE DESECHOS SOLIDOS EN LAS NUÑEZ			
ESTACIÓN INICIAL		0+000	
ESTACIÓN FINAL		0+080.00	
Distancia entre Estaciones(mts)		10	
MÉTODO		Prismoidal	
$V = (A1 + A2 + 4M) * D/6$			
Estación	Área m ²	Volumen m ³	Volumen Acumulado m ³
0+000.000	0	0	0
0+010.000	261	869.99	869.99
0+020.000	605.07	4211.53	5081.52
0+030.000	993.31	7912.11	12993.62
0+040.000	1217.38	11034.46	24028.08
0+050.000	908.07	10589.52	34617.61
0+060.000	300.97	5772.73	40390.33
0+070.000	0	1003.23	41393.57
0+080.000	0	0	41393.57

Fuente: Tesistas

Tabla LIX.- Volumen de desechos en Olón.

VOLUMEN DE DESECHOS SOLIDOS EN OLON			
ESTACIÓN INICIAL		0+000	
ESTACIÓN FINAL		0+110	
Distancia entre Estaciones(mts)		10	
MÉTODO		Prismoidal	
$V = (A1 + A2 + 4M) * D/6$			
Estación	Área m ²	Volumen m ³	Volumen Acumulado m ³
0+000.000	0	0	0
0+010.000	0	0	0
0+020.000	301.13	1003.76	1003.76
0+030.000	657.98	4680.79	5684.55
0+040.000	937.61	7936.78	13621.33
0+050.000	939.44	9385.23	23006.55
0+060.000	932.6	9360.16	32366.71
0+070.000	626.89	7746.99	40113.7
0+080.000	0	2089.62	42203.32
0+090.000	0	0	42203.32
0+100.000	0	0	42203.32
0+110.000	0	0	42203.32

Fuente: Tesistas

Tabla LX.- Área de Rasante en Curia.

AREA SOBRE RASANTE CURIA																																																					
<table border="1"> <tr> <td>Información</td> <td>Definición</td> <td>Análisis</td> <td>Estadísticas</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Estadísticas</td> <td colspan="3">Valor</td> </tr> <tr> <td colspan="6"> <table border="1"> <tr> <td>⊕ General</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>⊖ EXTendida</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 2D</td> <td colspan="5">12946.46metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 3D</td> <td colspan="5">13898.98metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Pendiente/talud mínimos</td> <td colspan="5">2.00%</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>						Información	Definición	Análisis	Estadísticas			Estadísticas			Valor			<table border="1"> <tr> <td>⊕ General</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>⊖ EXTendida</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 2D</td> <td colspan="5">12946.46metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 3D</td> <td colspan="5">13898.98metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Pendiente/talud mínimos</td> <td colspan="5">2.00%</td> </tr> </table>						⊕ General						⊖ EXTendida						Área de superficie 2D	12946.46metros cuadrados					Área de superficie 3D	13898.98metros cuadrados					Pendiente/talud mínimos	2.00%				
Información	Definición	Análisis	Estadísticas																																																		
Estadísticas			Valor																																																		
<table border="1"> <tr> <td>⊕ General</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>⊖ EXTendida</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 2D</td> <td colspan="5">12946.46metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 3D</td> <td colspan="5">13898.98metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Pendiente/talud mínimos</td> <td colspan="5">2.00%</td> </tr> </table>						⊕ General						⊖ EXTendida						Área de superficie 2D	12946.46metros cuadrados					Área de superficie 3D	13898.98metros cuadrados					Pendiente/talud mínimos	2.00%																						
⊕ General																																																					
⊖ EXTendida																																																					
Área de superficie 2D	12946.46metros cuadrados																																																				
Área de superficie 3D	13898.98metros cuadrados																																																				
Pendiente/talud mínimos	2.00%																																																				
Área(m2)	13898.98	Volúmenes (m3)																																																			
Capa de arcilla	0.2	2779.796	geomembrana	16678.776	m2																																																
capa de arcilla	0.2	2779.796	factor de traslape	1.2																																																	
AREA SOBRE TERRENO NATURAL CURIA																																																					
<table border="1"> <tr> <td>Información</td> <td>Definición</td> <td>Análisis</td> <td>Estadísticas</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Estadísticas</td> <td colspan="3">Valor</td> </tr> <tr> <td colspan="6"> <table border="1"> <tr> <td>⊕ General</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>⊖ EXTendida</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 2D</td> <td colspan="5">12946.46metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 3D</td> <td colspan="5">12982.22metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Pendiente/talud mínimos</td> <td colspan="5">0.61%</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>						Información	Definición	Análisis	Estadísticas			Estadísticas			Valor			<table border="1"> <tr> <td>⊕ General</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>⊖ EXTendida</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 2D</td> <td colspan="5">12946.46metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 3D</td> <td colspan="5">12982.22metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Pendiente/talud mínimos</td> <td colspan="5">0.61%</td> </tr> </table>						⊕ General						⊖ EXTendida						Área de superficie 2D	12946.46metros cuadrados					Área de superficie 3D	12982.22metros cuadrados					Pendiente/talud mínimos	0.61%				
Información	Definición	Análisis	Estadísticas																																																		
Estadísticas			Valor																																																		
<table border="1"> <tr> <td>⊕ General</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>⊖ EXTendida</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 2D</td> <td colspan="5">12946.46metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Área de superficie 3D</td> <td colspan="5">12982.22metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td>Pendiente/talud mínimos</td> <td colspan="5">0.61%</td> </tr> </table>						⊕ General						⊖ EXTendida						Área de superficie 2D	12946.46metros cuadrados					Área de superficie 3D	12982.22metros cuadrados					Pendiente/talud mínimos	0.61%																						
⊕ General																																																					
⊖ EXTendida																																																					
Área de superficie 2D	12946.46metros cuadrados																																																				
Área de superficie 3D	12982.22metros cuadrados																																																				
Pendiente/talud mínimos	0.61%																																																				
Área (m2)	12982.22	Volúmenes (m3)																																																			
Capa vegetal	0.1	1298.222																																																			

Fuente: Tesistas

Tabla LXI.- Área de Rasante en Las Nuñez.

AREA SOBRE RASANTE LAS NUÑEZ																											
Información	Definición	Análisis	Estadísticas																								
			Estadísticas	Valor																							
			⊕ General																								
			⊖ EXTendida																								
			Área de superficie 2D	10875.00metros cuadrados																							
			Área de superficie 3D	12619.10metros cuadrados																							
			Pendiente/talud mínimos	0.35%																							
<table border="0"> <tr> <td>Área(m2)</td> <td>12619.1</td> <td>Volúmenes (m3)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Capa de arcilla</td> <td>0.2</td> <td>2523.82</td> <td>Geomembrana</td> <td>15142.92</td> <td colspan="2">m2</td> </tr> <tr> <td>capa de arcilla</td> <td>0.2</td> <td>2523.82</td> <td>factor de traslape</td> <td>1.2</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>							Área(m2)	12619.1	Volúmenes (m3)					Capa de arcilla	0.2	2523.82	Geomembrana	15142.92	m2		capa de arcilla	0.2	2523.82	factor de traslape	1.2		
Área(m2)	12619.1	Volúmenes (m3)																									
Capa de arcilla	0.2	2523.82	Geomembrana	15142.92	m2																						
capa de arcilla	0.2	2523.82	factor de traslape	1.2																							
AREA SOBRE TERRENO NATURAL LAS NUÑEZ																											
Información	Definición	Análisis	Estadísticas																								
			Estadísticas	Valor																							
			⊕ General																								
			⊖ EXTendida																								
			Área de superficie 2D	10875.00metros cuadrados																							
			Área de superficie 3D	11060.65metros cuadrados																							
			Pendiente/talud mínimos	0.33%																							
<table border="0"> <tr> <td>Área(m2)</td> <td>11060.65</td> <td>Volúmenes (m3)</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Capa vegetal</td> <td>0.1</td> <td>1106.065</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>							Área(m2)	11060.65	Volúmenes (m3)					Capa vegetal	0.1	1106.065											
Área(m2)	11060.65	Volúmenes (m3)																									
Capa vegetal	0.1	1106.065																									

Fuente: Tesistas

Tabla LXII.- Área de Rasante en Olón.

AREA SOBRE RASANTE OLÓN					
Información		Definición	Análisis	Estadísticas	
Estadísticas		Valor			
+ General					
- Extendida					
Área de superficie 2D		16749.33metros cuadrados			
Área de superficie 3D		18084.34metros cuadrados			
Pendiente/talud mínimos		0.13%			
Área(m2)	18084.34	Volúmenes (m3)	21701.20		
Capa de arcilla	0.2	3616.868	Geomembrana	8	m2
capa de arcilla	0.2	3616.868	factor de traslape	1.2	
AREA SOBRE TERRENO NATURAL OLÓN					
Información		Definición	Análisis	Estadísticas	
Estadísticas		Valor			
+ General					
- Extendida					
Área de superficie 2D		16749.33metros cuadrados			
Área de superficie 3D		16884.25metros cuadrados			
Pendiente/talud mínimos		1.85%			
Área(m2)	16884.25	Volúmenes (m3)	1688.425		
Capa vegetal	0.1	1688.425			

Fuente: Tesistas

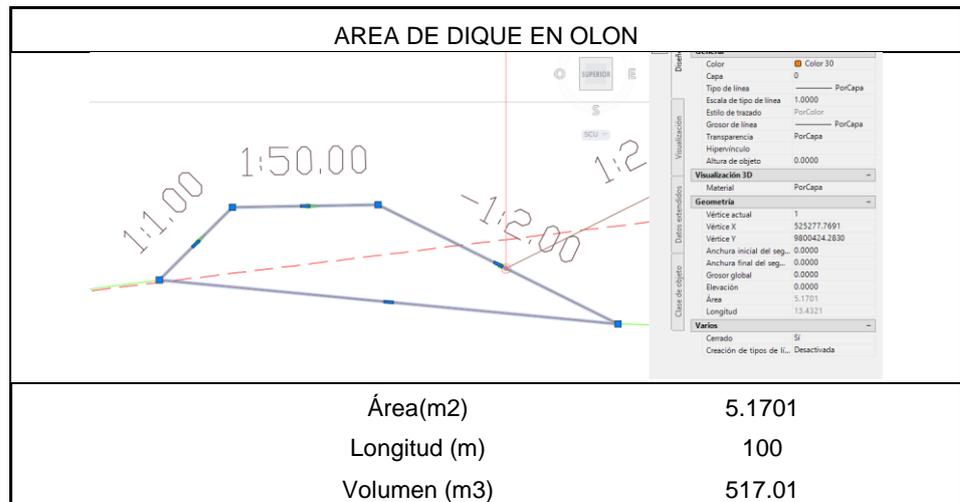


Figura 4.2 Área de dique
 Fuente: Obtenido del software Civil 3D

Tabla LXIII.- Volumen de cobertura en Olón.

VOLUMEN DE COBERTURA FINAL EN OLON	
Información Definición Análisis Estadísticas	
Estadísticas	Valor
General	
Extendida	
Área de superficie 2D	16749.33metros cuadrados
Área de superficie 3D	17399.95metros cuadrados
Pendiente/talud mínimos	0.13%
Área(m2)	17399.95
Cobertura final (m)	0.3
Volumen de cobertura fina (m3)	5219.985

Fuente: Tesistas

Tabla LXIV.- Volumen de cobertura en Las Núñez.

VOLUMEN DE COBERTURA FINAL EN LAS NUÑEZ																													
<table border="1"> <tr> <td>Información</td> <td>Definición</td> <td>Análisis</td> <td>Estadísticas</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Estadísticas</td> <td colspan="2">Valor</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <input checked="" type="checkbox"/> General </td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <input checked="" type="checkbox"/> Extendida </td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Área de superficie 2D</td> <td colspan="2">10875.00metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Área de superficie 3D</td> <td colspan="2">11702.38metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pendiente/talud mínimos</td> <td colspan="2">0.35%</td> </tr> </table>		Información	Definición	Análisis	Estadísticas	Estadísticas		Valor		<input checked="" type="checkbox"/> General				<input checked="" type="checkbox"/> Extendida				Área de superficie 2D		10875.00metros cuadrados		Área de superficie 3D		11702.38metros cuadrados		Pendiente/talud mínimos		0.35%	
Información	Definición	Análisis	Estadísticas																										
Estadísticas		Valor																											
<input checked="" type="checkbox"/> General																													
<input checked="" type="checkbox"/> Extendida																													
Área de superficie 2D		10875.00metros cuadrados																											
Área de superficie 3D		11702.38metros cuadrados																											
Pendiente/talud mínimos		0.35%																											
Área(m2)	11702.38																												
Cobertura final (m)	0.3																												
Volumen de cobertura fina (m3)	3510.714																												

Fuente: Tesistas**Tabla LXV.- Volumen de cobertura en Curia.**

VOLUMEN DE COBERTURA FINAL EN CURIA																													
<table border="1"> <tr> <td>Información</td> <td>Definición</td> <td>Análisis</td> <td>Estadísticas</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Estadísticas</td> <td colspan="2">Valor</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <input checked="" type="checkbox"/> General </td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <input checked="" type="checkbox"/> Extendida </td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Área de superficie 2D</td> <td colspan="2">12946.46metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Área de superficie 3D</td> <td colspan="2">13467.21metros cuadrados</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Pendiente/talud mínimos</td> <td colspan="2">2.00%</td> </tr> </table>		Información	Definición	Análisis	Estadísticas	Estadísticas		Valor		<input checked="" type="checkbox"/> General				<input checked="" type="checkbox"/> Extendida				Área de superficie 2D		12946.46metros cuadrados		Área de superficie 3D		13467.21metros cuadrados		Pendiente/talud mínimos		2.00%	
Información	Definición	Análisis	Estadísticas																										
Estadísticas		Valor																											
<input checked="" type="checkbox"/> General																													
<input checked="" type="checkbox"/> Extendida																													
Área de superficie 2D		12946.46metros cuadrados																											
Área de superficie 3D		13467.21metros cuadrados																											
Pendiente/talud mínimos		2.00%																											
Área(m2)	13467.2																												
Cobertura final (m)	0.3																												
Volumen de cobertura fina (m3)	4040.16																												

Fuente: Tesistas

En resumen, en cuanto a volumen se tiene:

Tabla LXVI.- Volumen Total.

Relleno sanitario ubicación	Volumen de desechos sólidos (m3)	Volumen de capa impermeabilizante (m3) 20 cm limo arcilloso fondo	Volumen de capa vegetal (m3)	Volumen de capa protectora (m3)	Volumen de capa de cobertura rasante(m3)	Volumen total (m3)
Olón	42203.32	3616.868	1688.425	3616.868	5219.985	56345.466
Curia	41045.83	2779.796	1298.222	2779.796	4040.16	51943.804
Las Núñez	41393.57	2523.82	1106.065	2523.82	3510.714	51057.989

Fuente: Tesistas

En cuanto al volumen de Olón cabe recalcar que se realizó un dique por que se tuvo que elevar el terreno para que el sitio de disposición final este fuera de zonas de inundación encontrando una zona con pendientes más pronunciadas, en el Anexo Q se puede encontrar los informes con los volúmenes de corte y relleno para cada sitio de disposición final.

4.9 Diseño de la Subrasante.

Se diseñó el fondo para maximizar la capacidad del relleno sanitario y una adecuada escorrentía de los lixiviados. Se tomó una pendiente mínima del 2%.

A continuación, se presenta la configuración de la Subrasante definitiva de los diferentes Rellenos Sanitarios en el área de estudio, observando con más detalles en el anexo.

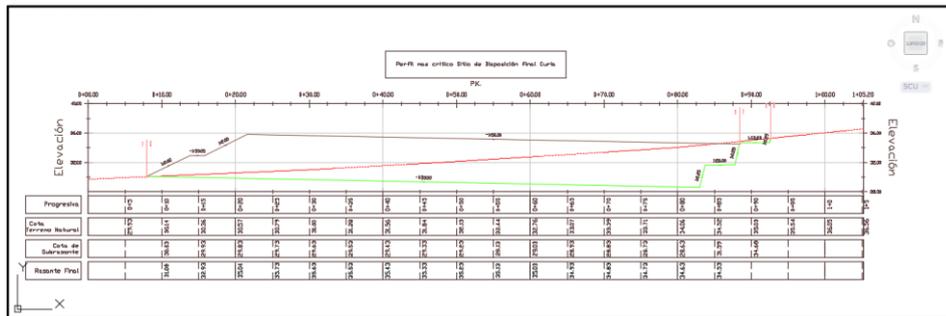


Figura 4.3: Perfil más crítico del relleno en curia
Fuente: Tesistas elaborado en Civil 3D

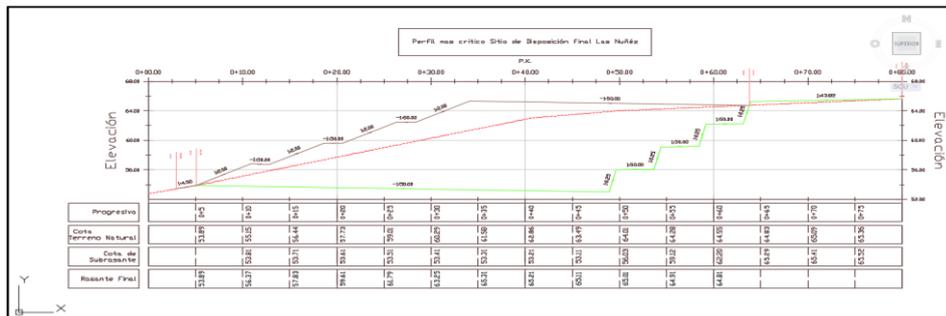


Figura 4.4: Perfil más crítico del relleno en Las Núñez.
Fuente: Tesistas elaborado en Civil 3D

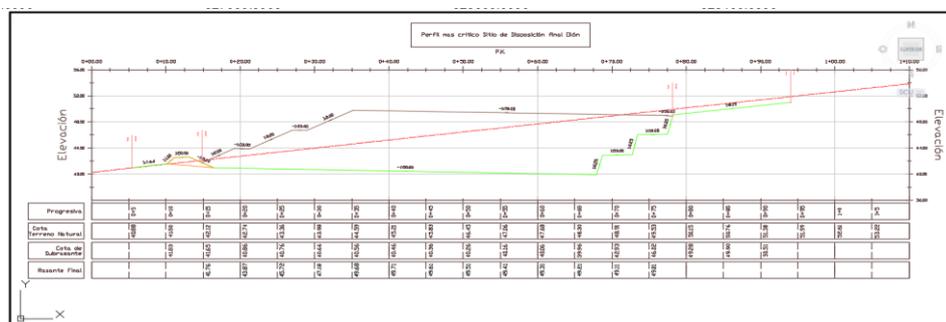


Figura 4.5: Perfil más crítico del relleno en Olón.
Fuente: Tesistas elaborado en Civil 3D

Para el diseño de la Subrasante se considera una configuración que permita realizar la menor cantidad de corte y de relleno tomando en cuenta la topografía del terreno; sin embargo, en ciertos sectores fue necesaria la conformación de diques para lograr un mayor almacenamiento, tal es el caso de las trincheras de Olón, en el Anexo N se puede ver en más detalle.

4.10 Diseño de taludes en celdas y diques

Para los taludes de la celda diaria, se recomienda 2:1 o 3:1. Se garantizará su estabilidad con una buena compactación manual de las basuras y la construcción de taludes compuestos con berma intermedia, para nuestra valoración se tomó taludes 2:1 para celdas diarias y dique.

4.11 Cálculo y diseño de la celda diaria.

Se realizó el mismo procedimiento del literal 3.12 Metodología del Cálculo y diseño de la celda diaria. para los años 2017 al 2028 y abarcar los 10 años de vida útil del relleno, como se puede observar en la siguiente tabla el largo de celda variara en el transcurso de los años.

Tabla LXVII.- Dimensiones de la Celda Diaria para cada año de operación.

Año	Habitantes de la parroquia	Cantidad de residuos Sólidos		Celda diaria					
		PPC	PDSd	Volumen Vcelda	Altura hc	Área AC	Frente de trabajo	Largo de celda I	Volumen Vcelda anual
		kg/hab/día	kg/día	m3/día laboral	m/día laboral	m2/día laboral	m	m	m3/ (días laborables anuales)
2017	6,662	0.431	2871.05	7.66	1.00	7.66	3.00	2.55	2794.49
2018	6,834	0.435	2974.62	7.93	1.00	7.93	3.00	2.64	2895.30
2019	7,010	0.440	3081.74	8.22	1.00	8.22	3.00	2.74	2999.56
2020	7,190	0.444	3192.48	8.51	1.00	8.51	3.00	2.84	3107.35
2021	7,375	0.448	3307.37	8.82	1.00	8.82	3.00	2.94	3219.18
2022	7,565	0.453	3426.51	9.14	1.00	9.14	3.00	3.05	3335.13
2023	7,760	0.457	3549.98	9.47	1.00	9.47	3.00	3.16	3455.31
2024	7,960	0.462	3677.89	9.81	1.00	9.81	3.00	3.27	3579.81
2025	8,165	0.467	3810.33	10.16	1.00	10.16	3.00	3.39	3708.72
2026	8,375	0.471	3947.41	10.53	1.00	10.53	3.00	3.51	3842.15
2027	8,591	0.476	4089.71	10.91	1.00	10.91	3.00	3.64	3980.66
2028	8,812	0.481	4236.87	11.30	1.00	11.30	3.00	3.77	4123.89

Fuente: Tesistas

4.12 Calculo de vida esperado

A continuación, se muestran los volúmenes disponibles hallados en los cálculos de corte y relleno

Tabla LXVIII.- volúmenes disponibles

	Cota máx.	Volumen disponible
Curia	36	41,354.90
Olón	50	44,505.97
Las Núñez	66	40,900.45

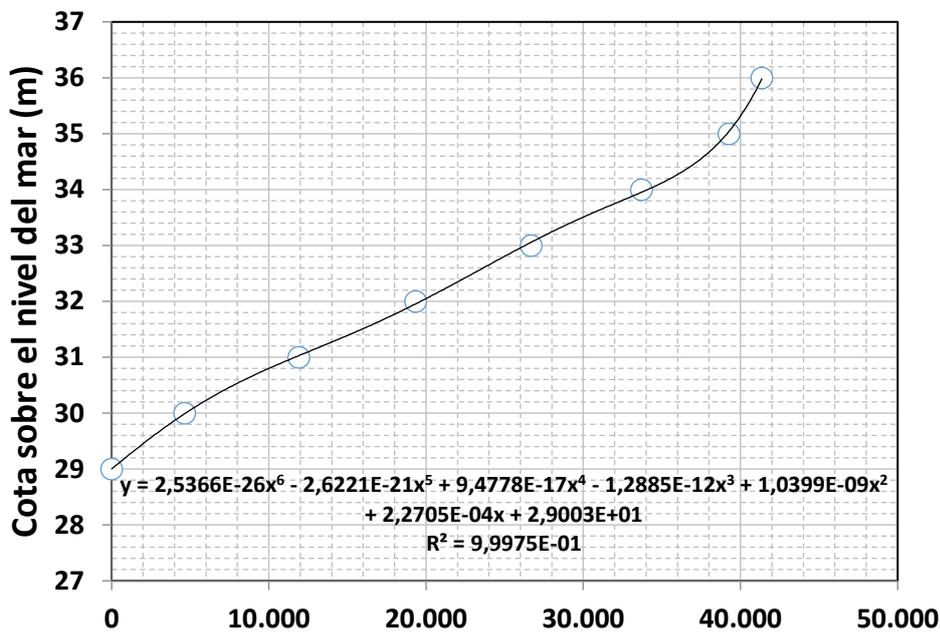
Fuente: Tesistas

Como se puede observar en la tabla de abajo se calculó el volumen por cada metro de cota.

Tabla LXIX.- volúmenes acumulados

Volumen acumulado entre cotas Curia				
cota superficie	área en cota (m ²)	Área entre cotas (m ²)	volumen entre cotas (m ³)	volumen Acumulado (m ³)
29	2137.63			0.00
30	7145.15	4641.39	4641.39	4,641.39
31	7357.57	7251.36	7251.36	11,892.75
32	7528.74	7443.16	7443.16	19,335.91
33	7130.25	7329.50	7329.50	26,665.40
34	6947.34	7038.80	7038.80	33,704.20
35	4177.03	5562.19	5562.19	39,266.38
36	0.00	2088.52	2088.52	41,354.90

Fuente: Tesistas



Volumen acumulado disponible en sector de Curia (m³)

Figura 4.6 Volumen acumulado VS cota alcanzada

Fuente: Tesistas

Tabla LXX.- Estimación de la vida útil esperada

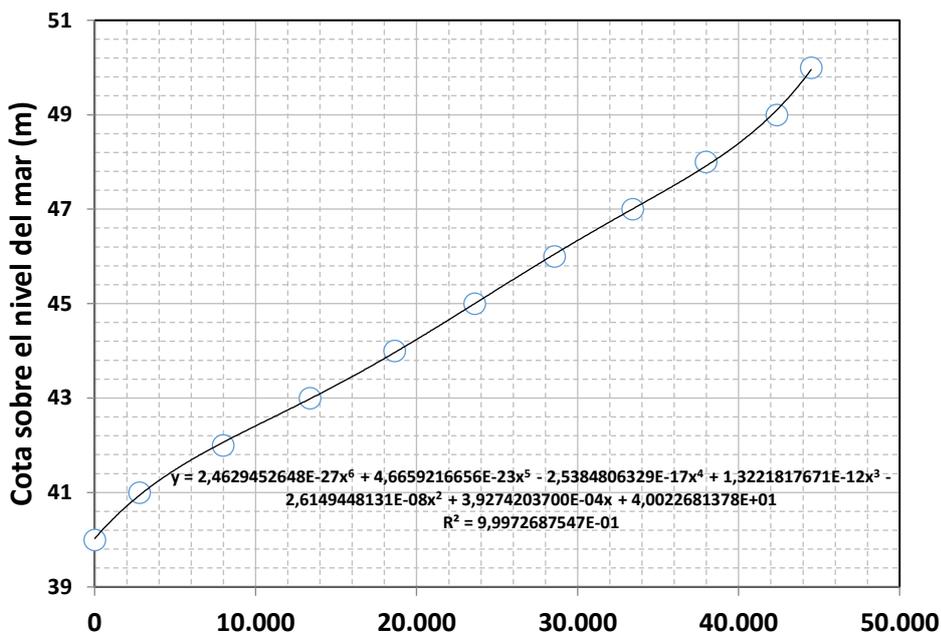
LA BASURA ES ENTERRADA EN EL SECTOR DE CURIA						
Año	Peso Anual Basura (Ton)	Volumen Basura (m³)	Volumen Cobertura (m³)	Volumen anual basura + cobertura	Volumen acumulado basura + cobertura	Cota Alcanzada al final de año
2017	1,048	2,329	582	2,911	2,911	29.65 m
2018	1,086	2,413	603	3,016	5,927	30.22 m
2019	1,125	2,500	625	3,125	9,051	30.68 m
2020	1,165	2,589	647	3,237	12,288	31.07 m
2021	1,207	2,683	671	3,353	15,642	31.47 m
2022	1,251	2,779	695	3,474	19,116	31.92 m
2023	1,296	2,879	720	3,599	22,715	32.46 m
2024	1,342	2,983	746	3,729	26,444	33.02 m
2025	1,391	3,091	773	3,863	30,307	33.54 m
2026	1,441	3,202	800	4,002	34,309	34.03 m
2027	1,493	3,317	829	4,147	38,456	34.79 m
2028	1,546	3,437	859	4,296	42,752	

Fuente: Tesistas

Tabla LXXI.- Estimación de la vida útil esperada

Volumen acumulado entre cotas Olon				
cota superficie	área en cota (m ²)	Área entre cotas (m ²)	volumen entre cotas (m ³)	volumen Acumulado (m ³)
40	475.76			0.00
41	5108.09	2791.93	2791.93	2,791.93
42	5283.90	5196.00	5196.00	7,987.92
43	5481.82	5382.86	5382.86	13,370.78
44	5060.52	5271.17	5271.17	18,641.95
45	4877.19	4968.86	4968.86	23,610.81
46	5045.11	4961.15	4961.15	28,571.96
47	4653.82	4849.47	4849.47	33,421.42
48	4470.49	4562.16	4562.16	37,983.58
49	4287.15	4378.82	4378.82	42,362.40
50	0.00	2143.58	2143.58	44,505.97

Fuente: Tesistas



Volumen acumulado disponible en sector de Olón (m³)

Figura 4.7 Volumen acumulado VS cota alcanzada

Fuente: Tesistas

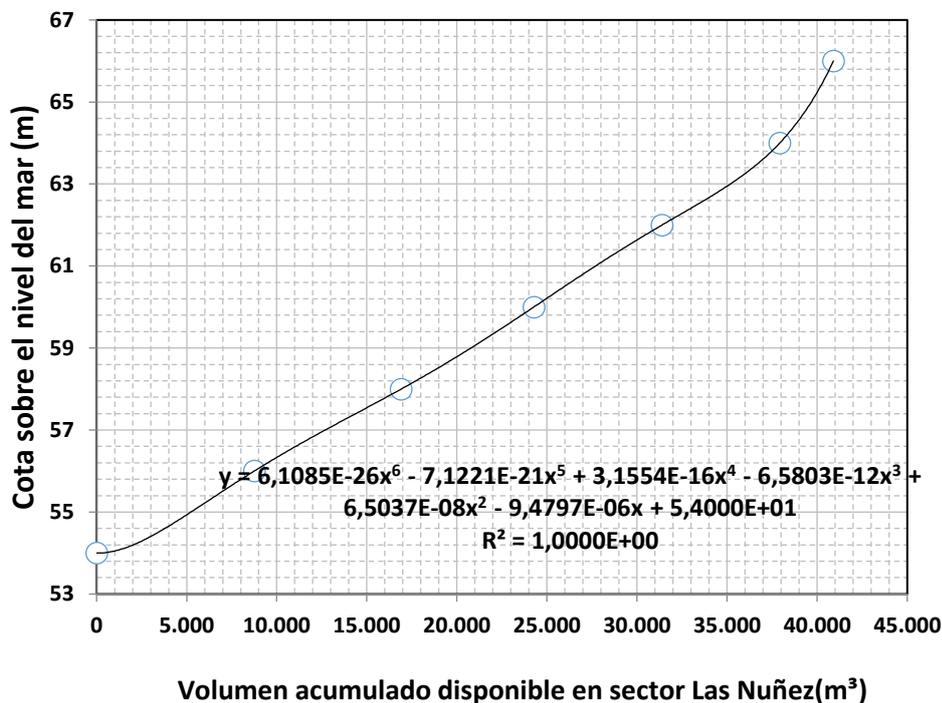
Tabla LXXII.- Estimación de la vida útil esperada

BASURA ES ENTERRADA EN EL SECTOR DE OLON						
Año	Peso Anual Basura (Ton)	Volumen Basura (m ³)	Volumen Cobertura (m ³)	Volumen anual basura + cobertura	Volumen acumulado basura + cobertura	Cota Alcanzada al final de año
2017	1,048	2,329	582	2,911	2,911	40.98 m
2018	1,086	2,413	603	3,016	5,927	41.68 m
2019	1,125	2,500	625	3,125	9,051	42.25 m
2020	1,165	2,589	647	3,237	12,288	42.80 m
2021	1,207	2,683	671	3,353	15,642	43.39 m
2022	1,251	2,779	695	3,474	19,116	44.06 m
2023	1,296	2,879	720	3,599	22,715	44.81 m
2024	1,342	2,983	746	3,729	26,444	45.60 m
2025	1,391	3,091	773	3,863	30,307	46.40 m
2026	1,441	3,202	800	4,002	34,309	47.18 m
2027	1,493	3,317	829	4,147	38,456	48.02 m
2028	1,546	3,437	859	4,296	42,752	

Fuente: Tesistas**Tabla LXXIII.- Estimación de la vida útil esperada**

Volumen acumulado entre cotas en Las Núñez				
cota superficie	área en cota (m ²)	Área entre cotas (m ²)	volumen entre cotas (m ³)	volumen Acumulado (m ³)
54	4383.43			0.00
56	4366.84	4375.14	8750.27	8,750.27
58	3791.81	4079.33	8158.65	16,908.92
60	3568.44	3680.13	7360.25	24,269.17
62	3553.02	3560.73	7121.46	31,390.63
64	2978.40	3265.71	6531.42	37,922.05
66	0.00	1489.20	2978.40	40,900.45

Fuente: Tesistas



Volumen acumulado disponible en sector Las Nuñez(m³)
Figura 4.8 Volumen acumulado VS cota alcanzada
Fuente: Tesistas

4.13 Cantidad de chimeneas.

En el diseño del presente proyecto, se han colocado cada 40 m, las cuales poseen un diámetro de 0.6m y en cuyo interior se coloca una tubería de evacuación de gases de Ø160mm.

Sin embargo, adicionalmente se considera un cajón 0.80*0.80m*0.40 recubierto por malla olímpica o malla de gallinero en la base, continúa con tanques metálicos de Ø600mm y altura de 900mm hasta terminarlo antes del inicio de la capa de cobertura final de cierre. Dentro de los tanques se colocará piedra para rellenar con diámetros de 4" o 6" u otro tipo de material como piedra partida o gravas de dimensiones mayores a los 4 cm, con el fin de garantizar el flujo del gas durante la vida útil del

relleno y su posterior cierre; dentro del tanque se colocará tubo perforado de \varnothing 160mm, luego se transforma a \varnothing 100mm, continúa por tubería de 50mm para finalizar en tubería galvanizada de 1" provisto de un quemador para la liberación y combustión del gas metano. El tubo de 160mm estará conectado a la tubería de drenaje de lixiviados de \varnothing 200mm que estará a su vez embebida dentro del dren de lixiviados.

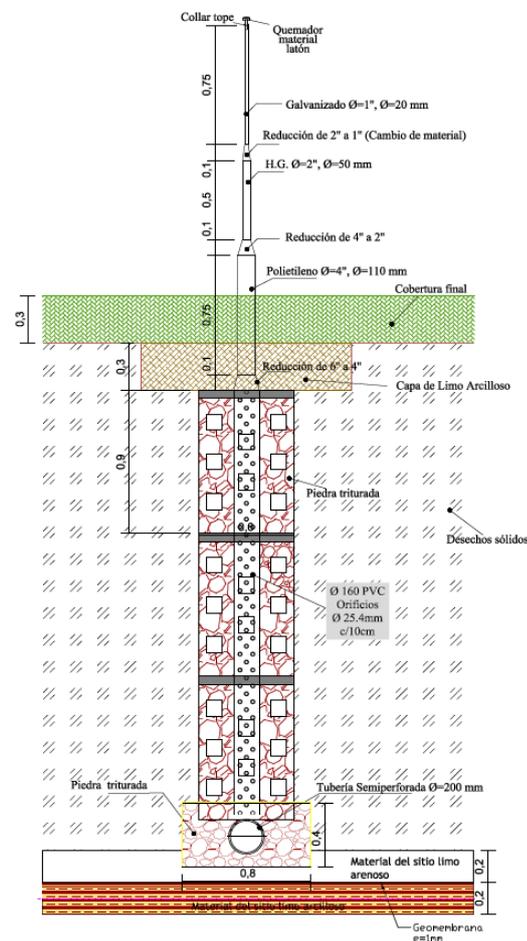


Figura 4.9 Volumen acumulado VS cota alcanzada

Fuente: Tesistas.

4.14 Evapotranspiración potencial (ETP)

Con los pasos descritos en el Capítulo 3 apartado 3.15.1 Evapotranspiración pág. 135 se procedió a determinar la evapotranspiración corregida.

Tabla LXXIV. Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite

Parámetros	ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	Total
Temp.	25.78	26.63	26.22	26.12	24.85	23.32	22.37	22.36	22.56	22.73	23.28	24.46	24.22
i	11.98	12.58	12.29	12.22	11.33	10.29	9.66	9.66	9.79	9.90	10.27	11.06	131.03
ETP sin corr.	124.8	137.7	131.4	129.9	111.6	92.0	81.1	81.0	83.2	85.2	91.6	106.4	
nº días mes	30	31	30	31	31	28.25	31	30	31	30	31	31	
nº horas luz	12	12.1	12.1	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.1	12.1	12	12	
ETP corr.	124.8	143.5	132.5	136.4	117.3	88.1	85.2	82.4	86.7	85.9	94.6	109.9	1287.3

Fuente: Tesistas

4.15 Evapotranspiración Real (ETR)

A continuación, se muestran los resultados del balance, resultados que nos permiten realizar una valoración del déficit, reserva y excedentes del sistema en estudio.

Tabla LXXV.- Cálculo del Balance Hídrico del suelo

													Reserva máx:50
Parámetros	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Precip.	217.5	124.5	101.3	48.5	7.00	0.00	0.50	0.90	5.10	2.30	5.90	4.20	517.7
ETP corr.	84	91.2	91.1	93.6	86.1	69.5	70.4	65.7	69.4	70.7	74.2	81.6	947.5
Δ	133.5	33.3	10.2	-45.1	-79.1	-69.5	-69.9	-64.8	-64.3	-68.4	-68.3	-77.4	
Alm	50	50	50	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	
Déficit					-74.2	-69.5	-69.9	-64.8	-64.3	-68.4	-68.3	-77.4	
Excedente	83.5	33.3	10.2										127
Δ alm	50	0	0	-45.1	-4.9	0	0	0	0	0	0	0	
ETR	84	91.2	91.1	93.6	11.9	0	0.5	0.9	5.1	2.3	5.9	4.2	

Fuente: Tesistas

La determinación de la ETP mediante este método es de 1287.3 mm/año.

De acuerdo a los resultados los excedentes obtenidos en el balance, se interpreta que los lixiviados se alimentan de la infiltración, por el efecto de las precipitaciones que se producirían durante los meses de época húmeda (enero-mayo), mientras que en la época de estiaje (junio-diciembre) en la que se producen menos lixiviados debido a que la reserva del agua está siendo utilizada para la evapotranspiración.

4.16 Balance Hídrico

4.16.1 Contenido de Humedad

Con los datos de la composición y los pesos obtenidos se obtuvo el porcentaje de humedad que nos servirá para el cálculo de los gases y lixiviados generados.

Tabla LXXVI.- Composición de área de estudio

Composicion Area de Estudio						
100.00%						
	Orgánico Putrescible	Vidrio	Plástico	Lata / Metal	Papel / Cartón	Inertes
	74.44%	2.77%	4.74%	4.71%	13.33%	0.00%
Humedad Mínima	20%	1%	1%	1%	4%	4%
Humedad Media	37%	2%	2%	2%	7%	7%
Humedad Máxima	54%	2%	2%	2%	10%	10%
Peso mínimo	14.89 Kg	0.03 Kg	0.05 Kg	0.05 Kg	0.53 Kg	0.00 Kg
Humedad Mínima	16%					
Peso medio	27.54 Kg	0.04 Kg	0.07 Kg	0.07 Kg	0.93 Kg	0.00 Kg
Humedad Media	29%					
Peso máximo	40.20 Kg	0.06 Kg	0.09 Kg	0.09 Kg	1.33 Kg	0.00 Kg
Humedad Máxima	42%					

Fuente: Tesistas

4.16.2 Volumen de biogás potencial

Por los pesos obtenidos en la composición química se obtuvo una digestión anaerobia de los DSP para diferentes contenidos de humedad

Tabla LXXVII.- Estequiometria correspondiente a una digestión anaerobia de los desechos sólidos producidos

CONTENIDO DE HUMEDAD MÍNIMO															
REACCIÓN RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLE															
C 25	H 41	O 13	N 1	+	9 H 2	O 1	→	14 C 1	H 4	+	11 C 1	O 2	+	1 N 1	H 3
563.59984					162.13752			224.59864			484.1078			17.03092	
Agua Consumida en la descomposición							0.288 kg agua/kg DRB								
CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO															
REACCIÓN RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLE															
C 700	H 1001	O 199	N 1	+	351 H 2	O 1	→	425 C 1	H 4	+	275 C 1	O 2	+	1 N 1	H 3
12614.53564					6323.36328			6818.173			12102.695			17.03092	
Agua Consumida en la descomposición							0.236 kg agua/kg DRB								
CONTENIDO DE HUMEDAD MÍNIMO															
REACCIÓN RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLE															
C 25	H 39	O 16	N 1	+	8 H 2	O 1	→	13 C 1	H 4	+	12 C 1	O 2	+	1 N 1	H 3
609.58216					144.12224			208.55588			528.1176			17.03092	
Agua Consumida en la descomposición							0.230 kg agua/kg DRB								
CONTENIDO DE HUMEDAD MÍNIMO															
REACCIÓN RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLE															
C 26	H 43	O 16	N 1	+	8 H 2	O 1	→	14 C 1	H 4	+	12 C 1	O 2	+	1 N 1	H 3
625.62492					144.12224			224.59864			528.1176			17.03092	
Agua Consumida en la descomposición							0.230 kg agua/kg DRB								
CONTENIDO DE HUMEDAD MÍNIMO															
REACCIÓN LENTAMENTE BIODEGRADABLE															
C 700	H 1001	O 199	N 1	+	351 H 2	O 1	→	425 C 1	H 4	+	275 C 1	O 2	+	1 N 1	H 3
12614.53564					6323.36328			6818.173			12102.695			17.03092	

Fuente: Tesistas

4.16.3 Calculo de gases

Para el cálculo de los gases generados, como no dependen del área del sitio de disposición final y solo de los desechos sólidos contenidos no varían para los diferentes sitios de disposición final.

Tabla LXXVIII.- Contenido de humedad mínimo

CONTENIDO DE HUMEDAD MÍNIMO																
DESECHOS RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLES (DRB)																
Peso Orgánico	Peso Metano	Peso CO ₂	Peso Seco	P _{metano}	P _{CO₂}	V _{metano}	V _{CO₂}	Producción Gas								
563.59884	224.59864	484.1076	72.35 Kg	0.72 Kg/m ³	1.98 Kg/m ³	40.21 m ³ N	31.44 m ³ N	0.99 m ³ /Kg peso seco								
Fracción desechos rápidamente biodegradables (DRB)												0.406 kg DRB/Kg desecho				
Producción Gas en desechos rápidamente biodegradables (DRB) por peso de basura																
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tasa de Producción Pico al final del año (m ³ /kg. Año)	0.000	0.161	0.121	0.080	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Volumen Anual (m ³ /kg)	0.000	0.080	0.141	0.101	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DESECHOS LENTAMENTE BIODEGRADABLE (DLB)																
Peso Orgánico	Peso Metano	Peso CO ₂	Peso Seco	P _{metano}	P _{CO₂}	V _{metano}	V _{CO₂}	Producción Gas								
12614.53564	6818.173	12102.695	4.69 Kg	0.72 Kg/m ³	1.98 Kg/m ³	3.54 m ³ N	2.28 m ³ N	1.24 m ³ /Kg peso seco								
Fracción desechos rápidamente biodegradables (DLB)												0.014 kg DLB/Kg desecho				
Producción Gas en desechos rápidamente biodegradables (DLB) por peso de basura																
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Producción anual (m ³ /kg. Año)	0.E+00	5.E-04	9.E-04	1.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	1.E-03	1.E-03	9.E-04	7.E-04	5.E-04	2.E-04	0.E+00
Volumen Anual (m ³ /kg)	0.E+00	2.E-04	7.E-04	1.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	1.E-03	1.E-03	1.E-03	8.E-04	6.E-04	3.E-04	1.E-04
Densidad del Gas	1.27 Kg/m ³															
Agua consumida en generación gas	0.285 Kg agua/m ³ gas															
Producción anual (m ³ /kg. Año)																
Año	Nivel Año 1	Nivel Año 2	Nivel Año 3	Nivel Año 4	Nivel Año 5	Nivel Año 6	Nivel Año 7	Nivel Año 8	Nivel Año 9	Nivel Año 10	Nivel Año 11	Total parcial	Total Acum.			
0	0.000											0.000	0.000			
1	0.081	0.000										0.081	0.081			
2	0.141	0.081	0.000									0.222	0.303			
3	0.102	0.141	0.081	0.000								0.324	0.627			
4	0.062	0.102	0.141	0.081	0.000							0.386	1.012			
5	0.022	0.062	0.102	0.141	0.081	0.000						0.408	1.420			
6	0.002	0.022	0.062	0.102	0.141	0.081	0.000					0.410	1.830			
7	0.002	0.002	0.022	0.062	0.102	0.141	0.081	0.000				0.412	2.243			
8	0.002	0.002	0.002	0.022	0.062	0.102	0.141	0.081	0.000			0.414	2.656			
9	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.062	0.102	0.141	0.081	0.000		0.415	3.072			
10	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.062	0.102	0.141	0.081	0.000	0.417	3.488			
11	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.062	0.102	0.141	0.081	0.418	3.906			
12	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.022	0.062	0.102	0.141	0.081	0.338	4.244			
13	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.022	0.062	0.102	0.062	0.197	4.441			
14	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.022	0.062	0.102	0.062	0.096	4.537			
15	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.022	0.062	0.102	0.022	0.034	4.571			
16		0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.022	0.062	0.102	0.022	0.012	4.582			
17			0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.022	0.062	0.102	0.022	0.009	4.592			
18				0.000	0.001	0.001	0.001	0.022	0.062	0.102	0.022	0.007	4.599			
19					0.000	0.001	0.001	0.022	0.062	0.102	0.022	0.006	4.605			
20						0.000	0.001	0.022	0.062	0.102	0.022	0.004	4.609			
21							0.000	0.022	0.062	0.102	0.022	0.003	4.612			
22								0.022	0.062	0.102	0.022	0.002	4.614			
23									0.022	0.062	0.102	0.001	4.615			
24										0.022	0.062	0.000	4.615			
25											0.022	0.000	4.615			

Fuente: Tesistas

Tabla LXXIX.- Contenido de humedad medio

CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIO																
DESECHOS RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLES (DRB)																
Peso Orgánico	Peso Metano	Peso CO2	Peso Seco	P _{metano}	P _{CO2}	V _{metano}	V _{CO2}	Producción Gas								
609.58216	208.55588	528.1176	59.30 Kg	0.72 Kg/m ³	1.98 Kg/m ³	28.29 m ³ N	25.99 m ³ N	0.92 m ³ /Kg peso seco								
Fracción desechos rápidamente biodegradables (DRB)													0.433 kg DRB/kg desechos			
Producción Gas en desechos rápidamente biodegradables (DRB) por peso de basura																
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tasa de Producción Pico al final del año (m ³ /kg, Año)	0.000	0.159	0.119	0.079	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Volumen Anual (m ³ /kg)	0.000	0.079	0.139	0.099	0.060	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DESECHOS LENTAMENTE BIODEGRADABLE (DLB)																
Peso Orgánico	Peso Metano	Peso CO2	Peso Seco	P _{metano}	P _{CO2}	V _{metano}	V _{CO2}	Producción Gas								
12614.53564	6818.173	12102.695	4.67 Kg	0.72 Kg/m ³	1.98 Kg/m ³	3.52 m ³ N	2.26 m ³ N	1.24 m ³ /Kg peso seco								
Fracción desechos rápidamente biodegradables (DLB)													0.014 kg DLB/kg desechos			
Producción Gas en desechos rápidamente biodegradables (DLB) por peso de basura																
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Producción anual (m ³ /kg, Año)	0.E+00	5.E-04	9.E-04	1.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	1.E-03	1.E-03	9.E-04	7.E-04	5.E-04	2.E-04	0.E+00
Volumen Anual (m ³ /kg)	0.E+00	2.E-04	7.E-04	1.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	1.E-03	1.E-03	8.E-04	6.E-04	3.E-04	1.E-04	
Densidad del Gas	1.31 Kg/m ³															
Agua consumida en generación gas	0.216 Kg agua/m ³ gas															
Producción anual (m ³ /kg, Año)																
Año	Nivel Año 1	Nivel Año 2	Nivel Año 3	Nivel Año 4	Nivel Año 5	Nivel Año 6	Nivel Año 7	Nivel Año 8	Nivel Año 9	Nivel Año 10	Nivel Año 11	Total parcial	Total Acum.			
0	0.000											0.000	0.000			
1	0.080	0.000										0.080	0.080			
2	0.140	0.080	0.000									0.219	0.299			
3	0.100	0.140	0.080	0.000								0.319	0.618			
4	0.061	0.100	0.140	0.080	0.000							0.381	0.999			
5	0.022	0.061	0.100	0.140	0.080	0.000						0.403	1.401			
6	0.002	0.022	0.061	0.100	0.140	0.080	0.000					0.405	1.806			
7	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.140	0.080	0.000				0.407	2.213			
8	0.002	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.140	0.080	0.000			0.408	2.621			
9	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.140	0.080	0.000		0.410	3.031			
10	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.140	0.080	0.000	0.411	3.442			
11	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.140	0.080	0.412	3.854			
12	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.140	0.333	4.188			
13	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.194	4.382			
14	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.094	4.477			
15	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.022	0.061	0.100	0.022	4.510			
16		0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.022	0.061	0.100	0.012	4.522			
17			0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.022	0.061	0.009	4.531			
18				0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.022	0.007	4.539			
19					0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	4.544			
20						0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	4.548			
21							0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	4.551			
22								0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	4.553			
23									0.000	0.000	0.001	0.001	4.554			
24										0.000	0.000	0.000	4.555			
25											0.000	0.000	4.555			

Fuente: Tesistas

Tabla LXXX.- Contenido de humedad máximo

CONTENIDO DE HUMEDAD MÁXIMO																
DESECHOS RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLES (DRB)																
Peso Orgánico	Peso Metano	Peso CO2	Peso Seco	P _{metano}	P _{CO2}	V _{metano}	V _{CO2}	Producción Gas								
625.62492	224.59864	528.1176	46.24 Kg	0.72 Kg/m ³	1.98 Kg/m ³	23.15 m ³ N	19.74 m ³ N	0.93 m ³ /Kg peso seco								
Fracción desechos rápidamente biodegradables (DRB)													0.338 kg DRB/kg desechos			
Producción Gas en desechos rápidamente biodegradables (DRB) por peso de basura																
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tasa de Producción Pico al final del año (m ³ /kg. Año)	0.000	0.125	0.094	0.063	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Volumen Anual (m ³ /kg)	0.000	0.063	0.110	0.078	0.047	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DESECHOS LENTAMENTE BIODEGRADABLE (DLB)																
Peso Orgánico	Peso Metano	Peso CO2	Peso Seco	P _{metano}	P _{CO2}	V _{metano}	V _{CO2}	Producción Gas								
12614.53564	6818.173	12102.695	4.64 Kg	0.72 Kg/m ³	1.98 Kg/m ³	3.50 m ³ N	2.25 m ³ N	1.24 m ³ /Kg peso seco								
Fracción desechos rápidamente biodegradables (DLB)													0.014 kg DLB/kg desechos			
Producción Gas en desechos rápidamente biodegradables (DLB) por peso de basura																
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Producción anual (m ³ /kg. Año)	0.E+00	5.E-04	9.E-04	1.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	1.E-03	1.E-03	9.E-04	7.E-04	5.E-04	2.E-04	0.E+00
Volumen Anual (m ³ /kg)	0.E+00	2.E-04	7.E-04	1.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	1.E-03	1.E-03	1.E-03	8.E-04	6.E-04	3.E-04	1.E-04
Densidad del Gas	1.29 Kg/m ³															
Agua consumida en generación gas	0.214 Kg agua/m ³ gas															
Producción anual (m³/kg. Año)																
Año	Nivel Año 1	Nivel Año 2	Nivel Año 3	Nivel Año 4	Nivel Año 5	Nivel Año 6	Nivel Año 7	Nivel Año 8	Nivel Año 9	Nivel Año 10	Nivel Año 11	Total parcial	Total Acum.			
0	0.000											0.000	0.000			
1	0.063	0.000										0.063	0.063			
2	0.110	0.063	0.000									0.173	0.236			
3	0.080	0.110	0.063	0.000								0.253	0.489			
4	0.049	0.080	0.110	0.063	0.000							0.302	0.791			
5	0.018	0.049	0.080	0.110	0.063	0.000						0.319	1.110			
6	0.002	0.018	0.049	0.080	0.110	0.063	0.000					0.321	1.431			
7	0.002	0.002	0.018	0.049	0.080	0.110	0.063	0.000				0.323	1.755			
8	0.002	0.002	0.002	0.018	0.049	0.080	0.110	0.063	0.000			0.325	2.080			
9	0.001	0.002	0.002	0.002	0.018	0.049	0.080	0.110	0.063	0.000		0.327	2.407			
10	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.018	0.049	0.080	0.110	0.063	0.000	0.328	2.735			
11	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.018	0.049	0.080	0.110	0.063	0.329	3.064			
12	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.018	0.049	0.080	0.110	0.267	3.330			
13	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.018	0.049	0.080	0.157	3.487			
14	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.018	0.049	0.078	3.565			
15	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.018	0.029	3.594			
16		0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.012	3.606			
17			0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.009	3.615			
18				0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.007	3.623			
19					0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	3.628			
20						0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	3.632			
21							0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	3.635			
22								0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	3.637			
23									0.000	0.000	0.001	0.001	3.638			
24										0.000	0.000	0.000	3.639			
25											0.000	0.000	3.639			

Fuente: Tesistas

Realizando los cálculos anteriormente descritos, así mismo utilizando datos como, por ejemplo: precipitaciones, composición de los desechos, y realizando las respectivas fórmulas químicas se obtiene como resultado la siguiente gráfica, en la cual se detalla la producción anual de gases (m³/Kg.año) generados por los desechos colocados en los años de operación:

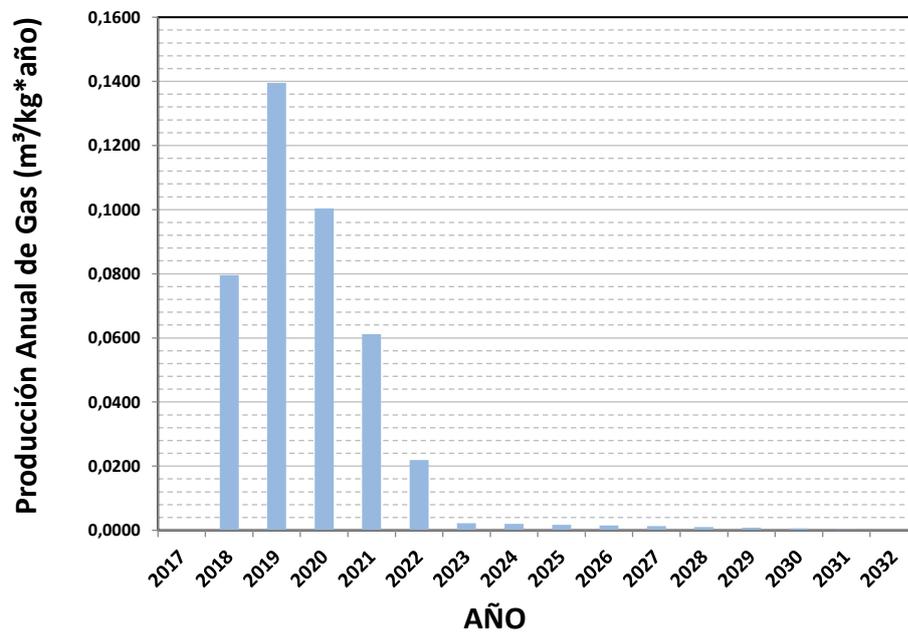


Figura 4.10 Producción de Gas por año de servicio
Fuente: Tesistas

4.16.4 cálculo de lixiviado

Realizando los cálculos anteriormente descritos en 3.15.2.2 Producción de lixiviados y realizando las respectivas fórmulas químicas se obtiene como resultado la siguiente tabla y gráfica, en la cual se detalla la producción de lixiviado (m³/día), obteniendo mayor generación de lixiviados en el año 2026:

Tabla LXXXI.- Lixiviados generados en el relleno sanitario de Curia

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Cota Superior	Cota +29.65	Cota +30.22	Cota +30.68	Cota +31.07	Cota +31.47	Cota +31.92	Cota +32.46	Cota +33.02	Cota +33.54	Cota +34.03	Cota +34.79							
Area Cota inferior (m ²)	2137.63	6634.01	7234.99	7294.39	7376.56	7483.53	7534.60	7400.88	7120.27	6961.33	6944.94							
Area Cota superior (m ²)	6634.01	7234.99	7294.39	7376.56	7483.53	7534.60	7400.88	7120.27	6961.33	6944.94	5615.17							
Area promedio (m ²)	4385.82	6934.50	7264.69	7335.48	7430.05	7509.07	7467.74	7260.57	7040.80	6953.14	6280.06	6280.06	6280.06	6280.06	6280.06	6280.06	6280.06	6280.06
CONTENIDO HUMEDAD MÍNIMO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m ²)	355.50	389.97	412.81	422.74	422.12	415.95	411.04	412.38	419.68	423.93	50.48	49.27	130.53	114.61	112.78	111.39	111.39	111.78
Peso anual lixiviado (Ton)	1559.14	2207.28	2557.36	2739.40	2815.59	2832.61	2837.80	2865.43	2920.44	2949.77	348.17	337.24	893.48	784.50	772.02	762.50	762.47	765.17
Caudal diario lixiviado (m³/día)	4.27	6.03	7.01	7.51	7.71	7.74	7.77	7.85	8.00	8.06	0.00	0.92	2.45	2.14	2.12	2.09	2.09	2.09
Volumen Unitario de Gas (m ³ /m ² .año)	0.00	32.39	76.04	92.03	91.71	85.22	82.93	89.09	98.40	103.35	101.86	107.94	97.74	50.11	22.81	7.47	1.98	1.63
Volumen Anual de Gas (m ³ /año)	0.00E+00	1.83E+05	4.71E+05	5.96E+05	6.12E+05	5.80E+05	5.73E+05	6.19E+05	6.85E+05	7.19E+05	7.02E+05	7.39E+05	6.69E+05	3.43E+05	1.56E+05	5.11E+04	1.36E+04	1.12E+04
Volumen Diario de Gas (m ³ /día)	0.00	500.86	1290.66	1633.93	1675.85	1585.66	1568.65	1695.97	1875.95	1964.80	1924.53	2024.38	1832.94	937.28	427.69	140.05	37.15	30.52
Volumen horario de Gas (m ³ /h)	0.00	20.87	53.78	68.08	69.83	66.07	65.36	70.67	78.16	81.87	80.19	84.35	76.37	39.05	17.82	5.84	1.55	1.27
Caudal de Gas (m ³ /s)	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CONTENIDO HUMEDAD MEDIO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m ²)	417.85	444.28	459.17	463.71	463.14	461.75	462.87	466.70	470.27	471.26	49.49	86.44	135.62	119.51	114.97	110.58	112.05	111.90
Peso anual lixiviado (Ton)	1832.63	2514.68	2844.58	3004.91	3089.21	3144.47	3195.62	3242.85	3272.49	3279.15	341.28	591.66	928.37	818.09	786.99	756.94	767.02	765.96
Caudal diario lixiviado (m³/día)	5.02	6.87	7.79	8.23	8.46	8.61	8.76	8.88	8.97	8.98	0.00	1.62	2.54	2.24	2.16	2.07	2.10	2.10
Volumen Unitario de Gas (m ³ /m ² .año)	0.00	26.99	62.83	75.40	74.71	69.32	67.59	72.76	80.41	84.37	83.02	89.55	79.20	39.80	17.85	1.39	1.57	1.29
Volumen Anual de Gas (m ³ /año)	0.00E+00	1.53E+05	3.89E+05	4.89E+05	4.98E+05	4.72E+05	4.67E+05	5.06E+05	5.60E+05	5.87E+05	5.73E+05	6.13E+05	5.42E+05	2.72E+05	1.22E+05	9.50E+03	1.07E+04	8.85E+03
Volumen Diario de Gas (m ³ /día)	0.00	417.39	1066.35	1338.72	1365.20	1289.76	1278.48	1385.15	1533.01	1603.94	1568.62	1679.40	1485.38	744.44	334.73	26.02	29.45	24.19
Volumen horario de Gas (m ³ /h)	0.00	17.39	44.43	55.78	56.88	53.74	53.27	57.71	63.88	66.83	65.36	69.98	61.89	31.02	13.95	1.08	1.23	1.01
Caudal de Gas (m ³ /s)	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CONTENIDO HUMEDAD MAXIMO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m ²)	480.21	493.48	494.53	492.11	492.27	497.12	505.11	510.97	509.66	506.81	37.78	104.96	119.24	114.43	112.20	111.71	111.92	111.85
Peso anual lixiviado (Ton)	2106.11	2793.16	3063.62	3188.93	3283.49	3385.38	3487.27	3550.49	3546.57	3526.49	260.58	718.47	811.02	778.31	763.18	759.81	761.23	760.76
Caudal diario lixiviado (m³/día)	5.77	7.63	8.39	8.74	9.00	9.28	9.55	9.73	9.72	9.66	0.00	1.97	2.22	2.13	2.09	2.08	2.09	2.08
Volumen Unitario de Gas (m ³ /m ² .año)	0.00	17.42	41.43	50.91	51.25	47.77	46.37	49.67	54.84	57.75	57.10	61.19	33.01	15.37	5.27	1.64	1.36	1.10
Volumen Anual de Gas (m ³ /año)	0.00E+00	9.86E+04	2.57E+05	3.30E+05	3.42E+05	3.25E+05	3.20E+05	3.45E+05	3.82E+05	4.02E+05	3.94E+05	4.19E+05	2.25E+05	1.05E+05	3.58E+04	1.11E+04	9.23E+03	7.49E+03
Volumen Diario de Gas (m ³ /día)	0.00	269.42	703.20	903.77	936.49	888.89	877.16	945.60	1045.55	1097.87	1078.85	1147.63	615.20	285.62	38.20	30.53	25.28	20.47
Volumen horario de Gas (m ³ /h)	0.00	11.23	29.30	37.66	39.02	37.04	36.55	39.40	43.56	45.74	44.95	47.82	25.63	11.90	4.09	1.27	1.05	0.85
Caudal de Gas (m ³ /s)	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Tesistas

Tabla LXXXII.- Lixiviados generados en el relleno sanitario de Las Núñez

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Cota Superior	Cota +54.38	Cota +55.20	Cota +56.08	Cota +56.90	Cota +57.70	Cota +58.55	Cota +59.55	Cota +60.64	Cota +61.71	Cota +62.75	Cota +64.25							
Area Cota inferior (m ²)	4383.43	4511.08	4536.88	4343.74	4092.08	3864.97	3685.04	3582.80	3569.03	3567.48	3455.38							
Area Cota superior (m ²)	4511.08	4536.88	4343.74	4092.08	3864.97	3685.04	3582.80	3569.03	3567.48	3455.38	2817.45							
Area promedio (m ²)	4447.26	4523.98	4440.31	4217.91	3978.52	3775.00	3633.92	3575.91	3568.25	3511.43	3136.41	3136.41	3136.41	3136.41	3136.41	3136.41	3136.41	3136.41
CONTENIDO HUMEDAD MÍNIMO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m ²)	390.03	352.61	371.97	393.26	402.18	400.28	395.91	397.00	404.70	410.30	118.65	0.00	36.07	120.96	110.61	110.12	110.84	111.76
Peso anual lixiviado (Ton)	1734.56	1581.68	1662.88	1733.25	1738.04	1693.38	1641.17	1617.44	1626.03	1627.77	461.74	0.00	138.09	463.12	423.50	421.61	424.37	427.91
Caudal diario lixiviado (m³/día)	4.75	4.32	4.56	4.75	4.76	4.63	4.50	4.43	4.45	4.45	1.27	0.00	0.38	1.27	1.16	1.16	1.16	1.17
Volumen Unitario de Gas (m ³ /m ² .año)	0.00	19.35	68.55	118.23	145.55	154.16	157.13	166.08	181.69	194.68	199.21	204.87	182.95	101.16	45.93	14.89	3.88	3.21
Volumen Anual de Gas (m ³ /año)	0.00E+00	8.68E+04	3.06E+05	5.21E+05	6.29E+05	6.52E+05	6.51E+05	6.77E+05	7.30E+05	7.72E+05	7.75E+05	7.84E+05	7.00E+05	3.87E+05	1.76E+05	5.70E+04	1.48E+04	1.23E+04
Volumen Diario de Gas (m ³ /día)	0.00	237.12	839.55	1427.65	1723.33	1781.86	1784.51	1853.79	2000.04	2110.26	2123.99	2149.07	1919.07	1058.20	481.78	156.18	40.68	33.62
Volumen horario de Gas (m ³ /h)	0.00	9.88	34.98	59.49	71.81	74.24	74.35	77.24	83.33	87.93	88.50	89.54	79.96	44.09	20.07	6.51	1.69	1.40
Caudal de Gas (m ³ /s)	0.00	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
CONTENIDO HUMEDAD MEDIO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m ²)	427.28	430.05	455.43	472.45	479.78	483.71	489.75	498.32	504.43	507.00	111.97	0.00	120.37	123.81	115.79	109.01	112.31	112.01
Peso anual lixiviado (Ton)	1900.23	1929.05	2036.03	2082.28	2073.43	2046.32	2030.14	2030.21	2026.73	2011.38	435.77	0.00	460.88	474.03	443.32	417.39	430.02	428.85
Caudal diario lixiviado (m³/día)	5.21	5.27	5.58	5.70	5.68	5.61	5.56	5.56	5.55	5.51	1.19	0.00	1.26	1.30	1.21	1.14	1.18	1.17
Volumen Unitario de Gas (m ³ /m ² .año)	0.00	16.12	56.77	97.37	119.26	125.90	128.24	135.70	148.58	159.16	162.70	168.90	154.74	79.95	35.82	2.65	3.08	2.55
Volumen Anual de Gas (m ³ /año)	0.00E+00	7.23E+04	2.54E+05	4.29E+05	5.15E+05	5.33E+05	5.32E+05	5.53E+05	5.97E+05	6.31E+05	6.33E+05	6.47E+05	5.92E+05	3.06E+05	1.37E+05	1.01E+04	1.18E+04	9.76E+03
Volumen Diario de Gas (m ³ /día)	0.00	197.60	695.38	1175.74	1412.01	1455.21	1456.46	1514.65	1635.58	1725.24	1734.75	1771.72	1623.20	836.33	375.75	27.76	32.29	26.67
Volumen horario de Gas (m ³ /h)	0.00	8.23	28.97	48.99	58.83	60.63	60.69	63.11	68.15	71.88	72.28	73.82	67.63	34.85	15.66	1.16	1.35	1.11
Caudal de Gas (m ³ /s)	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CONTENIDO HUMEDAD MAXIMO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m ²)	464.53	504.39	529.25	536.33	539.64	549.52	566.94	583.01	586.16	584.48	88.32	0.00	131.95	114.61	111.97	111.51	112.04	111.94
Peso anual lixiviado (Ton)	2065.90	2262.48	2366.01	2363.81	2332.10	2324.75	2350.13	2375.23	2355.15	2318.78	343.71	0.00	498.18	432.72	422.73	421.01	423.03	422.65
Caudal diario lixiviado (m³/día)	5.66	6.18	6.48	6.48	6.39	6.37	6.44	6.51	6.45	6.35	0.94	0.00	1.36	1.19	1.16	1.15	1.16	1.16
Volumen Unitario de Gas (m ³ /m ² .año)	0.00	10.41	37.16	64.76	80.54	85.85	87.64	92.51	101.12	108.51	111.31	109.38	66.24	30.68	10.41	3.19	2.66	2.16
Volumen Anual de Gas (m ³ /año)	0.00E+00	4.67E+04	1.66E+05	2.85E+05	3.48E+05	3.63E+05	3.63E+05	3.77E+05	4.06E+05	4.31E+05	4.33E+05	4.19E+05	2.50E+05	1.16E+05	3.93E+04	1.20E+04	1.00E+04	8.17E+03
Volumen Diario de Gas (m ³ /día)	0.00	127.55	455.08	782.03	953.62	992.35	1176.24	1113.16	1176.24	1186.80	1147.39	685.15	316.53	107.68	33.00	27.47	22.32	
Volumen horario de Gas (m ³ /h)	0.00	5.31	18.96	32.58	39.73	41.35	41.47	43.02	46.38	49.01	49.45	47.81	28.55	13.19	4.49	1.38	1.14	0.93
Caudal de Gas (m ³ /s)	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Tesistas

Tabla LXXXIII.- Lixiviados generados en el relleno sanitario de Olón.

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Cota Superior	Cota +40.98	Cota +41.68	Cota +42.25	Cota +42.80	Cota +43.39	Cota +44.06	Cota +44.81	Cota +45.60	Cota +46.40	Cota +47.18	Cota +48.02							
Area Cota inferior (m²)	475.76	5076.28	5337.30	5268.89	5396.08	5595.07	4972.98	4801.77	5061.55	4923.40	4585.81							
Area Cota superior (m²)	5076.28	5337.30	5268.89	5396.08	5595.07	4972.98	4801.77	5061.55	4923.40	4585.81	4472.95							
Area promedio (m²)	2776.02	5206.79	5303.10	5332.49	5495.58	5284.02	4887.38	4931.66	4992.48	4754.60	4529.38	4529.38	4529.38	4529.38	4529.38	4529.38	4529.38	4529.38
CONTENIDO HUMEDAD MÍNIMO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m²)	317.19	385.53	409.57	414.18	410.83	406.36	404.63	406.62	411.01	414.66	69.52	26.90	133.25	112.93	111.90	110.89	111.26	111.78
Peso anual lixiviado (Ton)	880.53	1538.82	1813.84	1927.84	1981.35	1991.05	1981.84	1993.29	2018.93	2030.35	338.06	130.82	644.29	546.03	541.05	536.17	537.98	540.48
Caudal diario lixiviado (m³/día)	2.41	4.20	4.97	5.28	5.43	5.44	5.43	5.46	5.53	5.55	0.00	0.36	1.77	1.49	1.48	1.47	1.47	1.48
Volumen Unitario de Gas (m³/m².año)	0.00	48.17	105.64	119.93	119.00	114.89	116.78	126.78	138.48	146.83	150.17	149.04	124.61	62.85	27.59	8.89	2.70	2.23
Volumen Anual de Gas (m³/año)	0.00E+00	1.92E+05	4.68E+05	5.58E+05	5.74E+05	5.63E+05	5.72E+05	6.21E+05	6.80E+05	7.19E+05	7.30E+05	7.21E+05	6.03E+05	3.04E+05	1.33E+05	4.30E+04	1.31E+04	1.08E+04
Volumen Diario de Gas (m³/día)	0.00	525.34	1281.78	1529.38	1572.34	1538.07	1567.10	1702.68	1863.63	1964.33	2000.80	1974.41	1650.74	830.27	365.43	117.79	35.78	29.41
Volumen horario de Gas (m³/h)	0.00	21.89	53.41	63.72	65.51	64.09	65.30	70.94	77.65	81.85	83.37	82.27	68.78	34.59	15.23	4.91	1.49	1.23
Caudal de Gas (m³/s)	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CONTENIDO HUMEDAD MEDIO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m²)	409.94	451.74	467.01	470.04	470.30	471.85	475.99	481.47	485.87	488.36	67.88	71.11	140.07	119.50	114.74	110.16	112.15	111.95
Peso anual lixiviado (Ton)	1138.01	1803.06	2068.23	2187.86	2268.18	2311.93	2331.35	2360.22	2386.66	2391.19	330.12	345.83	677.28	577.83	554.80	532.64	542.28	541.28
Caudal diario lixiviado (m³/día)	3.12	4.93	5.67	5.99	6.21	6.33	6.39	6.47	6.54	6.55	0.00	0.95	1.86	1.58	1.52	1.46	1.49	1.48
Volumen Unitario de Gas (m³/m².año)	0.00	40.14	87.26	98.18	96.94	93.59	95.33	103.61	113.18	119.94	122.58	123.08	100.91	49.94	21.62	2.02	2.14	1.76
Volumen Anual de Gas (m³/año)	0.00E+00	1.60E+05	3.86E+05	4.57E+05	4.68E+05	4.59E+05	4.67E+05	5.08E+05	5.56E+05	5.87E+05	5.96E+05	5.95E+05	4.88E+05	2.41E+05	1.05E+05	9.74E+03	1.04E+04	8.53E+03
Volumen Diario de Gas (m³/día)	0.00	437.79	1058.73	1252.08	1280.89	1252.89	1279.29	1391.50	1523.17	1604.58	1633.17	1630.48	1336.75	659.79	286.41	26.70	28.37	23.31
Volumen horario de Gas (m³/h)	0.00	18.24	44.11	52.17	53.37	52.20	53.30	57.98	63.47	66.86	68.05	67.94	55.70	27.49	11.93	1.11	1.18	0.97
Caudal de Gas (m³/s)	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
CONTENIDO HUMEDAD MAXIMO																		
Peso Lixiviado superficial (Kg/m²)	502.69	510.67	509.80	510.35	515.33	524.25	534.69	542.99	546.35	546.96	50.64	89.50	121.10	114.18	112.00	111.69	111.97	111.89
Peso anual lixiviado (Ton)	1395.49	2038.30	2257.73	2375.46	2485.35	2568.65	2618.89	2661.80	2683.74	2678.14	246.25	432.76	582.69	549.42	538.89	537.42	538.78	538.38
Caudal diario lixiviado (m³/día)	3.82	5.57	6.19	6.51	6.81	7.04	7.18	7.29	7.35	7.34	0.00	1.19	1.60	1.51	1.48	1.47	1.48	1.48
Volumen Unitario de Gas (m³/m².año)	0.00	25.91	57.62	66.46	66.52	64.27	65.15	70.63	77.18	81.97	83.99	77.34	41.86	18.79	6.36	2.24	1.85	1.50
Volumen Anual de Gas (m³/año)	0.00E+00	1.03E+05	2.55E+05	3.09E+05	3.21E+05	3.15E+05	3.19E+05	3.46E+05	3.79E+05	4.01E+05	4.08E+05	3.74E+05	2.01E+05	9.04E+04	3.06E+04	1.08E+04	8.91E+03	7.22E+03
Volumen Diario de Gas (m³/día)	0.00	282.59	699.11	847.54	878.92	860.41	874.22	948.64	1038.72	1096.57	1118.98	1024.60	551.81	246.99	83.82	29.48	24.41	19.73
Volumen horario de Gas (m³/h)	0.00	11.77	29.13	35.31	36.62	35.85	36.43	39.53	43.28	45.69	46.62	42.69	22.99	10.29	3.49	1.23	1.02	0.82
Caudal de Gas (m³/s)	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Tesistas

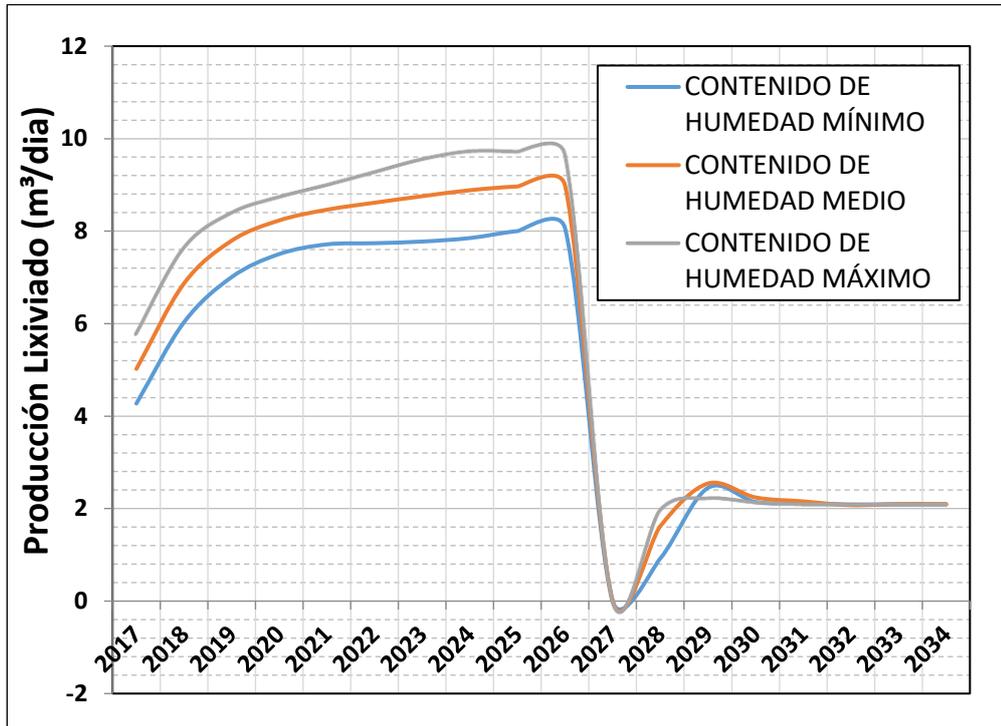


Figura 4.11 Producción de lixiviados Generados en Olón.

Fuente: Tesistas

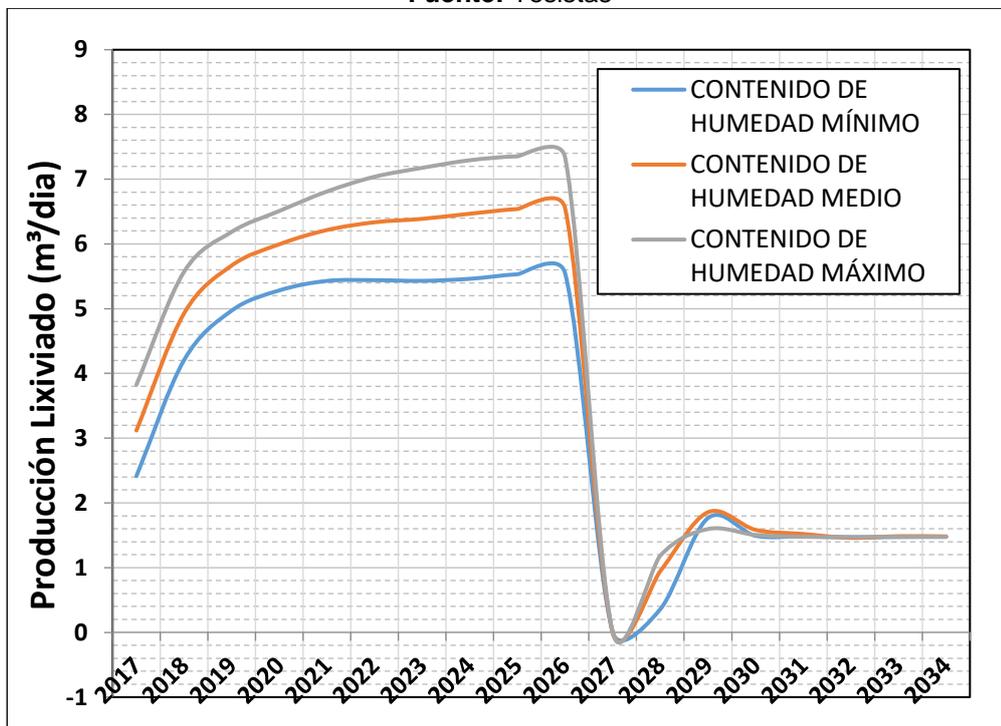


Figura 4.12 Producción de lixiviados Generados en Curia.

Fuente: Tesistas

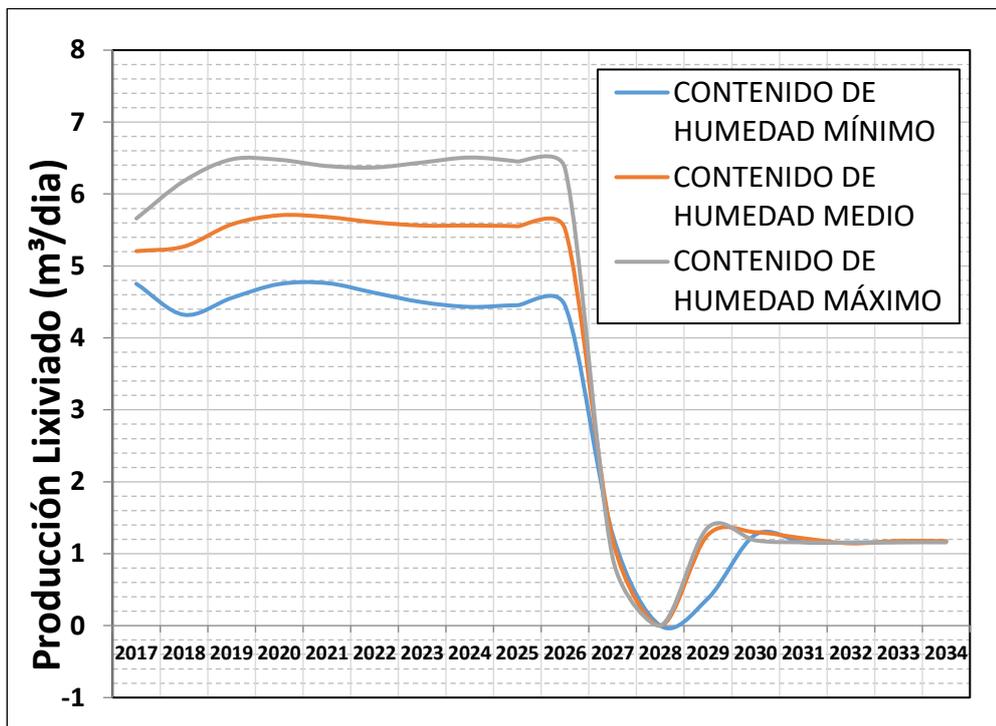


Figura 4.13 Producción de lixiviados Generados en Las Núñez.

Fuente: Tesistas

4.17 Análisis de las corridas

Se analizan los perfiles, que se consideran los más críticos en cada diseño del relleno sanitario

Para las corridas son utilizados los siguientes parámetros geotécnicos que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla LXXXIV.- Parámetros geotécnicos considerados en los cálculos de los perfiles Críticos

Materiales	Cohesión (KPa)	Phi (°)	Peso Especifico (KN/m^3)
Terreno Olón	50	28	18.5
Terreno Curia	28.9	26	16.2
Terreno Las Núñez	28.9	26	16.2
Residuo	23	21	10
Dique	32	30	17

Fuente: Tesistas

Los parámetros geotécnicos considerados en los cálculos son obtenidos del informe de suelos del sector y los parámetros de los desechos son tomados en base a los desechos del relleno sanitario las iguanas.

Adicionalmente se realizaron corridas, analizando la estabilidad de las trincheras libres de basura, y una valoración final considerando geomembrana, para el talud más crítico dentro del análisis, para simular si la estabilidad fallase por el contacto entre la geomembrana y el residuo se varió el ángulo de fricción Phi. Las propiedades de los materiales para esta situación, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla LXXXV.- Parámetros geotécnicos considerados en los cálculos de las trincheras libres de basura y considerando Geomembrana.

Materiales	Cohesión (KPa)	Phi (°)	Peso Especifico (KN/m^3)
Terreno Olón	50	28	18.5
Terreno Curia	28.9	26	16.2
Terreno Las Núñez	28.9	26	16.2
Residuo	23	15	10
Dique	32	30	17

Fuente: Tesistas

A continuación, se muestran los resultados, el primero representa la estabilidad de taludes sin los desechos sólidos, la segunda la estabilidad de taludes con desechos sólidos y la tercera la estabilidad de taludes con desechos sólidos considerando la Geomembrana, en el Anexo P se pueden ver en más detalle los resultados de las corridas.

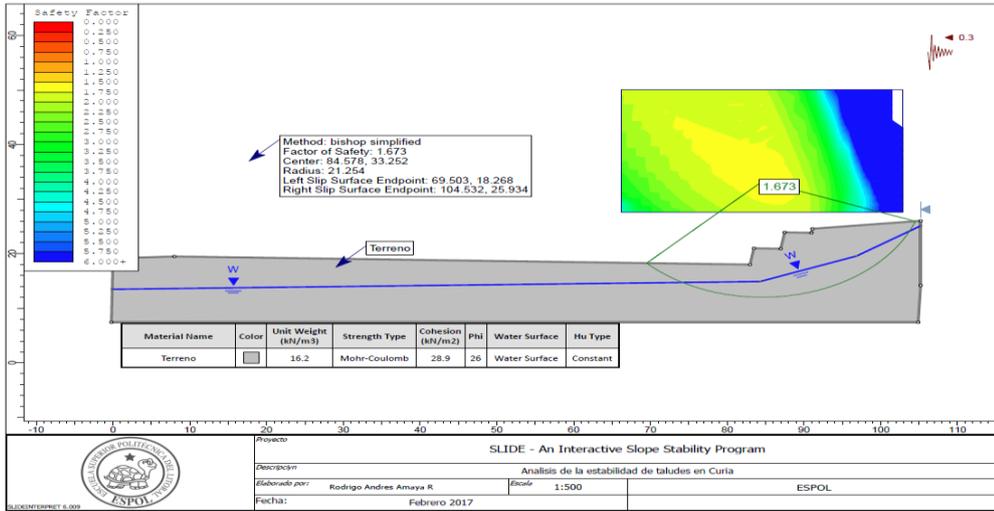


Figura 4.14 Estabilidad en Curia
Fuente: Tesistas

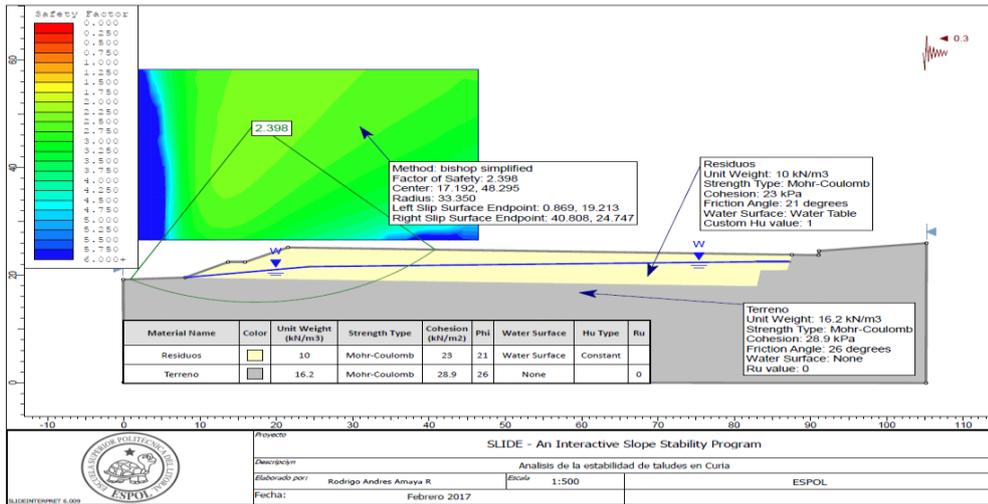


Figura 4.15 Estabilidad en Olón
Fuente: Tesistas

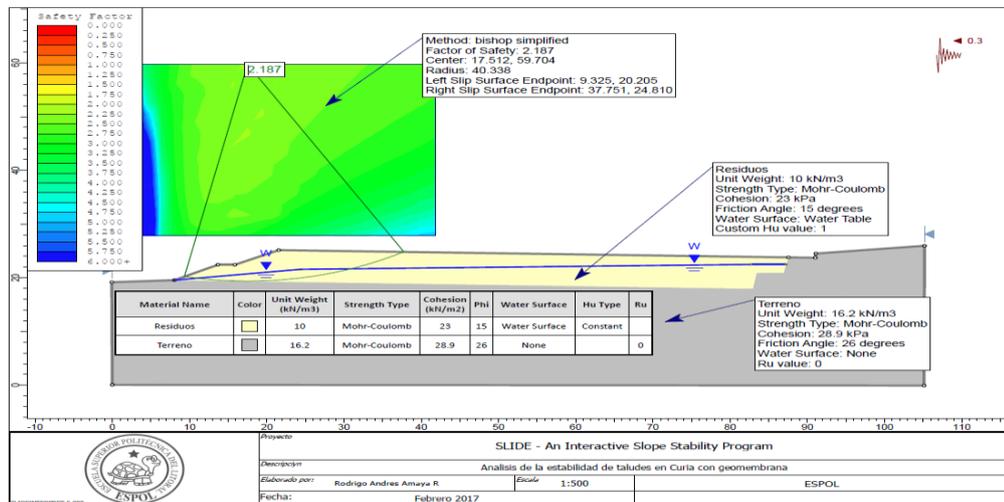


Figura 4.16 Estabilidad en Curia

Fuente: Tesistas

4.18 Diseño de canales

4.18.1 Coeficiente de escorrentía.

Para determinar el coeficiente de escorrentía, cada componente fue seleccionado de la tabla, los cuales se describen a continuación:

Según la forma del terreno se ha seleccionado un coeficiente de 0.28 para un terreno con pendientes entre 10% y 30%.

Según la infiltración del suelo se ha considerado un coeficiente de 0.08, correspondiente a superficies o suelos limos arenosos.

Según consideraciones a futuro, se prevé poca cobertura vegetal.

Por esta razón se ha seleccionado un valor de 0.12.

Finalmente, para realizar el cálculo aplicando la ecuación, se seleccionó un coeficiente de 0,10, según el tipo de superficie.

Se recomienda que el sistema de drenaje pluvial deba ser dimensionado para caudales con período de recurrencia de 10 años, donde el coeficiente de escorrentía es de 0,58 y revisado para caudales con frecuencia de 25 años. Ambos coeficientes fueron seleccionados según las características de la superficie, es decir el tipo de área a drenar, propuesta en el manual de diseño hidráulico (Mark & Marek, 2014).

Como resultado final se obtiene un coeficiente de escorrentía igual a 0,58.

Tabla LXXXVI.- Coeficientes de escorrentía empleados para el cálculo del caudal de diseño aplicando el método racional.

Característica de la cuenca	Crítico	Alto	Normal	Bajo
Relieve - C_r	0,28-0,35 Terreno empinado, accidentado con pendientes promedio mayores a 30%	0,20-0,28 Montañoso, con pendientes promedio entre 10% y 30%	0,14-0,20 Laminación, con pendiente entre 5% y 10%	0,08-0,14 Terreno relativamente plano con pendientes promedio de 0% a 5%
Infiltración del suelo - C_i	0,12-0,16 Cobertura de suelo no efectiva, ya sea roca o capa fina de suelo de despreciable capacidad de infiltración	0,08-0,12 Lento para absorber agua, arcilla o suelos de limo superficiales de baja capacidad de infiltración o pobremente drenado	0,06-0,08 Suelos de textura media a ligera normal y bien drenadas, limos arenosos	0,04-0,06 Arena profunda u otro suelo que absorbe agua rápidamente; suelos muy ligeros, bien drenados
Cobertura vegetal - C_v	0,12-0,16 Cobertura de planta no efectiva, cobertura escasa, o descubierto	0,08-0,12 Deficiente e regular, cultivación limpia, cultivos o cobertura natural pobre, menos del 20% del área de drenaje tiene buena cobertura	0,06-0,08 Regular a bueno, aproximadamente 50% del área en buena pradera o bosque, no más del 50% del área en cultivos	0,04-0,06 Bueno a excelente, aproximadamente el 90% del área de drenaje en buena pradera, bosque o cobertura equivalente.
Almacenamiento de la superficie - C_s	0,10-0,12 Despreciable; pocas y superficiales depresiones de superficie, terrenos y vías de drenaje pequeños, sin esteros	0,08-0,10 Sistemas bien definidos de pequeños drenajes, sin estanques o esteros	0,06-0,08 Depresión de la superficie considerable, normal. Lagos de almacenaje, estanques y esteros	0,04, 0,06 Bastante almacenamiento de superficie. Sistema de drenaje no definido bruscamente, gran almacenamiento de llanura de inundación, gran número de estanques y esteros.
El coeficiente de Runoff total basado en los 4 componentes de Runoff es : $C = C_r + C_i + C_v + C_s$				

Fuente: (Mark & Marek, 2014)

4.18.2 Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración se halló con los métodos antes propuestos obteniendo los siguientes resultados, definiendo que

el cauce 1 es el de Olón, el cauce 2 el de Curia y el cauce 3 de Las Núñez, para los parámetros de entrada se los obtuvo del análisis de la topografía del lugar y las secciones longitudinales donde van a estar los canales

Tabla LXXXVII.- Datos para el cálculo del tiempo de concentración.

Cálculo del Tiempo de Concentración para el Diseño del Sistema Hidráulico.

Datos de Entrada	Longitud (m)	Cota Sup (m)	Cota Inf. (m)	Desnivel (m)
[L] Cauce 1:	352.59	56.00	40.00	16.00
[L] Cauce 2:	466.98	40.00	23.00	17.00
[L] Cauce 3:	352.64	67.00	32.00	35.00
[n] Rugosidad del Cauce	0.022			
[n] Rugosidad del Cauce	0.022			
[n] Rugosidad del Cauce	0.022			
[K] Coef. De Conversión Kerby (1959)/ Hathaway (1945) (in SI units) :			1.44	
[K] Coef. De Conversión Kirpich (1940) (in SI units) :			0.0195	

Pendiente Promedio Calculada	
[S] Pendiente Promedio del Cauce	0.0454
[S] Pendiente Promedio del Cauce	0.0364
[S] Pendiente Promedio del Cauce	0.0393

Fuente: Tesistas

Con los datos anteriores se pudo calcular el tiempo de concentración por los dos métodos propuestos

Tabla LXXXVIII.- Cálculo del tiempo de concentración

Tiempo de Concentración		
Kerby/Hathaway	$t_c = K(L \cdot n)^{0.467} S^{-0.235}$	
Cauce 1	tc (min) :	7.75
Cauce 2	tc (min) :	9.31
Cauce 3	tc (min) :	6.45
Kirpich	$t_c = KL^{0.770} S^{-0.385}$	
Cauce 1	tc (min) :	5.87
Cauce 2	tc (min) :	7.93
Cauce 3	tc (min) :	4.34

Fuente: Tesistas

Con los valores de ambos métodos se procedió a calcular el promedio de ambas

Tabla LXXXIX.- Promedio de ambos métodos

Olón	6.81	Promedio
Curia	8.62	Promedio
Las Núñez	5.40	Promedio

Fuente: Tesistas

4.18.3 Intensidad de lluvia

Para la intensidad de lluvia se calculó con los métodos antes propuestos por el INAMHI obteniendo los siguientes resultados

Tabla XC.-Cálculo de intensidad de lluvia**Intensidad de Lluvia de acuerdo a la Ec. De INTERAGUA**

Lugar Olon

Datos usados en el cálculo:

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

Cálculo de Intensidad de lluvia para Años de Recurrencia		
Recurrencia en Años	Tiempo de Conce. tc (min)	Intensidad de Lluvia (mm/h)
5	6.81	115.08
10	6.81	134.94
25	6.81	160.33
50	6.81	179.79
100	6.81	198.17

Intensidad de Lluvia de acuerdo a la Ec. De INTERAGUA

Lugar Curia

Datos usados en el cálculo:

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

Cálculo de Intensidad de lluvia para Años de Recurrencia		
Recurrencia en Años	Tiempo de Conce. tc (min)	Intensidad de Lluvia (mm/h)
5	8.62	107.97
10	8.62	126.26
25	8.62	149.82
50	8.62	167.93
100	8.62	184.86

Intensidad de Lluvia de acuerdo a la Ec. De INTERAGUA

Lugar Las Nuñez

Datos usados en el cálculo:

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

Cálculo de Intensidad de lluvia para Años de Recurrencia		
Recurrencia en Años	Tiempo de Conce. tc (min)	Intensidad de Lluvia (mm/h)
5	5.40	122.13
10	5.40	143.71
25	5.40	171.13
50	5.40	192.07
100	5.40	212.06

Fuente: Tesistas**4.18.4 Caudales.**

La estimación de caudales se realizó mediante el método racional, aplicando la mostrada anteriormente. El método fue seleccionado por su fácil aplicación y estimaciones muy aproximadas a la realidad para el cálculo del flujo de escorrentías para cuencas pequeñas. En las siguientes tablas se muestran los resultados de los caudales para diferente área de aportación.

Tabla XCI.- Caudales con intensidades de lluvia a 25 y 50 años con respecto a diferente área de aportación para Olón.

Cálculo de los Caudales de Diseño por el Método Racional				
Justificación del Método:	A [Ha]	Q25 [m3/s]	Q50 [m3/s]	
$Q = \frac{CIA}{Z}$ <p>El método fue seleccionado por su fácil aplicación y estimaciones muy aproximadas a la realidad para el cálculo del flujo de escoorrentías para cuencas pequeñas. De esta manera, se ha calculado para las diferentes áreas de aportación de acuerdo a las ubicaciones de los sistemas de drenaje el caudal de diseño específico para cada estructura de drenaje.</p>	0.20	0.05	0.06	
	0.25	0.06	0.07	
	0.30	0.08	0.09	
	0.35	0.09	0.10	
	0.40	0.10	0.12	
	0.45	0.12	0.13	
	0.50	0.13	0.14	
	0.55	0.14	0.16	
	Lugar Olon	0.60	0.15	0.17
	Datos de Entrada	0.65	0.17	0.19
	[C] Coef. De Escorrentía (Adimension 0.58	0.70	0.18	0.20
	[Z] Coef. De Conversión de unidades 360	0.75	0.19	0.22
	[I] Inten. Lluvia 25 años 160.33	0.80	0.21	0.23
	[I] Inten. Lluvia 50 años 179.79	0.85	0.22	0.25
	<p>El Coefficiente de Escorrentía [C] fue tomado a criterio, según lo indicado en el informe respectivo. Se tomó a éste coeficiente como dato para el dimensionamiento de los canales que tendrán la función de evacuar el agua lluvia.</p>	0.90	0.23	0.26
0.95		0.25	0.28	
1.00		0.26	0.29	
2.00		0.52	0.58	
3.00		0.77	0.87	
4.00		1.03	1.16	
5.00		1.29	1.45	
6.00		1.55	1.74	
7.00		1.81	2.03	
8.00		2.07	2.32	
9.00	2.32	2.61		
10.00	2.58	2.90		
11.00	2.84	3.19		
12.00	3.10	3.48		
13.00	3.36	3.77		
14.00	3.62	4.06		
15.00	3.87	4.34		

Fuente: Tesistas

Tabla XCII.- Caudales con intensidades de lluvia a 25 y 50 años con respecto a diferente área de aportación para Curia

Cálculo de los Caudales de Diseño por el Método Racional											
Justificación del Método:	A [Ha]	Q25 [m3/s]	Q50 [m3/s]								
<p>$Q = \frac{CIA}{Z}$</p> <p>El método fue seleccionado por su fácil aplicación y estimaciones muy aproximadas a la realidad para el cálculo del flujo de escoerentías para cuencas pequeñas. De esta manera, se ha calculado para las diferentes áreas de aportación de acuerdo a las ubicaciones de los sistemas de drenaje el caudal de diseño específico para cada estructura de drenaje.</p>	0.20	0.05	0.05								
	0.25	0.06	0.07								
	0.30	0.07	0.08								
	0.35	0.08	0.09								
	0.40	0.10	0.11								
	0.45	0.11	0.12								
	0.50	0.12	0.14								
	0.55	0.13	0.15								
	0.60	0.14	0.16								
	0.65	0.16	0.18								
	0.70	0.17	0.19								
	0.75	0.18	0.20								
	0.80	0.19	0.22								
	0.85	0.21	0.23								
	0.90	0.22	0.24								
<p>Lugar Curia</p> <p>Datos de Entrada</p> <table border="1"> <tr> <td>[C] Coef. De Escorrenría (Adimension</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>[Z] Coef. De Conversión de unidades</td> <td>360</td> </tr> <tr> <td>[I] Inten. Lluvia 25 años </td> <td>149.82</td> </tr> <tr> <td>[I] Inten. Lluvia 50 años </td> <td>167.93</td> </tr> </table>	[C] Coef. De Escorrenría (Adimension	0.58	[Z] Coef. De Conversión de unidades	360	[I] Inten. Lluvia 25 años	149.82	[I] Inten. Lluvia 50 años	167.93	0.95	0.23	0.26
	[C] Coef. De Escorrenría (Adimension	0.58									
	[Z] Coef. De Conversión de unidades	360									
	[I] Inten. Lluvia 25 años	149.82									
	[I] Inten. Lluvia 50 años	167.93									
	1.00	0.24	0.27								
	2.00	0.48	0.54								
	3.00	0.72	0.81								
	4.00	0.97	1.08								
	5.00	1.21	1.35								
6.00	1.45	1.62									
7.00	1.69	1.89									
8.00	1.93	2.16									
9.00	2.17	2.44									
<p>El Coeficiente de Escorrenría [C] fue tomado a criterio, según lo indicado en el informe respectivo. Se tomó a éste coeficiente como dato para el dimensionamiento de los canales que tendrán la función de evacuar el agua lluvia.</p>	10.00	2.41	2.71								
	11.00	2.66	2.98								
	12.00	2.90	3.25								
	13.00	3.14	3.52								
	14.00	3.38	3.79								
	15.00	3.62	4.06								

Fuente: Tesistas

Tabla XCIII.- Caudales con intensidades de lluvia a 25 y 50 años con respecto a diferente área de aportación para Las Núñez

Cálculo de los Caudales de Diseño por el Método Racional			
Justificación del Método:	A [Ha]	Q25 [m3/s]	Q50 [m3/s]
<p>$Q = \frac{CIA}{Z}$</p> <p>El método fue seleccionado por su fácil aplicación y estimaciones muy aproximadas a la realidad para el cálculo del flujo de escoorrentías para cuencas pequeñas. De esta manera, se ha calculado para las diferentes áreas de aportación de acuerdo a las ubicaciones de los sistemas de drenaje el caudal de diseño específico para cada estructura de drenaje.</p>	0.20	0.06	0.06
	0.25	0.07	0.08
	0.30	0.08	0.09
	0.35	0.10	0.11
	0.40	0.11	0.12
	0.45	0.12	0.14
	0.50	0.14	0.15
	0.55	0.15	0.17
	0.60	0.17	0.19
	0.65	0.18	0.20
	0.70	0.19	0.22
	0.75	0.21	0.23
	0.80	0.22	0.25
	0.85	0.23	0.26
	0.90	0.25	0.28
<p>El Coficiente de Escorrentía [C] fue tomado a criterio, según lo indicado en el informe respectivo. Se tomó a éste coeficiente como dato para el dimensionamiento de los canales que tendrán la función de evacuar el agua lluvia.</p>	0.95	0.26	0.29
	1.00	0.28	0.31
	2.00	0.55	0.62
	3.00	0.83	0.93
	4.00	1.10	1.24
	5.00	1.38	1.55
	6.00	1.65	1.86
	7.00	1.93	2.17
	8.00	2.21	2.48
	9.00	2.48	2.79
	10.00	2.76	3.09
	11.00	3.03	3.40
	12.00	3.31	3.71
	13.00	3.58	4.02
	14.00	3.86	4.33
15.00	4.14	4.64	

Fuente: Tesistas

4.18.5 Canales.

Con la metodología anterior descrita en 3.18.7 Canales.se procedió a calcular las dimensiones de los canales, obteniendo como resultado los siguientes valores

Tabla XCIV.- Calculo de canales en los diferentes sitios de disposición final

DIMENSIONAMIENTO DE CANALES PERIMETRALES																					
Los canales serán de sección trapezoidal con pendientes laterales de 2 H : 1 V, siendo esta asunción considerada como más optima, de acuerdo al libro "Hidraulica de Canales, Ven Te Chow, ver tabla 7-1."																					
Datos de Entrada [C] Coef. De Escorrentía (Adimensional) 0.58 [z] Pendiente Lateral : 2 H : 1 V [S] Pendiente Longitudinal del Canal (m/m) : Tramo 1 4.54% Tramo 2 3.64% Tramo 3 9.93%																					
# Tramo	Longitud de Canal m	Area aportación Ha	Intensidad I ₂₅ mm/h	Caudal Q m ³ /s	Coef. Manning n	s ^{1/2}	Q*n/s ^{1/2}	Base b m	Tirante y m	Area A m ²	Perimetro mojado Pm m	Radio Hidráulico R m	A*R ^{2/3}	Velocidad V m/s	Espejo de Agua T m	Prof. Hidráulica D m	N. de Froude F	Altura del canal h m	Base b m	Valores adoptados	
																				h(m)	b(m)
Oión	352.59	1.538	17113	0.42	0.022	0.213	0.04	0.60	0.30	0.4	1.9	0.19	0.12	1.18	1.8	0.20	0.84	0.50	0.60	0.50	0.60
Curia	466.98	6.216	17113	1.71	0.022	0.191	0.20	0.60	0.60	1.1	3.3	0.33	0.51	1.59	3	0.36	0.84	0.80	0.60	0.80	0.60
Las Nuñez	352.64	2.024	17113	0.56	0.022	0.315	0.04	0.60	0.30	0.4	1.9	0.19	0.12	1.55	1.8	0.20	1.11	0.50	0.60	0.50	0.60
Máxima dimensión								0.60	0.60												
# Tramo	Longitud de Canal m	Area aportación Ha	Intensidad I ₂₅ mm/h	Caudal Q m ³ /s	Coef. Manning n	s ^{1/2}	Q*n/s ^{1/2}	Base b m	Tirante y m	Area A m ²	Perimetro mojado Pm m	Radio Hidráulico R m	A*R ^{2/3}	Velocidad V m/s	Espejo de Agua T m	Prof. Hidráulica D m	N. de Froude F				
Oión	352.59	1.54	192.07	0.48	0.022	0.213	0.05	0.60	0.30	0.4	1.9	0.19	0.12	1.32	1.80	0.20	0.94				
Curia	466.98	6.22	192.07	1.92	0.022	0.191	0.22	0.60	0.60	1.1	3.3	0.33	0.51	1.78	3.00	0.36	0.95				
Las Nuñez	352.64	2.02	192.07	0.63	0.022	0.315	0.04	0.60	0.30	0.4	1.9	0.19	0.12	1.74	1.80	0.20	1.24				
Máxima dimensión								0.60	0.60												

Fuente: Tesistas

Tabla XCV.- Verificación de velocidad

Verificación de Velocidad en Función de las Pendientes del Canal																			
[C] Coef. De Escorrentía (Adimensional)		0.58		[z] Pendiente Lateral :		2		H : 1 V											
[S] Pendiente Longitudinal del Canal (m/m) :																			
Pend. 1		4.54%		Pend. 2		27.00%		Pend. 3		3.64%		Pend. 4		2.00%		Pend. 5		15.00%	
Pend. 6		2.00%																	
# Tramo	Longitud de Canal	Area aportación	Intensidad	Caudal	Coef. Manning	S ^{1/2}	Q ^{1/2} n ^{1/2}	Base		Area	Perímetro mojado	Radio Hidráulico	A ² R ^{2/3}	Velocidad	Espejo de Agua	Prof. Hidráulica	N. de Froude		
								b	y									A	Pm
	m	Ha	mm/h	Q m ³ /s	n			m	m	m ²	m	m		m/s	m	m			
Olón	352.59	1.54	171.13	0.42	0.022	0.213	0.04	0.60	0.30	0.4	1.9	0.19	0.12	1.18	1.8	0.20			0.84
	352.59	1.54	171.13	0.42	0.022	0.520	0.02	0.60	0.30	0.4	1.9	0.19	0.12	1.18	1.8	0.20			0.84
Curia	466.98	6.22	171.13	1.71	0.022	0.520	0.07	0.60	0.60	1.1	3.3	0.33	0.51	1.59	3	0.36			0.84
	466.98	6.22	171.13	1.71	0.022	0.191	0.20	0.60	0.60	1.1	3.3	0.33	0.51	1.59	3	0.36			0.84
Las Nuñez	352.64	2.02	171.13	0.56	0.022	0.191	0.06	0.60	0.30	0.4	1.9	0.19	0.12	1.55	1.8	0.20			1.11
	352.64	2.02	171.13	0.56	0.022	0.141	0.09	0.60	0.30	0.4	1.9	0.19	0.12	1.55	1.8	0.20			1.11

Máxima Velocidad (m/s)	1.59
Máxima Velocidad (pie/s)	5.21
Borde Libre (pie)	0.92
Borde Libre (m)	0.28

Fuente: Tesistas

4.19 Cálculo de la mano de obra.

Tabla XCVI.- Ejemplo para el cálculo del personal necesario.

Año	Habitantes	PPC	PDSd	Residuos Sólidos Compactado	Material de cobertura	Volumen Vcelda	t/hombre/día
		kg/hab/día	Kg/día	m3/d	m3/d	m3/d	
2017	6662.00	0.431	2871.05	6.38	1.28	7.66	3.775267481
2018	6834.00	0.435	2974.62	6.61	1.32	7.93	3.911464987
2019	7010.00	0.440	3081.74	6.85	1.37	8.22	4.052321225
2020	7190.00	0.444	3192.48	7.09	1.42	8.51	4.197938874
2021	7375.00	0.448	3307.37	7.35	1.47	8.82	4.349012126
2022	7565.00	0.453	3426.51	7.61	1.52	9.14	4.505665017
2023	7760.00	0.457	3549.98	7.89	1.58	9.47	4.668023812
2024	7960.00	0.462	3677.89	8.17	1.63	9.81	4.836217041
2025	8165.00	0.467	3810.33	8.47	1.69	10.16	5.010375535
2026	8375.00	0.471	3947.41	8.77	1.75	10.53	5.190632463
2027	8591.00	0.476	4089.71	9.09	1.82	10.91	5.37774934
2028	8812.00	0.481	4236.87	9.42	1.88	11.30	5.571250664

Fuente: Tesistas

Se requieren 4 personas para manejar la celda diaria para el 2017, se realizó el mismo procedimiento para los años 2017 al 2028 y abarcar los 10 años de vida útil del relleno, necesitando al final 6 personas para el manejo de la celda diaria.

4.20 Presupuesto de Costo de Obra

Tabla XCVII.- Presupuesto general para Olón

PREDISEÑOS DEL PROYECTO RELLENO SANITARIO MANUAL PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DURANTE EL PERÍODO 2017 AL 2028		
RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO DEL SITIO DE DISPOSICION FINAL		
Código	Descripción	COSTO TOTAL
TRINCHERA		
1	CONFORMACIÓN DE SUELO DE SOPORTE Y TRINCHERA	\$435,927.26
2	RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS TRINCHERA 1	\$9,027.46
3	CUNETAS DE CORONACIÓN TRINCHERA 1	\$5,650.63
6	PISCINA DE LIXIVIADOS	\$4,350.50
7	SISTEMA DE EVAPORACIÓN (ASPERSORES)	\$1,969.66
8	CERRAMIENTO PERIMETRAL	\$21,043.02
9	GARITA DE CONTROL	\$24,011.87
10	ZONA DE EQUIPO Y MAQUINARIA	\$5,696.86
14	RECONFORMACION DE VÍA DE ACCESO TEMPORAL TRINCHERA 1	\$578.40
15	MEDIDA 1: DOTACIÓN DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	\$2,160.94
16	MEDIDA 2: SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA Y PROHIBITIVA	\$820.00
17	MEDIDA 3: PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SEGURAS EN LA CONSTRUCCIÓN	\$444.56
18	PROGRAMA DE RELACIONES COMUNITARIAS	\$497.02
19	PROGRAMA DE CONTROL DE VECTORES	\$1,587.20
20	COSTO TRINCHERA FASE 1A	\$513,765.38
	COSTO TOTAL	\$513,765.38

Fuente: Tesistas

Tabla XCVIII.- Presupuesto general para Curia

PREDISEÑOS DEL PROYECTO RELLENO SANITARIO MANUAL PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DURANTE EL PERÍODO 2017 AL 2028		
RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO DEL SITIO DE DISPOSICION FINAL		
Código	Descripción	COSTO TOTAL
TRINCHERA		
1	CONFORMACIÓN DE SUELO DE SOPORTE Y TRINCHERA	\$361,174.40
2	RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS TRINCHERA 1	\$9,244.34
3	CUNETAS DE CORONACIÓN TRINCHERA 1	\$7,483.91
6	PISCINA DE LIXIVIADOS	\$4,369.85
7	SISTEMA DE EVAPORACIÓN (ASPERSORES)	\$1,969.66
8	CERRAMIENTO PERIMETRAL	\$21,043.02
9	GARITA DE CONTROL	\$24,011.87
10	ZONA DE EQUIPO Y MAQUINARIA	\$5,696.86
14	RECONFORMACION DE VÍA DE ACCESO TEMPORAL TRINCHERA 1	\$578.40
15	MEDIDA 1: DOTACIÓN DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	\$2,160.94
16	MEDIDA 2: SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA Y PROHIBITIVA	\$820.00
17	MEDIDA 3: PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SEGURAS EN LA CONSTRUCCIÓN	\$444.56
18	PROGRAMA DE RELACIONES COMUNITARIAS	\$497.02
19	PROGRAMA DE CONTROL DE VECTORES	\$1,587.20
20	COSTO TRINCHERA FASE 1A	\$441,082.03
	COSTO TOTAL	\$441,082.03

Fuente: Tesistas

Tabla XCIX.- Presupuesto general para Las Núñez

PRELIMINARES DEL PROYECTO RELLENO SANITARIO MANUAL PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS DURANTE EL PERÍODO 2017 AL 2028		
RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO DEL SITIO DE DISPOSICION FINAL		
Código	Descripción	COSTO TOTAL
TRINCHERA		
1	CONFORMACIÓN DE SUELO DE SOPORTE Y TRINCHERA	\$382,990.65
2	RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS TRINCHERA 1	\$7,575.10
3	CUNETAS DE CORONACIÓN TRINCHERA 1	\$5,651.52
6	PISCINA DE LIXIVIADOS	\$4,369.85
7	SISTEMA DE EVAPORACIÓN (ASPERSORES)	\$1,969.66
8	CERRAMIENTO PERIMETRAL	\$21,043.02
9	GARITA DE CONTROL	\$24,011.87
10	ZONA DE EQUIPO Y MAQUINARIA	\$5,696.86
14	RECONFORMACION DE VÍA DE ACCESO TEMPORAL TRINCHERA 1	\$578.40
15	MEDIDA 1: DOTACIÓN DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	\$2,160.94
16	MEDIDA 2: SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA Y PROHIBITIVA	\$820.00
17	MEDIDA 3: PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS SEGURAS EN LA CONSTRUCCIÓN	\$444.56
18	PROGRAMA DE RELACIONES COMUNITARIAS	\$497.02
19	PROGRAMA DE CONTROL DE VECTORES	\$1,587.20
20	COSTO TRINCHERA FASE 1A	\$459,396.65
	COSTO TOTAL	\$459,396.65

Fuente: Tesistas

Como se puede observar el costo inicial es demasiado elevado con respecto al periodo de construcción, por lo que la construcción se podría realizar en dos o más etapas lo cual nos supone menos gasto inicial, en

los Anexos R se podrán observar el cronograma valorado para la alternativa seleccionada y los Apus realizados para el presente trabajo.

4.21 Selección de alternativa

La alternativa recomendable para el sitio de disposición final será en Olón puesto que obtuvo una calificación mayor con respecto a las demás alternativas, como se puede observar a pesar de tener un puntaje de 6.54 no está muy por encima del sitio de disposición final de curia, obteniendo casi puntajes similares, el factor decisivo en la selección de la mejor alternativa fue la variable Acceso vial siendo Curia penalizado por tener un sendero como acceso vial más próximo.

Tabla C.- Matriz de Evaluación

Parámetros		Alternativas		
		Olón	Curia	Las Núñez
Evaluación		4.14	4.14	3.54
Variables	Ejecución y Operación	1.2	1.6	0.8
	Presupuesto	1.5	2	2
	Topografía	0.8	0.8	0.5
	Estabilidad	2	1.5	1
	Lixiviados	1.4	1	1.6
	Total Parcial	6.9	6.9	5.9
Restricciones		2.4	2.22	2.12
Variables	Zona Sísmica	1.5	1.5	1.5
	Ubicación con respecto a fuentes de agua	1	1.5	1.5
	Ubicación con respecto a la población	1.2	0.9	0.9
	Proximidad al área de recolección de desechos	1.5	1.25	1
	Acceso Vial	0.8	0.4	0.4
	Total Parcial	6	5.55	5.3
Total		6.54	6.36	5.66

Fuente: Tesistas

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones y recomendaciones

- Se concluyó que las condiciones geológicas, meteorológicas y topográficas no son tan favorables para el diseño y la construcción del relleno sanitario, puesto que se dificultaría mucho por la zona sísmica e hidrológica.
- Por la población del lugar que es un poco baja comparado para las otras parroquias o comunas, se eligió que el tipo de relleno a construirse debe ser manual y no compactado.
- Se analizó que a través de la mitigación e impacto ambiental, por el método de la matriz de Leopold, existen problemas con el agua superficiales y subterráneas y a la vez al movimiento de tierra.
- Según el análisis de taludes pseudoestáticos se pudo determinar que los factores de seguridad están dentro del rango permitido siendo menor el sitio de disposición final de las Núñez con un factor de seguridad de 1.254.
- En cuanto al cálculo de lixiviados se determinó que el sitio de disposición final de Curia posee más generación de lixiviados con un 9.66 m³/día y el sitio de disposición final de Las Núñez posee la menor generación de lixiviados con un 6.45 m³/día, con lo que se pudo observar que la generación de lixiviados para los sitios de disposición final, aumentaban directamente proporcional a su área de influencia.

- Según el presupuesto referencial obtenido de los diferentes sitios de disposición final, se pudo observar que el costo aumentaba directamente proporcional al volumen de corte obtenido.
- De las alternativas propuestas para el sitio de disposición final del área de estudio, se determinó el sitio más conveniente se encuentra ubicado en Olón.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que las condiciones geológicas, meteorológicas y topográficas no son favorables con respecto a la ubicación del perfil costanero, con respecto a los rellenos sanitarios normales, puesto que existen pendientes grandes.
- La parte climatológica es muy difícil de manejar por esa razón se recomendaría verificar la parte meteorológica necesaria para que no afecte al relleno y con los lixiviados se filtran en el suelo.
- Se recomienda que la localización del relleno se debe evitar pendiente mayor al 13% para evitar la inestabilidad de taludes.
- Se recomienda hacer una investigación más exhaustiva de los diferentes sectores aledaños a los sitios de disposición para así determinar un mejor lugar que cuente con una geometría topográfica que permita aminorar los volúmenes de cortes y rellenos.

- Se recomienda mejorar el acceso vial al sitio de disposición escogido para aumentar su eficiencia y fácil traslado a este.
- Se recomienda tener un sitio para el almacenaje del excedente del volumen de corte para utilizar este como material de cobertura para el sitio de disposición final.
- Se recomienda de ser posible realizar el relleno sanitario en dos o más etapas para así aminorar el costo inicial e ir construyendo el sitio de disposición final a medida que pase el tiempo.
- Se recomienda seguir las especificaciones técnicas para el buen uso e instalación de la geomembrana, así evitar infiltraciones de lixiviados, ya que este representa en gran medida un daño ambiental ya sea por infiltración a cuerpos de agua o erosión del suelo

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

ANEXO E

ANEXO F

ANEXO G

ANEXO H

ANEXO I

ANEXO J

ANEXO K

ANEXO L

ANEXO M

ANEXO N

ANEXO 0

ANEXO P

ANEXO Q

ANEXO R

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=ifueaqaiaaaj&q=geotechnical+engineering:+principles+and+practices&dq=geotechnical+engineering:+principles+and+practices&hl=es&sa=x&ved=0ahukewj5x9u73jahujriykhwkoascq6aeikzab>

Custodio, e., & llamas, m. (1976). Hidrología subterránea. Editorial omega.

De vallejo, I. G. (2002). Ingeniería geológica. Pearson. Isbn: 8420531049.

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](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., & crespó, p. R. (2011). Estudio hidrogeológico de la isla puná (ecuador). Espol.

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 background, 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, I. (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 n° 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 pseudoestático 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 geoelectrica 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 quake on dams and embankments. Geotechnique.

Nanía, I. 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 quake 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). Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Obtenido de hdt 17: metodo sencillo del análisis 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

Tchobanoglous, g., & kreith, f. (2002). Handbook of solid waste management;

Tchobanoglous, g., theisen, h., & vigil, s. (1994). Gestión integral de residuos sólidos.

Terreros, c. (2007). Mecánica de suelos práctica. En c. Terreros. Espol: 2da edición.

Tulsmá. (2003). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua - libro vi anexo 1. Quito: república del Ecuador.

U. S. Government 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.