



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

**MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL
XIV PROMOCIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN
AMBIENTAL**

**TEMA: “UBICACIÓN Y DISEÑO DE UN RELLENO
SANITARIO PARA LA ZONA DE INTAG, CANTÓN
COTACACHI, ECUADOR.”**

**AUTORES: CHARPENTIER ALCÍVAR, ANDREA; FREIRE
MANCHENO, JORGE ANDRÉS**

DIRECTOR: ING. CARRERA VILLACRÉS, DAVID PH.D.

**SANGOLQUÍ
2018**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “*UBICACIÓN Y DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA ZONA DE INTAG, CANTÓN COTACACHI, ECUADOR.*” fue realizado por la señorita *Charpentier Alcívar, Andrea* y el señor *Freire Mancheno, Jorge Andrés*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí 19 de Febrero del 2018


.....
Ing. David Carrera Ph.D.
Firma del Director

C. C. 1712218513.....



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Charpentier Alcívar, Andrea y Freire Mancheno, Jorge Andrés*, con cédula de ciudadanía n° 1724108479 y 1803829165, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“UBICACIÓN Y DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA ZONA DE INTAG, CANTÓN COTACACHI, ECUADOR.”*** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Ing. Andrea Charpentier
Firma del Autor

C.C.:1724108749

Sangolquí, 19 de Febrero del 2018

Ing. Jorge Andrés Freire
Firma del Autor

C.C.:1803829165



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Nosotros, *Charpentier Alcívar, Andrea* y *Freire Mancheno, Jorge Andrés*, con cédula de ciudadanía n° 1724108479 y 1803829165, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: ***“UBICACIÓN Y DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO PARA LA ZONA DE INTAG, CANTÓN COTACACHI, ECUADOR.”*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 19 de Febrero del 2018

.....
Ing. Andrea Charpentier
Firma del Autor

C.C.:1724108749

.....
Ing. Jorge Andrés Freire
Firma del Autor

C.C.:1803829165

DEDICATORIAS

Deseamos dedicar nuestro trabajo de investigación a Dios, a quien queremos ofrecer siempre lo mejor de nosotros, nuestros logros y alegrías, sabiendo que somos simples administradores de todo cuanto tengamos en este plano material.

A nuestros antepasados, quienes con sus bendiciones permitieron que todo lo que ya está escrito en las estrellas se cumpla, y estemos en este punto ahora.

A nuestros abuelitos las personas más sabias de nuestras familias, que ya han vivido todo lo que a nosotros nos falta por vivir, y que con sus valiosos consejos pretenden que tengamos más alegrías que tristezas en el cambiante juego de la vida.

A nuestros padres, Iván y Jorge, los mejores padres del mundo, somos quienes somos por sus enseñanzas y el infinito amor con el que nos cuidaron.

A nuestras madres, Monserrate y Ximena, dos ángeles del cielo que con sus oraciones nos protegen y nos guían para ser mejores cada día.

A nuestros hermanos, compañeros de juego y cómplices de travesuras, que han sido el apoyo fundamental para lograr alcanzar todas nuestras metas.

A nuestro querido Adry, deseamos ser el mejor de los ejemplos y siempre cuidarte y protegerte.

A todos nuestros amigos y compañeros de trabajo que se han preocupado por nosotros.

Andrea y Jorge Andrés.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a Dios que nos brindó buena salud y energía para poder realizar este programa de estudio y así poder culminarlo de la mejor manera.

Al destino tan misterioso pero sabio que cruzó nuestros caminos para conocernos en el momento correcto de nuestras vidas, Maktub. Y poder decir que encontramos el tan esperado verdadero valor y sentido de nuestra existencia que es hallar el amor de nuestras vidas y conseguir ese sueño tan anhelado de la felicidad plena.

A nuestros padres, hermanos, demás familiares y antepasados que tanto cerca y desde el cielo supieron brindarnos su apoyo incondicional para seguir creciendo tanto en lo personal como en lo profesional, permitiéndonos avanzar en el aprendizaje constante de la vida al bendecirnos con nuestra obtención de mayores conocimientos y sabiduría siempre con humildad y sacrificio en busca del mejor bienestar de nuestros seres amados y la sociedad.

Al ingeniero Cristian Paz, su personal de apoyo y demás autoridades de la municipalidad del cantón de Santa Ana de Cotacachi quienes nos brindaron todas las facilidades tanto técnicas como logísticas para que este proyecto concluya de la mejor manera.

Al doctor Washington Sandoval, doctor David Carrera, doctor Marco Luna e ingeniera Margarita Haro que de una u otra manera nos guiaron desde el inicio del presente proyecto para que pueda servir tanto para la investigación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, como a la comunidad de Intag del cantón de Cotacachi donde se intervino en el presente estudio.

Andrea y Jorge Andrés

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
1.1 ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 HIPÓTESIS O INTERROGANTE.....	4
1.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	4
1.5.1 Localización geográfica del proyecto.....	4
1.5.2 Situación Socio-Económica.....	7
1.5.3 Servicios Básicos.....	9
1.5.4 Servicios de Salud.....	12
1.6 SITUACIÓN DEL ENTORNO FÍSICO.....	13
1.6.1 Clima.....	13
1.6.2 Geomorfología y Suelos.....	14
1.6.3 Hidrología.....	16
1.7 SITUACIÓN DEL ENTORNO BIÓTICO.....	16
1.7.1 Uso del Suelo.....	16
1.7.2 Biodiversidad.....	18
CAPÍTULO II.....	19
2.1 MARCO TEÓRICO Y BASE LEGAL.....	19
2.1.1 Definiciones.....	19
2.2 BASE LEGAL.....	28
CAPÍTULO III.....	34
3. METODOLOGÍA.....	34

3.1 METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA ZONA DE INTAG.....	34
3.2 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS EN LA ZONA DE INTAG.....	36
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN, COBERTURA, PRODUCCIÓN PER CÁPITA Y PROYECCIONES DE PRODUCCIÓN DIARIA.....	36
3.4 METODOLOGÍA DEL MODELO ESPACIAL PARA LA LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO.....	39
3.5 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EVALUAR LA CALIDAD VISUAL Y LA FRAGILIDAD DEL PAISAJE.....	52
3.6 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO PARA LA ZONA DE INTAG.....	56
CAPITULO IV.....	60
4.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN LA ZONA DE INTAG.....	60
4.1.1 Administración del servicio de Gestión de los Residuos sólidos:.....	60
4.2 VOLUMEN Y FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS RECOLECTADOS SEMANALMENTE EN LAS PARROQUIAS DE LA ZONA DE INTAG.....	67
4.2.1 Producción per cápita de residuos sólidos en el cantón Cotacachi.....	68
4.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA ZONA DE INTAG.....	68
4.4 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN.....	69
4.3. CALCULO DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA, VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS Y PROYECCIONES POBLACIONALES DE LA ZONA DE INTAG....	71
4.4 ALTERNATIVAS RESULTANTES DEL MODELO ESPACIAL PARA LA UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN LA ZONA DE INTAG.....	76
4.4.1 Alternativas Resultantes de la Aplicación del Modelo Espacial.....	77
4.4.2 Resultados de la Evaluación de Calidad del Paisaje.....	83
4.4.3 Resultados Evaluación Fragilidad del Paisaje.....	89
4.4.4 Selección de la Alternativa Final.....	95
CAPÍTULO V.....	97
5. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL RELLENO SANITARIO DE LA ZONA DE INTAG- COTACACHI.....	97

5.1 PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO	97
5.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO	97
5.2.1 Área del Relleno Sanitario y Plataformas	99
5.2.2 Conformación de Plataformas del Relleno.....	100
5.2.3 Sistema de Impermeabilización y Drenaje.....	101
5.2.4 Conformación de Celdas Diarias.....	102
5.2.5 Sistema de Drenaje de Aguas Lluvias.....	103
5.3 EFLUENTE LÍQUIDO (LIXIVIADOS)	115
5.3.1 Drenaje de Lixiviado	115
5.3.2 Tratamiento de lixiviado	120
5.3.4 Control de Gases	130
5.3.5 Chimeneas de captación de gases.....	131
5.3.6 Obras Complementarias	132
5.3.7 Proyecto paisajístico y cierre final	133
CAPÍTULO VI.....	134
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
6.1 CONCLUSIONES	134
6.2 RECOMENDACIONES	136
6.3 BIBLIOGRAFÍA.....	137
ANEXOS.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Superficie de las parroquias de la zona de Intag</i>	6
Tabla 2 <i>Población de las parroquias de la Zona de Intag</i>	7
Tabla 3 <i>Crecimiento poblacional intercensal Cantón Cotacachi</i>	7
Tabla 4 <i>Población en edad de trabajar zona de Intag</i>	8
Tabla 5 <i>Población económicamente activa por rama de actividad Zona de Intag</i>	8
Tabla 6 <i>Cobertura del servicio de agua potable Zona de Intag</i>	9
Tabla 7 <i>Cobertura del servicio de alcantarillado Zona de Intag</i>	9
Tabla 8 <i>Cobertura de Energía Eléctrica en la zona de Intag</i>	10
Tabla 9 <i>Cobertura de servicio de recolección de residuos zona de Intag</i>	10
Tabla 10 <i>Causas de mortalidad general Centro Hospital de Apuela Zona de Intag</i>	13
Tabla 11 <i>Promedios de precipitación Zona de Intag</i>	14
Tabla 12 <i>Geomorfología de la Zona de Intag</i>	14
Tabla 13 <i>Principales usos de suelo por cantidad de superficie</i>	17
Tabla 14 <i>Principales especies de Flora y Fauna de la Zona de Intag</i>	18
Tabla 15 <i>Ventajas y limitaciones del relleno sanitario</i>	23
Tabla 16 <i>Legislación Ambiental Nacional</i>	29
Tabla 17 <i>Matriz de valoración de calidad visual del paisaje</i>	52
Tabla 18 <i>Escala de valoración de calidad visual del paisaje</i>	53
Tabla 19 <i>Matriz de valoración de fragilidad del paisaje</i>	54
Tabla 20 <i>Escala de Valoración Fragilidad del paisaje</i>	55
Tabla 21 <i>Personal encargado de la Gestión de los Residuos sólido</i>	61
Tabla 22 <i>Promedio de recolección semanal de residuos en la Zona de Intag</i>	67
Tabla 23 <i>Parámetros de caracterización de los desechos sólidos</i>	68
Tabla 24 <i>Datos entre las poblaciones y censos (2001-2010)</i>	70
Tabla 25 <i>Proyección poblacional de la zona de Intag (2010-2018)</i>	70
Tabla 26 <i>Resumen de producción de desechos sólidos urbanos zona Intag</i>	75
Tabla 27 <i>Resumen de análisis de alternativas</i>	95
Tabla 28 <i>Resumen de parámetros</i>	98
Tabla 29 <i>Resumen avance diario en celdas</i>	102
Tabla 30 <i>Intensidad duración frecuencia Estación M0105 Otavalo</i>	106
Tabla 31 <i>Tabla de resultados aplicación de ecuaciones de intensidad</i>	107
Tabla 32 <i>Resumen Estación Meteorológica M0105 OTAVALO</i>	108
Tabla 33 <i>Tabla de resultados de cálculo de caudal</i>	109
Tabla 34 <i>Rugosidad en función de la naturaleza de las paredes del canal</i>	111
Tabla 35 <i>Resumen de cálculo de lixiviados</i>	117

Tabla 36 <i>Resumen tratamientos lixiviados-Tchobanoglous</i>	124
Tabla 37 <i>Tratamiento del lixiviado</i>	127
Tabla 38 <i>Composición y características típicas del biogás</i>	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa base de la ubicación del proyecto	5
Figura 2 Mapa base de delimitación de la zona de Intag	6
Figura 3 Disposición final de los residuos Zona de Intag	11
Figura 4 Mapa de Centros de salud de la zona de Intag.....	12
Figura 5 Mapa Geomorfología de la zona de Intag.....	15
Figura 6 Mapa de tipos de suelos en la Zona de Intag	16
Figura 7 Mapa del uso del suelo Zona de Intag	17
Figura 8 Zonas de Vida identificadas en la Zona de Intag.....	18
Figura 9 Clasificación general de los Residuos	20
Figura 10 Antecedente histórico de los Rellenos Sanitarios	21
Figura 11 Tipos de Rellenos Sanitarios	22
Figura 12 Partes de un relleno sanitario y su funcionamiento	27
Figura 13 Revisión in situ de las actividades de la Gestión de los residuos	35
Figura 14 Análisis variable 1, área protegida Cotacachi Cayapas dentro de la zona de Intag.....	41
Figura 15 Análisis variable 2, uso actual del suelo de la zona de Intag.....	42
Figura 16 Análisis variable 3, bosques protectores de la zona de Intag	43
Figura 17 Análisis variable 4, cursos hídricos de la zona de Intag	44
Figura 18 Análisis variable 5, riesgos de inundación y flujos de lodo en la zona de Intag	45
Figura 19 Análisis variable 5, riesgos volcánicos y formación de lahares en la zona de Intag	46
Figura 20 Análisis variable 7 y 8, distancia centros educativos y centros de salud.....	47
Figura 21 Variable 9 Distancia vías de acceso al relleno sanitario.....	48
Figura 22 Variable 10 Distancia del relleno sanitario a los núcleos poblados.....	49
Figura 23 Análisis variable 11, mapa de pendientes zona de Intag	50
Figura 24 Determinación de las parcelas	51
Figura 25 Responsabilidad administrativa de la Gestión de los residuos	60
Figura 26 Centro de manejo de residuos.....	63
Figura 27 Zona de Lombricultura en Cuellaje.	64
Figura 28 Carro recolector	65
Figura 29 Centro de manejo de Residuos	65
Figura 30 Botadero a cielo abierto en Apuela.....	66
Figura 31 Botadero a cielo abierto en Vacas Galindo.....	66
Figura 32 Caracterización de los residuos sólidos de la zona de Intag	69
Figura 33 Etapas de relleno sanitario.	74
Figura 34 Mapa de Alternativas para la ubicación del relleno sanitario.....	76
Figura 35 Distribución de plataformas.....	99
Figura 36 Dimensiones de celda diaria	103
Figura 37 Gráfica de variación de intensidad en función de tiempo de retorno	106
Figura 38 Distribución temporal de precipitación.	109

Figura 39 Cálculo de dimensiones de cunetas.	114
Figura 40 Secciones de cunetas seleccionadas.....	115
Figura 41 Esquema de chimenea.....	131

RESUMEN

Uno de los principales problemas que contribuyen a disminuir la calidad de vida de las poblaciones del Ecuador es el inadecuado manejo de los residuos, ya sea por la falta de equipamiento o de programas que contribuyan a la gestión integral de los residuos, este es el caso de la actual población de la zona de Intag del cantón Cotacachi, que no dispone de un relleno sanitario para la disposición final y gestión de los desechos sólidos generados. Actualmente estos residuos son conducidos al relleno sanitario de Cotacachi, que se encuentra en proceso de cierre definitivo. A través del presente estudio se propone la ubicación óptima y el diseño para la construcción del nuevo relleno sanitario para la zona de Intag; la metodología utilizada fue modelamiento espacial y álgebra de mapas, a través de herramientas de información geográfica obteniendo seis alternativas de ubicación que fueron evaluadas en campo, posteriormente la más óptima fue seleccionada y aprobada por la Dirección de Ambiente del GAD Municipal de Cotacachi. Una vez determinada la localización se procedió a realizar el diseño del relleno sanitario, en un área total de 2,2 ha para una vida útil mínima de 10 años, cumpliendo con las especificaciones del Ministerio del Ambiente del Ecuador. A través de la implementación del presente estudio no solamente se estará cumpliendo con uno de los objetivos del Plan de Desarrollo del cantón, sino que también se mejorará de manera sustancial la calidad de vida de las comunidades, reduciendo los impactos ambientales negativos que las actuales condiciones generan.

PALABRAS CLAVE:

- **GESTIÓN INTEGRAL**
- **DISPOSICIÓN FINAL**
- **RESIDUOS SÓLIDOS**
- **UBICACIÓN ÓPTIMA**
- **ÁLGEBRA DE MAPAS.**

ABSTRACT

One of the main problems that contribute to diminish the life quality of Ecuador populations is the inadequate management of the waste, either due to the lack of equipment or programs that contribute to the integral management of waste, this is the case of the current population of Intag area in Cotacachi canton, which does not have a sanitary landfill for the final disposal nor management of the solid waste generated. Currently this waste is taken to the Cotacachi landfill, which is in process of definitive closure. This study propose an optimum location and design for the construction of the new sanitary landfill for the Intag area, the methodology used was map algebra and spatial modeling through geographic information tools obtaining six location alternatives that were evaluated on field. Then the best option was selected and approved by the Environmental Department of the Municipal GAD of Cotacachi. Once the location was determined, the design of the landfill was carried out, in a total area of 2,2 ha for a minimum useful life of 10 years, complying with the environmental specifications of the Environment Ministry of Ecuador. Through the implementation of this study, not only will one of the objectives of the Development Plan of Cotacachi will be fulfilled, also the quality of life of the communities will be substantially improved, reducing the negative environmental impacts that the current conditions generate.

KEY WORDS:

- **INTEGRAL MANAGEMENT**
- **FINAL DISPOSAL**
- **SOLID WASTE**
- **OPTIMAL LOCATION**
- **MAP ALGEBRA.**

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA

Actualmente los residuos de las comunidades de la zona de Intag se transportan para su disposición final hasta el relleno sanitario de la ciudad de Cotacachi. Dicho relleno, por influencia de varios factores, vio reducida su vida útil de 15 a 3 años y actualmente se encuentra a punto de colapsar. Existen estudios para el cierre técnico y apertura de una nueva celda en el actual relleno; sin embargo, la solución sería temporal y no representa una medida factible a largo plazo. Debido al crecimiento poblacional de la zona de Intag y por consiguiente el aumento de la producción de residuos sólidos urbanos (RSU), se torna evidente la necesidad de ubicación de un sitio de disposición final propio de la zona, que sea ambiental y económicamente adecuada; la misma que posterior a su evaluación se realizó el diseño del relleno sanitario respectivo a partir de la identificación de las características y necesidades del sitio.

La implementación del relleno sanitario permitirá realizar la disposición final de los residuos sólidos de las parroquias Apuela, Plaza Gutiérrez, Cuellaje, Peñaherrera, Vacas Galindo y García Moreno, mejorará sustancialmente la gestión integral de los residuos sólidos del cantón Cotacachi, evitando la formación de vertederos a cielo abierto y optimizando recursos destinados a la recolección y transporte.

Los residuos originados por actividades específicas que son biológico-infecciosos, tienen un manejo, tratamiento y disposición final especiales a cargo de la municipalidad a través de Gestores especializados, por lo tanto este tipo de desechos no son considerados en el presente estudio.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Según el objetivo 11 para el desarrollo sostenible de la secretaría de planificación del Ecuador 2017-2021 “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles”, es de vital importancia la recogida y la gestión seguras de los desechos

sólidos ya que constituyen uno de los servicios ambientales para las comunidades más cruciales. Si en una comunidad no existe este servicio se propagan las enfermedades y se ve afectada la calidad de vida de las personas. (Naciones Unidas, 2017)

En el Ecuador, el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, en su objetivo número tres, determina la importancia de garantizar los derechos de la Naturaleza, una de sus metas es incrementar del 70,3% al 80% los residuos sólidos no peligrosos con disposición final adecuada a 2021. (Consejo Nacional de Planificación República del Ecuador, 2017)

Para la comunidad de Intag la importancia del presente proyecto se resume en las evidencias a continuación:

1. El actual relleno sanitario del cantón Cotacachi se encuentra a punto de colapsar, además el método actual de la celda que constituye el relleno sanitario, no es el adecuado, pues contamina el medio ambiente y representa un foco altamente infeccioso. Tampoco la operatividad de la celda actual es la adecuada, ya que no existe compactación de la basura y como consecuencia no se optimiza el espacio disponible en la celda. (GAD Cotacachi, 2015)
2. Se aprecian múltiples microbasurales diseminados a lo largo y ancho de la localidad, lo que constituye riesgo para la salud, debido a la proliferación de vectores que son causantes de enfermedades; por otro lado, el aspecto visual estético se ve seriamente afectado. (GAD Cotacachi, 2010)
3. Existen trabajos previos que evidencian el interés del GAD de realizar el estudio para solucionar la disposición final de los residuos sólidos de la Zona de Intag. Actualmente se encuentra en trámite un convenio Macro entre el GAD Municipal de Cotacachi y la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Por lo tanto, la propuesta de estudio es solucionar la disposición final de los residuos sólidos de la Zona de Intag, al convertirlo en una herramienta fundamental de realización prioritaria, que servirá para fortalecer los planes de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Cotacachi.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Determinar técnicamente el lugar más adecuado y diseñar un relleno sanitario, a través de metodologías actualizadas y aprobadas por el Ministerio del Ambiente, para contribuir a la adecuada gestión de los desechos sólidos de la zona de Intag.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Levantar la línea base del sistema de manejo de los desechos sólidos que utiliza actualmente la municipalidad de Cotacachi, específicamente la zona de Intag, empleando información de estudios previos realizados por la Municipalidad y visitas de campo, esto incluye la caracterización de los residuos sólidos generados en la zona, para establecer el tipo de residuo que predomina y los volúmenes generados, y en base a datos de recolección semanales proporcionados por del Departamento de Gestión Ambiental del GAD de Cotacachi, establecer los criterios necesarios para la localización y diseño de un relleno sanitario.
- Determinar la producción per cápita de residuos de la Zona de Intag, en base a los datos de recolección diaria y la cobertura del servicio, para calcular el volumen total de residuos que se genera anualmente y proyectarlo hasta el año 2028.
- Identificar las zonas más adecuadas para ubicar el relleno sanitario, a través de un modelo espacial, que incluya criterios topográficos, geológicos e hidrológicos en la zona de Intag.
- Desarrollar las alternativas de ubicación, mediante álgebra de mapas, en base al modelo espacial, para realizar la visita in situ y comprobar si son adecuadas para el diseño del Relleno Sanitario.
- Evaluar las alternativas resultantes del modelo espacial por su calidad del paisaje, fragilidad del paisaje y cuenca visual, utilizando la metodología del USDA (United States Forest Service Department of Agriculture), para mejorar la toma de decisión final.

- Diseñar un relleno sanitario adecuado que cumpla con la legislación ambiental vigente, y sea factible a ser implementado por la municipalidad a mediano plazo, empleando la metodología propuesta en los manuales de la Organización Panamericana de la Salud.
- Recomendar un método de tratamiento para los lixiviados procedentes del Relleno Sanitario, de acuerdo a la metodología aprobada por el Ministerio del Ambiente, para cumplir con la legislación Ambiental Nacional.

1.4 HIPÓTESIS O INTERROGANTE

¿Es factible localizar y diseñar un relleno sanitario, que sus dimensiones permitan almacenar el 100% de los residuos generados en una vida útil de 10 años, partiendo de una cobertura del 16% de recolección y esté acorde a los recursos del GAD Municipal de Cotacachi?

1.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.5.1 Localización geográfica del proyecto

El cantón Cotacachi está organizado territorialmente en parroquias y comunidades o comunas y de manera espacial en zonas. Existen 10 parroquias, de las cuales 8 son rurales y 2 son urbanas. Las zonas establecidas y reconocidas son tres: Urbana, Andina e Intag; la zona de Intag está conformada por las parroquias rurales de Apuela, Plaza Gutiérrez, Cuellaje, Peñaherrera, Vacas Galindo y García Moreno (GAD Cotacachi, 2011). El proyecto es planteado como una solución ambiental y será diseñado específicamente para servir a la zona de Intag (*Figura 1*).

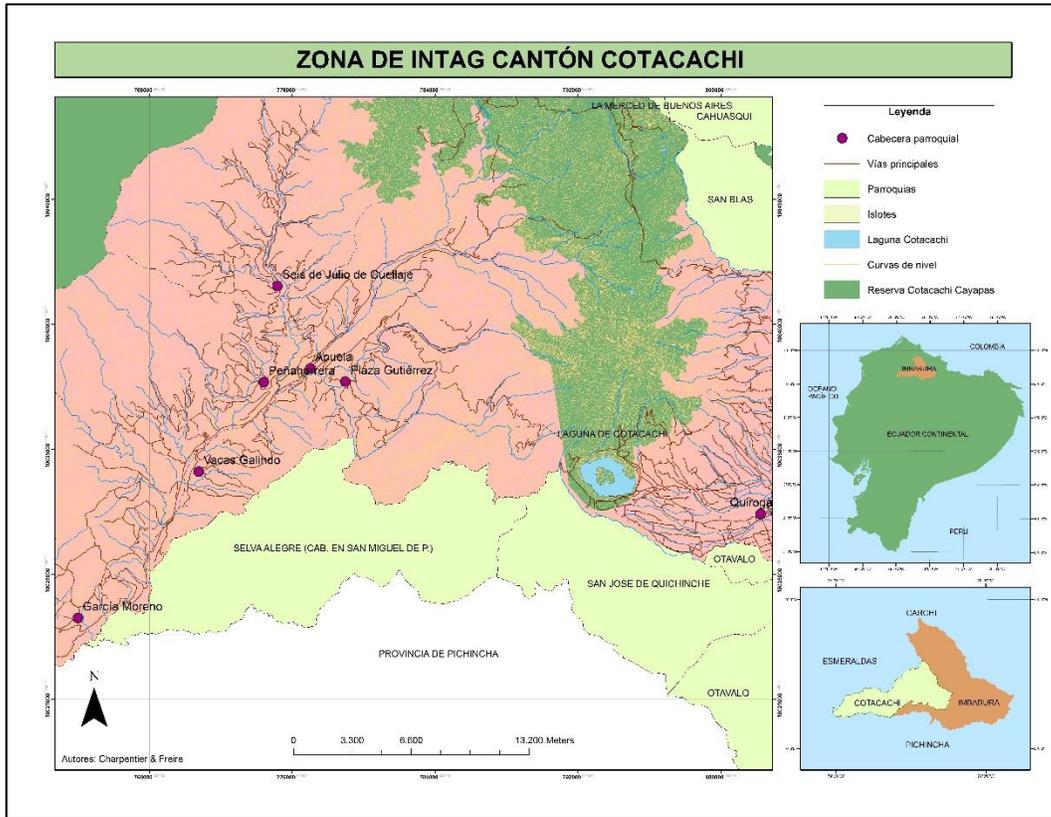


Figura 1 Mapa base de la ubicación del proyecto

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, 2016)

- **Superficie:**

La zona de Intag tiene una superficie total de casi 1338 km² (kilómetros cuadrados), la superficie por parroquia se detalla en la Tabla 1:

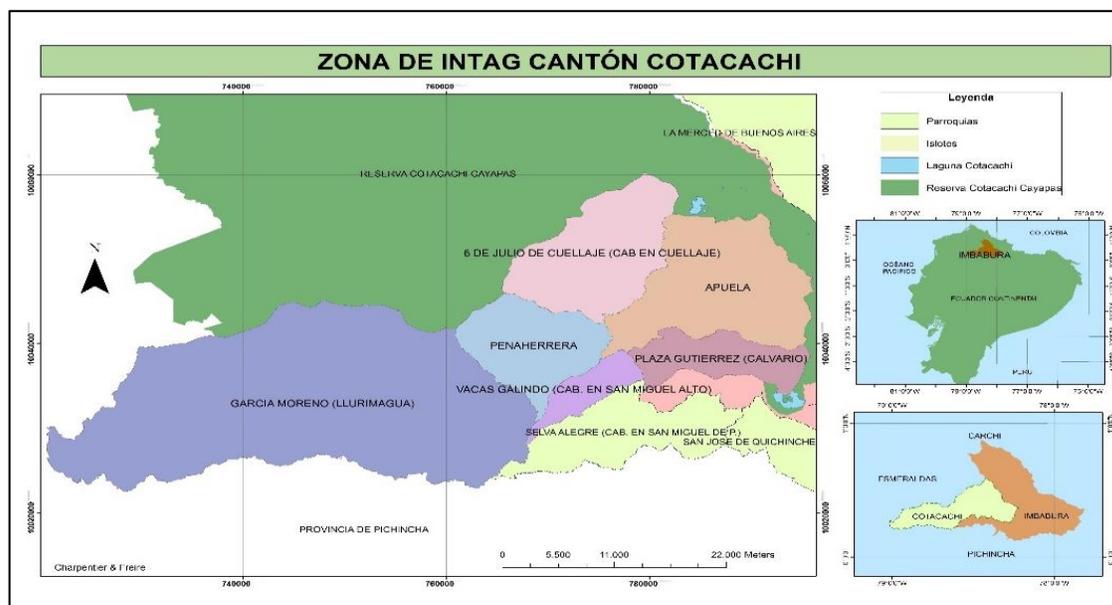
Tabla 1*Superficie de las parroquias de la zona de Intag.*

Nombre de la Parroquia	Área en km ²
García Moreno	700,15
Vacas Galindo	41,62
Peñaherrera	122,35
Plaza Gutiérrez	80,12
Apuela	219,87
6 de Julio de Cuellaje	173,83
TOTAL	1337,94

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, 2016)

- **Límites**

La zona de Intag limita al norte con la reserva Cotacachi Cayapas, al Sur con la Provincia de Pichincha, al Oeste con la Provincia de Esmeraldas y al Este con las parroquias de Imantag, Cotacachi y Quiroga (*Figura 2*).

**Figura 2** Mapa base de delimitación de la zona de Intag.

1.5.2 Situación Socio-Económica

- **Población**

La zona de Intag tiene una población total de 11502 habitantes, de los cuáles 6058 son hombres y 5444 son mujeres, la población por parroquias se resume en la Tabla 2 a continuación:

Tabla 2

Población de las parroquias de la Zona de Intag

Parroquia	Hombre	Mujer	Total
Apuela	942	882	1824
García Moreno	2675	2385	5060
Peñaherrera	850	794	1644
Plaza Gutiérrez	260	236	496
6 de Julio de Cuellaje	936	844	1780
Vacas Galindo	395	303	698
TOTAL:	6058	5444	11502

Fuente: (INEC, 2010)

- **Crecimiento Intercensal**

La tasa de crecimiento intercensal promedio del Ecuador es de 1,95% respecto al censo 2001 y al último censo 2010, la tasa de crecimiento en las zonas urbanas (2,24%) es mayor a la de las zonas rurales (1,47%). Mientras que toda la región sierra tiene un promedio de crecimiento intercensal de 1,84%, es decir inferior a la media nacional. (INEC, 2010)

Específicamente para el cantón Cotacachi el crecimiento poblacional intercensal se resume a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3

Crecimiento poblacional intercensal Cantón Cotacachi

	Población 2001	Población 2010
Cantón Cotacachi	37215	40036

Fuente: (INEC, 2010)

Se evidencia un crecimiento de 2821 habitantes dentro del cantón.

- **Población Económicamente Activa**

La población en edad de trabajar es decir de 15 a 65 años en la zona de Intag es de 6110, lo cual representa aproximadamente el 53% de la población total en esta zona (Tabla 4).

Tabla 4

Población en edad de trabajar zona de Intag

Parroquia	Población en edad de trabajar 15 a 65 años
Apuela	892
García Moreno	2762
Peñaherrera	882
Plaza Gutiérrez	262
6 de Julio de Cuellaje	952
Vacas Galindo	360
Total	6110

Fuente: (INEC, 2010)

De la población económicamente activa 4022 trabajaban en el momento del censo 2010, las principales ramas de actividades son las siguientes (Tabla 5):

Tabla 5

Población económicamente activa por rama de actividad Zona de Intag

PARROQUIA	CÓDIGO RAMA DE LA ACTIVIDAD**										Total
	AGSP	MC	IM	CON	CM	TA	SER	APD	EN	Otros	
Apuela	430	1	15	20	29	3	14	6	14	68	600
García moreno	1265	78	78	26	92	19	20	15	24	167	1784
Peñaherrera	408	1	14	7	20	2	11	14	18	138	206
Plaza Gutiérrez	152	0	13	6	1	1	2	9	3	19	600
6 de julio de Cuellaje	422	1	13	3	35	7	2	10	17	90	600
Vacas Galindo (el churo)	174	0	9	3	19	1	0	6	2	18	232

Fuente: (INEC, 2010)

**

Código	Actividad
AGSP	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
MC	Explotación de minas y canteras
IM	Industrias manufactureras
CON	Construcción
CM	Comercio al por mayor y menor
TA	Transporte y almacenamiento
SER	Actividades de alojamiento y servicio de comidas
APD	Administración pública y defensa
EN	Enseñanza

1.5.3 Servicios Básicos

- **Servicio de agua potable**

La cobertura del servicio de agua potable promedio en la zona de Intag es del 38% la población restante obtiene el agua directamente de los ríos u otras fuentes. A continuación se resume la cobertura por parroquia (Tabla 6)

Tabla 6

Cobertura del servicio de agua potable Zona de Intag

Nombre de parroquia	De red pública	De pozo	De río	De carro repartidor	Otro	Cobertura red pública (%)
Apuela	240	8	206	1	7	52
García Moreno	307	30	855	0	6	26
Peñaherrera	199	6	274	0	6	41
Plaza Gutiérrez	43	1	78	0	3	34
6 de julio de Cuellaje	189	6	239	0	9	43
Vacas Galindo (el churo)	54	5	116	0	4	30
					Promedio	38

Fuente: (INEC, 2010)

- **Servicio de Alcantarillado**

La cobertura del servicio de alcantarillado para la zona de Intag es de apenas el 20% en promedio, la parroquia que más deficiencia evidencia en este servicio es García Moreno, con apenas un 6% (Tabla 7).

Tabla 7

Cobertura del servicio de alcantarillado Zona de Intag

Nombre de parroquia	Red pública	Pozo séptico	Pozo ciego	Al río	Letrina	No tiene	Cobertura alcantarillado (%)
Apuela	118	112	44	13	37	138	26
García Moreno	71	326	179	159	43	420	6
Peñaherrera	121	114	42	20	30	158	25
Plaza Gutiérrez	21	41	36	1	7	19	17
6 de julio de Cuellaje	112	99	50	13	21	148	25
Vacas Galindo (el churo)	40	33	20	8	2	76	22
						Promedio	20

Fuente: (INEC, 2010)

- **Servicio de Energía Eléctrica**

La cobertura del servicio público de electricidad en la zona de Intag tiene un promedio del 92%, la cobertura de este servicio por parroquia se resume a continuación (Tabla 8).

Tabla 8

Cobertura de Energía Eléctrica en la zona de Intag

Nombre de parroquia	Red pública	Generador	Otro	No tiene	Cobertura electricidad (%)
Apuela	426	1	0	35	92
García Moreno	1041	8	4	145	87
Peñaherrera	463	0	1	21	95
Plaza Gutiérrez	118	0	0	7	94
6 de julio de Cuellaje	411	0	0	32	93
Vacas Galindo (el churo)	163	0	0	16	91
				Promedio	92

Fuente: (INEC, 2010)

- **Servicio de recolección de residuos**

La cobertura de este servicio en la zona de Intag es de especial interés para el presente estudio, como se evidencia en la Tabla 9, el promedio de cobertura de recolección por carro recolector es de apenas el 16% (Tabla 9), la mayoría de los desechos (47%) son arrojados a terrenos baldíos (Figura 3).

Tabla 9

Cobertura de servicio de recolección de residuos zona de Intag

Parroquia	Por carro recolector	Arrojada	Quema	Entierra	Al río	Otra	Cobertura (%)
Apuela	101	223	76	43	5	14	22
García Moreno	165	448	386	105	45	49	14
Peñaherrera	98	252	64	44	6	21	20
Plaza Gutiérrez	7	75	21	17	0	5	6
6 de julio de Cuellaje	104	255	56	23	1	4	23
Vacas Galindo (el churo)	0	102	23	49	1	4	0
						Promedio	16

Fuente: (INEC, 2010)

Como se observa en la tabla anterior los hogares de la parroquia Vacas Galindo no cuentan con el servicio de recolección, y en la parroquia Plaza Gutiérrez el servicio es mínimo, apenas del 6%.

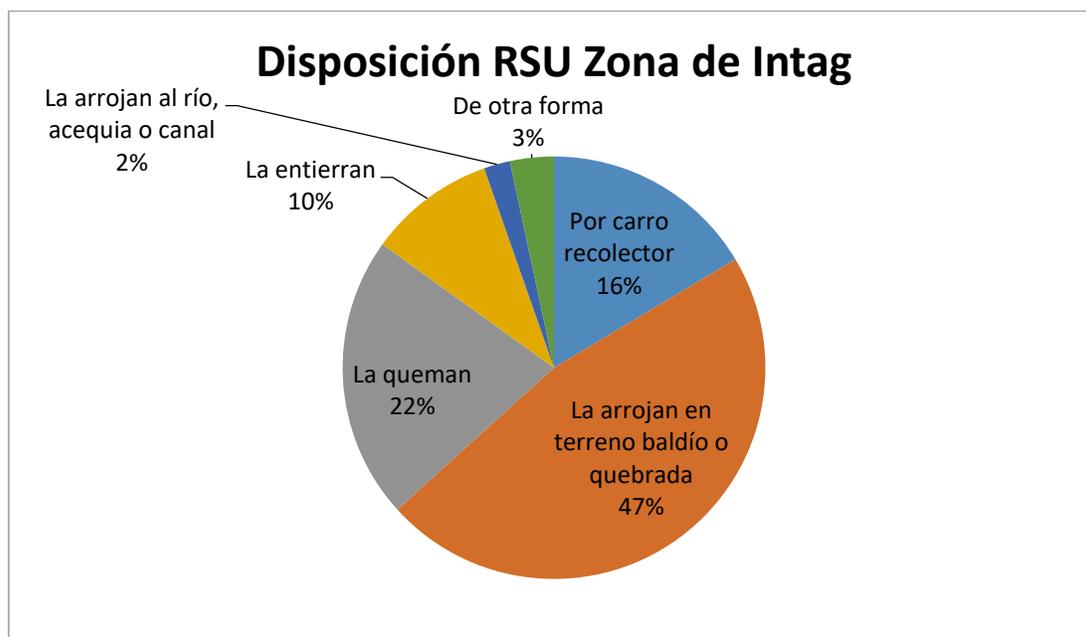


Figura 3 Disposición final de los residuos Zona de Intag

Fuente: (INEC, 2010)

A través de estos datos se evidencia la necesidad urgente de que la parroquia cuente con un sitio adecuado de disposición final de sus residuos sólidos, el presente trabajo pretende resolver la localización óptima del relleno sanitario y además proponer un diseño en base a las condiciones específicas del sitio; sin embargo, futuros proyectos de investigación podrían centrarse en generar un Plan de Gestión Integral para los residuos sólidos generados en la zona. Al determinar rutas de recolección y barrido que garanticen una mayor cobertura, óptimo número de carros recolectores y personal capacitado para realizar la recolección, además programas para el manejo de los residuos generados desde la fuente hasta que llegan al sitio de disposición final, concientización de la población a través de campañas de educación ambiental,

en fin, determinar la localización y el diseño del relleno sanitario es apenas el primer paso que abrirá campo y será la base para futuras investigaciones.

1.5.4 Servicios de Salud

La zona de Intag cuenta con siete centros de salud, su ubicación respecto a los principales centros poblados de la zona, se aprecia a continuación (*Figura 4*):

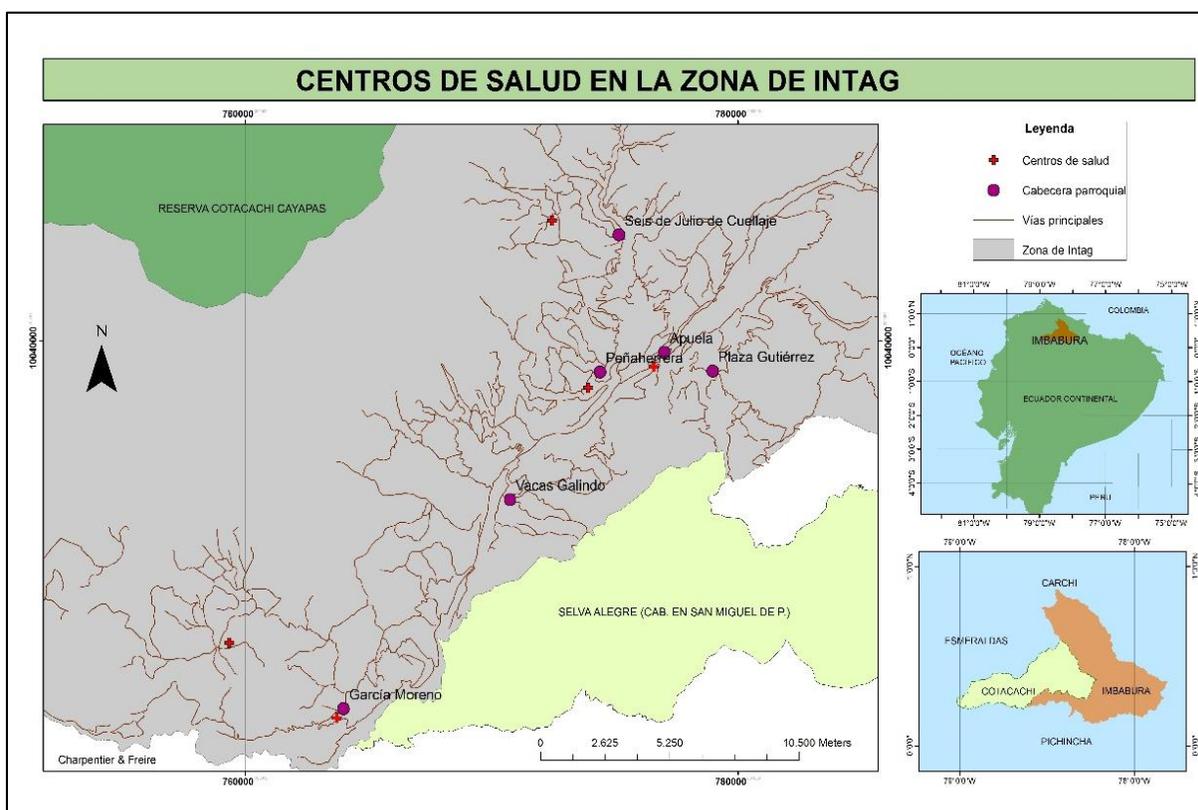


Figura 4 Mapa de Centros de salud de la zona de Intag

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, 2016)

De las seis parroquias de la zona de Intag, solamente la parroquia de Apuela cuenta con un centro hospital donde se registran estadísticas de salud y mortalidad, las principales causas de mortalidad del 2013 se resumen en la Tabla 10.

Tabla 10*Causas de mortalidad general Centro Hospital de Apuela Zona de Intag*

CAUSAS	Casos	%	Acumulado %
Tumores malignos	8	30	30
Diabetes mellitus no insulino dependiente	1	4	34
Hipertensión esencial (primaria)	1	4	37
Infarto agudo de miocardio	1	4	41
Hemorragia intraencefálica	1	4	44
Accidente vascular encefálico agudo	1	4	48
Otras enfermedades pulmonares	3	11	59
Peritonitis	1	4	63
Fibrosis y cirrosis del hígado	1	4	67
Insuficiencia renal crónica	1	4	70
Hemorragia postparto	1	4	74
Senilidad	2	7	81
Otras causas mal definidas	3	11	93
Exposición a corriente eléctrica	1	4	96
Envenenamiento auto infligido	1	4	100
Total	27	100	100

Fuente: (INEC, 2013)

1.6 SITUACIÓN DEL ENTORNO FÍSICO

1.6.1 Clima

Para el estudio del clima en la zona de Intag se utilizó información de las estaciones meteorológicas manuales del INAMHI (Tabla 11) que se encuentran activas dentro de la zona para una serie de tiempo de 30 años (1976-2005):

Tabla 11
Promedios de precipitación Zona de Intag

Código estación	Nombre	Promedio precipitación mensual (mm)	Promedio precipitación anual (mm)
M318	APUELA	131,4	1576,5
M325	GARCÍA MORENO	146,9	1763,1
M0105	OTAVALO	99,43	1193,1

Fuente: (INAMHI, 2005)

Los meses más lluviosos son febrero, marzo y abril donde se registran precipitaciones mensuales promedio de hasta 274 mm de lluvia. Los meses más secos son julio y agosto, con promedios de menos de 30 mm de lluvia. La temperatura promedio de la zona de Intag, es para las zonas andinas 18°C, mientras que para las zonas subtropicales es de 25 °C.

1.6.2 Geomorfología y Suelos

La Geomorfología de la zona de Intag se describe en la Tabla 12 y se observa su distribución en la *Figura 5*.

Tabla 12
Geomorfología de la Zona de Intag

Geomorfología	Descripción	Área hectáreas (ha)
Nieve	Nieve.	298,88
Vertientes Externas	Con cobertura de proyecciones piroclásticos recientes, cenizas y lapilli: las vertientes andinas septentrionales y centrales.	107609,88
Cimas frías de las cordilleras	Formas heredadas paleo-glaciares.	1864,59
Relieves de antiguos esparcimientos disectados	Llanura costera alta y gran cono tabular de los bancos, disectados sobre arenas más o menos cementadas, limos, arcillas y cantos de origen.	270,76
Piedemontes	Piedemonte andino: conos de deyección y esparcimiento.	4557,46
Medio Aluvial	Valles aluviales con complejos de terrazas indiferenciadas.	5322,54

CONTINÚA

Cimas frías de las cordilleras

Volcanes: construcciones de tipo estrato volcán compuesto de proyecciones piroclásticos. dominantes con intercalaciones de capas de lava

13874,33

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, 2016)

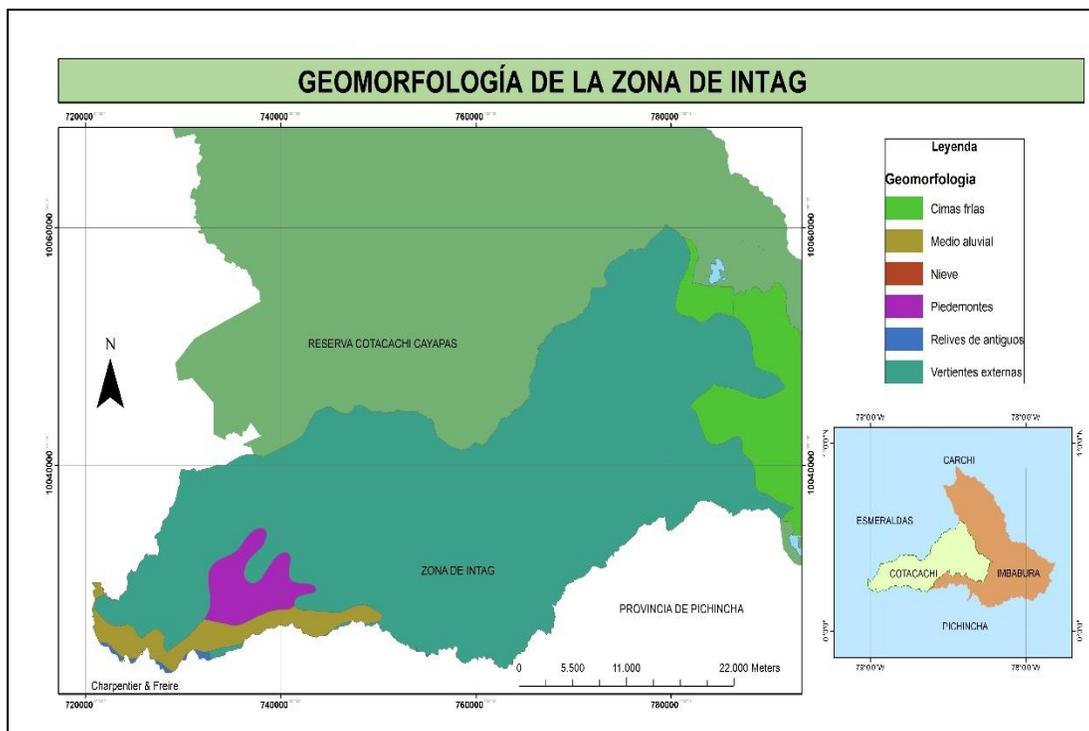


Figura 5 Mapa Geomorfología de la zona de Intag

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, 2016)

Los suelos predominantes en la zona de estudio son los Inceptisoles que son suelos muy poco meteorizados y desarrollados (*Figura 6*).



Figura 6 Mapa de tipos de suelos en la Zona de Intag

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, 2016)

1.6.3 Hidrología

En la zona de Intag la principal fuente abastecedora es el río Intag con 15098,86 l/s donde 14000 habitantes son beneficiarios de agua proveniente de Toisan. Este río Intag cruza todo el valle de Intag, nace de la unión del río Apuela y Cristopamba, además tiene afluentes como el río Nangulvi, San Pedro, Aguagrún, Quinde, Chalguyaco. El río Intag se une al Guayllabamba en su trayecto para luego unirse al río Esmeraldas que desemboca en el océano pacífico. Este río cruza varias poblaciones como Nangulvi, Huacshi, Monopamba, Tollo Intag. (GAD Cotacachi, 2011)

1.7 SITUACIÓN DEL ENTORNO BIÓTICO

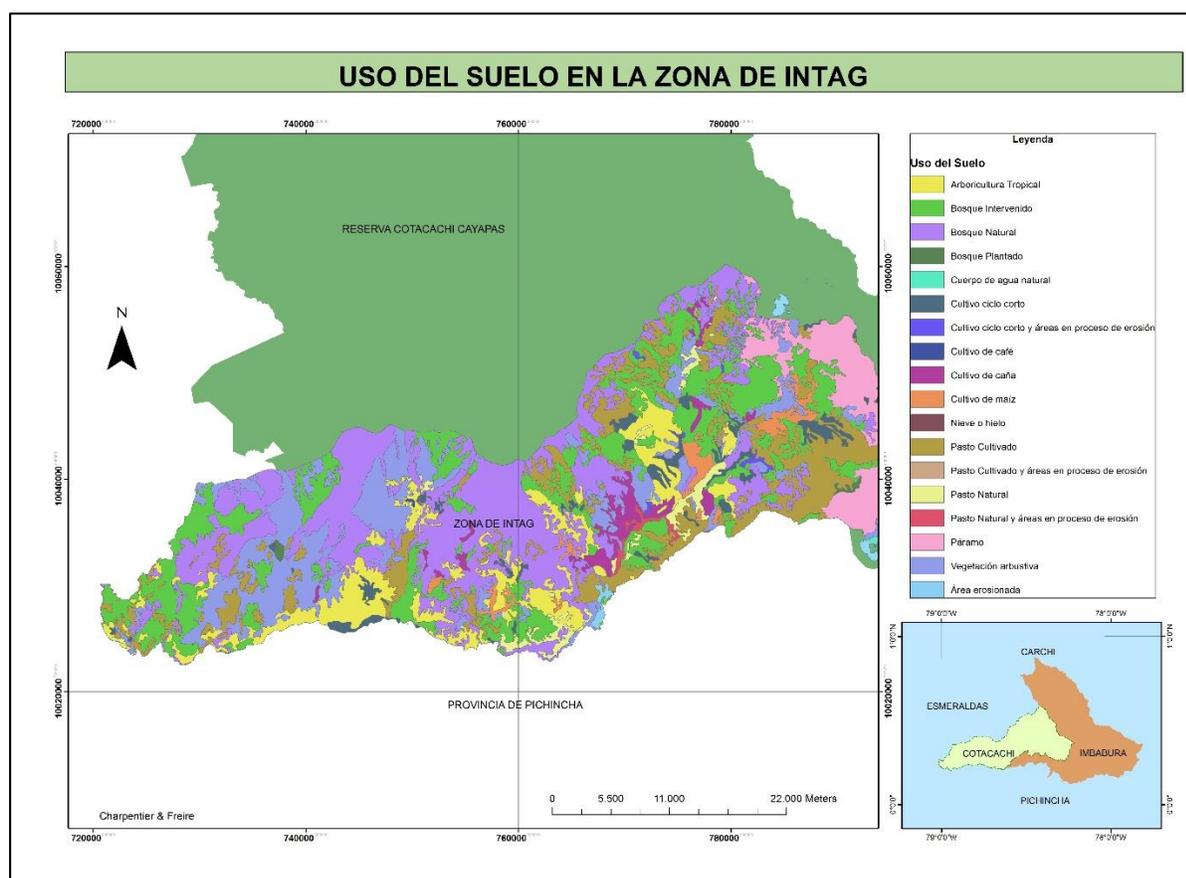
1.7.1 Uso del Suelo

En lo que se refiere al uso de suelo actual de la zona de Intag, las coberturas que representan una mayor superficie son las que se resumen en la Tabla 13, y todas las coberturas se pueden observar en el *Figura 7*.

Tabla 13*Principales usos de suelo por cantidad de superficie*

Cobertura Uso del suelo	Área en km ²
Bosque Natural	348,5
Bosque Intervenido	281,7
Páramo	238,5
Pasto cultivado	225,4
Vegetación Arbustiva	213,5
Arboricultura Tropical	123,3
Cultivos de ciclo corto	71,2

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, 2007)

**Figura 7** Mapa del uso del suelo Zona de Intag

Fuente: (Instituto Geográfico Militar IGM, 2007)

1.7.2 Biodiversidad

La zona de Intag es una de las más biodiversas de nuestro país, la *Figura 8* resume las zonas de vida identificadas en el área de estudio, y la Tabla 14 presenta las principales especies de flora y fauna.

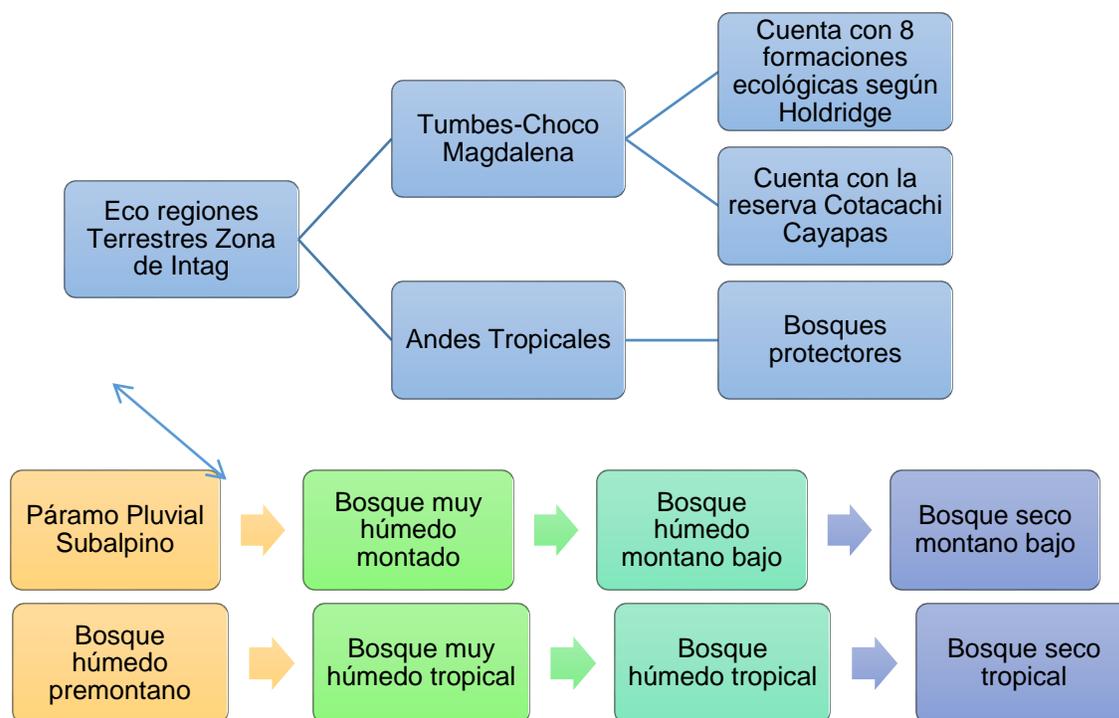


Figura 8 Zonas de Vida identificadas en la Zona de Intag

Fuente: (GAD Cotacachi, 2011)

Tabla 14

Principales especies de Flora y Fauna de la Zona de Intag

Flora	Fauna
Flora zona baja: caoba, guayacán roble balsa, matapalos, orquídeas, bromelias	Fauna Zona baja: Tapires, tigrillos, osos hormigueros, nutrias, boas, jaguares.
Flora zona alta: Pummamaqui, quishuar, romerillo, chuquiragua	Fauna zona alta: lobos de páramos, conejos, venados, curiquingues, guarros, pumas, cóndores y armadillos.
Se han registrado 111 especies de la familia Poaceae y un total de 409 especies endémicas	En la zona de Intag se encuentran 28 especies en peligro de extinción.

Fuente: (GAD Cotacachi, 2011)

CAPÍTULO II

2.1 MARCO TEÓRICO Y BASE LEGAL

2.1.1 Definiciones

Las siguientes definiciones fueron tomadas del Acuerdo Ministerial 061, que es la reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria: De la calidad del Ambiente.

- **Ambiente:**

Se entiende al ambiente como un sistema global integrado por componentes naturales y sociales, constituidos a su vez por elementos biofísicos en su interacción dinámica con el ser humano, incluidas sus relaciones socio-económicas y socio-culturales. (MAE, 2015)

- **Almacenamiento de residuos/desechos no peligrosos:**

Toda operación conducente al depósito transitorio de los desechos y/o residuos sólidos, en condiciones que aseguren la protección al ambiente y a la salud humana. Acumulación de los desechos y/o residuos sólidos en los lugares de generación de los mismos o en lugares aledaños a estos, donde se mantienen hasta su posterior recolección. (MAE, 2015)

- **Botadero de desechos y/o residuos sólidos:**

Es el sitio donde se depositan los desechos y/o residuos sólidos, sin preparación previa y sin parámetros técnicos o mediante técnicas muy rudimentarias y en el que no se ejerce un control adecuado. (MAE, 2015)

- **Desechos:**

Son las sustancias (sólidas, semi-sólidas, líquidas, o gaseosas), o materiales compuestos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo, cuya eliminación o disposición final procede conforme a lo dispuesto en la legislación ambiental nacional e internacional aplicable. (MAE, 2015). La clasificación general de los residuos sólidos se resume en la *Figura 9*.

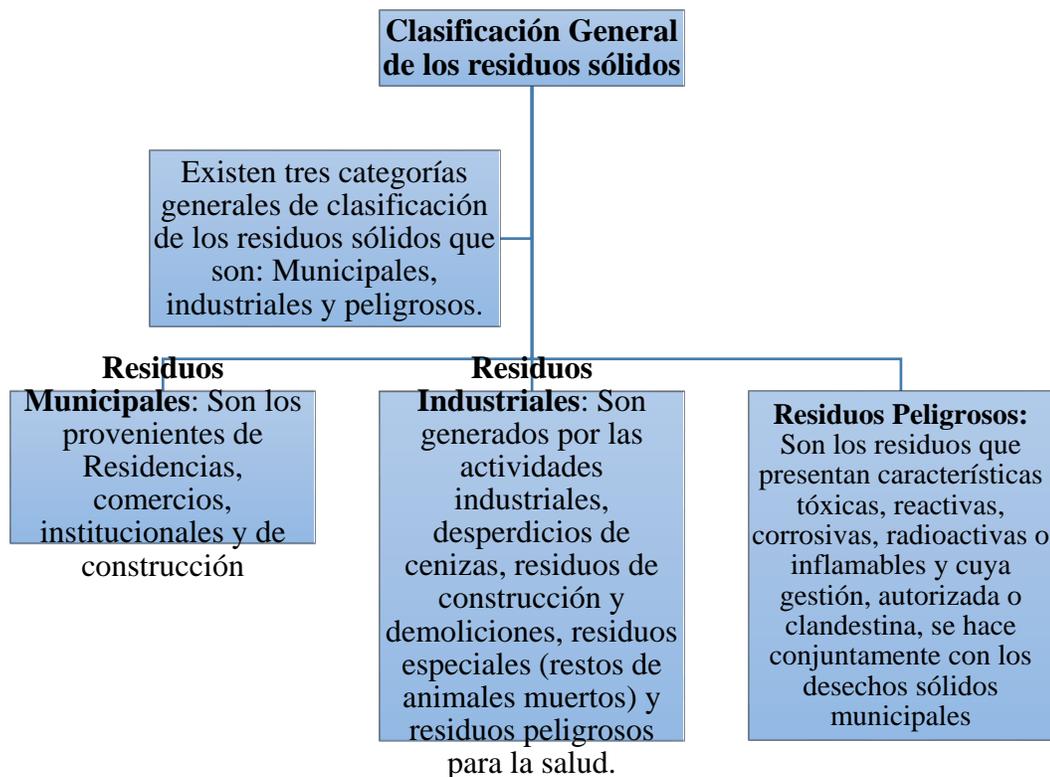


Figura 9 Clasificación general de los Residuos

Fuente: (Jaramillo, 2002)

- **Relleno sanitario:**

Es una técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los desechos y/o residuos sólidos; consiste en disponerlos en celdas debidamente acondicionadas para ello y en un área del menor tamaño posible, sin causar perjuicio al ambiente, especialmente por contaminación a cuerpos de agua, suelos, atmósfera y sin causar molestia o peligro a la salud y seguridad pública. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los desechos y/o residuos, reduciendo su volumen al mínimo aplicable, para luego cubrirlos con una capa de tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente y efectuando el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores. (MAE, 2015)

El antecedente histórico de los Rellenos Sanitarios se resume en la *Figura 10*:

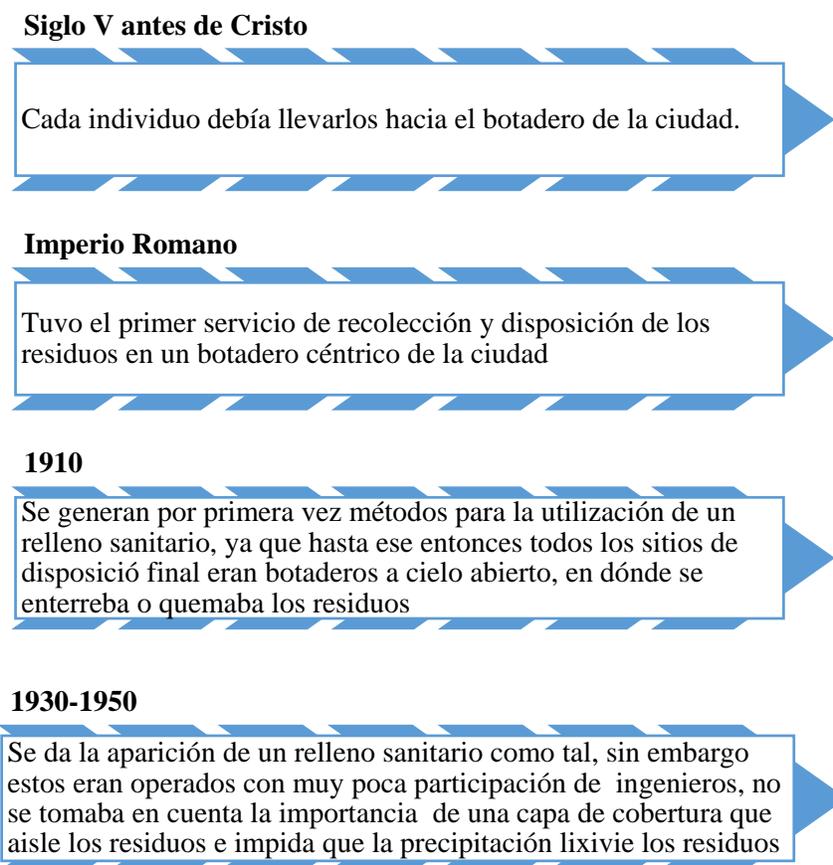


Figura 10 Antecedente histórico de los Rellenos Sanitarios

Fuente: (Benitez, 2012)

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control. (OPS/CEPIS, 2002)

En comunidades que cuentan con sitios viables para ser adecuados como lugares de disposición final de desechos sólidos, los rellenos sanitarios usualmente proveen la mejor alternativa económicamente para este propósito. Muchas veces, el sitio una vez haya cumplido su

vida útil es recuperado para ser utilizado como áreas verdes recreacionales, en cuyo caso se optimiza el uso previo del terreno (Benitez, 2012).

Tipos de Rellenos Sanitarios

Se clasifican en 4 grupos según el Ministerio de Ambiente de Perú *Figura 11*:

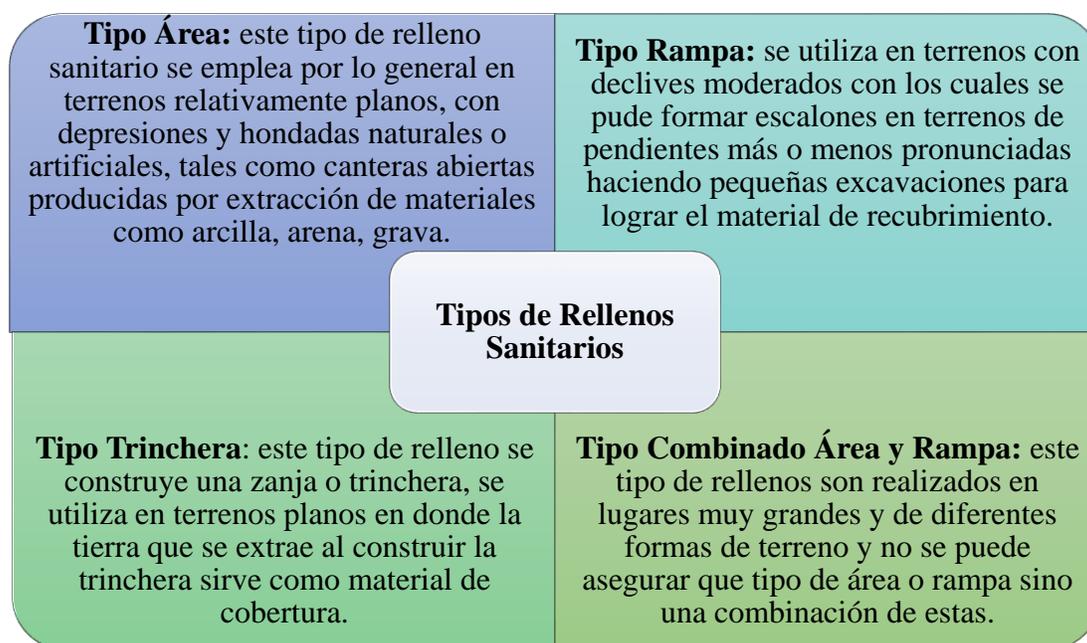


Figura 11 Tipos de Rellenos Sanitarios

Fuente: (Ministerio del Ambiente-Perú, 2008)

Los rellenos sanitarios también se pueden clasificar por su tipo de operación (OPS/CEPIS, 2002):

- Relleno Sanitario Mecanizado: Para ciudades grandes con una producción mayor a 40 toneladas diarias
- Relleno Sanitario Semi-mecanizado: Para una generación diaria de 16 hasta 40 toneladas.
- Relleno Manual: Para poblaciones pequeñas que general hasta 15 toneladas de residuos diarios.

Ventajas y limitaciones de los rellenos Sanitarios:

La Tabla 15 resume las principales ventajas y desventajas del relleno sanitario según el manual de diseño de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002):

Tabla 15

Ventajas y limitaciones del relleno sanitario

Ventajas	Limitaciones
<p>1. La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.</p>	<p>1. La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (not in my back yard 'no en mi patio trasero'), por diversas razones.</p>
<p>2. Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.</p>	<p>2. El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.</p>
<p>3. Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSU.</p>	<p>3. La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta operación y mantenimiento.</p>
<p>4. Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.</p>	<p>4. No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.</p>
<p>5. Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.</p>	<p>5. La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.</p>
<p>6. Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión</p>	<p>6. Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.</p>

CONTINÚA

7. Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, etc.

7. Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos. En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que confluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.

8. Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.

8. Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.

9. Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.

9. En general, no puede recibir residuos peligrosos.

Fuente: (OPS/CEPIS, 2002)

Definiciones para la localización del Relleno Sanitario:

- **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Son sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación. En general, un Sistema de Información consiste en la unión de información en formato digital y herramientas informáticas (programas) para su análisis con unos objetivos concretos dentro de una organización (empresa, administración, etc.) (Alonso, 2017).

- **Álgebra de mapas**

El álgebra de mapas incluye un amplio conjunto de operadores que se ejecutan sobre una o varias capas raster de entrada para producir una o varias capas raster de salida. Por operador se entiende un algoritmo que realiza una misma operación en todas las celdillas de una capa raster (Alonso, 2017).

- **Modelización cartográfica en formato raster**

Los diferentes programas de SIG han adoptado diferentes estrategias para la implementación del álgebra de mapas. Los primeros programas de SIG incorporaban módulos para los operadores más comunes (pendiente, orientación, aritmética). Con el tiempo se fueron desarrollando módulos de propósito general que permitían establecer operadores locales simples, operaciones matemáticas entre mapas o con un sólo mapa; mientras que los operadores de vecindad o área más comunes seguían realizándose en módulos aparte debido a su dificultad (Alonso, 2017).

Con respecto a la caracterización:

Los parámetros más importantes que debemos conocer para el manejo adecuado de los RSM que se producen en una población según la (OPS/CEPIS, 2002) son la producción y sus características específicas (origen, composición física y densidad).

- ***Origen o procedencia***

Los residuos sólidos en las áreas urbanas de las pequeñas poblaciones se pueden clasificar según su procedencia: residencial, comercial, industrial, barrido de vías y áreas públicas.

Composición física y química

La composición física de los residuos sólidos urbanos está caracterizada por su alto porcentaje de materia orgánica (entre 50 y 70% del total de residuos), lo que se traduce en un mayor contenido de humedad con valores que fluctúan entre 35 y 55%; el resto es papel, cartón, vidrio, metales, plásticos y material inerte, entre otros.

“Los residuos sólidos de las comunidades pequeñas no presentan diferencias significativas en su composición física que ameriten gastos en estudios exhaustivos, de tal manera que en general bien podrán ser asimilados como desechos domésticos”. (OPS/CEPIS, 2002)

En lo que nos concierne, la composición física de los residuos sólidos de estas poblaciones tiene importancia para evaluar la factibilidad de establecer programas de reciclaje y tratamiento, dado que la composición química no reviste mayor atención y que el método de disposición final se realiza a través de la técnica del relleno sanitario, con el que se procurará minimizar la generación de lixiviado. (OPS/CEPIS, 2002)

Densidad

La densidad o el peso volumétrico de los residuos sólidos es otro parámetro importante para el diseño del sistema de disposición final de residuos. En la región, se tienen valores de entre 200 y 300 kilogramos por metro cúbico para la basura suelta, es decir, en el recipiente; tales valores son mayores que los que presentan los países industrializados (OPS/CEPIS, 2002).

Estas densidades se alcanzan con la compactación homogénea y, a medida que se estabiliza el relleno, con todo lo que incide en la estabilidad y vida útil del sitio.

El aumento de la densidad del relleno sanitario manual se logra especialmente mediante:

- El apisonado manual o compactación mecánica
- El tránsito del vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas.
- La separación y recuperación de papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra, madera y otros materiales voluminosos.
- Otros mecanismos que aumentan la densidad de los desechos sólidos son: el proceso de descomposición de la materia orgánica y el peso propio de las capas o celdas superiores que producen mayor carga y, obviamente, disminuyen su volumen.

Definiciones para el Diseño del Relleno Sanitario:

Como apoyo visual de las siguientes definiciones tenemos la *Figura 12*:

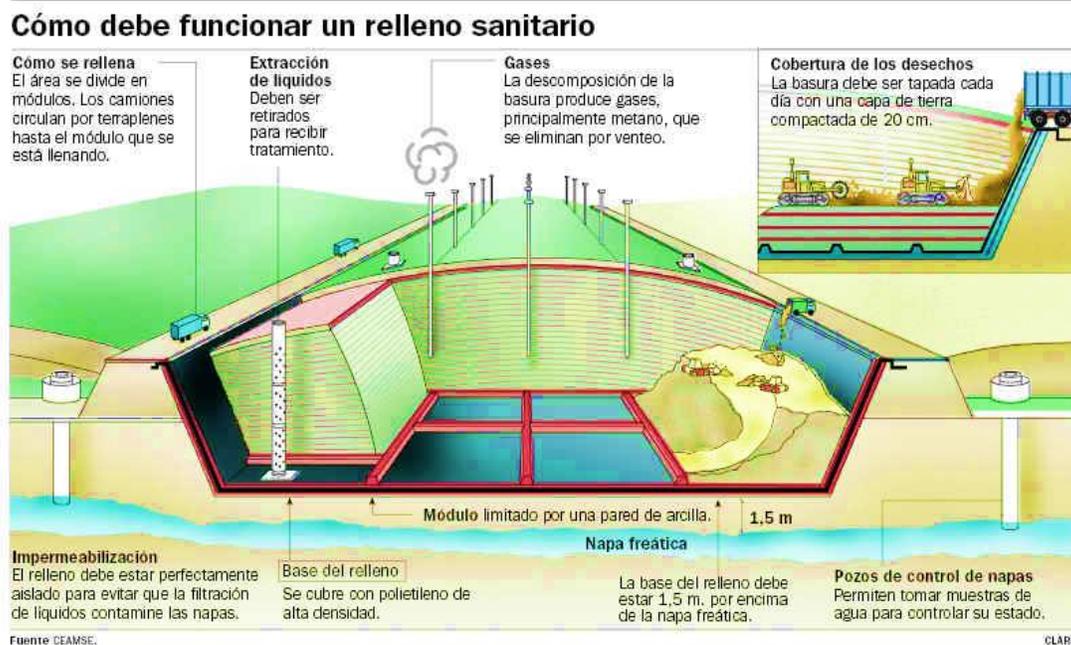


Figura 12 Partes de un relleno sanitario y su funcionamiento

Fuente: (CEAMSE, Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado , 2017)

- **Capacidad de campo:**

La capacidad de recepción y acumulación de humedad de un sólido permeable antes de que el líquido escape del cuerpo debido a la acción de la gravedad. (Pazmiño, 2010)

- **Celda diaria:**

La celda diaria es la conformación de los residuos sólidos dispuestos en un día de trabajo, incluyendo su cobertura con tierra o material del lugar, compactados mecánicamente a la menor dimensión posible (600 a 950 kg/m³). Son conformados en base a capas compactadas de residuos hasta formar la geometría deseada, y recubiertos con material tal que se cree una barrera contra el ingreso de lluvias y vectores. (Ministerio del Ambiente-Perú, 2008)

- **Geomembrana:**

Geosintético fabricado a base de tejidos poliméricos, fabricados generalmente en hojas flexibles y continuas. Su función principal radica en la impermeabilización, a pesar de que aporta con cierto grado de resistencia a la tensión. (Pazmiño, 2010)

- **Geosintético:**

Materiales fabricados con polímeros (polipropileno, poliéster, polietileno, etc.) y que se emplean para mejorar, aumentar y hacer más económicos proyectos medioambientales, de las infraestructuras de transporte y de obras geotécnicas e hidráulicas. (International Geosynthetic Society (IGS), 2015)

- **Lixiviado:**

Líquido generado por el proceso de estabilización de la materia dentro de un relleno sanitario. Principalmente se compone de la percolación del agua lluvia a través de las celdas del relleno. Se caracterizan por ser muy reactivos química y biológicamente (Pazmiño, 2010).

- **Rechazo:**

Se refiere al material que formará parte del relleno sanitario. Específicamente, es todo residuo sólido que no ha sido separado para su reutilización o reciclaje (Pazmiño, 2010).

- **Composición física y química de los residuos:**

“Los RSU de las comunidades pequeñas no presentan diferencias significativas en su composición física que ameriten gastos en estudios exhaustivos, de tal manera que en general bien podrán ser asimilados como desechos domésticos” (OPS/CEPIS, 2002).

La composición física de los residuos sólidos de estas poblaciones tiene importancia para evaluar la factibilidad de establecer programas de reciclaje y tratamiento, dado que la composición química no reviste mayor atención y que el método de disposición final se realiza a través de la técnica del relleno sanitario, con el que se procurará minimizar la generación de lixiviado (OPS/CEPIS, 2002).

2.2 BASE LEGAL

La Base legal se enfoca en la Normativa ambiental vigente en el Ecuador, tanto lo estipulado en la legislación nacional (Tabla 16) como en convenios y acuerdos internacionales suscritos por el Estado Ecuatoriano.

Tabla 16
Legislación Ambiental Nacional

Constitución Del Ecuador
Código Orgánico de Ordenamiento Territorial (COOTAD)
Código de la Salud
Ley de Prevención y Control de la Contaminación
Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)
Programa Nacional de Gestión Integral de los Desechos Sólidos.
Ordenanzas Municipales y Planes de Ordenamiento Territorial.

- **Constitución de la República del Ecuador**

Carta Magna vigente desde el año 2008.

En el Capítulo II, Derechos del Buen Vivir, sección segunda (Asamblea Constituyente Ecuador, 2008) :

La Constitución de la República del Ecuador en su **artículo 10** reconoce a la naturaleza coma sujeto de derechos.

El artículo 14 de la Constitución de la República reconoce a la población el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

Además, declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio general del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El artículo 15 de la Constitución de la República señala que el Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

El artículo 66 numeral 27 de la Constitución de la República garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

El artículo 83 numeral 6 de la Constitución de la Republica establece que son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, entre otros, el respetar las derechos de

la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

El artículo 240 de la Constitución de la República determina que los gobiernos autónomos descentralizados tendrán facultades legislativas en el ámbito de sus competencias y jurisdicciones territoriales.

El artículo 264 numeral 4 de la Constitución de la República establece que los gobiernos municipales tienen, entre varias competencias exclusivas, prestar entre otros servicios públicos, el de manejo de desechos sólidos.

El artículo 276 numeral 4 de la Constitución de la República señala que el régimen de desarrollo tendrá entre otros los siguientes objetivos: recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

El artículo 415 de la Constitución de la República establece que los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de reducción, reciclaje y tratamiento de los desechos sólidos y líquidos.

- **Código de la Salud** (Asamblea Nacional del Ecuador, 1971):

Decreto Supremo 188, Registro Oficial 158 de 8 de Febrero de 1971. En el Capítulo V, De la Recolección y Disposición de Basuras:

El artículo 31: Las basuras deben ser recolectadas y eliminadas sanitariamente.

Toda persona está obligada a mantener el aseo de las ciudades, pueblos, comunidades y domicilios en los que vive, estando impedida de botar basuras en los lugares no autorizados o permitir que se acumulen en patios, predios o viviendas. Toda unidad de vivienda debe contar con un recipiente higiénico para el depósito de la basura, de acuerdo con el diseño aprobado.

El artículo 32: Las municipalidades están en la obligación de realizar la recolección y disposición final de basuras, de acuerdo con métodos técnicos.

- **Código Orgánico Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización.**

De acuerdo al Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) señala lo siguiente (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010):

En el artículo 54, literal k "Regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas nacionales".

El artículo 55, literal d "Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley".

El artículo 57, literal a "El ejercicio de la facultad normativa en las materias de competencia del gobierno autónomo descentralizado municipal, mediante la expedición de ordenanzas cantonales, acuerdos y resoluciones".

- **Ley de Prevención y Control de la Contaminación**

Registro Oficial Suplemento 418, 10 de septiembre 2004.

En el Capítulo III, De la Prevención y control de la contaminación de los suelos Art. **Artículo 13:** Los Ministerios de Salud y del Ambiente, cada uno en el área de su competencia en coordinación con las municipalidades, planificarán, regularán, normarán, limitarán y supervisarán los sistemas de recolección, transporte y disposición final de basuras en el medio urbano y rural.

- **Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador (TULSMA) (MAE, 2013)**

En el Libro VI Anexo 6, Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos.

El objetivo principal de esta norma es salvaguardar, conservar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. La norma determina responsabilidades del manejo de los Residuos sólidos, las prohibiciones y varias normas referidas

al almacenamiento, tratamiento, disposición final de los residuos, etc., de obligatoria aplicación en el territorio Nacional.

- **Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR**

El Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente, en abril del año 2010, crea el PROGRAMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS (PNGIDS), con el objetivo primordial de impulsar la gestión de los residuos sólidos en los municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible; con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos e impulsando la conservación de los ecosistemas, a través de estrategias, planes y actividades de capacitación, sensibilización y estímulo a los diferentes actores relacionados.

Las metas iniciales definidas por el Programa contemplaban el que un 70% de la población del Ecuador disponga sus desechos en un relleno sanitario técnicamente manejado hasta el año 2014.

Actualmente el programa ha iniciado una nueva etapa que ha supuesto la ampliación del plazo de ejecución hasta el 2017, año para el cual el objetivo es eliminar los botaderos a cielo abierto de todos los municipios del país. Debido a la complicada situación por la que atraviesan los distintos municipios en relación al manejo de sus residuos, se ha hecho necesario priorizar el apoyo inmediato a 33 GADs, los cuales representan una población de 1.171.540, equivalente al 8% de la población, la selección de los cantones para brindar apoyo técnico, dotación de estudios e incentivos se basa en la necesidad y urgencia que presente cada uno, así como la predisposición para el trabajo conjunto con el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos-PNGIDS (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2010).

- **Ordenanza de calidad ambiental del GAD Municipal de Santa Ana de Cotacachi**

Artículo 6. La autoridad ambiental local: La dependencia competente para control, registro y el cumplimiento de las disposiciones de esta ordenanza, es la Jefatura Higiene

Ambiente y Salubridad del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Ana de Cotacachi, previo informe técnico de la Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado.

Artículo 7. Del concejo municipal: El Concejo Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Ana de Cotacachi es el encargado de definir las políticas y estrategias de control a adoptarse para la contaminación objeto de esta ordenanza, previo informes técnicos de la Dirección, Jefatura o Departamento correspondiente.

Artículo 8. De la comisión municipal ambiental: Es el órgano que asesora al Concejo Municipal, respecto a los temas regulados por esta ordenanza y demás que le sean asignados en su reglamento interno. Sus fines y composición son los señalados en los artículos 38 y 39.

El Comisario Municipal apoyará las visitas de los técnicos y será el encargado de juzgar las infracciones a las disposiciones de esta ordenanza así como de imponer las respectivas sanciones, previo el informe de la Autoridad Ambiental Cantonal. (Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Ana de Cotacachi, 2014)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 METODOLOGÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE GESTIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA ZONA DE INTAG

El proceso de Gestión Integral de los residuos sólidos comienza desde la generación de los mismos en la fuente, seguido del almacenamiento que puede también incluir o no una clasificación in situ, servicio de recolección, llegada a estaciones de transferencia para su tratamiento o reciclaje y finalmente disposición final. Por tal razón se vuelve imperativo partir el trabajo de investigación con un diagnóstico inicial de la situación actual de la Gestión de residuos sólidos de la zona de Intag, a través de información proporcionada por la municipalidad, y la validación de la misma en campo, con el fin de corroborar y actualizar cualquier faltante de información, para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

1. Revisión de información disponible de la Gestión de Residuos Sólidos del cantón Cotacachi proporcionada por la Dirección de Biodiversidad, Tierra y Agua del GAD municipal de Cotacachi.

Se revisaron los siguientes materiales:

- Informe de diagnóstico de la situación actual del relleno sanitario del cantón Cotacachi, elaborado en el año 2010.
- Auditoría Ambiental de cumplimiento y actualización del Plan de Manejo Ambiental del relleno Sanitario en Cotacachi, elaborada en el año 2015.
- Estudio y diseño definitivo del relleno sanitario y cierre técnico del botadero actual de la ciudad de Cotacachi, elaborado en el año 2011.
- Consultoría del Relleno sanitario Cotacachi, diseño de la celda definitiva, elaborada en el año 2012. Factibilidad centros de manejo de residuos en las parroquias de la zona de Intag.

2. Entrevista con las autoridades municipales responsables del manejo de los residuos sólidos:

La primera entrevista se llevó a cabo el 21 de abril del año 2017, con el Director de Gestión Ambiental del Municipio de Cotacachi, el Ingeniero Christian Paz Hurtado, quién ratificó la necesidad urgente que presenta la zona de Intag de contar con un sitio propio de disposición final para sus residuos. Además, proporcionar datos actualizados de volúmenes de generación de residuos y cobertura del servicio de recolección, dispuso a la dirección de planificación facilitar la cartografía base 1:25000, coberturas temáticas 1:50000, mosaico de fotografías 1:5000 de la zona de Intag.

3. Revisión in situ de actividades del proceso de Gestión de los residuos:

Como complemento a la obtención de información en la fuente, se realizó un reconocimiento in situ del Sistema de Gestión de los residuos, observando las principales actividades del sistema. (Figura 13), los resultados del diagnóstico se presentan en el capítulo IV.



Figura 13 Revisión in situ de las actividades de la Gestión de los residuos

3.2 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS EN LA ZONA DE INTAG

La caracterización de los residuos generados en la zona de Intag fue proporcionada por el GAD de Cotacachi, a través del estudio de Factibilidad de Centros de Manejo de residuos para las parroquias de Intag, elaborado en colaboración entre el GAD de Cotacachi e instituciones Españolas, el estudio fue elaborado en el año 2016, lo que nos permite contar con datos actualizados de alta fiabilidad, como base para los análisis posteriores.

Los datos de generación de residuos fueron facilitados por la Dirección de Gestión ambiental, los datos proporcionados corresponden al volumen de residuos recolectados en promedio, de forma semanal, por la municipalidad en las parroquias de la zona de Intag; sin embargo es importante destacar que el volumen recolectado no es igual al total generado dentro de la zona de Intag, ya que la recolección solamente cubre una parte de la población; en vista de esta realidad para la proyección del volumen generado, que se detalla en el siguiente numeral, se analizó la posibilidad de ampliar la cobertura del servicio de recolección.

Los datos de la producción per cápita fueron también proporcionados por el GAD de Cotacachi, a través de un estudio a cargo de la empresa GEICONSA, sobre el relleno sanitario de Cotacachi suministrando valores de producción per cápita actuales y basados en estudios anteriores, estos valores reales fueron contrastados con valores calculados por ecuaciones.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN, COBERTURA, PRODUCCIÓN PER CÁPITA Y PROYECCIONES DE PRODUCCIÓN DIARIA

Proyección de la población

Resulta de suma importancia estimar la población actual que tiene la zona de Intag, a fin de estimar la cantidad de residuos sólidos que se deberán disponer diaria y anualmente a lo largo de la vida útil del relleno sanitario.

El crecimiento de la población se estima por métodos matemáticos y utilizando una base de datos censales en una gráfica y así realizando una “proyección” del crecimiento.

A continuación se presenta el método matemático utilizado, referido al crecimiento geométrico; es decir, al de las poblaciones biológicas en expansión, para el cual se asume una tasa de crecimiento constante. La siguiente expresión muestra su cálculo:

$$Pf = Po * (1 + r)^n \quad (1)$$

Donde:

Pf= Población futura

Po= Población actual

r= tasa de crecimiento de la población

n= variable de tiempo en años. (t final – t inicial) en años

Esta ecuación es utilizada por recomendación del manual de construcción y diseño (Jaramillo, 2002), para el diseño de rellenos sanitarios manuales con poblaciones menores a 30000 habitantes. Esta proyección poblacional se la realiza con el escenario de mayor crecimiento garantizando que el diseño del relleno sanitario cubra las necesidades futuras de la población.

Generación de Residuos sólidos en las pequeñas poblaciones

La generación y composición de los desechos que serán manejados en la zona de Intag provienen principalmente del sector residencial, siendo las demás actividades tan incipientes que su consideración no afecta de manera apreciable la cantidad total de residuos sólidos, salvo los provenientes de los mercados, agroindustria (café) y turísticos.

Producción per cápita (ppc)

La producción per cápita de residuos sólidos se puede estimar globalmente así (Jaramillo, 2002):

$$ppc = \frac{DSR_{en\ una\ semana}}{Pob * 7 * Cob} \quad (2)$$

Donde:

ppc = Producción por habitante por día (kg/hab/día)

DSR en una semana = Cantidad de RSU recolectados en una semana (kg/sem)

Pob = Población total (hab)

7 = Días de la semana

Cob = Cobertura del servicio de aseo urbano (%)

Cobertura

La cobertura del servicio es el resultado de dividir la población atendida por la población total (Jaramillo, 2002):

$$Cobertura (\%) = \frac{Población\ atendida}{Población\ total} * 100 \quad (3)$$

Hay que señalar que también es posible relacionar la cantidad de residuos sólidos generados con las viviendas, o sea, kg/vivienda/día, dado que la basura es entregada por vivienda. Esto, además, tiene la ventaja de facilitar el conteo de las casas.

El porcentaje de cobertura se calculó con los datos del Censo del 2010 realizado por el INEC, dando como promedio el 16% de cobertura. Véase Tabla 9.

Producción total

Según el manual de construcción y diseño (Jaramillo, 2002) el conocimiento de la producción total de residuos sólidos permitirá tomar decisiones sobre la necesidad de área para el tratamiento y la disposición final.

Para efectos de cálculo se recomienda tomar como mínimo la producción y recolección de una semana, ya que esta varía de acuerdo con las distintas actividades de la población.

La producción de RSM está dada por la relación:

$$Dsd = Pob * ppc \quad (4)$$

Dónde:

Dsd = Cantidad de RSU producidos por día (kg/día)

Pob = Población total (habitantes)

ppc = Producción por habitante por día (kg/hab/día)

Proyección de la producción total

La producción anual de residuos sólidos debe ser estimada con base en las proyecciones de la población y la producción per cápita.

Como ya se mencionó en este capítulo, se puede calcular la proyección de la población mediante métodos matemáticos, pero en lo que se refiere al crecimiento de la producción per cápita (PPC) difícilmente se encuentran cifras que den idea de cómo puede variar anualmente.

Según la (OPS/CEPIS, 2002), se recomienda calcular la producción per cápita total para cada año, con un incremento de 0,5% anual.

3.4 METODOLOGÍA DEL MODELO ESPACIAL PARA LA LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

Los insumos utilizados en el modelamiento espacial fueron facilitados por la dirección de Planificación Territorial del GAD Municipal de Cotacachi, los cuáles se enlistan a continuación:

1. Cartografía base en formato Shape y Dwg, escala 1:50000.
2. Cartografía Temática en formato Shape, escala 1:25000.
3. Mapas temáticos de uso del suelo, riesgos y amenazas en formato PDF.
4. Mosaico de fotografías aéreas, escala 1:5000

La metodología empleada en el modelo espacial utilizado para obtener las zonas más adecuadas para la construcción del relleno sanitario en la zona de Intag, fue álgebra de mapas en función del análisis de criterios técnicos y de exclusión según una adaptación del estudio para la localización óptima de Relleno Sanitario aplicando técnicas multicriterio en Sistemas de Información Geográfica en el área metropolitana del Alto Paraná, presentado en el VII Congreso de Medio Ambiente- AUGM (Giménez & Cardozo, 2013) , utilizando el software Arc Gis 9.3 (Licencia del Laboratorio de Geomática de la ESPE) para la determinación de las parcelas viables y el análisis de la cuenca visual, necesario para evaluar posteriormente la fragilidad del paisaje.

Los criterios de análisis empleados son los especificados en la Legislación Ambiental Ecuatoriana en base a la Norma de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos, del Libro VI Anexo 6 del TULSMA en donde se toman las siguientes consideraciones para la ubicación de un relleno sanitario.

El modelo espacial (ANEXO 1) para la determinación del sitio adecuado para el diseño del relleno sanitario se sustenta en 11 variables: áreas protegidas, uso actual del suelo, bosques protectores, cursos hídricos, riesgos de inundación y flujos de lodo, riesgos volcánicos, distancia a centros educativos y centros de salud, distancia vías de acceso, distancia núcleos poblados y pendientes. Y que a partir de estos criterios se realiza una reclasificación de los valores raster de cero si no cumple y el valor de uno cuando cumple los criterios especificados en el TULSMA para la ubicación de rellenos sanitarios.

Artículo 4.12.4 Todo sitio para la disposición sanitaria de desechos sólidos provenientes del servicio de recolección de desechos sólidos deberá cumplir como mínimo, con los siguientes requisitos de ubicación para rellenos sanitarios mecanizados:

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

Se empleó una cobertura con la ubicación de los aeropuertos del país, y se comprobó que dentro de la zona de Intag no existe ningún aeropuerto ni pista de aterrizaje, por lo tanto esta variable no fue considerada en el modelo.

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

A través del cruce de coberturas de la zona de Intag y el sistema Nacional de áreas protegidas se evidenció que parte de la reserva Cotacachi Cayapas está dentro de la zona de estudio, dentro del modelo cartográfico se excluyó toda esta área de las áreas viables para la ubicación del relleno sanitario, la *Figura 14* representa la Variable 1 de estudio, dónde el 0 representa la zona excluida y el 1 la zona permitida para la localización de un relleno sanitario



Figura 14 Análisis variable 1, área protegida Cotacachi Cayapas dentro de la zona de Intag

Se realizó el análisis del uso del suelo actual de la zona de Intag, en el cuál se excluyó las áreas agrícolas, urbanas, bosques naturales, cuerpos de agua y páramos.

La *Figura 15* representa la Variable 2 de análisis y la clasificación en valores de 0 y 1 de los distintos usos de suelo:

Uso de suelo	Raster Value	Reclassify New Value
Arboricultura Tropical	1	0
Bosque intervenido	2	1
Bosque natural	3	0
Bosque plantado	4	0
Cuerpo de agua natural	5	0
Cultivo Ciclo corto	6	0
Cultivo ciclo corto y áreas en proceso de erosión	7	0
Cultivo de café	8	0
Cultivo de caña	9	0
Cultivo de maíz	10	0
Nieve o hielo	11	0
Pasto cultivado	12	1
Pasto cultivado y áreas en proceso de erosión	13	1
Pasto Natural	14	1
Pasto Natural y áreas en proceso de erosión	15	1
Páramo	16	0
Vegetación arbustiva	17	1
Área erosionada	18	1

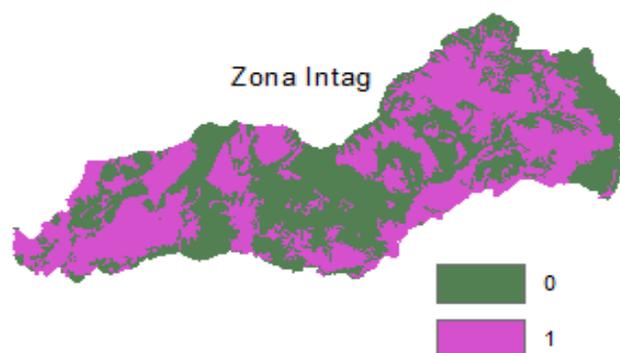


Figura 15 Análisis variable 2, uso actual del suelo de la zona de Intag

Finalmente dentro de este literal se analizó la cobertura de bosques protectores dentro de la zona de Intag, la *Figura 16* muestra la Variable 3:

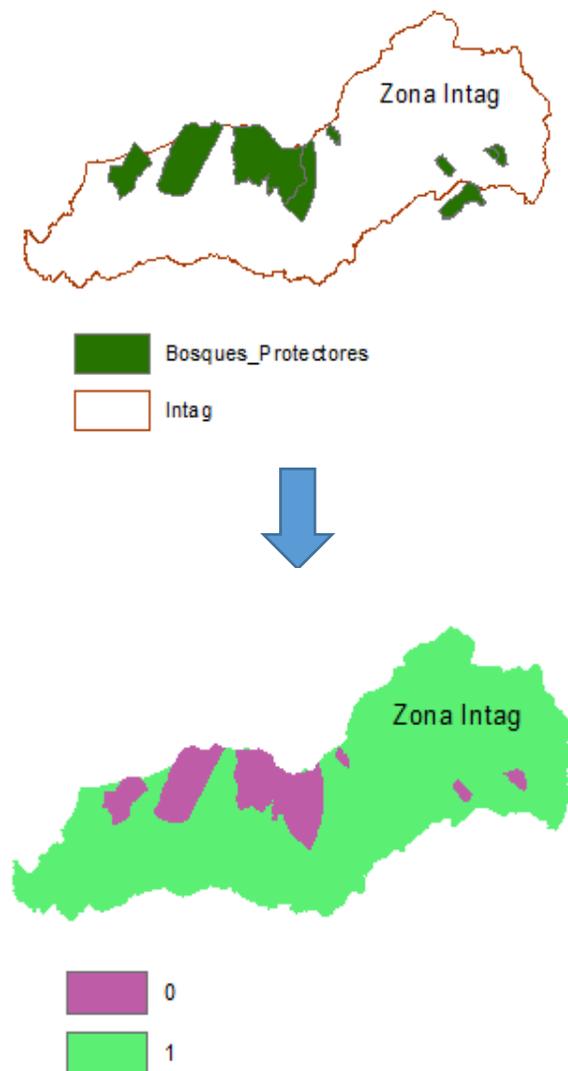


Figura 16 Análisis variable 3, bosques protectores de la zona de Intag

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

Se empleó la cobertura de ríos principales y secundarios, se delimitó un buffer de 200 metros del límite de cada río para determinar el área de exclusión (*Figura 17*)

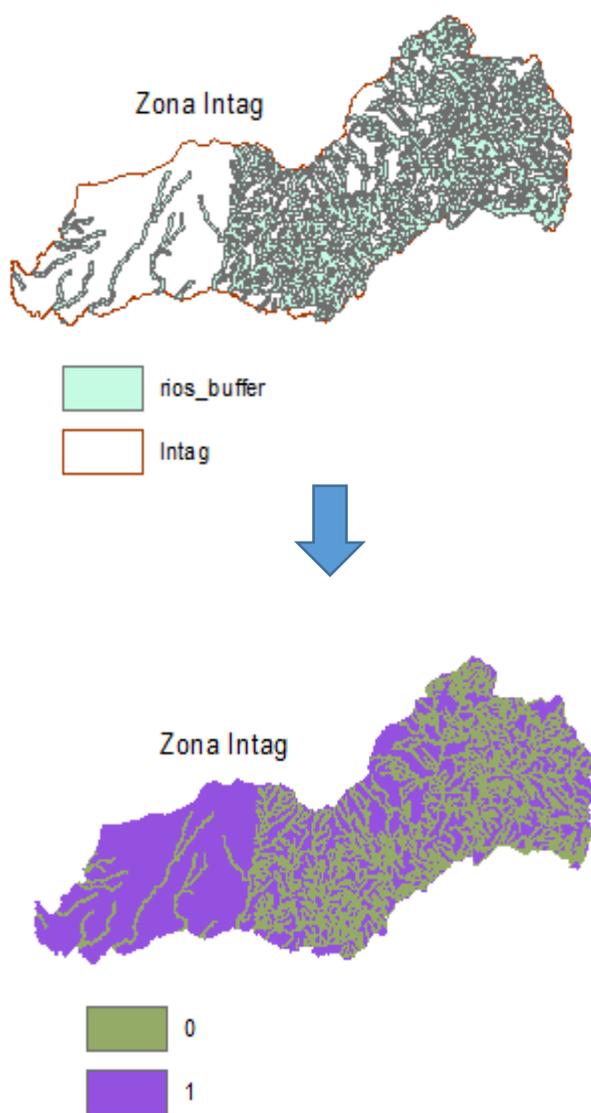


Figura 17 Análisis variable 4, cursos hídricos de la zona de Intag

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

Los principales riesgos identificados que pueden suponer un problema para la ubicación del relleno sanitario en la zona de Intag son las inundaciones, zonas propensas a la formación de flujos de lodo y peligro de formación de lahares en caso de la erupción del volcán Cotacachi; se seleccionó solamente las áreas con probabilidad baja o ninguna de inundación, y se excluyó las zonas de probabilidad alta y media, la de formación de flujos de lodo y lagunas (*Figura 18*):

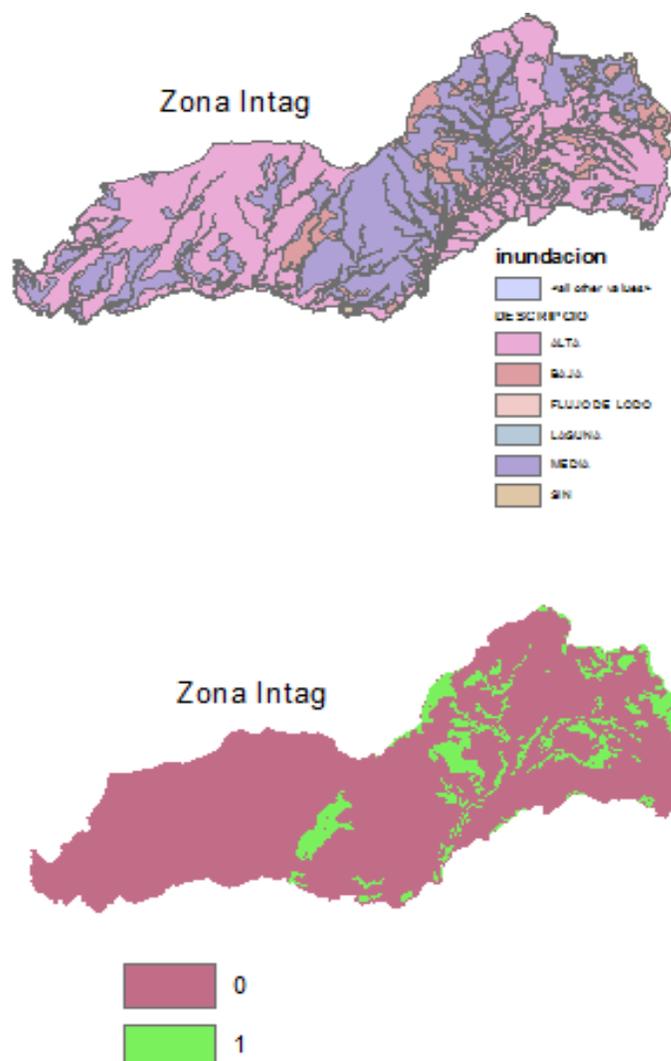


Figura 18 Análisis variable 5, riesgos de inundación y flujos de lodo en la zona de Intag

Para los riesgos volcánicos se utilizó la cobertura de los ejes de los lahares que produciría una eventual erupción del volcán Cotacachi, se realizó un buffer de 200 metros alrededor de cada lahar para tener un mayor nivel de seguridad (*Figura 19*).



Figura 19 Análisis variable 6, riesgos volcánicos y formación de lahares en la zona de Intag

e) El relleno sanitario no debe ubicarse en áreas incompatibles con el plan de desarrollo urbano de la ciudad. La distancia del relleno a las viviendas más cercanas no podrá ser menor de 500 m.

Al ser una zona rural no existe un Plan de desarrollo urbano, también se comprobó a través de entrevistas con las autoridades municipales que tampoco existen proyectos de desarrollo planificados a un corto plazo dentro de la zona. Como valor agregado se realizó un análisis de cercanía a centros educativos y centros de salud para garantizar que el relleno se encuentre por lo menos a 500 metros de dichas infraestructuras. La *Figura 20* muestra las Variables 7 y 8 de análisis

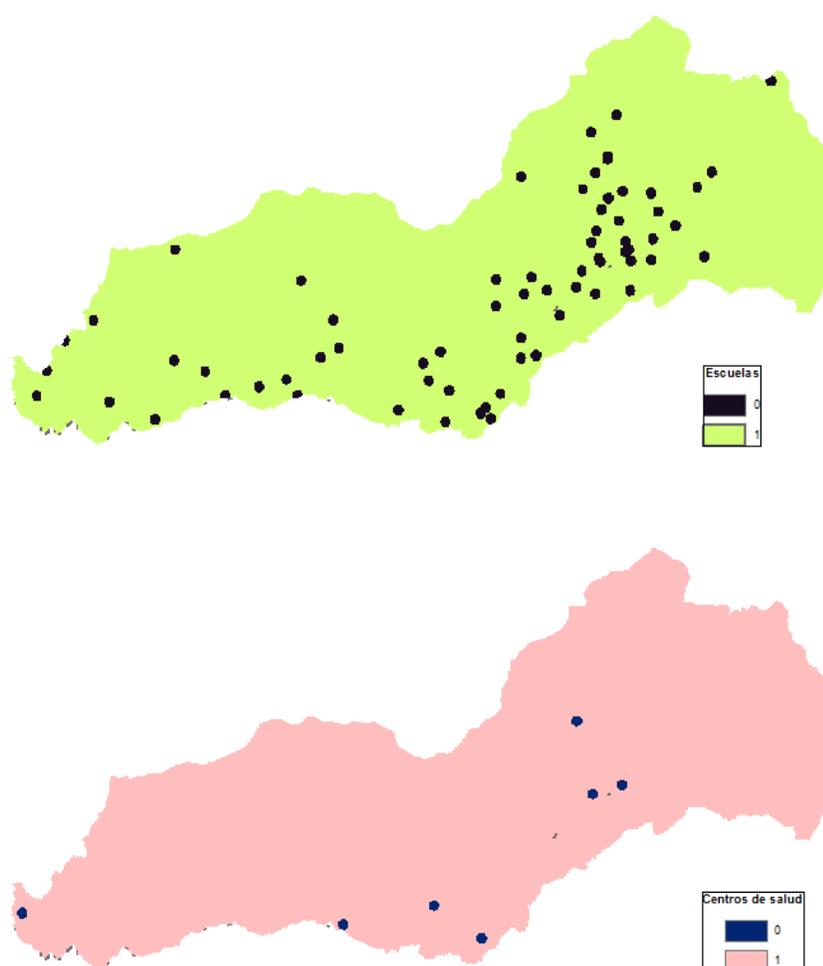


Figura 20 Análisis variable 7 y 8, distancia centros educativos y centros de salud

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

El relleno sanitario debe ubicarse a una distancia no menor de 500 metros de una vía de acceso principal (*Figura 21*).

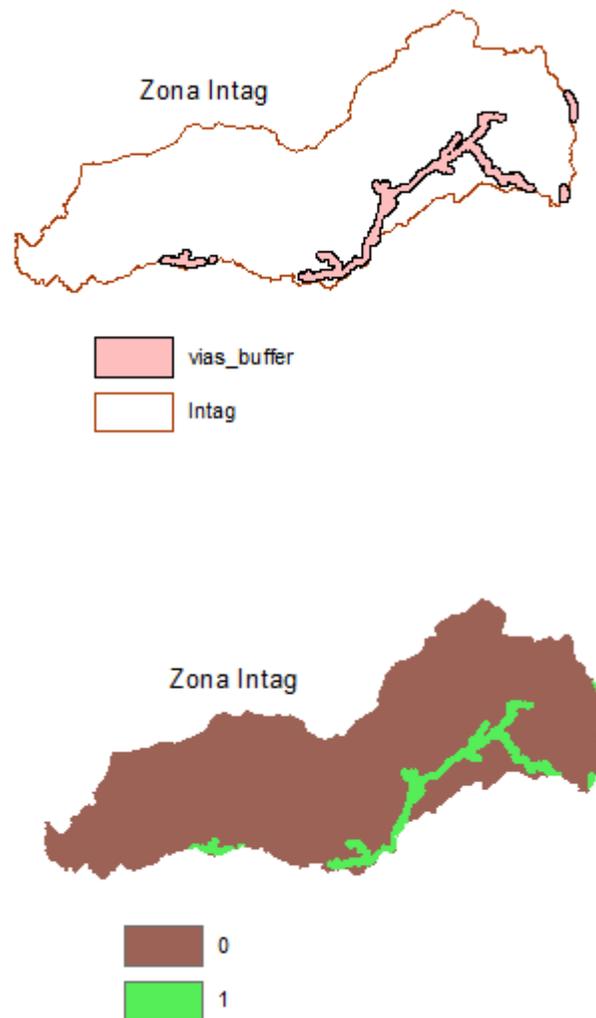


Figura 21 Variable 9 Distancia vías de acceso al relleno sanitario

Además de contar con las vías de acceso adecuadas para el relleno sanitario también es necesario que el mismo este ubicado a una distancia no mayor de 20 kilómetros de los núcleos poblados de la zona de Intag, ya que la distribución de la población no es uniforme, se utilizó la cobertura de los núcleos poblacionales y se delimitó un buffer de 20 kilómetros alrededor de cada uno (*Figura 22*):

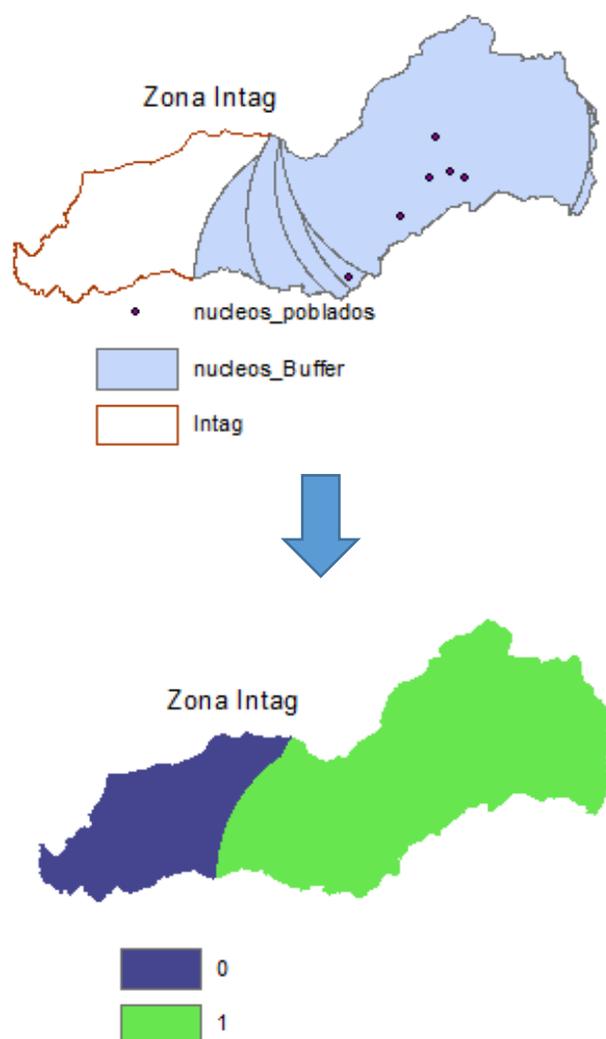


Figura 22 Variable 10 Distancia del relleno sanitario a los núcleos poblados

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

Se realizó un mapa de pendientes para que el lugar seleccionado para el relleno sanitario No tenga una pendiente mayor al 3%. (Figura 23)

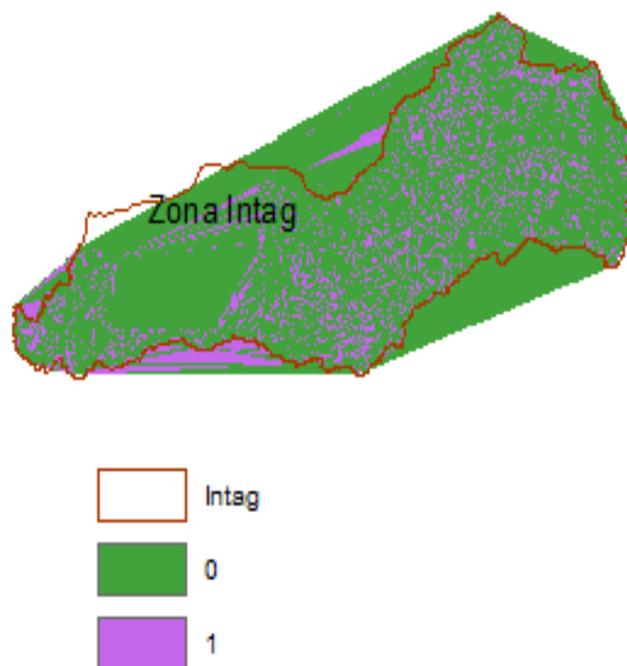


Figura 23 Análisis variable 11, mapa de pendientes zona de Intag

En base a las once variables descritas anteriormente, empleando la herramienta raster calculator del Software Arcgis 9.3 se determinó las parcelas. (Figura 24)

Determinación de las parcelas:

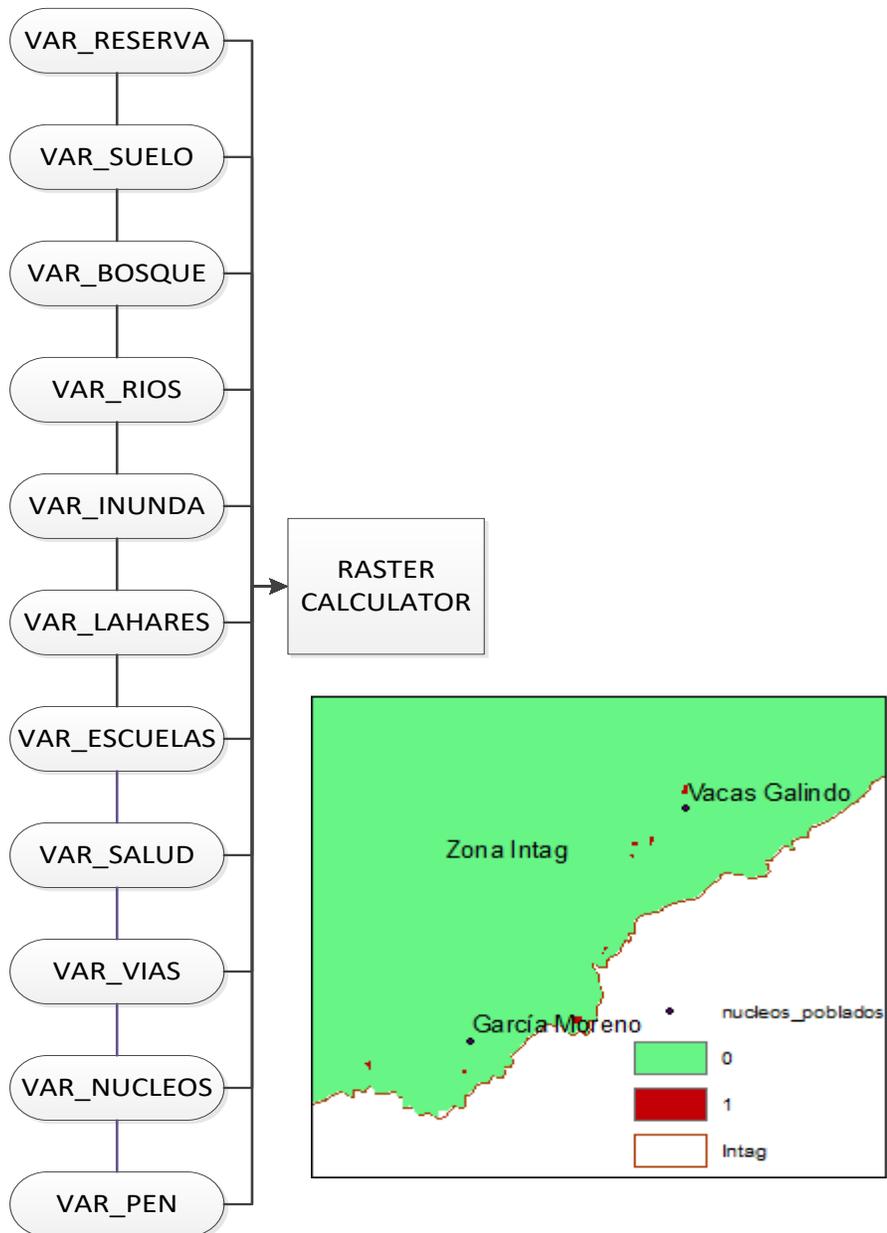


Figura 24 Determinación de las parcelas

A partir de lo anterior, se escogió seis parcelas de mayor tamaño para proceder a evaluarlas por calidad visual y fragilidad del paisaje.

3.5 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EVALUAR LA CALIDAD VISUAL Y LA FRAGILIDAD DEL PAISAJE

La metodología empleada para la evaluación de calidad visual y fragilidad del paisaje de las seis alternativas fue la de la Agencia de Servicio del Bosque de Estados Unidos USDA Forest Service (USDA Forest Service, 1974) como muestran las Tablas 17, 18, 19 y 20, la evaluación se la realizó in situ.

Tabla 17
Matriz de valoración de calidad visual del paisaje

Componente	Calidad visual del paisaje		
	Alta	Media	Baja
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado y prominente, (acantilados, agujas, grandes formaciones rocosas); o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes. 50	Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes pero no dominantes o excepcionales. 30	Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular. 10
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas texturas y distribución interesante. 50	Alguna variedad en la vegetación pero solo uno o dos tipos 30	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación 10
Fauna	Presencia de fauna permanente en el lugar, o especies llamativas, o alta riqueza de especies. 50	Presencia esporádica en el lugar, o especies poco vistosas, o baja riqueza de especies. 30	Ausencia de fauna de importancia paisajística. 10
Agua	Factor dominante en el paisaje, apariencia limpia y clara, aguas blancas (rápidos y cascadas) o láminas de agua en reposo. 50	Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje. 30	Ausente o inapreciable. 10

CONTINÚA

Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes pero no actúa como elemento dominante.	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.
	50	30	10
Fondo escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto.	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.
	50	30	10
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar Fauna y vegetación excepcional.	Característico, o aunque similar a otros en la región.	Bastante común en la región.
	30	20	10
Actuación Humana	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.
	30	10	0

Fuente: (USDA Forest Service, 1974)

Tabla 18
Escala de valoración de calidad visual del paisaje

Nivel	Descripción	Valor numéricos
Alto	Paisajes con rasgos singulares y sobresalientes.	280-380
Medio	Paisajes cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color y línea, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales.	170-270
Bajo	Paisajes con muy poca variedad en la forma, color, línea y textura	60-160

Fuente: (USDA Forest Service, 1974)

Tabla 19
Matriz de valoración de fragilidad del paisaje

Factores	Elementos	Fragilidad		
		Alta	Media	Baja
Biofísicos	Pendientes	Pendientes de más de 30%, terrenos con un dominio del plano vertical de visualización 30	Pendiente entre 15 y 30%, y terrenos con un modelado suave u ondulado. 20	Pendientes entre 0 y 15%, plano horizontal de dominancia. 10
	Densidad vegetal	Grandes espacios sin vegetación. Agrupaciones aisladas. Dominancia estrato herbácea. 30	Cubierta vegetal discontinua. Dominancia de estrato arbustiva. 20	Grandes masas boscosas. 100% de cobertura. 10
	Contraste Vegetacional	Vegetación monoespecífica, Escasez vegetal, contrastes poco evidente. 30	Mediana diversidad de especies, con contraste evidente pero no sobresaliente. 20	Alta diversidad de especies, fuertes e interesantes contrastes 10
	Alturas de la Vegetación	Vegetación arbustiva o herbácea, no sobrepasa los 2m de altura o sin vegetación 30	No hay gran altura de las masas (< 10 m), ni gran diversidad de estratos. 20	Gran diversidad de estratos. Alturas sobre los 10m. 10
Biofísicos	Tamaño de la Cuenca visual	Visión de carácter cercana o próxima (0 a 500 m). Dominio de los primeros planos. 30	Visión media (500 a 2000 m). Dominio de los planos medios de visualización. 20	Visión de carácter lejano o a zonas distantes (> 2000 m). 10
	Forma de la Cuenca Visual	Cuencas alargadas, generalmente unidireccionales en el flujo visual o muy restringido. 30	Cuencas irregulares, mezcla de ambas categorías. 20	Cuencas regulares, extensas, generalmente redondeadas. 10

CONTINÚA

Visualización	Compacidad	Vistas panorámicas abiertas. El paisaje no presenta huecos, ni elementos que obstruyan los rayos visuales.	El paisaje presenta zonas de menor incidencia visual, pero en un porcentaje moderado.	Vistas cerradas u obstaculizadas. Presencia constante de zonas de sombra o menos incidencia visual.
		30	20	10
Singularidad	Unicidad del paisaje	Paisaje singular, notable, con riqueza de elementos únicos y distintivo	Paisaje interesante pero habitual, son presencia de elementos singulares.	Paisaje común, sin riqueza visual o muy alterado
		30	20	10
	Accesibilidad Visual	Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción.	Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles.	Baja accesibilidad visual, vistas escasas o breves.
Visibilidad		30	20	10

Fuente: (USDA Forest Service, 1974)

Tabla 20

Escala de Valoración Fragilidad del paisaje

Nivel	Descripción	Valor numéricos
Alto	Paisajes muy sensibles a las intervenciones por lo que se degradarían irremediablemente en caso ocurrieran.	210 – 270
Medio	Paisajes sensibles a las intervenciones pero que pueden recuperar su carácter con un adecuado manejo paisajístico.	150 – 200
Bajo	Paisajes poco sensibles a las intervenciones, es decir, con una apreciable capacidad de asimilación.	90 – 140

Fuente: (USDA Forest Service, 1974)

Para el análisis de cuenca visual necesario para la evaluación de fragilidad del paisaje, se utilizó el software Arcgis 9.3, los puntos analizados fueron los núcleos poblados, es decir dónde se concentra la población, para comprobar si el relleno sanitario tendrá un impacto visual en cada una de las alternativas resultantes.

Una vez realizada la evaluación *in situ* de cada una de las alternativas, los resultados obtenidos fueron presentados a la Dirección de Ambiente del Municipio de Cotacachi para ser evaluados por la Dirección de Ambiente, mismos que presentaron un informe de aceptación de la alternativa seleccionada para el diseño del relleno sanitario el 30 de octubre de 2017.

3.6 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO PARA LA ZONA DE INTAG

Cálculo de la capacidad necesaria del Relleno Sanitario

Se calcula de la siguiente manera la capacidad necesaria del relleno sanitario según el manual de diseño de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002):

$$V_{basura} = ppc * N * 365 * \frac{t}{\rho} \quad (5)$$

Donde:

V_{basura}	=Volumen de la basura
ppc	=Producción diaria de basura per cápita
N	=Número de habitantes de una ciudad
t	=Vida útil del relleno (años)
ρ	=densidad de la basura (kg/m^3)

Densidad de la basura

La densidad de basura varía según su estado de compactación. Según el manual de diseño de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002), se puede resumir como siguiente:

- Basura en el recipiente domiciliario: 105 - 210 kg/m^3
- Basura en el recolector: 350 - 630 kg/m^3
- Basura compactada en el relleno manual: 400 - 600 kg/m^3
- Basura compactada mediante maquinaria: 600 - 810 kg/m^3

El valor escogido es el de la basura compactada mediante maquinaria, pero por motivos de seguridad debido a que no siempre va a estar la maquinaria en el sitio realizando la compactación se escoge la de menor valor, 600 kg/m³.

Cálculo del volumen necesario para el relleno sanitario

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario según el manual de diseño de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002) está en función de:

- La producción total de RSM.
- La cobertura de recolección (la condición crítica de diseño es recibir el 100% de los residuos generados).
- La densidad de los RSM estabilizados en el relleno sanitario manual.
- La cantidad del material de cobertura del 20% del volumen compactado de RSM.

Volumen del relleno sanitario

Con los resultados obtenidos de las formulas se puede calcular el volumen del relleno sanitario para el primer año, así:

$$V_{RS} = V_{\text{anual estabilizado}} + m.c. \quad (6)$$

Donde:

V_{RS} = Volumen del relleno sanitario (m³/año)

$m.c.$ = material de cobertura (20% de volumen recién compactado de RSM)

$V_{\text{anual estabilizado}}$ = Volumen calculado previo a la cobertura.

Volumen ocupado en vida útil

Para conocer el volumen total ocupado durante la vida útil, se tiene la siguiente fórmula:

$$V_{RSvu} = \sum_{i=1}^n V_{RS} \quad (7)$$

Dónde:

V_{RSvu} = *Volumen relleno sanitario durante la vida útil (m³)*

n = *Número de años*

V_{RS} = *Volumen relleno sanitario (m³)*

Cálculo del área requerida

Con el volumen estimado con la ecuación 7, se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, con la profundidad del relleno obtenida únicamente por un levantamiento topográfico.

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002) el área requerida para la construcción de un relleno sanitario manual depende principalmente de factores como:

- cantidad de RSM que se deberá disponer;
- cantidad de material de cobertura;
- densidad de compactación de los RSM;
- profundidad o altura del relleno sanitario;
- áreas adicionales para obras complementarias.

El relleno sanitario manual debe proyectarse para un mínimo de diez años, sin embargo, todo es en función de encontrar terrenos disponibles. Este tiempo se llama vida útil o periodo de diseño. (OPS/CEPIS, 2002)

Con la siguiente ecuación se puede estimar las necesidades de área:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}} \quad (8)$$

Donde:

V_{RS} = Volumen de relleno sanitario ($m^3/año$)

A_{RS} = área por rellenar sucesivamente (m^2)

h_{RS} = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m).

Y el área total requerida será, (OPS/CEPIS, 2002):

$$A_T = F \times A_{RS} \quad (9)$$

Dónde:

A_T = Área total requerida (m^2)

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es de 20% del área que se deberá rellenar.

A_{RS} = área por rellenar sucesivamente (m^2)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN LA ZONA DE INTAG

Los siguientes datos fueron proporcionados por el Departamento de Gestión Ambiental del Municipio de Cotacachi:

4.1.1 Administración del servicio de Gestión de los Residuos sólidos:

La Gestión de los residuos sólidos está bajo la responsabilidad administrativa del departamento de Gestión Ambiental perteneciente a la Dirección de Biodiversidad, Tierra y Agua, esta a su vez depende de la administración central de la municipalidad. (*Figura 25*)

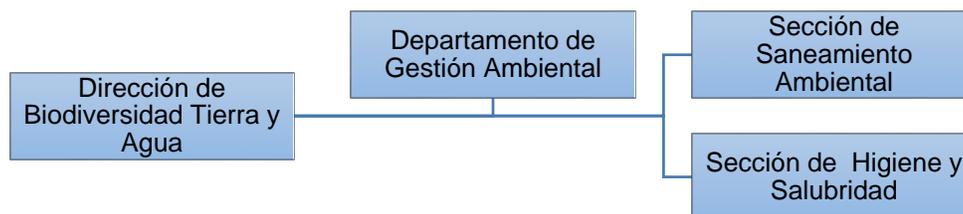


Figura 25 Responsabilidad administrativa de la Gestión de los residuos

- **Recurso Humano:**

El equipo de trabajo encargado de la administración, operación y mantenimiento del servicio de Residuos Sólidos, está compuesto por 24 personas. (Tabla 21)

Tabla 21
Personal encargado de la Gestión de los Residuos sólido

Área de Gestión	No. de empleados	Trabajadores permanentes	Trabajadores contratados	Total
Administración	3			3
Barrido recolección, transporte y disposición final		15	6	21
TOTAL	3	15	6	24

Las tres personas que trabajan en el área administrativa son: el Director de Ambiente, Biodiversidad, Tierra y Agua, un promotor Ambiental y un Asistente de Higiene y salubridad.

Las actividades de barrido, recolección, transporte y disposición final están a cargo de 21 empleados.

- **Tarifa de recolección de residuos sólidos:**

El sistema tarifario se viene aplicando adjunto a la facturación por consumo de agua potable, a través de la municipalidad.

La ordenanza municipal de regulación del manejo de los desechos sólidos, domésticos y comerciales en el cantón Cotacachi detalla en el capítulo VIII en el artículo 24, establece la tarifa en el 65% mensual del valor del consumo de agua potable.

- **Manejo de desechos sólidos en el cantón Cotacachi:**

- * Almacenamiento de desechos: El cantón Cotacachi realiza separación en la fuente de los residuos orgánicos e inorgánicos. Los residuos orgánicos se destinan a otro lugar para su tratamiento y disposición, mientras que los desechos inorgánicos son transportados al Relleno de Cotacachi.
- * Entrega de Desechos: El relleno recibe aproximadamente 25 toneladas de residuos inorgánicos por día, los mismos son recolectados tanto en la zona urbana como en la zona rural del cantón en días alternados, de lunes a sábado. Se realiza la entrega

de residuos orgánicos los días lunes, miércoles y viernes; los residuos inorgánicos se entregan los días martes, jueves y sábados.

- * Barrido y limpieza de vías y áreas públicas: El barrido y la limpieza de las vías y áreas públicas del cantón Cotacachi son competencias de la Jefatura de Higiene, Ambiente y salubridad del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Santa Ana de Cotacachi. Se realiza barrido manual solamente en el área urbana.
- * Recolección y Transporte: La recolección se realiza con tres recolectores, dos de ellos realizan la recolección urbana alternada (lunes, miércoles y viernes para la materia orgánica; martes, jueves y sábado para la materia inorgánica) y una realiza la recolección a las comunidades rurales, recogiendo únicamente la inorgánica, dado que la orgánica es aprovechada como abono en el área rural. A continuación los residuos son llevados al relleno sanitario para su tratamiento y disposición.
- * Clasificación: Al llegar al relleno, los residuos se depositan en la tolva para su posterior clasificación, obteniendo material recuperable como plástico, cartón, papel, para su posterior compactación y venta. El material recuperado pasa a la compactadora que fue donada por el Ministerio del Ambiente, para facilitar su almacenamiento hasta que el comprador lo retire una vez al mes.
- * Disposición final: Los materiales no aprovechables se destinan finalmente a la celda para su confinamiento, en donde son cubiertos con un espesor de 10 a 15 centímetros de tierra, la cual se obtiene del área situada dentro del predio del relleno.

- **Manejo de desechos sólidos por parroquia:**

Indicándolo de forma simplificada, la gestión actual de los desechos sólidos en las 6 parroquias de la zona Intag en el Cantón de Cotacachi, se podría agrupar en 3 formas diferentes que son:

- **Parroquia 6 de julio Cuellaje:**

En esta parroquia se da la gestión más completa y ambientalmente sostenible de todas las estudiadas.

Dispone de un centro de manejo de residuos (*Figura 26*) donde se realiza su separación. Las tareas de separación selectiva de los desechos sólidos se realizan en un centro de manejo de residuos sólidos que está ubicado a unos 500 metros de la cabecera parroquial de 6 de julio Cuellaje.



Figura 26 Centro de manejo de residuos

Como se indicó anteriormente, no sólo se separan los residuos inorgánicos por fracciones, sino que los residuos orgánicos se depositan en un área colindante para realizar un proceso simplificado de compostaje para estabilizar la materia orgánica, mejorando de este modo sus propiedades como posterior abono. Esta zona se denomina área de lombricultura (*Figura 27*), el producto de esta área una vez madurado se destina también a la venta como abono.



Figura 27 Zona de Lombricultura en Cuellaje.

Por último, los residuos que no pueden ser clasificados para su posterior reciclaje son depositados en otra área para que quincenalmente o según las necesidades de la parroquia se desplace un recolector del Municipio de Cotacachi para su recolección y depósito en el relleno sanitario del Cantón.

- **Parroquias García Moreno y Plaza Gutiérrez:**

En estas 2 parroquias el manejo realizado es muy similar. Los residuos orgánicos son depositados directamente por los habitantes generadores en sus parcelas agrícolas o son destinadas a alimentación para ganado.

Por su parte, los residuos inorgánicos son almacenados en los hogares y comercios hasta el día de paso del recolector del Municipio de Cotacachi. La frecuencia de paso de los recolectores del municipio es semanal. Cabe destacar la buena colaboración ciudadana para el almacenamiento de los residuos inorgánicos hasta la llegada del recolector. (*Figura 28*)



Figura 28 Carro recolector

Los desechos inorgánicos recogidos por el recolector municipal en estas 2 parroquias son depositados en el Centro de Manejo de Residuos Sólidos que está ubicado en el Municipio de Cotacachi para la separación selectiva de los residuos y posterior venta. (Figura 29)



Figura 29 Centro de manejo de Residuos

- **Parroquias de Apuela, Peñaherrera y Vacas Galindo:**

Por último en estas 3 parroquias únicamente recorre la cabecera parroquial el recolector y una volqueta que recoge todos los desechos mezclados en las viviendas y comercios (tanto orgánicos como inorgánicos). Por tanto no se realiza ningún tipo de manejo para el reciclaje de los residuos, siendo botados estos a botaderos cercanos que no tienen ninguna medida de mitigación del impacto ambiental de los mismos. El botadero a cielo abierto en Apuela tal como muestra la *Figura 30* y el botadero a cielo abierto en Vacas Galindo *Figura 31*.



Figura 30 Botadero a cielo abierto en Apuela



Figura 31 Botadero a cielo abierto en Vacas Galindo

4.2 VOLUMEN Y FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS RECOLECTADOS SEMANALMENTE EN LAS PARROQUIAS DE LA ZONA DE INTAG

A continuación se presenta los datos de recolección de residuos sólidos facilitados por la Dirección de Gestión Ambiental del Cantón Cotacachi (Tabla 22):

Tabla 22

Promedio de recolección semanal de residuos en la Zona de Intag

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL				
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA DE INTAG				
Días	Martes	Jueves	Sábado	
POBLACIÓN	CAMIÓN	RECOLECTOR	VOLQUETA	Servicio prestado desde agosto del 2017
	Cuellaje	La Delicia	García Moreno	
	Plaza Gutiérrez	Santa Rosa	Vacas Galindo	
	Peñaherrera	Pucara		
		Nangulvi Bajo		
		Tollo Intag		
		Aguagrún		
		García Moreno		
	Apuela			
Residuos recolectados	2.5 t	3 t	1 t	6.5 t/semana
			TOTAL	0.93 t/diaria

Fuente: (Dirección de Gestión Ambiental GAD Cotacachi, 2017)

Como se observa en la tabla de resumen, en promedio se recolectan seis toneladas y media semanales en las parroquias de la Zona de Intag, la población beneficiada del servicio de recolección es actualmente el 16% del total, según datos de la Dirección de Gestión Ambiental del GAD de Cotacachi.

4.2.1 Producción per cápita de residuos sólidos en el cantón Cotacachi

Antes de buscar un lugar para un relleno, se debe calcular la cantidad de basura que será colocada en el relleno. Se recomienda a cada municipio hacer una investigación de la producción de basura per cápita (PPC) que será la base para todo diseño de infraestructura concerniente al manejo de los desechos sólidos. En Ecuador, se puede estimar la PPC total de basura en 0.5 - 0.6 kg/ (persona*día) en las ciudades, 0.4 - 0.5 kg/ (persona*día) en áreas rurales. El 60 - 80 % de esa basura es basura biodegradable, el resto es inorgánica (GAD Cotacachi, 2010).

Se puede reducir la cantidad de basura considerablemente, si se clasifica previamente en los hogares y se valora mediante el compostaje y el reciclaje, si se aprovecha del compostaje, lombricultura y reciclaje, disminuye la cantidad de basura que será dispuesta en el relleno, lo que extiende su vida útil y, por consecuencia, bajan los costos del manejo de desechos sólidos (GAD Cotacachi, 2010).

De acuerdo a estudios realizados por el gobierno seccional de Cotacachi, se obtuvieron los parámetros para la caracterización de los desechos sólidos (*Tabla 23*):

Tabla 23

Parámetros de caracterización de los desechos sólidos

Parámetro	Unidad	Promedio
PPC Orgánicos	kg/hab/día	0,33
PPC Inorgánicos	kg/hab/día	0,21
PPC total	kg/hab/día	0,54

Fuente: (GAD Cotacachi, 2010)

4.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA ZONA DE INTAG

Según datos aportados por la Dirección de Ambiente del Cantón de Cotacachi (GAD Cotacachi, 2010), la tipología de residuos de la zona de Intag es la siguiente (*Figura 32*):

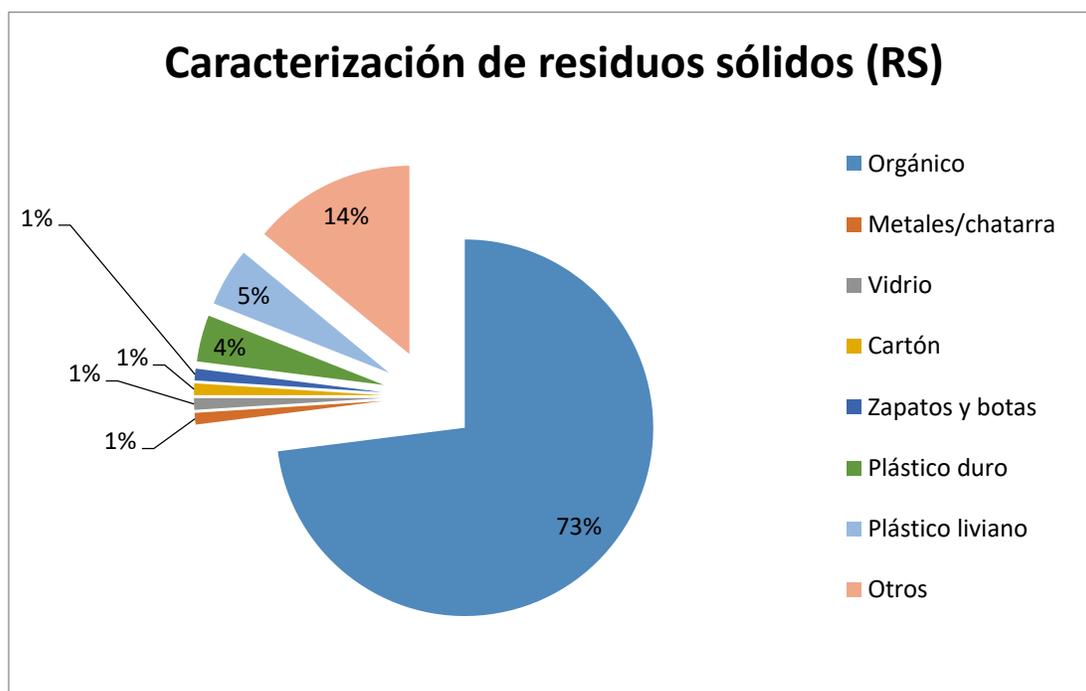


Figura 32 Caracterización de los residuos sólidos de la zona de Intag

Los residuos orgánicos suponen un 73 % del total y el 27% son residuos inorgánicos, los plásticos son mucho más abundantes que los residuos de vidrio, cartón y metal/chatarra.

4.4 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN

Aplicando la ecuación 1 se realiza la proyección poblacional de las parroquias pertenecientes a la zona de Intag, en base a datos proporcionados por el GAD de Cotacachi y con datos oficiales del INEC determinar el crecimiento intercensal (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), el tiempo de la proyección se lo realiza para estimar la población actual (2018) de la zona de Intag, (Tabla 24 y Tabla 25).

Tabla 24*Datos entre las poblaciones y censos (2001-2010)*

Crecimiento Intercensal	Población 2001	Población 2010	Δ 2010-2001	% Crecimiento Intercensal	Asumimos
Cantón Cotacachi	37215	40036	2821	0,81%	1%

Fuente: (INEC, 2010)

Para el cálculo del crecimiento intercensal se utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ crecimiento intercensal} = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (10)$$

Donde:

$$P_2 = 40036 \text{ habitantes}$$

$$P_1 = 37215 \text{ habitantes}$$

$$t_2 = 2010$$

$$t_1 = 2001$$

$$\% \text{ crecimiento intercensal} = 0,0081 = 0,81\%$$

Por lo tanto para el cálculo asumimos el valor de 1% por motivo de seguridad.

Tabla 25*Proyección poblacional de la zona de Intag (2010-2018)*

Proyección de población por años.(En base al Censo año 2010)									
PARROQUIAS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
APUELA	1.824	1.842	1.861	1.879	1.898	1.917	1.936	1.956	1.975
GARCÍA MORENO	5.060	5.111	5.162	5.213	5.265	5.318	5.371	5.425	5.479
PEÑAHERRERA	1.644	1.660	1.677	1.694	1.711	1.728	1.745	1.763	1.780
PLAZA GUTIÉRREZ	496	501	506	511	516	521	527	532	537
VACAS GALINDO	698	705	712	719	726	734	741	748	756
6 DE JULIO CUELLAJE	1.780	1.798	1.816	1.834	1.852	1.871	1.890	1.908	1.927
SUMATORIA POBLACION ZONA INTAG	11.502	11.617	11.733	11.851	11.969	12.089	12.210	12.332	12.455

Aplicando la Ecuación 1 se realiza la proyección poblacional a partir del último censo de población realizado por el INEC en año 2010 y se proyecta para determinar la población actual (año 2018) con un incremento interanual de 1% determinado a partir del crecimiento intercensal (Tabla 23). Lo que permitió determinar que la población en las parroquias de la zona de Intag es de un total de 12455 habitantes. (Apuela 1975 hab., García Moreno 5479 hab., Peñaherrera 1780 hab., Plaza Gutiérrez 537 hab., Vacas Galindo 756 hab., 6 de Julio Cuellaje 1927 hab.)

4.3. CALCULO DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA, VOLUMEN DE DESECHOS GENERADOS Y PROYECCIONES POBLACIONALES DE LA ZONA DE INTAG.

Para el cálculo del volumen de desechos generados en la zona de Intag se lo realizó a través de las formulas detalladas en la metodología, obteniendo los siguientes resultados:

Producción per cápita (ppc)

Se calcula a partir de la ecuación 2:

$$ppc = \frac{DSR_{en\ una\ semana}}{Pob * 7 * Cob}$$

Donde:

ppc = Producción por habitante por día (kg/hab/día)

DSR en una semana = 6500 kg/semana

Pob = 12455 (año 2018)

7 = Días de la semana

Cob = 16 % Censo 2010

Por lo tanto ppc será:

$$ppc = 0,4659 \frac{kg}{hab} / día$$

Producción total

A partir de la ecuación 4 la producción de residuos sólidos para el año 2018 se calculó por la relación:

$$Dsd = Pob * ppc$$

Dónde:

Dsd = Cantidad de RSM producidos por día (kg/día)

Pob = 12455 habitantes (2018)

ppc = 0,4659 (kg/hab-día)

Entonces su valor será:

$$Dsd = 5803,58 \text{ kg/día}$$

Proyección de la producción total

Para calcular la producción per cápita total para cada año, se lo realizó con un incremento del 0,5% anual. (Tabla 26)

Cálculo de la capacidad necesaria del Relleno Sanitario

A partir de la ecuación 5 la capacidad necesaria se calcula de la siguiente manera:

$$V_{basura} = ppc * N * 365 * \frac{t}{\rho}$$

Donde:

V_{basura} = Volumen de la basura

ρ = 600 (kg/m³)

ppc = 0,4659 (kg/hab./día)

N = 12455 habitantes de INTAG (2018)

t = 10 (años)

$$V_{basura \text{ año } 1} = 3530,51 \frac{m^3}{año1}$$

$$V_{basura \text{ año } 10 \text{ acumulado}} = 36110,16 \frac{m^3}{año10}$$

Volumen del relleno sanitario

De la ecuación 6 calculamos:

$$V_{RS} = V_{anual \text{ estabilizado}} + m.c.$$

Donde:

$$V_{rs} = 366110,16 \text{ (m}^3\text{/año)}$$

$$m.c. = 20\%$$

Por lo tanto el volumen del relleno sanitario para los 10 años será:

$$V_{RS} = 43332,19 \left(\frac{m^3}{año} \right)$$

Cálculo del área requerida

Con el volumen se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, con la profundidad o altura que tendría el relleno. Esta solo se conocerá si se tiene una idea general de la topografía. A partir de la ecuación 8 se puede estimar las necesidades de área:

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

Donde:

$$V_{RS} = 43332,19 \left(\frac{m^3}{año} \right)$$

$$A_{RS} = \text{área por rellenar sucesivamente (m}^2\text{)}$$

$$h_{RS} = 6,5 \text{ (m), por el diseño ver Figura 33.}$$

Por lo tanto el área requerida para los desechos sólidos en los próximos 10 años será de:

$$A_{RS} = 6666,49 \text{ m}^2$$

Esta altura de 6,5 m. se la va a realizar por 5 etapas y cada etapa va a tener una altura de 1,20 m con una cubierta de 10 cm sobre esta para que inicie la próxima etapa. Como se muestra en la *Figura 33*:

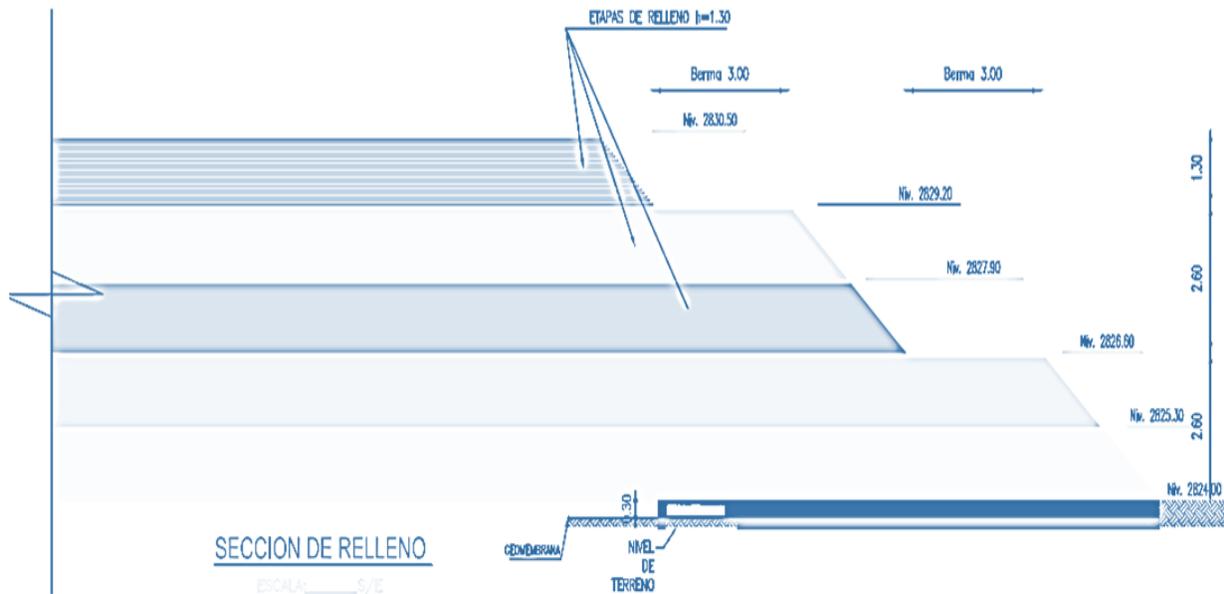


Figura 33 Etapas de relleno sanitario.

Y el área total requerida será calculada a partir de la ecuación 9:

$$A_T = 7999,79 \text{ m}^2 \sim 8000 \text{ m}^2.$$

Donde:

$$A_{RS} = 6666,49 \text{ m}^2$$

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, 20%.

A continuación se presenta un resumen de los cálculos realizados (Tabla 26):

Tabla 26
Resumen de producción de desechos sólidos urbanos zona Intag.

Año	Población (hab)	PPC (kg/hab/día)	Cantidad de residuos sólidos teórica fórmula				Volumen (m ³)			
			Diaria (kg/día)	Diaria (t/día)	Anual (t/año)	Acumulado (t)	Volumen Residuos sólidos compactados	Volumen Residuos sólidos compactados	Volumen material de cobertura	Volumen relleno
							Anual	Acumulado	Anual	
							(m ³ /año)	(m ³ /año)	(m ³ /año)	(m ³ /año)
							(6)	(8)	(8)	(10)=(8)+(6)
2018	12455	0,466	5803,58	5,80	2118,31	2118,31				
2019	12580		5832,60	5,83	2128,90	4247,20	3530,51	3530,51	706,10	4236,61
2020	12705		5861,76	5,86	2139,54	6386,75	3548,16	7078,67	1415,73	8494,41
2021	12832		5891,07	5,89	2150,24	8536,99	3565,90	10644,58	2128,92	12773,49
2022	12961		5920,52	5,92	2160,99	10697,98	3583,73	14228,31	2845,66	17073,98
2023	13090		5950,13	5,95	2171,80	12869,78	3601,65	17829,97	3565,99	21395,96
2024	13221		5979,88	5,98	2182,66	15052,43	3619,66	21449,63	4289,93	25739,55
2025	13353		6009,78	6,01	2193,57	17246,00	3637,76	25087,39	5017,48	30104,86
2026	13487		6039,83	6,04	2204,54	19450,54	3655,95	28743,33	5748,67	34492,00
2027	13622		6070,03	6,07	2215,56	21666,10	3674,23	32417,56	6483,51	38901,07
2028	13758		6100,38	6,10	2226,64	23892,73	3692,60	36110,16	7222,03	43332,19

Con un incremento 5% anual

Fuente: (Jaramillo, 2002)

Como se detalló en los cálculos anteriores el volumen calculado requerido para los próximos diez años es de 43332,19 metros cúbicos del que obtenemos un área requerida mínima total de 8000 m² para el diseño del relleno sanitario.

4.4 ALTERNATIVAS RESULTANTES DEL MODELO ESPACIAL PARA LA UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN LA ZONA DE INTAG

Del modelo resultante se seleccionaron las parcelas de mayor tamaño, teniendo seis alternativas preliminares, una en la parroquia de Vacas Galindo, dos en la parroquia de Peñaherrera y tres en la parroquia García Moreno (*Figura 34*).

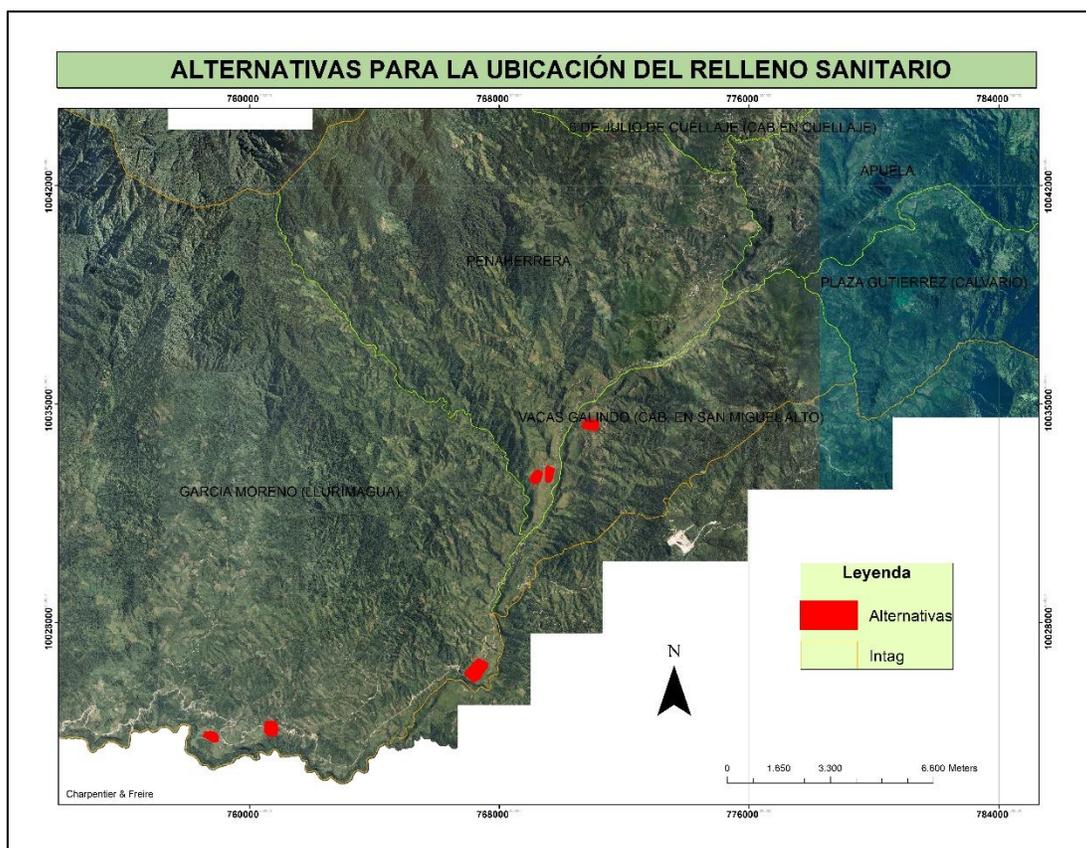
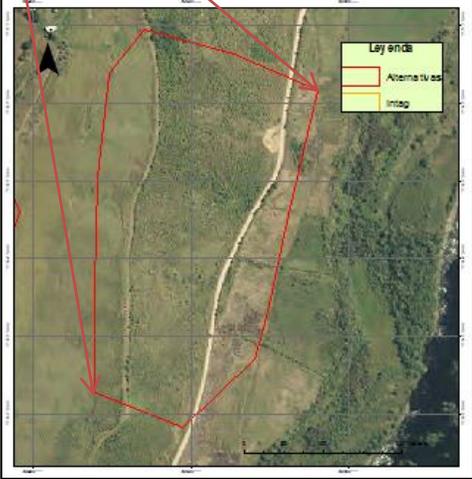


Figura 34 Mapa de Alternativas para la ubicación del relleno sanitario

El análisis de cada una de las alternativas resultantes, y la evaluación de la calidad y fragilidad del paisaje se presenta a continuación a través de seis fichas de información y posterior se realizó la evaluación *in situ* de la fragilidad y calidad del paisaje:

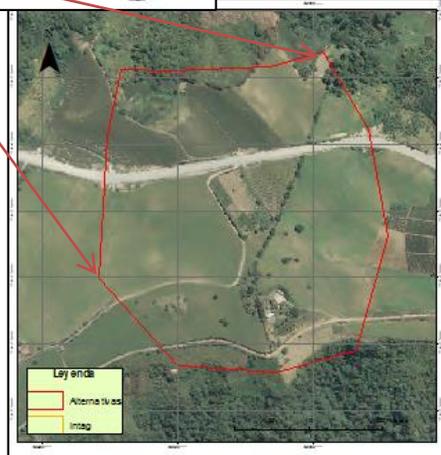
4.4.1 Alternativas Resultantes de la Aplicación del Modelo Espacial

ALTERNATIVA 1		FOTOGRAFÍA SATELITAL	
DATOS		ALTERNATIVAS PARA LA UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO	
Coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M.):	Zona: 17S E: 770930,157 N:10034363,552		
Parroquia:	Vacas Galindo		
Uso de Suelo:	Bosque Intervenido/ Pasto Natural		
Ecosistema:	Intervenido		
Clima:	Ecuatorial mesotérmico semi húmedo		
Zona de Desarrollo:	Zona preferencial para el desarrollo Agropecuario y Agroforestal/ Restauración de la vegetación		
Tipo de suelo:	Suelo pseudo-limoso negro en la parte superior y obscuro o amarillo en la profundidad leve retención de agua 50 a 100% pero menos de 50% de 0 a 20 cm. por la desecación superficial.		
Observaciones:			
Se encuentra en la periferia de un bloque minero, en fase de exploración.			

ALTERNATIVA 2		FOTOGRAFÍA SATELITAL
DATOS		
Coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M.):	Zona: 17S E: 769590,992 N:10032758,805	
Parroquia:	Peñaherrera	
Uso de Suelo:	Pasto Natural y áreas en proceso de erosión	
Ecosistema:	Intervenido	
Clima:	Ecuatorial mesotérmico semi húmedo	
Zona de Desarrollo:	Zona preferencial para el desarrollo Agropecuario y Agroforestal/ Restauración de la vegetación	
Tipo de suelo:	Suelo pseudo-limoso negro en la parte superior, oscuro o amarillo rojizo en la profundidad saturación de bases más de 50% en el horizonte superior de 0 a 20 cm.	
Observaciones: Se encuentra dentro de un bloque minero, en fase de exploración.		

ALTERNATIVA 3		FOTOGRAFÍA SATELITAL	
DATOS		ALTERNATIVAS PARA LA UBICACIÓN DEL RELLENO SANITARIO	
Coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M.):	Zona: 17S E: 769191,911 N:10032671,486		
Parroquia:	Peñaherrera		
Uso de Suelo:	Pasto Natural y cultivos de caña		
Ecosistema:	Intervenido		
Clima:	Ecuatorial mesotérmico semi húmedo		
Zona de Desarrollo:	Zona preferencial para el desarrollo Agropecuario y Agroforestal/ Restauración de la vegetación		
Tipo de suelo:	Suelo pseudo-limoso negro en la parte superior, obscuro o amarillo rojizo en la profundidad saturación de bases más de 50% en el horizonte superior de 0 a 20 cm.		
<p>Observaciones: Presenta características similares a la alternativa 2, por encontrarse muy cercanas. Se encuentra dentro de un bloque minero, en fase de exploración.</p>			

ALTERNATIVA 4		FOTOGRAFÍA SATELITAL
DATOS		
Coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M.):	Zona: 17S E: 765002,00 N:10025185,54	 
Parroquia:	García Moreno	
Uso de Suelo:	Área erosionada	
Ecosistema:	Intervenido	
Clima:	Ecuatorial mesotérmico semi húmedo	
Zona de Desarrollo:	Zona preferencial para el desarrollo Agropecuario y Agroforestal	
Tipo de suelo:	Suelo pseudo-limoso negro en la parte superior, obscuro o amarillo rojizo en la profundidad saturación de bases más de 50% en el horizonte superior de 0 a 20 cm.	
Observaciones: Se encuentra en la periferia de un bloque minero en fase de exploración		

ALTERNATIVA 5		FOTOGRAFÍA SATELITAL	
DATOS		 	
Coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M.):	Zona: 17S E: 760691,685 N:10024589,302		
Parroquia:	García Moreno		
Uso de Suelo:	Pasto Natural		
Ecosistema:	Intervenido		
Clima:	Ecuatorial mesotérmico semi húmedo		
Zona de Desarrollo:	Zona preferencial para el desarrollo Agropecuario y Agroforestal		
Tipo de suelo:	Suelo pseudo-limoso negro en la parte superior y oscuro o amarillo claro en la profundidad leve retención de agua 50 a 100% sobre todo el perfil a pF3 sobre muestra sin desecación		
Observaciones:			

ALTERNATIVA 6		FOTOGRAFÍA SATELITAL
DATOS		
Coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M.):	Zona: 17S E: 758787,759 N:10024358,483	
Parroquia:	García Moreno	
Uso de Suelo:	Pasto Natural	
Ecosistema:	Intervenido	
Clima:	Ecuatorial mesotérmico semi húmedo	
Zona de Desarrollo:	Zona preferencial para el desarrollo Agropecuario y Agroforestal	
Tipo de suelo:	Suelo pseudo-limoso negro en la parte superior y oscuro o amarillo claro en la profundidad leve retención de agua 50 a 100% sobre todo el perfil a pF3 sobre muestra sin desecación	

4.4.2 Resultados de la Evaluación de Calidad del Paisaje

ALTERNATIVA 1		Calidad visual del paisaje		
Fotografías:		Componente: Morfología		
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Vegetación			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Fauna			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Agua			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
50	30	10		
	Componente: Color			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Fondo escénico			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Rareza			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	30	20	10	
	Componente: Actuación Humana			
ALTA	MEDIA	BAJA		
30	10	0		
Total : 0	Total:160	Total:20		
Total general:	180			
Análisis de resultados: Paisaje que posee variedad de formas				

ALTERNATIVA 2		Calidad visual del paisaje		
Fotografías:		Componente: Morfología		
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Vegetación			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Fauna			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Agua			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
50	30	10		
	Componente: Color			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Fondo escénico			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Rareza			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	30	20	10	
	Componente: Actuación Humana			
ALTA	MEDIA	BAJA		
30	10	0		
Total :100	Total:120	Total:10		
Total general:	230			
Análisis de resultados: Paisaje cuyos rasgos poseen variedad				

ALTERNATIVA 3	Calidad visual del paisaje		
Fotografías:	Componente: Morfología		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Fauna		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Agua		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Color		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Fondo escénico		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Rareza		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
Componente: Actuación Humana			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	10	0	
Total :100	Total:120	Total:10	
Total general:	230		
Análisis de resultados: Paisaje cuyos rasgos poseen variedad			



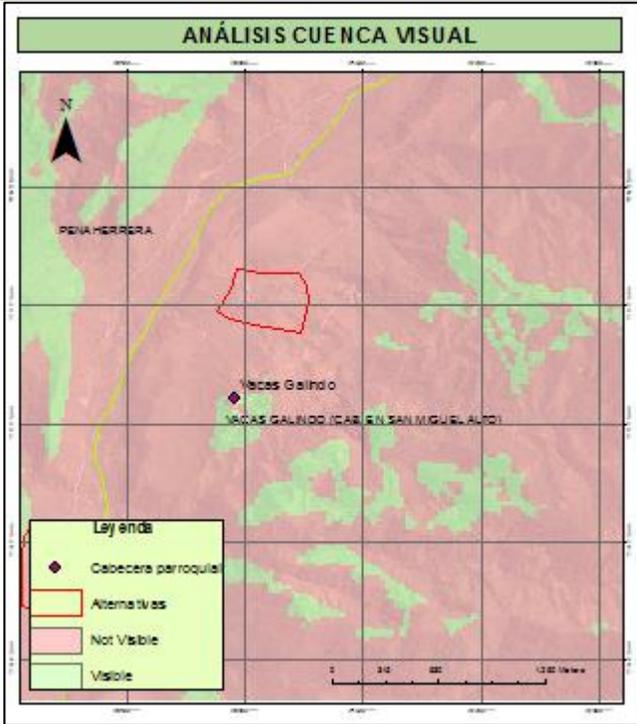
ALTERNATIVA 4	Calidad visual del paisaje		
Fotografías:	Componente: Morfología		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Fauna		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Agua		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Color		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Fondo escénico		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Rareza		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Componente: Actuación Humana		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	10	0
	Total :0	Total:30	Total:60
	Total general:	90	
	Análisis de resultados: Paisaje con muy poca variedad		

ALTERNATIVA 5	Calidad visual del paisaje		
Fotografías:	Componente: Morfología		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Fauna		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Agua		
	ALTA	MEDIA	BAJA
50	30	10	
	Componente: Color		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Fondo escénico		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	50	30	10
	Componente: Rareza		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Componente: Actuación Humana		
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	10	0	
Total :50	Total:120	Total:10	
Total general:	180		
Análisis de resultados: Paisaje cuyos rasgos poseen variedad			

ALTERNATIVA 6		Calidad visual del paisaje		
Fotografías:		Componente: Morfología		
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Vegetación			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Fauna			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Agua			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
50	30	10		
	Componente: Color			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Fondo escénico			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	50	30	10	
	Componente: Rareza			
	ALTA	MEDIA	BAJA	
	30	20	10	
	Componente: Actuación Humana			
ALTA	MEDIA	BAJA		
30	10	0		
Total :	Total:40	Total:60		
Total general:	100			
Análisis de resultados: Paisaje con muy poca variedad				

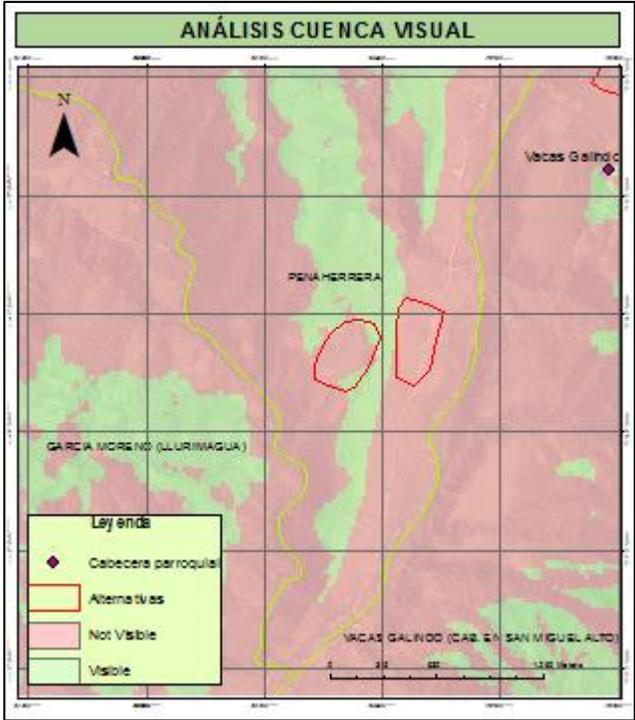
4.4.3 Resultados Evaluación Fragilidad del Paisaje

ALTERNATIVA 1	Fragilidad del paisaje		
Análisis Cuenca visual	Biofísico: Pendiente		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Densidad Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Contraste Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Altura de la vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Tamaño de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Forma de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Compacidad		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Singularidad: Unicidad del paisaje		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visibilidad: Accesibilidad Visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Total : 0	Total:60	Total:60
	Total general:	120 Paisaje poco sensible	



Escala de valoración:

- 210-270:** Paisajes muy sensibles a las intervenciones por lo que se degradarían irremediablemente en caso ocurrieran.
- 150-200:** Paisajes sensibles a las intervenciones pero que pueden recuperar su carácter con un adecuado manejo paisajístico.
- 90-140:** Paisajes poco sensibles a las intervenciones, es decir, con una apreciable capacidad de asimilación.

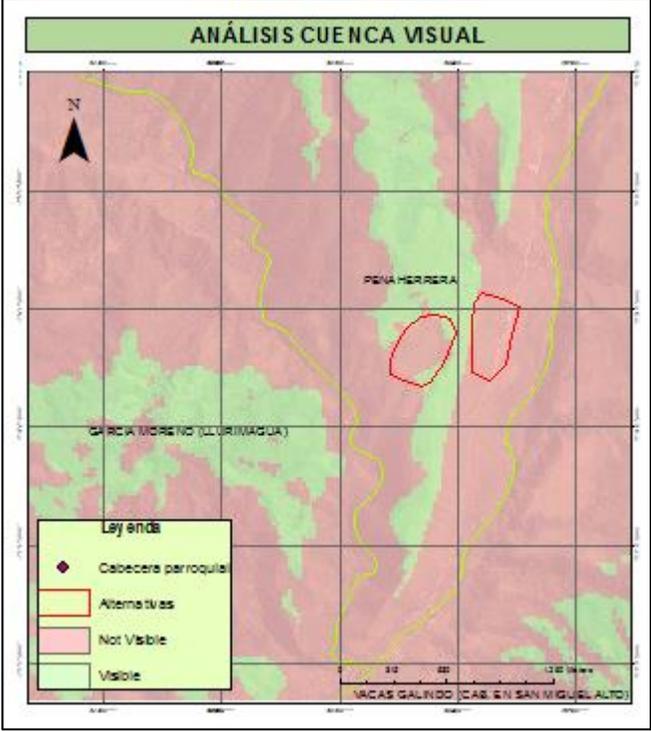
ALTERNATIVA 2 Análisis Cuenca visual	Fragilidad del paisaje		
	Biofísico: Pendiente		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Densidad Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Contraste Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Altura de la vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Tamaño de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Forma de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Compacidad		
	ALTA	MEDIA	BAJA
30	20	10	
Singularidad: Unicidad del paisaje			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Visibilidad: Accesibilidad Visual			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Total :30	Total:140	Total:10	
Total general:	180		
Análisis de resultados: Paisaje sensible a la intervención			

Escala de valoración:

210-270: Paisajes muy sensibles a las intervenciones por lo que se degradarían irremediablemente en caso ocurrieran.

150-200: Paisajes sensibles a las intervenciones pero que pueden recuperar su carácter con un adecuado manejo paisajístico.

90-140: Paisajes poco sensibles a las intervenciones, es decir, con una apreciable capacidad de asimilación.

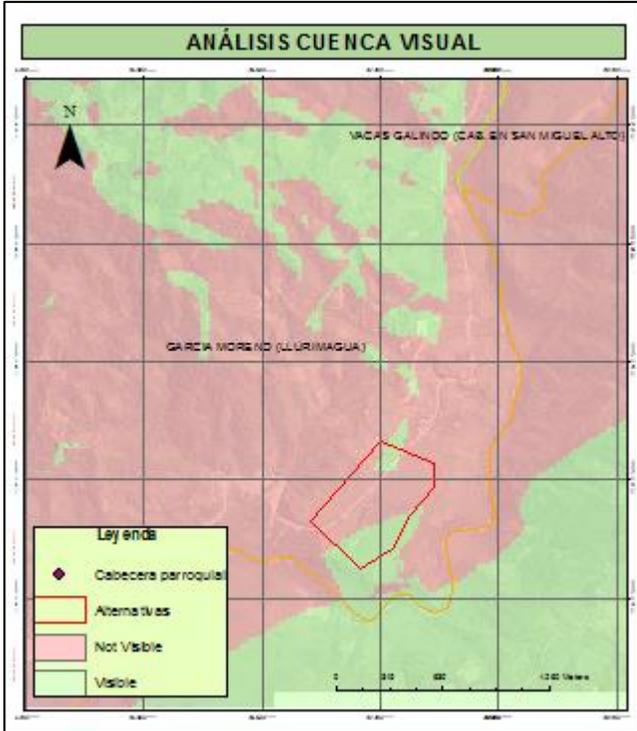
ALTERNATIVA 3 Análisis Cuenca visual	Fragilidad del paisaje		
 <p>ANÁLISIS CUENCA VISUAL</p> <p>Mapa que muestra el análisis de cuenca visual. El terreno está dividido en áreas de visibilidad (verde) y no visibilidad (rojo). Se marcan con líneas rojas dos áreas alternativas. El mapa incluye una leyenda, una brújula y una escala de 0 a 1320 metros. Se identifican localidades como Peña Herrera y García Moreno (Llorinagua).</p> <p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Cabecera parroquia □ Alternativas ■ Not Visible ■ Visible <p>0 330 660 990 1320 metros</p> <p>VACAS GALINDO CAR. EN SAN MIGUEL ALTO</p>	Biofísico: Pendiente		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Densidad Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Contraste Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Altura de la vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Tamaño de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Forma de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Compacidad		
	ALTA	MEDIA	BAJA
30	20	10	
Singularidad: Unicidad del paisaje			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Visibilidad: Accesibilidad Visual			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Total :30	Total:140	Total:10	
Total general:	180		
Análisis de resultados: Paisaje sensible a la intervención			

Escala de valoración:

210-270: Paisajes muy sensibles a las intervenciones por lo que se degradarían irremediablemente en caso ocurrieran.

150-200: Paisajes sensibles a las intervenciones pero que pueden recuperar su carácter con un adecuado manejo paisajístico.

90-140: Paisajes poco sensibles a las intervenciones, es decir, con una apreciable capacidad de asimilación.

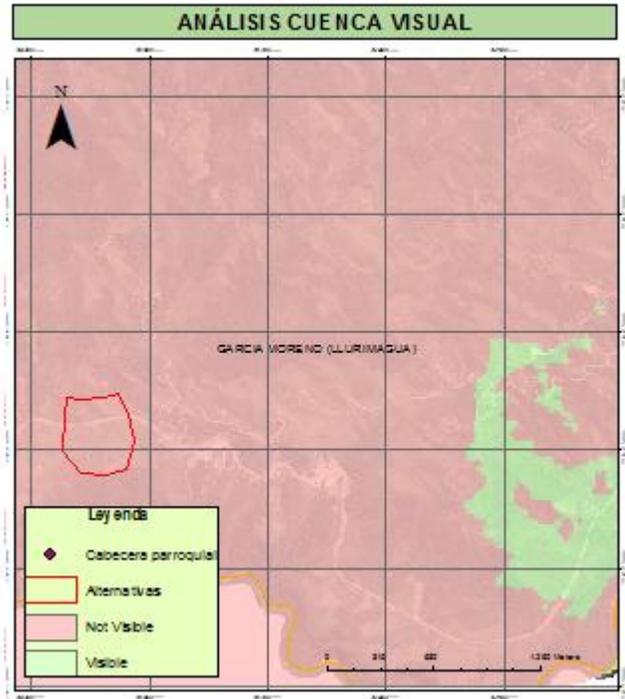
ALTERNATIVA 4 Análisis Cuenca visual	Fragilidad del paisaje		
	Biofísico: Pendiente		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Densidad Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Contraste Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Altura de la vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Tamaño de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Forma de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Compacidad		
	ALTA	MEDIA	BAJA
30	20	10	
Singularidad: Unicidad del paisaje			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Visibilidad: Accesibilidad Visual			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Total :0	Total:80	Total:50	
Total general:	130		
Análisis de resultados: Paisaje poco sensible			

Escala de valoración:

210-270: Paisajes muy sensibles a las intervenciones por lo que se degradarían irremediablemente en caso ocurrieran.

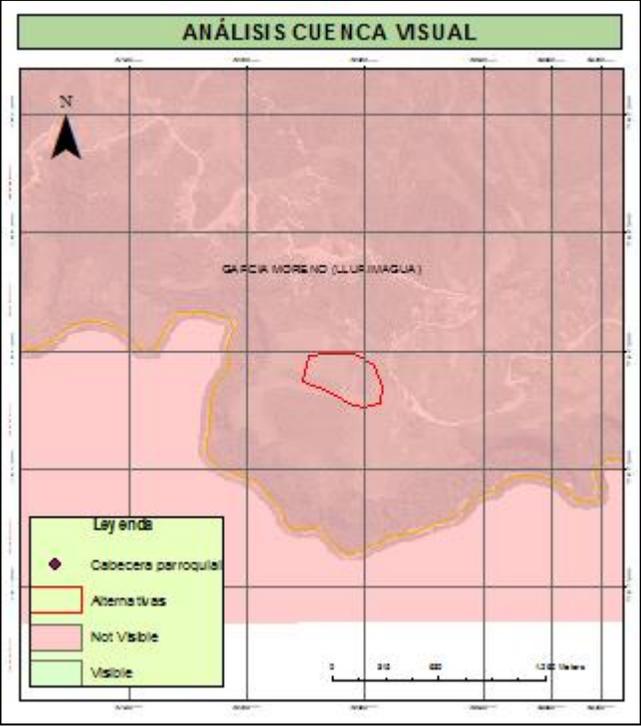
150-200: Paisajes sensibles a las intervenciones pero que pueden recuperar su carácter con un adecuado manejo paisajístico.

90-140: Paisajes poco sensibles a las intervenciones, es decir, con una apreciable capacidad de asimilación.

ALTERNATIVA 5	Fragilidad del paisaje		
Análisis Cuenca visual	Biofísico: Pendiente		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Densidad Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Contraste Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Altura de la vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Tamaño de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Forma de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Compacidad		
	ALTA	MEDIA	BAJA
30	20	10	
Singularidad: Unicidad del paisaje			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Visibilidad: Accesibilidad Visual			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Total:	Total:80	Total:50	
Total general:	130		
Análisis de resultados: Paisaje poco sensible			

Escala de valoración:

- 210-270:** Paisajes muy sensibles a las intervenciones por lo que se degradarían irremediablemente en caso ocurrieran.
- 150-200:** Paisajes sensibles a las intervenciones pero que pueden recuperar su carácter con un adecuado manejo paisajístico.
- 90-140:** Paisajes poco sensibles a las intervenciones, es decir, con una apreciable capacidad de asimilación.

ALTERNATIVA 6 Análisis Cuenca visual	Fragilidad del paisaje		
 <p>Escala de valoración:</p> <p>210-270: Paisajes muy sensibles a las intervenciones por lo que se degradarían irremediablemente en caso ocurrieran.</p> <p>150-200: Paisajes sensibles a las intervenciones pero que pueden recuperar su carácter con un adecuado manejo paisajístico.</p> <p>60-160: Paisajes poco sensibles a las intervenciones, es decir, con una apreciable capacidad de asimilación.</p>	Biofísico: Pendiente		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Densidad Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Contraste Vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Biofísico: Altura de la vegetación		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Tamaño de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Forma de la cuenca visual		
	ALTA	MEDIA	BAJA
	30	20	10
	Visualización: Compacidad		
	ALTA	MEDIA	BAJA
30	20	10	
Singularidad: Unicidad del paisaje			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Visibilidad: Accesibilidad Visual			
ALTA	MEDIA	BAJA	
30	20	10	
Total:	Total:20	Total:80	
Total general:	100		
Análisis de resultados: Paisaje poco sensible			

4.4.4 Selección de la Alternativa Final

Una vez evaluadas las seis alternativas con observaciones en campo, como se muestra en la Tabla 27, a través de la metodología de la USDA Forest Service y conjuntamente con el análisis de la conveniencia y facilidades del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cotacachi, se llegó a la conclusión que la mejor alternativa es la cuatro, ubicada en la parroquia de García Moreno, sector Llurimagua, por presentar una menor calidad y fragilidad del paisaje, además de cumplir con todos los requisitos que establece la normativa ambiental ecuatoriana vigente, y que además parte de esta zona se encuentra en propiedad del GAD Municipal de Cotacachi. El departamento de Gestión Ambiental del GAD de Cotacachi realizó una visita de inspección a la alternativa seleccionada, y verificó que no existan proyectos futuros a desarrollar en la zona, la ficha de resumen de la alternativa final se presenta a continuación, dónde se evidencia el área efectiva para la construcción del relleno sanitario y sus límites.

Tabla 27

Resumen de análisis de alternativas

Descripción	Área (ha)	Fragilidad del paisaje (1)	Calidad visual del Paisaje (2)	Ubicación	Coordenadas U.T.M.	Observaciones
Alternativa 1	14,84	120	180	Vacas Galindo	770930,16 E 10034363,55 N	(1) Paisaje poco sensible (2) Paisaje posee variedad de formas.
Alternativa 2	10,57	180	230	Peñaherrera	769590,99 E 10032758,81 N	(1) Paisaje sensible a la intervención (2) Paisaje cuyos rasgos poseen variedad
Alternativa 3	11,14	180	230	Peñaherrera	769191,91 E 10032671,49 N	(1) Paisaje sensible a la intervención (2) Paisaje cuyos rasgos poseen variedad
Alternativa 4	30,11	130	90	García Moreno	765002,00 E 10025185,54 N	(1) Paisaje poco sensible (2) Paisaje con muy poca variedad
Alternativa 5	16,75	130	180	García Moreno	760691,69 E 10024589,30 N	(1) Paisaje poco sensible (2) Paisaje cuyos rasgos poseen variedad
Alternativa 6	10,85	100	100	García Moreno	758787,76 E 10024358,48 N	(1) Paisaje poco sensible (2) Paisaje con muy poca variedad

(1) Fragilidad del Paisaje

(2) Calidad visual del Paisaje

El informe de aprobación por parte de la dirección de Ambiente del Municipio de Cotacachi se adjunta en el ANEXO 2.

LOCALIZACIÓN PARA EL DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO PARA LA ZONA DE INTAG

FOTOGRAFÍA DE LA INSPECCIÓN DE CAMPO POR PARTE DEL GAD (Ing. Christian Paz, Director Gestión Ambiental)



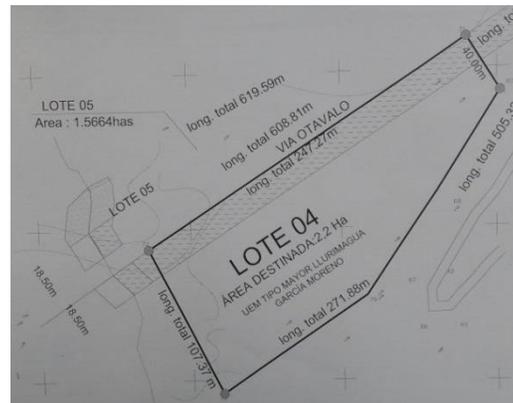
IMAGEN SATELITAL DEL SITIO



PAISAJE DEL SITIO DE LOCALIZACIÓN



INFORMACIÓN GEOGRÁFICA:



- ÁREA:** 2,2 hectáreas
Perímetro: 271,8 m
Coordenadas UTM Zona 17S:
- 1) E: 765002,00
N: 10025185,54
 - 2) E: 764980,48
N: 10025219,46
 - 3) E: 764771,68
N: 10025087,00
 - 4) E: 764819,73
N: 10024990,97
 - 5) E: 764916,22
N: 10025055,49

CAPÍTULO V

5. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL RELLENO SANITARIO DE LA ZONA DE INTAG-COTACACHI.

5.1 PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

El diseño se realizó en base a los siguientes parámetros:

- Generación per-cápita residuos domiciliarios:
 - Cotacachi: 0,4659 kg/hab*día.
 - Generación se incrementa anualmente en 0,5 %.
- Año base: 2018
- Período de diseño: Mínimo 10 años (año 2028)
- Cobertura año 2010 zona INTAG: 16%.
- Densidad desechos domiciliarios: 600 Kg/m³.
- Residuos orgánicos: fracción orgánica residuos domésticos + mercados + industrias (diagnóstico)

❖ Residuos orgánicos:	73 %
❖ Residuos inorgánicos:	27 %

5.2 CONCEPTUALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

El proyecto del Relleno Sanitario de la zona de Intag del cantón Cotacachi, está previsto para la disposición final de residuos sólidos domésticos y los asimilables a esta categoría, que son los que se generan en la ciudad.

El área del Relleno Sanitario abarcará una extensión total de 2,20 hectáreas por la configuración del sitio efectivo requerido será de 20000 m², el resto será utilizado en áreas para reciclaje y facilidades para la operación del centro ambiental.

El diseño del relleno sanitario de Cotacachi se realizará considerando el sistema de recolección total, con la posibilidad de implementar el sistema de separación en la fuente para reciclaje de residuos, la cobertura se obtendrá del mismo sitio adyacente.

Los datos para el diseño del relleno sanitario en el terreno seleccionado son los siguientes (Tabla 28):

Tabla 28

Resumen de parámetros.

RELLENO SANITARIO DE COTACACHI		
Residuos a disponer (año 2018)	t/día	5,80
Orgánico	%	73,00
Materia Orgánica	t/día	4.23
Celda de relleno		
Densidad en relleno	kg/m ³	600,00
Ancho	m	15,00
Alto	m	1,20(cada etapa)
Largo	m	60,00
Cobertura de celda diaria		
alto de cobertura	m	0,10
área de cobertura	m ²	19,20
volumen de material cobertura	m ³ /día	1,93
Área de relleno sanitario		
Volumen de relleno 1 año	m ³	3530,51
Volumen de relleno 10 años	m ³	42366,13
altura de relleno	m	1,20
Área anual	m ²	2942,09
Área anual	ha	2,94
Numero de capas		5,00
Área disponible útil	ha	2,20
Años de utilización	Años	≥ 10,0
Altura de relleno (Total)	m	6,50

Cobertura final:

Capa de cobertura de 0,10 m de espesor, drenaje de biogases, control de infiltraciones, drenaje para escorrentía, capa de vegetación.

5.2.1 Área del Relleno Sanitario y Plataformas

Por la topografía del terreno se conformaron 13 plataformas; en el siguiente gráfico muestra la secuencia de trabajo de las diferentes plataformas cuyo detalle se indica en la *Figura 35* y el Anexo 3.

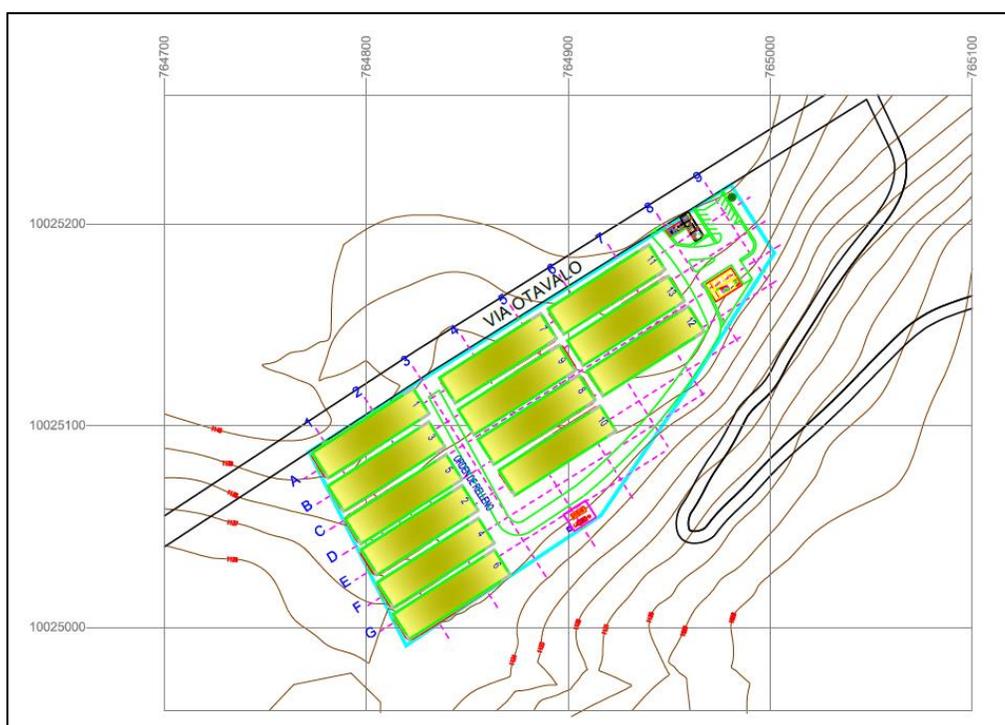


Figura 35 Distribución de plataformas

El área disponible para el diseño del relleno sanitario es de 20000 m² de estos se requiere un área para operar el relleno sanitario por los primeros 10 años de 8000 m², si se considera una compactación de 600 kg/m³, de acuerdo a la recomendación del Manual de Diseño y Construcción de Rellenos Sanitarios Manuales de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002). Se consideran niveles de relleno de 1,30 m cada una, alcanzando una altura

máxima de 6,50 m, con una disposición total de 42366,13 m³, y de 23892,73 toneladas de residuos sólidos en los primeros 10 años. Permitiendo que esta pueda tener un espacio disponible

El diseño de las diferentes obras civiles que forman parte del relleno sanitario, como son el dimensionamiento de cubetos, diseño de lixiviados y demás obras complementarias se muestran en los numerales siguientes.

5.2.2 Conformación de Plataformas del Relleno

Una vez definidas las dimensiones del relleno, es necesario realizar su implantación, tomando en consideración que la altura del relleno será de 6,50 metros.

En base a las recomendaciones realizadas por la Organización Panamericana de la Salud en su manual de diseño (OPS/CEPIS, 2002), con el fin de evitar la contaminación de las aguas subterráneas por efecto de la infiltración del lixiviado, será necesario realizar una impermeabilización de la base del relleno tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- En cada plataforma, desde la parte interna hasta el borde, se dispondrá una pendiente del terreno de 2% para el óptimo drenaje de los líquidos lixiviados.
- El dren principal será colocado en el extremo exterior de cada plataforma, y llevara hasta el dren al extremo inferior, junto a la vía, el cual recolecta de todas las plataformas para llevar al sitio de la planta de tratamiento los lixiviados.
- Los drenes secundarios conformarán una espina de pescado en cada plataforma.
- Los drenes están constituidos por tubería de un diámetro de 110 mm de PVC y por encima irá una cobertura de material triturado (agregado grueso entre 5 y 10 cm de diámetro), para crear un medio poroso por el cual filtren los lixiviados.
- Se cuenta con una cuneta perimetral para evitar el ingreso de aguas lluvias.

El material de cobertura es el mismo suelo de excavación obtenido en el sitio, y deberá cumplir con una compactación del 75 % Proctor, control que se debe realizar cada seis meses. (OPS/CEPIS, 2002)

Los detalles de la conformación de las plataformas constan en el Anexo 3.

5.2.3 Sistema de Impermeabilización y Drenaje

Para evitar la acción física química y bacteriológica de los contaminantes contenidos en los líquidos lixiviados, se prevé la impermeabilización del fondo del relleno sanitario para lo cual se ha previsto una preparación de la base del relleno con un doble sistema de seguridad, esto también obedece a los resultados de los estudios geológicos. En función de las recomendaciones al manual de diseño y operación de rellenos sanitarios manuales de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002) la base del relleno incluye:

- Una capa de 20 cm de arcilla compactada, obtenida de suelo del sector, con la finalidad de obtener la primera capa de impermeabilización. El material de arcilla limosa del sector es solo para la impermeabilización del fondo del relleno.
- La segunda capa de protección para evitar la contaminación de suelos y agua por lixiviados, consistirá en el uso de geomembrana de poliuretano de alta densidad de 1 mm de espesor, disponible en el mercado nacional, termosellada, y estará asentada sobre la capa de arcilla.
- Sobre la geomembrana se colocará una capa filtrante de piedra de diámetro entre 10-20 cm con un espesor de 30 cm, con la finalidad de que funcione como parte del drenaje, llevando los lixiviados hasta la tubería de recolección del drenaje con una pendiente del 2%.
- Sobre las capa de filtro de piedra en las plataformas conformadas se instalarán los drenajes para captar los líquidos lixiviados. El sistema de drenaje constará del filtro, conformado por piedra o grava, y de los conductos conformados por tuberías de PVC. El filtro es esencial para mantener la eficiencia del dren y para impedir taponamientos de los ductos. El filtro debe ser suficientemente permeable para permitir el flujo de lixiviado dentro del dren con poca pérdida de carga.

Por lo expuesto, el filtro estará constituido de material granular de diámetro entre 3 y 7 cm., consistente en piedra sin finos previa a la colocación en el lecho del dren.

5.2.4 Conformación de Celdas Diarias

Para el diseño de la celda diaria se consideró que se genera, 5,80 t/día en el primer año y se proyecta para los próximos 10 años con un incremento del 0,5% anual y una densidad esperada en el relleno de 600 kg/m³, que es una densidad aceptable para un relleno sanitario que no cuenta con un alto control del proceso de compactación. Con estas consideraciones el volumen a disponer al día es de 9,62 m³.

Las celdas diarias se han diseñado en base a una celda tipo, la cual está concebida para que permita la cómoda descarga de los equipos de recolección, por lo tanto tiene un frente de trabajo de 2,50 m.

La altura de la celda diaria será de 1,20 m., esto permitirá una fácil distribución de los residuos sólidos diarios y una fácil compactación, asegurando pocos asentamientos, con un avance al día de 3,20 m. De acuerdo a la recomendación del manual de diseño y operación de rellenos sanitarios manuales de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002). Se presenta el resumen en la Tabla 29:

Tabla 29

Resumen avance diario en celdas

Celda de relleno		
Densidad en relleno	kg/m ³	600,00
Volumen día de relleno	m ³	9,62
Ancho	m	2,50
Alto	m	1,20
Largo	m	3,20

El esquema de las celdas diarias es el siguiente (*Figura 36*):

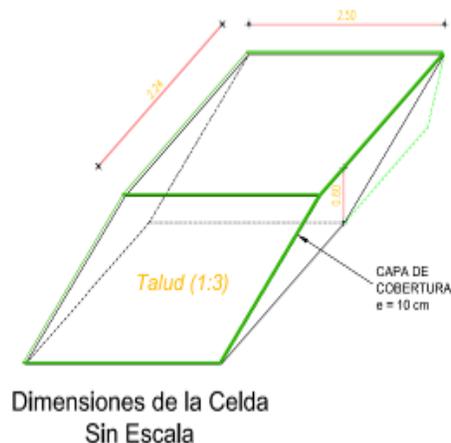


Figura 36 Dimensiones de celda diaria

Nota: No se podrá disponer neumáticos usados en las celdas diarias del relleno sanitario, debido a que estas no permiten que se compacte lo previsto, adicionalmente no se degradan. (OPS/CEPIS, 2002)

Los taludes recomendados por los manuales por el manual de diseño de relleno sanitario de la Organización Panamericana de la Salud, determina que sea de 1:3 a 1:2 para la celda diaria y con una berma de 3 metros luego de dos capas de relleno.

5.2.5 Sistema de Drenaje de Aguas Lluvias

Alrededor del área para la operación del relleno se ha previsto la ubicación de una serie de cunetas para interceptar las aguas lluvias para evitar que estas ingresen al relleno y no permitir que aumente el caudal de líquidos lixiviados.

Las cunetas para evitar escurrimiento de agua superficial al relleno deberán ser implementadas a lo largo del perímetro del relleno, para el efecto se han procedido a diseñar dos tipo de cunetas de canalización para las aguas lluvias en función de la recomendación realizada por el Manual de Diseño y Construcción de Rellenos Sanitarios Manuales de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS, 2002):

- Temporales.- Tiene por objeto evitar que durante la operación diaria de las celdas ingresen aguas lluvias durante toda la vida útil del relleno, por lo que su ubicación dependerá de los requerimientos durante la operación, no requieren de revestimiento.
- Permanentes.- Tiene por objeto interceptar el ingreso de agua lluvias a la zona del relleno provenientes de área contiguas al relleno, por lo cual estas se construirán alrededor del perímetro de la plataforma del relleno, las mismas que requieren de revestimiento.

Estas cunetas serán construidas por excavación en el terreno y con revestimiento, para el presente caso se utiliza el método racional, el cual por su simplicidad y ser uno de los más empleados será utilizado en el siguiente cálculo. Los limitantes que tiene este método son:

- Proporciona solamente el caudal pico.
- Supone que la lluvia es uniforme en el tiempo.
- Supone que la lluvia es uniforme en toda el área de la cuenca en estudio.
- Además asume que la escorrentía es directamente proporcional a la precipitación.
- Ignora los efectos de almacenamiento y retención temporal.
- Asume que el período de retorno de la precipitación y escorrentía son los mismos.

El cual da resultados confiables para áreas pequeñas como es nuestro caso según la metodología de cálculo de empleada por hidráulica de los canales abiertos de Ven Te Chow (Chow, 1994).

$$Q = C * I * A \quad (11)$$

Donde:

- $Q =$ Caudal a ser drenado en m^3/s
 $C =$ Coeficiente de escurrimiento superficial
 $I =$ Intensidad de lluvia mm/min .
 $A =$ Área de recepción de la cuenca en m^2

El coeficiente de escurrimiento para suelo fino limo arcilloso es de 0.30, de acuerdo al Hidráulica de los canales abiertos. Ven Te Chow (Chow, 1994). El área de aportación realmente no es considerable por la configuración del terreno. Por efecto de la loma aledaña y depresiones existentes se supone que el caso más crítico para esta etapa del proyecto. Con lo cual se toma una medida de seguridad para evitar el ingreso de aguas lluvias al relleno.

Aplicando las ecuaciones correspondientes, los resultados obtenidos son los siguientes:

Caudal generado a partir de la ecuación 11.

$$Q = C * I * A$$

Donde:

$Q =$ Caudal a ser drenado en m^3/s

$C =$ 0,3

$I =$ Intensidad de lluvia m/s

$A =$ 20000 m^2

Para el cálculo de la intensidad de lluvia se basó en un estudio de Determinación de ecuación para el cálculo de intensidades máximas de precipitación de Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI), 2015).

Se presenta la ecuación de la estación más cercana que es la M0105 Otavalo, en el cual determina el INAMHI en su estudio la ecuación en función de sus intervalos de tiempos (Tabla 30, Tabla 31 y *Figura 37*):

Tabla 30*Intensidad duración frecuencia Estación M0105 Otavalo*

ESTACIÓN		INTERVALOS	ECUACIONES	R	R ²
CÓDIGO	NOMBRE	DE TIEMPO (minutos)			
M0105	OTAVALO	5<30	$i = 139.3508 * T^{0.1925} * t^{-0.4694}$	0.9818	0.9640
		30<120	$i = 38603558 * T^{0.1757} * t^{-0.7396}$	0.9948	0.9897
		120<1440	$i = 860.1085 * T^{0.1672} * t^{-0.9004}$	0.9987	0.9975

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2015)

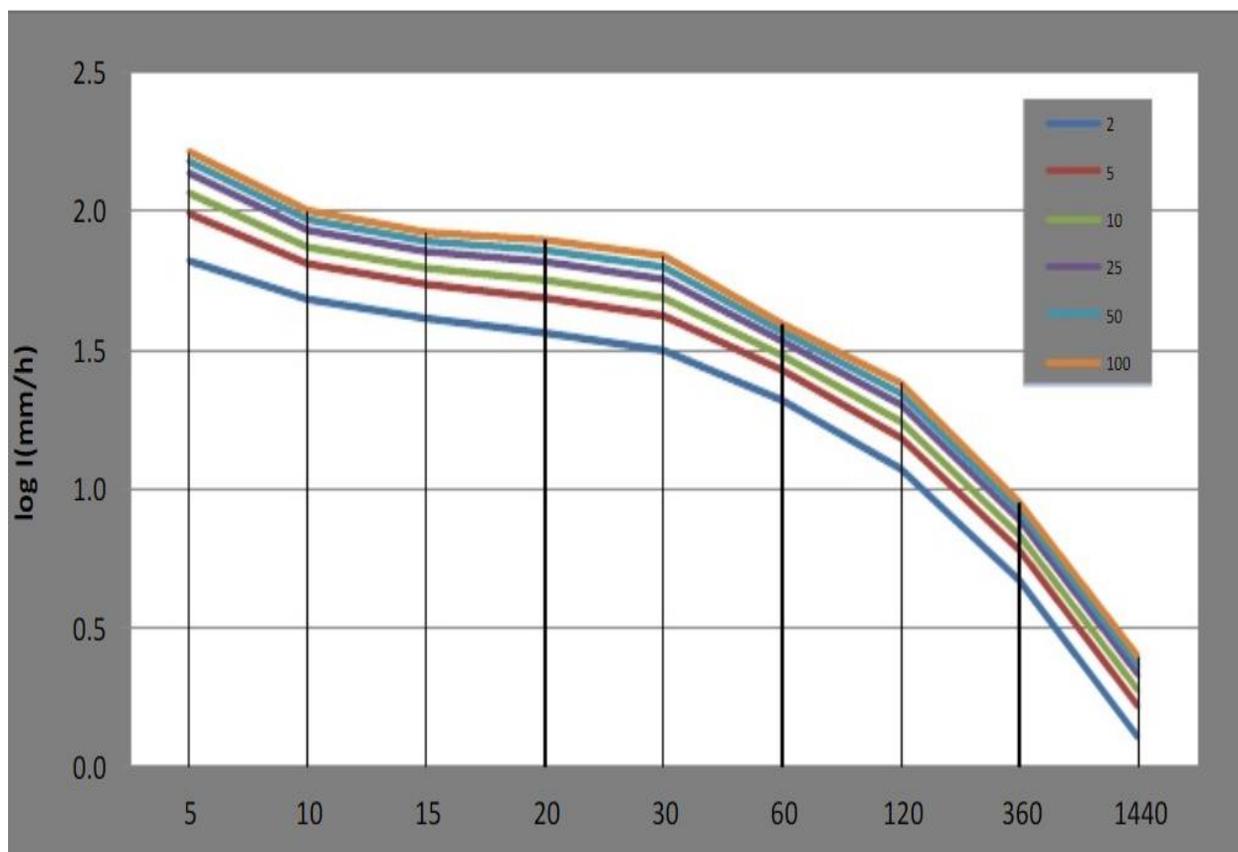
**Figura 37** Grafica de variación de intensidad en función de tiempo de retorno

Tabla 31*Tabla de resultados aplicación de ecuaciones de intensidad*

T (min)	Período de retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	74,8	89,2	102,0	121,7	139,0	158,9
10	54,0	64,5	73,7	87,9	100,4	114,7
15	44,7	53,3	60,9	72,6	83,0	94,9
20	39,0	46,6	53,2	63,5	72,5	82,9
30	35,3	41,4	46,8	55,0	62,1	70,1
60	21,1	24,8	28,0	32,9	37,2	42,0
120	13,0	15,1	17,0	19,8	22,2	24,9
360	4,8	5,6	6,3	7,4	8,3	9,3
1440	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	2,7

Intensidad de lluvia mm/h

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2015)

Se presenta en la Tabla 32 el resumen meteorológico de la estación M0105 OTAVALO utilizado en el análisis, y la *Figura 38* de la distribución temporal de precipitación:

Tabla 32
Resumen Estación Meteorológica M0105 OTAVALO

MES	HELIOFANÍA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA °C							HUMEDAD RELATIVA (%)					PUNTO DE ROCÍO (°C)	TENSIÓN DE VAPORES (hPa)	PRECIPITACIÓN (mm)			Número de días con precipitación
		ABSOLUTAS			MEDIAS				Máxima	Día	Mínima	Día	Mediana			Suma Mensual	Máxima en 24 h	Día	
		Máxima	Día	Mínima	Día	Máxima	Mínima	Mensual											
ENERO	165,1	23	13	3	16	21,4	7,3	14,2	98	5	48	26	83	11,1	13,2	68,5	22,5	1	12
FEBRERO	85,2	24	5	4,4	26	20,8	8,4	14,4	98	4	50	26	85	11,7	13,8	187,7	24,8	16	20
MARZO	103,8	23	31	2	11	20,9	7,7	14,2	98	1	50	2	83	11,1	13,3	73,9	14,8	20	17
ABRIL	73,5	24	1	4,6	29	20,7	8,3	14,4	98	1	52	28	86	11,9	14	302,1	35,7	4	28
MAYO	133,2	24	1	2,5	18	21,8	8,3	15	98	1	45	20	82	11,6	13,7	72,2	16,4	12	15
JUNIO	90,2	23	8	3,5	28	20,9	8,2	14,4	98	3	47	28	83	11,2	13,4	40,4	10,2	19	14
JULIO	100,2	23,5	25	3	20	21	7,8	14	98	1	48	8	79	10,2	12,5	62	25,1	31	13
AGOSTO	149,2	24	25	3	12	21,9	6,7	14,2					76	9,7	12,1	46	13,8	19	7
SEPTIEMBRE	115,2	24,2	30	3,8	15	21,6	7	14,1	98	7	48	21	77	9,6	12,1	62,8	47	24	10
OCTUBRE	120,3	24	7			21,3	8,2	14,1	98	1	48	11	84	11,1	13,3	77,6	14,3	10	15
NOVIEMBRE	167,3	25,5	2	1,8	21	22,9	8	14,7	98	7	39	19	81	11,1	13,3	62,8	14,2	7	15
DICIEMBRE	122,8	23,5	31	3	23	21	9	14,4	98	8	52	6	85	11,8	13,9	120,2	31,2	4	18
VALOR ANUAL	1435	25,5				21,4	7,9	14,3					82	11	13,2	1193,2	47		

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2015)

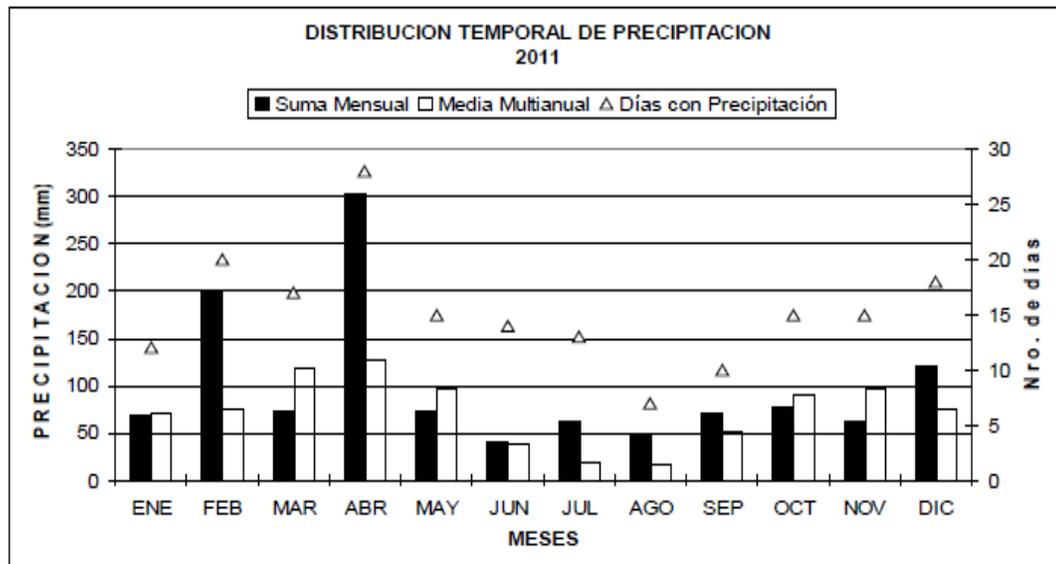


Figura 38 Distribución temporal de precipitación.

Las intensidades máximas en 24 horas para varios períodos de retorno se lo calculan mediante la siguiente ecuación (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2015):

De lo anterior se determina por seguridad la intensidad a partir de tomar tiempo de retorno de 5 años en 5 minutos, por lo que su resultado de caudal es el siguiente (Tabla 33):

Tabla 33

Tabla de resultados de cálculo de caudal

	Intensidad de lluvia	Caudal	Caudal
	(mm/hora)	(m³/s)	(l/seg)
Calculo	89,20	0,1486	148,6

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2015)

Con el valor de caudal obtenido procedemos a determinar las dimensiones de los canales de recolección de aguas lluvias que se producen en el relleno mediante la ecuación de Maning:

$$Q = \frac{1}{n} * \left(A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right) \quad (12)$$

Donde:

n = Coeficiente de rugosidad – Coeficiente Chezy (Tabla 34).

A = Área mojada m^2 .

Rh = Radio hidráulico m .

S = Pendiente del canal %

Donde:

$$Rh = \frac{A}{P} \quad (13)$$

Donde:

A = Área mojada en m^2

P = Perímetro mojado en m

$$A = n_* h^2 \quad (14)$$

$$P = 2h * \sqrt{1 + n_1^2} \quad (15)$$

$$n_1 = \frac{1}{\tan(\alpha)} \quad (16)$$

Donde:

α = ángulo del talud horizontal.

Tabla 34*Rugosidad en función de la naturaleza de las paredes del canal*

Clase	Naturaleza de las paredes	n
1	Canal revestido con losas de hormigón, teniendo juntas de cemento lisas y limpias, y una superficie lisa fratasada a mano y con lechada de cemento sobre la base de hormigón.	0.012
2	Canal de hormigón colocado detrás de un encofrado y alisado.	0.014
3	Zanja pequeña revestida de hormigón, recta y uniforme, con fondo ligeramente cóncavo, los lados y el fondo recubiertos con un depósito áspero.	0.016
4	<ul style="list-style-type: none"> • Revestimiento con concreto arrojado sin tratamiento de alisado. • Superficie cubierta con algas finas y el fondo con dunas de arena arrastrada. 	0.018
5	Canal de tierra excavado en arcilla limosa, con depósitos de arena limpia en el centro y barro arenoso limoso cerca de los lados.	0.018
6	Revestimiento de hormigón hecho sobre roca y lava cortada, en excavación limpia, muy áspera y pozos profundos.	0.020
7	Canal de riego, recto en arena lisa y apretada fuertemente.	0.020
8	Revoque o repello en cemento, aplicado directamente a la superficie preparada del canal de tierra. Con pasto en los lugares rotos y arena suelta en el fondo.	0.022
9	Canal excavado en arcilla limo arenosa. Lecho parejo y duro.	0.024
10	Zanja revestida en ambos lados y en el fondo piedra partida acomodada en seco.	0.024
11	Canal excavado en colina, con la ladera superior cubierta de raíces de sauces y la ladera inferior con muros de hormigón bien ejecutado. Fondo cubierto con grava gruesa.	0.026
12	Canal con fondo de guijarros, donde hay insuficiente sedimento en el agua, o velocidad muy alta que impide la formación de un lecho liso y nivelado.	0.028
13	Canal de tierra excavado en suelo arcillo-arenoso aluvial, con depósitos de arena en el fondo y crecimiento de pastos.	0.029
14	Canal en lecho de guijarros grandes.	0.030
15	Canal natural algo irregular en sus pendientes laterales; con fondo algo uniforme, limpio y regular; en arcilla arenoso gris claro a limo gredoso de color marrón claro; con poca variación en la sección transversal.	0.035
16	Canal en roca excavado con explosivos.	0.040
17	Zanja de arcilla y greda arenosa; pendiente lateral, fondo y secciones transversales irregulares, pastos en los lados.	0.040
18	Canal dragado, pendientes laterales y fondo irregulares en arcilla negra plástica en la parte superior y en el fondo arcilla, los lados cubiertos con pequeños arbolitos y arbustos, variación pequeña y gradual en la sección transversal.	0.045
19	Canal dragado, con pendiente lateral y fondo muy irregular, en arcilla plástica de color obscuro, con crecimiento de pasto y musgo. Pequeñas variaciones en la forma de la sección transversal para la variación en tamaño.	0.050
20	Zanja en arcilla muy arenosa; Lado y fondo irregulares; prácticamente toda la sección llena con árboles de gran tamaño, principalmente sauces y aldoneros. Sección transversal bastante uniforme.	0.060
21	Canal dragado en arcilla resbaladiza negra y greda arcillo-arenosa gris, lados y fondo irregular recubierto con crecimiento denso de arbustos de sauces, algunos en el fondo; el resto de las laderas cubierto con pastos y crecimiento espaciado de sauces y álamos sin follaje; algún depósito en el fondo.	0.080
22	Igual que (21) pero con mucho follaje.	0.110

CONTINUA

23	Canales naturales en crecida en arena fina media a arcilla fina, sin pendientes laterales; fondo adecuadamente parejo y regular con ocasionales hoyas planas; variación en profundidad; maderas prácticamente vírgenes, muy poco crecimiento inferior excepto manchas densas ocasionales de ramaje y árboles pequeños, algunos troncos y árboles caídos muertos.	0.125
24	Rio natural en suelo de arcilla arenosa. Curso muy sinuoso, pendiente lateral irregular y fondo desparejo. Muchas raíces árboles y ramas, grandes troncos y otros residuos sobre el fondo. Hay árboles cayendo continuamente en el canal debido a la erosión de las márgenes.	0.150

Fuente: (Chow, 1994)

El valor del coeficiente de Chezy n es 0,014 por el tipo de construcción de canal de hormigón colocado detrás de un encofrado y alisado.

Finalmente, se adopta un ángulo del talud horizontal de $73,43^\circ$ (Figura 40) con una altura de 0,3 m, por lo que se calcula las dimensiones de Ecuación 16:

$$n, = \frac{1}{\tan(73,43)} = 0,297$$

Entonces el perímetro mojado de Ecuación 15:

$$P = 2(0,3) * \sqrt{1 + 0,297^2} = 0,683 \text{ m}$$

Entonces el área mojada será a partir de la Ecuación 14:

$$A = 0,683 * 0,3^2 = 0,062 \text{ m}^2$$

Así el radio hidráulico de la Ecuación 13:

$$Rh = \frac{0,062 \text{ m}^2}{0,683 \text{ m}} = 0,09 \text{ (m)}$$

Por lo tanto de la Ecuación 12 la pendiente sería:

Donde:

$$Q = 0,1486$$

$$n = 0,014$$

$$A = 0,062 \text{ m}^2$$

$$Rh = 0,09 \text{ m}$$

La pendiente sería de:

$$S = 0,0219 = 2,19\%$$

Por lo anterior se asume una pendiente del 2%,

En función de este caudal de $0,1486 \text{ m}^3/\text{seg}$ y el área mojada de $0,234 \text{ m}^2$ se determina por la ecuación de la continuidad la velocidad de flujo. Ecuación 17:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (17)$$

Utilizando la ecuación 18 se determina que la velocidad de flujo es:

Donde:

$$Q = 0,1486 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$A = 0,062 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,1486}{0,062} = 2,396 \text{ (m/seg)}$$

Entonces con estos datos obtenidos se puede determinar el mejor diseño de las dimensiones del canal de recolección de aguas lluvias (*Figura 39*)

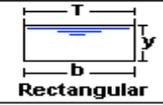
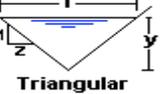
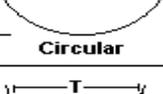
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular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

Figura 39 Cálculo de dimensiones de cunetas.

Fuente: (Chow, 1994)

Por lo tanto el espejo de agua en la cunera triangular sería:

$$T = 2 * z * y \quad (18)$$

Donde:

$$Z=n= 0,745$$

Y= altura asumida de 0,3 m

Entonces a partir de la ecuación 18 obtenemos lo siguiente:

$$T = 0,44 \text{ m}$$

Por lo que se determina por recomendación utilizar el canal triangular de:

0,44 m por 0,3 m, como muestra la *Figura 40*.

A continuación se observan el tipo de cuneta revestida seleccionada:

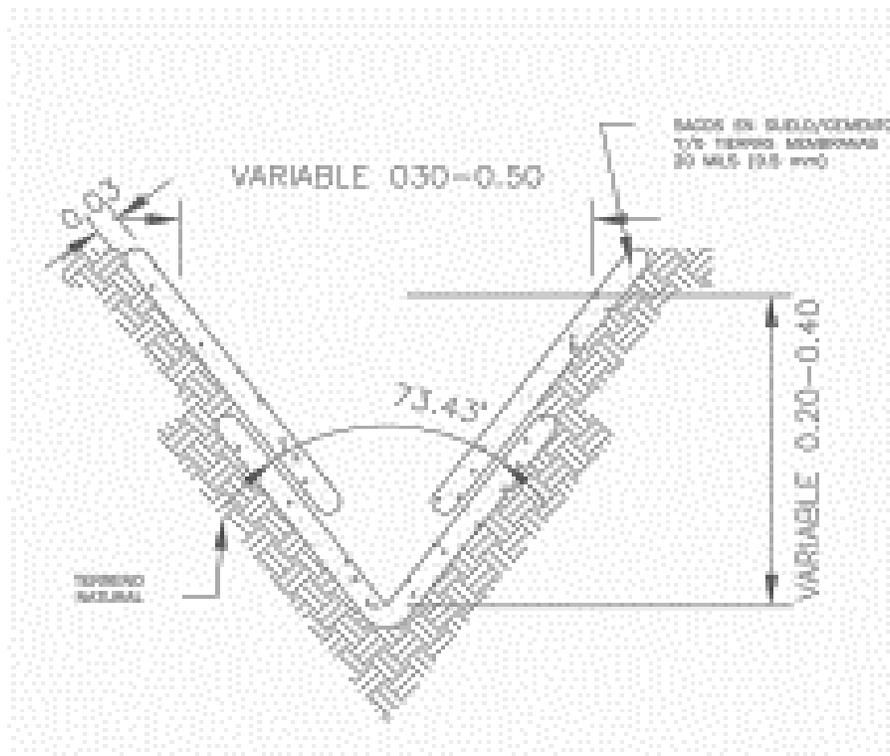


Figura 40 Secciones de cunetas seleccionadas

5.3 EFLUENTE LÍQUIDO (LIXIVIADOS)

5.3.1 Drenaje de Lixiviado

Con el fin de captar el lixiviado producido, el relleno estará dotado de drenes cuyo dimensionamiento está en función de la cantidad de lixiviado producido, por lo que para su cálculo se utiliza el método Suizo basado en la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{1}{t} * I * A * K \quad (19)$$

Donde:

$I = P - E - E_s$, $P =$ Precipitación media anual = 1193,2 mm (Tabla 32), $E =$ Evaporación promedio = 75 mm, $E_s =$ Escorrentía = $p * C_e = 9,55$ mm donde $C_e = 0,008$ por tabla por ser relleno con tierra.

$A =$ Área requerida para el relleno en $m^2 =$ El área de operación del relleno es de 20000,00 m^2 .

$K =$ Coeficiente del grado de compactación, que varía entre 0,15 a 0,25 para rellenos compactados con peso específico de 0,6 t/m^3 , para el caso se espera que el grado de compactación no será mayor, para el diseño se utiliza el valor menor de 0,15 debido a la no continua operación de maquinaria en el lugar para su compactación de los residuos dispuestos en el relleno sanitario, se determina que sea esta la menor esperada.

$T =$ Número de segundos del año = 31536000 segundos

$$Q = 0,105 \left(\frac{l}{seg} \right)$$

La Tabla 35 muestra el cálculo del caudal del lixiviado, utilizando los valores climáticos de Figura 38 y según la metodología de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Tchobanoglous (Tchobanoglous G., 1994).

Tabla 35*Resumen de cálculo de lixiviados*

TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS		
RELLENO SANITARIO COTACACHI		
ESTIMACION CAUDAL GENERADO DE LIXIVIADOS (Método Suizo)		
Caudal estimado de lixiviado	0,105	l/s
$Q = I * A * K / t$		
Infiltración (I) =	1108,65	mm
$I = p - E - Es$		
Precipitación media anual (p) =	1193,20	mm
Evaporación (E) =	75,00	mm (Tabla 32)
Escorrentía (Es) =	9,55	mm
$Es = p * Ce$		
Coefficiente de escorrentía (Ce) =	0,008	(Relleno con tierra)
Área rellenada (A) =	20000,00	m ²
Coefficiente de grado de compactación (K) =	0,15	Compactación asumida de 600 Kg/m ³
Número de segundos en un año (t) =	31536000	
PARAMETROS BASICOS LIXIVIADO		
Caudal de lixiviado =	9,11	m ³ /día

Con este valor se procede a dimensionar el sistema de drenaje del lixiviado por el método de Wilkins, con la ecuación:

$$V = 52,45 * P * Rh^{0,5} * J^{0,25} \quad (20)$$

Donde:

V = Velocidad media de percolación en cm/seg.

P = Porosidad del medio granular, valor entre 0,40 y 0,50,

Rh = Radio hidráulico del medio granular en cm.

J = Pendiente del dren en m/m.

El radio hidráulico se calcula con la siguiente expresión:

$$Rh = \frac{(P * Ds)}{6 * (1 - P)} \quad (21)$$

Entonces de la ecuación 21 el radio hidráulico se calcula:

Donde:

Ds = Diámetro equivalente del material granular, se asume un diámetro promedio de 6 cm.

P = 0,4, se adopta el menor por recomendación en manual de relleno sanitario en Loja (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica, 2002)

$$Rh = 0,6 \text{ cm}$$

Entonces de la ecuación 20 se calcula la velocidad media de percolación:

Donde:

$$Rh = 0,6 \text{ cm}$$

$$P = 0,4$$

J = 0,02, se adopta por recomendación (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica, 2002)

Se obtiene entonces el valor de:

$$V = 6,11 \text{ cm/seg}$$

Con este valor se determina el área necesaria:

$$A = \frac{Q_{\text{lixiviado}}}{V} \quad (22)$$

De la ecuación 22 determinamos el área necesaria:

Donde:

$$Q_{\text{lixiviado}} = 0,105 \text{ lt/seg} = 0,000105 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$V = 6,11 \text{ cm/seg} = 0,0611 \text{ m/seg}$$

$$A = 0,0017 \text{ m}^2 = 17,18 \text{ cm}^2$$

El sistema de drenaje de lixiviados se lo construirá en forma de espina de pescado con un sistema central de las dimensiones calculadas anteriormente, y con ramales que están ubicados cada 25 m.

El sistema de drenaje para un relleno sanitario consta de tres elementos: el filtro, el conducto o colector y el sistema de eliminación. El filtro es esencial para mantener la eficiencia del dren y para impedir la erosión por filtración cuando el gradiente hidráulico es alto.

El filtro debe ser suficientemente permeable para permitir el flujo de lixiviado dentro del dren, con poca pérdida de carga; para garantizar la permeabilidad se ha procedido a diseñar los drenes con un medio filtrante de grava de 6 cm.

Adicionalmente se instalará dentro del dren un tubo colector de lixiviado de PVC de 110 mm de diámetro, el área del dren será de: 0,0017 m².

Es conveniente que el fondo y las paredes del dren sean recubiertos a fin de impedir infiltración de lixiviados, mediante la misma geomembrana que se utiliza para el recubrimiento de la base del relleno, mientras que en la parte superior se recomienda colocar ramas secas o sacos de yute para infiltrar los líquidos hacia el dren y retener las partículas finas que lo pueden colmatar.

La pendiente de los drenes secundarios de igual manera tendrán la misma pendiente que el sistema principal, es decir 2%.

5.3.2 Tratamiento de lixiviado

- Sistemas de recogida de lixiviados

El diseño de un sistema para la recogida de lixiviados según Tchobanoglous G. en su libro de gestión de residuos sólidos implica: 1) la selección del sistema que se va a utilizar. 2) el desarrollo de un plan gradual. 3) el trazado y diseño de instalaciones para canalizar, recoger y almacenar lixiviado.

1. Terrazas inclinadas. Para evitar la acumulación del lixiviado en el fondo de un vertedero, la zona de del fondo se gradúa en una serie de terrazas inclinadas. Las terrazas están construidas para que el lixiviado que se acumula en la superficie de las terrazas drene hasta los canales de recogida de los lixiviados. Se utiliza una tubería perforada colocada en cada canal para transporta el lixiviado recogido hasta la localización central, a partir de la cual se separa para su tratamiento o para su re aplicación sobre la superficie del vertedero. (Tchobanoglous G., 1994)

El objetivo del diseño es no permitir que el lixiviado se estanque en el fondo del vertedero por lo que la pendiente de la transversal de las terrazas es normalmente de 1 a 5 % y la pendiente de los canales de drenaje es de 1% a 2%. La longitud y la pendiente se seleccionan en base a la capacidad de las instalaciones del drenaje. La capacidad de una tasa de flujo de las instalaciones de drenaje. Esta capacidad de flujo de las instalaciones se estima gracias a la ecuación de Maning. (Tchobanoglous G., 1994)

En vertederos más grandes estos se conectan los canales del drenaje a un sistema más amplio de recogida transversal.

2. Fondo de tuberías.- Un plan alternativo para la recogida de lixiviados, la zona del fondo se divide en una serie de tiras rectangulares con barreras de arcilla colocadas a distancia apropiadas. El espaciamiento de la barrera se corresponde con una celda de vertedero. Se procede a colocar la tubería, para la recogida del lixiviado longitudinalmente encima de la geomembrana. Los tubos para la recogida del lixiviado son de 11 cm y tienen perforaciones cortadas con láser, similares a un colador, sobre la mitad de la circunferencia. Los

espaciamientos para los tubos de recogida de lixiviados es de 6 m. y se cubren con capa de arena de 60 cm. Antes de comenzar el vertido. La primera capa de 1,2 m de residuos sólidos que se coloca directamente encima de la capa de arena no se compacta. (Tchobanoglous G., 1994)

Un rasgo único del diseño es el método utilizado para separar las aguas pluviales de la porción no utilizada del vertedero, y en esta porción se recogen las aguas pluviales en las líneas que al final se utilizarán para la recogida del lixiviado. Cuando se va a poner en funcionamiento la siguiente celda del vertedero se conecta la tubería para el lixiviado al sistema para la recogida del lixiviado y se tapa el tubo de la siguiente celda.

3. Instalaciones para separar, recoger y almacenar lixiviados.- El método recomendado por Tchobanoglous para la separación del lixiviado el tubo para la recogida es por el lateral del vertedero, cuando se utiliza este método debe tener mucho cuidado para asegurar que la estanqueidad donde el tubo penetra el vertedero sea total. Luego se utiliza un tubo de recogida inclinado localizado dentro del vertedero. Además existe una bóveda de acceso típica para la recogida del lixiviado. La capacidad del depósito dependerá del tipo de instalaciones disponibles y de la tasa máxima de descarga permisible en la instalación de tratamiento. Normalmente los depósitos se diseñan para la retención del lixiviado producido de 1 a 3 días, durante el período de máxima producción. (Tchobanoglous G., 1994)
4. Alternativas de gestión de los lixiviados.- La gestión de los lixiviados es clave para el cuidado del potencial riesgo de contaminar acuíferos subterráneos. Se han utilizado varias alternativas para gestionar el lixiviado recogido de los vertederos: (Tchobanoglous G., 1994)
 - a) Reciclaje del lixiviado.
 - b) Evaporación del lixiviado.
 - c) Tratamiento seguido de la evacuación.
 - d) Descarga de los sistemas municipales para la recogida de aguas residuales.

- Reciclaje de lixiviado

Un método efectivo para el tratamiento de lixiviados consiste en recogerlos y recircularlos a través del vertedero. Durante las primeras etapas del funcionamiento del vertedero, el lixiviado contendrá cantidades importantes de TDS, DQO y DBO₅, nutrientes y metales pesados. Cuando se recircula el lixiviado se diluyen y se atenúan los compuestos producidos por la actividad biológica y por otras reacciones químicas y físicas que se producen dentro del vertedero. Por ejemplo los ácidos presentes en el lixiviado se convertirán en CH₄ y CO₂. Por la subida del pH dentro del vertedero cuando se produce el CH₄, los metales se precipitarán y serán retenidos dentro del vertedero. Un beneficio extra del reciclaje de los lixiviados es la recuperación del gas de veredero que contiene CH₄, es decir las tasas de producción de gas es mayor en sistemas de recirculación de lixiviados. Para evitar la emisión incontrolada de gases de vertedero cuando se recicla el lixiviado para un tratamiento se deberá tener un sistema para la recuperación del gas. Finalmente será necesario recoger tratar y evacuar el lixiviado residual. En vertederos grandes será necesario proporcionar instalaciones para el almacenamiento de lixiviados. (Tchobanoglous G., 1994)

- Evaporación de lixiviados

Uno de los sistemas más sencillos para la gestión de lixiviados implica el uso de estanques recubiertos para la evaporación de lixiviados. El lixiviado que no se evapora se riega por encima de las porciones completadas del vertedero. En lugares lluviosos la instalación para el almacenamiento de lixiviados se cubre durante el invierno con una geomembrana, para excluir las aguas de lluvia. Se evacua el lixiviado mediante evaporación durante los meses cálidos de verano, destapando la instalación de almacenamiento y regando el lixiviado sobre las superficies del vertedero. Los gases olorosos que pueden acumularse debajo de la tapa superficial se extraen hacia un filtro de compost o suelo los lechos de suelo normalmente tiene una profundidad de 0,6 a 0,9m con tasas de carga orgánica de aproximadamente 1,6 a 0,4 kg/m³ de suelo. Cuando se destapa puede ser necesaria una aireación superficial para controlar los olores. (Tchobanoglous G., 1994).

- Tratamiento de lixiviados.

Cuando no es posible realizar el reciclaje de lixiviados ni la evaporación de los lixiviados, y además no es posible evacuarlos directamente a una instalación de tratamiento central. Será necesaria alguna forma de tratamiento completo. Como las características de los lixiviados pueden variar tanto se han utilizado varias opciones para el tratamiento del lixiviado. Procesos de tratamiento biológico (aeróbico y anaeróbico) y físico-químicos. Todo los procesos está en función del contaminante o contaminante que haya que separar. (Tchobanoglous G., 1994)

- Selección de instalaciones de tratamiento

El tipo de instalaciones de tratamiento utilizadas dependerá principalmente de las características del lixiviado y en segundo lugar de la localización geográfica y física del vertedero.

Las características más preocupantes del lixiviado incluyen (Tchobanoglous G., 1994):

- a) TDS, DQO, $(\text{SO}_4)^{-2}$, metales pesados.
- b) Cuando el TDS el alto, es decir $\text{TDS} > 50000 \text{ mg/l}$ puede ser difícil tratar biológicamente.
- c) Cuando $\text{DQO} =$ valores altos, se favorecen los procesos anaeróbicos, porque los procesos aeróbicos son caros.
- d) Concentraciones altas de sulfatos pueden limitar el uso de procesos de tratamiento anaeróbicos, debido a la producción de olores procedente de la reducción biológica de sulfatos a sulfuro.
- e) La toxicidad producida por metales pesados también es un problema con muchos procesos de tratamiento biológico.
- f) La capacidad de las instalaciones dependerá del tamaño del vertedero y de la vida útil esperada. La presencia de constituyentes tóxicos sin especificar a menudo es problemática en los vertederos que recibieron una gran diversidad de residuos, antes de que se implantasen normativas ambientales para controlar la operación de vertederos.

Una vez que se ha procedido a establecer un sistema de recolección de los lixiviados que se generan en el relleno, estos deben ser conducidos a un sistema de tratamiento con el fin de disminuir la alta carga contaminante que contiene el lixiviado.

Los diferentes métodos que existen para el tratamiento de lixiviados se resume en la Tabla 36:

Tabla 36

Resumen tratamientos lixiviados-Tchobanoglous

Proceso de tratamiento	Aplicación	Observaciones
Procesos biológicos		
Fangos activados	Separación de orgánicos	Puedan ser necesarios aditivos de desespumamiento, necesario clarificador separador
Reactores de lotes secuenciados	Separación de orgánicos	Similar a fangos activados, pero no se precisa un clarificador
Estanques aireados de estabilización	Separación de orgánicos	Requiere una gran superficie de terreno
Proceso de película fija	Separación de orgánicos	Frecuentemente utilizado con efluentes industriales similares a lixiviados pero no para vertederos.
Lagunas anaeróbicas	Separación de orgánicos	Requisitos de energía y producción de fangos menores que en los sistemas aeróbicos, requiere calefacción, mayor potencial para la inestabilidad del proceso
Nitrificación/des nitrificación	Separación de nitrógeno	La nitrificación/des nitrificación puede llevarse a cabo simultáneamente con la separación de orgánicos.
Procesos químicos		
Neutralización	Control de pH	De aplicación limitada para mayoría de lixiviados

CONTINÚA

Precipitación	Separación de metales y algunos aniones	Produce un fango que posiblemente requiera la evacuación como residuo peligroso.
Oxidación	Separación de orgánicos; detoxificación de algunas especies inorgánicas.	Funciona mejor con flujo de fluidos diluidos; el uso de cloro puede provocar la formación de hidrocarburos clorados.
Oxidación por aire húmedo	Separación de orgánicos	Costoso, funciona bien con orgánicos refractarios,
Procesos físicos		
Sedimentación/ flotación	Separación de materia en suspensión	Solo tiene una aplicación limitada; puede usarse conjuntamente con otros procesos.
Filtración	Separación de materia en suspensión	Solamente útil como proceso de afino
Arrastre por aire	Separación de amoníaco y orgánicos volátiles	Puede requerir equipamiento de control de la contaminación atmosférica.
Separación por vapor	Separación de orgánicos volátiles	Pueden requerir equipamiento de control
Absorción	Separación de orgánicos	Tecnología probada costes variables según lixiviado

CONTINÚA

Intercambio iónico	Separación de inorgánicos disueltos	Útil solamente como un paso de acabado
Ultrafiltración	Separación de bacterias y de orgánicos	Propenso al atascamiento, de aplicación limitada
Ósmosis inversa	Disoluciones diluidas de inorgánicos	Costoso necesario un pretratamiento extensivo
Evaporación	Cuando no se permite la descarga de lixiviados	Los fangos resultantes pueden ser peligrosos, puede ser costoso, excepto en zonas áridas.

Fuente: (Tchobanoglous G., 1994)

Tomando en cuenta la información obtenida se definió que el sistema para ser utilizado por el relleno sanitario como estudio de prefactibilidad es un pretratamiento con un sedimentador primario de doble cámara con un filtro biológico anaeróbico, debido a sus costos bajos y la calidad de fluido lixiviado a espera de tratar, aunque se define que se necesita un estudio más pormenorizado del fluido que deba a tratarse a través de toma de muestras en rellenos sanitarios cercanos y realizar su análisis respectivo en laboratorios certificados por la autoridad competente.

Las principales características que tiene el lixiviado se presentan en la Tabla 37:

Tabla 37
Tratamiento del lixiviado

SEDIMENTADOR PRIMARIO DE DOBLE CAMARA		
Tiempo detención =	0,844	días (6 Horas)
Volumen requerido =	36,46	m ³
Altura =	1,700	m
Ancho =	1,950	m
Área pared (Ap) =	3,315	m ²
Área orificios (Ao = 5 al 10 % Ap) =	0,166	m ²
Orificios con tubería de PVC D =	200	mm
Sección transversal tubo PVC	0,031	m ²
Número necesario de orificios =	5,276	
Número asumido de orificios =	6,000	
Longitud total =	11,00	m (Sedimentador)
Longitud cámara 1 =	4,40	m
Longitud cámara 2 =	6,60	m
Eficiencia en la remoción de DBO5 =	90	%
DBO5 remanente =	19	mg/l (Aceptable para ingreso al filtro)
FILTRO BIOLÓGICO		
Medio de Contacto =	Pétreos	(Gravas y arenas graduadas)
DBO5 efluente (Se) menor o igual a =	160	mg/l
DBO5 afluente (Si) =	19	mg/l
Caudal (Q) =	43,19	m ³ /día
Temperatura mínima media de la zona (T) =	23	°C (Por datos históricos)
Área específica del medio de contacto (As) =	75	m ² /m ³ (laboratorio)
Profundidad efectiva del filtro (Z) =	1,95	m
Ancho del filtro =	4,5	m
Largo del filtro =	10	m (adoptado)
Área transversal del filtro (A)=	45	m ²
Porosidad del medio de contacto (n) =	0,38	
Constante de velocidad de eliminación a 25 °C (K25)	0,05	m/d (kte)
$Kt = K_{25} * 1,08^{(T-25)}$	0,043	
$Se/Si = e^{-Kt * Z * As * A/Q}$	0,000	
Eficiencia en la remoción de DBO5 =	100	%
DBO remanente primer filtro =	0,01	mg/l
DBO remanente segundo filtro =	0,00	mg/l
Tiempo detención (TD)		
$TD = A * Z * n / Q$	0,77	días
	18,53	horas

Fuente: Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales. Eva Røben DED/ Loja, Ecuador 2002

Para el relleno sanitario de Cotacachi, se utilizará un tratamiento mediante un filtro ascendente anaerobio, precedido de un sedimentador de doble cámara, el diseño de este tipo de tratamiento está compuesto de las siguientes estructuras:

- Sedimentador biológico (primario) donde llegan los líquidos lixiviados en primera instancia después de ser recogidos a través del sistema de drenajes de lixiviados, esta fosa séptica tiene una capacidad aproximada de 2,9 m³, dividida en dos cámaras, una de 1,60 m³ y una segunda de 1,60 m³. Mediante estos dos primeros sedimentadores se pretende disminuir cerca del 30% la DBO₅ presente en los lixiviados.
- Filtro Biológico Anaerobio. Es un reactor en el cual la materia orgánica es estabilizada por la acción de microorganismos anaerobios. En este segundo proceso se espera llegar a la disminución de un 78% de la DBO₅ requerida por los líquidos, con una capacidad de 3,96 m³. Esta asociación en serie entre una fosa séptica que es un reactor resistente a variaciones cuantitativas y cualitativas del afluente como es la fosa séptica, tiene gran influencia en el rendimiento del filtro biológico.

Por lo tanto para garantizar un tratamiento adecuado, se plantea el diseño del sedimentador primario de dos cámaras (fosa séptica) en serie y a continuación de igual manera en serie un filtro biológico de flujo ascendente.

Después de pasar por el sistema de tratamiento de filtro por flujo ascendente anaerobio se dispondrá a los lixiviados en una planta de fitodepuración o humedal (Filtro aerobio), ubicado a continuación del sistema mencionado. El humedal requiere un área efectiva de 2,66 m² de área superficial con una profundidad de 0,60 m, el proyecto cuenta con un área de 14 m² (7m x 2m), con el objeto de evitar los puntos muertos que se estiman en los laterales de 0,50 m y longitudinalmente 1 m a cada lado, garantizando estar dentro de normas, además de una red con tubería de PVC perforada de diámetro 110 mm donde se permitirá el drenaje del lixiviado para su asimilación por parte de la cobertura de vegetación.

Es mediante este humedal y el desarrollo de la vegetación local por auto poblamiento, o se podrá usar pasto elefante o caña local, con lo cual que se espera que el efluente del DBO₅ se

encuentre dentro de las normas nacionales vigentes, lo que permitirá descargar a los cuerpos de agua del sector.

Se recomienda contar en la caja revisión de salida del efluente tratado con un sistema de bombeo para depositar los lixiviados directamente encima del relleno sanitario dependiendo de las condiciones de operación y clima, así permitir humedecer las áreas del relleno.

5.3.3 Dimensionamiento del Tratamiento de Lixiviados

Para el tratamiento de líquidos lixiviados se ha previsto un sistema de decantación primario, consistente en tanque de sedimentación de doble cámara y después de un filtro anaerobio de flujo ascendente, y para la disposición del efluente se contará con un lecho de fitodepuración (sistema de filtro y pantanal artificial), con el fin de lograr el efecto de pulimento para bajar la carga orgánica.

Para el diseño se utilizará el parámetro de diseño del período de retención de 1,5 días (Tchobanoglous G., 1994), como se tiene dos fosas sépticas en serie la longitud de cada fosa será: 1,0 m., y las fosas sépticas tendrán dispositivos de entrada, salida e inspección.

De acuerdo a la información y experiencias de remoción de DBO de una fosa séptica está en el orden de 30% y de hasta el 76% (Montes, 2008) básicamente por la retención de sólidos sedimentables, por lo cual asumimos una disminución del 30%, lo que significa que si adoptamos un afluente es de 20000,00 mg/l de DBO del efluente de las fosas séptica será de 14.000 mg/l.

Con el fin de reducir la carga de DBO en el efluente final, se ha planteado un tratamiento de tipo biológico, consistente en un filtro anaerobio de flujo ascendente con medio de contacto que favorezca el desarrollo de biopelícula y por lo tanto aumente la eficiencia del tratamiento.

El medio de contacto en el filtro está constituido por material pétreo con un granulometría que puede variar entre 4 cm y 7 cm, con una altura del lecho de 1,1 m.

La pared entre la fosa séptica y el filtro está compuesta de por una estructura que soporta el medio filtrante y a su vez por medio de orificios de 10 cm, en el primer tercio desde el fondo de la pared, los mismos que conduce el agua residual hacia el medio filtrante. En la parte superior

está dispuesto de una tubería perforada que recoge el agua tratada y la conduce hacia el efluente final.

La carga hidrostática mínima en el filtro debe ser de 0,10 m, por lo tanto, la salida del efluente del filtro debe estar 0,10 m más abajo del nivel de agua en la fosa séptica.

5.3.4 Control de Gases

Del análisis de las características de los residuos sólidos a disponerse en el relleno sanitario, alrededor del 73% corresponde a materia orgánica, la cual por efecto de la descomposición anaerobia producen emisiones gaseosas y están compuestas por diferentes tipos de gases.

Los principales componentes del biogás generado en los residuos sólidos son el metano y el dióxido de carbono; además en bajas concentraciones se tiene nitrógeno y ácido sulfhídrico; sin embargo, existen otros componentes a nivel traza que son importantes por sus posibles efectos sobre la salud humana. En el siguiente Tabla 38 se muestra la composición típica del biogás en un relleno sanitario.

Tabla 38

Composición y características típicas del biogás

Componente	% del Componente (volumen en base seca)
Metano	47.5
Bióxido de carbono	47.5
Nitrógeno	3.7
Oxígeno	0.8
Hidrocarburos aromáticos y cíclicos.	0.2
Hidrógeno.	0.1
Ácido sulfhídrico.	0.01
Monóxido de carbono.	0.1
Compuestos Trazas.	0.5
Temperatura (en la fuente).	41
Capacidad calorífica.	300-500
Gravedad específica.	1.04
Contenido de humedad.	Saturado
Hidrocarburos parafínicos.	0.1

Fuente: (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica, 2002)

5.3.5 Chimeneas de captación de gases

En caso de no facilitar la salida de los gases del interior del relleno, este buscaría la zona menos compactada para salir o podría ocasionar la formación de bolsas de gas al interior del mismo. Por esta razón, se ha dimensionado la ubicación y geometría de chimeneas de captación de gases conforme las recomendaciones de la bibliografía especializada como se resume a continuación:

- Se ubicarán las chimeneas sobre la última capa de la base preparada del relleno.
- Se ubicarán en forma de cuadrícula con un espaciamiento 25 m entre ellas, sobre los drenajes de lixiviados en la base del relleno.
- La sección de la chimenea será cuadrada de 0,16 m², a razón de 0,40 m por lado.
- Los aspectos constructivos de la chimenea serán en base al criterio de minimizar costos, por lo que se construirán con palos en los vértices y con malla de gallinero en su perímetro. A su interior se colocará piedra porosa, o cortada, obtenida de la mina local de 5 a 15 cm. de diámetro.
- Se ha previsto adicionalmente contar con una boquilla que permita la quema de los gases generados.

Esquema.

El esquema de la chimenea se lo muestra en la Figura 41:

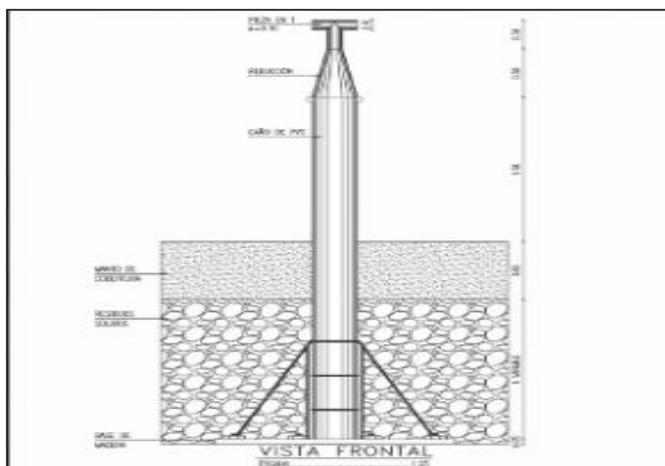


Figura 41 Esquema de chimenea.

Fuente: (Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica, 2002)

Las Chimeneas que se terminan durante la fase de construcción del relleno, deberá mantenérselas prendidas, y conforme siga aumentando el relleno se deberá seguir incrementando su altura utilizando la misma calidad de los materiales.

5.3.6 Obras Complementarias

a) Cerramiento

El cerramiento será:

- Cerramiento perimetral con postes de madera y 5 filas de alambre de púas galvanizado.
- Adjunto al cerramiento se realizará una siembra de arbusto endémico *Brugmansia sanguinea* M. (Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE); Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2015), este debido a la recomendación que hace (Tchobanoglous G., 1994), de no utilizar árboles sino arbustos endémicos para que sus raíces no dañen la geomembrana.
- Puerta de malla de acceso peatonal y vehicular.

b) Caseta de Control y bodega

Se ha establecido la construcción de una guardianía para el control de ingreso de personal y vehículos. Deberá disponer de facilidades para el personal, con baño y bodega para almacenar herramientas menores. Área aproximada: 10 m².

c) Tratamiento aguas servidas de las casetas de guardianía y control:

Estará constituido de:

- Una red interna de alcantarillado para el manejo de aguas servidas generadas en las diferentes unidades que permitirá descargar directamente en el sistema de tratamiento de líquidos lixiviados. Longitud de la red aproximada: 20 m.
- Sistema de tratamiento de líquidos lixiviados: Fosa séptica, filtro biológico y descarga.

d) Cisterna de agua potable:

Para el consumo de las diferentes unidades sanitarias, será necesario disponer de una cisterna de 6 m³. El suministro de agua se lo hará mediante tanqueros.

De igual forma serán necesarios todas las instalaciones de artefactos sanitarios y puntos de agua.

e) Vías internas y de acceso:

La vía de acceso es desde la carretera hacia Otavalo y contara con un acceso, esta vía permitirá el ingreso al relleno en condiciones de operación normales.

En el desarrollo de la implementación del relleno se utilizarán las plataformas como vías de acceso, iniciando en la cota 2824,00 m., esto permitirá obtener una buena movilización del tráfico dentro del área.

5.3.7 Proyecto paisajístico y cierre final

a) Arborización

Con el fin de minimizar los posibles impactos generados por la operación del relleno, así como el deterioro del paisaje y la acción del viento sobre los desechos de poco peso como son el papel y el plástico, se ha previsto la colocación de una cerca viva en base a la siembra de arbustos nativos *Brugmansia sanguinea* de acuerdo al libro rojo de plantas endémicas del Ecuador (Yanez, et al., 2011) utilizando la recomendación que hace (Tchobanoglous G., 1994), el de utilizar plantas endémicas de la zona, y con una altura mediana con características de rápido crecimiento, para que así pueda cumplir con su objetivo de realizar un amortiguamiento a los olores producidos y que el viento no pueda mover los desperdicios de densidad baja fuera del relleno y además mueva los olores a las poblaciones cercanas.

Esta cerca viva se sembrará junto al cerramiento de malla y alambre de púas a una distancia de cinco metro, y se lo realizará en todo el perímetro del lugar debido a que no se encuentran con estudios específicos de la dirección del viento en el sitio de Llumiragua.

b) Cobertura vegetal

El sitio se recuperará para que guarde el entorno con el paisaje natural y evitar la erosión del relleno, para lo cual se ha dispuesto que se contará con una cobertura de tierra vegetal o negra, la que permitirá el re-poblamiento natural de pasto en todo el relleno, este proceso será conforme se lleguen a los niveles finales previstos en el relleno.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. Los principales hallazgos del levantamiento de la línea base de la gestión de los residuos sólidos del cantón Cotacachi fueron los siguientes:
 - La administración del servicio de gestión de los residuos sólidos es competencia de la Jefatura de Higiene, en promedio se recolectan seis toneladas y media semanales en las parroquias de la Zona de Intag y se realiza la separación en la fuente de los residuos orgánicos e inorgánicos previo a su recolección y disposición final. En la zona de Intag existen centros de manejo para los residuos y un centro de lombricultura, sin embargo, permanecen dos botaderos a cielo abierto, uno en Apuela y otro en Vacas Galindo, la población beneficiada del servicio de recolección es el 16% del total, los residuos orgánicos suponen un 73 % mientras que el 27% son residuos inorgánicos según datos de la Dirección de Gestión Ambiental del GAD de Cotacachi.
2. La Producción Per Cápita de la zona de Intag es de 0,4659 kg/hab/día, tomando una población de 12455 habitantes (2018), una recolección de 6,5 toneladas de residuos a la semana y una cobertura del servicio de recolección del 16%. El volumen de residuos compactados para el año 2018 es de 3530,51 m³, y el volumen acumulado para 10 años es de 36110,16 m³ (2028), para los cuales se calcula un área total requerida de 8000 m² para el diseño del relleno sanitario.
3. El modelo espacial resultante para la determinación del sitio adecuado para el diseño del relleno sanitario se sustenta en 11 variables: Áreas Protegidas, Uso actual del suelo,

Bosques protectores, Cursos Hídricos, Riesgos de inundación y flujos de lodo, Riesgos Volcánicos, Distancia a centros educativos y centros de salud, Distancia vías de acceso, Distancia núcleos poblados y Pendientes; utilizando álgebra de mapas se obtuvo como resultado seis parcelas adecuadas para la ubicación del relleno sanitario, una en la parroquia de Vacas Galindo, dos en la parroquia de Peñaherrera y tres en la parroquia García Moreno.

4. Durante la visita in situ a cada una de las seis alternativas resultantes en compañía de representantes del GAD Municipal de Cotacachi, se determinó que todas cumplían con los criterios evaluados a través del Software.
5. Una vez evaluadas las seis alternativas por su calidad del paisaje, fragilidad del paisaje y cuenca visual, se determinó que la mejor alternativa era la cuarta, ubicada en la parroquia de García Moreno, en el sector de Llurimagua. El sitio fue evaluado y aprobado por el Departamento de Gestión Ambiental.
6. En los cálculos realizados se determinó que el área mínima requerida para cubrir las necesidades de disposición final de los residuos para los próximos diez años es de 8000 m². Por otro lado, el área del terreno seleccionado para la ubicación del relleno sanitario abarca una extensión total de 2,20 hectáreas, el diseño se lo realizó aprovechando el área total, siendo el área efectiva requerida de 20000 m², y el área restante utilizada para áreas de reciclaje y facilidades de operación del centro ambiental. Al final se logró optimizar la utilización del terreno siendo factible que la vida útil del relleno sanitario se alargue para más de 10 años.
7. En base a experiencias de trabajos previos realizados en Rellenos Sanitarios se determinó el diseño de una planta de tratamiento, que según las características del relleno sanitario y de los residuos sólidos se ajuste y permita cumplir con los parámetros de descargas a efluentes de acuerdo a la Legislación Ambiental ecuatoriana, esto a pedido de la Municipalidad de Cotacachi, sin embargo, es necesario que este tema sea desarrollado con más profundidad en investigaciones futuras.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Futuros proyectos de investigación pueden centrarse en generar un Plan de Gestión Integral para los residuos sólidos generados en la zona. Al determinar rutas de recolección y barrido que garanticen una mayor cobertura, óptimo número de carros recolectores y personal capacitado para realizar la recolección, además programas para el manejo de los residuos generados desde la fuente hasta que llegan al sitio de disposición final y concientización de la población a través de campañas de educación ambiental.
2. Aplicar la metodología empleada para la ubicación de proyectos similares de nuevos rellenos sanitarios, debido a que este optimiza tiempo y recursos a través del software ARC Gis y únicamente al final de su análisis se realiza la inspección de campo de las zonas finales de interés para determinar la parcela más conveniente para la administración local.
3. Realizar el estudio y cierre definitivo de los botaderos a cielo abierto, y realizar la remediación ambiental pertinente hasta que entre en funcionamiento el nuevo relleno sanitario para la zona de Intag.
4. Implementar un plan de mejora del servicio de recolección y de información a la comunidad de la zona de Intag, para mejorar el servicio de recolección diferenciada y que conforme siga aumentando su cobertura pueda optimizar su proceso de la manera más adecuada.
5. Incrementar la capacidad de la captación de desechos orgánicos (70% actualmente) para que pueda ser aprovechado en la lombricultura y pueda ser utilizado en beneficio de la comunidad de Intag.
6. Realizar la construcción del relleno sanitario apegado a las normas ambientales nacionales para que genere el menor impacto ambiental posible.
7. Realizar un estudio a mayor profundidad de los lixiviados con pretratamiento de un sedimentador primario de doble cámara y un filtro biológico anaeróbico para tratar los fluidos según la normativa ambiental vigente y cumplir con los parámetros ambientales de las descargas hacia los ríos.

6.3 BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, F. (Octubre de 2017). *Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de Capítulo 1 Cartografía y Geodesia. Sistemas de Información: <http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Asamblea Constituyente Ecuador. (20 de Octubre de 2008). Constitución de la República del Ecuador . *Constitución de la República del Ecuador* . Montecristi, Manabí, Ecuador: Registro Oficial del Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (8 de Febrero de 1971). Código de la Salud. *Código de la Salud*. Quito, Pichincha, Ecuador : Registro Oficial.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (19 de Octubre de 2010). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial del Ecuador.
- Asdrúbal, M. R. (2001). *Características geotécnicas e hidrogeológicas de sitios propuestos como rellenos sanitarios en costa rica*. Costa Rica.
- Benitez, J. (2012). *Estudio de Factibilidad técnica de ubicación de un relleno sanitario regional para los cantones de Santo Domingo de los Tsáchilas, El Carmén y La Concordia*. Quito, Ecuador: Universidad Católica .
- CEAMSE, Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado . (2017). *Funcionamiento de un Relleno Sanitario*. Buenos Aires, Argentina.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de los canales abiertos*. Bogota, Colombia: McGRAW-HILL.
- Consejo Nacional de Planificación República del Ecuador. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una vida*. Quito, Ecuador: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, Senplades.
- Dirección de Gestión Ambiental GAD Cotacachi. (2017). *Datos de recolección de residuos en la zona de Intag*.
- Fernandez, I. (2010). *Diseno y Factibilidad de relleno sanitario manual para el municipio de la Libertad, Departamento de la Libertad*. El Salvador: Universidad de el Salvador.
- GAD Cotacachi. (2010). *Informe de diagnóstico de la situación actual del relleno sanitario del cantón Cotacachi*. Cotacachi.
- GAD Cotacachi. (2011). *Gobierno Autónomo descentralizado del Cantón Santa Ana de Cotacachi. Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territoria de Cotacachi*. Ecuador.

- GAD Cotacachi. (2015). *Auditoría Ambiental de cumplimiento y actualización del Plan de Manejo Ambiental del relleno Sanitario en Cotacachi*. Cotacachi.
- Giménez, M., & Cardozo, C. (2013). Localización óptima de relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) en el área metropolitana del Alto Paraná. *7mo Congreso de Medio Ambiente*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Ana de Cotacachi. (24 de 02 de 2014). Gobierno Autónomo Descentralizado de Santa Ana de Cotacachi-Consejo Municipal de Santa Ana de Cotacachi. Cotacachi, Imbabura, Ecuador: Gobierno Autonomo Descentralizado de Santa Ana de Cotacachi.
- Gutiérrez, J., Gómez, M., & Bosque, J. (2010). Simulalación de crecimiento urbano mediante evaluación multicriterio y TIG, en el Gran San Miguel de Tucumán Argentina. *Tecnologías de la Información Geográfica: La información geográfica al servicio de los ciudadanos*, 873-888.
- INAMHI. (2005). *Instituto Nacional de meteorología e hidrología. Historial de precipitaciones Nacional*. Ecuador.
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo de Población y Vivienda*. Ecuador.
- INEC. (2013). *Instituto Nacional de estadísticas y Censos. Estadísticas Vitales*. Ecuador.
- Instituto Geográfico Militar IGM. (2007). *Cartografía base 1:50000*. Quito.
- Instituto Geográfico Militar IGM. (2016). *Cartografía base 1:50000-1:100000*. Quito.
- Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI). (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. Quito, Ecuador: INHAMI.
- International Geosynthetic Society (IGS). (2015). Terminología Normalizada para Geosintéticos. *ASTM D4439*.
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Colombia.
- MAE. (31 de Julio de 2013). Ministerio del Ambiente. Acuerdo 068 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador (TULSMA). *Acuerdo 068 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente del Ecuador (TULSMA)*. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial del Ecuador.

- MAE. (2015). *Ministerio del Ambiente. Acuerdo Ministerial 061. Reforma del Libro VI de la legislación Secundaria*. Quito: Registro Oficial del Ecuador.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2010). *ajo este contexto, el Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente, en abril del año 2010, crea el PROGRAMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS PROGRAMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS (PNGIDS)*. Quito, Ecuador: MAE.
- Ministerio del Ambiente-Perú. (2008). *Guía de: Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*. Lima.
- Montes, R. R. (2008). Disminución de la carga contaminante orgánica del efluente de las cámaras sépticas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales domesticas en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. *Bolivia Tecnociencia universitaria.*, 1-10.
- Naciones Unidas. (2017). *Consejo Económico y Social. Progresos en los logros de los Objetivos Desarrollo Sostenible*.
- OPS/CEPIS. (2002). *Organización Panamericana de la Salud. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES*. Antioquia, Colombia.: Organizacion Mundial de la Salud.
- Ordoñez, G. A. (2000). *Salud ambiental:conceptos y actividades*. Guayaquil Ecuador: SciELO Public Health.
- Pazmiño, L. (2010). *Relleno sanitario de la Isla San Cristobal, Provincia de Galápagos. Diseno e Impermeabilización*. Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Portaluppi, I. L. (2014). *Información de membrana PVC y de HDPE*. Buenos Aires: Criar peces .
- Roben, E. (2002). *Diseno, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*. Ecuador: Municipio de Loja, Dirección de Higiene.
- Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica. (2002). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales*. Loja: GAD Municipal de Loja.
- Tchobanoglous G., T. H. (1994). *Gestión Integral de residuos sólidos*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- USDA Forest Service. (1974). *National forest landscape management, Volume 2, chapter 1: the visual management system*. Washington, District of Columbia.: United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook 462. U.S. Government Printing Office.
- Yanez, Valencia, Pitman, Endara, Ulloa, & Navarrete. (2011). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2da edición*. Quito, Ecuador: Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Zapata, A., & Zapata, E. (2012). *Un método de gestión ambiental para evaluar rellenos sanitarios*. Colombia.