UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:

LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

AUTOR: **Carlos Luis Gordillo Rodas**

TUTOR: **Ing. Vinicio Macas Espinosa, MSc.**

GUAYAQUIL, ABRIL 2019

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 4

Guayaquil, 20 de Febrero de 2019

Ingeniero
Vinicio Macas Espinosa, MSc.
DIRECTOR (E)
INGENIERÍA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación ***LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*** *del estudiante CARLOS LUIS GORDILLO RODAS, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:*

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

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

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, ***CERTIFICO****, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.*

Atentamente,

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Naturales
CERTIFICO
GESTOR TITULACIÓN

VINICIO XAVIER MACAS ESPINOSA
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.I. 0704536838

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 5

RÚBRICA DE EVALUACIÓN TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del Trabajo: LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
Autor(s): Carlos Luis Gordillo Rodas

ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE MÁXIMO	CALF.
ESTRUCTURA ACADÉMICA Y PEDAGÓGICA	**4.5**	**4.5**
Propuesta integrada a Dominios, Misión y Visión de la Universidad de Guayaquil.	0.3	0.3
Relación de pertinencia con las líneas y sublíneas de investigación Universidad / Facultad/ Carrera	0.4	0.4
Base conceptual que cumple con las fases de comprensión, interpretación, explicación y sistematización en la resolución de un problema.	1	1
Coherencia en relación a los modelos de actuación profesional, problemática, tensiones y tendencias de la profesión, problemas a encarar, prevenir o solucionar de acuerdo al PND-BV	1	1
Evidencia el logro de capacidades cognitivas relacionadas al modelo educativo como resultados de aprendizaje que fortalecen el perfil de la profesión	1	1
Responde como propuesta innovadora de investigación al desarrollo social o tecnológico.	0.4	0.4
Responde a un proceso de investigación – acción, como parte de la propia experiencia educativa y de los aprendizajes adquiridos durante la carrera.	0.4	0.4
RIGOR CIENTÍFICO	**4.5**	**4.5**
El título identifica de forma correcta los objetivos de la investigación	1	1
El trabajo expresa los antecedentes del tema, su importancia dentro del contexto general, del conocimiento y de la sociedad, así como del campo al que pertenece, aportando significativamente a la investigación.	1	1
El objetivo general, los objetivos específicos y el marco metodológico están en correspondencia.	1	1
El análisis de la información se relaciona con datos obtenidos y permite expresar las conclusiones en correspondencia a los objetivos específicos.	0.8	0.8
Actualización y correspondencia con el tema, de las citas y referencia bibliográfica	0.7	0.7
PERTINENCIA E IMPACTO SOCIAL	**1**	**1**
Pertinencia de la investigación	0.5	0.5
Innovación de la propuesta proponiendo una solución a un problema relacionado con el perfil de egreso profesional	0.5	0.5
CALIFICACIÓN TOTAL *	**10**	**10**
* El resultado será promediado con la calificación del Tutor Revisor y con la calificación de obtenida en la Sustentación oral.		

Vinicio Xavier Macas Espinosa
Tutor de trabajo de titulación
No. C.I. 0704536838

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Naturales SECRETARÍA

RECIBIDO
HORA 9:15
21 FEB 2019
Herlinda Flores Freire

fecha: 20 de Febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 6

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado VINICIO XAVIER MACAS ESPINOSA, tutor del trabajo de titulación, certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por CARLOS LUIS GORDILLO RODAS, C.C.: 0950727511, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Ambiental.

Se informa que el trabajo de titulación: ***LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA,*** *ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 1 % de coincidencia.*

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document:	DOCUMENTO_CARLOS_GORDILLO_URKUND.docx (D48108507)
Submitted:	2/20/2019 3:43:00 AM
Submitted By:	vinicio.macase@ug.edu.ec
Significance:	1 %

https://secure.urkund.com/view/46985668-447586-774694

VINICIO XAVIER MACAS ESPINOSA
Tutor del trabajo de titulación
C.I. 0704536838

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL Facultad de Ciencias Naturales CERTIFICO

RECIBIDO
HORA 21 FEB 2019
9:15
Herlinda Flores Freire

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 7

Guayaquil, Martes 12 de Marzo de 2019

Señor Ingeniero
Vinicio Macas Espinosa, MSc.
DIRECTOR (E) DE LA CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

*Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**, del estudiante **Carlos Luis Gordillo Rodas**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimento de los siguientes aspectos:*

Cumplimiento de requisitos de forma:

- *El título tiene un máximo de 20 palabras.*
- *La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.*
- *El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.*
- *La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.*
- *Los soportes teóricos son de máximo 10 años.*
- *La propuesta presentada es pertinente.*

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

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

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

*Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante **Carlos Luis Gordillo Rodas** está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.*

RECIBIDO
HORA 12 MAR 2019
15:23
Herlinda Flores Freire

Atentamente,

José Luis Sánchez Cortez Ph.D.
C.I. 0917546913

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Naturales
CERTIFICO
GESTOR TITULACIÓN

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 8

RÚBRICA DE EVALUACIÓN MEMORIA ESCRITA TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del Trabajo: *LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*

Autor(s): *Carlos Luis Gordillo Rodas*

ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE MÁXIMO	CALF.	COMENTARIOS
ESTRUCTURA Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA	3	3	
Formato de presentación acorde a lo solicitado	0.6	0.6	
Tabla de contenidos, índice de tablas y figuras	0.6	0.6	
Redacción y ortografía	0.6	0.6	
Correspondencia con la normativa del trabajo de titulación	0.6	0.6	
Adecuada presentación de tablas y figuras	0.6	0.6	
RIGOR CIENTÍFICO	6	6	
El título identifica de forma correcta los objetivos de la investigación	0.5	0.5	
La introducción expresa los antecedentes del tema, su importancia dentro del contexto general, del conocimiento y de la sociedad, así como del campo al que pertenece	0.6	0.6	
El objetivo general está expresado en términos del trabajo a investigar	0.7	0.7	
Los objetivos específicos contribuyen al cumplimiento del objetivo general	0.7	0.7	
Los antecedentes teóricos y conceptuales complementan y aportan significativamente al desarrollo de la investigación	0.7	0.7	
Los métodos y herramientas se corresponden con los objetivos de la investigación	0.7	0.7	
El análisis de la información se relaciona con datos obtenidos	0.4	0.4	
Factibilidad de la propuesta	0.4	0.4	
Las conclusiones expresa el cumplimiento de los objetivos específicos	0.4	0.4	
Las recomendaciones son pertinentes, factibles y válidas	0.4	0.4	
Actualización y correspondencia con el tema, de las citas y referencia bibliográfica	0.5	0.5	
PERTINENCIA E IMPACTO SOCIAL	1	1	
Pertinencia de la investigación/ Innovación de la propuesta	0.4	0.4	
La investigación propone una solución a un problema relacionado con el perfil de egreso profesional	0.3	0.3	
Contribuye con las líneas / sublíneas de investigación de la Carrera/Escuela	0.3	0.3	
CALIFICACIÓN TOTAL* **10**		10	

* El resultado será promediado con la calificación del Tutor y con la calificación de obtenida en la Sustentación oral.

José Luis Sánchez Cortez, Ph.D.
No. C.I. 0917546913

RECIBIDO
HORA 15:43
12 MAR 2018
fecha: martes 12 de marzo de 2018
Herlinda Flores Freire

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 10

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE GRADUACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	GORDILLO RODAS CARLOS LUIS		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	SÁNCHEZ CORTEZ JOSÉ PH.D. MACAS ESPINOZA VINICIO MSC.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES		
TERCER NIVEL:	INGENIERÍA AMBIENTAL		
GRADO OBTENIDO:	INGENIERO AMBIENTAL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	10 DE ABRIL DEL 2019	**No. DE PÁGINAS:**	162
ÁREAS TEMÁTICAS:	CIENCIAS AMBIENTALES		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	DESECHOS SÓLIDOS; PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO; RELLENOS SANITARIOS; SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.		

RESUMEN/ABSTRACT:
Los rellenos sanitarios son técnicas que confinan desechos sólidos en superficies reducidas para evitar los impactos que ocasionan los lixiviados y gases durante la descomposición de la materia orgánica; por lo tanto, dependiendo de su ubicación se producirán o no impactos al medio. El objetivo del presente estudio consistió en localizar los posibles lugares para un nuevo relleno sanitario en el cantón Naranjal, mediante el proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica. La metodología inició con caracterizar el actual relleno sanitario; puesto que, reflejó los inconvenientes relacionados con su ubicación. Es así como, mediante características preliminares y aspectos técnicos se determinaron componentes; los cuales, fueron ponderados e incorporados al proceso de análisis jerárquico; logrando así, determinar su importancia en los sistemas de información geográfica. Bajo este procedimiento se establecieron espacios de óptima idoneidad y se formaron ocho alternativas; entre las cuales, la cuarta destacó por su correcta posición ante los requisitos y adversidades que abarca un sitio de disposición final.

ADJUNTO PDF:	■ SI	☐ NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	**Teléfono:** 593 986464441	**E-mail:** cgordillo80@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	**Nombre:** Blga. Miriam Salvador Brito Msc.	
	Teléfono: 3080777 - 3080758	
	E-mail: info@fccnnugye.com miriam.salvadorb@ug.edu.ec	

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 11

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

Habiendo sido nombrado ***Ing. José Luis Sánchez Cortez, PhD.****, tutor revisor del trabajo de titulación* ***LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA****, certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por* **CARLOS LUIS GORDILLO RODAS,** *con C.I. No.* ***0950727511,*** *con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniera Ambiental, en la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Naturales, ha sido* ***REVISADO Y APROBADO*** *en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.*

Guayaquil, martes 12 de marzo de 2019

José Luis Sánchez Cortez Ph.D.
C.I. No. 0917546913

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Naturales
CERTIFICO
GESTOR TITULACIÓN

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN

ANEXO 12

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

Yo, **CARLOS LUIS GORDILLO RODAS** *con C.I. No. 0950727511, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es* ***LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA****, son de mi absoluta propiedad y* ***responsabilidad Y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN****, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente*

CARLOS LUIS GORDILLO RODAS
C.I. No. 0950727511

*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Facultad de Ciencias Naturales
CERTIFICO
GESTOR TITULACIÓN

ANEXO 13

LOCALIZACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Autor: *Carlos Luis Gordillo Rodas*

Tutor: *Vinicio Xavier Macas Espinosa*

Resumen

Los rellenos sanitarios son técnicas que confinan desechos sólidos en superficies reducidas para evitar los impactos que ocasionan los lixiviados y gases durante la descomposición de la materia orgánica; por lo tanto, dependiendo de su ubicación se producirán o no impactos al medio. El objetivo del presente estudio consistió en localizar los posibles lugares para un nuevo relleno sanitario en el cantón Naranjal, mediante el proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica. La metodología inició con caracterizar el actual relleno sanitario; puesto que, reflejó los inconvenientes relacionados con su ubicación. Es así como, mediante características preliminares y aspectos técnicos se determinaron componentes; los cuales, fueron ponderados e incorporados al proceso de análisis jerárquico; logrando así, determinar su importancia en los sistemas de información geográfica. Bajo este procedimiento se establecieron espacios de óptima idoneidad y se formaron ocho alternativas; entre las cuales, la cuarta destacó por su correcta posición ante los requisitos y adversidades que abarca un sitio de disposición final.

Palabras Claves: Desechos sólidos, proceso de análisis jerárquico, rellenos sanitarios, sistemas de información geográfica.

ANEXO 14

LOCALIZATION OF A SANITARY LANDFILL IN THE NARANJAL CANTON, THROUGH HIERARCHICAL ANALYSIS PROCESS BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Author: *Carlos Luis Gordillo Rodas*

Advisor: *Vinicio Xavier Macas Espinosa*

Abstact

The sanitary landfills are techniques that confine solid waste on reduced surfaces to avoid the impacts caused by leachates and gases during the decomposition of organic matter; therefore, depending on its location impacts to the environment will occur or not. The objective of this study was to locate the possible places for a new sanitary landfill in the Naranjal canton, through the process of hierarchical analysis based on geographic information systems. The methodology began with characterizing the current sanitary landfill; since, reflected the inconveniences related to its location. This is how, through preliminary characteristics and technical aspects components were determined; which, were weighted and incorporated into the hierarchical analysis process; thus achieving, determine its importance in geographic information systems. Under this procedure spaces of optimum suitability were established and eight alternatives were formed; among which, the fourth one stood out for its correct position before the requirements and adversities that a final disposal site includes.

***Keywords*:** Geographic information systems, process of hierarchical analysis, sanitary landfills, solid waste.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo investigativo a Dios, a mis padres Bolívar Gordillo y Lucía Rodas, a mis hermanos Darío y Andrea, a mis abuelos Carlos Rodas y Luz González, a mis familiares y amigos en general; puesto que, fueron mis bases fundamentales a lo largo de toda mi carrera universitaria y son las piezas claves en el desarrollo de mi vida personal.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser la luz de mi esperanza en los momentos más declives de mi vida. A mis padres por ser el motor y mayor fuente de inspiración a lo largo de todas mis decisiones; ya que, mediante paciencia, buenos valores e inmenso amor forjaron mi perseverancia por alcanzar todas las metas planteadas. A mis hermanos y abuelos que siempre estuvieron cuando los necesite. A los docentes que a lo largo de mi carrera universitaria me difundieron sus bastos conocimientos, pero en particular a mi tutor Vinicio Macas; puesto que, su amplia experticia contribuyó en la dirección técnica del presente trabajo investigativo. A mis amigos Ariana Plúas, Geordy Esmeralda, Arlette Cárdenas, Kevin Alvarado, Libia Bustamante, Erick Morales, Eduardo Pico, Jimmy McKee, Stefania Viñan, Henrry Carreño y Christian Lajones; los cuales, de manera indirecta contribuyeron en el desarrollo de esta investigación. Finalmente a mi gran amor, María Ximena, que con su apoyo incondicional y eterno cariño logré culminar este trabajo de forma satisfactoria.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 1

1. CAPÍTULO 1 3

1.1. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA 3

1.2. OBJETIVOS 4

1.2.1. Objetivo General 4

1.2.2. Objetivos Específicos 4

1.3. JUSTIFICACIÓN 5

1.4. DELIMITACIÓN 6

2. CAPÍTULO 2 8

2.1. ANTECEDENTES 8

2.2. MARCO TEÓRICO 9

2.2.1. Relleno sanitario 9

2.2.2. Las decisiones y los tomadores de decisiones 18

2.2.3. Proceso de Análisis Jerárquico 19

2.2.4. Sistemas de información geográfica 26

2.3. MARCO LEGAL 27

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador 2008 27

2.3.2. Código Orgánico del Ambiente 28

2.3.3. Código Orgánico Integral Penal 30

2.3.4. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización 31

2.3.5. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo 31

2.3.6. Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria 32

2.3.7. Ordenanza para la gestión integral de residuos sólidos en el cantón Naranjal 33

3. CAPÍTULO 3 34

3.1. METODOLOGÍA 34

3.1.1. Datos e insumos 34

3.1.2. Analizar las características de la zona donde se encuentra ubicado actualmente el relleno sanitario del cantón Naranjal 39

3.1.3. Visita técnica a las instalaciones del relleno sanitario 40

3.1.4. Establecer criterios y subcriterios para aplicar el proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica ... 44

3.1.5. Encuestas a profesionales expertos del tema sobre la jerarquización de los criterios y subcriterios 45

3.1.6. Obtener los pesos de los criterios y subcriterios aplicando el proceso de análisis jerárquico mediante la matriz de Saaty 46

3.1.7. Aplicar los pesos obtenidos y las ponderaciones establecidas mediante sistemas de información geográfica para conseguir resultados parciales de las zonas con mayor y menor idoneidad 47

3.1.8. Localizar los posibles lugares para el nuevo relleno sanitario de acuerdo a los criterios y subcriterios seleccionados 48

3.1.9. Evaluación de alternativas 51

3.1.10. Comparación de los sitios seleccionados para determinar la mejor opción de localización 54

4. CAPÍTULO 4 55

4.1. RESULTADOS 55

4.1.1. Características de la zona donde se encuentra ubicado actualmente el relleno sanitario del cantón Naranjal 55

4.1.2. Resultados durante y después de la visita técnica a las instalaciones 59

4.1.3. Análisis sobre la localización del relleno sanitario en el cantón Naranjal 62

4.1.4. Selección de criterios y subcriterios 63

4.1.5. Resultados a partir de las encuestas realizadas a los profesionales expertos del tema 72

4.1.6. Obtención y autentificación de pesos 74

4.1.7. Resultados parciales de las zonas con mayor y menor idoneidad a partir de los pesos obtenidos y las ponderaciones establecidas. 79

4.1.8. Posibles lugares para el nuevo relleno sanitario 84

4.1.9. Resultados sobre la evaluación de alternativas 99

4.1.10. Determinación de la mejor opción para el emplazamiento de un relleno sanitario mediante la comparación de los sitios seleccionadas 109

4.2. DISCUSIÓN 119

4.3. CONCLUSIONES 123

4.4. RECOMENDACIONES 125

BIBLIOGRAFÍA 127

ANEXOS 137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de Saaty. Representa los valores estandarizados para la elaboración de comparaciones pareadas. 21
Tabla 2: Igualdad en la matriz de comparaciones pareadas. Representación de la igualdad entre los elementos durante la evaluación en la matriz de comparaciones pareadas. 22
Tabla 3: Recíproca en la matriz de comparaciones pareadas. Representación de la recíproca entre los elementos durante la evaluación en la matriz de comparaciones pareadas. 22
Tabla 4: Cálculo de la priorización de elementos. Representación del cálculo de promedios normalizados. 23
Tabla 5: Relación de los promedios con su prioridad. Representación de la prioridad en los promedios. 24
Tabla 6: Evaluación entre alternativas. Representación de la evaluación entre alternativas en base a principios. 24
Tabla 7: Índice aleatorio de consistencia. Representación de índice aleatorio de consistencia de acuerdo al número de elementos. 25
Tabla 8: Datos e insumos. Compilación de datos e insumos digitales 35
Tabla 9: Textura de suelos. Determinación de la clase textural. 43
Tabla 10: Ejemplo de las matrices de comparaciones pareadas. Representación del análisis comparativo entre criterio o subcriterio 46
Tabla 11: Coordenadas Geográficas del relleno sanitario del cantón Naranjal. Representación de las coordenadas de ubicación del sitio de disposición final de los desechos sólidos naranjaleños. 55
Tabla 12: Análisis de textura. Representación de los resultados obtenidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 62
Tabla 13: Escala de ponderaciones para los subcriterios ambientales. Representación de la categorización de cada subcriterio ambiental de acuerdo a su codificación. 64
Tabla 14: Escala de ponderaciones para los subcriterios geológicos. Representación de la categorización de cada subcriterio geológico de acuerdo a su codificación. 66

Tabla 15: Escala de ponderaciones para los subcriterios sociales. Representación de la categorización de cada subcriterio social de acuerdo a su codificación..... 68
Tabla 16: Criterios. Comparación pareada entre criterios promediados. 72
Tabla 17: Subcriterios ambientales. Comparación pareada entre los subcriterios ambientales promediados 72
Tabla 18: Subcriterios geológicos. Comparación pareada entre los subcriterios geológicos promediados..... 73
Tabla 19: Subcriterios Sociales. Comparación pareada entre los subcriterios sociales promediados..... 73
Tabla 20: Pesos normalizados de cada criterio. Determinación de los pesos normalizados para cada criterio. 74
Tabla 21: Pesos normalizados de cada subcriterio ambiental. Determinación de los pesos normalizados para cada subcriterio ambiental. 74
Tabla 22: Pesos normalizados de cada subcriterio geológico. Determinación de los pesos normalizados para cada subcriterio geológico. 75
Tabla 23: Pesos normalizados de cada subcriterio social. Determinación de los pesos normalizados para cada subcriterio social. 75
Tabla 24: Relación consistencia. Autentificar la validez de los pesos normalizados. 76
Tabla 25: Ponderación de Valores. Escala de los valores ponderados. 82
Tabla 26: Codificación de los valores. Representación de la codificación conforme a sus valores. 83
Tabla 27: Naranjal durante los censos de población y vivienda 2001 y 2010. Representación de la cantidad poblacional de Naranjal en los censos 2010 y 2001. 86
Tabla 28: Número de habitantes por centros poblados. Representación de la cantidad de habitantes por centros poblados durante los censos de población y vivienda 94
Tabla 29: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos. Localización del relleno sanitario en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos. 95

Tabla 30: Comparación pareada de las alternativas respecto a los dos criterios. Comparación entre alternativas sobre la incidencia que tiene cada conflicto. 104
Tabla 31: Pesos normalizados de cada alternativa respecto a los dos criterios. Obtención de pesos a partir de la matriz de comparación pareada de las alternativas. 105
Tabla 32: Relación consistencia de los pesos normalizados de cada alternativa respecto a los dos criterios. Autentificar la validez de los pesos normalizados de cada alternativa. 106
Tabla 33: Sumatoria lineal ponderada de las alternativas evaluadas. Representación de la puntuación total que tienen las alternativas evaluadas. 110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio. 7
Figura 2: Representación de la estructura jerárquica a través de sus componentes. 20
Figura 3: Diagrama de flujo de la metodología 34
Figura 4: Triángulo de textura de suelos. 43
Figura 5: Clasificación por intervalos iguales.. 48
Figura 6: Ilustración de la imagen satelital Sentinel 2A el cantón Naranjal 52
Figura 7: Entorno del relleno sanitario del cantón Naranjal 56
Figura 8: Mapa Geológico del cantón Naranjal 56
Figura 9: Mapa de clase textural en horizontes superficiales del relleno sanitario.. 57
Figura 10: Mapa de clase textural en horizontes profundos del relleno sanitario.. 57
Figura 11: Mapa de permeabilidad de suelos en el relleno sanitario. 58
Figura 12: Retención de agua en los suelos 59
Figura 13: Localización de la calicata y las zonas con retención de agua en el relleno sanitario del cantón Naranjal 60
Figura 14: Presencia de agua en el fondo de la calicata 61
Figura 15: Clasificación de los subcriterios, criterios y criterios de restricción.. 63
Figura 16: Ponderaciones de cada subcriterio ambiental 65
Figura 17: Ponderaciones de cada subcriterio geológico 67
Figura 18: Ponderaciones de cada subcriterio social 69
Figura 19: Representación de los criterios de restricción 71
Figura 20: Representación gráfica del nivel de importancia que tiene cada criterio 77
Figura 21: Representación gráfica del nivel de importancia que tiene cada subcriterio ambiental 78
Figura 22: Representación gráfica del nivel de importancia que tiene cada subcriterio geológico 78
Figura 23: Representación gráfica del nivel de importancia que tiene cada subcriterio social 79

Figura 24: Criterio ambiental producto de la media ponderada..... 80
Figura 25: Criterio geológico producto de una media ponderada..... 80
Figura 26: Criterio social producto de una media ponderada..... 81
Figura 27: Zonas con mayor y menor idoneidad producto de la sumatoria lineal ponderada. 81
Figura 28: Reclasificación de las zonas con mayor y menor idoneidad 83
Figura 29: Zonas idóneas, no idóneas y regularmente idóneas con y sin restricción alguna.. 84
Figura 30: Zonas con extrema u óptima idoneidad para el emplazamiento de un relleno sanitario.. 85
Figura 31: Tasa de crecimiento poblacional..... 86
Figura 32: Crecimiento exponencial poblacional continuo.. 88
Figura 33: Población que contaría con el servicio de recolección de desechos sólidos..... 88
Figura 34: Producción anual de los desechos sólidos..... 89
Figura 35: Volumen de los desechos dispuestos en el cubeto..... 90
Figura 36: Material de cobertura usada por la cantidad de desechos sólidos depositados en el relleno sanitario..... 91
Figura 37: Área mínima requerida para depositar desechos sólidos de cada poblado 91
Figura 38: Área para un relleno sanitario mancomunado..... 92
Figura 39: Zonas Óptimas con el espacio necesario para el emplazamiento de un relleno sanitario.. 93
Figura 40: Número de habitantes del sector urbano en la parroquia Naranjal del año 2042 96
Figura 41: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos..... 97
Figura 42: Zonas ubicadas en sitios óptimos. 98
Figura 43: Alternativas presentes en las zonas de sitios óptimos 98
Figura 44: Extensión territorial de todas las alternativas 99
Figura 45: Dirección predominante del viento a través de los años 100
Figura 46: Conexión entre las vías de acceso y los centros poblados..... 100
Figura 47: Dirección predominante del viento a través de una imagen satelital.. 102

Figura 48: Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final.. 103
Figura 49: Representación de los pesos normalizados de cada alternativa respecto al criterio dirección predominante del viento..... 108
Figura 50: Pesos normalizados de cada alternativa respecto al criterio vías que interconectan con centros poblados..... 109
Figura 51: Dimensiones del relleno sanitario anteriormente calculado.. 111
Figura 52: Alternativa Cuatro..... 112
Figura 53: Análisis locativo de la alternativa cuatro en los subcriterios ambientales.. 113
Figura 54: Análisis locativo de la alternativa cuatro en los subcriterios geológicos.. 114
Figura 55: Análisis locativo de la alternativa cuatro en los subcriterios sociales.. 115
Figura 56: Alternativa cinco. 116
Figura 57: Análisis locativo de la alternativa cinco en los subcriterios ambientales.. 117
Figura 58: Análisis locativo de la alternativa cinco en los subcriterios geológicos.. 118
Figura 59: Análisis locativo de la alternativa cinco en los subcriterios sociales.. 119
Figura 60: Comparación entre la alternativa cuatro y cinco. 122

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Estructura de la encuesta dirigida a profesionales expertos del tema mediante matrices de comparaciones pareadas 137
Anexo 2: Solicitud a la máxima autoridad del cantón Naranjal..... 151
Anexo 3: Registro Fotográfico de la visita técnica..... 152
Anexo 4: Resultados del análisis de textura de suelo por el laboratorio de suelos del INIAP 155
Anexo 5: Resultados de las tres encuestas..... 157
Anexo 6: Comparación pareada para determinar el nivel de importancia que tiene cada criterio o conflicto frente al otro 161

INTRODUCCIÓN

Un relleno sanitario o un sitio de disposición final es una técnica que utiliza los principios de ingeniería para confinar los desechos sólidos en una superficie reducida; lo cual, prevé los impactos que puedan causar los lixiviados y gases por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Por otro lado Erazo (2016), asegura que, una de las partes más trascendentales en la gestión integral de desechos sólidos es la ubicación de los rellenos sanitarios; pues, dependiendo de las condiciones ambientales y sociales en las que se encuentre el sitio de disposición final, se garantizaran grandes o mínimos impactos al entorno de las instalaciones. No obstante, pese a la importancia de estas dependencias, generalmente en Latinoamérica estas actividades no se encuentran ubicadas acorde a los fundamentos ambientales o sociales; sino más bien, se localizan conforme a principios políticos (Quintero, 2016).

De este modo; si bien es cierto que, los rellenos sanitarios generan grandes repercusiones respecto a sus ubicaciones; también es necesario conocer que, la ausencia de estos en conjunto a los conflictos relacionados con el crecimiento poblacional, el consumo exacerbado de productos y la falta de reciclaje, reutilización y reducción de residuos sólidos provocan grandes afectaciones; las cuales, están vinculadas con el almacenamiento de grandes desperdicios en botaderos a cielo abierto (Cobos, Solano, Vera, & Monge, 2017).

En vista de todas las implicaciones que genera un relleno sanitario; se puede asegurar que, una adecuada zona para confinar los desechos sólidos de forma correcta contempla ser una estrategia para conseguir la sostenibilidad del territorio; mientras que, una inapropiada zona para almacenar desperdicios de forma incorrecta refleja ser una impericia en la gestión integral de desechos sólidos (Cobos *et al*., 2017).

Frente a estos escenarios, el cantón Naranjal puede destacar la existencia de un relleno sanitario dentro de su extensión territorial; pues, el diario Expreso (2012), aseguró que, desde el año 2012 el cantón cuenta con este servicio en el sector

rural; el cual, tiene una vida útil para 15 años. Por otra parte, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010), menciona que, la mayor actividad económica de la población naranjaleña en el sector rural se encuentra conformada por la agricultura, la ganadería, la pesca y la silvicultura.

En base a lo expuesto, un hito dentro de este estudio son las condiciones en la que se encuentra el actual sitio de disposición final de desechos sólidos, las cuales, bajo sistemas de información geográfica se caracteriza y se categoriza los componentes de su superficie; logrando así, demostrar las dependencias que tiene la zona de estudio en forma espacial (ArcGis Resource Center, s.f.).

Por otra parte, consumar la mitad de la vida útil de esta actividad y conocer a las repercusiones que genera una mala ubicación o una ausencia de esta infraestructura, conlleva a localizar espacios adecuados para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario; a lo cual, varias autoridades consideran a este procedimiento como una difícil decisión; dado que, las múltiples condiciones que engloban los aspectos técnicos de ubicación se convierten en incertidumbres al momento de una correcta elección.

A tenor de estas complicaciones, muchos autores en países desarrollados y en vías de desarrollo recomiendan que las autoridades tomen decisiones a partir del método establecido por Saaty (1980), denominado: proceso de análisis jerárquico; puesto que, el método consiste en evaluar múltiples criterios para lograr seleccionar la decisión u opción más adecuada. Aunado a esto, es importante señalar que este proceso puede sustentarse en los sistemas de información geográfica, ya que de igual forma al hito anterior, estos ayudan a procesar la información evaluada de forma espacial (ArcGis Resource Center, s.f.).

De esta forma, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo determinar la localización de los posibles lugares para un nuevo relleno sanitario en el cantón Naranjal, mediante el proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica.

1. CAPÍTULO 1

1.1. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

Desde el año 2012, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Naranjal inauguró al actual relleno sanitario en el sector rural de su extensión territorial; aludiendo que, al eliminar los botaderos a cielo abierto se reducirán los impactos ambientales y se mejorará la calidad de vida de los ciudadanos (Expreso, 2012). Sin embargo, Zapata & Zapata (2013), aseguran que, los rellenos sanitarios marcan el lugar de mayor trascendencia dentro de un sistema de gestión integral de desechos sólidos; debido que, concentran actividades de alto impacto durante la construcción y operatividad del sitio de disposición final; las cuales, dependiendo de su ejecución lograrían o no ocasionar efectos negativos sobre los diferentes medios, tales como: físico, biótico y social.

De acuerdo a las afirmaciones anteriores, Lopez, Anido, & Borzacconi (2017), consideran que, más allá de una correcta construcción y una adecuada operación, el éxito de un relleno sanitario recae en su localización; el cual, permitirá reducir los impactos generados por sus actividades. De este modo, Collazos (2013), menciona que, el sitio ideal para construir un relleno sanitario debe de preservar los recursos naturales, tales como: agua, aire, suelo y paisaje; y además, debe de proteger la salud y el bienestar de la comunidad.

Dentro de este marco, conocer el sitio donde se ubica o se ubicará un relleno sanitario es de mucha importancia; dado que, ayudará a determinar la posibilidad o no de contaminar un entorno; es por ello que, identificar aspectos del medio, tales como: tipo de suelo, distancia a cuerpos hídricos, planificación territorial, etc.; determinarán las zonas adecuadas para la ubicación de un sitio de disposición final de desechos sólidos.

De este modo, es necesario determinar si la ubicación del actual relleno sanitario que otorga sus servicios a la población naranjaleña se encuentra o no en una zona adecuada; dado que, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010),

señala que la mayor actividad económica en el sector rural de Naranjal es la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

Aunado a esto, es fundamental resaltar que el actual sitio de disposición final de desechos sólidos conlleva alrededor de la mitad de su vida útil; puesto que, el periodo de diseño de dicha infraestructura es de 15 años (Expreso, 2012). Por lo tanto, es de gran repercusión localizar zonas de óptima idoneidad para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario concerniente a la población futura del cantón; ya que, dependiendo de su ubicación se aumentarán o reducirán los impactos que genere el tratamiento de los desechos sólidos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar la localización de los posibles lugares para un nuevo relleno sanitario en el cantón Naranjal, mediante el proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las características de la zona donde se encuentra ubicado actualmente el relleno sanitario del cantón Naranjal.
- Establecer los criterios y subcriterios para aplicar el proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica.
- Localizar los posibles lugares para el nuevo relleno sanitario de acuerdo a los criterios y subcriterios seleccionados.
- Comparar los sitios seleccionados para determinar la mejor opción de localización.

1.3. JUSTIFICACIÓN

De manera preliminar, es trascendental mencionar que la insignia del cantón Naranjal radica en las 50000 hectáreas de manglares, lagunas y cerros que contiene la Reserva Ecológica Manglares Churute; pues en ellas, se pueden apreciar delfines, aves, monos aulladores, etc.; sin embargo, las zonas destinadas a la conservación y protección del cantón no solamente permanecen ahí; pues, dentro del sector rural del cantón se presentan cascadas, senderos, bosques e incluso una comunidad de origen Shuar (Gobierno Provincial del Guayas, 2017).

Sumado a ello, es notable resaltar que el sector rural no exclusivamente se destaca por la existencia de zonas de conservación y protección; dado que, el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010), indica que el progreso económico de muchas familias naranjaleñas se origina en la agricultura ganadería, silvicultura y pesca.

No obstante a lo descrito; es necesario argumentar que, el actual relleno sanitario está ubicado en el sector rural del cantón y además lleva la mitad de su vida útil (Expreso, 2012). Por lo cual, es relevante y necesario llevar a cabo el presente trabajo investigativo, no solamente por la caracterización del sitio de disposición final que indicará si la ubicación de esta actividad puede incrementar o reducir las afectaciones que normalmente genera el tratamiento de desechos sólidos al medio físico, biótico y social; ya que además, la próxima finalización de este ciclo operativo conlleva a localizar zonas con óptima idoneidad para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario en Naranjal.

Por lo tanto; es ampliamente importante mencionar que, por intermedio de la metodología que engloba el proceso de análisis jerárquico y las aplicaciones que tienen los sistemas de información geográfica se puede determinar si la ubicación de un relleno sanitario o la próxima ubicación de esta infraestructura se pueda generar o no afectaciones al medio en que se encuentra; ya que, basados en estos instrumentos se puede obtener resultados que cumplan con el rigor científico necesario.

1.4. DELIMITACIÓN

La presente investigación está orientada a caracterizar la ubicación del actual relleno sanitario y a localizar zonas con óptima idoneidad para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario que otorgue un servicio para toda su población naranjaleña; por esta razón, el área de estudio comprenderá todo el cantón Naranjal correspondiente a la provincia del Guayas, incluyendo de esta forma, las parroquias: Taura, San Carlos, Jesús María, Santa Rosa de Flores y Naranjal. De este modo, mediante información secundaria en formato shapefile (SHP) que ofrece el portal web http://www.ecuadorencifras.gob.ec/clasificador-geografico-estadistico-dpa/ del Instituto Nacional de Estadística y Censos, se puede delimitar que el cantón Naranjal abarca con 173207,37 hectáreas.

En este sentido, los límites geográficos de acuerdo a la Alcaldía de Naranjal (2018), son al Norte: Cantones Yaguachi y Durán; al Sur: Cantón Balao; al Este: Provincias de Cañar y Azuay; y al Oeste: El Canal de Jambelí.

De acuerdo al Instituto Espacial Ecuatoriano (2015), si bien es cierto que la superficie del cantón Naranjal está cubierta principalmente por la Reserva Ecológica Manglares Churute, por las zonas destinadas a la conservación y protección estricta, y por las zonas dirigidas hacia las actividades mixtas, ya sea de protección o producción maderera, también existen escasos terrenos con vegetación herbácea; los cuales, son considerados como un medio con viabilidad física en la que se puede aprovechar sostenible y sustentablemente sus extensiones.

Por otra parte, dentro de las fracciones territoriales que contiene el cantón existen actividades destinadas al sector rural, tales como: agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; así como también, existen actividades destinadas a lo antrópico, tales como: gasolineras, cementerios, complejos industriales, campamentos empresariales, red vial, relleno sanitario, zonas urbanas consolidadas y no consolidadas e incluso áreas en proceso de urbanización (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2015).

Por otro lado, el cantón también cuenta con actividades mineras dentro de su jurisdicción; las cuales, están conformadas por minería artesanal, libre

aprovechamiento y concesiones mineras (Agencia de Regulación y Control Minero, 2018). Aunado a esto, el Instituto de Investigación Geológico y Energético (2018), determina que, Naranjal presenta una Falla Geológica Activa Cuaternaria dentro de su división administrativa; la cual, está ubicada al Sur-Este del respectivo cantón.

A partir de las características expuestas en los párrafos anteriores, la figura número uno representa de forma general a cada una de ellas.

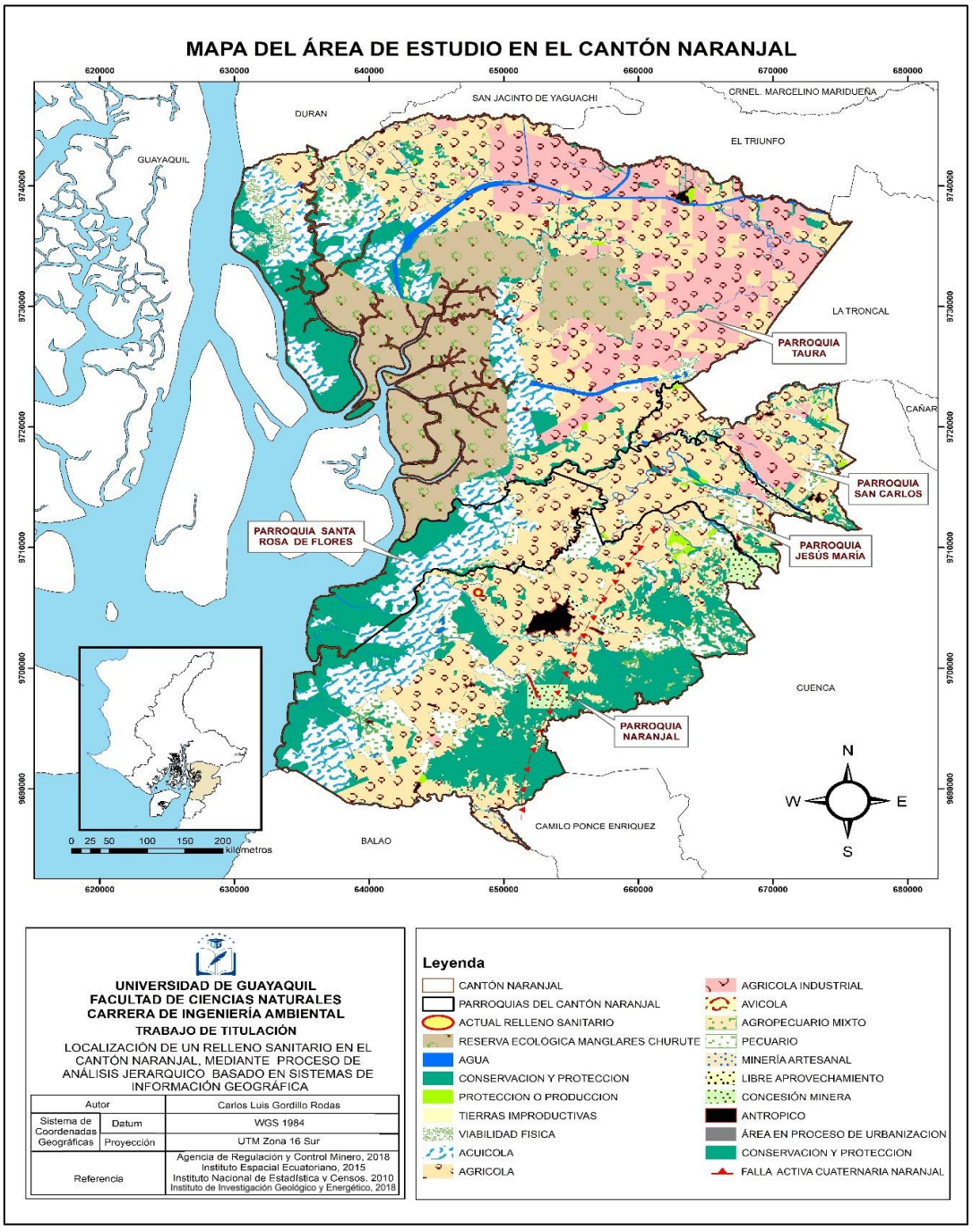

Figura 1: Área de estudio. **Fuente:** Autor.

2. CAPÍTULO 2

2.1. ANTECEDENTES

El proceso de análisis jerárquico es considerado en todo el mundo como una herramienta que evalúa múltiples criterios durante la toma de decisiones para la ubicación de proyectos de grandes dimensiones; por tal razón, el presente trabajo se fundamenta en casos de estudios internacionales y nacionales relacionados con la localización de rellenos sanitarios bajo procesos analíticos de jerarquías.

De acuerdo a lo ya expuesto, en el caso de Beijing, conocida internacionalmente como una de las ciudades con mayor índice de sobrepoblación en el mundo; por ello, Wang, Qin, Li, & Chen (2009), indicaron que, el alto porcentaje de habitantes, sumados a la gran cantidad de botaderos a cielo abierto y a la extensa superficie territorial poblada, originó problemas en el sistema de gestión de desechos sólidos de Beijing; lo cual, impulsó a localizar zonas adecuadas e inadecuadas para la ubicación de un relleno sanitario mediante el proceso de análisis jerárquico y los sistemas de información geográfica; pues, una infraestructura de desechos sólidos apropiada requiere múltiples criterios de evaluación; los cuales, incluyen criterios ambientales y económicos.

En Latinoamérica, Mena, Morales, Ormazábal, & Gajardo (2010), demostraron que, la escasa planificación territorial en el análisis y localización de rellenos sanitarios provoca conflictos ambientales, económicos y sociales al entorno, tal es el caso de la comunidad de Parral en Chile; la cual, producto de una inadecuada planificación territorial en sus límites administrativos, generó conflictos a las poblaciones circundantes del relleno sanitario; ocasionando así, el rechazo al desarrollo de sus actividades operativas.

Debido a esto, Mena *et al.* (2010), indicaron que, la solución para evitar los conflictos relacionados a la mala ubicación de rellenos sanitarios recae en la identificación de zonas idóneas para el emplazamiento de dichas instalaciones; las cuales, a través del método de análisis jerárquico en base a sistemas de información geográfica se logra definir a la zonas con mayor y menor idoneidad;

obteniendo así, una mayor equidad o justicia espacial en la distribución de las externalidades negativas.

En Ecuador, los sitios para la disposición final de desechos sólidos son la parte decisiva en los procesos de gestión territorial debido a las consecuencias ambientales, sociales y económicas que se generan en el medio; más aún, para los municipios que no cuenten con suficientes recursos económicos para financiar los estudios previos a la implementación de rellenos sanitarios, ocasionando que cada poblado cuente con botaderos a cielo abierto en sus extensiones territoriales; por este motivo, la identificación de áreas potenciales para la ubicación de rellenos sanitarios son de suma trascendencia (Cobos *et al.*, 2017).

De acuerdo a Cobos *et al.* (2017), cinco cantones de la provincia de Azuay contratan los servicios del relleno sanitario del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca debido a la inadecuada disposición final de sus desechos sólidos; por tal razón, los referentes autores mediante la evaluación de múltiples criterios basados en sistemas de información geográfica contribuyeron con los estudios previos para la implementación de un relleno sanitario mancomunado en la provincia de Azuay; es decir, identificaron áreas potenciales para la disposición final de desechos sólidos de los cinco cantones que no cuentan con este servicio.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Relleno sanitario

2.2.1.1. La importancia de los rellenos sanitarios en la sociedad

Según Velázquez (2008), el rápido desarrollo industrial y urbanístico ocasionan una sobreexplotación de recursos naturales y por ende la producción de grandes cantidades desechos sólidos; debido a que, la prevención, minimización, reutilización y reciclaje de los materiales empleados en la vida cotidiana a nivel

latinoamericano son de carácter indiferente; por esta razón, nace la necesidad de establecer sitios para implementar el adecuado tratamiento y disposición final de grandes cantidades de desperdicios.

Acorde al párrafo anterior, es necesario señalar a los métodos que dan tratamiento y disposición final o solamente dan alojamiento a grandes cantidades de desechos sólidos en Ecuador; los cuales, son los rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto; en vista de que, uno reduce impactos ambientales mediante técnicas, y el otro incrementa los impactos ambientales por su falta de control (Ministerio Ambiente Ecuador, s.f.).

En consecuencia, la Organización Panamericana de la Salud (2007), define que, los botaderos a cielo abierto son sitios donde no existe ningún control sanitario, ni criterio técnico que evite impactos negativos al aire, agua y suelo; debido a que, el abandono de los desechos sin separación y sin tratamiento alguno, produce gases, lixiviados, polvos y malos olores a su entorno; además, resultado de las mezclas de los desperdicios se forman hábitats de fauna nociva transmisora de múltiples enfermedades.

Al contrario, el relleno sanitario es una técnica que no solamente utiliza los principios de ingeniería para confinar los desechos sólidos en una superficie reducida; dado que, prevé los impactos que puedan causar los lixiviados y gases por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

De esta forma, el análisis comparativo entre los dos métodos demuestran una balanza desequilibrada entre la reducción o no de impactos ambientales; de los cuales, la contundente inclinación no solamente se deriva en los beneficios que brinda el relleno sanitario; puesto que, los vigentes marcos regulatorios nacionales agobian de carácter consecuente el correcto tratamiento y disposición final de desechos sólidos; mismos que, dictan su importancia en el marco legal del presente trabajo.

Por estas razones, Zapata & Zapata (2013), demuestran que, los rellenos sanitarios son de carácter trascendental en los Sistemas de Gestión Integral de Desechos Sólidos; debido a que, las técnicas aplicadas en los sitios de disposición final conllevan actividades de alto impacto comparadas con la

prevención, minimización, reutilización, reciclaje y recuperación energética; puesto que, manejar los desechos urbanos en los rellenos sanitarios pueden ocasionar o no impactos ambientales dependiendo del tratamiento y disposición final que le otorguen a los desperdicios dentro de sus instalaciones.

2.2.1.2. Tipos de desechos manejados en las instalaciones del relleno sanitario

Es imprescindible indicar que, los desechos sólidos urbanos manejados en las instalaciones de los rellenos sanitarios se clasifican en: desechos sólidos domiciliares y desechos sólidos comerciales (Ministerio Ambiente Ecuador, s.f.).

Coincidente a la clasificación de los desechos urbanos, el Ministerio Ambiente Ecuador (2003), define que, los desechos sólidos domiciliares suscitan a partir de los quehaceres realizados en los hogares o en cualquier establecimiento asimilable a este; mientras que, los desechos sólidos comerciales suscitan a partir de instalaciones comerciales y mercantiles; así como, plazas de mercado, bodegas, almacenes, hoteles, restaurantes y otros.

2.2.1.3. Cambios y reacciones de los desechos sólidos en las instalaciones de los rellenos sanitarios

Al contemplar los tipos de desechos sólidos urbanos que manejan los rellenos sanitarios, la Organización Panamericana de la Salud (2007), sostiene que, los desechos almacenados en los sitios de disposición final presentan una serie de cambios físicos y reacciones bioquímicas de manera simultánea e interrelacionada durante la descomposición de sus componentes.

Concorde al párrafo anterior, Röben (2002), mencionó que, los desechos sólidos urbanos siempre serán sujetos a cambios físicos y a procesos de biodegradación; dado que, desde la recolección hasta la recepción en sus respectivas instalaciones, la mayoría de los desechos sólidos urbanos se

encuentran en un proceso de descomposición continuo; por lo cual, forman un conjunto de fases denominadas aeróbicas y anaeróbicas.

De acuerdo a lo descrito, es necesario mencionar las diferencias que existen entre las fases mencionadas; pues, ambas tienen distintos cambios y reacciones durante su desarrollo.

De este modo, la fase aeróbica consiste en la descomposición de los desechos fácilmente biodegradables que se encuentran expuestos al oxígeno del medio (Röben, 2002). En cambio, las fases anaeróbicas corresponden a la descomposición de los desechos en ausencia de oxígeno mediante la aplicación o no aplicación del material de cobertura; dicho de otro modo, la falta de oxígeno que permite la descomposición de un volumen de desechos se debe a dos situaciones; al aislamiento de ciertos desechos concentrados en el interior de un montículo o a la aplicación de material de cobertura sobre el montículo de desechos (American Public Works Association, 1976).

No obstante, las diferencias expuestas en el párrafo anterior no demuestran todas las implicaciones que involucran a las respectivas fases; puesto que, también se debe incluir la temperatura del medio y las precipitaciones; dado que, ejercen todo su efecto en la parte superior y parcialmente en el interior del volumen de desperdicios; por lo cual, surgen cambios físicos y reacciones químicas de diferente manera (Kiss & Encarnación, 2006).

Es así como, Kiss & Encarnación (2006), alegan que, el cambio físico está correlacionado con los efectos que producen la temperatura y precipitación sobre las primeras capas del montículo de desechos sólidos; puesto que, las altas temperaturas y fuertes precipitaciones incitan a la cocción de sus respectivos componentes; lo cual, ocasiona una difusión de gases y emisión de olores.

Por otro lado, las reacciones químicas no están correlacionadas con la temperatura del medio, debido al material de cobertura o a la capa superior de desechos sólidos que separa a la parte interior del exterior; sin embargo, la parte interior está afectada por las temperaturas que ocasionan los procesos bioquímicos de descomposición en ausencia de oxígeno; los cuales, producen cantidades significativas de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Adicionalmente, la parte interior también se ve afectado por la infiltración de las precipitaciones; dado que, la percolación del agua a través de los montículos de desechos sólidos urbanos provoca una disolución o suspensión de los diferentes componentes que tienen los desechos; produciendo así, grandes cantidades de lixiviados en el interior de los montículos (Kiss & Encarnación, 2006).

2.2.1.4. Principios básicos en las instalaciones de los rellenos sanitarios

Es preciso mencionar que, el incremento o minimización de los cambios físicos y reacciones químicas dependen del tratamiento que reciben los desechos sólidos en las instalaciones del relleno sanitario, pues Greenpeace (2004), indica que, las técnicas utilizadas mayoritariamente por los rellenos sanitarios para reducir los impactos que normalmente se genera en la descomposición de desperdicios, van desde una simple aplicación de material de cobertura hasta una colocación de geomembranas, e incluso si el recurso económico lo amerita un sistema de recolección de lixiviados y tratamiento de gases.

2.2.1.5. Aspectos técnicos por considerar durante la selección de un sitio para el emplazamiento de un relleno sanitario

Una vez conocida la importancia de un relleno sanitario, es necesario considerar los aspectos más adecuados para el emplazamiento de un relleno sanitario; dado que, dependiendo de la idoneidad del lugar se incrementarán o se reducirán los impactos que generalmente producen los desechos sólidos urbanos durante su degradación.

De esta forma, Umaña (2002), asegura que, los aspectos técnicos a considerar durante la selección de un sitio para el emplazamiento de un relleno sanitario debe de estar basado en recomendaciones y experiencias de autores o entidades con pericia en el tema. Por lo tanto, varios autores y entidades mencionan que para ubicar un relleno sanitario es indispensable tener

información sobre el área de estudio; la cual, deberá contemplar los siguientes aspectos:

Geología. – El uso del mapa geológico ayudará a conocer el entorno general que tiene una infraestructura en el ámbito de la superficie terrestre; dado que, generaliza las formas geológicas del medio.

Pendientes. – El sitio de disposición final debe estar ubicado prioritariamente en terrenos con pendientes entre 3% y 12%; debido a que, la presente inclinación del terreno dará estabilidad a los montículos de desechos sólidos y facilitará la evacuación de lixiviados; por otro lado, los terrenos con pendientes menores a 3% y mayores a 25 % presentan dificultades durante el manejo de escorrentías y lixiviados; mientras que, los terrenos con pendientes entre 12 y 25% muestran pequeñas dificultades durante la operación (Collazos, 2013).

Textura del suelo. – Para efecto de localizar sitios idóneos con la finalidad de ubicar rellenos sanitarios, la textura no solamente es importante por demostrar los indicios de la permeabilidad del suelo; ya que además, determina el contenido relativo de partículas que tendrá el material de cobertura; por lo cual, Rodríguez (2008), asegura que, dependiendo del contenido relativo de partículas que tenga el material de cobertura se reducirá la infiltración y por ende la producción de lixiviados; y además, contribuirá a la evacuación controlada del biogás; puesto que, las altas concentraciones del biogás en el interior de los montículos de desechos sólidos pueden ocasionar incendios.

Por consiguiente, Röben (2002), considera que, los materiales más apropiados para la cobertura deben contener índices de arcilla o limo.

Conforme a lo explicado, Collazos (2013), alude que, los terrenos idóneos para la extracción del material de cobertura deben ser de textura franco arcillosa, franco limoso pesado, franco limo-arcilloso y arcillo limoso liviano; dado que, sus características demuestran baja permeabilidad y una evacuación controlada del biogás; por otro lado, los suelos con texturas arcillo limoso pesado y arcilloso presentan poca idoneidad debido a la escasa evacuación del biogás; mientras que, los terrenos cuya textura sean de inclinación arenosa deben ser evitados; puesto que, no cumplen con los requisitos necesarios para ser considerados materiales de cobertura.

Permeabilidad de la superficie del suelo. – Para determinar la aprobación o descarte de un probable sitio de disposición final, es necesario conocer con antelación la propensión con que la percolación o retención del agua ocurre a través de la superficie terrestre; en vista de que, su resultado definirá el nivel de contaminación a los subsuelos; o de ser el caso, los inconvenientes durante su operatividad (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Por lo tanto, Collazos (2013), señala que, si la permeabilidad de un terreno es inferior a $1x10^{-5}$ cm/s se puede considerar idónea; mientras que, si la permeabilidad es mayor a $1x10^{-5}$ cm/s el sitio debe de ser descartado o se debe implementar medidas que eviten la percolación de posibles lixiviados.

Acorde al párrafo anterior; es importante resaltar que, los suelos con nula idoneidad para el emplazamiento de rellenos sanitarios se caracterizan por tener un buen o mal drenaje; es decir, pueden causar filtraciones o retención de líquidos en la superficie; por consiguiente, estos tipos de suelos van desde una grava gruesa o arena mezclada con grava hasta una arena muy fina o inclusive arcillas homogéneas por debajo de una zona de intemperización; mientras que, los suelos idóneos se caracterizan tener una baja permeabilidad; por lo cual, es recomendable trabajar con arcillas modificadas por intemperización; puesto que, no tienen un buen y mal drenaje (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Sismicidad. - El presente aspecto se inclina por la presencia de fallas geológicas activas en los sitios de disposición final; dado que, representan una influencia de sismicidad en el medio; lo cual, puede afectar e impactar directamente la superficie del relleno sanitario; ocasionando así, cortes en los sellos inferiores e infiltración de lixiviados al subsuelo, destrucción en las instalaciones del relleno y desestabilización de los montículos de desechos sólidos (Badilla, Rojas, & Vargas, 2008).

De esta forma, Badilla *et al.* (2008), recomiendan que, durante la elección de las zonas más idóneas para el emplazamiento del relleno sanitario, se debe evitar ubicarlo por encima de una falla geológica activa.

Adicionalmente, la entidad United States Environmental Protection Agency (2018), indica que, todo sitio de disposición final de desechos sólidos no debe estar ubicado a menos de 60 metros de una falla geológica activa que incluya un

desplazamiento dentro de un periodo cuaternario, debido a que la zona presenta condiciones inseguras ante la construcción de una infraestructura.

Cuerpos hídricos. - Este define la relación que tendrá la localización del relleno sanitario respecto a los cuerpos hídricos presentes en el medio; debido a que, mientras el sitio de disposición final de desechos sólidos se encuentre lo más distante a cuerpos hídricos se impedirá posibles impactos a su entorno; de este modo, los lixiviados no afectarán a las fuentes más cercanas (Colomer, Altabella, García , & Herrera, 2013).

De acuerdo a las evidencias anteriores, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Naranjal (2012), estipula que, todo relleno sanitario no debe estar ubicado a menos de 200 metros de la fuente superficial próxima, en vista de que podría contaminar al medio.

Precipitaciones. – A través de este aspecto se identifica las posibles zonas para la disposición final de desechos sólidos; de modo que, dependiendo de su intervención se lograría o no producir lixiviados; y de ser el caso, filtraciones a las fuentes hídricas más cercanas (De León, Cruz, Dávila, Velasco, & Chapa, 2015).

Para tal efecto, Cobos *et al.* (2017), aluden que, los sitios donde acontecen precipitaciones desde 0 hasta 999 mm no presentan inconvenientes durante la operatividad de relleno sanitario; por otro lado, las precipitaciones que van desde 1000 hasta 2499 mm demuestran bajos inconvenientes durante la operatividad de los montículos de desechos sólidos; mientras que, las precipitaciones de igual o mayor nivel a 2500 mm presentan afectaciones a los montículos de desechos; dado que, ocasionarían mayor producción de lixiviados e incluso podrían originar impactos a las fuentes más cercanas.

Adicionalmente, Röben (2002), recomienda que, las zonas que presenten inundaciones permanentes o inclusive desbordamiento de ríos sean descartadas para el emplazamiento de rellenos sanitarios; a consecuencia de que, el contacto con los montículos de desechos sólidos provocaría una filtración de lixiviados al medio.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP). – El presente aspecto recae en la protección de Áreas Protegidas, tales como: Parques Nacionales, Reservas Biológicas, Reservas Ecológicas, Reserva Geobotánica, Reserva de Producción de Flora y Fauna, Refugio de Vida Silvestre, Reservas Marinas y Área Nacional de Recreación; en vista de que, cualquier actividad antropogénica lograría dañar el equilibrio ecológico de su entorno; por consiguiente, no es recomendable construir un sitio de disposición final dentro el área protegida (Röben, 2002).

En virtud de ello, Röben (2002), puntualiza que, si el relleno sanitario se encuentra a una distancia mayor de 1 km no ocasionará desequilibrios ecológicos en el área protegida; mientras que, si el relleno sanitario se encuentra a una distancia menor de 1 km ocasionará impactos en el equilibrio ecológico del área protegida.

Vías de acceso. – Es de mucha importancia considerar este aspecto durante la elección del sitio de disposición final; dado que, si no existen vías de acceso al relleno sanitario se tendrán que construir nuevos tramos; los cuales, provocan nuevos impactos ambientales en el entorno (Röben, 2002).

Para tal efecto, Röben (2002), asegura que, los sitios con mayor idoneidad para el emplazamiento de un relleno sanitario deben de encontrarse a una distancia menor de 500 metros de una vía de acceso existente; dado que, no se necesita construir o tan solo se necesita construir pequeños tramos de acceso; por otro lado, los sitios con poca idoneidad se encuentran a una distancia entre 500 y 1000 metros de una vía de acceso existente; lo cual, conlleva construir largos tramos de acceso; mientras que, los sitios sin idoneidad se encuentren a una distancia mayor de 1000 metros a una vía de acceso existente; puesto que, deberán de construir muchos tramos de grandes extensiones.

Centros Poblados. – El concurrente aspecto se reclina por la distancia entre los centros poblados y el sitio de disposición final de desechos sólidos; dado que, las emisiones del relleno sanitario y el tráfico de los vehículos colectores influyen o no a los centros poblados más próximos (Röben, 2002).

Por esta razón, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Naranjal (2012), estipula que, la distancia desde el sitio de disposición final de desechos sólidos a los centros poblados más cercanos no debe ser menor a 500

metros por causa de las molestias que generan la operatividad del relleno sanitario.

Uso del suelo. – Este aspecto se orienta en los beneficios que garantizan los procesos de planificación territorial; los cuales, logran reducir los impactos y conflictos que surgen en las comunidades; debido a que, mediante el reconocimiento del uso de suelo se evitan impactos hacia las zonas residenciales, zonas de protección y actividades productivas (Cárdenas, Robles, Colomer, & Piña, 2016).

Por lo tanto, Del Pozo (1991), asegura que, las zonas con mayor impacto durante el emplazamiento de un relleno sanitario serán áreas con características residenciales y de protección; debido a que, causan molestias a la comunidad y ocasionan alteraciones al equilibrio ecológico; por otro lado, las zonas con menor impacto durante el emplazamiento de un relleno sanitario demuestran áreas con elevada productividad; dado que, reflejan altos costos de expropiación; mientras que, las zonas improductivas no representan ningún impacto al entorno.

2.2.2. Las decisiones y los tomadores de decisiones

Según Lu, Zhang, Ruan, & Wu (2007), cada organización tiene sus objetivos y logran alcanzarlos por medio de criterios o requisitos implementados en el desarrollo de sus actividades; es así como, las autoridades que deseen alcanzar los objetivos de su organización deberán involucrarse a un proceso continuo de toma de decisiones; los cuales, priorizan los mejores criterios para el progreso de sus actividades. No obstante, es preciso señalar que, las decisiones al evaluar múltiples criterios pueden generar preferencias conflictivas para un grupo de autoridades o incluso para una sola autoridad de una organización.

La localización de zonas con óptima idoneidad para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario en un cantón es el claro ejemplo del conflicto que surge en la toma de decisiones para una o varias autoridades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados; pues, abarcar criterios relacionados con principios ambientales, geológicos y sociales durante la respectiva localización, puede

ocasionar un verdadero problema durante la elección de la decisión más adecuada.

Es por ello que, estas evidencias corroboran que las autoridades necesiten de un método que garantice seleccionar una opción de alta calidad; dicho de otra forma, los tomadores de decisiones necesitan de un proceso que contribuya en la elección de la mejor decisión durante el desempeño de esta actividad (Lu, Zhang, Ruan, & Wu, 2007).

2.2.3. Proceso de Análisis Jerárquico

Considerando que existen muchos métodos para resolver problemas en la toma de decisiones, el procedimiento más ajustado a resolver los conflictos del presente trabajo es el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés) diseñado por Saaty (1980), debido a que, el desarrollo de su metodología se basa en la evaluación de múltiples criterios; los cuales, permiten priorizar distintas opciones y posteriormente ayudan a seleccionar la opción más adecuada.

Por lo tanto, los tomadores de decisiones deberán proporcionar evaluaciones subjetivas sobre la importancia de cada uno de los criterios y a posteriori, especificarán la predilección a cada uno de ellos, organizando así, una estructura jerárquica integrada por criterios cualitativos o cuantitativos; la cual, reducirá las decisiones complejas en una serie de comparaciones que permitan privilegiar las diferentes evaluaciones (Taoufikallah, 2013).

De esta manera, el AHP, permite de manera eficiente y gráfica, ordenar la información respecto a una o varias decisiones conflictivas; consiguiendo así, descomponer y analizar a los criterios en subcriterios.

Es por ello, Martínez (2007), demuestra que, el AHP se estructura en tres etapas, las mismas que se distribuyen en la siguiente manera: como primera etapa tenemos a la formulación del problema de decisión en una estructura jerárquica, posteriormente encontramos a la valoración de los criterios o subcriterios y como última etapa, la priorización.

2.2.3.1. Primera etapa: La formulación del problema de decisión en una estructura jerárquica

En esta primera instancia, se realiza la formulación del problema procedente a la decisión de una estructura jerárquica; la misma que, involucra al participante o participantes a tratar de desglosar el problema en componentes relevantes tales como: objetivo general, criterios, subcriterios y alternativas (Martínez, 2007).

Conforme a lo expuesto, Martínez (2007), asegura que, el nivel más alto en una estructura jerárquica típica es el objetivo o también llamado problema de decisión, seguido por los criterios y subcriterios; los cuales, representan los elementos que afectan a la decisión, y el último nivel comprende a las alternativas u opciones de decisión. Dicha de otra manera la figura número dos detalla el orden expuesto por el referente autor.

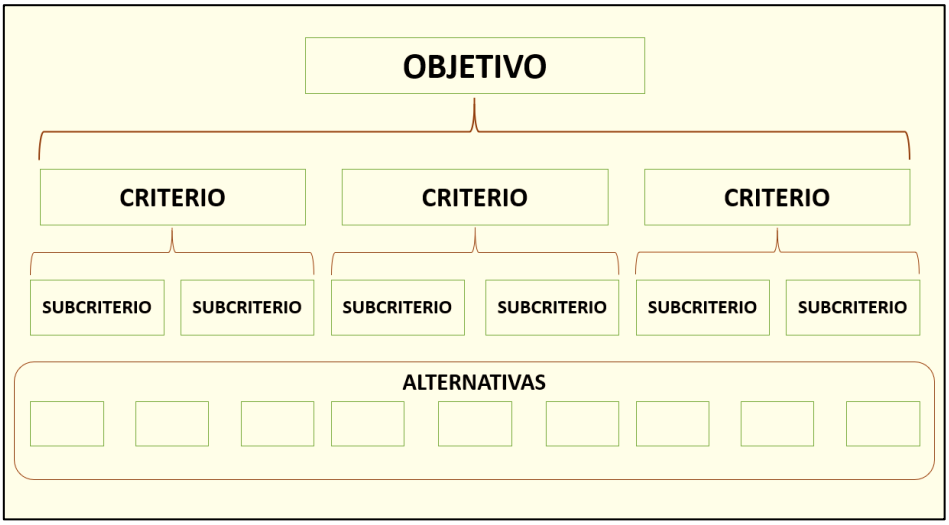

Figura 2: Representación de la estructura jerárquica a través de sus componentes. **Fuente:** Autor.

2.2.3.2. Segunda etapa: Valoración de los criterios o subcriterios

Luego de realizar la estructura jerárquica del problema, se da paso a la siguiente etapa; la cual, consiste en la valoración de los elementos; mismos que, permitirán al participante emitir juicios de valor en cada uno de ellos a través de una

comparación binaria; obteniendo así, reflejar la dominación relativa en términos de importancia, preferencia o probabilidad de un criterio y subcriterio frente a sus recíprocos (Martínez, 2007).

Es preciso mencionar que, Saaty al desarrollar la metodología AHP, estandarizó los valores de juicio para elaborar comparaciones binarias; consiguiendo de este modo, manifestar la inclinación del participante o los participantes mediante valores numéricos (Martínez, 2007).

Así, de esta forma, el profesor matemático Saaty (1980), permite comparar elementos cualitativos y cuantitativos a través de valores estandarizados, los cuales, representan su importancia en una escala del 1 al 9. En otros términos, la escala mencionada se encuentra explicada en la siguiente tabla.

Tabla 1: Escala de Saaty. Representa los valores estandarizados para la elaboración de comparaciones pareadas.

Juicios	**Valor**
Igual	1
Moderado	3
Fuerte	5
Muy Fuerte	7
Extremo	9
Valores intermedios a los anteriores cuando es necesario matizar	2, 4, 6 y 8

Fuente: Saaty (1980)

De acuerdo a Martínez (2007), el motivo de usar valores de juicio en las comparaciones binarias es el desarrollo de una matriz, la cual, comúnmente se denomina: Matriz de comparaciones pareadas.

Es así como Saaty (1980), elabora un ejemplo en su metodología para demostrar la funcionalidad de la matriz de comparaciones pareadas, la cual, consistía en comparar los elementos A, B, C y D en una matriz de 4 por 4, dando como resultado los siguientes principios:

- La evaluación de elementos iguales siempre tendrá el valor de 1.

Tabla 2: Igualdad en la matriz de comparaciones pareadas. Representación de la igualdad entre los elementos durante la evaluación en la matriz de comparaciones pareadas.

Matriz de comparaciones pareadas		
	A	B
A	1	
B		1

Fuente: Autor.

- Si la evaluación del elemento A demuestra que es moderadamente preferido o importante sobre el elemento B, su valor será de 3; por consiguiente, la evaluación recíproca del elemento B demuestra que es moderadamente menos preferido o importante sobre el elemento A, concluyendo así, un valor de 1/3.

Tabla 3: Recíproca en la matriz de comparaciones pareadas. Representación de la recíproca entre los elementos durante la evaluación en la matriz de comparaciones pareadas.

Matriz de comparaciones pareadas		
	A	B
A	1	3
B	1/3	1

Fuente: Autor.

2.2.3.3. Tercera etapa: Priorización

Finalizada la elaboración de la matriz de comparaciones pareadas, la metodología se inclina en el cálculo de la priorización de elementos; el cual, define la importancia de cada uno de ellos. Es preciso determinar que el cálculo de la priorización implica una evaluación matemática ineludible; de modo que, sintetiza los resultados en pesos o promedios normalizados. Por ello, Toskano (2005), organizó el cálculo de la priorización en tres sencillos pasos, mismos que serán descritos a continuación.

- Paso uno.- De forma preliminar, se deben de sumar todos los valores que se encuentren en cada columna de la matriz de comparaciones.
- Paso dos.- De manera sucesiva, se debe de dividir cada valor de la matriz de comparaciones con el resultado de la sumatoria de todos los valores de la columna; pues, de este modo se obtiene una matriz de comparaciones pareadas normalizada.
- Paso tres.- Por último, se debe calcular el promedio de los elementos que existen en cada renglón; los cuales, pertenecen al producto del anterior paso.

Dicho de otra forma, la tabla número cuatro describe de manera práctica lo sustentado.

Tabla 4: Cálculo de la priorización de elementos. Representación del cálculo de promedios normalizados.

Cálculo de la priorización de elementos					
Matriz de comparaciones pareadas			Matriz de comparaciones pareadas normalizada		
	A	B	A	B	Promedios Normalizados
A	1	3	1 / [1+(1/3)]	3 / (3+1)	Promedio (Elemento A)
B	1/3	1	(1/3) / [1+(1/3)]	1 / (3+1)	Promedio (Elemento B)
Suma Columna	1+(1/3)	3+1			

Fuente: Autor.

Aunado a lo expuesto, Saaty (1980), asegura que, el objetivo de realizar una evaluación matemática es expeler juicios correspondientes a la importancia de cada elemento; obteniendo así, la creación de escalas de prioridad a partir de promedios o pesos normalizados. En otras palabras, la tabla número cinco hace referencia sobre la relación de los promedios con su prioridad.

Tabla 5: Relación de los promedios con su prioridad. Representación de la prioridad en los promedios.

Relación de los promedios con su prioridad		
	Promedios normalizados	Prioridad de los elementos a partir de los promedios normalizados
A	Promedio (Elemento A)	Prioridad del elemento A
B	Promedio (Elemento B)	Prioridad del elemento B

Fuente: Autor.

De esta forma, la prioridad de cada uno de los elementos en sus respectivos grupos jerárquicos desarrollan principios dentro del análisis comparativo de cada una de las alternativas; es decir, la prioridad de los subcriterios y criterios forman un conjunto de principios, los cuales, evalúan el desempeño de cada una de las alternativas (Toskano, 2005).

Tabla 6: Evaluación entre alternativas. Representación de la evaluación entre alternativas en base a principios.

Evaluación entre alternativas		
	Criterios	
	Alternativa A	Alternativa B
Alternativa A	1	1/3
Alternativa B	3	1

Fuente: Autor.

Por último, Toskano (2005), asegura que, la decisión final requiere de una relación de consistencia a los juicios de valor establecidos dentro de las comparaciones pareadas; la cual, autentifica la validez de los juicios tomados por los decisores, debido a que generalmente las decisiones demuestran contradicciones sobre ellas mismas.

Para verificar la validez de los juicios, el iraquí Saaty (1980), propuso el cálculo de la relación consistencia (CR) a través de la siguiente fórmula:

$$CR = \frac{\text{CI}}{\text{RI}}$$

Donde RI es el índice aleatorio de consistencia; cuyo valor depende al orden de la matriz, o dicho de otro modo, depende al número de elementos (Saaty, 1980).

A continuación, un pequeño fragmento del índice aleatorio de consistencia:

Tabla 7: Índice aleatorio de consistencia. Representación de índice aleatorio de consistencia de acuerdo al número de elementos.

n	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54

Fuente: Saaty (1980).

Por otra parte, Saaty (1980) mencionó que, CI es el índice de consistencia, el cual se expresa de la siguiente forma:

$$CI = \frac{\lambda\, max\ -\ n}{n-1}$$

En el cual λmax es el promedio de las divisiones entre la multiplicación de pesos normalizados y juicios de valor con la sumatoria de las multiplicaciones; mientras que, n es el número de elementos (Saaty, 1980).

Adicionalmente, Saaty (1980), recomienda que, el valor de relación consistencia debe ser menor que 0,10 para que los pesos normalizados de los juicios emitidos dentro de la matriz de comparación pareada sean aceptables; de lo contrario, los pesos deberán ser parcialmente modificados para evitar incoherencias, además, dichas modificaciones deberán cuidar que los resultados sean consistentes con las preferencias establecidas por el decisor, dado que, cambios en los resultados afecta a la calidad de la decisión final.

2.2.3.4. Ventajas del proceso de análisis jerárquico ante los otros métodos de decisión multicriterio

Según Toskano (2005), las ventajas del uso de AHP, son:

- Los resultados se sustentan en una base matemática.
- Ayuda a separar y a estudiar la problemática en pequeñas partes.
- Favorece a la evaluación de criterios a partir de una escala común.
- Permite generar decisiones consensuadas desde pequeños grupos hasta grandes masas de personas.
- Contribuye a la autentificación de las respuestas generadas por los tomadores de decisiones bajo una relación de consistencia.
- Es un método fácil de usar y permite tomar decisiones que puedan ser sustentadas en bases de optimización.

2.2.4. Sistemas de información geográfica

De acuerdo con Peña (2005), la definición de los sistemas de información geográfica o también denominado por sus siglas SIG, se derivan de la división de dos puntos de vista; por un lado, los sistemas de información corresponden a la unión de la información y herramientas informáticas para el desarrollo analítico de sus objetivos concretos, tales como: programas o software; por otro lado, el término geográfica concierne a la información espacialmente explícita; es decir, incluye la localización en el espacio.

Según el Departamento de la Guajira (2007), los SIG permiten gestionar y analizar la información espacial a través de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar de manera coordinada y lógica en la captura, almacenamiento, transformación y presentación de toda la información geográfica y sus atributos; buscando de este modo, satisfacer múltiples necesidades de la comunidad.

Además, Sáenz (1992), aseguro que, los SIG contienen una serie de beneficios para el desarrollo del análisis multicriterio en muchas eventualidades, dado que presentan instrumentos orientados al uso de información georreferenciada; facilitando así, evaluar elementos de juicio para la toma de decisiones. Esta labor se lleva a cabo principalmente con el uso de mapas (ArcGis Resource Center, s.f.).

Por otra parte, el empleo de los SIG también se enlazan con el uso de imágenes satelitales en vista de que ofrecen grandes ventajas, tales como: cobertura periódica y global de la superficie terrestre, homogeneidad en la toma de datos e información de regiones no visibles del espectro (Chuvieco, 1995).

Es conclusión, el propósito de los SIG se enmarca en generar, compartir y usar útiles productos de información fundamentada en mapas que apoyan el trabajo de las organizaciones; así como también, impulsar a la generación y administración de información geográfica pertinente (ArcGis Resource Center, s.f.).

2.3. MARCO LEGAL

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador 2008

Legalmente el presente trabajo está amparado en la normativa jurídica suprema de los ecuatorianos, misma que, presenta por primera vez a nivel latinoamericano el reconocimiento de los derechos de la Naturaleza; logrando así, dignificar su existencia, persistencia y regeneración de sus ciclos vitales; por consiguiente, la Constitución de la República del Ecuador fomenta la protección y conservación de la Pacha Mama. Conforme a lo anteriormente expuesto, se citarán dos artículos de la Carta Magna.

> **Art 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 14).
>
> **Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la

introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 73).

Adicionalmente, la Constitución contempla estrategias adjudicadas a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, las cuales, priorizan el desarrollo sostenible mediante el control, manejo y decisión del uso de los recursos naturales, consiguiendo así, reducir los impactos negativos generados por alteraciones a zonas con alta biodiversidad.

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: …Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón; … 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 (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 264)

Art. 415.- "…Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos…" (Constitución de la República del Ecuador, 2008, art. 415).

2.3.2. Código Orgánico del Ambiente

Es necesario mencionar que, el Código Orgánico del Ambiente (COA) no solamente defiende los derechos de la naturaleza; dado que, la principal normativa del país en materia ambiental también garantiza a la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, tal es el caso de la Gestión Integral de Residuos y Desechos en el presente marco legal; puesto que, contribuye a través de un conjunto de políticas intersectoriales y nacionales el desarrollo sostenible de la sociedad. Concorde a lo mencionado, el COA abarca artículos que impulsan al desarrollo de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado por medio de la Gestión Integral de los Residuos y Desechos.

> **Art. 225.-** Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos. Serán de obligatorio cumplimiento, tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles y formas de gobierno, regímenes especiales, así como para las personas naturales o jurídicas,…El fomento de la investigación, desarrollo y uso de las mejores tecnologías disponibles que minimicen los impactos al ambiente y la salud humana;…El fomento al establecimiento de estándares para el manejo de residuos y desechos en la generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final (Código Orgánico del Ambiente, 2017, art. 225).

> **Art. 229.-** Alcance y fases de la gestión. "La gestión apropiada de estos residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana…" (Código Orgánico del Ambiente, 2017, art. 229).

Además, el COA en materia de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos No Peligrosos estipula obligaciones y responsabilidades para los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, los cuales, regulan el compromiso de la autoridad local con el ambiente y con el buen vivir de la población.

> **Art. 231.-** Obligaciones y responsabilidades. …Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo al principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. …Deberán dar tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente en un ciclo de vida productivo, implementando los mecanismos que permitan la trazabilidad de los mismos. Para lo cual, podrán conformar mancomunidades y consorcios para ejercer esta responsabilidad de conformidad con la ley… (Código Orgánico del Ambiente, 2017, art. 231).

2.3.3. Código Orgánico Integral Penal

Gracias al Código Orgánico Integral Penal, las sanciones por impactos ambientales no perderán vigencia, ni perecerán en el transcurso del tiempo; por lo tanto, es de carácter nacional salvaguardar los derechos a la naturaleza debido a las acciones legales que surgen por infringir contra la normativa vigente. Los artículos más relevantes en defensa a la Pachamama serán detallados a continuación.

> **Art. 245.-** Invasión de áreas de importancia ecológica. - "La persona que invada las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o ecosistemas frágiles, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años…" (Código Orgánico Integral Penal, 2014, art. 245).
>
> **Art. 251.-** Delitos contra el agua. - La persona que contraviniendo la normativa vigente, contamine, deseque o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años… (Código Orgánico Integral Penal, 2014, art. 251).
>
> **Art. 252.-** Delitos contra suelo. - La persona que contraviniendo la normativa vigente, en relación con los planes de ordenamiento territorial y ambiental, cambie el uso del suelo forestal o el suelo destinado al mantenimiento y conservación de ecosistemas nativos y sus funciones ecológicas, afecte o dañe su capa fértil, cause erosión o desertificación, provocando daños graves, será sancionada con pena privativa de libertad de tres a cinco años… (Código Orgánico Integral Penal, 2014, art. 252).
>
> **Art. 254.-** Gestión prohibida o no autorizada de productos, residuos, desechos o sustancias peligrosas. - La persona que, contraviniendo lo establecido en la normativa vigente, desarrolle, produzca, tenga, disponga, queme, comercialice, introduzca, importe, transporte, almacene, deposite o use, productos, residuos, desechos y sustancias químicas o peligrosas, y con esto produzca daños graves a la biodiversidad y recursos naturales, será

sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años… (Código Orgánico Integral Penal, 2014, art. 254).

2.3.4. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

A través de este Código Orgánico, los Gobiernos Autónomos Descentralizados dentro de sus extensiones territoriales impulsan a la protección y preservación de la biodiversidad mediante la disposición establecida en la gestión integral del manejo ambiental de la presente legislación.

Art. 431.- De la gestión integral del manejo ambiental. - "Los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo…" (Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, 2010, art. 431).

2.3.5. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo

Bajo esta Ley Orgánica, los Gobiernos Autónomos Descentralizados impulsan el desarrollo equitativo y equilibrado dentro de sus extensiones territoriales; de tal forma que, garantizan el derecho a un ambiente sano a través de una adecuada planificación territorial.

Art. 32.- Planes parciales.- "Los planes parciales tienen por objeto la regulación urbanística y de gestión de suelo detallada para los polígonos de intervención territorial en suelo urbano y en suelo rural de expansión urbana…" (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo, 2016, art. 32).

Art. 41.- Polígonos de intervención territorial.- "Los polígonos de intervención territorial son las áreas urbanas o rurales definidas por los planes de uso y

gestión de suelo, a partir de la identificación de características homogéneas de tipo geomorfológico, ambiental, paisajístico, urbanístico, socioeconómico e histórico cultural, así como de la capacidad de soporte del territorio, o de grandes obras de infraestructura con alto impacto sobre el territorio, sobre las cuales se deben aplicar los tratamientos correspondientes" (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo, 2016, art. 41).

Art. 61.- Derecho de adquisición preferente.- "El derecho de adquisición preferente es la facultad reconocida a favor de los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales o metropolitanos para adquirir aquellos predios identificados a través del planeamiento urbanístico con el propósito de propiciar la consolidación de sistemas públicos de soporte…" (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo, 2016, art. 61).

2.3.6. Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma del Libro VI Del Texto Unificado de Legislación Secundaria

De acuerdo a la finalidad de los artículos citados de la Constitución, COA, COIP y COOTAD; los botaderos a cielo abierto atentan contra el propósito de las normativas descritas, debido a que generan infiltración de lixiviados, contaminación a las fuentes hídricas más cercanas, generación de gases tóxicos por falta de control y proliferación de vectores; comportándose así, como un foco de impactos negativos para el ambiente y la sociedad.

De esta forma, la intervención de los GADs en el reconocimiento de zonas óptimas para la correcta disposición final de los desechos y la aprobación de los estudios de reconocimiento por parte de la autoridad ambiental competente es de gran beneficio, pues de esta forma se protege los derechos a la naturaleza y al de la calidad de vida de la población.

Art. 75 De la disposición final. - "… La selección del sitio para la disposición final, se lo realizará en base a un estudio técnico de alternativas que deberá ser aprobado por parte de la Autoridad Ambiental, en concordancia con la

normativa emitida para el efecto…" (Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, 2015, art. 75).

2.3.7. Ordenanza para la gestión integral de residuos sólidos en el cantón Naranjal

Con ayuda de la Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en el cantón Naranjal, las personas que viertan sus desechos en botaderos a cielo abierto o zonas no autorizadas serán severamente sancionadas, de este modo, el relleno sanitario es el único depósito con una correcta disposición final para los desechos naranjaleños, procurando así, evitar daños graves a la biodiversidad y los recursos naturales.

Art. 36.- La disposición final de los residuos sólidos urbanos no peligrosos solo podrán hacerse en el relleno sanitario municipal manejado técnicamente y con su respectiva licencia ambiental. Por lo tanto, los botaderos a cielo abierto están totalmente prohibidos y serán sancionadas aquellas personas que dispongan residuos en dichos lugares no autorizados (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Naranjal, 2012, art. 36).

Art. 44.- Contravenciones y Sanciones. - "Serán reprimidos con la multa del 75% de una RBU (Remuneración Básica Unificada) a quienes cometan… Arrojar escombros, materiales de construcción, chatarra, basura y residuos en general en la vía pública, quebradas y cauces de ríos, etc.…" (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Naranjal, 2012, art. 44).

3. CAPÍTULO 3

3.1. METODOLOGÍA

Los procedimientos acogidos en el presente trabajo investigativo establecen la base para caracterizar la zona del actual relleno sanitario del cantón Naranjal e identificar las zonas con mayor y menor idoneidad para el emplazamiento de un nuevo sitio de disposición final de desechos sólidos. De esta manera, la metodología aplicada se describe a continuación.

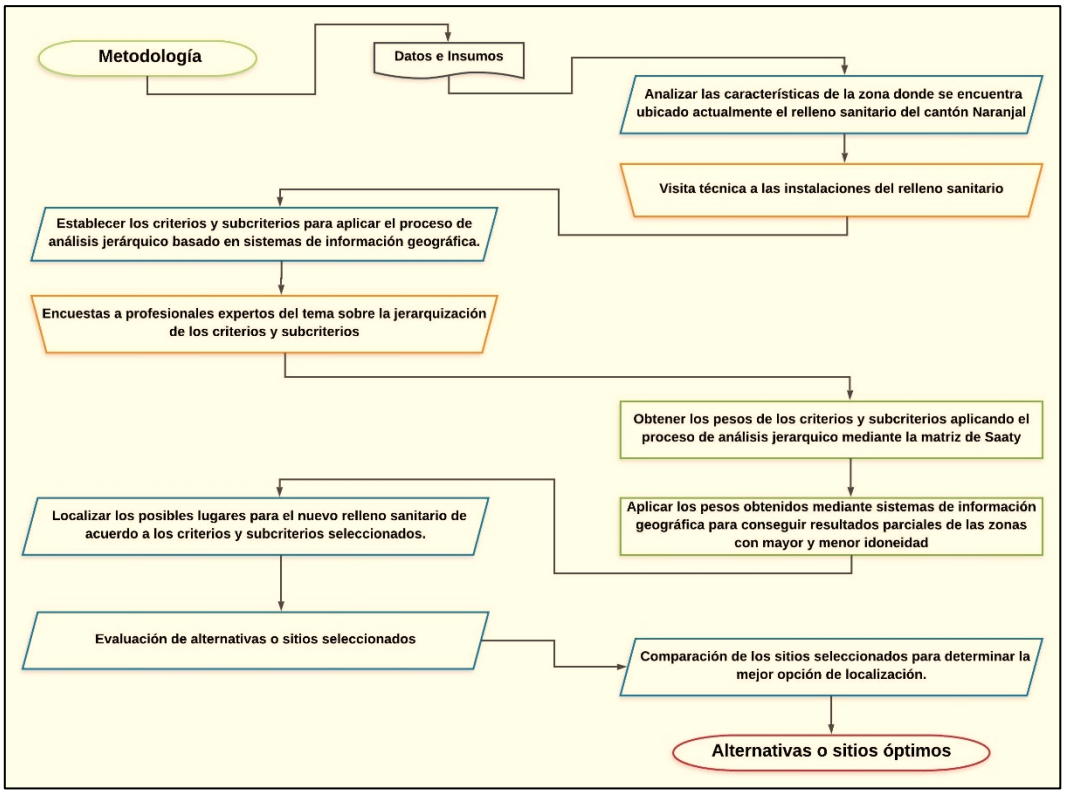

Figura 3: Diagrama de flujo de la metodología. **Fuente:** Autor.

3.1.1. Datos e insumos

De manera preliminar, para elaborar la metodología en la presente tesis, fue necesario recolectar la información secundaria necesaria para alcanzar los objetivos planteados. Por tal motivo, la antedicha información está descrita a continuación.

Tabla 8: Datos e insumos. Compilación de datos e insumos digitales

Datos	Institución	Formato	Acceso	Utilización
Cantón Naranjal	Instituto Nacional de Estadística y Censos	SHP	http://www.ecuadorencifras.gob.ec/clasificador-geografico-estadistico-dpa/	Delimitación de la extensión territorial del cantón Naranjal
Falla geológica Activa	Instituto de Investigación Geológico y Energético	PDF	http://inigemmecuador.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=3637f3134b6e498f9e4733a345a0e3b9	Identificar las fallas geológicas activas ubicadas en límite administrativo de Naranjal
Imagen satelital	European Space Agency	Tif	https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home	Obtener una representación del cantón Naranjal a través de una imagen satelital sin nubosidad
Inundación	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología	SHP	http://www.serviciometeorologico.gob.ec/gisweb/AREAS_DE_INUNDACION/	Conocer la superficie terrestre proclive a inundaciones

Isoyetas	Instituto Espacial Ecuatoriano	WFS	http://www.ideportal.iee.gob.ec/p_geoinformacion/wfs	Determinar las zonas donde hay mayor precipitación
Mapa Geológico	Instituto de Investigación Geológico y Energético	PDF	https://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/nuevo%201M/GEOLOGICO_2017_1M.pdf	Conocer la formación geológica del área de estudio
Minería artesanal, libre aprovechamiento y concesión minera	Agencia de Regulación y Control Minero	PDF	http://geo.controlminero.gob.ec:1026/geo_visor/	Localizar las actividades mineras dentro de la jurisdicción naranjaleña
Movimientos de masa	Instituto Espacial Ecuatoriano	GDB	http://www.ideportal.iee.gob.ec/catalogo/srv/spa/catalog.search#/metadata/86a2ae23-44ac-4e2c-b74f-d56812407bbd	Identificar las zonas propensas a deslizamiento de suelos

Ortofotos	Sistema Nacional de Administración de Tierras	Tif	http://geoportal.agricultura.gob.ec/index.php/descarga-ortofotos	Representar gráficamente el entorno del actual relleno sanitario
Permeabilidad	Instituto Espacial Ecuatoriano	WFS	http://www.ideportal.iee.gob.ec/p_geoinformacion/wfs	Establecer la percolación del agua a través de la superficie terrestre
Sistema nacional de áreas protegidas, poblados, vías y red hidrográfica	Instituto Espacial Ecuatoriano	GDB	http://www.ideportal.iee.gob.ec/catalogo/srv/spa/catalog.search#/metadata/fcba36d8-2355-4c64-b75d-ca82ff76d6a9	Delimitar a la reserva ecológica Manglares Churute, los poblados, las redes viales y los cuerpos hídricos
Suelos	Consultor Independiente	PDF	http://www.guayas.gob.ec/dmdocuments/medioambiente/EIA%20EX%20POST%20RELLENO%20SANITARIO%20NARANJAL.pdf	Análisis del tipo de suelo que contiene la superficie del relleno sanitario

Textura y pendientes	Instituto Espacial Ecuatoriano	GDB	http://www.ideportal.iee.gob.ec/catalogo/srv/spa/catalog.search#/metadata/77a7a952-67e6-4023-8904-4d8c14d49c1a	Distinguir el contenido relativo de partículas que tendrá el material de cobertura; y además, conocer la inclinación de la superficie del terreno
Tierra sin vegetación, cultivos, matorrales, pastizales, bosques y actividad antrópica	Instituto Espacial Ecuatoriano	GDB	http://www.ideportal.iee.gob.ec/catalogo/srv/spa/catalog.search#/metadata/b3e35866-bbe9-4dae-9646-421185045bbe	Definir las zonas de carácter improductivo, productivo, protección y residencial
Vientos	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología	PDF	http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/	Comprender el comportamiento de la dirección del viento

Fuente: Autor.

3.1.2. Analizar las características de la zona donde se encuentra ubicado actualmente el relleno sanitario del cantón Naranjal

De manera inicial, es importante manifestar que, el relleno sanitario fue localizado por las coordenadas geográficas indicadas en el estudio de impacto ambiental ex post del relleno sanitario; puesto que, la respectiva información sobre la ubicación de la presente actividad fue muy escasa de encontrar en los servidores web.

Consecutivamente, a través de una solicitud realizada al portal web Sistema Nacional para la Administración de Tierras del Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, se recopilaron ortofotos de la zona donde se encuentra ubicado el relleno sanitario del cantón Naranjal; dado que, la representación fotográfica del entorno contribuirá a mostrar algunas características relacionadas con algunos aspectos técnicos, tales como: presencia de red vial, proximidad a cuerpos hídricos, presencia de sistemas productivos y centros poblados aledaños.

No obstante, la cartografía base del cantón Naranjal generada por el Instituto Espacial Ecuatoriano, favorecerá a dar una mejor ilustración de los cuerpos hídricos presentes en los alrededores del sitio de disposición final de desechos sólidos.

Otro dato por considerar durante la caracterización relacionada a los aspectos técnicos en la zona de estudio, es la permeabilidad del suelo en los cimientos de las instalaciones; dado que, dependiendo de ella se considerará la adecuada y segura operatividad de la ya mencionada actividad; por consiguiente, realizar un análisis comparativo entre la información que otorga el mapa geológico del Ecuador y los servidores web en conjunto al proyecto de geoinformación del Instituto Espacial Ecuatoriano, ayudará a estimar el presente aspecto.

Es por ello que, para analizar las características de la ortofoto y la cartografía base; y además, para comparar la información del párrafo anterior, es necesario utilizar los sistemas de información geográfica; por lo cual, el programa más ajustado para esta labor es el ArcGis Desktop con el componente ArcMap;

debido a que, a través de su componente espacial se logra realizar mapas georreferenciados del área de estudio.

3.1.3. Visita técnica a las instalaciones del relleno sanitario

A partir de los respectivos permisos, se realizó una visita técnica a mediados de agosto del 2018 a las instalaciones del relleno sanitario del cantón Naranjal; es decir, el reconocimiento del entorno al actual sitio de disposición final de desechos sólidos se dio durante la estación seca del país. Por otra parte; es importante señalar que, la finalidad de esta visita técnica radica en la corroboración de la previa información analizada mediante indicadores cualitativos.

3.1.3.1. Ensayos de campo

De manera inicial, mediante una observación directa se contribuyó a la verificación de las características relacionadas con los requerimientos de algunos aspectos técnicos que conlleva la ubicación.

En cambio, a través de ensayos de campo asociados a excavaciones, se estimó la permeabilidad del suelo en las instalaciones; mientras que, mediante calicatas se conoció la clase textural de los diferentes horizontes del suelo en el relleno sanitario.

De acuerdo a ello, para realizar los ensayos vinculados con la permeabilidad del suelo en el presente trabajo investigativo se orientó con el procedimiento estipulado por la Food and Agriculture Organization of the United Nations (s.f.), el cual, es el siguiente:

- Excavar un hoyo hasta la altura de la cintura.
- Llenarlo de agua hasta el límite en las primeras horas de la mañana.

- Posterior a ello, parte del agua se habrá filtrado en el suelo por la noche; por lo cual, se debe llenar de agua al hoyo hasta el límite y se lo debe cubrir con tablas.
- En la mañana siguiente, se debe de verificar si la mayor parte del agua permanece o no en el hoyo, pues de esta forma se indica la permeabilidad del sitio.

Acoplado a esto, para la realización de calicatas en el presente trabajo investigativo se basó en el procedimiento estipulado por la Food and Agriculture Organization of the United Nations (s.f.), el cual, es el siguiente:

- Excavar un hoyo con paredes bien rectas de 0,80 x 1,50 metros.
- La profundidad puede llegar hasta 2 metros, o, si esta es menor, hasta encontrar agua.
- Al terminar de excavar se debe examinar el perfil del suelo.

En consecuencia para realizar los anteriores procesos se necesitó de herramientas de campo, tales como: palas, azadón, pico y barreta (Food and Agriculture Organization of the United Nations, s.f.). Además de que se necesita de un metro y gps para realizar una adecuada dimensión y ubicación de los hoyos.

De manera suplementaria, es necesario mencionar que, el número de hoyos para los ensayos preliminares se basó en los términos estipulados por Valdivia (2015), el cual, considera que se debe de realizar una calicata por hectárea en el área a trabajar.

3.1.3.2. Recolección de muestras de suelo

De forma consecutiva a la elaboración de calicatas, se recolectaron muestras de suelo en su respectiva pared; las cuales, fueron tomadas desde el horizonte más bajo hasta el más alto (Food and Agriculture Organization of the United Nations, s.f.).

Es necesario mencionar que, mientras se desarrolló la recolección de muestras de suelo, se procuró no tomar muestras alteradas; es decir, no se recogieron muestras que no representen las características del suelo en sus condiciones naturales antes del respectivo muestreo (Food and Agriculture Organization of the United Nations, s.f.).

Adicionalmente, para lograr una correcta identificación se recolectaron las respectivas muestras a través de paletas plásticas, fundas selladas y bajo una precisa rotulación (Montañés, Abadía, & Heras, 1970).

3.1.3.3. Ensayo de laboratorio

Por último, las muestras de los diferentes horizontes del suelo fueron enviadas al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias para el respectivo análisis de su textura; en la cual, emplearon el método Bouyoucos Modificado (hidrómetro) para determinar las diferentes fracciones contenidas en el suelo; por lo cual, conocer su respectivo procedimiento es de gran importancia.

Es de esta forma que, la metodología Bouyoucos Modificado consiste en pesar a 10 g de muestra de suelo en una balanza analítica; debido a que, posteriormente van a ser mezclados con 10 ml de floculante en un frasco de plástico; por consiguiente es preciso mencionar que, el floculante aplicado en la mezcla es el hidróxido de sodio. Seguido a esto, la mezcla es agitada con una varita de vidrio y sucesivamente se dejará en un reposo de 24 h. A continuación de este paso, el frasco es sacudido durante 10 min por el agitador orbital VWR, DS2-500E-2 a 400 rpm. Subsiguiente a la agitación, se trasvasa la mezcla a una probeta; en la cual, es aforado con agua destilada y mediante una varita de vidrio es agitada por 20 s (Romero, 2008).

De manera consecutiva a la agitación de 20 s de la respectiva mezcla, se debe de colocar sin interrupción alguna al hidrómetro en la probeta; debido a que, después de 40 s de su colocación se tomará la primera lectura (Romero, 2008).

Mientras que, la segunda lectura se suscitará a partir del reposo total de la mezcla; el cual, conlleva un periodo de tiempo de dos horas; por consiguiente,

luego de transcurrir el respectivo tiempo de reposo, se debe tomar lectura de la mezcla sin ninguna agitación previa y luego de 40 s de colocar el hidrómetro (Romero, 2008).

De este modo, el porcentaje de arena, arcilla y limo de las muestras de suelos son posibles de calcular; debido a que, los resultados de la primera y segunda lectura, las fórmulas para determinar la textura; y además, la aplicación del triángulo de las texturas, contribuyen a la caracterización de las muestras (Romero, 2008). De acuerdo a lo descrito, las fórmulas que ayudan a determinar la textura de los suelos son descritas a continuación:

Tabla 9: Textura de suelos. Determinación de la clase textural.

Porcentaje de Arena	Porcentaje de Arcilla	Porcentaje de Limo
[100 – (Primera lectura * 2)]	Segunda lectura * 2	[100 – (% Arena + % Arcilla)]

Fuente: Romero (2008)

Por otra parte, la aplicación del triángulo de las texturas por parte del INIAP, está basado en el sistema que utiliza el United States Department of Agriculture (USDA) según el tamaño de partículas; el cual, es ilustrado en la figura número cuatro:

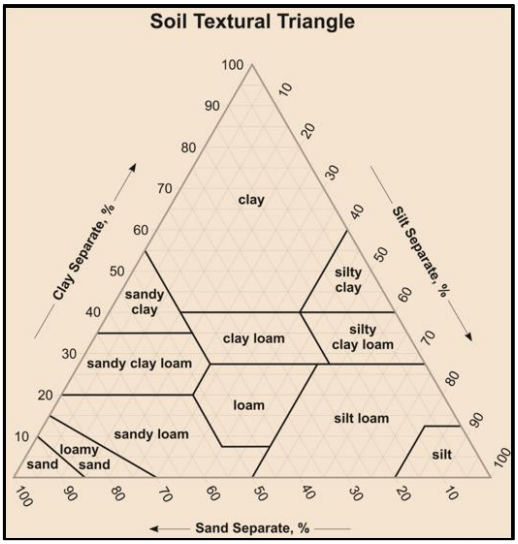

Figura 4: Triángulo de textura de suelos. **Fuente:** United States Department of Agriculture (s.f.)

3.1.4. Establecer criterios y subcriterios para aplicar el proceso de análisis jerárquico basado en sistemas de información geográfica

Tomando como ejemplo los indicadores del sitio donde se depositan actualmente los desechos sólidos naranjaleños y considerando la próxima finalización del ciclo operativo de esta actividad, es de gran importancia localizar las zonas más adecuadas para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario a través de los criterios y subcriterios; los cuales, a partir de su respectiva información se contribuirá en la toma de decisiones pertinentes durante la elaboración del proceso de análisis jerárquico.

A tenor de lo expuesto, es de gran relevancia definir los criterios y subcriterios que contribuirán con la finalidad de este estudio; pues, Hurtado (2015), alega que, durante la evaluación de cada uno de ellos se presentarán aspectos que evitarán alcanzar la meta planteada; los cuales, deberán ser impedidos a manera de criterios de restricción. Por lo tanto, el establecimiento de criterios, subcriterios y criterios de restricción facilitará obtener las bases necesarias para el desarrollo de esta metodología.

Por ello, es necesario argumentar que cada subcriterio previamente seleccionado se fundamenta en los aspectos técnicos del presente marco teórico; los cuales, en base a varios estudios realizados por diferentes expertos en la materia, se logra disponer de los requerimientos necesarios para la correcta ubicación de sitios de disposición final. Aunado a esto; es importante señalar que, por intermedio de los subcriterios con amplia similitud de características, se forman un conjunto de criterios de diferente índole para la evaluación de la mencionada actividad.

Por otra parte, bajo la apreciación de cada aspecto técnico y los respectivos eventos naturales que conlleva el territorio nacional, se determinó a cada riesgo que pueda suscitarse en el área de estudio como criterios de restricción.

Por lo tanto, si se considera que cada criterio se forma a partir de un conjunto de subcriterios; es importante mencionar que, para la representación de los subcriterios e incluso los criterios de restricción se utilizó información secundaria generada por varias instituciones del país; las cuales, están detalladas en la tabla

número ocho. Es así como mediante estos respectivos datos se obtienen capas vectoriales a escala 1:50000; mismas que, ayudarán a caracterizar los requerimientos estipulados en los aspectos técnicos.

De manera suplementaria, para la evaluación de cada información secundaria se aplicó sistemas de información geográfica en base al programa ArcGis Desktop con el componente ArcMap; por lo cual, fue necesario categorizar bajo codificaciones a las capas vectoriales de acuerdo a la conveniencia de los subcriterios, puesto que se generaría una escala de ponderaciones para ser utilizados en el programa.

Por tal razón, Erazo (2016), estipula que, para mostrar de forma apropiada la escala de ponderaciones de cada subcriterio en los sistemas de información geográfica es necesario utilizar codificaciones como: valores de uno (1) que aseguren características no convenientes respecto a los aspectos técnicos, valores de cinco (5) que garanticen características considerablemente convenientes respecto a los aspectos técnicos y valores de diez (10) que confirmen características de excelente conveniencia respecto a los aspectos técnicos.

3.1.5. Encuestas a profesionales expertos del tema sobre la jerarquización de los criterios y subcriterios

Es necesario indicar que, las encuestas fueron dirigidas hacia tres diferentes profesionales; debido a que, la formulación de preguntas a distintos expertos en el tema contribuirán en la creación de una categorización consensual referente a los diferentes puntos de vista que tiene cada criterio y subcriterio.

Es por ello que, la estructura de la encuesta fue diseñada mediante matrices de comparaciones pareadas (ANEXO 1); dado que, su respectiva confección facilitará al encuestado analizar bajo su propia experticia el nivel de importancia que tiene cada criterio o subcriterio frente a otro.

Conforme al párrafo anterior, el bosquejo de las mencionadas matrices para la formulación de preguntas comparativas acorde a la escala de Saaty, serán ilustradas a continuación.

Tabla 10: Ejemplo de las matrices de comparaciones pareadas. Representación del análisis comparativo entre criterio o subcriterio

	Aspecto A	Aspecto B	Aspecto C
Aspecto A			

Fuente: Autor.

Adicionalmente, para lograr una categorización consensual de cada aspecto se procedió a promediar los juicios estipulados por los encuestados; puesto que, ayudará a definir la importancia por acuerdo que tiene cada criterio y subcriterio sobre otro.

3.1.6. Obtener los pesos de los criterios y subcriterios aplicando el proceso de análisis jerárquico mediante la matriz de Saaty

Luego de generar las matrices de comparaciones pareadas, se procede a realizar un cálculo de priorización de criterios y subcriterios; el cual, establece el orden de importancia de cada uno de ellos a través de pesos normalizados. Aunado a esto, se verifica la autenticidad de los pesos mediante el cálculo de la relación consistencia; dado que, generalmente las respuestas emitidas por los encuestados contribuyen a calcular pesos de mucha contrariedad.

De forma suplementaria, es factible puntualizar de modo jerárquico el nivel de importancia que tiene cada criterio y subcriterio para el emplazamiento de un relleno sanitario en el cantón Naranjal.

3.1.7. Aplicar los pesos obtenidos y las ponderaciones establecidas mediante sistemas de información geográfica para conseguir resultados parciales de las zonas con mayor y menor idoneidad

Con la finalidad de tener una representación gráfica de los criterios, subcriterios y criterios de restricción es ineludible utilizar el programa ArcGis Desktop con el componente ArcMap; debido a que, a través de su componente espacial integra a toda la información obtenida anteriormente.

Acorde a lo mencionado, es necesario describir el procedimiento aplicado en el programa; dado que, a partir de él, se lograrán establecer los resultados parciales de las zonas con mayor y menor idoneidad. Es por ello que, dicho proceso será especificado a continuación:

- En primera instancia, se deben de cargar todos los valores de los subcriterios al programa.
- Posterior a esto, se debe de ejecutar una media ponderada al conjunto de diferentes valores de cada subcriterio; debido a que, cada ponderación tiene un peso distinto. Es así como, el cálculo de la media ponderada consiste en sumar los resultados obtenidos de la división entre la multiplicación de las ponderaciones de cada subcriterio con su respectivo peso y la sumatoria de las ponderaciones de cada subcriterio (Mates360, 2014).
- Luego de realizar dicha operación, los resultados alcanzados formarán los respectivos valores de cada criterio; por consiguiente, es necesario someter dichos criterios a una sumatoria lineal ponderada; dado que, representarán un conjunto de valores de mayor a menor importancia. Es por ello que, el cálculo de la sumatoria lineal ponderada consiste en sumar los productos de la multiplicación entre los valores de cada criterio con su respectivo peso (Garcés, 2015).
- Aunado a esto, se procede a enfatizar al conjunto de valores más altos y más bajos mediante la clasificación por intervalos iguales; los cuales, consisten en la división entre la resta de los valores más altos y más bajos con el número de clases establecidas (Geographic Information

Technology Training Alliance , 2011). Dicha de otra forma, su respectivo proceso será descrito en la figura número cinco.

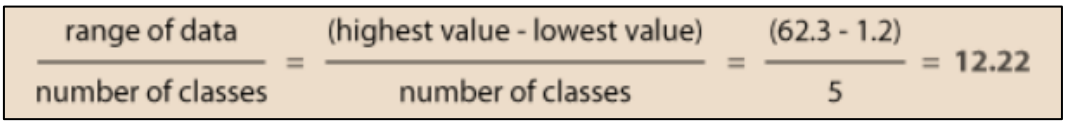

Figura 5: Clasificación por intervalos iguales. **Fuente:** Geographic Information Technology Training Alliance (2011).

- Por último, se cargan todos los criterios de restricción al programa; los cuales, excluyen a todas las zonas que conlleven impedimentos en el presente trabajo investigativo.

3.1.8. Localizar los posibles lugares para el nuevo relleno sanitario de acuerdo a los criterios y subcriterios seleccionados

Una vez establecidas las zonas con mayor y menor idoneidad, es necesario localizar los posibles lugares para el respectivo emplazamiento del nuevo relleno sanitario; por tal razón, primero se excluyó a las zonas que demostraban menor idoneidad. Conforme a esta exclusión, se obtuvo a las zonas idóneas u óptimas para la ubicación del sitio de disposición final.

No obstante, Röben (2002), alega que, antes de localizar los posibles lugares para un relleno sanitario, se debe estimar el área necesaria para dar el respectivo tratamiento a los desechos sólidos de la población; dado que, se deben de excluir las zonas que no cumplan con el espacio estimado.

Debido a lo mencionado, es importante determinar el área requerida para un sitio de disposición final; por lo cual, la presente investigación se fundamenta en los principios y experiencias de varios autores al estimar áreas para las instalaciones de dicha actividad.

Es así como, el procedimiento para estimar la superficie del nuevo relleno sanitario se basa en los principios de Cobos *et al.* (2017), puesto que, indican las pautas necesarias para estimar el área que requiere un relleno sanitario mancomunado. En tal sentido, el presente trabajo investigativo pretende localizar

los espacios que garanticen un servicio mancomunado del relleno sanitario; por lo cual; el método para estimar la proyección necesaria es el siguiente:

- De forma inicial, se determinará la tasa de crecimiento poblacional; debido a que, facilitará una mejor comprensión sobre el incremento promedio de la población a la que se brindará los servicios del relleno sanitario por un período de tiempo determinado. Por consiguiente, Cobos *et al.* (2017), indica que, para determinar la tasa de crecimiento poblacional se requiere de una población en un período de tiempo inicial y una población en un período de tiempo final; dado que, su fórmula es la siguiente:

$$r = \left[\ln\left(\frac{Pf}{Pi}\right)\right] * \left[\frac{1}{(tf - ti)}\right]$$

- De manera consecutiva, Cobos *et al.* (2017), aluden que, mediante la tasa de crecimiento poblacional es posible contribuir en el cálculo del crecimiento exponencial poblacional continuo; el cual, estimará el ascenso de una población dentro de un periodo de tiempo definido; de este modo, la fórmula que ayudará a establecer dicho cálculo es la siguiente:

$$Pf = Pi * [e^{r*(tf-ti)}]$$

- Cobos *et al.* (2017), asegura que, la población final de una superficie territorial y el porcentaje de la cobertura del servicio de recolección de desechos sólidos facilitará determinar a la población servida de una parroquia, cantón, provincia o país; de esta forma, la fórmula que contribuirá a especificar lo descrito es la siguiente:

$$P(servida) = \frac{P * PCSR}{100\%}$$

- Aunado a esto, es factible conocer a la producción anual de desechos sólidos; puesto que, Cobos *et al.* (2017), considera a la población servida y a la producción per cápita, como elementos de la fórmula de producción anual; la cual, es expuesta a continuación:

$$P(anual) = \left[\left(P(servida)\right) * PPC\right] * 365\ \text{d}$$

- En consecuencia, Cobos *et al.* (2017), alega que, la producción anual, el peso específico y el porcentaje de asentamiento de los desechos sólidos

por los procesos químicos y biológicos será de gran importancia para distinguir el volumen de los desechos sólidos que serán dispuestos anualmente en el cubeto; el cual, está planteado en la sucesiva fórmula:

$$V = \left[\frac{P(anual)}{\rho} \right] * (1 - asentamiento)$$

- Es así como, Cobos *et al.* (2017), indican que, mediante el volumen de los desechos sólidos, la vida útil del relleno sanitario, la altura del cubeto y el porcentaje del material de cobertura, se forjan datos de gran relevancia al momento de encontrar el área mínima requerida para depositar los desechos sólidos de cada centro poblado; el cual, está puntualizado en la siguiente fórmula:

$$A \left(\frac{cub}{parroquias} \right) = \left[\frac{\sum_{K=1}^{n} (V * MC)}{h} \right]$$

- Finalmente, Cobos *et al.* (2017), confirman que, calcular el área mínima requerida para depositar los desechos sólidos y definir el factor de aumento del área adicional requerida, permitirán estimar el área necesaria para dar el respectivo tratamiento a los desechos sólidos mancomunados; el cual, se detalla en la consecutiva fórmula:

$$ARS = \left[\sum_{k}^{n} \left(A \left(\frac{cub}{parroquias} \right) \right) \right] * [F]$$

Es necesario mencionar que, mediante el resultado del área requerida para un sitio de disposición final de desechos sólidos, se podrá descartar las extensiones territoriales que no cumplan con las dimensiones de la superficie del relleno sanitario.

Posterior a ello, bajo la orientación del caso de estudio de Beijing, se clasificó a las zonas óptimas de acuerdo al centro de gravedad con mayor procedencia de desechos sólidos; logrando así, obtener alternativas u opciones de decisión que contribuyan a una elección más adecuada de los posibles lugares para la ya mencionada actividad.

3.1.9. Evaluación de alternativas

De manera sucesiva, para identificar los sitios que no estén relacionados con los conflictos comunes que genera un relleno sanitario, se evalúa las alternativas obtenidas frente a los conflictos mencionados a través de los procesos de análisis jerárquico; por lo cual, su respectivo desarrollo contribuirá a generar una categorización en las opciones respecto a su nivel de importancia. Es por ello que, esta evaluación consistirá en realizar comparaciones pareadas, obtención de pesos y cálculo de la relación consistencia entre las alternativas y los conflictos por analizar.

A tenor de lo sustentado, las alternativas del presente trabajo investigativo serán evaluadas por las implicaciones que ocasionan la dirección predominante del viento y la conexión existente entre vías de acceso y centros poblados conforme al sitio de disposición final; puesto que, estos elementos son los conflictos comunes que se suscitan en los malos emplazamientos de rellenos sanitarios.

En consecuencia, para representar gráficamente los conflictos mencionados en las alternativas ya establecidas, fue necesario realizar una solicitud de una imagen satelital al portal web del Servicio de la Agencia Espacial Europea; puesto que, la ilustración del área a trabajar ayudará a comprender la relevancia que tienen aquellas implicaciones durante la ubicación de un sitio de disposición final en alguna alternativa.

Por otra parte, es ineludible mencionar que, la razón por la cual se eligió dicha imagen satelital entre varias imágenes fue por la escenificación más actual de las alternativas; dado que, la fecha de representación visual capturada por el satélite artificial corresponde al mes de abril del 2018. Concorde a esto, la figura número seis representa a la antedicha imagen satelital.

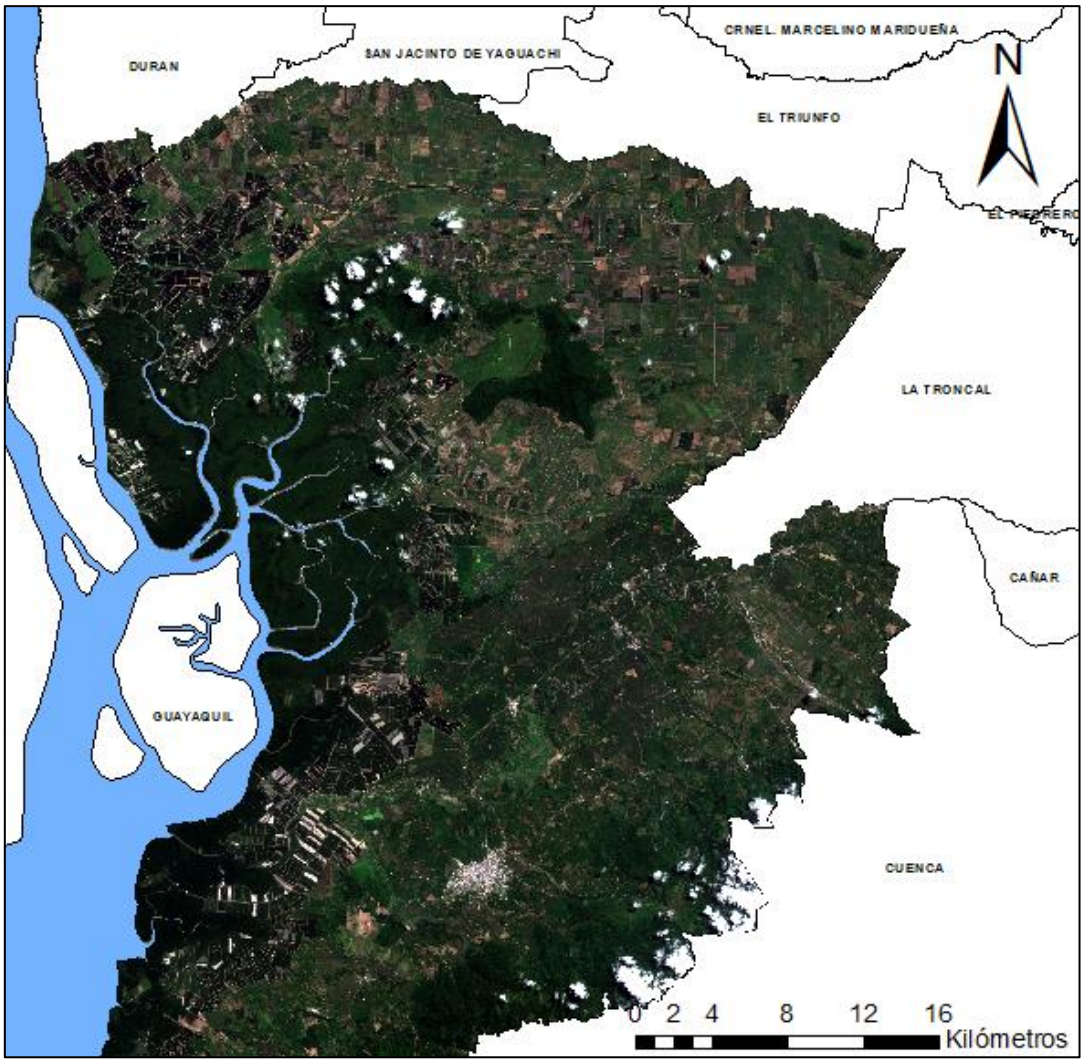

Figura 6: Ilustración de la imagen satelital Sentinel 2A el cantón Naranjal. **Fuente:** Autor.

3.1.9.1. Dirección predominante del viento

De acuerdo Ullca (2006), la dirección predominante del viento es un elemento clave en los proyectos referentes a desechos sólidos; debido a que, dependiendo a su trayectoria van a migrar los malos olores y polvo producidos en las instalaciones de sitios de disposición final. Además, Ying *et al.* (2012), alegan que, conforme a la localización de los rellenos sanitarios, la dirección predominante de los vientos pueden incidir con los malos olores y polvo a las poblaciones más cercanas.

Por tal razón; es importante indicar que, el criterio de la dirección del viento en el presente trabajo de investigación está basado en las recomendaciones

establecidas por Umaña (2002), las cuales, sugieren localizar a los rellenos sanitarios de tal forma que los vientos dominantes soplan en sentido contrario a los centros poblados.

Para tal efecto, la dirección predominante del viento fue calculado mediante los sistemas de información geográfica y los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; dado que, el análisis espacial logra indicar gráficamente el comportamiento de la dirección del viento a través de los años en el entorno de las zonas consideradas como alternativas. En consecuencia, se utilizó anuarios meteorológicos desde el año 1994 hasta 2013 debido a la presencia de estaciones meteorológicas dentro y fuera del área de estudio; y al comportamiento registrado antes, durante y después del fenómeno del niño de 1997 y 1998; puesto que, uno de los cambios típicos de este evento climático se refleja en la dirección del viento.

3.1.9.2. Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final

El presente conflicto está ligado entre las vías de acceso y los centros poblados con elevadas procedencias de desechos sólidos; dado que, el movimiento de los camiones colectores por los largos tramos viales no solamente generan gastos por el transporte de desperdicios; ya que además, ocasionan afectaciones al medio; puesto que, Coronado, Sotelo, & Chávez (2011), consideran a los desplazamientos vehiculares que realiza el servicio de recolección hacia los poblados más lejanos de la ubicación del relleno sanitario como una alta generación de gases de combustión. Aunado a esto, el tema no solamente se inclina por la emisión de gases; puesto que además de eso, las afectaciones al entorno recaen en el difícil acceso vial o incluso la no existencia de estas; por lo cual, implicaría a la construcción de nuevos tramos; ocasionando así, nuevos impactos ambientales (Röben, 2002).

Para tal razón, Röben (2002), considera que, el entorno de un nuevo relleno sanitario debe contener vías que den fácil acceso a sus instalaciones; y además, la ubicación de estas vías deben estar situadas de tal forma que se conecten con

los elevados centros de generación de desechos sólidos; consiguiendo de esta forma, reducir los largos trayectos que realizan los camiones recolectores hasta los poblados más lejanos y evitando la necesidad de construir nuevas vías al exterior del sitio.

3.1.10. Comparación de los sitios seleccionados para determinar la mejor opción de localización

De manera contigua, las alternativas evaluadas son comparadas para obtener zonas con óptima idoneidad durante el emplazamiento de un relleno sanitario.

4. CAPÍTULO 4

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Características de la zona donde se encuentra ubicado actualmente el relleno sanitario del cantón Naranjal

Acorde a Martinez (2011), las coordenadas geográficas concernientes al sitio de disposición final de desechos sólidos naranjaleños, son las siguientes:

Tabla 11: Coordenadas Geográficas del actual relleno sanitario del cantón Naranjal. Ubicación del actual sitio de disposición final del cantón Naranjal.

Puntos	Coordenadas UTM	
	Coordenada X	**Coordenada Y**
1	0647956.26	9706330.10
2	0648341.23	9706335.10
3	0648286.58	9706205.04
4	0648048.03	9706182.89
5	0647956.59	9706162.09

Fuente: Martinez (2011)

De esta forma, las coordenadas geográficas no solamente delimitarán al relleno sanitario dentro de todo el territorio nacional; ya que además, se conseguirá localizar al sitio de disposición final en las ortofotos que otorga el Sistema Nacional para la Administración de Tierras. Por tal razón, es factible determinar la presencia de red vial, proximidad a cuerpos hídricos y centros poblados a través de la cartografía base que ofrece el Instituto Espacial Ecuatoriano.

A tenor de lo expuesto, la ortofoto y la cartografía base perteneciente al relleno sanitario demuestra varios aspectos dentro de su respectivo entorno, tales como: la proximidad a una corriente natural de agua, a canales de riego, a parcelas de cultivo agrícola y a vías de acceso en los alrededores de las instalaciones de dicha actividad; y además, la ausencia de centros poblados contiguos.

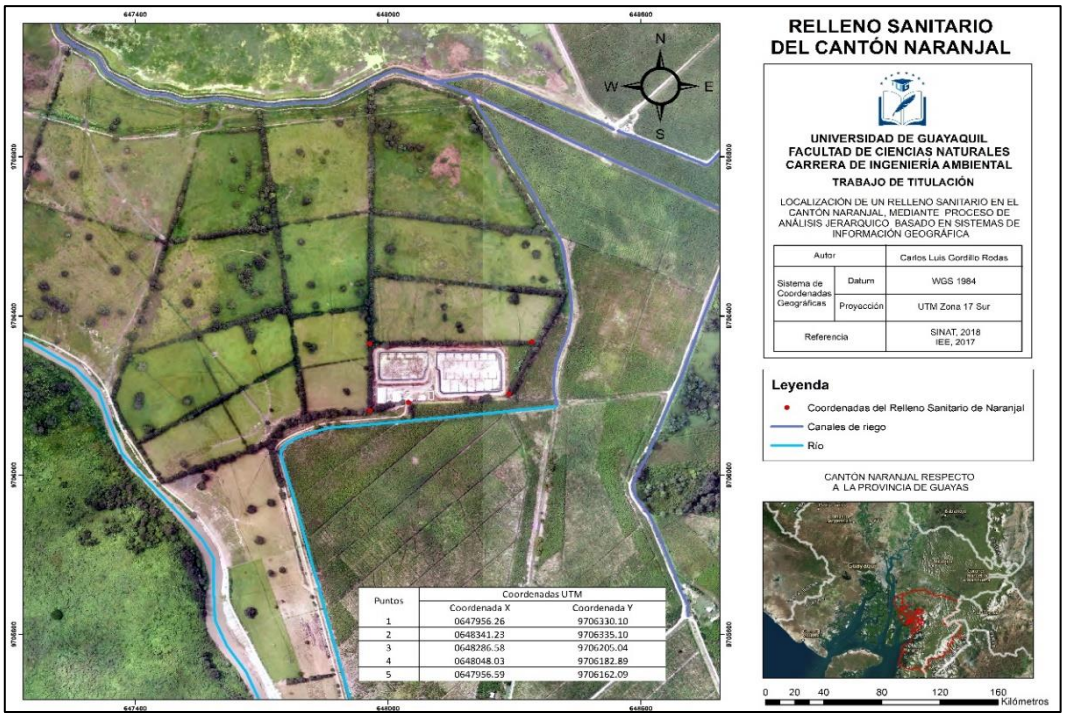

Figura 7: Entorno del relleno sanitario del cantón Naranjal. **Fuente:** Autor.

Por otra parte, a través del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (2017), el mapa geológico del Ecuador georreferencia la ubicación del actual relleno sanitario en depósitos recientes conformados generalmente por arcillas marinas de estuario.

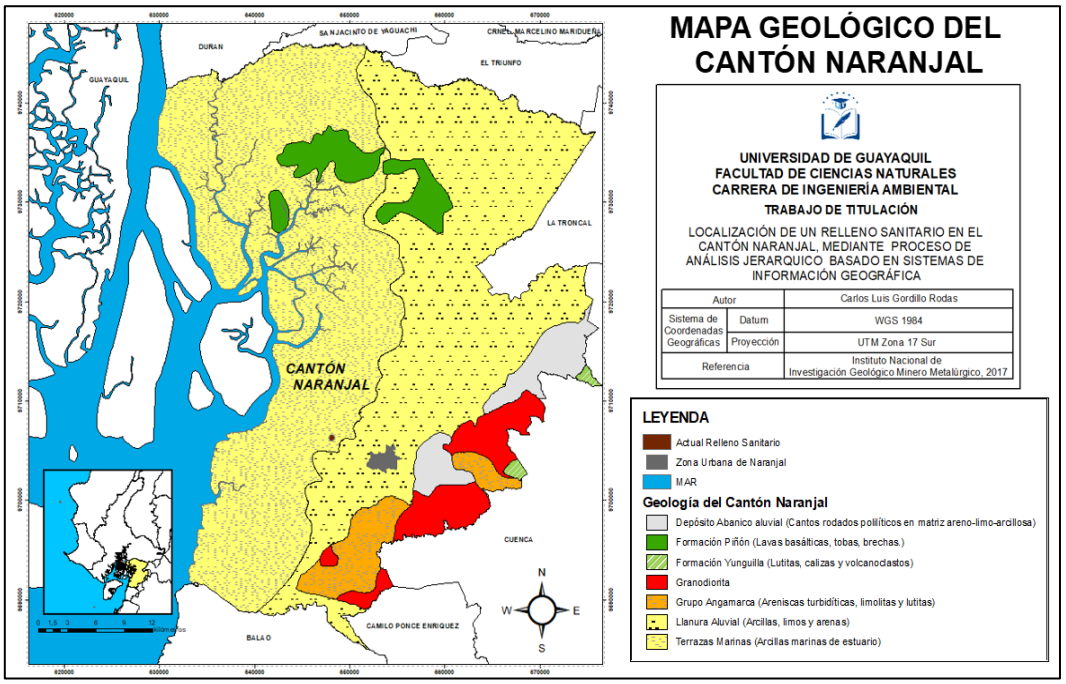

Figura 8: Mapa Geológico del cantón Naranjal. **Fuente:** Autor.

No obstante, por intermedio de los servidores web y el proyecto de geoinformación a nivel Nacional que ofrece el Instituto Espacial Ecuatoriano, es posible determinar la clase textural y la permeabilidad de los suelos en los horizontes superficiales y profundos del relleno sanitario; mismos que, a través de los siguientes mapas es posible distinguir que el sitio contiene suelos tipo franco arenosos y arenas; y además, se encuentra en una zona permeable.

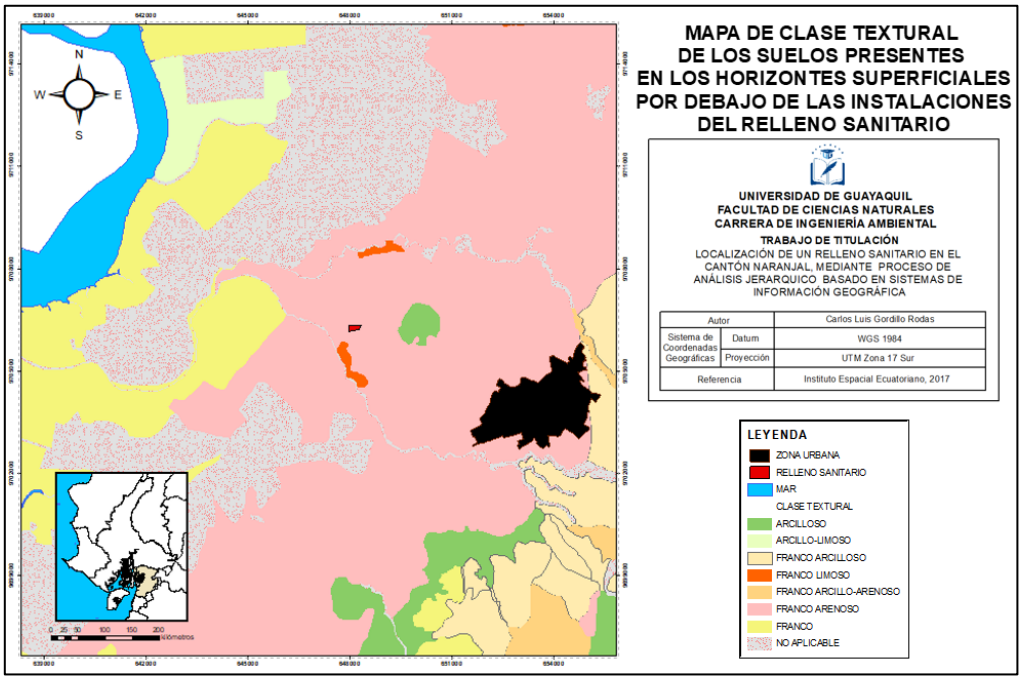

Figura 9: Mapa de clase textural en horizontes superficiales del relleno sanitario. **Fuente:** Autor.

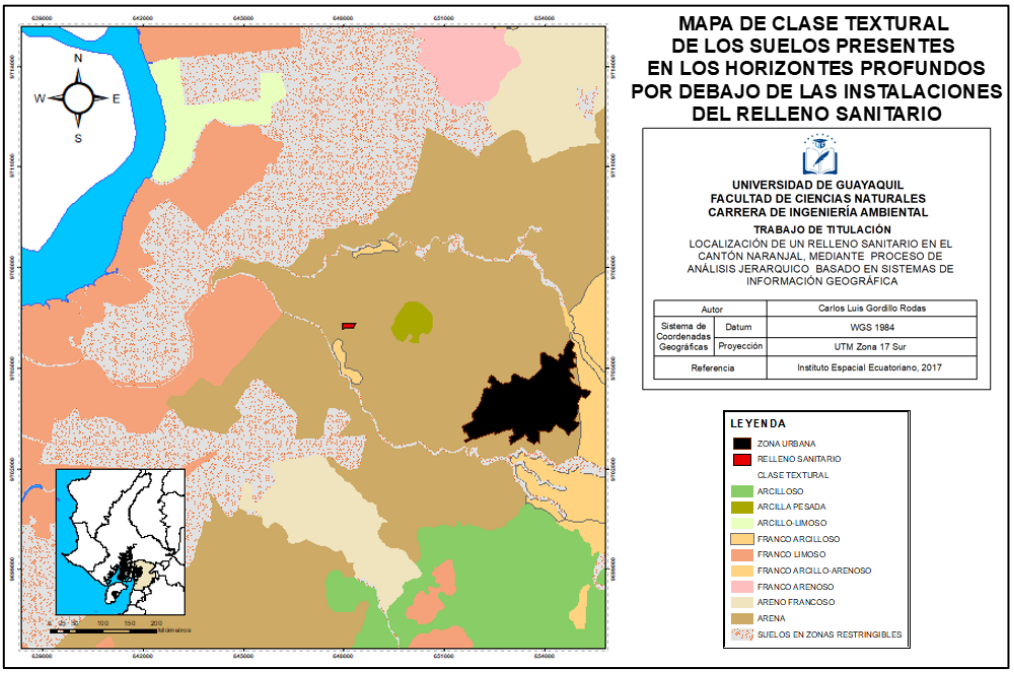

Figura 10: Mapa de clase textural en horizontes profundos del relleno sanitario. **Fuente:** Autor.

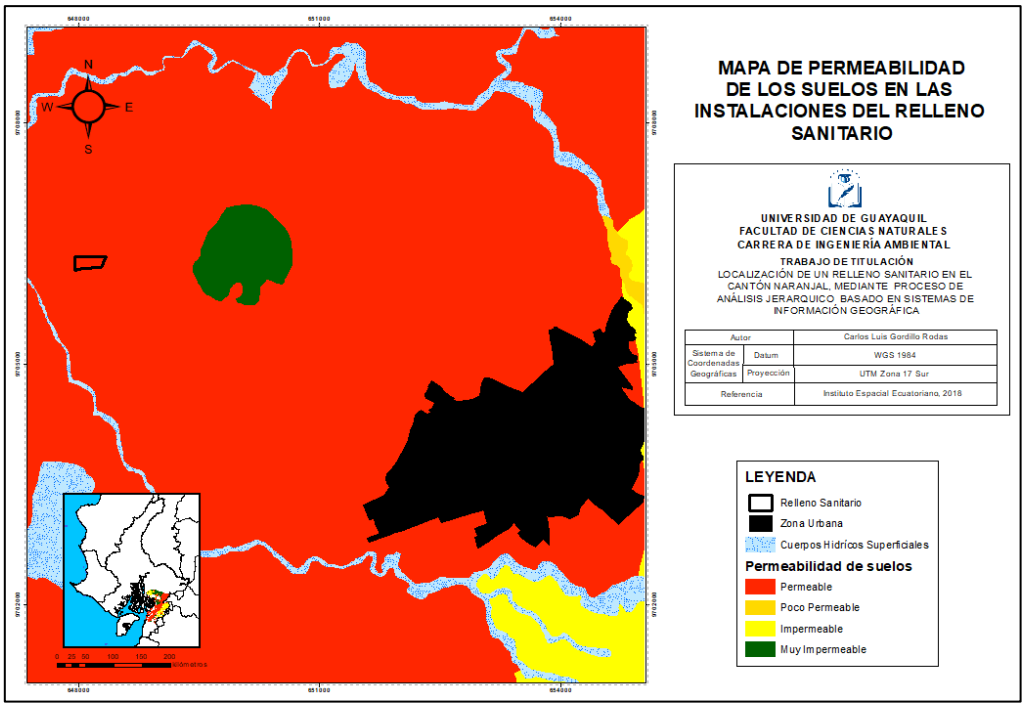

Figura 11: Mapa de permeabilidad de suelos en el relleno sanitario. **Fuente:** Autor.

Concorde a las referencias anteriores; es ineludible mencionar que, a través de los insumos empleados no solamente es posible distinguir que en el entorno del relleno sanitario se encuentran redes viales y ausencia de centros poblados; ya que además, es notoria la cercanía que existe entre los cuerpos hídricos y las actividades del sector agrícola con la mencionada infraestructura; así como también, se localiza en una zona donde generalmente existen arcillas marinas de estuario y suelos permeables con clases texturales de franco arenas y arenas.

De este modo; es posible estimar que, las características del entorno al sitio de disposición final no son las más adecuadas referentes hacia algunos aspectos técnicos del lugar; puesto que, los cuerpos hídricos están próximos a la actividad; y además, los suelos del sitio indican de forma general la existencia de un buen y mal drenaje; por lo cual, es necesaria la visita técnica para corroborar esta información.

4.1.2. Resultados durante y después de la visita técnica a las instalaciones

Preliminarmente, a través de una solicitud al Alcalde del cantón Naranjal (ANEXO 2), se le requirió los permisos necesarios para visitar y realizar ensayos de campo en las instalaciones del relleno sanitario; la cual, fue firmada y sellada en señal de aprobación.

Transcurrido varios días a partir del permiso otorgado por la autoridad máxima del cantón Naranjal, se realizó la visita técnica; en la cual, bajo observación directa se logró distinguir la presencia de una corriente natural de agua cercana al relleno sanitario; y además, se constató la ausencia de centros poblados y la existencia de vías de acceso, actividades agrícolas y canales de riego en los alrededores de la antedicha actividad (ANEXO 3).

4.1.2.1. Ensayos realizados en el campo

Si bien es cierto que se debe realizar una excavación por hectárea; así mismo, es importante indicar que de las cinco hectáreas que tiene el relleno sanitario solo se logró realizar una excavación (ANEXO 3); en la cual, únicamente se pudo realizar estudios relacionados con la calicata; debido que, el resto de suelos contuvo una alta retención de agua; por ende, los ensayos para estimar la permeabilidad de suelos en estos sitios reflejó impedimentos.

Figura 12: Retención de agua en los suelos. **Fuente:** Autor.

No obstante; en relación a estas implicaciones, la única calicata elaborada tuvo una dimensión de 0,80 x 1,50m con una profundidad de 40 cm, debido a que se presentó agua en el fondo de la excavación; sin embargo, contribuyó a ser un indicador parcial del drenaje de la zona; pues, según la entidad Food and Agriculture Organization of the United Nations (s.f.), el tamaño y el número de poros guardan estrecha relación con el drenaje.

Es por ello que, en consecuencia a la poca profundidad que presentó la mencionada calicata, no se logró realizar el ensayo para estimar la permeabilidad del sitio; dado que, según entidad Food and Agriculture Organization of the United Nations (s.f.), se necesita excavar un hoyo hasta la altura de la cintura para dar aportes de agua durante 24 horas.

De esta forma, los puntos donde no se logró realizar los respectivos ensayos de campo; y a la vez, el sito en el que se llevó a cabo la única calicata están delimitadas en la figura número 13.

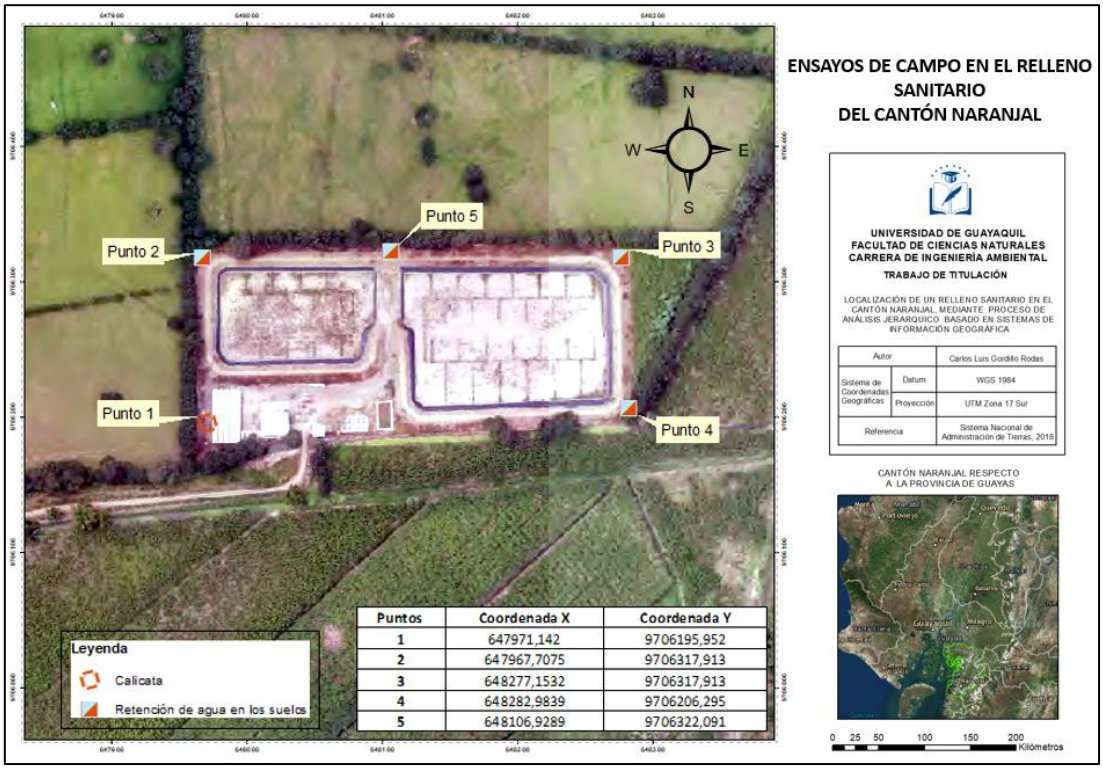

Figura 13: Localización de la calicata y las zonas con retención de agua en el relleno sanitario del cantón Naranjal. **Fuente:** Autor.

Figura 14: Presencia de agua en el fondo de la calicata. **Fuente:** Autor.

4.1.2.2. Recolección de muestras a partir de calicata única

De manera sucesiva a la elaboración de la calicata única, se logró constatar un perfil en la respectiva pared; en la cual se recolectaron muestras a partir del horizonte más bajo, el intermedio y el más alto; mismos que, miden 12, 15 y 13 cm respectivamente. Posterior a ello, las muestras fueron rotuladas y selladas para enviarlas al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (ANEXO 3).

4.1.2.3. Resultado de las muestras de suelo

De acuerdo al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (ANEXO 4), los resultados sobre la clase textural en las respectivas muestras de suelo fueron los siguientes:

Tabla 12: Análisis de textura. Representación de los resultados obtenidos por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Identificación	Porcentaje de Arena	Porcentaje de Limo	Porcentaje de Arcilla	Clase Textural
C.1-M.1	95	5	4	Arena
C.1-M.2	55	33	12	Franco Arenoso
C.1-M.3	65	29	6	Franco Arenoso

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (2018).

Conforme a los resultados presentados en la anterior tabla; es importante mencionar que, las siglas en la primera columna de lado izquierdo ayudaran a identificar el orden de las muestras por las cuales fueron receptadas; dado que, la muestra una (C.1-M.1) corresponde a la recolección de suelos en el horizonte más profundo; mientras que, la muestra dos (C.1-M.2) y muestra tres (C.1-M.3) incumben en la recolección de suelos en los horizontes más superficiales.

4.1.3. Análisis sobre la localización del relleno sanitario en el cantón Naranjal

Si bien es cierto que los resultados de las muestras de suelo brindan una información parcial sobre la superficie donde está asentado el relleno sanitario, también es necesario reconocer que dentro de las instalaciones del sitio de disposición final se presentan varios espacios con una alta retención de agua; por consiguiente, es posible considerar que, la clase textural de los suelos evaluados y la alta retención de agua presente en el resto de los suelos, forman un conjunto de indicadores cualitativos; los cuales, reflejan inconvenientes respecto al aspecto técnico relacionado con la permeabilidad en la zona donde está ubicado el relleno sanitario.

Aunado a esto, la proximidad que existe entre los cuerpos hídricos y el sitio de disposición final puede provocar una conducción de afectaciones al medio; dado que, la ocurrencia de este perjuicio dependerá de la operatividad e

infraestructura que tenga la ya mencionada actividad. Por tal razón; es factible considerar que, el presente indicador demuestra ser otro inconveniente respecto al aspecto técnico de su ubicación.

4.1.4. Selección de criterios y subcriterios

En conformidad con los aspectos técnicos establecidos en el presente marco teórico, los subcriterios están conformados por: distancia a cuerpos hídricos, precipitaciones, distancia al sistema nacional de áreas protegidas, permeabilidad del suelo, textura del suelo (material de cobertura), pendientes, distancia a fallas geológicas activas, distancia a vías de acceso, distancias a centros poblados y uso de suelos. En vista de aquello, la formación de criterios se basan en la agrupación de subcriterios con una amplia similitud en sus fundamentos; los cuales, se inclinan por los principios ambientales, geológicos y sociales.

Por otro lado, mediante la apreciación de cada aspecto técnico y los respectivos eventos naturales que conlleva el territorio nacional, se determinaron los siguientes criterios de restricción: Falla geológica activa, cuerpo hídrico, SNAP, centros poblados, inundación, deslizamiento de masas y bosques protectores.

Detallado de otra forma, el bosquejo de lo antedicho está descrito a continuación.

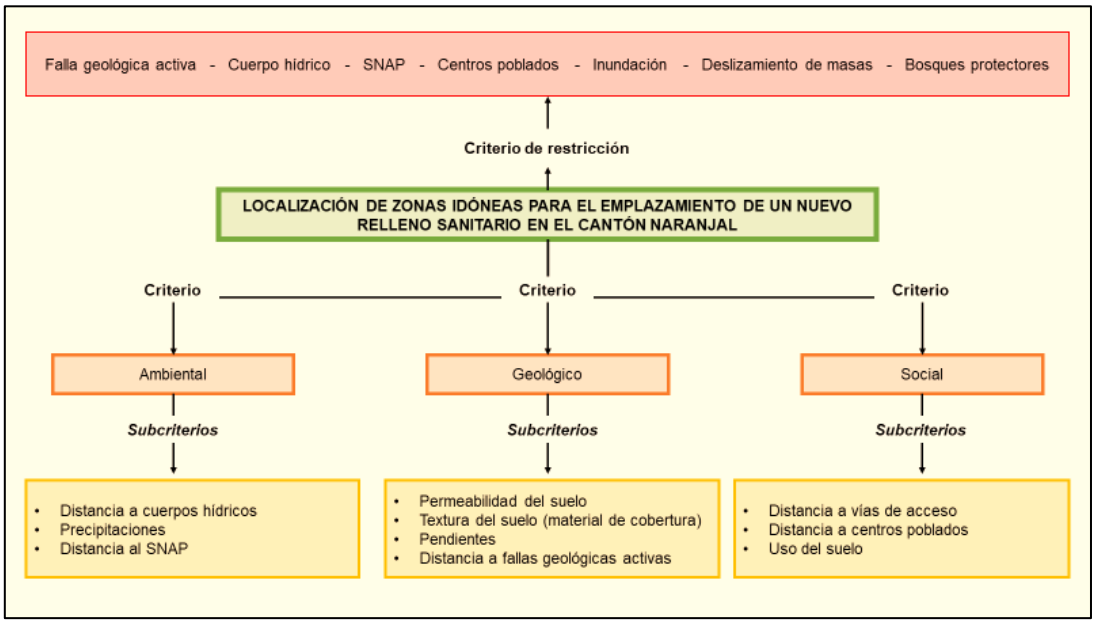

Figura 15: Clasificación de los subcriterios, criterios y criterios de restricción. **Fuente:** Autor

Aunado a la respectiva clasificación, es de gran trascendencia representar su respectiva información secundaria en el componente ArcMap; ya que de este modo, se puede ilustrar de forma espacial el desarrollo del proceso de análisis jerárquico; es por ello que, se debe ponderar las condiciones establecidas en los aspectos técnicos de cada subcriterio como se realiza a continuación.

4.1.4.1. Criterio Ambiental (Ca)

De acuerdo al presente criterio, se utilizó información secundaria y se aplicó ponderaciones respecto a los aspectos técnicos relacionados con cada uno de los subcriterios ambientales; los cuales, están descritos a continuación.

Distancia a cuerpos hídricos (Dch).- Para este subcriterio se empleó la información cartográfica del cantón Naranjal generada por el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015; la cual, representa a todos los cuerpos hídricos que se encuentran en su extensión territorial.

Precipitación (P).- A través de los servicios de información geográfica que otorga el Instituto Espacial Ecuatoriano, se utilizó la capa vectorial de isoyetas desarrollada por esta misma institución en el año 2017; dado que, brinda una información a nivel nacional desde 1985 hasta el año 2009; por lo cual, conlleva una media de las precipitaciones anuales desde antes, durante y después al fenómeno del niño de 1997 y 1998; evento que, provocó repercusiones al país.

Distancia al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Dsnap).- El presente elemento gira entorno a la Reserva Ecológica Manglares Churute; por consiguiente, se utilizó la información cartográfica del cantón Naranjal estipulada por el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015; dado que, contribuirá a delimitar la superficie del área protegida dentro de su extensión territorial.

Tabla 13: Escala de ponderaciones para los subcriterios ambientales. Representación de la categorización de cada subcriterio ambiental de acuerdo a su codificación.

Subcriterio	Categorización	Ponderación
	Distancias mayores a 200 m	10

Distancia a cuerpos hídricos	Distancias menores a 200 m	1
Precipitación	Precipitaciones entre 0 y 999 mm	10
	Precipitaciones entre 1000 y 2499 mm	5
	Precipitaciones iguales o mayores a 2500 mm	1
Distancia al SNAP	Distancias mayores a 1 km	10
	Distancias menores a 1 km	1

Fuente: Autor.

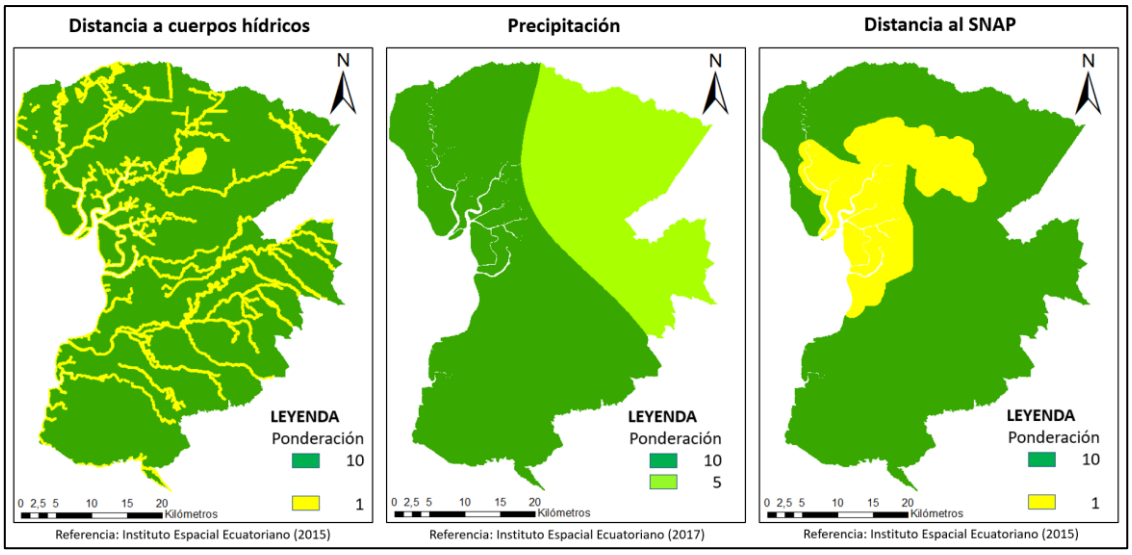

Figura 16: Ponderaciones de cada subcriterio ambiental. **Fuente:** Autor.

4.1.4.2. Criterio Geológico (Cg)

Acorde a este criterio, se empleó información secundaria y se aplicó ponderaciones respecto a los aspectos técnicos relacionados con cada uno de los subcriterios geológicos; los cuales, están descritos a continuación.

Permeabilidad del suelo (Ps).- El presente subcriterio se basa en el coeficiente de permeabilidad de suelos a nivel nacional; los cuales, están estipulados por los servicios de información geográfica que ofrece el Instituto Espacial

Ecuatoriano en el año 2017. Contribuyendo así, conocer el nivel de traspaso de fluidos que sostiene el suelo naranjaleño.

Textura del suelo (material de cobertura) – (Ts).- El presente subcriterio está basado en conocer el contenido relativo de partículas que tiene el material alojado en los suelos del cantón Naranjal; por tal razón, se utilizó a los sistemas de administración de base de datos que otorga el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015.

Pendientes (Pn).- Al igual que el subcriterio anterior, las pendientes están basadas en los sistemas de administración de base de datos que ofrece el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015; dado que, incluye información del grado de inclinación que tiene el cantón Naranjal.

Distancia a fallas geológicas activas (Dfg).- La información correspondiente se fundamenta en el visor de amenazas geológicas del Instituto de Investigación Geológico y Energético; visto que, visualiza fallas activas dentro de todo el país; por lo cual, plasma a las fallas geológicas ubicadas dentro de los límites político administrativos del cantón Naranjal.

Tabla 14: Escala de ponderaciones para los subcriterios geológicos. Representación de la categorización de cada subcriterio geológico de acuerdo a su codificación.

Subcriterio	Categorización	Ponderación
Permeabilidad del suelo	Permeabilidad inferior a $1x10^{-5}$ cm/s	10
	Permeabilidad superior a $1x10^{-5}$ cm/s	1
Textura del suelo (material de cobertura)	Franco arcilloso, franco limoso pesado, franco limo-arcilloso y arcillo limoso liviano	10
	Arcillo limoso pesado y arcilloso	5
	Arena	1
Pendientes	Pendientes entre 3 y 12%	10
	Pendientes entre 12 y 25 %	5
	Pendientes menores a 3 % y mayores a 25 %	1
	Distancias mayores a 60 m	10

Distancia a fallas geológicas activas	Distancias menores a 60 m	1

Fuente: Autor.

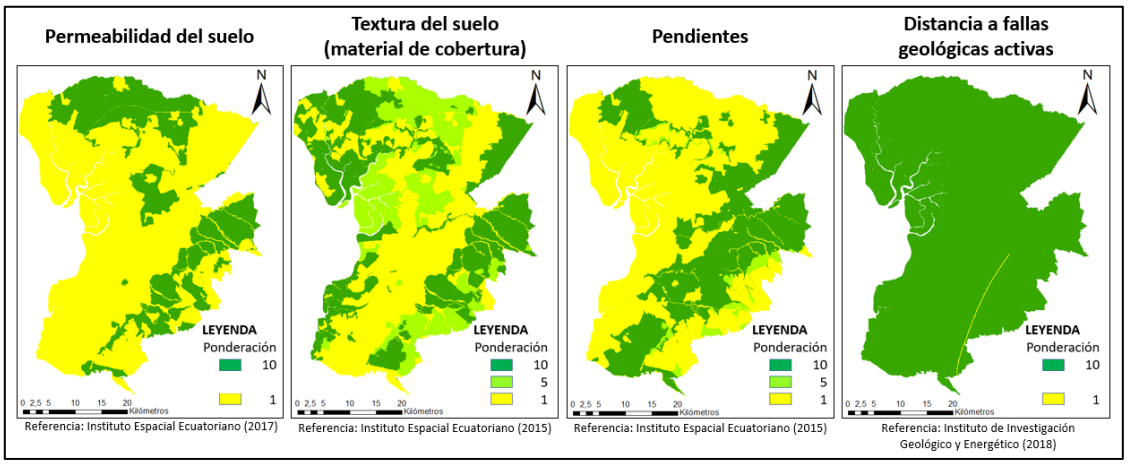

Figura 17: Ponderaciones de cada subcriterio geológico. **Fuente:** Autor.

4.1.4.3. Criterio Social (Cs)

Congruente al presente criterio, se usó información secundaria y se aplicó ponderaciones respecto a los aspectos técnicos relacionados con cada uno de los subcriterios sociales; los cuales, están descritos a continuación.

Distancia a vías de acceso (Dva).- Mediante información cartográfica del cantón Naranjal estipulada por el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015, es posible señalar a las vías de acceso que contiene toda su extensión territorial.

Distancia a centros poblados (Dcp).- Es fundamental señalar que, a través de los sistemas de administración de base de datos que otorga el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015, se puede constatar a los centros poblados que tiene el cantón Naranjal.

Uso de Suelo (Us).- Para efecto del presente subcriterio, no se utilizó la planificación de uso de suelos del cantón Naranjal debido a la ausencia de información que presenta en su correspondiente plan de ordenamiento territorial; por lo cual, se utilizó el diagnóstico de los sistemas de administración de base de datos que ofrece el Instituto Espacial Ecuatoriano a partir del año 2015;

debido a que, constituye ser el soporte técnico para la toma de decisiones o formulación de propuestas de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2015).

Aunado a esto, se utilizó la información geográfica de la plataforma del Agencia de Regulación y Control Minero; puesto que, delimita a las actividades mineras en el cantón.

Tabla 15: Escala de ponderaciones para los subcriterios sociales. Representación de la categorización de cada subcriterio social de acuerdo a su codificación.

Subcriterio	Categorización	Ponderación
Distancia a Vías de acceso	Distancia menor de 500 metros de una vía de acceso existente	10
	Distancia entre 500 y 1000 metros de una vía de acceso existente	5
	Distancia mayor de 1000 metros de una vía de acceso existente	1
Distancia a centros poblados	Distancia mayor a 500 metros	10
	Distancia menor a 500 metros	1
Uso del suelo	Zonas improductivas	10
	Zonas productivas	5
	Zonas residenciales y de protección	1

Fuente: Autor.

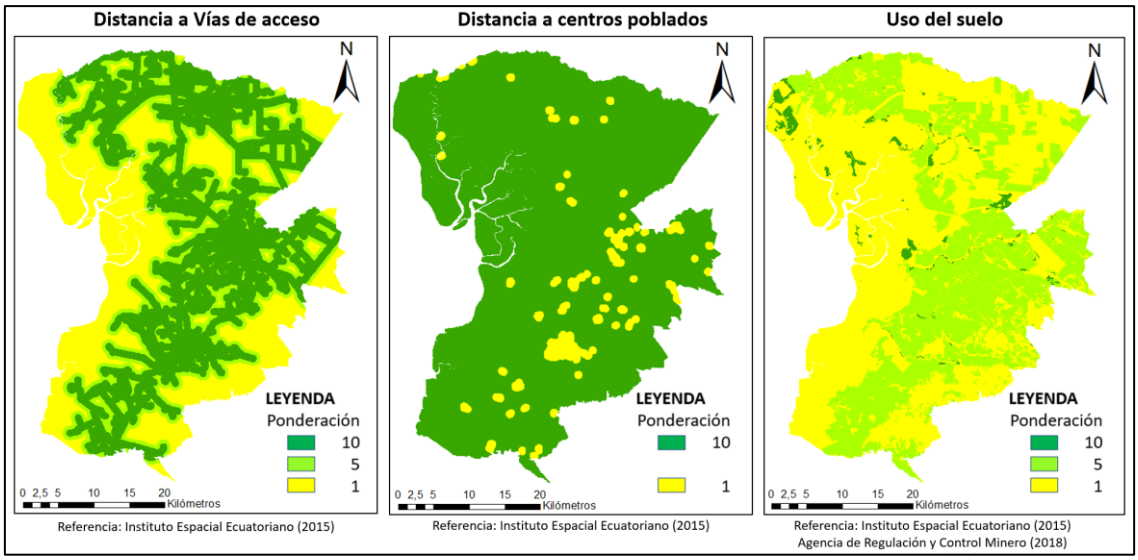

Figura 18: Ponderaciones de cada subcriterio social. **Fuente:** Autor.

4.1.4.4. Criterio de restricción

Por último, se implementan criterios de restricción relacionados hacía algunos aspectos técnicos y eventos naturales, tales como: falla geológica activa, cuerpos hídricos, Sistema Nacional de Áreas Protegidas, centros poblados, inundación, deslizamiento de masas y bosques protectores; los cuales, serán detallados posteriormente.

***Falla Geológica Activa.* –** Si bien es cierto que, el subcriterio denominado distancia a fallas geológicas activas establece las zonas de mayor impacto durante algún movimiento sísmico; así mismo, es importante prohibir el emplazamiento de un relleno sanitario sobre la falla; dado que, sufrirían grandes afectaciones sus respectivas instalaciones.

Para esta restricción se utilizó la información del visor de amenazas geológicas del Instituto de Investigación Geológico y Energético.

***Cuerpos Hídricos.* –** No solamente es ineludible evaluar las distancias a los cuerpos hídricos más cercanos; ya que además, es necesario restringir la construcción de cualquier tipo de actividad antropogénica sobre alguna fuente; puesto que, provocaría grandes repercusiones al medio.

Para ello, esta prohibición empleó la información cartográfica del cantón Naranjal estipulada por el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas. - Calcular la distancia del posible emplazamiento al Sistema Nacional de Áreas Protegidas próximo sólo contribuirá en la estimación de los posibles daños al área protegida; por lo cual, es fundamental impedir la construcción y operatividad alguna sobre una zona de protegida; dado que, el desarrollo de sus actividades ocasionarían mayor afectación al equilibrio ecológico de su entorno.

Por lo cual, esta restricción se utilizó la información cartográfica del cantón Naranjal estipulada por el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015.

Centros poblados. – Además de considerar la distancia que tendrá un relleno sanitario conforme a la ubicación de los centros poblados; es importante especificar que, ningún sitio de disposición final se construirá dentro de los límites administrativos de alguna zona urbana consolidada o no consolidada; puesto que, su implementación ocasiona proliferación de enfermedades.

Por ello, se empleó los sistemas de administración de base de datos que otorga el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015.

Inundación. – Si bien es cierto que, Naranjal es un cantón susceptible a inundaciones; también es necesario reconocer que, a través del sistema de control de inundaciones Cañar - Naranjal, se protegió un total de 285000 hectáreas pertenecientes a los límites administrativos de la población naranjaleña; las cuales, eran afectadas por desbordamientos de ríos (Empresa Pública Agua Ecuador, 2016).

Por tal razón, el presente criterio de restricción está basado en las zonas de inundación permanente que tiene Naranjal; las cuales, según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2017), pertenecen a los manglares y pantanos ubicados al lado oeste del cantón.

Deslizamiento de masas. – Las laderas muy pronunciadas, la abundante recarga hídrica y la ausencia de la masa boscosa sobre las mismas son los factores principales para los deslizamientos de masa (CONRED GT, 2015).

Por consiguiente; es ineludible considerar que, el emplazamiento de un relleno sanitario estar restringido en zonas que presenten susceptibilidad a movimientos de masa; dado que, provocaría una dispersión de lixiviados y desechos al medio; por lo cual, la presente restricción está basada en los movimientos de masa estipulados por el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2015; dado que, delimitan los mencionados deslizamientos en el cantón Naranjal.

Bosques protectores. – Se evitará construir un relleno sanitario en una zona cuya formación vegetal conserve el suelo y la vida silvestre del medio; debido que, su respectiva cimentación y operatividad ocasiona desestabilizar las funciones que cumplen dicho bosque. Es por ello que, la presente restricción está basada en los mapas estipulados por el Ministerio del Ambiente Ecuador (2018), puesto que, dentro de su respectivo Geoportal intersecta a un bosque protector dentro del cantón Naranjal.

De acuerdo a lo descrito, es necesario delimitar cada uno de estos criterios en el cantón Naranjal; pues, su respectiva proyección contribuirá a descartar las zonas prohibidas para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario.

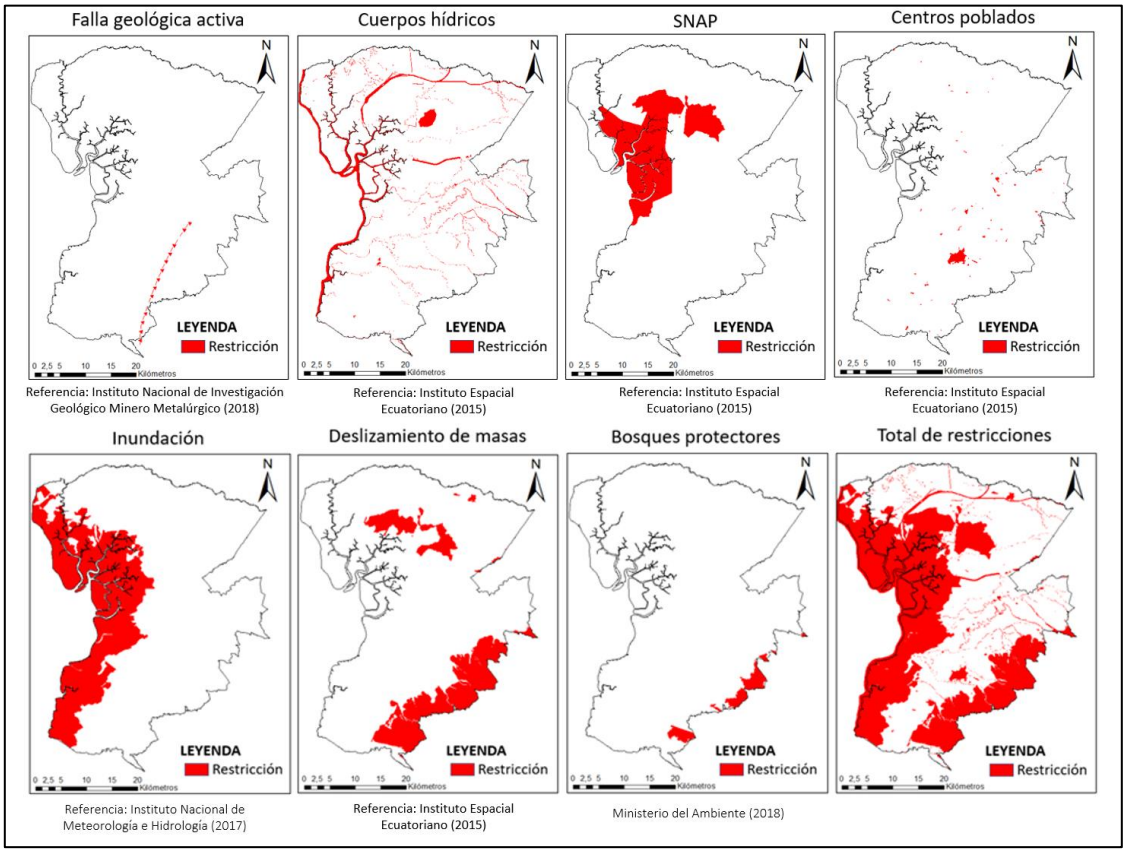

Figura 19: Representación de los criterios de restricción. **Fuente:** Autor.

4.1.5. Resultados a partir de las encuestas realizadas a los profesionales expertos del tema

Es importante resaltar que, los resultados de las tres encuestas (ANEXO 5) serán presentadas a partir de sus respectivos promedios.

Tabla 16: Criterios. Comparación pareada entre criterios promediados.

Promedios por criterios			
Criterio	Criterio Ambiental	Criterio Geológico	Criterio Social
Criterio Ambiental	1,00	2,33	7,67
Criterio Geológico	0,44	1,00	7,67
Criterio Social	0,13	0,13	1,00
Suma total	1,58	3,47	16,33

Fuente: Autor.

Tabla 17: Subcriterios ambientales. Comparación pareada entre los subcriterios ambientales promediados

Promedios por subcriterios del criterio ambiental			
Subcriterios	Distancia a cuerpos hídricos	Precipitaciones	Distancia a SNAP
Distancia a cuerpos hídricos	1,00	7,00	5,00
Precipitaciones	0,15	1,00	0,50
Distancia a SNAP	0,24	2,00	1,00
Suma total	1,39	10,00	6,50

Fuente: Autor.

Tabla 18: Subcriterios geológicos. Comparación pareada entre los subcriterios geológicos promediados.

Promedios por subcriterios del criterio geológico				
Subcriterios	Permeabilidad de suelo	Textura de suelo (material de cobertura)	Pendiente	Distancia a fallas geológicas activas
Permeabilidad de suelo	1,00	3,67	3,00	2,00
Textura de suelo (material de cobertura)	0,29	1,00	0,83	1,17
Pendiente	0,36	1,33	1,00	1,00
Distancia a fallas geológicas activas	0,61	1,17	1,00	1,00
Suma total	2,26	7,17	5,83	5,17

Fuente: Autor.

Tabla 19: Subcriterios Sociales. Comparación pareada entre los subcriterios sociales promediados.

Promedios por subcriterios del criterio social			
Subcriterios	Distancia a centros poblados	Uso de suelo	Distancia a las vías de acceso
Distancia a centros poblados	1,00	1,00	1,33
Uso de suelo	1,00	1,00	1,67
Distancia a las vías de acceso	0,83	0,67	1,00
Suma total	2,83	2,67	4,00

Fuente: Autor.

4.1.6. Obtención y autentificación de pesos

Conforme a las matrices de comparaciones pareadas, se presentan en las siguientes tablas los respectivos cálculos para definir los pesos normalizados y sus relaciones de consistencia; por lo cual, en las primeras filas de cada tabla se detalla su procedimiento.

Tabla 20: Pesos normalizados de cada criterio. Determinación de los pesos normalizados para cada criterio.

Criterio	Criterio Ambiental	Criterio Geológico	Criterio Social	Peso Normalizado
Criterio Ambiental	1,00/1,58=0,63	2,33/3,47=0,67	7,67/16,33=0,47	1,77/3=0,59
Criterio Geológico	0,28	0,29	0,47	0,35
Criterio Social	0,08	0,04	0,06	0,06

Fuente: Autor.

Tabla 21: Pesos normalizados de cada subcriterio ambiental. Determinación de los pesos normalizados para cada subcriterio ambiental.

Subcriterios	Distancia a cuerpos hídricos	Precipitaciones	Distancia a SNAP	Peso Normalizado
Distancia a cuerpos hídricos	1,00/1,39=0,72	7,00/10,00=0,70	5,00/6,50=0,77	2,19/3=0,73
Precipitaciones	0,11	0,10	0,08	0,10
Distancia a SNAP	0,17	0,20	0,15	0,17

Fuente: Autor.

Tabla 22: Pesos normalizados de cada subcriterio geológico. Determinación de los pesos normalizados para cada subcriterio geológico.

Subcriterios	Permeabilidad de suelo	Textura de suelo (material de cobertura)	Pendiente	Distancia a fallas geológicas activas	Peso Normalizado
Permeabilidad del suelo	1,00/2,26=0,44	3,67/7,17 = 0,51	3,00/5,83 = 0,51	2,00/5,17= 0,39	1,85/4=0,46
Textura del suelo (material de cobertura)	0,13	0,14	0,14	0,23	0,16
Pendiente	0,16	0,19	0,17	0,19	0,18
Distancia a fallas geológicas activas	0,27	0,16	0,17	0,19	0,20

Fuente: Autor.

Tabla 23: Pesos normalizados de cada subcriterio social. Determinación de los pesos normalizados para cada subcriterio social.

Subcriterios	Distancia a centros poblados	Uso de suelo	Distancia a las vías de acceso	Peso Normalizado
Distancia a centros poblados	1,00/2,83=0,35	1,00/2,67=0,38	1,33/4,00=0,33	1,06/3=0,35
Uso de suelo	0,35	0,38	0,42	0,38
Distancia a las vías de acceso	0,29	0,25	0,25	0,26

Fuente: Autor.

Tabla 24: Relación consistencia. Autentificar la validez de los pesos normalizados.

Matriz de comparación pareada					**Peso Norm**	$CI = \frac{\lambda\, max\ -\ n}{n-1}$			***RI=n***	$CR = \frac{\mathbf{CI}}{\mathbf{RI}}$
Criterio	*Ca*	*Cg*	*Cs*			***λ max***	***n***	***CI***	***RI***	
Ca	1,00	2,33	7,67		0,59	[(((1*0,59)+(2,33*0,59)+(7,67*0,59))/0,59)+		(3,10-3)/		
Cg	0,44	1,00	7,67		0,35	(((0,44*0,35)+(1*0,35)+(7,67*0,35))/0,35)+	3	(3-1)=	0,58	0,05/0,52= 0,09
Cs	0,13	0,13	1,00		0,06	(((0,13*0,06)+(0,13*0,06)+(1*0,06))/0,06)/3]=3,10		0,05		
Subcriterio	*Dch*	*P*	*Dsnap*							
Dch	1,00	7,00	5,00		0,73					
P	0,15	1,00	0,50		0,10	3,09	3	0,04	0,58	0,08
Dsnap	0,24	2,00	1,00		0,17					
Subcriterio	*Ps*	*Ts*	*Pn*	*Dfg*						
Ps	1,00	3,67	3,00	2,00	0,46					
Ts	0,29	1,00	0,83	1,17	0,16	4,25	4	0,08	0,90	0,09
Pn	0,36	1,33	1,00	1,00	0,18					
Dfg	0,61	1,17	1,00	1,00	0,20					
Subcriterio	*Dcp*	*Us*	*Dva*							
Dcp	1,00	1,00	1,33		0,35					
Us	1,00	1,00	1,67		0,38	3,08	3	0,04	0,58	0,07
Dva	0,83	0,67	1,00		0,26					

Fuente: Autor.

Conforme a los datos presentados en la anterior tabla; es justo resaltar que, la relación de consistencia los pesos normalizados corresponden a valores menores de 0,10; por lo tanto, los pesos normalizados de las encuestas son consistentes.

Adicionalmente, es factible evidenciar el nivel de importancia que tiene cada aspecto; visto que, los resultados de las encuestas puntualizan la jerarquía de cada criterio y subcriterio evaluado. Por tal razón; es necesario señalar que, el criterio de mayor importancia consensual para el emplazamiento de un relleno sanitario reside en el ambiental; pues, este valor destaca en los pesos normalizados de la tabla 20; dado que, los criterios geológicos y sociales presentan una considerable y baja importancia respectivamente.

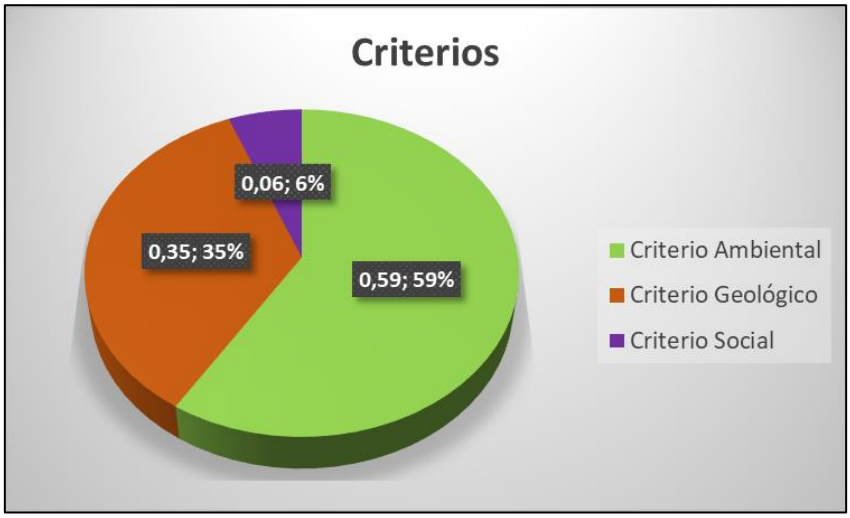

Figura 20: Representación gráfica del nivel de importancia que tiene cada criterio**. Fuente:** Autor.

Concorde a la gran repercusión que tiene el criterio ambiental, es necesario resaltar la supremacía que tienen sus respectivos subcriterios; los cuales, según los pesos normalizados de la tabla 21, el aspecto de alta trascendencia consensual radica en la distancia que tiene el relleno sanitario y el cuerpo hídrico más cercano; mientras que, los valores de la distancia al SNAP y las precipitaciones son de menor peso.

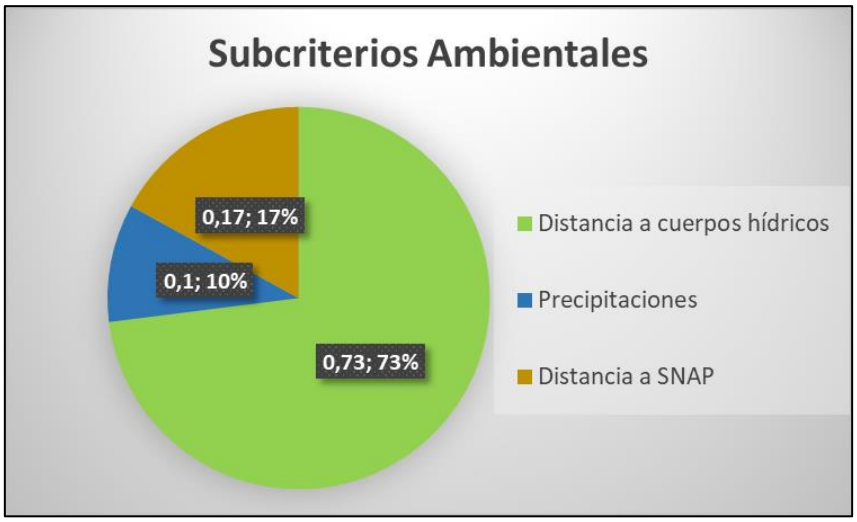

Figura 21: Representación gráfica del nivel de importancia que tiene cada subcriterio ambiental.
Fuente: Autor.

Por otro lado, los subcriterios considerablemente importantes forman parte del criterio geológico; los cuales, según los pesos normalizados de la tabla 22, el aspecto de superior difusión consensual recae en la permeabilidad del suelo; mientras que, los valores de las distancias a fallas geológicas activas, pendientes y textura del suelo (material de cobertura) son de menor peso.

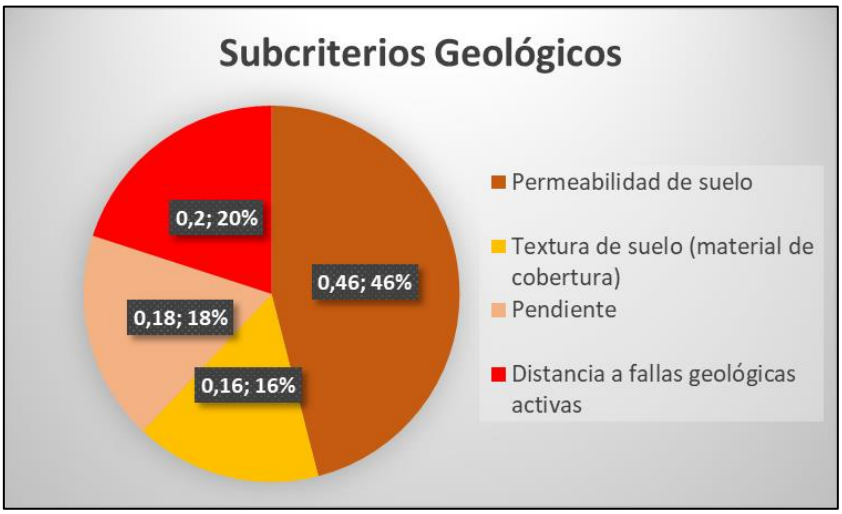

Figura 22: Representación gráfica del nivel de importancia que tiene cada subcriterio geológico.
Fuente: Autor.

Por último pero no menos esencial, los subcriterios de baja importancia forman parte del criterio social; los cuales, según los pesos normalizados de la tabla 23,

el aspecto con suprema magnitud consensual arraiga en el uso del suelo; mientras que, los valores de la distancia a centros poblados y vías de acceso son de menor peso.

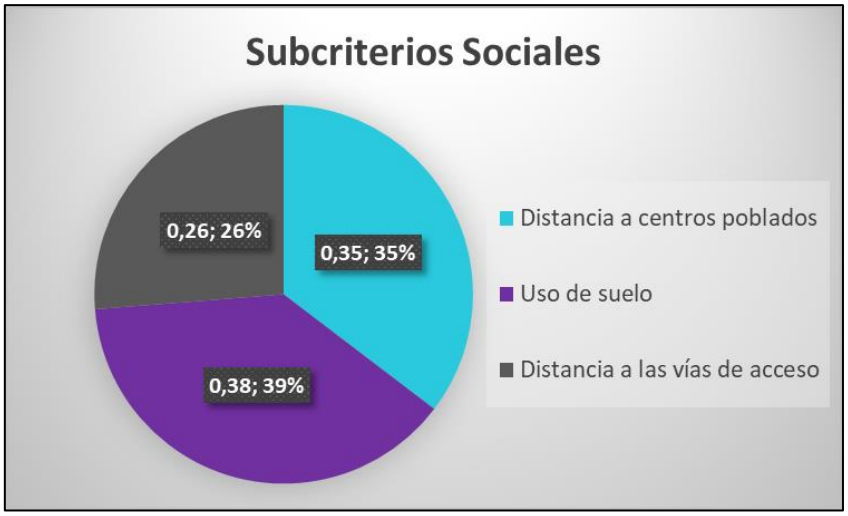

Figura 23: Representación gráfica del nivel de importancia que tiene cada subcriterio social. **Fuente:** Autor.

En resumen, al comparar los aspectos se puede distinguir la supremacía de los subcriterios ambientales frente a los geológicos y sociales.

4.1.7. Resultados parciales de las zonas con mayor y menor idoneidad a partir de los pesos obtenidos y las ponderaciones establecidas.

Para efecto de las zonas con mayor y menor idoneidad, los pesos normalizados y los valores de cada uno de los subcriterios están sometidos a una media ponderada a través de la calculadora ráster del componente ArcMap. De acuerdo a lo descrito, los resultados de dicho procedimiento arrojan capas rásters que representan a la evaluación de las ponderaciones más altas y más bajas en la mencionada operación; por lo cual, demuestran el nivel de importancia que tiene cada subcriterio en su respectivo conjunto de criterios.

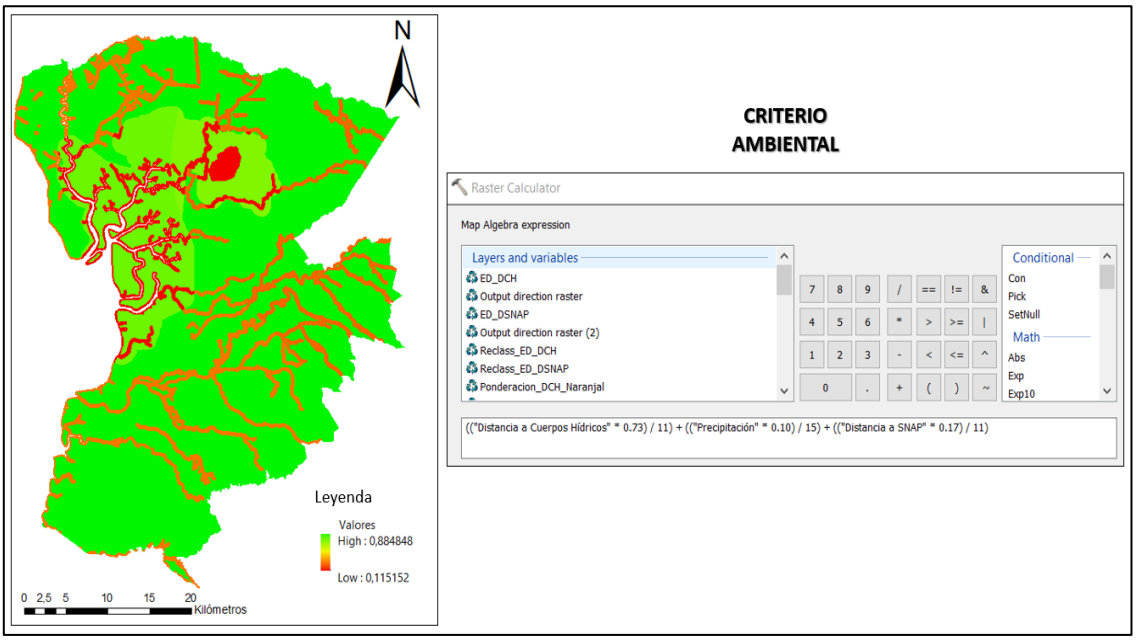

Figura 24: Criterio ambiental producto de la media ponderada. **Fuente:** Autor.

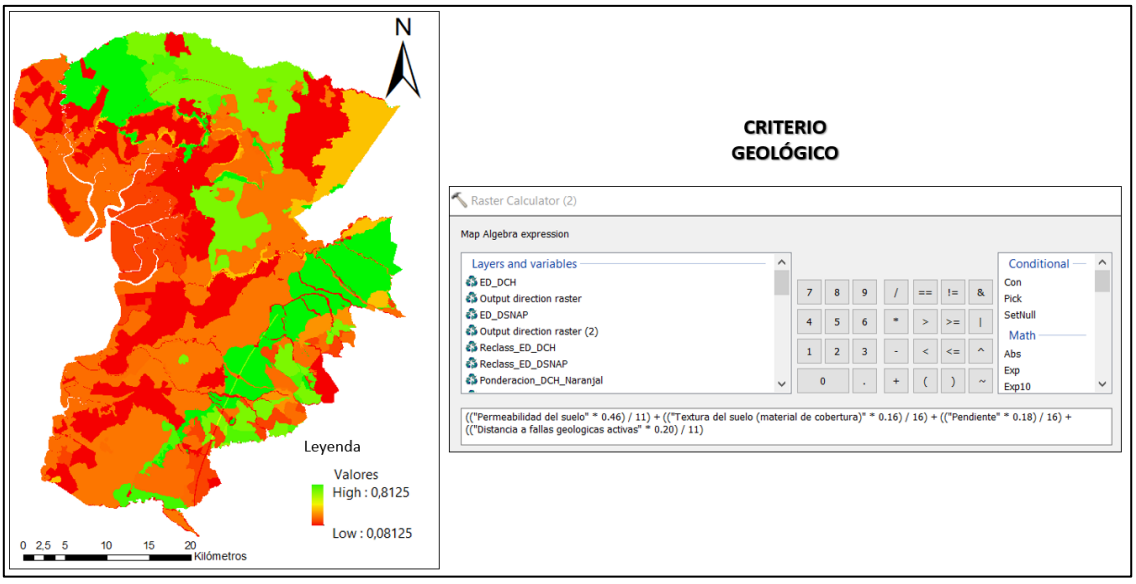

Figura 25: Criterio geológico producto de una media ponderada. **Fuente:** Autor.

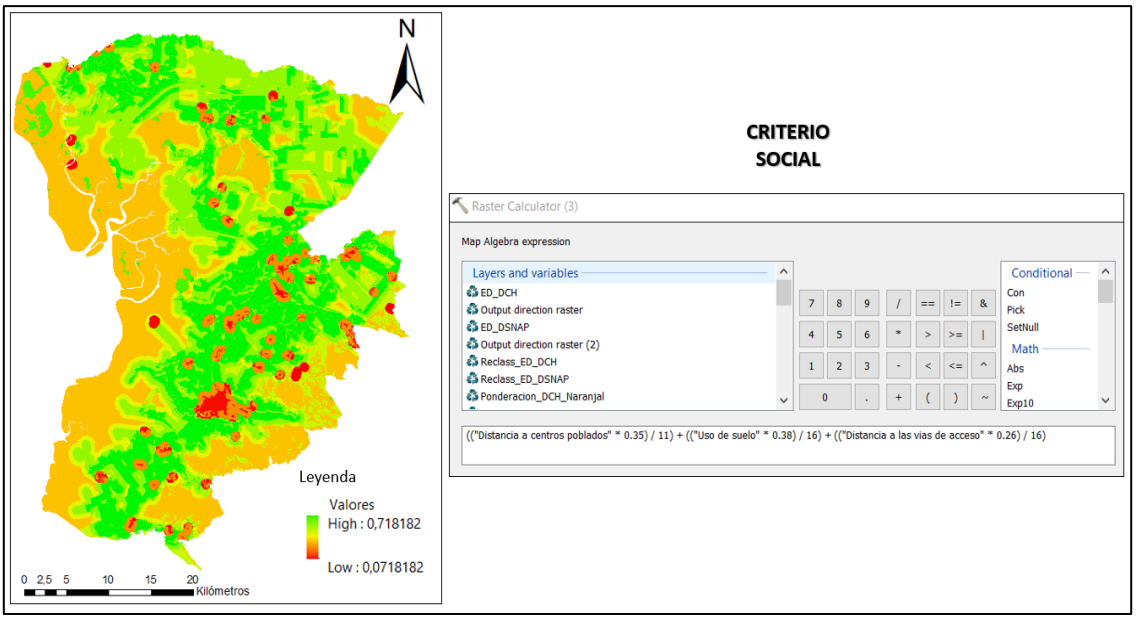

Figura 26: Criterio social producto de una media ponderada. **Fuente:** Autor.

Posterior a ello, los altos y bajos valores que tiene cada criterio son sometidos a una sumatoria lineal ponderada con los respectivos pesos normalizados que conllevan cada uno de ellos; debido a que, el respectivo resultado de dicha operación garantizará una capa ráster que demuestre las zonas con mayor y menor idoneidad para el emplazamiento de un relleno sanitario; por lo cual, es necesario emplear la calculadora ráster del componente ArcMap para la respectiva escenificación de las zonas.

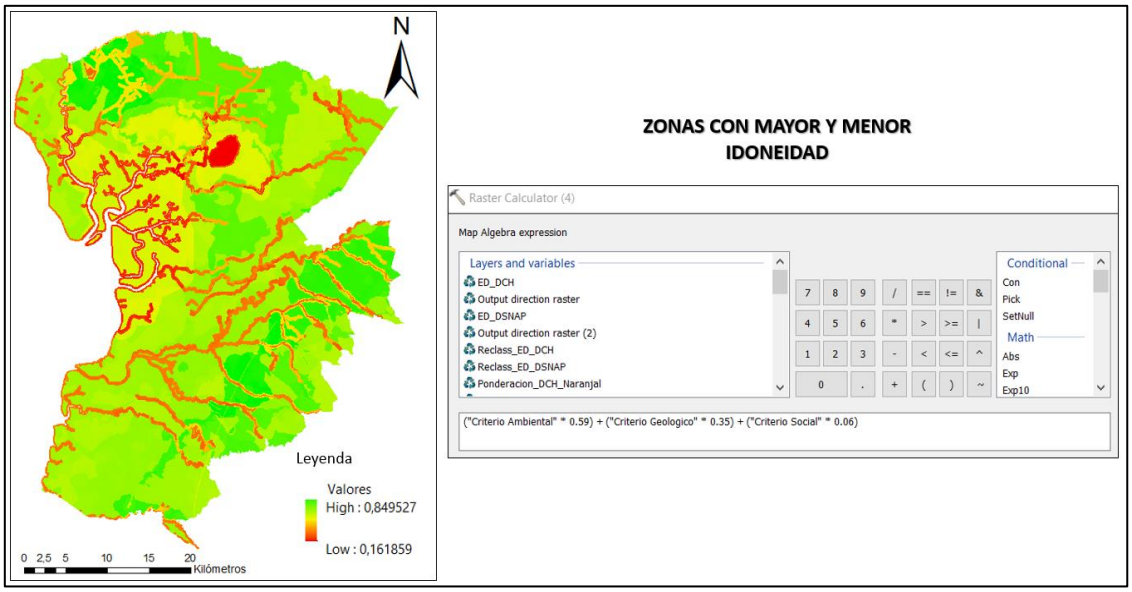

Figura 27: Zonas con mayor y menor idoneidad producto de la sumatoria lineal ponderada. **Fuente:** Autor.

No obstante, es adecuado categorizar a las zonas con mayor y menor idoneidad; debido a que, ayuda a mejorar la apreciación del resultado que otorga la sumatoria lineal ponderada; pues, aquel resultado solo representa al valor máximo y mínimo de idoneidad que contiene el área de estudio, y no identifica a los valores intermedios que conlleva esa sumatoria; por consiguiente, es necesario organizar a los mencionados valores de tal forma que genere una escala equitativa; la cual, establezca a las zonas con extremada idoneidad, razonable idoneidad, moderada idoneidad, baja idoneidad y no idóneas; por esta razón, la aplicación de la clasificación por intervalos iguales se ajusta a la mencionada necesidad.

Concorde a lo descrito, el procedimiento para clasificar por intervalos iguales se realiza a partir del rango máximo y mínimo que arroja la previa operación; por lo tanto, estos valores son 0,849527 y 0,161859 respectivamente; lo cual, conlleva a determinar un intervalo de 0,1375336 mediante los cinco valores que se estipula anteriormente. Es así como; por intermedio del intervalo definido, se puede generar la antedicha escala bajo los valores ponderados.

Tabla 25: Ponderación de Valores. Escala de los valores ponderados.

Escala	Valor
0,161859 hasta 0,2993926	Zonas no idóneas
0,2993926 hasta 0,4369262	Zonas con baja idoneidad
0,4369262 hasta 0,5744598	Zonas con moderada idoneidad
0,5744598 hasta 0,7119934	Zonas con razonable idoneidad
0,7119934 hasta 0,849527	Zonas con extrema u óptima idoneidad

Fuente: Autor.

A partir de la escala establecida en la anterior tabla, es posible categorizar la capa ráster con zonas de mayor y menor idoneidad; puesto que, se utiliza a la herramienta denominada reclasificación en el componente ArcMap; misma que, ayuda a codificar los valores designados en la escala; por lo cual, es necesario una valoración numérica para simplificar el manejo de la información en el software.

Tabla 26: Codificación de los valores. Representación de la codificación conforme a sus valores.

Escala	Valor	Codificación
0,161859 hasta 0,2993926	Zonas no idóneas	1
0,2993926 hasta 0,4369262	Zonas con baja idoneidad	2
0,4369262 hasta 0,5744598	Zonas con moderada idoneidad	3
0,5744598 hasta 0,7119934	Zonas con razonable idoneidad	4
0,7119934 hasta 0,849527	Zonas con extrema idoneidad	5

Fuente: Autor.

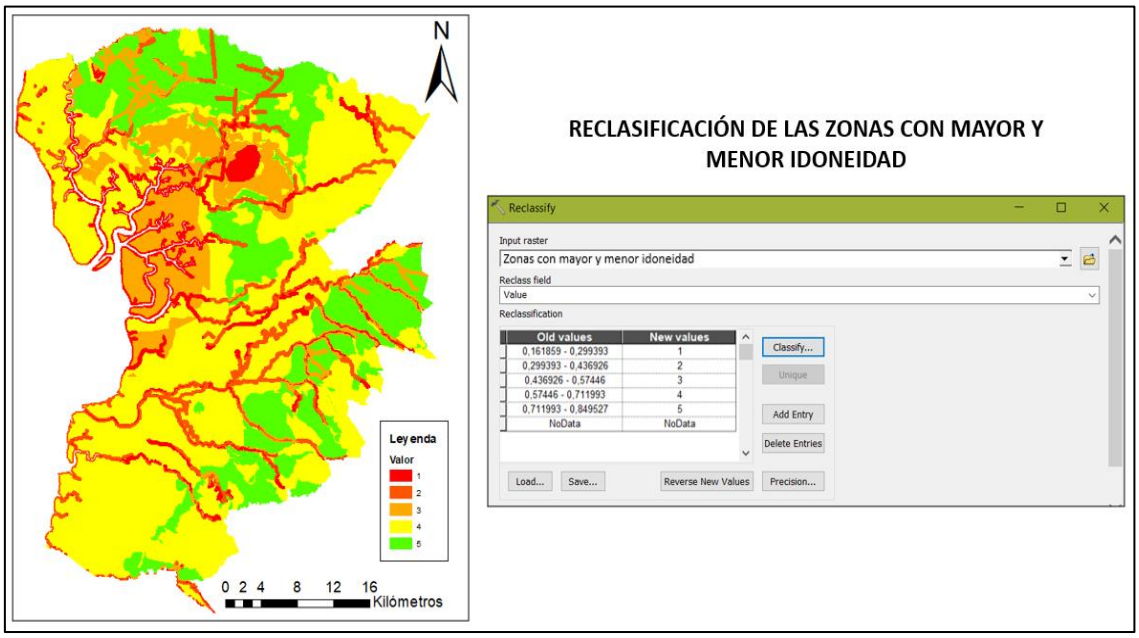

Figura 28: Reclasificación de las zonas con mayor y menor idoneidad **Fuente:** Autor

Luego de reclasificar a las zonas con mayor y menor idoneidad, se debe excluir las zonas prohibidas para el emplazamiento de un relleno sanitario; para lo cual, se utiliza a los criterios de restricción estipulados en la selección de criterios y subcriterios. Es así como, descartar varios sitios forjarán espacios de menor impacto para las actividades del sitio de disposición final; los cuales, están delimitados en la sucesiva figura.

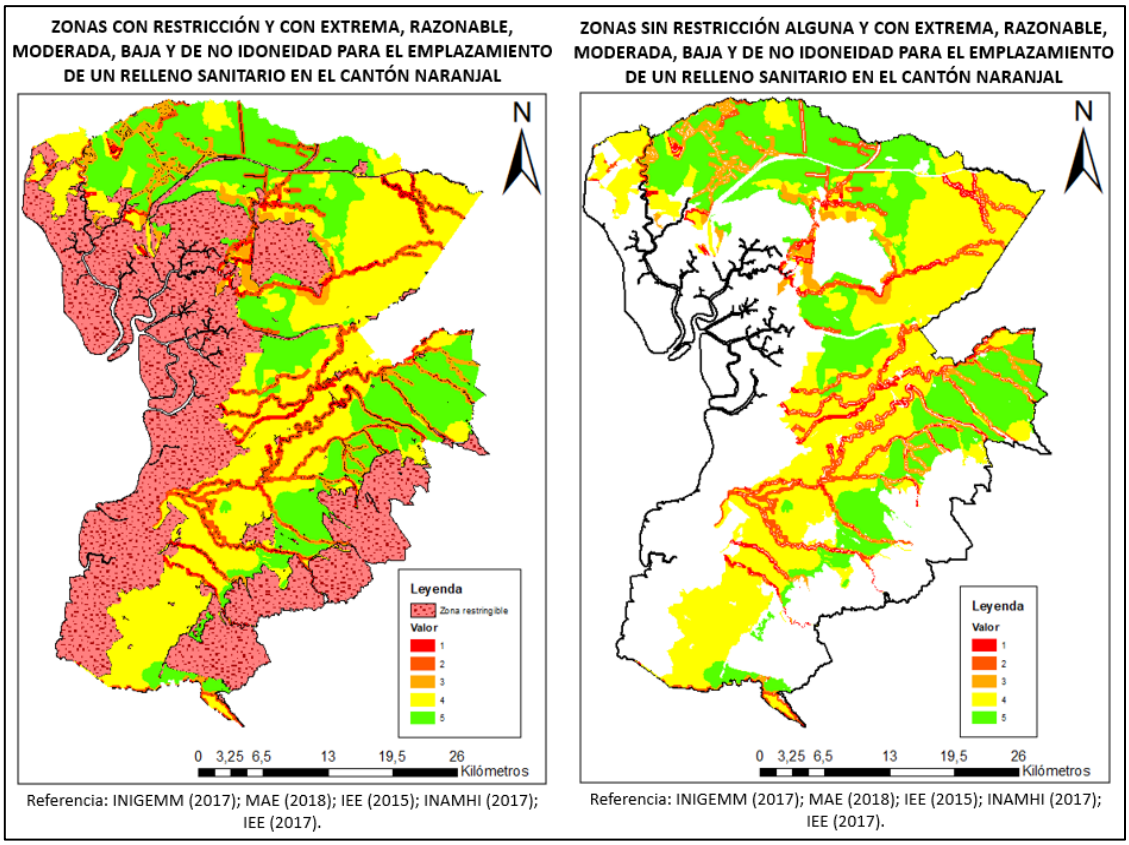

Figura 29: Zonas idóneas, no idóneas y regularmente idóneas con y sin restricción alguna. **Fuente**: Autor.

Acorde al presente resultado; es necesario señalar que, a través de los sistemas de información geográficos se puede distinguir que dentro de las 173207,37 hectáreas que contiene el cantón Naranjal, unas 97712,5 hectáreas no presentan ningún tipo de restricción; por lo cual, estas zonas no tienen prohibición alguna; y además, muestran espacios con extrema, moderada, baja y nula idoneidad para localizar un relleno sanitario.

4.1.8. Posibles lugares para el nuevo relleno sanitario

4.1.8.1. Zonas con extrema u óptima idoneidad

Para lograr conocer los posibles lugares del sitio de disposición final se debe eliminar a las zonas razonables, moderadas, bajas y de nula idoneidad; puesto

que, para operar actividades relacionadas al tratamiento de desechos sólidos se requieren zonas con extrema u óptima idoneidad.

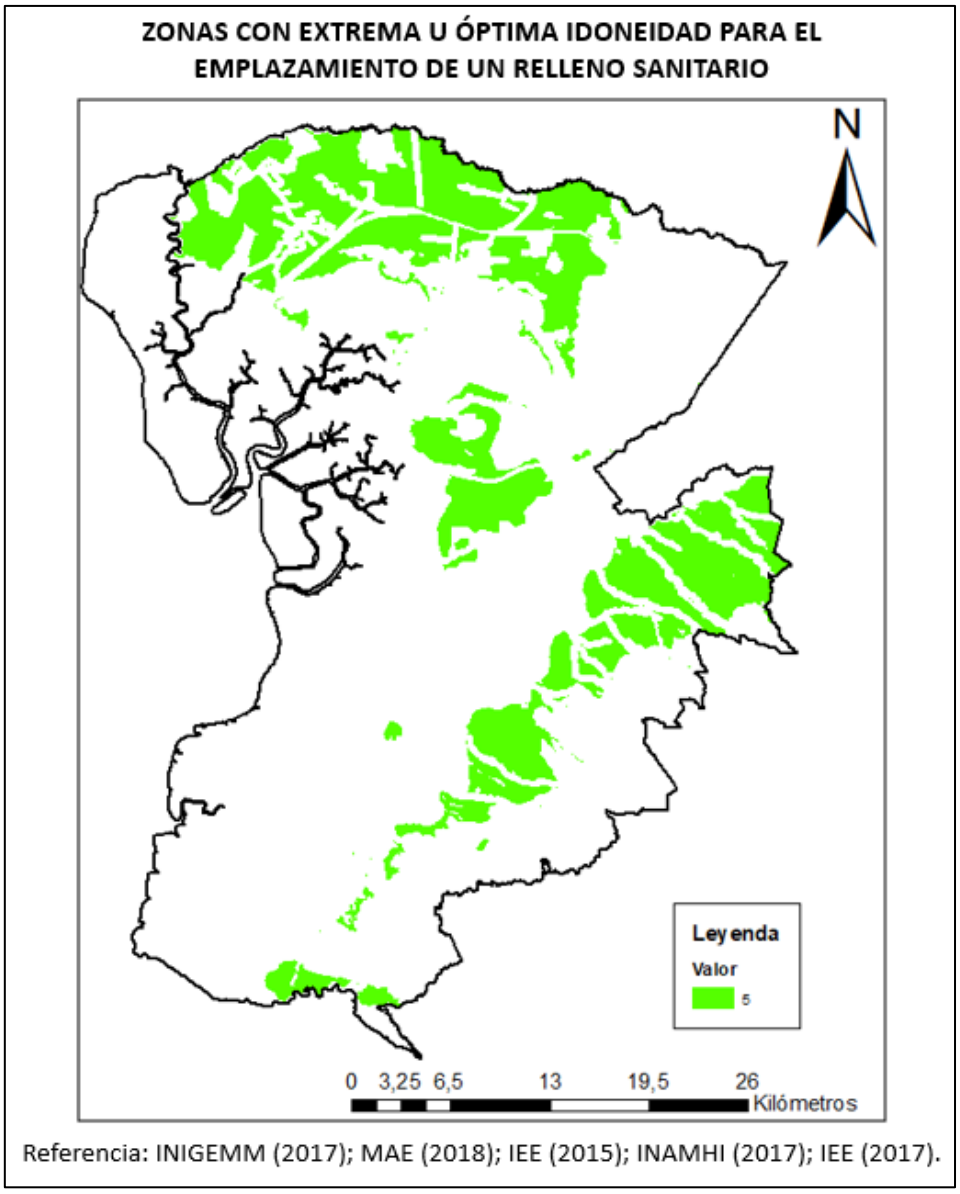

Figura 30: Zonas con extrema u óptima idoneidad para el emplazamiento de un relleno sanitario.
Fuente: Autor.

De esta forma, de las 97712,5 hectáreas pertenecientes a zonas sin prohibición alguna y con extrema, razonable, moderada, baja y nula idoneidad para la localización de un relleno sanitario; tan solo, 32920,6 hectáreas corresponden a zonas con extrema u óptima idoneidad.

4.1.8.2. Exclusión de zonas que no cumplan con el espacio necesario para el emplazamiento de un relleno sanitario

De manera consecutiva, se debe estimar el área para dar el respectivo tratamiento a los desechos sólidos de toda la población naranjaleña; es decir, para las 5 parroquias que conforman al cantón; por lo cual, es necesario mencionar que la metodología a ejecutar refleja valores de aproximación sobre la superficie que requiere un relleno sanitario mancomunado.

Tasa de crecimiento poblacional.- De forma inicial, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos indica la siguiente información.

Tabla 27: Naranjal durante los censos de población y vivienda 2001 y 2010. Representación de la cantidad poblacional de Naranjal en los censos 2010 y 2001.

Censo	Población del Naranjal
VII Censo de Población y VI de Vivienda - 2010	69012 habitantes
VI Censo de Población y V de Vivienda - 2001	53482 habitantes

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (2018)

De acuerdo a los datos que presenta la anterior tabla, se puede calcular la tasa de crecimiento poblacional; misma que, será especificada en la sucesiva figura.

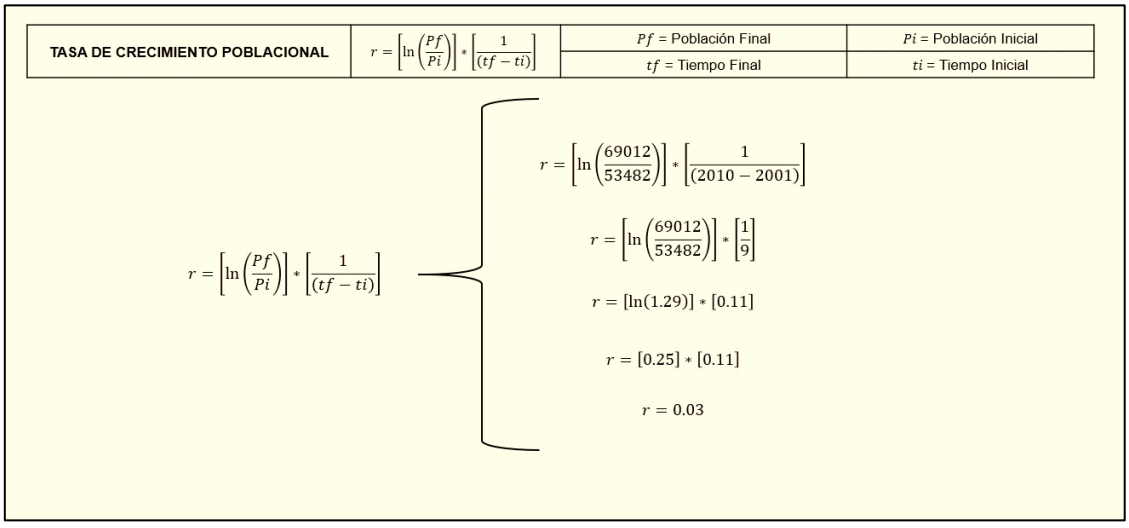

Figura 31: Tasa de crecimiento poblacional. **Fuente:** Autor

Crecimiento exponencial poblacional continuo.- Es importante resaltar que, la tasa de crecimiento poblacional ayudará parcialmente a conocer el crecimiento exponencial poblacional continuo; por lo cual, es necesario definir el tiempo y la población en un lapso determinado.

A tenor de lo descrito, el Expreso (2012), alega que, las actividades del actual relleno sanitario de Naranjal empezaron desde el año 2012; las cuales, tendían un ciclo operativo de 15 años.

En ese sentido, la vida útil del actual sitio de disposición final acabaría en el año 2027; por lo tanto, es necesario buscar nuevos sitios para el emplazamiento de dicha actividad; dado que, contribuirá a generar una adecuada planificación en el uso de los suelos del cantón Naranjal.

Es por ello que, se debe identificar las zonas para la operatividad de un relleno sanitario; en las cuales, cumplan con las disposiciones de legales; como por ejemplo, el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios; el cual, la normativa ambiental ecuatoriana dispone de un tiempo mínimo de 10 años (Ministerio Ambiente Ecuador, 2003).

Por esta razón, el presente trabajo de titulación planificara un relleno sanitario con 15 años de vida útil, partiendo desde el fin del ciclo operativo del actual relleno sanitario; es decir, desde el año 2027 hasta el 2042; dado que, en este lapso se cumple los respectivos 15 años.

Por otra parte; es preciso especificar que, el Instituto Nacional de Estadística y Censos presenta información censal hasta el año 2010; por lo tanto, se ve la necesidad de designar como población inicial a la establecida durante el VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010 del cantón Naranjal; logrando de esta forma, estimar el ascenso de la población naranjaleña a partir del año 2010 hasta el 2042.

CRECIMIENTO EXPONENCIAL POBLACIONAL CONTINUO	$Pf = Pi * [e^{r*(tf-ti)}]$	r= Tasa de Crecimiento Poblacional	Pf = Población Final	Pi = Población Inicial
			tf = Tiempo Final	ti = Tiempo Inicial

$$Pf = Pi * [e^{r*(tf-ti)}]$$

$$Pf = 69012 * [e^{0.03*(2042-2010)}]$$

$$Pf = 69012 * [e^{0.96}]$$

$$Pf = 69012 * 2.61$$

$$Pf = 180121{,}32\ hab$$

Figura 32: Crecimiento exponencial poblacional continuo. **Fuente:** Autor.

Población que cuenta con el servicio de recolección de desechos sólidos.- Luego de obtener a la población final del cantón Naranjal para el año 2042, se puede definir a la población que cuenta con el servicio de recolección de desechos sólidos mediante el porcentaje de la cobertura del servicio de recolección; el cual, según Tello, Martínez, Daza, Soulier, & Terraza (2010), mencionan a través del informe de evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe que, la cobertura del servicio de recolección de desechos sólidos en poblaciones medianas de Ecuador; es decir, poblaciones desde 50001 habitantes hasta 300000 habitantes, es del 88,9 %.

POBLACIÓN QUE CUENTA CON EL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.	$P(servida) = \frac{P * PCSR}{100\%}$	P = Población	$PCSR$ = Porcentaje de cobertura del servicio de recolección

$$P(Servida) = \frac{P*PCSR}{100\%}$$

$$P(Servida) = \frac{180121{,}32\ hab.* 88.9\%}{100\%} = 160127.85\ hab.$$

Figura 33: Población que contaría con el servicio de recolección de desechos sólidos. **Fuente:** Autor.

Producción anual de los desechos sólidos.- A través de la producción per cápita de desechos sólidos, es posible determinar la producción anual que será otorgada a los camiones recolectores.

Es así como, Collazos (2013), mediante su libro llamado: Diseño y operación de rellenos sanitarios, establece un orden de producción de basura a partir de la cantidad de habitantes que tiene una determinada zona; en la cual, estipula una producción per cápita de 0.5 kg/hab – día en las poblaciones conformadas por 100000 hasta 500000 habitantes.

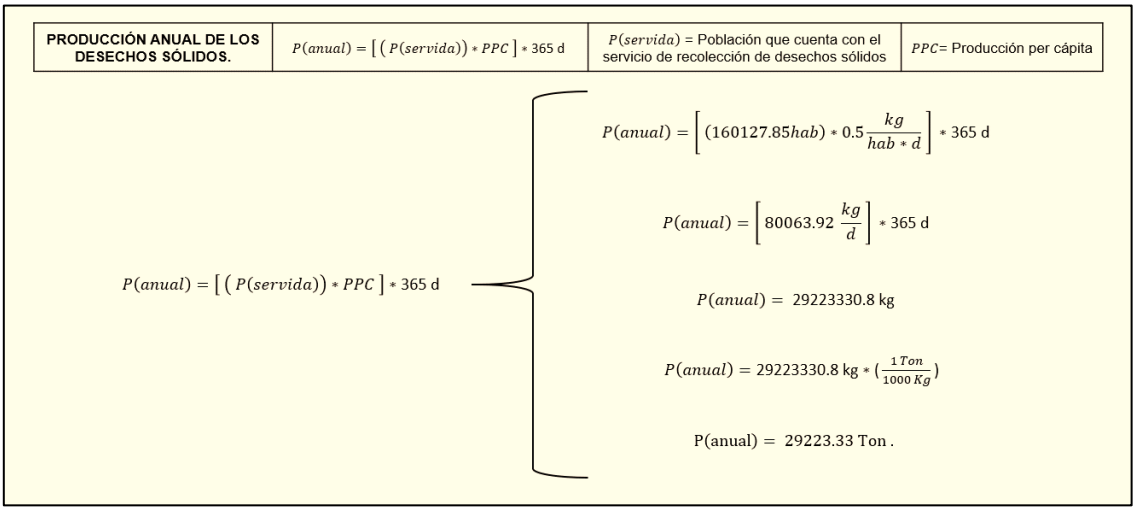

Figura 34: Producción anual de los desechos sólidos. **Fuente:** Autor.

Volumen de los desechos sólidos que serán dispuestos anualmente en el cubeto.- Una vez determinada la producción anual de los desechos sólidos, es factible establecer el volumen anual dispuesto en el cubeto del sitio disposición final por medio del peso específico y el porcentaje de asentamiento que tienen los desechos sólidos.

Concorde a lo aludido, Collazos (2013), indica que, el peso específico de los desechos sólidos estima la relación que existe entre el peso y el volumen que manejara un relleno sanitario. Por lo tanto, Sakurai (2000), asegura que, el peso específico de los desechos sólidos que maneja generalmente un relleno sanitario es de 0.6 Ton/m³.

Por otro lado, Ordóñez & Villarraga (2005), sostienen que, el valor del asentamiento representa el porcentaje de pérdida del volumen de los desechos

sólidos en los procesos químicos y biológicos de la degradación, logrando llegar hasta un 40% de pérdida.

VOLUMEN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS QUE SERÁN DISPUESTOS ANUALMENTE EN EL CUBETO.	$V = \left[\frac{P(anual)}{\rho}\right] * (1 - asentamiento)$	$P(anual)$ = Producción anual de los desechos solidos	ρ = Peso específico de los desechos solidos

$$V = \left[\frac{P(anual)}{\rho}\right] * (1 - asentamiento)$$

$$V = \left[\frac{29223.33\ Ton}{0.6\ \frac{Ton}{m^3}}\right] * (1 - 0.4)$$

$$V = [\,48705.55\ m^3] * (0.6)$$

$$V = 29223.33\ m^3$$

Figura 35: Volumen de los desechos dispuestos en el cubeto. **Fuente:** Autor.

Área mínima requerida para depositar los desechos sólidos de cada centro poblado.- Luego de estimar el volumen de desechos sólidos, es generalmente asequible acotar el área mínima requerida para el alojamiento de desechos sólidos de cada poblado; por lo cual, para su cálculo se necesita de la vida útil del relleno sanitario, la altura del cubeto y el porcentaje de material de cobertura.

A tenor de lo descrito Miranda (2003), alega que, la altura de un cubeto generalmente solo puede llegar hasta 5 m; dado que, alturas por arriba implican utilizar equipos de compactación eficiente; a lo cual, muchos municipios que no tienen los suficientes recursos se les recomienda mantener una altura de hasta 5 m; pues de esta forma, se evita problemas de asentamientos.

Por otra parte, Rondón *et al.* (2016), aseguran que, el porcentaje del material de cobertura recomendado para un relleno sanitario es de un metro cúbico por cada cinco metro cúbico de desecho sólido.

Conforme al párrafo anterior y al volumen de desechos sólidos que serán dispuestos anualmente en el cubeto, el porcentaje de material de cobertura aplicado anualmente en el relleno sanitario será descrito en la siguiente figura.

Si bien es cierto que, 5m³ de desechos sólidos equivalen 1m³ de material de cobertura; entonces 29223.33 m³ de desechos sólidos equivalen :

$$MC = \frac{29223.33\ m^3 * 1m^3}{5\ m^3} = 5844.66\ m^3$$

No obstante; si bien es cierto que, 29223.33 m³ representa el 100% de los desechos sólidos que serán alojados anualmente en el relleno sanitario; entonces el material de cobertura usado representa:

$$\%\ MC = \frac{5844.66\ m^3 * 100\ \%}{29223.33\ m^3} = 20\ \%$$

Figura 36: Material de cobertura usada por la cantidad de desechos sólidos depositados en el relleno sanitario**. Fuente:** Autor.

De esta forma, es factible delimitar el área mínima requerida para el alojamiento de desechos sólidos de cada parroquia.

ÁREA MÍNIMA REQUERIDA PARA DEPOSITAR LOS DESECHOS SÓLIDOS DE CADA PARROQUIA.	$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = \left[\frac{\sum_{K=1}^{n}(V * MC)}{h}\right]$	$n =$ Vida Útil del Relleno Sanitario	V=Volumen de los Desechos Solidos que serán dispuestos anualmente en el cubeto
		MC= Porcentaje del Material de Cobertura	h=Altura del cubeto

$$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = \left[\frac{\sum_{K=1}^{n}(V * MC)}{h}\right]$$

$$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = \left[\frac{\sum_{K=1}^{15}(29223.33\ m^3 * 0.2)}{5\ m}\right]$$

$$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = \left[\frac{\sum_{K=1}^{15}(5844.66\ m^3)}{5\ m}\right]$$

$$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = \left[\frac{(5844.66\ m^3) * ((15-1)+1)}{5\ m}\right]$$

$$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = \left[\frac{87669.9\ m^3}{5\ m}\right]$$

$$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = [17533.98\ m^2]$$

$$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = [17533.98\ m^2] * \left[\frac{1\ ha.}{10000\ m^2}\right]$$

$$A\left(\frac{cub}{parroquias}\right) = 1.7\ ha.$$

Figura 37: Área mínima requerida para depositar desechos sólidos de cada poblado. **Fuente:** Autor.

Área para un relleno sanitario mancomunado.- De manera subsecuente al cálculo del área mínima requerida, es válido determinar el área necesaria para dar tratamiento a los desechos sólidos mancomunados del cantón Naranjal; por lo tanto, es fundamental determinar el factor de aumento del área adicional requerida para el sitio de disposición final.

De acuerdo a Carmona (2015), el factor de aumento que se agrega a la obra e infraestructura necesaria para la operación de un relleno sanitario mancomunado

está entre un 20% y 40%. El presente trabajo investigativo considero el valor referencial del 20%; debido a que, el área de estudio abarca a todas las parroquias de un solo cantón.

Para efecto de calcular el área total de un relleno sanitario mancomunado, se estableció un procedimiento; el cual, consiste de forma inicial estimar el área que requieren todas las parroquias del área de estudio, luego se evalúa el factor aumento que se agregara a la obra y por último se multiplican estos dos resultados para encontrar el área total.

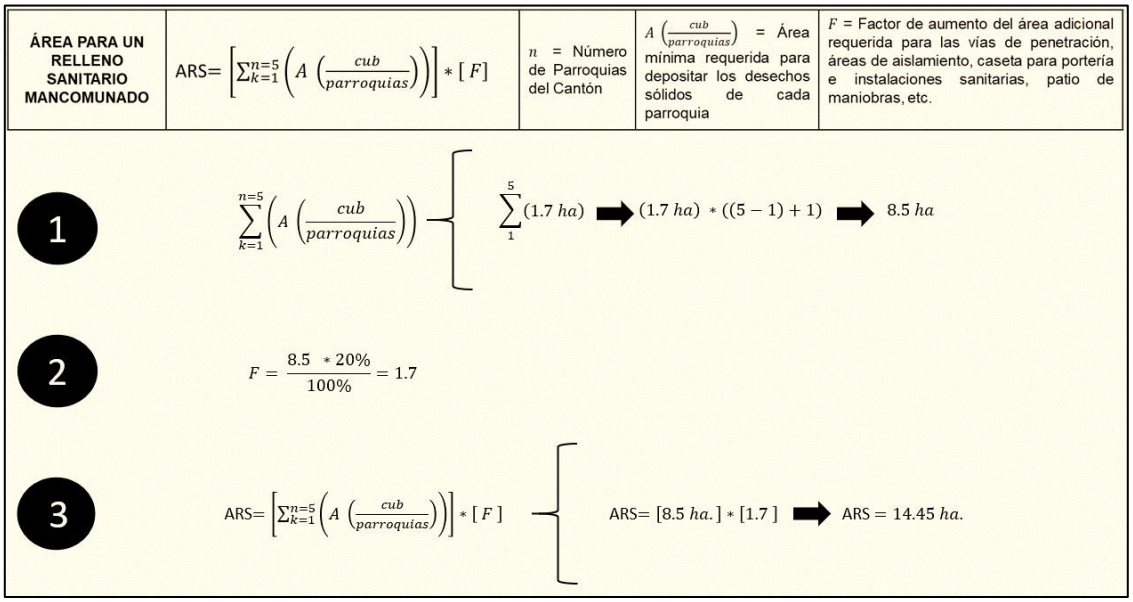

Figura 38: Área para un relleno sanitario mancomunado. **Fuente:** Autor.

Concorde al resultado estimado, se deben excluir espacios inferiores a 14,45 ha dentro de las zonas óptimas; logrando de esta forma, reducir superficies que presenten inconvenientes para la operatividad del sitio de disposición final.

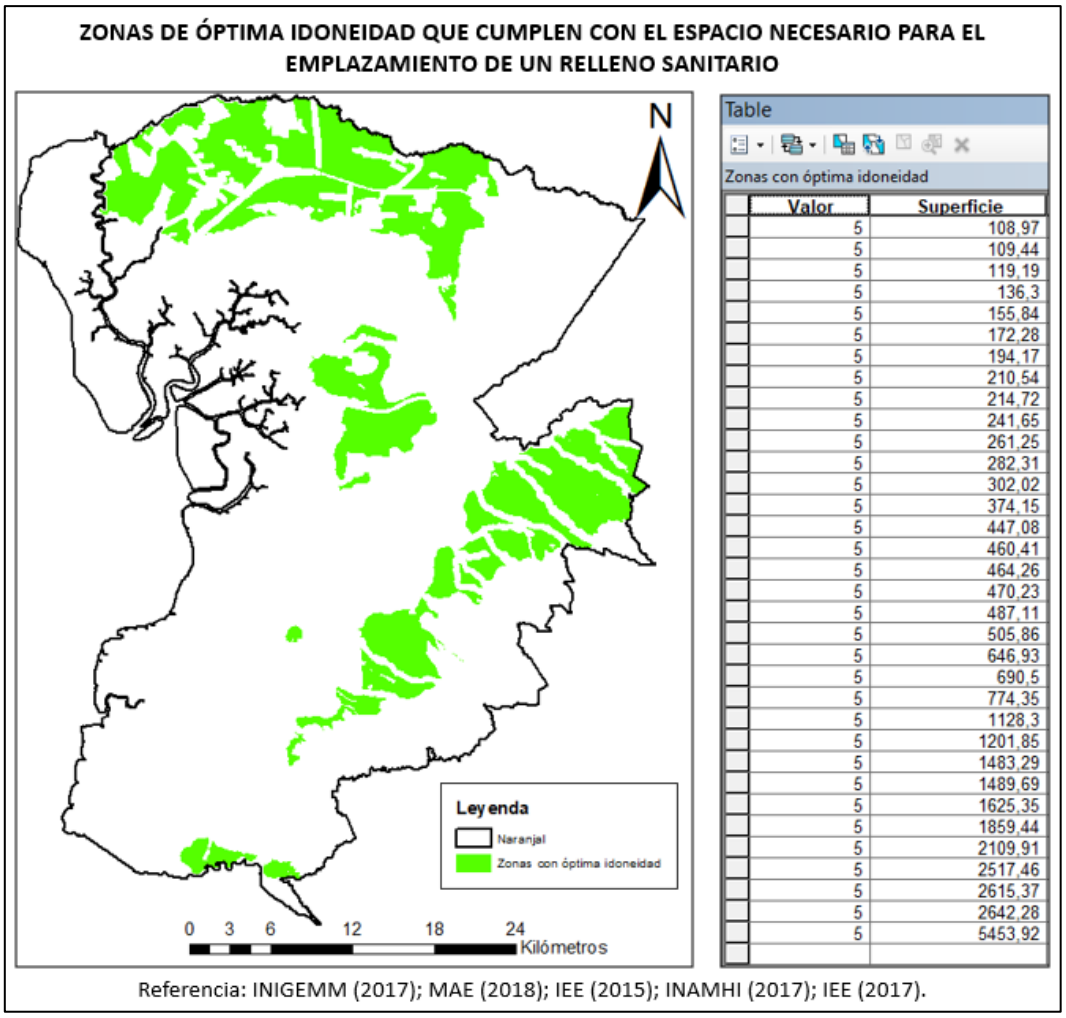

Figura 39: Zonas Óptimas con el espacio necesario para el emplazamiento de un relleno sanitario. **Fuente:** Autor.

De este modo, a partir de las 32920,6 hectáreas pertenecientes a las zonas con extrema u óptima idoneidad, solo 31956,43 hectáreas compensan el espacio necesario para el emplazamiento de un relleno sanitario.

4.1.8.3. Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos.

Una vez determinada las zonas de óptima idoneidad con el espacio necesario para el emplazamiento de un relleno sanitario, se debe clasificar estos resultados en conformidad con la distancia a la máxima procedencia de desechos sólidos;

es decir, el sitio de disposición final debe localizarse lo más cercano al centro de gravedad de mayor generación de desechos sólidos; dado que, dependiendo de la ubicación se contribuirá o no a disminuir los recorridos que realizan frecuentemente los camiones recolectores durante su respectiva operatividad (Ramos, Carmona, Cano, & Semadeni, 1996).

Aunado al párrafo anterior; es importante señalar que, la mayor producción de desechos sólidos se vincula con la mayor concentración de habitantes por centro poblado. Por lo tanto, es fundamental conocer el número de habitantes por centros poblados en el cantón Naranjal; debido a que, ayudará a demostrar que el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos en el área de estudio. En tal sentido, el Instituto Nacional de Estadística y Censos a través de su sistema integrado de consultas contribuye a la delimitación de la población naranjaleña por sectores durante los censos de población y vivienda 2001 y 2010; mismos que, serán descritos a continuación.

Tabla 28: Número de habitantes por centros poblados. Representación de la cantidad de habitantes por centros poblados durante los censos de población y vivienda

Parroquias	**VI Censo de Población y V de Vivienda - 2001**	**VII Censo de Población y VI de Vivienda - 2010**
Naranjal (Urbano)	20789	28487
Naranjal (Rural)	9372	11352
Jesús María	5066	6427
San Carlos	5403	6516
Santa Rosa de Flandes	4031	5444
Taura	8821	10786
Total	53482	69012

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (2018)

Concorde a los datos presentados, el centro poblado de mayor cantidad de habitantes durante los dos censos de población y vivienda pertenece al sector urbano de la parroquia Naranjal; por consiguiente, es el centro de gravedad con mayor producción de desechos sólidos.

Dentro de este marco, Röben (2002), alega que, dependiendo de la distancia entre el relleno sanitario y el centro de máxima procedencia de desechos sólidos, se puede considerar como una situación óptima, regularmente óptima y no óptima. De manera más precisa, la siguiente tabla indicará de forma detallada lo anteriormente mencionado.

Tabla 29: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos. Localización del relleno sanitario en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos.

Situación de acuerdo a su distancia	**Distancias en conformidad con el número de habitantes por centro poblado**	**Observaciones**
Situación Óptima	Distancias inferiores a 7 kilómetros respecto a una población mayor de 200000 habitantes. Distancias inferiores a 5 kilómetros respecto a una población mayor de 50000 habitantes. Distancias inferiores a 3 kilómetros respecto a una población inferior de 50000 habitantes.	Se considera como un sitio óptimo, debido a su corta distancia al centro de gravedad de la procedencia de desechos.
Situación Regularmente Óptima	Distancias entre 7 y 15 kilómetros respecto a una población mayor de 200000 habitantes. Distancias entre 5 y 10 kilómetros respecto a una población mayor de 50000 habitantes. Distancias entre 3 y 6 kilómetros respecto a una población inferior de 50000 habitantes.	Se considera como un sitio regularmente óptimo, debido a las distancias intermedias entre la ubicación del relleno sanitario y la mayor procedencia de desechos sólidos.

	Distancias mayores a 15 kilómetros respecto a una población mayor de 200000 habitantes.	Se considera como un sitio no óptimo, debido a las largas distancias que tendrá que recorrer los camiones colectores durante su respectiva operatividad.
Situación No Óptima	Distancias mayores a 10 kilómetros respecto a una población mayor de 50000 habitantes.	
	Distancias mayores a 6 kilómetros respecto a una población inferior de 50000 habitantes.	

Fuente: Röben (2002)

De este modo, mediante las consideraciones de la anterior tabla, es posible delimitar la distancia entre el sector urbano de la parroquia Naranjal con los sitios para el emplazamiento del relleno sanitario. No obstante; es importante resaltar que, el número de habitantes referentes que tiene el sector urbano pertenece al año 2010; por lo cual, es necesario estimar la cantidad de habitantes que tiene el mismo centro poblado para el año 2042; debido a que, en el lapso donde se cumplen los respectivos 15 años del relleno sanitario planificado. Es así como, la respectiva estimación será descrita en la siguiente figura.

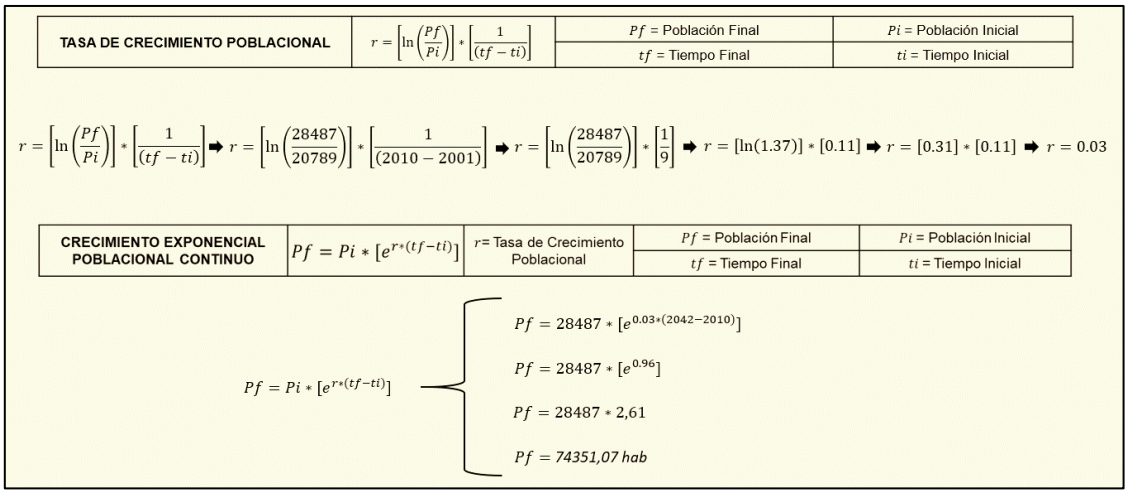

Figura 40: Número de habitantes del sector urbano en la parroquia Naranjal del año 2042. **Fuente:** Autor.

Conforme al resultado de la figura número 40 y a las distancias de conformidad con el número de habitantes por centro poblado, el relleno sanitario debe estar localizado a una distancia inferior de 5 km debido a la corta distancia al centro de producción de desechos sólidos; puesto que, si el sitio de disposición final se ubica dentro de una distancia de 5 a 10 km, ocasionan recorridos ligeramente extensos por los camiones colectores desde la procedencia de desechos sólidos hasta la respectiva zona de tratamiento; mientras que, si la presente actividad llega a situarse en zonas mayores de 10 km, se originan largas distancias por recorrer en los camiones recolectores durante su respectiva operatividad.

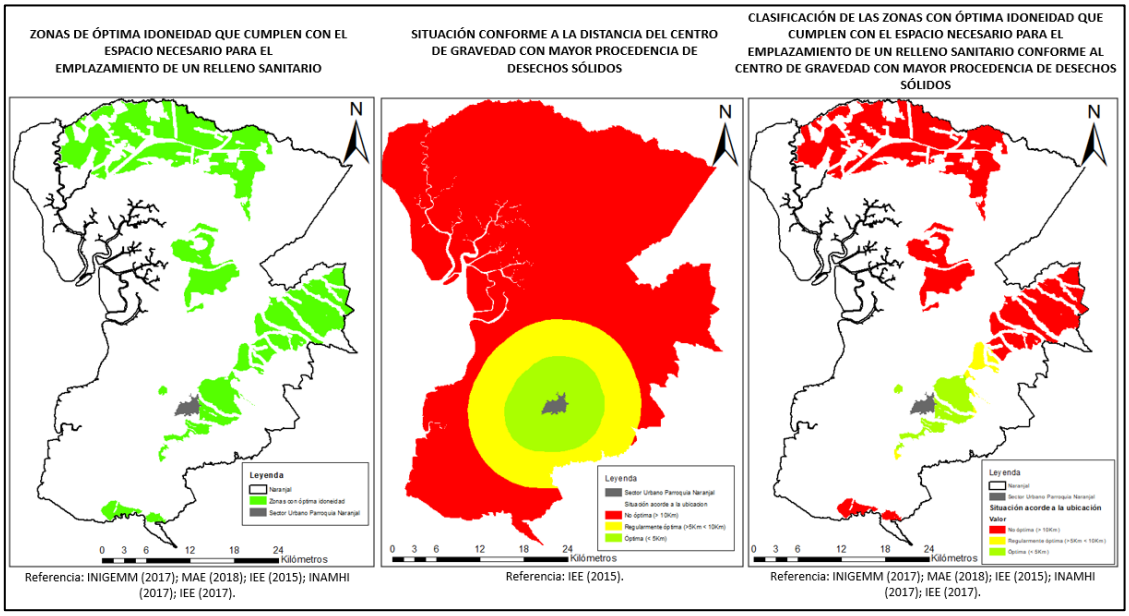

Figura 41: Clasificación de las zonas óptimas en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos. **Fuente:** Autor.

Es así como, la presente clasificación favorece en la obtención de alternativas que aseguren un adecuado emplazamiento del nuevo relleno sanitario; por lo tanto, el presente trabajo investigativo elegirá a las zonas ubicadas a distancias inferiores de 5km del sector urbano de la parroquia Naranjal; dado que, presentan situaciones óptimas en comparación con las otras zonas.

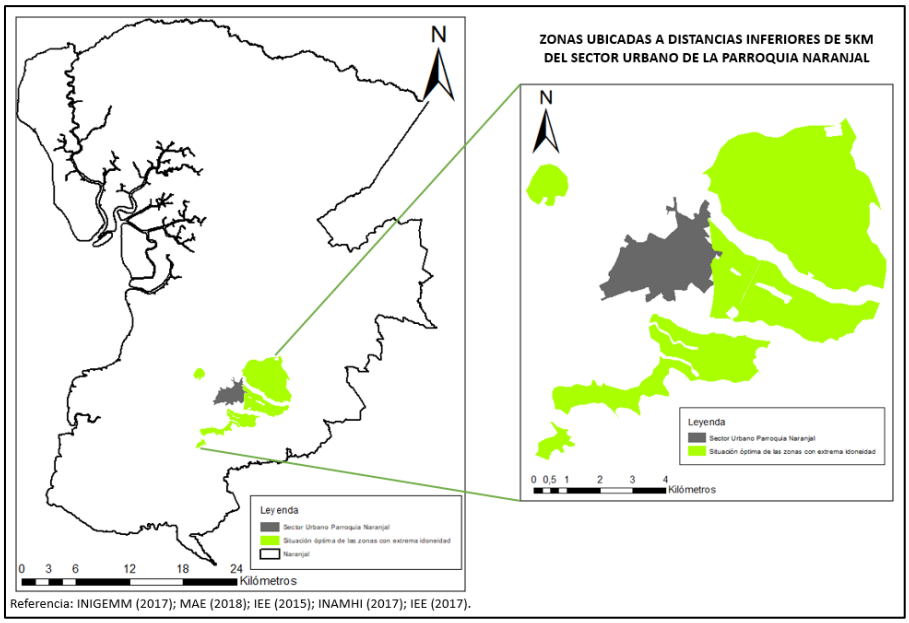

Figura 42: Zonas ubicadas en sitios óptimos. **Fuente:** Autor

De esta forma, es plausible denominar a las zonas ubicadas en sitios óptimos como alternativas; dado que, cada zona representa una extensión territorial distinta. Es así que, producto de estas distintas extensiones territoriales se forman ocho alternativas; mismas que, están detalladas en la sucesiva figura.

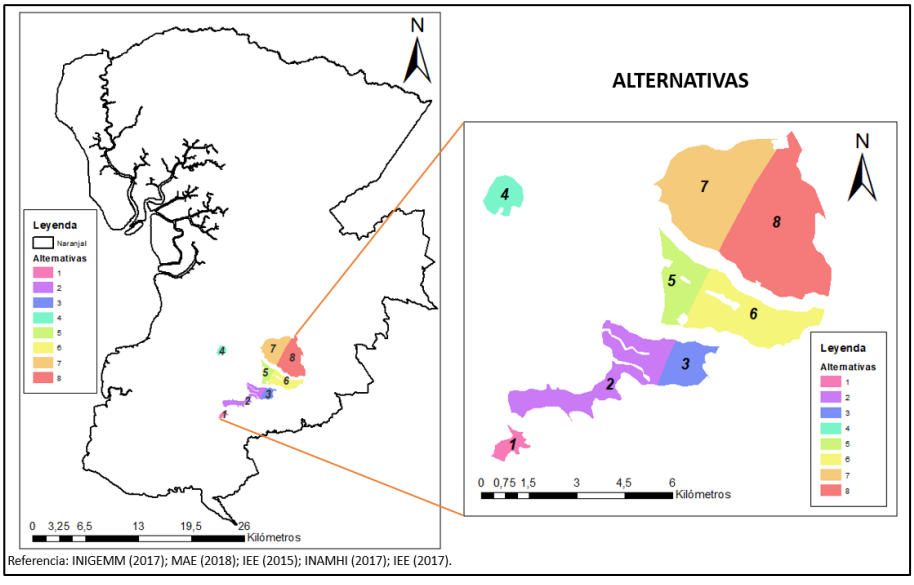

Figura 43: Alternativas presentes en las zonas de sitios óptimos. **Fuente:** Autor

En virtud de los presentes resultados; es preciso enfatizar que, a través de los SIG se logró calcular la extensión territorial de todas las alternativas localizadas en Naranjal; las cuales, abarcan 3340,2 hectáreas de las 31956,43 hectáreas que compensan el espacio necesario para la ubicación de un relleno sanitario.

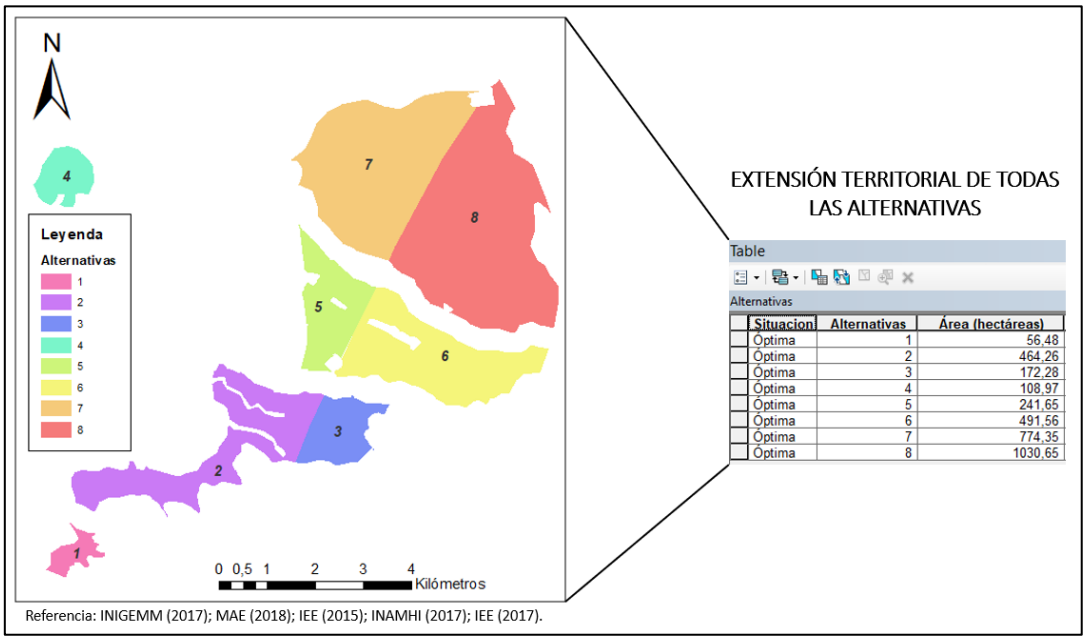

Figura 44: Extensión territorial de todas las alternativas. **Fuente:** Autor.

4.1.9. Resultados sobre la evaluación de alternativas

4.1.9.1. Establecimiento de criterios o los conflictos comunes que genera un relleno sanitario

Dirección predominante del viento.- Por intermedio de los sistemas de información geográfica y los registros de anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, a partir de los datos de las estaciones: Ingenio Aztra (La Troncal), Cañar, Milagro (Ingenio Valdez), Universidad Estatal de Guayaquil, Paute, Naranjal, Granja Sta. Inés (UTM) e Isla Puná, se determinó la dirección del viento en el entorno de las alternativas; la cual, mantiene una trayectoria predominante hacia el lado oeste del cantón Naranjal.

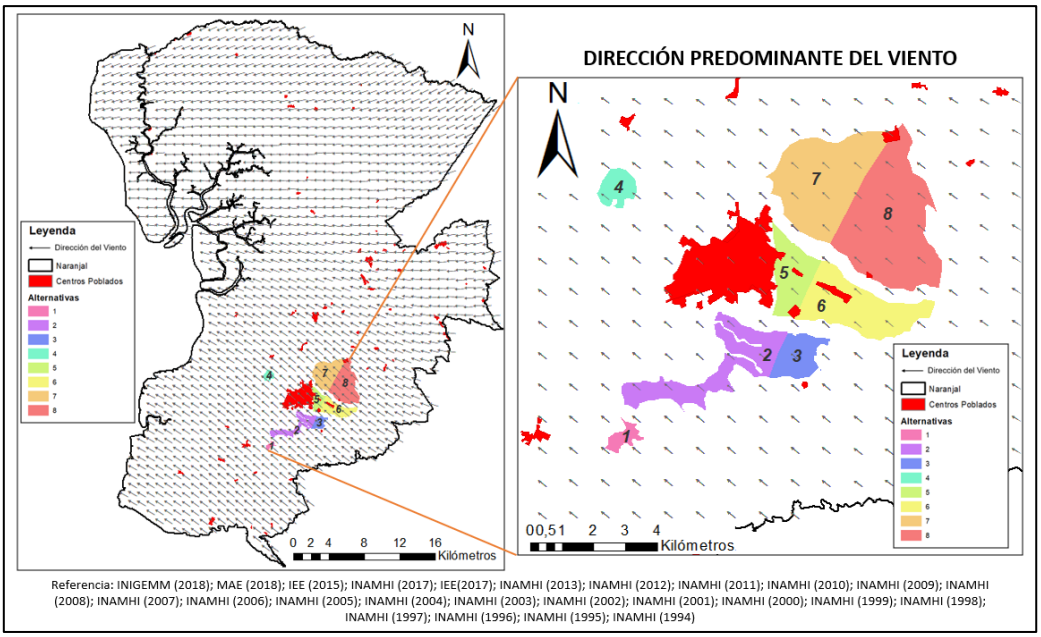

Figura 45: Dirección predominante del viento a través de los años. **Fuente:** Autor.

Conexión entre las vías de acceso y los centros poblados.- A través de los sistemas de información geográfica y la capa vectorial de las redes viales que establece el Instituto Espacial Ecuatoriano; es posible evidenciar que, el cantón Naranjal cuenta con redes viales de primer, segundo y tercer orden de manera parcial en toda su extensión territorial; las cuales, demuestran una conexión con los centros poblados naranjaleños.

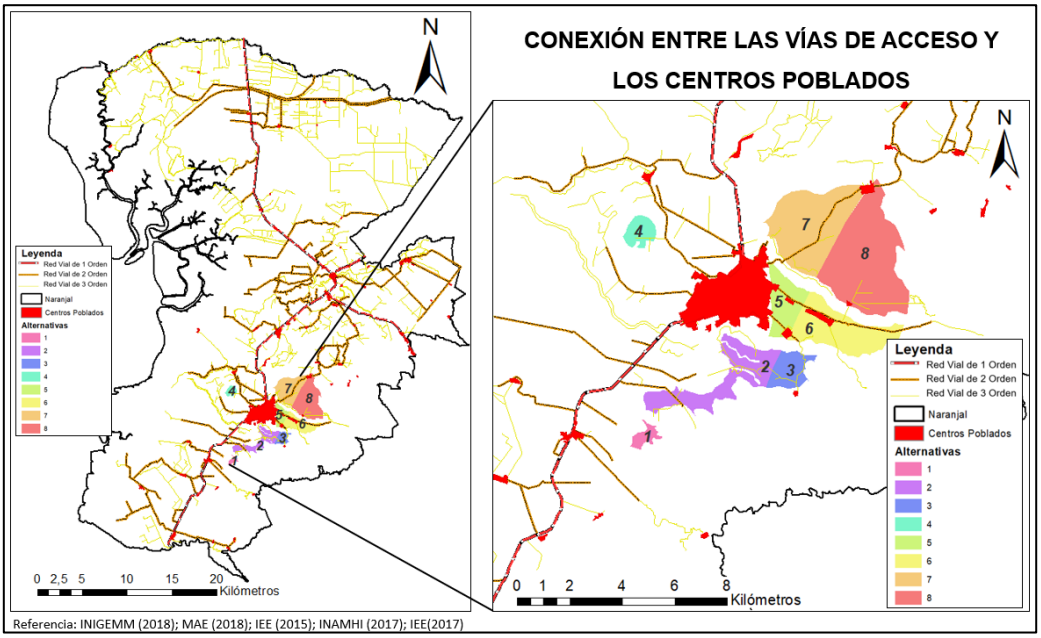

Figura 46: Conexión entre las vías de acceso y los centros poblados. **Fuente:** Autor.

4.1.9.2. Comparación pareada entre las alternativas

Una vez establecidos los criterios, se procede a realizar matrices de comparaciones pareadas para la obtención de pesos; y además, se procede a verificar los pesos mediante la relación consistencia; dado que, este proceso contribuye a demostrar la mejor alternativa para el emplazamiento del nuevo relleno sanitario.

Criterio dirección predominante del viento.- Su respectiva evaluación consiste en la matriz de comparaciones pareadas; la cual, calcula la incidencia que tendrá la dirección del viento respecto a la ubicación de las alternativas evaluadas; dado que, dependiendo de la localización del relleno sanitario los vientos predominantes soplan o no en sentido contrario de los centros poblados más cercanos.

Criterio de conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final.- Su concerniente evaluación radica en la matriz de comparaciones pareadas; la cual, no solamente verifica la existencia de vías en el interior de las alternativas; ya que además, constata la interconexión de las mencionadas vías con los centros de generación de desechos sólidos; debido a que, dependiendo del emplazamiento del sitio de disposición final se reducirán las largas rutas que realizan los camiones recolectores hasta los poblados más lejanos y también se evitará la necesidad de construir nuevos tramos viales.

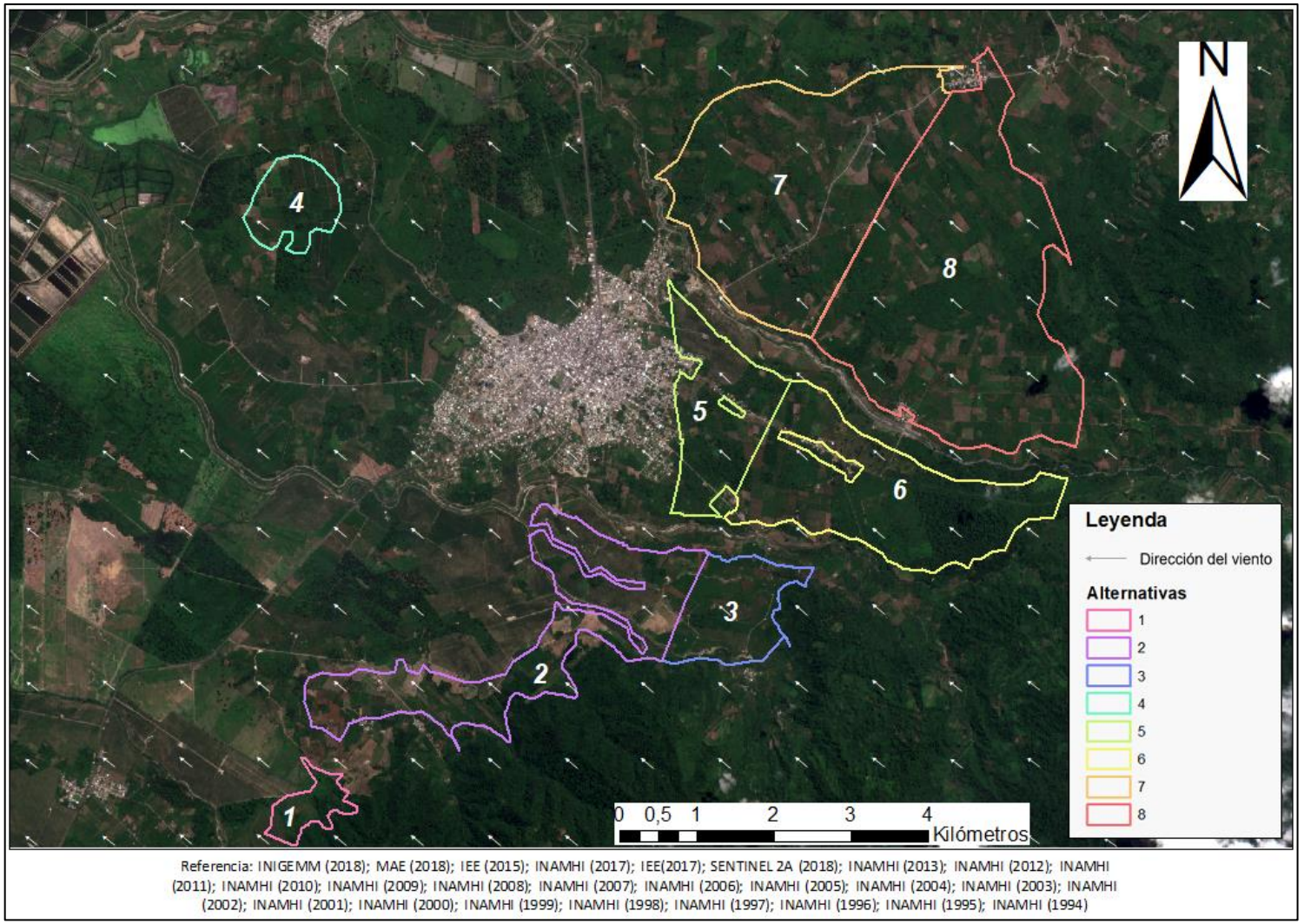

Figura 47: Dirección predominante del viento a través de una imagen satelital. **Fuente:** Autor.

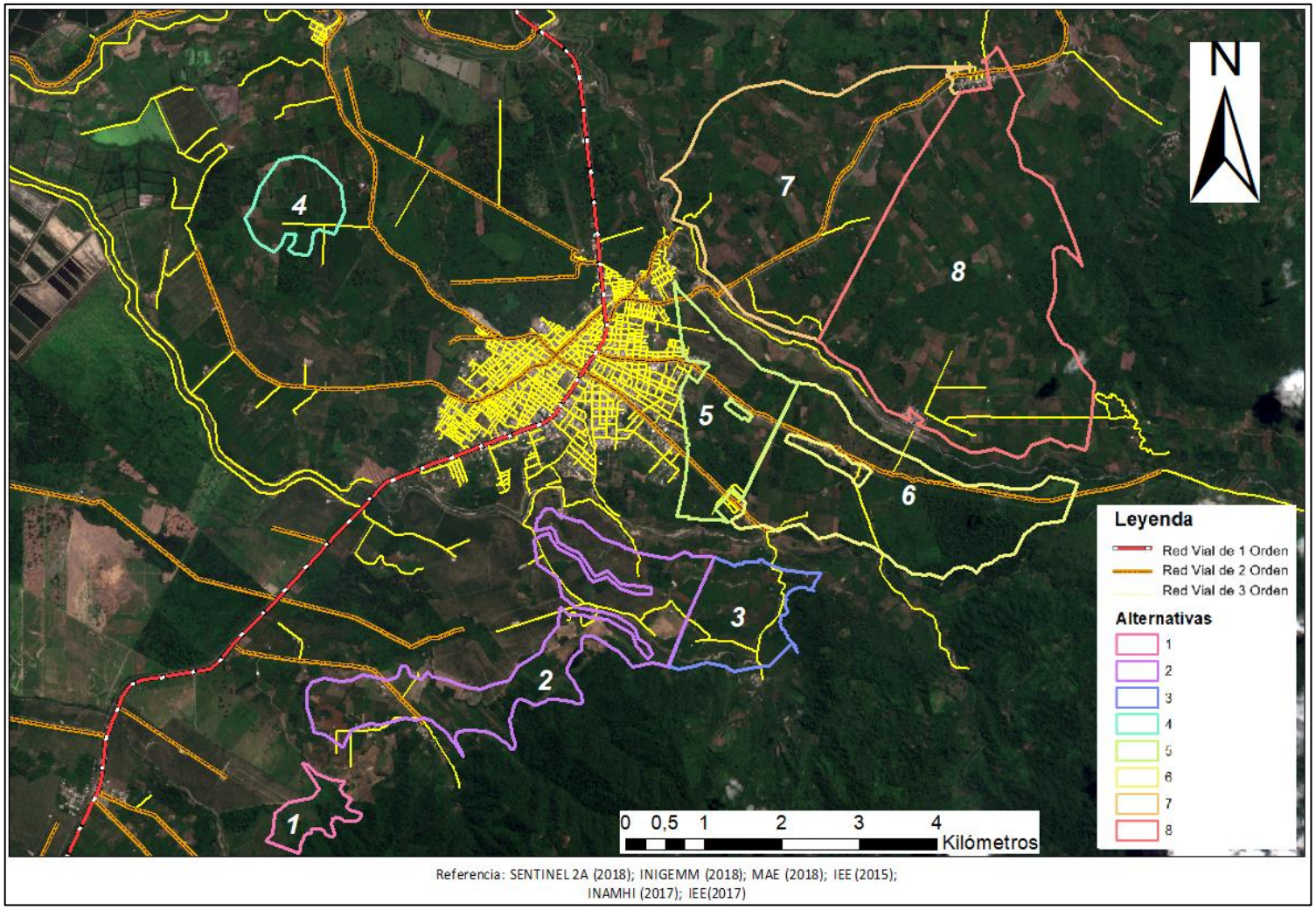

Figura 48: Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final. **Fuente:** Autor.

Tabla 30: Comparación pareada de las alternativas respecto a los dos criterios. Comparación entre alternativas sobre la incidencia que tiene cada conflicto.

Comparación pareada de las alternativas respecto a los dos criterios								
Respecto al criterio dirección predominante del viento								
Alternativa	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	1,00	0,20	6,00	0,14	7,00	7,00	0,25	0,20
2	5,00	1,00	9,00	0,33	9,00	9,00	3,00	3,00
3	0,17	0,11	1,00	0,11	2,00	2,00	0,11	0,11
4	7,00	3,00	9,00	1,00	9,00	9,00	3,00	3,00
5	0,14	0,11	0,50	0,11	1,00	0,50	0,11	0,11
6	0,14	0,11	0,50	0,11	2,00	1,00	0,11	0,11
7	4,00	0,33	9,00	0,33	9,00	9,00	1,00	0,50
8	5,00	0,33	9,00	0,33	9,00	9,00	2,00	1,00
Suma total	22,45	5,20	44,00	2,48	48,00	46,50	9,58	8,03
Respecto al criterio de conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final								
Alternativa	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	1,00	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33
2	5,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00
3	5,00	0,50	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00
4	4,00	0,33	0,50	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00
5	4,00	0,33	0,50	0,25	1,00	0,50	2,00	2,00

6	4,00	0,33	0,50	0,25	2,00	1,00	2,00	2,00
7	3,00	0,25	0,33	0,25	0,50	0,50	1,00	2,00
8	3,00	0,25	0,33	0,25	0,50	0,50	0,50	1,00
Suma total	29,00	3,20	5,37	7,25	13,25	11,75	16,83	18,33

Fuente: Autor.

Tabla 31: Pesos normalizados de cada alternativa respecto a los dos criterios. Obtención de pesos a partir de la matriz de comparación pareada de las alternativas.

Pesos normalizados de cada alternativa respecto a los dos criterios

Respecto al criterio dirección predominante del viento

Alternativa	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**Peso Normalizado**
1	0,04	0,04	0,14	0,06	0,15	0,15	0,03	0,02	0,08
2	0,22	0,19	0,20	0,13	0,19	0,19	0,31	0,37	0,23
3	0,01	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04	0,01	0,01	0,03
4	0,31	0,58	0,20	0,40	0,19	0,19	0,31	0,37	0,32
5	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
6	0,01	0,02	0,01	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02
7	0,18	0,06	0,20	0,13	0,19	0,19	0,10	0,06	0,14
8	0,22	0,06	0,20	0,13	0,19	0,19	0,21	0,12	0,17

Respecto al criterio de conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final

Alternativa	1	2	3	4	5	6	7	8	Peso Normalizado
1	0,03	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
2	0,17	0,31	0,37	0,41	0,23	0,26	0,24	0,22	0,28
3	0,17	0,16	0,19	0,28	0,15	0,17	0,18	0,16	0,18
4	0,14	0,10	0,09	0,14	0,30	0,34	0,24	0,22	0,20
5	0,14	0,10	0,09	0,03	0,08	0,04	0,12	0,11	0,09
6	0,14	0,10	0,09	0,03	0,15	0,09	0,12	0,11	0,10
7	0,10	0,08	0,06	0,03	0,04	0,04	0,06	0,11	0,07
8	0,10	0,08	0,06	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05	0,06

Fuente: Autor.

Tabla 32: Relación consistencia de los pesos normalizados de cada alternativa respecto a los dos criterios. Autentificar la validez de los pesos normalizados de cada alternativa.

Relación consistencia de los pesos normalizados de cada alternativa respecto a los dos criterios

Respecto al criterio dirección predominante del viento

	Matriz de comparación pareada								Peso Normalizado	$CI = \frac{\lambda max - n}{n-1}$			RI=n	CR=CI/RI
Alternativa	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**		**λ max**	**n**	**CI**	**RI**	
1	1,00	0,20	6,00	0,14	7,00	7,00	0,25	0,20	0,08	8,94	8	0,13	1,41	0,09

2	5,00	1,00	9,00	0,33	9,00	9,00	3,00	3,00	0,23
3	0,17	0,11	1,00	0,11	2,00	2,00	0,11	0,11	0,03
4	7,00	3,00	9,00	1,00	9,00	9,00	3,00	3,00	0,32
5	0,14	0,11	0,50	0,11	1,00	0,50	0,11	0,11	0,02
6	0,14	0,11	0,50	0,11	2,00	1,00	0,11	0,11	0,02
7	4,00	0,33	9,00	0,33	9,00	9,00	1,00	0,50	0,14
8	5,00	0,33	9,00	0,33	9,00	9,00	2,00	1,00	0,17

Respecto al criterio de conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final

	Matriz de comparación pareada								**Peso Normalizado**	$CI = \frac{\lambda max - n}{n-1}$			**RI=n**	**CR=CI/RI**
Alternativa	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**		**λ max**	**n**	**CI**	**RI**	
1	1,00	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	0,03					
2	5,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	0,28					
3	5,00	0,50	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	3,00	0,18					
4	4,00	0,33	0,50	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,20	8,55	8	0,07	1,41	0,06
5	4,00	0,33	0,50	0,25	1,00	0,50	2,00	2,00	0,09					
6	4,00	0,33	0,50	0,25	2,00	1,00	2,00	2,00	0,10					
7	3,00	0,25	0,33	0,25	0,50	0,50	1,00	2,00	0,07					
8	3,00	0,25	0,33	0,25	0,50	0,50	0,50	1,00	0,06					

Fuente: Autor.

Concorde a los datos de la última tabla; es inevitable enfatizar que, la relación consistencia de los pesos normalizados conciernen a valores inferiores de 0,10; por esta razón, los pesos normalizados de las alternativas evaluadas son consistentes.

De forma complementaria, es posible demostrar el nivel de importancia que tienen las alternativas respecto a la evaluación de la dirección predominante del viento y la conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final. En efecto a los problemas que genera la dirección predominante del viento respecto a la ubicación de una alternativa, es necesario señalar la superioridad que tiene cada una de ellas frente a este conflicto; las cuales, según los pesos normalizados de la tabla 31, la mejor alternativa para ubicar un sitio de disposición final reside en la cuatro; mientras que, la puntualización del resto son de menor peso.

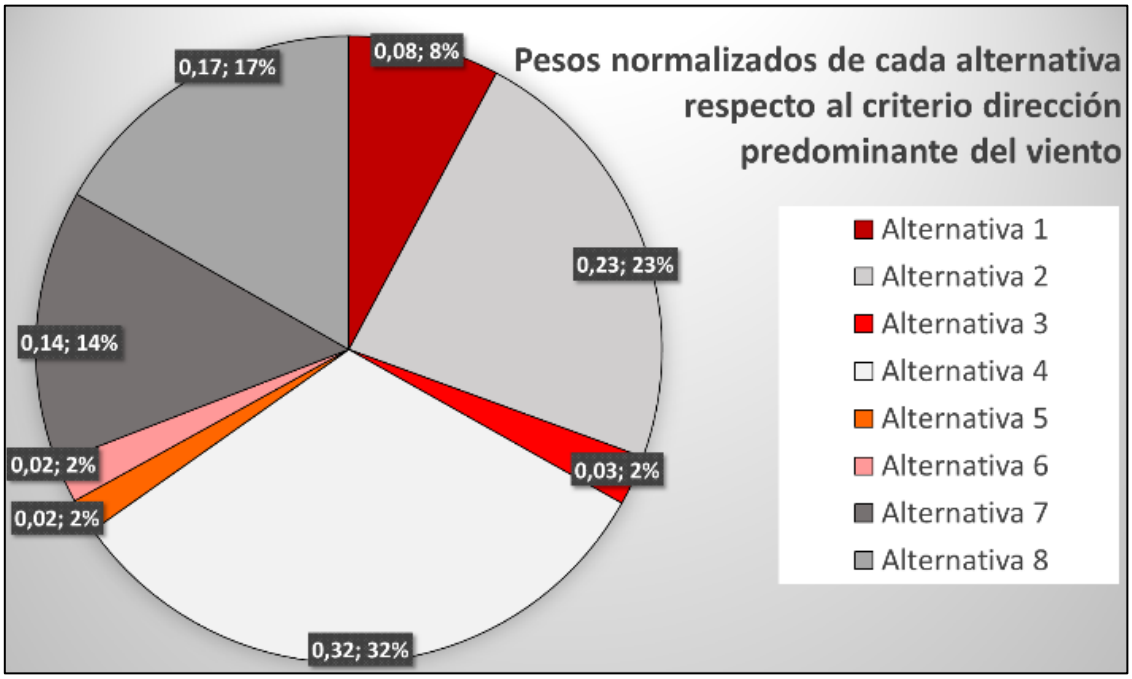

Figura 49: Representación de los pesos normalizados de cada alternativa respecto al criterio dirección predominante del viento. **Fuente:** Autor.

Por otro lado, la alternativa que no presenta varios inconvenientes por la falta de vías que interconectan con centros poblados es la dos; mientras que, el resto presenta desde breves hasta altos inconvenientes.

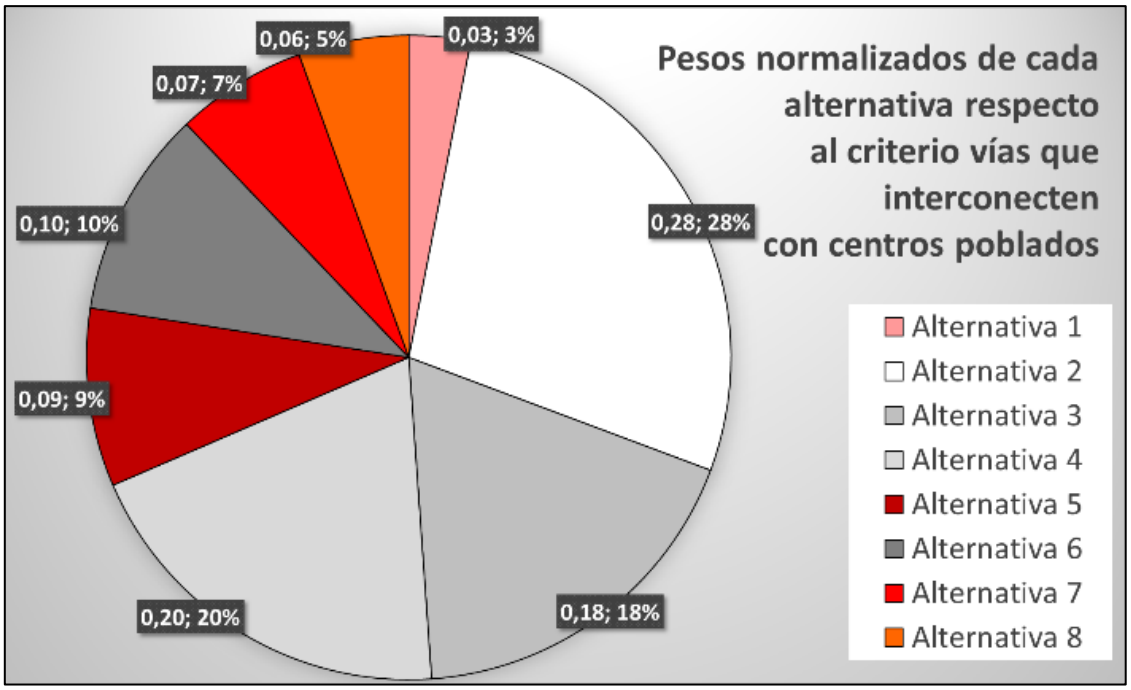

Figura 50: Pesos normalizados de cada alternativa respecto al criterio vías que interconectan con centros poblados. **Fuente:** Autor.

4.1.10. Determinación de la mejor opción para el emplazamiento de un relleno sanitario mediante la comparación de los sitios seleccionadas

Una vez obtenidos los pesos de cada alternativa evaluada respecto al análisis de cada criterio, es necesario conocer los pesos de los mencionados criterios; dado que, sus resultados ayudarán a definir la puntuación o importancia de cada alternativa. Por lo tanto, para calcular los valores de estos dos criterios se debe realizar una matriz de comparaciones pareadas; las cuales, a través de su respectivo proceso (ANEXO 6) se demuestra que el peso de la dirección predominante del viento es de 0,75 y que el de la conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados es de 0,25.

De este modo, es apreciable diferenciar la repercusión que conlleva cada conflicto; puesto que, la dirección predominante del viento incide mayor importancia durante la localización de rellenos sanitarios, que la existencia de vías interconectadas a centros poblados. Aunado a esto y a los pesos de las

alternativas, es posible realizar la sumatoria lineal ponderada; la cual, indica el nivel de importancia total que tiene cada sitio o alternativa seleccionada.

Tabla 33: Sumatoria lineal ponderada de las alternativas evaluadas. Representación de la puntuación total que tienen las alternativas evaluadas.

Sumatoria lineal ponderada de las alternativas evaluadas			
	Dirección predominante del viento	**Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final**	**Puntuación total**
Peso por Criterio			
Criterio	**0,75**	**0,25**	
Peso por Alternativa			
1	0,08	0,03	(**0,75***0,08)+(**0,25***0,03) =0,07
2	0,23	0,28	0,24
3	0,03	0,18	0,06
4	0,32	0,20	0,29
5	0,02	0,09	0,03
6	0,02	0,10	0,04
7	0,14	0,07	0,12
8	0,17	0,06	0,14

Fuente: Auto

En relación a los resultados obtenidos de la sumatoria lineal ponderada; es notable distinguir entre las puntuaciones totales que, la alternativa cuatro demuestra mayor beneplácito para el emplazamiento del nuevo relleno sanitario; mientras que, la alternativa cinco manifiesta menor aceptación para la ubicación

del nuevo sitio de disposición final. Por lo tanto, es considerable detallar estas alternativas para verificar la puntualización de cada uno.

Por otro lado; si bien es cierto que se debe de detallar aquellas alternativas, también es necesario determinar las dimensiones que tiene el relleno sanitario anteriormente calculado; pues, al conocer las vastas extensiones territoriales que tienen las opciones estipuladas en la figura número 44, es posible proyectar al relleno sanitario sobre cada una de ellas y así conseguir una mejor ilustración de las alternativas evaluadas.

Dentro de este marco, para determinar las dimensiones que tiene el relleno sanitario anteriormente calculado, es necesario recordar que tiene un área de 14,45 hectáreas, pues este valor será aplicado en reglas y fórmulas básicas en la posterior figura.

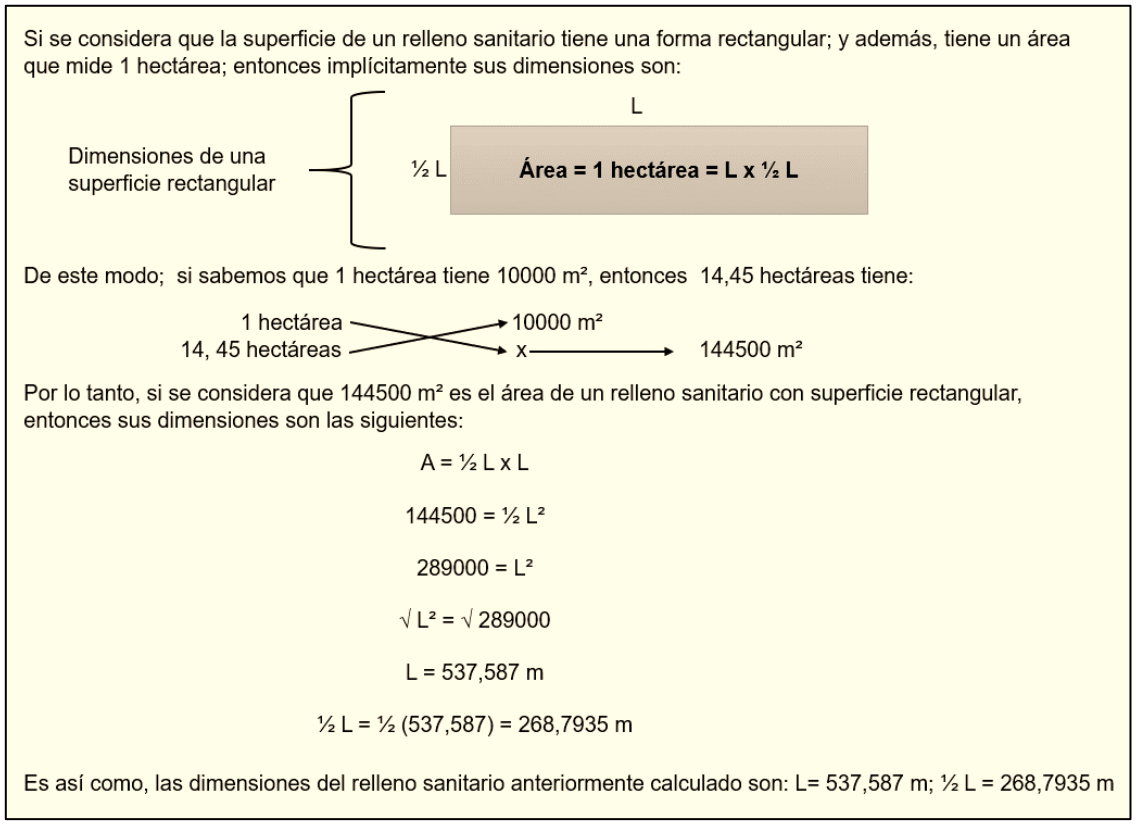

Figura 51: Dimensiones del relleno sanitario anteriormente calculado. **Fuente:** Autor.

4.1.10.1 Alternativa cuatro

Por intermedio de la figura número seis y las respectivas capas vectoriales evaluadas, se puede determinar que esta opción cuenta con 108,97 hectáreas; las cuales, se encuentran al noroeste de la cabecera cantonal con una distancia de 2,90 Km. A tenor de lo sustentado, si bien es cierto que esta alternativa cuenta con una vasta extensión territorial, también es necesario reconocer que la proyección del relleno sanitario no tiene ningún inconveniente respecto a sus correspondientes dimensiones.

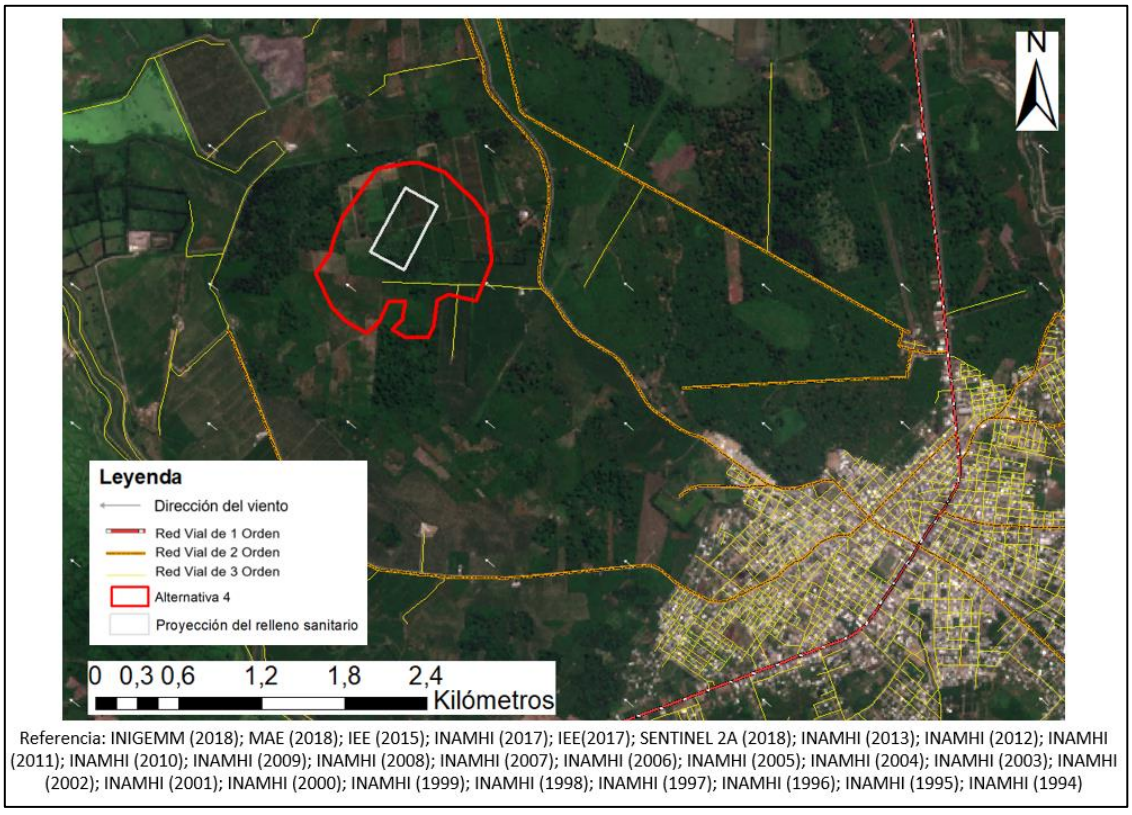

Figura 52: Alternativa Cuatro. **Fuente:** Autor.

Por otra parte, esta alternativa se encuentra en una zona con óptima idoneidad respecto al cumplimiento de los subcriterios ambientales; puesto que, los cuerpos hídricos y la Reserva Ecológica Manglares Churute no tienen ninguna interferencia por el espacio destinado al tratamiento de desechos sólidos; y además, la presente actividad se ubica en un sitio con precipitaciones que no

generan malestar a su respectiva operatividad; dado que, la cantidad predominante va desde 0 hasta 999 mm.

Figura 53: Análisis locativo de la alternativa cuatro en los subcriterios ambientales. **Fuente:** Autor.

En relación a las implicaciones que conllevan los subcriterios geológicos, la presente opción se encuentra en una zona con razonable idoneidad; pues, si bien es cierto que está ubicado en un espacio con baja permeabilidad y a gran distancia de la falla geológica activa, también es necesario considerar la baja puntualización que presenta el sitio con relación a las pendientes y al material de cobertura; puesto que, ubicar un relleno sanitario en terrenos con pendientes inferiores al 3% y con un material de cobertura compuesta de arcillo limoso pesado y arcilloso generan dificultades durante la operatividad de la mencionada actividad.

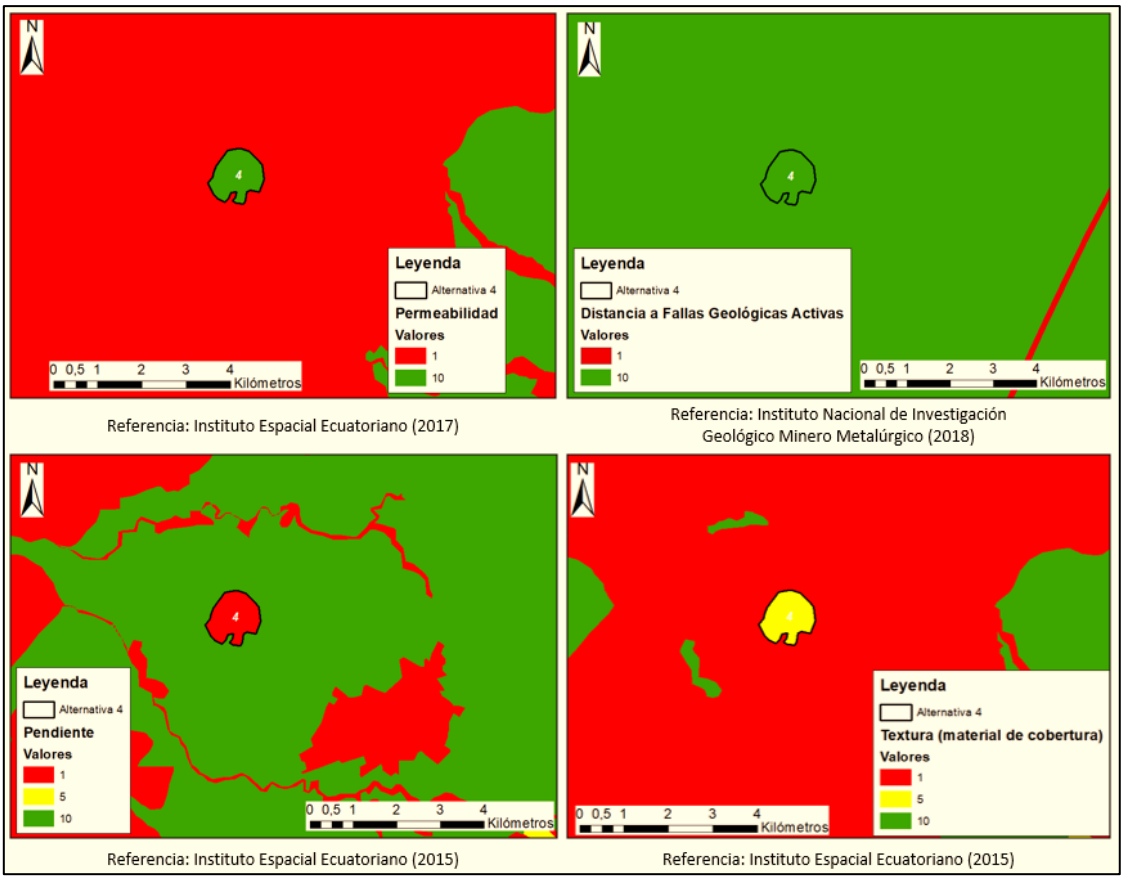

Figura 54: Análisis locativo de la alternativa cuatro en los subcriterios geológicos. **Fuente:** Autor.

En virtud a los resultados que presentan los subcriterios sociales, es notable distinguir la moderada idoneidad que tiene esta alternativa; en vista de que, si ciertamente el sitio se ubica en una zona alejada a centros poblados y parcialmente cercana a vías de acceso, esta se localiza en un territorio con elevada productividad; lo cual, generaría altos costos en la expropiación del lugar.

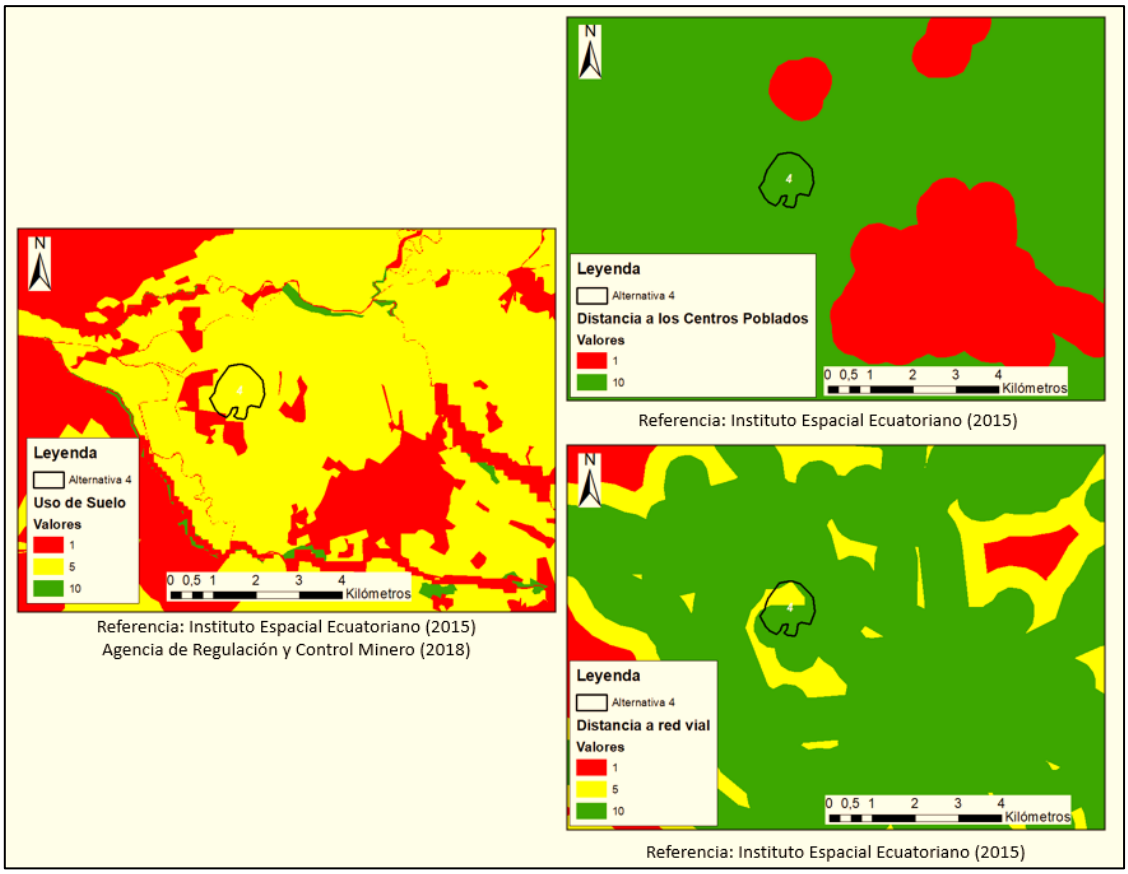

Figura 55: Análisis locativo de la alternativa cuatro en los subcriterios sociales. **Fuente:** Autor.

4.1.10.2. Alternativa Cinco

Concorde a la figura número seis y las respectivas capas vectoriales, se puede constatar que esta alternativa cuenta con 241,65 hectáreas; las cuales, se encuentran al sureste de la cabecera cantonal con una distancia de 0,1 km. A tenor de lo sustentado, si bien es cierto que esta alternativa cuenta con una vasta extensión territorial, también es necesario reconocer que la proyección del relleno sanitario no tiene ningún inconveniente respecto a sus correspondientes dimensiones.

Por otra parte, esta zona no presenta todos los beneficios que la anterior opción; pues, a pesar de ubicarse en un espacio donde parcialmente cuenta con dos tramos que se interconectan a las vías de primer orden, el sitio se encuentra localizado donde los vientos predominantes soplan en dirección a los centros poblados.

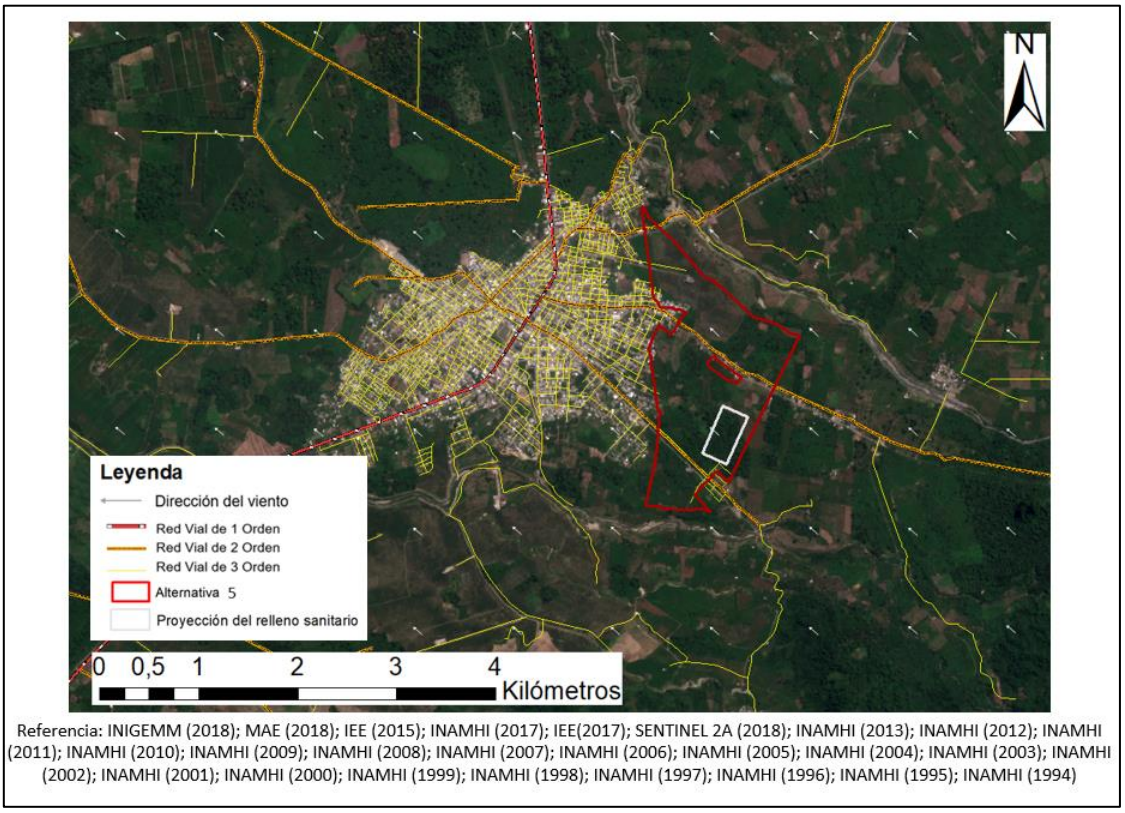

Figura 56: Alternativa cinco. **Fuente:** Autor.

Desde otra perspectiva, esta alternativa se encuentra ubicada en sitio con extrema idoneidad respecto al cumplimiento de los subcriterios ambientales; debido a que, la distancia a cuerpos hídricos y a la Reserva Ecológica Manglares Churute están bajo las condiciones adecuadas de los aspectos técnicos; así como también, la precipitación en la zona; pues, la cantidad que recibe no ocasiona problemas en la operatividad.

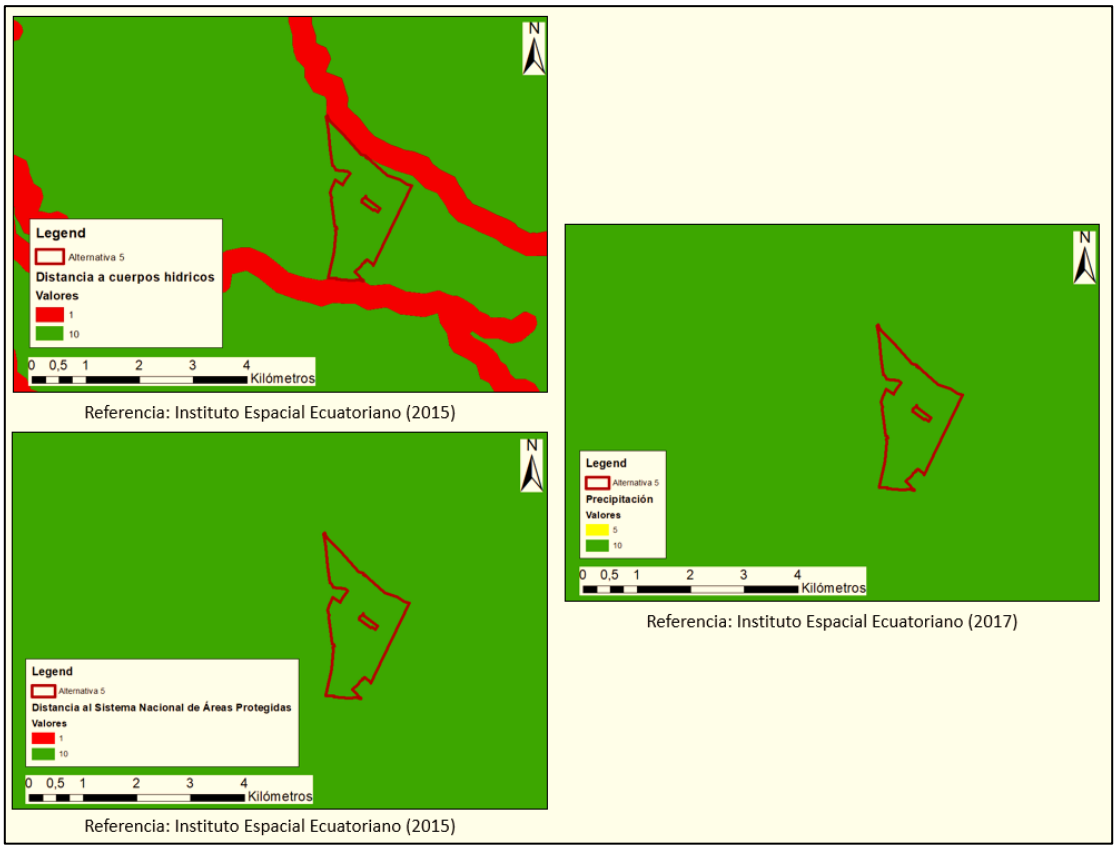

Figura 57: Análisis locativo de la alternativa cinco en los subcriterios ambientales. **Fuente:** Autor.

Acorde a la repercusión que tienen los subcriterios geológicos, la presente opción está ubicada en una zona con razonable idoneidad en relación con los subcriterios geológicos, puesto que, la proximidad a la falla geológica activa puede ocasionar impactos a la superficie del relleno sanitario. No obstante, la permeabilidad, la pendiente y el material de cobertura del sitio de la alternativa no producen ningún inconveniente o afectación durante el emplazamiento del relleno sanitario.

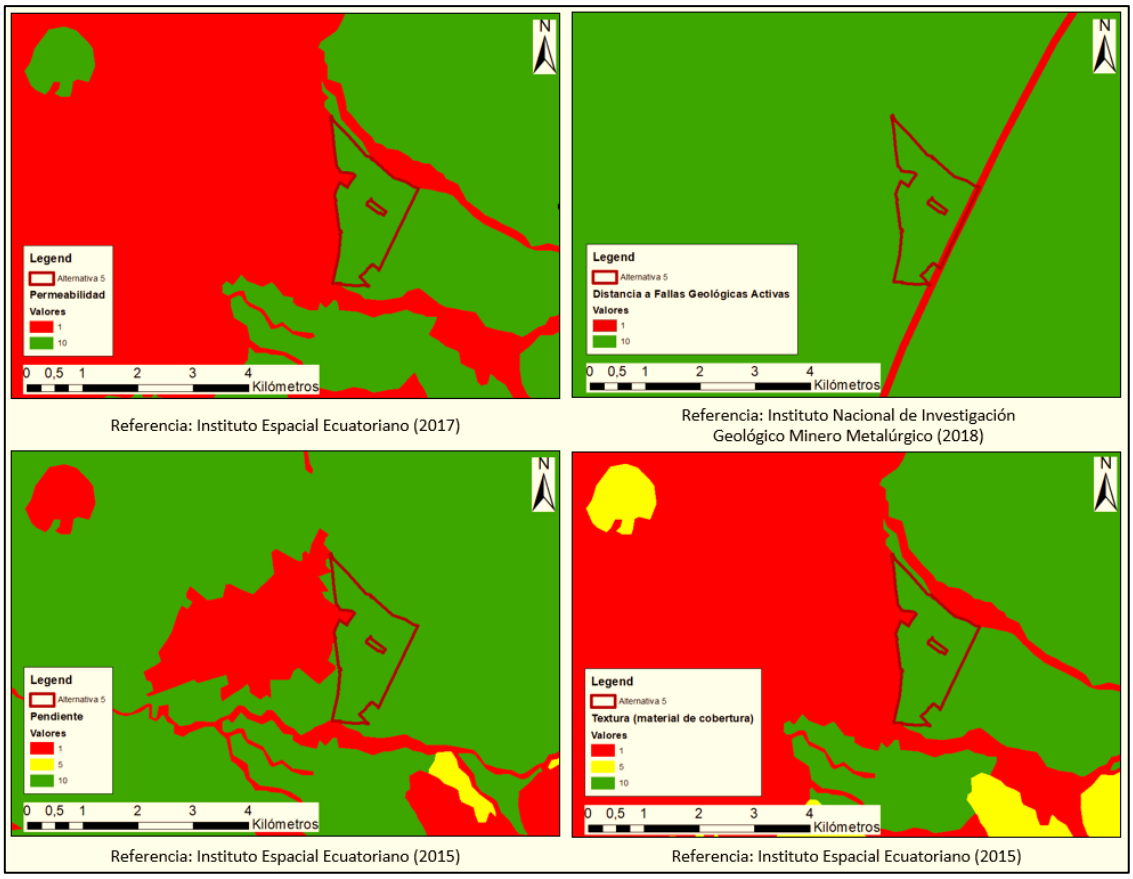

Figura 58: Análisis locativo de la alternativa cinco en los subcriterios geológicos. **Fuente:** Autor.

Por último los resultados de los subcriterios sociales muestran una nula idoneidad en esta alternativa; pues, a pesar de localizarse en una zona próxima a vías de acceso, esta se encuentra dentro del área de amortiguamiento de los centros poblados y en zonas con elevada productividad; lo cual, no solo provocaría costos por expropiación de zonas productivas, ya que también, provocaría afectaciones a los centros poblados más cercanos.

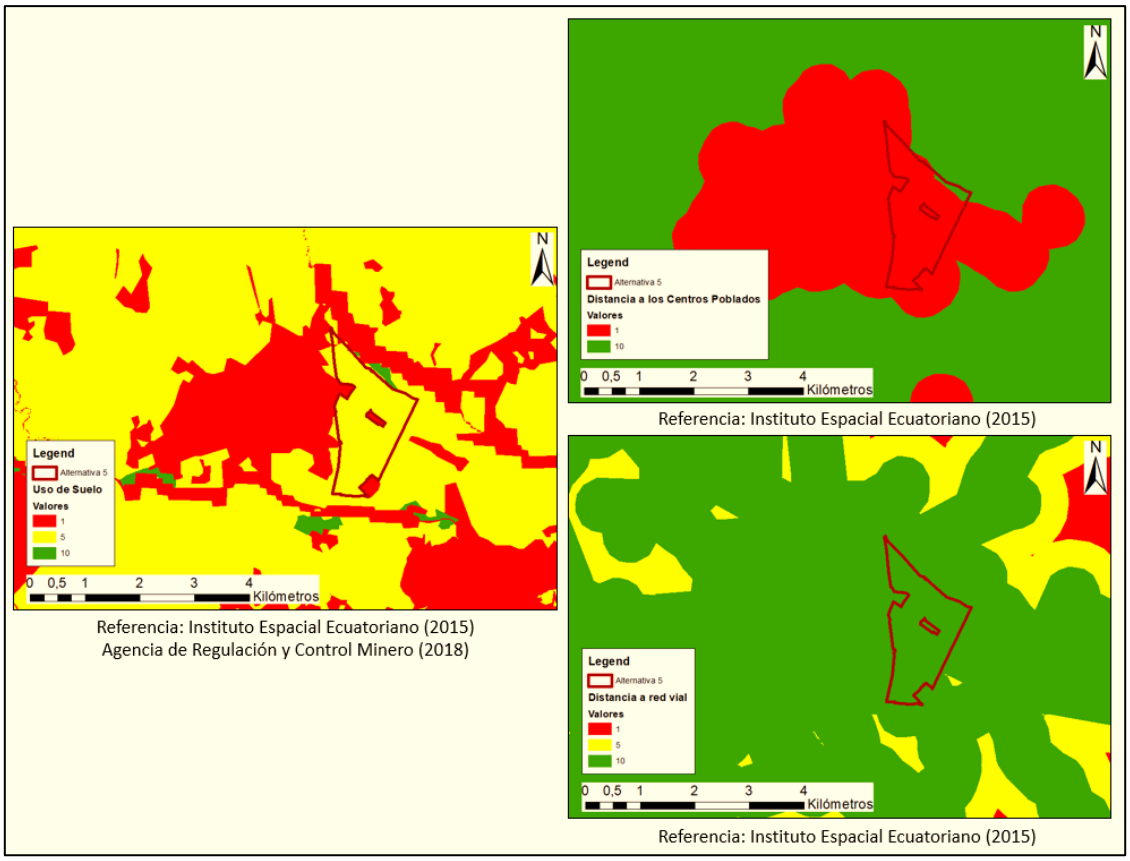

Figura 59: Análisis locativo de la alternativa cinco en los subcriterios sociales. **Fuente:** Autor.

4.2. DISCUSIÓN

Es necesario recalcar que el método empleado para evaluar las múltiples decisiones en el presente trabajo investigativo se basa en el proceso de análisis jerárquico de Thomas Saaty; mismo que, coincide con los procesos aplicados en los posteriores casos de estudio.

Según el artículo científico de Wang *et al.* (2009), denominado: Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China; determinan que, lo más fundamental para la mencionada actividad reside en el precio de la tierra; dado que, el nivel jerárquico que tienen las distancias a centros poblados, cuerpos hídricos, los aeropuertos y las vías, la presencia de agua subterránea, los usos del suelo, las pendientes y la proximidad al centro de producción de desechos son de menor trascendencia; puesto que, Beijing al ser una ciudad de rápido crecimiento requiere de una rigurosa selección de sitios

acordes al costo que tiene cada terreno; y de esa forma, no se interfiere con espacios de alto monto económico, como son las zonas de expansión urbana.

En la investigación de Mena *et al.* (2010), llamada: Localización de un relleno sanitario en la comuna de Parral, Chile, a través de evaluación multicriterio; definen que, la mayor importancia durante la antedicha actividad se inclina por la distancia a las vías de acceso y la proximidad al centro de producción; pues, al demostrar el bajo nivel jerárquico del uso de suelo, la permeabilidad y la pendiente; es posible estimar que, los autores priorizan los costos que conlleva la construcción de vías de acceso y los desplazamientos cotidianos que realizan los camiones colectores al sitio de disposición final.

Por otro lado, Mena *et al.* (2010), de manera implícita alegan que, los aspectos relacionados a la red hidrográfica, vegetación, áreas de conservación y áreas turísticas deben ser de carácter restringible para estas actividades.

Muy por el contrario a los dos casos expuestos, los resultados de esta tesis se vinculan con los derechos a la naturaleza en vez de las repercusiones económicas que genera la referida actividad; puesto que, el producto consensual de las encuestas elaboradas a distintos profesionales no solamente dictaminan salvaguardar a los cuerpos hídricos y a la reserva ecológica Manglares de Churute; ya que además, consideran prevenir sitios que tengan altas concentraciones de precipitaciones; debido a que, son las vías por la cual se incrementa la generación de lixiviados y por ende puede afectar de forma directa o indirecta al medio que los rodea; por tal razón, es válido decir que lo más relevante en el presente análisis se basa en la protección ambiental.

No obstante, si bien es cierto que los criterios empleados en los casos internacionales encajan mayoritariamente con la presente tesis, también es necesario reconocer que la evaluación de los criterios relacionados con la presencia de agua subterránea y los precios de la tierra en Beijing, no coinciden con el análisis desarrollado en los casos de Parral en Chile y Naranjal en el presente estudio; debido a que, no hay información de estos componentes en cada una de las mencionadas áreas de estudio.

En vista de aquello, este trabajo se diferencia ante el caso de Beijing por el número y características de los criterios evaluados, pues de manera adicional a

los criterios de igual similitud, la presente investigación emplea componentes asociados con la dirección predominante del viento, distancia a fallas geológicas activas, presencia de material de cobertura y la concentración de precipitaciones; dado que, la selección y análisis de cada criterio en el caso de Naranjal se basa en aspectos técnicos y conflictos que generalmente engloba un relleno sanitario.

A pesar de la exteriorización de las anteriores diferencias, los resultados de este estudio coinciden con el trabajo de Cobos *et al.* (2017), nombrado: Análisis multicriterio basado en GIS para identificar potenciales áreas de emplazamiento de un relleno sanitario mancomunado en la provincia del Azuay; el cual, estipula que la mayor importancia en el emplazamiento de estas actividades se basa en la distancia a cuerpos hídricos; ya que, los valores relacionados a las precipitaciones, permeabilidad, pendientes, uso de suelo y distancias a zonas urbanas, a material de cobertura y a vías de acceso son de menor peso; a causa de que, la protección ambiental predomina sobre los fundamentos relacionados con lo geológico y social.

En cambio, los resultados de esta investigación difieren con el artículo científico de Palacios (2018), llamado: Evaluación multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario en la ciudad de Macas, a través de la ponderación de sus variables con el Proceso Analítico Jerárquico, AHP; puesto que, el criterio de mayor peso en el ya mencionado procedimiento reside en las distancias a la zona urbana; mientras que, los pesos relacionados al uso del suelo, pendientes, permeabilidad del suelo y las distancias a los ríos, al aeropuerto y a las vías son de menor valor; debido a que, las decisiones tomadas se fundamentaron en los principios sociales que repercuten aquel componente.

Sin embargo; sí es indiscutible que, los criterios utilizados en los casos nacionales coinciden mayoritariamente con este trabajo de titulación; de igual forma, es preciso contemplar que la evaluación del criterio relacionado con las distancias al aeropuerto en Macas no coinciden con los análisis desarrollados en los casos de la provincia de Azuay y del cantón Naranjal en el presente estudio; pues, este componente se apega a la realidad del área de estudio, ya que al no existir aeropuertos en el cantón Naranjal y al buscar un emplazamiento próximo

a las parroquias rurales de la provincia de Azuay, provoca que no sea de gran necesidad utilizarlo en el desarrollo de sus respectivos procedimientos.

Adicionalmente, es inevitable indicar que los resultados finales de la presente tesis se diferencian con los casos de Beijing en China, de Parral en Chile y de Azuay y Macas en Ecuador; puesto que, estas investigaciones mediante algunos componentes determinan de forma general las extensiones territoriales que provocan bajas afectaciones durante emplazamientos de rellenos sanitarios; mientras que, este trabajo a través de una proyección, aspectos técnicos y los conflictos relacionados con la dirección predominante del viento y la existencia de vías conectadas con los centros poblados, se determinó bajo alternativas una categorización de las zonas con mayor y menor características óptimas para ubicar sitios de disposición final de desechos sólidos en Naranjal.

Es así como a partir de la mencionada categorización, la alternativa cuatro mostró ser la zona con grandes características óptimas; dado que, contiene el espacio necesario para proyectar la actividad, cumple casi mayoritariamente los fundamentos ambientales, geológicos y sociales; y además, da solución a las dos problemáticas analizadas. En ese sentido, la alternativa cinco resultó ser la de menos características óptimas; puesto que, a pesar de contener un espacio necesario para proyectar la actividad y de cumplir casi mayoritariamente todos los fundamentos, esta no soluciona los inconvenientes que ocasiona la dirección predominante del viento; pues, generaría malestares en el entorno de ubicación.

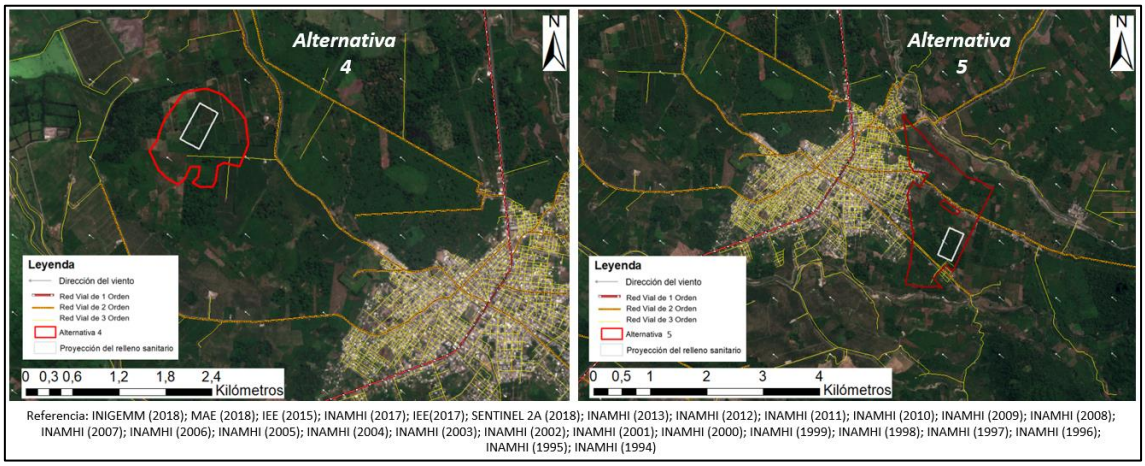

Figura 60: Comparación entre la alternativa cuatro y cinco. **Fuente:** Autor

4.3. CONCLUSIONES

A través de una observación directa fue posible distinguir la presencia cercana de un río al actual relleno sanitario, y también fue asequible constatar la existencia de vías de acceso, actividades agrícolas y canales de riego en sus alrededores; mientras que, bajo pruebas en el interior y al exterior de las instalaciones se evidencio respectivamente que la mayoría de los suelos presentan una alta retención de agua y la minoría una alta permeabilidad de suelos; logrando así, corroborar los indicadores cualitativos del sitio de disposición final en base a información secundaria y sistemas de información geográfica; los cuales, reflejan inconvenientes respecto a los aspectos técnicos que engloban su ubicación.

En razón a la próxima finalización del actual sitio de disposición final de desechos sólidos, es necesario identificar espacios para el emplazamiento de un nuevo relleno sanitario mancomunado; por lo cual, mediante información secundaria relacionada a los aspectos técnicos que conlleva la mencionada necesidad, se establecieron tres criterios para aplicar procesos de análisis jerárquico basados en sistemas de información geográfica; los cuales, indican fundamentos ambientales, geológicos y sociales en base a conjunto de subcriterios, tales como: distancias a cuerpos hídricos, distancias a las áreas protegidas, precipitaciones, permeabilidad del suelo, distancia a fallas geológicas activas, pendientes, material de cobertura, uso del suelo, distancia a centros poblados y distancias a vías de acceso.

Sin embargo, no solamente se establecieron criterios y subcriterios para ejecutar el precedente proceso; puesto que, se determinaron criterios de restricción vinculados con la ubicación de rellenos sanitarios sobre fallas geológicas activas, cuerpos hídricos, áreas protegidas, centros poblados, zonas inundables, zonas propensas a deslizamientos de masas y bosques protectores.

En efecto, la aplicación de los criterios y subcriterios previamente establecidos en el proceso de análisis jerárquico; demostraron que, el criterio de mayor importancia contiene principios ambientales; por lo cual, las distancias a los cuerpos hídricos, las distancias a las áreas protegidas y las precipitaciones serán

de mayor trascendencia que el resto de subcriterios correspondientes a los fundamentos geológicos y sociales.

Es así como, mediante las atribuciones de los criterios y subcriterios al proceso de análisis jerárquico y con sus concernientes restricciones en los sistemas de información geográfica; se calculó que, de las 173207,37 hectáreas que tiene el cantón; tan solo, 31956,43 hectáreas presentaron los espacios adecuados con las características de extrema u óptima idoneidad para la localización de esta actividad. No obstante, a partir del resultado preconcebido se seleccionaron a las zonas que se encuentren en conformidad con el centro de gravedad de mayor procedencia de desechos sólidos; puesto que, la localización de estos espacios contribuyen al mejoramiento de los servicios de recolección. De esta forma, se eligieron 3340,2 de las 31956,43 hectáreas con las características de las superficies antedichas.

De esta manera, el producto de la anterior operación formó un conjunto de ocho alternativas; las cuales, fueron comparadas para determinar el nivel de importancia que conlleva cada una mediante procesos de análisis jerárquico; los cuales, están basados en los conflictos comunes que genera un relleno sanitario, tales como: dirección predominante del viento y existencia de vías que se interconectan con centros poblados; de los cuales, el de mayor impacto es el sentido predominante del viento; mientras que, el de menor es la inexistencia de vías de acceso.

De este modo, los resultados de estas comparaciones; demuestran que, la alternativa cuatro es la de mayor idoneidad frente al resto de alternativas; debido a que, la adecuada ubicación de la presente opción no genera problemas con el sentido de los vientos predominantes y la interconexión vial que tiene la zona; mientras que, la alternativa cinco es la de menor idoneidad frente al resto de alternativas; puesto que, a pesar de contar con tramos que se interconectan con los centros poblados, la ubicación de esta alternativa genera problemas por el sentido predominante de los vientos hacia la cabecera cantonal de Naranjal.

En conclusión, aplicar información secundaria en los procesos de análisis jerárquico contribuyó a reflejar el nivel de importancia que implica cada aspecto técnico y conflicto en las opciones evaluadas; las cuales, no solamente

manifestaron una mayor inclinación por el criterio ambiental; ya que además, demostraron el gran interés por resolver los problemas que ocasiona el sentido predominante del viento; en cambio, la derivación de estas operaciones ocasionaron una menor consideración a los criterios geológicos y sociales; así como también, a las contiendas que genera las interconexión entre vías de acceso y centros poblados.

4.4. RECOMENDACIONES

- Considerando que los indicadores cualitativos del actual relleno sanitario señalaron inconvenientes respecto a los aspectos técnicos que engloban su ubicación, se recomienda realizar estudios geohidrológicos, estructurales, edafológicos y tectónicos; pues, la evaluación de ellos demostrarán la existencia o no de peligros geológicos vinculados con la ubicación del sitio.

- De acuerdo a los posibles lugares donde debe localizarse el nuevo relleno sanitario, se debe realizar estudios de campo en la zona a trabajar; dado que, no solamente se debe de constatar el cumplimiento de los aspectos técnicos; ya que además, se debe de levantar información sobre los componentes con ausencia de información, tales como: agua subterránea, reservas arqueológicas, etc. Acoplado a ello, es necesario realizar estudios geohidrológicos, estructurales, edafológicos y tectónicos en la zona; pues, facilitará demostrar la existencia o no de peligros geológicos vinculados con la ubicación del sitio.

- Por otro lado, se recomienda utilizar los resultados de la presente tesis como base de datos para el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Naranjal; puesto que, proporcionará información importante para adquirir el derecho preferente de predios destinados a grandes obras de infraestructura de alto impacto.

- Finalmente, se sugiere utilizar la metodología aplicada en la presente tesis como un instrumento técnico para elegir los posibles sitios donde debe estar desarrollado cualquier tipo de infraestructura de servicio público o privado.

BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria. (2015). Registro Oficial Edición Espacial 316. Ecuador: Nacional.

Agencia de Regulación y Control Minero. (2018). *Catastro Minero*. Obtenido de ARCOM: http://geo.controlminero.gob.ec:1026/geo_visor/

Alcaldía de Naranjal. (2018). *Ubicación geográfica*. Obtenido de Alcaldía de Naranjal: http://www.naranjal.gob.ec/index.php/using-joomla/extensions/components/content-component/article-categories/182-ubicacion-geografica

American Public Works Association. (1976). *Tratamiento de los residuos sólidos urbanos.* Instituto Estudios Administración Local: Madrid.

ArcGis Resource Center. (s.f.). *Introducción a SIG*. Obtenido de ArcGIS Resources: http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm

Badilla, E., Rojas, W., & Vargas, I. (2008). Ubicación de sitios aptos para la disposición de desechos sólidos al oeste del Valle Central, Costa Rica. *Geológica de América Central*, 7-19.

Cárdenas, P., Robles, F., Colomer, F., & Piña, A. (2016). Herramientas para la evaluación de riesgos sobre el ambiente y salud, por la disposición final de residuos sólidos urbanos. *Internacional de contaminación ambiental*, 47-62.

Carmona, D. (2015). *Desarrollo de un manual de construcción de un relleno sanitario piloto de residuos sólidos urbanos con sistema natural de alta velocidad.* Obtenido de Grupo BIOTAR: http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/15102/mod_resource/content/0/Memoria%20descriptiva.pdf

Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial.* Obtenido de Pdf Humanidades:

http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf

Cobos, S., Solano, J., Vera, A., & Monge, J. (2017). EJE 02-02 Análisis multicriterio basado en GIS para identificar potenciales áreas de emplazamiento de un relleno sanitario mancomunado en la provincia del Azuay. *Memorias Universidad Del Azuay*, 51-62.

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (2010). Registro Oficial Suplemento 303. Ecuador: Nacional.

Código Orgánico del Ambiente. (2017). Registro Oficial Suplemento 983. Ecuador: Nacional.

Código Orgánico Integral Penal. (2014). Registro Oficial Nº 180. Ecuador: Nacional.

Collazos, H. (2013). *Diseño y operación de rellenos sanitarios.* Escuela Colombiana de Ingeniería.

Colomer, F., Altabella, J., García , F., & Herrera, L. (2013). Influencia de la ubicación de los rellenos sanitarios en el impacto ambiental. Caso de España. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 141-151.

CONRED GT. (2015). *¿Qué es un deslizamiento?* Obtenido de Archivo de video: https://www.youtube.com/watch?v=9VTxOa8BpTI

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449. Ecuador: Nacional.

Coronado, O., Sotelo, H., & Chávez, Á. (2011). *Diseño y proyección logística de un centro de acopio y manejo de residuos sólidos para el relleno sanitario Doña Juana.* Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada: https://www.umng.edu.co/documents/10162/745280/V3N1_3.pdf

De León, H., Cruz, C., Dávila, R., Velasco, F., & Chapa, J. (2015). Impacto del lixiviado generado en el relleno sanitario municipal de Linares (Nuevo León) sobre la calidad del agua superficial y subterránea. *Mexicana de Ciencias Geológicas*, 514-526.

Del Pozo, M. (1991). Selección de emplazamientos para vertederos controlados. *Informes de la construcción*, 23-40.

Departamento de la Guajira. (2007). *Capítulo 5 Sistemas de Información Geográfica - SIG.* Obtenido de CIAT: ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/planificacion/GEOMATICA/SIG/SIG_Modulo.pdf

Empresa Pública Agua Ecuador. (2016). *Video explicativo 3D Control de Inundaciones Cañar y Naranjal*. Obtenido de [Archivo de video]: https://www.youtube.com/watch?v=RQn7oR5E6Fo

Erazo, N. (2016). *Identificación de sitios potenciales para la construcción de un relleno sanitario a partir de un SIG en el Municipio de Pupiales - Nariño.* Obtenido de Universidad de Manizales: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2695/ERAZO_TAPIA_NELSON_RICARDO_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Expreso. (2012). *El relleno sanitario de Naranjal fue inaugurado*. Obtenido de Expreso.ec: https://www.expreso.ec/actualidad/el-relleno-sanitario-de-naranjal-fue-inaugura-HOGR_2885848

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s.f.). *2. Planificación y realización de un levantamiento de suelos*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s02.htm

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s.f.). *9. Permeabilidad del suelo*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm

Garcés, J. (2015). *Aplicación de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica para el modelado de la capacidad de acogida para la localización de viviendas de mediana densidad. Caso de estudio*

Cuenca del río Guadalajara (Valle del Cauca). Obtenido de Universidad del Valle: http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7754/1/CB-0491731.pdf

Geographic Information Technology Training Alliance . (2011). *Classification of Data*. Obtenido de GITTA - Geographic Information Technology Training Alliance: http://www.gitta.info/Statistics/en/html/StandClass_learningObject2.html

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Naranjal. (2012). Ordenanza para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Cantón Naranjal. Naranjal, Guayas, Ecuador: Gaceta Oficial Municipal de Naranjal.

Gobierno Provincial del Guayas. (2017). *Diversidad de Naranjal*. Obtenido de Prefectura Guayas: http://www.guayas.gob.ec/turismo/atractivos/diversidad-de-naranjal

Greenpeace. (2004). *Resumen de los impactos ambientales y sobre la salud de los rellenos sanitarios.* Obtenido de Greenpeace Argentina : https://www.greenpeace.org/archive-argentina/Global/argentina/report/2008/10/resumen-de-los-impactos-ambien.pdf

Hurtado, M. (2015). *Identificación de zonas industriales en el cantón Cuenca mediante evaluación multicriterio.* Obtenido de Universidad del Azuay: http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4639/1/11124.pdf

Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2018). *Amenazas Geológicas*. Obtenido de INIGEMM: http://inigemmecuador.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=3637f3134b6e498f9e4733a345a0e3b9

Instituto Espacial Ecuatoriano. (2015). *Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a nivel Nacional Escala 1:25000.* Obtenido de Ide-Portal Instituto Espacial Ecuatoriano: http://ideportal.iee.gob.ec:8080/catalogo/srv/spa/resources.get?uuid=b3e

35866-bbe9-4dae-9646-421185045bbe&fname=mt_naranjal_sistemas_productivos.pdf&access=public

Instituto Espacial Ecuatoriano. (2015). *Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional Escala 1:25000.* Obtenido de Instituto Espacial Ecuatoriano: http://ideportal.iee.gob.ec:8080/catalogo/srv/spa/resources.get?uuid=b3e35866-bbe9-4dae-9646-421185045bbe&fname=mt_naranjal_sistemas_productivos.pdf&access=public

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Censo de población y vivienda 2010. Naranjal, Guayas, Ecuador.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2018). *Sistema integrado de consultas*. Obtenido de Sistema Integrado de Consultas (REDATAM): http://www.ecuadorencifras.gob.ec/sistema-integrado-de-consultas-redatam/

Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (2017). *Mapa Geológico de la República del Ecuador.* Obtenido de Instituto de Investigación Geológico y Energético: https://www.geoinvestigacion.gob.ec/mapas/nuevo%201M/GEOLOGICO_2017_1M.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Áreas de Inundación.* Obtenido de INAMHI: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/gisweb/AREAS_DE_INUNDACION/PDF/AREAS%20DE%20INUNDACION.pdf

Kiss, G., & Encarnación, G. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica*, 39-51.

Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo. (2016). Registro Oficial N° 790. Ecuador: Nacional.

Lopez, I., Anido, C., & Borzacconi, L. (2017). *III-151 - Metodología para la localización de un relleno sanitario y su aplicación para una ciudad del Uruguay.* Obtenido de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/iii-151.pdf

Lu, J., Zhang, G., Ruan, D., & Wu, F. (2007). *Multi-Objective Group Decision Making Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques.* Illinois: Wai-Kai Chen.

Martínez, E. (2007). Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una PYME. *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 523-542.

Martinez, P. (2011). *Construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario del cantón Naranjal.* Obtenido de Prefectura de la Provincia del Guayas en Ecuador: http://www.guayas.gob.ec/dmdocuments/medio-ambiente/EIA%20EX%20POST%20RELLENO%20SANITARIO%20NARANJAL.pdf

Mates360. (2014). *Media Ponderada*. Obtenido de [Archivo de Video]: https://www.youtube.com/watch?v=lQOxhrC1MLI&t=33s&index=2&list=LLD0IcdaLMwvHRk_c_rg9cgA

Mena, C., Morales, Y., Ormazábal, Y., & Gajardo, J. (2010). Localización de un relleno sanitario en la comuna de Parral, Chile, a través de evaluación multicriterio. *Interciencia*, 684-689.

Ministerio Ambiente Ecuador. (2003). *Norma de calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos.* Obtenido de Legal Office Faolex: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112185.pdf

Ministerio Ambiente Ecuador. (s.f.). *Programa 'PNGIDS' Ecuador*. Obtenido de Ministerio del Ambiente: http://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/#

Ministerio del Ambiente Ecuador. (2018). *Mapa Interactivo Ambiental*. Obtenido de Ministerio del Ambiente Ecuador: http://mapainteractivo.ambiente.gob.ec/portal/

Miranda, I. (2003). Diseño del relleno sanitario de la ciudad de Navojoa, Sonora. *Biblioteca digital*, http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/1515/Capitulo4.pdf.

Montañés, L., Abadía, A., & Heras, L. (1970). *Normas para toma de muestras de suelo.* Obtenido de DIGITAL.CSIC: http://digital.csic.es/bitstream/10261/42842/1/Normas%20para%20la%20toma%20de%20muestras%20de%20suelo.pdf

Ordóñez, C., & Villarraga, M. (2005). Asentamientos en el relleno sanitario Curva de Rodas de la ciudad de Medellín, Colombia. *POLITÉCNICA*, 57-72.

Organización Panamericana de la Salud. (2007). *Unidad 3: El relleno sanitario*. Obtenido de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidad3.html

Palacios, I. (2018). Evaluación Multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario en la ciudad de Macas, a través de la ponderación de sus variables con el Proceso Analítico Jerárquico, AHP . *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 83-94.

Peña, J. (2005). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio.* Obtenido de Editorial Club Universitario: https://www.editorial-club-universitario.es/pdf/557.pdf

Quintero, D. (2016). El papel de la gestión territorial en la ubicación de rellenos sanitarios. Caso de estudio: relleno sanitario Doña Juana, Bogotá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 251-276. doi:10.19053/01233769.5852

Ramos, C., Carmona, R., Cano, P., & Semadeni, I. (1996). *Estaciones detransferenciade residuossólidos enáreas urbanas.* México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología.

Röben, E. (2002). *Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales.* Obtenido de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/fulltext/loja.pdf

Rodríguez, J. (2008). *Diseño del relleno sanitario para la municipalidad Santa Rosa de Copán.* Obtenido de Santa Rosa de Copán: http://santarosacopan.org/uploads/media/Diseno_del_Relleno_Sanitario.pdf

Romero, S. (2008). *Propuesta de desarrollo del agroturismo para uso de suelos biorremediados, en el campo Sacha, por PEPDA-PETROPRODUCCIÓN.* Obtenido de Escuela Politécnica Nacional: http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1953/1/CD-2822.pdf

Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios.* Santiago: Naciones Unidas.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process.* New York: McGraw-Hill.

Sáenz, N. (1992). Los sistemas de información geográfica (SIG) una herramienta poderosa para la toma de decisiones. *Ingeniería e Investigación*, 31-40.

Sakurai, K. (2000). *HDT 17: METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SOLIDOS*. Obtenido de Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental: www.bvsde.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html

Taoufikallah, A. (2013). *Capítulo 4: El método AHP.* Obtenido de Biblioteca de Ingeniería Universidad de Sevilla: http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70496/fichero/Capitulo+4+El+m%C3%A9todo+AHP.pdf

Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M., & Terraza, H. (2010). *Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010.* Obtenido de GAIA Library: http://gaialibrary.org/system/files/Informe%20de%20Evaluaci%EF%BE%83%EF%BD%B3n%20Regional%20del%20manejo%20de%20residuos%20s%EF%BE%83%EF%BD%B3lidos%20urbanos%20en%20Am%EF%BE%83%EF%BD%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe%202010%20-%20BID.pdf

Toskano, G. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma decisiones en la selección de proveedores.* Obtenido de Sistema de bibliotecas y biblioteca central: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf

Ullca, J. (2006). Los Rellenos Sanitarios. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la*, 2-17.

Umaña, J. (2002). *Método de Evaluación y selección de sitio para relleno sanitario.* Obtenido de DOCPLAYER: https://docplayer.es/1631761-Metodo-de-evaluacion-y-seleccion-de-sitio-para-relleno-sanitario.html

United States Department of Agriculture. (s.f.). *Guide to Texture by Feel*. Obtenido de Natural Resources Conservation Service: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/edu/?cid=nrcs142p2_054311

United States Environmental Protection Agency. (2018). *Hazardous and Solid Waste Management System: Disposal of Coal Combustion Residuals from Electric Utilities; Amendments to the National Minimum Criteria (Phase One); Proposed Rule.* Obtenido de Environmental Integrity Project: http://www.environmentalintegrity.org/wp-content/uploads/2017/02/2018-04-30-Envtl.-Comments-EPA-HQ-OLEM-2017-0286.pdf

Valdivia, W. (2015). *Obtención de mapas de suelo con fines de diseño y manejo de sistemas de riego.* Obtenido de Universidad de Concepción: http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/1865/Tesis_Obtencion_de_mapas_de_suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Velázquez, A. (2008). La gestión de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Hannover: un modelo exitoso. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 163-177.

Wang, G., Qin, L., Li, G., & Chen, L. (2009). Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. *Journal of Environmental Management*, 2414-2421. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008

Ying, D., Chuanyu, C., Bin, H., Yueen, X., Xuejuan, Z., Yingxu, C., & Weixiang, W. (2012). Characterization and control of odorous gases at a landfill site: A case study in Hangzhou, China. *Waste Management*, 317-326.

Zapata, A., & Zapata, C. (2013). Un método de gestión ambiental para evaluar rellenos sanitarios. *Gestión y Ambiente*, 105-120.

ANEXOS

Anexo 1: Estructura de la encuesta dirigida a profesionales expertos del tema mediante matrices de comparaciones pareadas

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA PARA DETERMINAR EL PESO DE LOS CRITERIOS EN EL ESTUDIO DE LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

La determinación de los pesos se realiza mediante la utilización de la escala de SAATY, de acuerdo a la tabla 1, la cual permite realizar una comparación por pares de criterios, analizando su importancia.

Tabla 1. Escala de comparación de SAATY

1	**Igualmente importante**
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostrablemente más importante
9	Absolutamente más importante

Para el estudio se dispone de datos de los criterios: ambiental, geológico y social, los cuales son desagregados en subcriterios de acuerdo a la tabla 1.

COMPARACIÓN DE CRITERIOS

IMPORTANCIA DEL CRITERIO AMBIENTAL

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del criterio ambiental respecto a los dos criterios que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el criterio ambiental es menos importante que otro criterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 2. Importancia del criterio ambiental.

Criterio	C. Geológico	C. Social
C. Ambiental		

IMPORTANCIA DEL CRITERIO GEOLÓGICO

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del criterio geológico respecto a los dos criterios que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el criterio geológico es menos importante que otro criterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 3. Importancia del criterio geológico.

Criterio	C. Ambiental	C. Social
C. Geológico		

IMPORTANCIA DEL CRITERIO SOCIAL

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la

tabla número 1 establecer la importancia del criterio social respecto a los dos criterios que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el criterio social es menos importante que otro criterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 4. Importancia del criterio social.

Criterio	C. Ambiental	C. Geológico
C. Social		

COMPARACIÓN DE SUBCRITERIOS

IMPORTANCIA DE LOS SUBCRITERIOS AMBIENTALES

Importancia del subcriterio distancia a cuerpos hídricos

Respecto a la precipitación

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia a cuerpos hídricos respecto al subcriterio precipitación que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio ambiental es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 5. Importancia del subcriterio distancia a cuerpos hídricos respecto a la precipitación

Subcriterio	Precipitación
Distancia a cuerpos hídricos	

Respecto a la distancia del SNAP

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia a cuerpos hídricos respecto al subcriterio distancia del SNAP que indica la siguiente tabla.

En caso de que se considere que el subcriterio ambiental es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 6. Importancia del subcriterio distancia a cuerpos hídricos respecto a la distancia del SNAP

Subcriterio	Distancia del SNAP
Distancia a cuerpos hídricos	

Importancia del subcriterio precipitación

Respecto a la distancia a cuerpos hídricos

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio precipitación respecto a la distancia a cuerpos hídricos que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio ambiental es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 7. Importancia del subcriterio precipitación respecto a la distancia a cuerpos hídricos

Subcriterio	Distancia a cuerpos hídricos
Precipitación	

Respecto a la distancia del SNAP

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio precipitación respecto a la distancia del SNAP que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio ambiental es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 8. Importancia del subcriterio precipitación respecto a la distancia del SNAP

Subcriterio	Distancia del SNAP
Precipitación	

Importancia del subcriterio distancia del SNAP

Respecto a la precipitación

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia del SNAP respecto a la precipitación que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio ambiental es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 9. Importancia del subcriterio distancia del SNAP respecto a la precipitación

Subcriterio	Precipitación
Distancia del SNAP	

Respecto a la distancia a cuerpos hídricos

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia del SNAP respecto a la distancia a cuerpos hídricos que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio ambiental es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 10. Importancia del subcriterio distancia del SNAP respecto a la distancia a cuerpos hídricos.

Subcriterio	Distancia a cuerpos hídricos
Distancia del SNAP	

IMPORTANCIA DE LOS SUBCRITERIOS GEOLÓGICOS

Importancia del subcriterio permeabilidad del suelo

Respecto a la textura del suelo (material de cobertura)

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio permeabilidad del suelo respecto a la textura del suelo (material de cobertura) que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 11. Importancia del subcriterio permeabilidad del suelo respecto a la textura del suelo (material de cobertura).

Subcriterio	Textura del suelo (material de cobertura)
Permeabilidad del suelo	

Respecto a la pendiente

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio permeabilidad del suelo respecto a la pendiente que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 12. Importancia del subcriterio permeabilidad del suelo respecto a la pendiente.

Subcriterio	Pendiente
Permeabilidad del suelo	

Respecto a la distancia de falla geológica activa

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio permeabilidad del suelo respecto a la distancia de falla geológica activa que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 13. Importancia del subcriterio permeabilidad del suelo respecto a la distancia de falla geológica activa.

Subcriterio	Distancia de falla geológica activa
Permeabilidad del suelo	

Importancia del subcriterio textura del suelo (material de cobertura)

Respecto a la permeabilidad del suelo

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio textura del suelo (material de cobertura) respecto a la permeabilidad del suelo que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 14. Importancia del subcriterio textura del suelo (material de cobertura) respecto a la permeabilidad del suelo.

Subcriterio	Permeabilidad del suelo

Textura del suelo (material de cobertura)	

Respecto a la pendiente

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio textura del suelo (material de cobertura) respecto a la pendiente que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 15. Importancia del subcriterio textura del suelo (material de cobertura) respecto a la pendiente.

Subcriterio	Pendiente
Textura del suelo (material de cobertura)	

Respecto a la distancia de falla geológica activa

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio textura del suelo (material de cobertura) respecto a la distancia de falla geológica activa que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 16. Importancia del subcriterio textura del suelo (material de cobertura) respecto a la distancia de falla geológica activa.

Subcriterio	Distancia de falla geológica activa
Textura del suelo (material de cobertura)	

Importancia del subcriterio pendientes

Respecto a la permeabilidad del suelo

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio pendiente respecto a la permeabilidad del suelo que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 17. Importancia del subcriterio pendientes respecto a la permeabilidad del suelo.

Subcriterio	Permeabilidad del suelo
Pendientes	

Respecto a la textura del suelo (material de cobertura)

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio pendiente respecto a la textura del suelo (material de cobertura) que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 18. Importancia del subcriterio pendientes respecto a la textura del suelo (material de cobertura)

Subcriterio	Textura del suelo (material de cobertura)
Pendientes	

Respecto a la distancia de falla geológica activa

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio pendiente respecto a la distancia de falla geológica activa que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 19. Importancia del subcriterio pendientes respecto a la distancia de falla geológica activa

Subcriterio	Distancia de falla geológica activa
Pendientes	

Importancia del subcriterio distancia de falla geológica activa

Respecto a la permeabilidad del suelo

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia de falla geológica activa respecto a la permeabilidad del suelo que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 20. Importancia del subcriterio distancia de falla geológica activa respecto a la permeabilidad del suelo.

Subcriterio	Permeabilidad del suelo
Distancia de falla geológica activa	

Respecto a la textura del suelo (material de cobertura)

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la

tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia de falla geológica activa respecto a la textura del suelo (material de cobertura) que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 21. Importancia del subcriterio distancia de falla geológica activa respecto a la textura del suelo (material de cobertura)

Subcriterio	Textura del suelo (material de cobertura)
Distancia de falla geológica activa	

Respecto a la pendiente

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia de falla geológica activa respecto a la pendiente que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio geológico es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 22. Importancia del subcriterio distancia de falla geológica activa respecto a la pendiente

Subcriterio	Pendiente
Distancia de falla geológica activa	

IMPORTANCIA DE LOS SUBCRITERIOS SOCIALES

Importancia del subcriterio distancia a zonas urbanas

Respecto al uso de suelos

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la

tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia a zonas urbanas respecto al uso de suelos que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio social es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 23. Importancia del subcriterio distancia a zonas urbanas respecto al uso de suelos

Subcriterio	Uso de Suelos
Distancia a zonas urbanas	

Respecto a la distancia de las vías de acceso

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia a zonas urbanas respecto a la distancia de las vías de acceso que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio social es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 24. Importancia del subcriterio distancia a zonas urbanas respecto a la distancia de las vías de acceso

Subcriterio	Distancia de las vías de acceso
Distancia a zonas urbanas	

Importancia del subcriterio uso de suelos

Respecto a la distancia a zonas urbanas

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio uso de suelos respecto a la distancia a zonas urbanas que indica la siguiente tabla. En caso de que se

considere que el subcriterio social es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 25. Importancia del subcriterio uso de suelos respecto a la distancia a zonas urbanas

Subcriterio	Distancia a zonas urbanas
Uso de suelos	

Respecto a la distancia de las vías de acceso

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio uso de suelos respecto a la distancia de las vías de acceso que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio social es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 26. Importancia del subcriterio uso de suelos respecto a la distancia de las vías de acceso.

Subcriterio	Distancia de las vías de acceso
Uso de suelos	

Importancia del subcriterio distancia a las vías de acceso

Respecto a la distancia a zonas urbanas

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia a las vías de acceso respecto a la distancia a zonas urbanas que indica la siguiente tabla. En

caso de que se considere que el subcriterio social es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 27. Importancia del subcriterio distancia a las vías de acceso respecto a la distancia a zonas urbanas

Subcriterio	Distancia a zonas urbanas
Distancia a las vías de acceso	

Respecto al uso de suelos

Dentro del análisis de LOCALIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN NARANJAL, MEDIANTE EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: De acuerdo a la tabla número 1 establecer la importancia del subcriterio distancia a las vías de acceso respecto al uso de suelos que indica la siguiente tabla. En caso de que se considere que el subcriterio social es menos importante que el otro subcriterio, dejar el casillero en blanco.

Tabla 28. Importancia del subcriterio distancia a las vías de acceso respecto al uso de suelos.

Subcriterio	Uso de suelos
Distancia a las vías de acceso	

Anexo 2: Solicitud a la máxima autoridad del cantón Naranjal

Naranjal 09 de agosto del 2018

Ing.
Marcos Chica Cárdenas
ALCALDE DEL CANTON NARANJAL

Por medio del presente tenga un cordial saludo de parte del estudiante CARLO LUIS GORDILLO RODAS de la universidad de Guayaquil facultad de Ciencias Naturales, se le solicita de la manera más amable el permiso para estudio de suelo del relleno sanitario información necesaria para el proceso de titulación.

Por la atención que se sirva otorgar la presente, le anticipo mis sinceros agradecimientos.

Atentamente

Sr. Carlos Luis Gordillo

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN NARANJAL
LO: CERTIFICO
PRESENTADO EL DÍA 10 AGO 2018 HORA 10:50
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN DEL TALENTO HUMANO

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN NARANJAL DPTO. DE SECRETARIA GENERAL
HORA 10:48 09 AGO 2018
FIRMA RECEPCIÓN

Anexo 3: Registro Fotográfico de la visita técnica

Figura 1: Entrada al relleno sanitario. **Fuente:** Autor

Figura 2: Actividad agrícola aledaña al relleno sanitario. **Fuente:** Autor.

Figura 3: Canales de riego aledaños al relleno sanitario. **Fuente:** Autor

Figura 4: Corriente natural de agua cercana al relleno sanitario. **Fuente:** Autor.

Figura 5: Excavación de la calicata. **Fuente:** Autor.

Figura 6: Horizontes en la pared de la calicata. **Fuente:** Autor.

Figura 7: Recolección de la última muestra. **Fuente:** Autor.

Figura 8: Representación las muestras recolectadas por cada horizonte de suelo. **Fuente**: Autor.

Anexo 4: Resultados del análisis de textura de suelo por el laboratorio de suelos del INIAP

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

INIAP ESTACION EXPERIMENTAL BOLICHE

LABORATORIO DE SUELOS TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS - DPTO. DE PROTECCION VEGETAL

Dirección Matriz: KM. 26 VÍA DURAN-TAMBO, PARROQUIA VIRGEN DE FATIMA, CANTON YAGUACHI, TELF. 042 724119 EXT. 125

Dirección Sucursal: KM. 26 VÍA DURAN-TAMBO, PARROQUIA VIRGEN DE FATIMA, CANTON YAGUACHI, e_mail: labsuelos.eels@iniap.gob.ec

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD SI

R.U.C.: 0968539470001

FACTURA

No. 001-102-000005513

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

2008201801096853947000120011020000055131234567811

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN 20/08/2018 10:39:55.000

AMBIENTE: PRODUCCION

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO

2008201801096853947000120011020000055131234567811

Razón Social / Nombres y Apellidos: CARLOS LUIS GORDILLO RODAS

Identificación: 0950727511

Fecha Emisión: 20/08/2018

Guía Remisión:

Dirección ATARAZANA I.3 VILLA.23 / GUAYAQUIL / GUAYAS

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cant	Descripción	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Detalle Adicional	Precio Unitario	Subsidio	Precio Sin Subsidio	Descuento	Precio Total
5.18.250.1.7	5.18.250.1.7	3	TEXTURA	TEXT.	Muestras de suelo		5,87	0.00	0.00	0	17.61

Información Adicional

Dirección ATARAZANA I.3 VILLA.23 / GUAYAQUIL / GUAYAS

Teléfono 2392591

Email cgordillo80@gmail.com

SUBTOTAL 12%	17.61
SUBTOTAL IVA 0%	0.00
SUBTOTAL NO OBJETO IVA	0.00
SUBTOTAL EXENTO IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	17.61
DESCUENTO	0.00
ICE	0.00
IVA 12%	2.11
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	19.72

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	19.72

VALOR TOTAL SIN SUBSIDIO	0.00
AHORRO POR SUBSIDIO: (Incluye IVA cuando corresponda)	0.00

INIAP - E.E. BOLICHE
CANCELADO
20 AGO 2018
TESORERO

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL LITORAL SUR
DR. ENRIQUE AMPUERO PAREJA
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
Km. 26 Vía Duram - Tambo Apdo. Postal 09-01-7069 Yaguachi - Guayas - Ecuador
Teléfono: 042724260 fax: 042724261 e-mail: labsuelos.eels@iniap.gob.ec

Gobierno Nacional de la República del Ecuador

Propietario:	CARLOS LUIS GORDILLO RODAS	**Plantilla #:**	05513
Remitente:	CARLOS LUIS GORDILLO RODAS	**F/Muestreo:**	17/08/2018
Predio:	***FINCA LA FÁTIMA***	**F/Ingreso:**	20/08/2018
Localización:	A 7 KM. DE LA CABECERA CANTONAL DE NARANJAL_GUAYAS	**F/Salida:**	27/08/2018
Cultivo:	BANANO		

LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
REPORTE DE ANÁLISIS DE TEXTURA

#LABORATORIO		ARENA	LIMO	ARCILLA	CLASE TEXTURAL
68399	C.1-M.1	91	5	4	ARENA
68401	C.1-M.2	55	33	12	FRANCO ARENOSO
68402	C.1-M.3	65	29	6	FRANCO ARENOSO

Nota: El Laboratorio no se responsabiliza por la toma de las muestras

Atentamente,

Ing. Diana Acosta Jaramillo
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Anexo 5: Resultados de las tres encuestas

ENCUESTAS RESPECTO A LA IMPORTANCIA DE LOS CRITERIOS											
ENCUESTA 1				**ENCUESTA 2**				**ENCUESTA 3**			
Comparación pareada entre los Criterios				**Comparación pareada entre los Criterios**				**Comparación pareada entre los Criterios**			
Criterios	Criterio Ambiental	Criterio Geológico	Criterio Social	Criterios	Criterio Ambiental	Criterio Geológico	Criterio Social	Criterios	Criterio Ambiental	Criterio Geológico	Criterio Social
Criterio Ambiental	1	2	9	Criterio Ambiental	1	3	7	Criterio Ambiental	1	2	7
Criterio Geológico	1/2	1	7	Criterio Geológico	1/3	1	7	Criterio Geológico	1/2	1	9
Criterio Social	1/9	1/7	1	Criterio Social	1/7	1/7	1	Criterio Social	1/7	1/9	1

ENCUESTAS RESPECTO A LA IMPORTANCIA DE LOS SUBCRITERIOS AMBIENTALES											
ENCUESTA 1				**ENCUESTA 2**				**ENCUESTA 3**			
Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Ambiental				**Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Ambiental**				**Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Ambiental**			
Subcriterios	Distancia a cuerpos hídricos	Precipitación	Distancia a SNAP	Subcriterios	Distancia a cuerpos hídricos	Precipitación	Distancia a SNAP	Subcriterios	Distancia a cuerpos hídricos	Precipitación	Distancia a SNAP
Distancia a cuerpos hídricos	1	9	4	Distancia a cuerpos hídricos	1	5	8	Distancia a cuerpos hídricos	1	7	3
Precipitación	1/9	1	1/2	Precipitación	1/5	1	1/2	Precipitación	1/7	1	1/2
Distancia a SNAP	1/4	2	1	Distancia a SNAP	1/8	2	1	Distancia a SNAP	1/3	2	1

ENCUESTAS RESPECTO A LA IMPORTANCIA DE LOS SUBCRITERIOS GEOLÓGICOS														
ENCUESTA 1					**ENCUESTA 2**					**ENCUESTA 3**				
Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Geológico					**Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Geológico**					**Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Geológico**				
Subcriterios	Permeabilidad del Suelo	Textura del suelo (material de cobertura)	Pendientes	Distancia a Fallas Geológicas Activas	Subcriterios	Permeabilidad del Suelo	Textura del suelo (material de cobertura)	Pendientes	Distancia a Fallas Geológicas Activas	Subcriterios	Permeabilidad del Suelo	Textura del suelo (material de cobertura)	Pendientes	Distancia a Fallas Geológicas Activas
Permeabilidad del Suelo	1	5	3	3	Permeabilidad del Suelo	1	3	2	2	Permeabilidad del Suelo	1	3	4	1
Textura del suelo (material de cobertura)	1/5	1	1/2	1/2	Textura del suelo (material de cobertura)	1/3	1	1	2	Textura del suelo (material de cobertura)	1/3	1	1	1
Pendientes	1/3	2	1	1	Pendientes	1/2	1	1	1	Pendientes	1/4	1	1	1
Distancia a Fallas Geológicas Activas	1/3	2	1	1	Distancia a Fallas Geológicas Activas	1/2	1/2	1	1	Distancia a Fallas Geológicas Activas	1	1	1	1

ENCUESTAS RESPECTO A LA IMPORTANCIA DE LOS SUBCRITERIOS SOCIALES											
ENCUESTA 1				**ENCUESTA 2**				**ENCUESTA 3**			
Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Social				**Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Social**				**Comparación pareada entre los Subcriterios del Criterio Social**			
Subcriterios	Distancia a zonas urbanas	Uso del Suelo	Distancia a las vías de acceso	Subcriterios	Distancia a zonas urbanas	Uso del Suelo	Distancia a las vías de acceso	Subcriterios	Distancia a zonas urbanas	Uso del Suelo	Distancia a las vías de acceso
Distancia a zonas urbanas	1	1	1	Distancia a zonas urbanas	1	1	2	Distancia a zonas urbanas	1	1	1
Uso del Suelo	1	1	2	Uso del Suelo	1	1	1	Uso del Suelo	1	1	2
Distancia a las vías de acceso	1	1/2	1	Distancia a las vías de acceso	1/2	1	1	Distancia a las vías de acceso	1	1/2	1

Anexo 6: Comparación pareada para determinar el nivel de importancia que tiene cada criterio o conflicto frente al otro

COMPARACIÓN PAREADA ENTRE LOS CRITERIOS O CONFLICTOS QUE GENERA UN RELLENO SANITARIO		
Criterio	**Dirección predominante del viento**	**Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final**
Dirección predominante del viento	1	3
Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final	0,33	1
Suma Total	1,33	4

PESOS NORMALIZADOS DE CADA CRITERIO O CONFLICTO QUE GENERA UN RELLENO SANITARIO			
Criterio	**Dirección predominante del viento**	**Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final**	**Peso normalizado**
Dirección predominante del viento	0,75	0,75	0,75
Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final	0,25	0,25	0,25

RELACIÓN DE CONSISTENCIA								
MATRIZ DE COMPARACIÓN PAREADA			Peso Norm	$CI = \frac{\lambda\, max\, -\, n}{n-1}$			RI=n	CR=CI/RI
Criterio	Dirección predominante del viento	Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final		λ max	n	CI	RI	
Dirección predominante del viento	1	3	0,75	2	2	0	0	0
Conexión existente entre las vías de acceso y los centros poblados conforme al sitio de disposición final	0,33	1	0,25					