REPOSITORIO ALCIRA TESIS

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

APLICACIÓN DEL SOFTWARE QGIS PARA LA UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI - PUNO 2023

PRESENTADA POR:

JUAN EDILBERTO HANCCO CHUCTAYA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2023

Repositorio Institucional ALCIRA by Universidad Privada San Carlos is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License

Universidad Privada San Carlos Repositorio Institucional UPSC

PLAGIARISM CHECK.ORG

14.13%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 31 MAY 2023, 9:35 AM

Scanned Text

Your text is highlighted according to the matched content in the results below.

IDENTICAL 0.9%

CHANGED TEXT 13.23%

Report #17356859

JUAN EDILBERTO HANCCO CHUCTAYA APLICACIN DEL SOFTWARE QGIS PARA LA UBICACIN PTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI - PUNO 2023 RESUMEN La investigacin se realiz utilizando la aplicacin del software QGIS (v3. 4 26.17) para la ubicacin ms adecuada de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, el estudio de la localizacin considera las posibles influencias ambientales, sociales y financieros que pueden presentar este tipo de infraestructura sanitaria. El estudio se propuso con el objetivo de aplicar el software QGIS para la ubicacin ptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, que minimicen impactos socioambientales negativos en el distrito de Ayaviri. La metodologa consisti en un muestreo descriptivo, las muestras se han seleccionado con la tcnica de "lgebra de mapas superpuestos". Se tomaron en cuenta estudios tcnicos para calcular la proximidad del relleno sanitario, investigaciones de suelos, meteorolgicas y de aprobacin social; finalmente, se ejecut una evaluacin del lugar alternativo elegido, con el fin de otorgarle un puntaje final de acuerdo con el mtodo propuesto con la guia del MINAM (2011); el anlisis estadstico se realiz de forma descriptiva aplicando el promedio y la desviacin estndar Los resultados ubicaron la opcin A1 y A2 como reas increblemente apropiadas;

Yudy Roxana ALANIA LAQUI
Oficina de Repositorio Institucional

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

APLICACIÓN DEL SOFTWARE QGIS PARA LA UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE AYAVIRI - PUNO 2023

PRESENTADA POR:

JUAN EDILBERTO HANCCO CHUCTAYA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE :_____
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

PRIMER MIEMBRO :_____
M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

SEGUNDO MIEMBRO :_____
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS :_____
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 08 de junio de 2023.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

DEDICATORIA

A Dios que ha sido mi guía, fuerza y su mano de fidelidad y amor ha estado conmigo para cumplir mis metas y objetivos educativos.

A mis padres que con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido cumplir un sueño más, por inculcarme el ejemplo de valores éticos, ya no temer a la adversidad porque Dios está continuamente conmigo.

Por último, me gustaría dedicar este trabajo de investigación a todos mis parceros, por guiarme cuando más los necesitaba, por tenderme la mano en los momentos arduos y por el cariño que me dan cada momento. Los recordaré siempre en mi mente.

Juan Hancco

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

AGRADECIMIENTOS

- Necesito explicitar mi gratitud a Dios, que con su bendición llena constantemente mi existencia, y a todo mi círculo de familiares por estar siempre presentes.
- A la Universidad Privada San Carlos, por brindarme una formación profesional para el desarrollo de mi región Puno.
- De igual manera mis agradecimientos a toda la Facultad de Ingeniería Ambiental, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de vosotros por vuestro mansedumbre, fuerza de voluntad, ayuda incondicional y amistad.
- A mis padres por su apoyo incondicional.
- Por último, me gustaría explicitar mi mayor y más sincero agradecimiento a mi ASESOR: Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA quien con su dirección, conocimientos, enseñanza y colaboración, permitió el perfeccionamiento de este trabajo de tesis.

Juan Hancco

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1.1. Problema General	17
1.1.2. Problemas específicos	17
1.2. ANTECEDENTES	17
1.2.1. Antecedentes Internacionales	17
1.2.2. Antecedentes Nacionales	19
1.2.3. Antecedentes Locales	21
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1. Objetivo General	23
1.3.2. Objetivos Específicos	23

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO 24

2.1.1. Teledetección 24

2.1.2. Relleno Sanitario 26

2.1.3. Selección del área óptimo para un relleno sanitario 30

2.1.4. Criterios para la ubicación óptima de relleno sanitario 31

2.2. MARCO CONCEPTUAL 33

2.3. MARCO NORMATIVO 35

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 36

2.3.1. Hipótesis General 36

2.3.2. Hipótesis Específicas 36

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO 37

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA 38

3.2.1 Población 38

3.2.2 Muestra 37

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS 39

3.3.1. Tipo de investigación 39

3.3.2. Diseño de Investigación. 40

3.3.3. Materiales 40

3.3.4. Métodos 40

3.3.5 Técnicas 41

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

3.3.6. Metodología para los objetivos específicos 42

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES 62

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO 62

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EXPOSICION Y ANALISIS DEL RELLENO SANITARIO 64

4.1.1. Resultados para el objetivo específico O1 64

4.2. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LA UBICACIÓN ÓPTIMA 98

4.2.1. Resultados para el objetivo específico O2: estudios técnicos. 98

CONCLUSIONES **126**

RECOMENDACIONES **128**

BIBLIOGRAFÍA **129**

ANEXOS **136**

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Límites demográficos del distrito de Ayaviri.	38
Tabla 02: Insumos de imágenes satelitales en formato Raster (rar/tif)	43
Tabla 03: Insumos cartográficos en formato shapefile (shp).	44
Tabla 04: Criterios para la ubicación de un relleno de seguridad.	47
Tabla 05: Pasos para el muestreo de la permeabilidad in situ.	53
Tabla 06: Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación.	56
Tabla 07: Escala de calificación para el puntaje ponderado total.	61
Tabla 08: Escala de calificación para el puntaje ponderado total.	62
Tabla 09: Criterio de distanciamiento de Centro Poblados	65
Tabla 10: Criterio de distanciamiento de Red Vial.	67
Tabla 11: Criterio de distanciamiento de la red hidrográfica.	70
Tabla 12: Criterio de distanciamiento de la cobertura vegetal	74
Tabla 13: Criterio de distanciamiento de las fallas geológicas	76
Tabla 14: Criterio de distanciamiento de pendientes	80
Tabla 15: Criterio de distanciamiento de instituciones educativas y centros de salud.	82
Tabla 16: Criterio de distanciamiento de uso actual del suelo	86
Tabla 17: Criterio de distanciamiento de granjas y crianzas de animales.	92
Tabla 18: Datos estadísticos de la Alternativa - 1 y Alternativa - 2.	95
Tabla 19: Datos estadísticos de rutas óptimas hacía la A -1 y A - 2.	96
Tabla 20: Evaluación para la selección de las alternativas A1 y A2.	97
Tabla 21: Proyección poblacional, peso total diario y anual para los años de vida útil del relleno sanitario.	99
Tabla 22: Cálculo del área requerida para el relleno sanitario.	100
Tabla 23: Resultados de las pruebas de permeabilidad del suelo	101

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 24: Resultado del índice de permeabilidad cm/hora. 103

Tabla 25: Clima de la estación Ayaviri, más cercana alternativa A-2. 106

Tabla 26: Clima de la estación Ayaviri, más cercana alternativa A-2. 108

Tabla 27: ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos del distrito de Ayaviri? 113

Tabla 28: ¿Conoce qué es un relleno sanitario? 114

Tabla 29: ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri? 115

Tabla 30: ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario? 116

Tabla 31: ¿Está de acuerdo con la construcción de un relleno sanitario? 117

Tabla 32: Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación para la alternativa A2 119

Tabla 33: Calificación para el puntaje ponderado total de la alternativa A2. 124

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Teledetección.	24
Figura 02: Modelo de análisis Multicriterio.	25
Figura 03: Relleno sanitario y sus componentes.	26
Figura 04: Mapa de ubicación del área de estudio, distrito de Ayaviri.	37
Figura 05: Escala para el coeficiente de permeabilidad.	54
Figura 06: Mapa cartográfico de Centros Poblados.	65
Figura 07: Mapa de distanciamiento de Centros Poblados.	66
Figura 08: Mapa cartográfico de Red Vial.	67
Figura 09: Mapa de distanciamiento de Red Vial.	68
Figura 10: Mapa cartográfico de la red hidrográfica	69
Figura 11: Mapa de distanciamiento de la red hidrográfica	71
Figura 12: Mapa cartográfico de la cobertura vegetal.	72
Figura 13: Gráfico de la cobertura vegetal	73
Figura 14: Mapa de distanciamiento de la cobertura vegetal	75
Figura 15: Mapa cartográfico de las fallas geológicas	76
Figura 16: Mapa de distanciamiento de las fallas geológicas	77
Figura 17: Mapa cartográfico de pendientes.	78
Figura 18: Gráfico de pendientes.	79
Figura 19: Mapa de distanciamiento de pendientes.	81
Figura 20: Mapa cartográfico de instituciones educativas y centros de salud.	82
Figura 21: Mapa de distanciamiento de instituciones educativas y centros de salud.	83
Figura 22: Mapa cartográfico de uso actual del suelo	84
Figura 23: Gráfico de uso actual del suelo	85
Figura 24: Mapa de distanciamiento de uso actual del suelo.	87

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Figura 25: Mapa cartográfico de geología. 88

Figura 26: Gráfico de geología. 89

Figura 27: Mapa de distanciamiento de geología. 90

Figura 28: Mapa cartográfico de granjas y crianzas de animales. 91

Figura 29: Mapa de distanciamiento de granjas y crianzas de animales. 92

Figura 30: Ráster resultante de las alternativas aptas y no aptas. 93

Figura 31: Mapa de ubicación óptima de rellenos sanitarios en el distrito de Ayaviri. 94

Figura 32: Mapa de rutas óptimas hacia los rellenos óptimos. 95

Figura 33: Resultado del coeficiente de permeabilidad del suelo. 104

Figura 34: Climograma de la estación Ayaviri. 107

Figura 35: Climograma de la estación Ayaviri. 110

Figura 36: Rosa de vientos en el área de ubicación del Relleno Sanitario. 111

Figura 37: La escala de Beaufort, para la interpretación del rosa del viento en (m/seg). 112

Figura 38: ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos del distrito de Ayaviri? 113

Figura 39: ¿Conoce qué es un relleno sanitario? 114

Figura 40: ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri? 115

Figura 41: ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario? 116

Figura 42: ¿Está de acuerdo con la construcción de un relleno sanitario? 117

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

INDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 01: Matriz de consistencia. 137

Anexo 02: Descarga y obtención de la imagen satelital de google earth engine. 141

Anexo 03: Geoportales de descargas 141

Anexo 04: Geoprocesamiento para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el software qgis. 142

Anexo 05: Geoprocesamiento para la ruta óptima. 142

Anexo 06: Elaboración de gráficos estadísticos en R. 143

Anexo 07: Análisis de la rosa de viento en A2 143

Anexo 08: Muestreo in situ de la permeabilidad del suelo. 144

Anexo 09: Encuesta hacia la población de Ayaviri. 144

Anexo 10: Guía de encuesta social. 145

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

RESUMEN

La investigación se realizó utilizando la aplicación del software QGIS (v3.26.17) para la ubicación más adecuada de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, el estudio de la localización considera las posibles influencias ambientales, sociales y financieros que pueden presentar este tipo de infraestructura sanitaria. El estudio se propuso con el objetivo de aplicar el software QGIS para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, que minimicen impactos socioambientales negativos en el distrito de Ayaviri. La metodología consistió en un muestreo descriptivo, las muestras se han seleccionado con la técnica de "álgebra de mapas superpuestos". Se tomaron en cuenta estudios técnicos para calcular la proximidad del relleno sanitario, investigaciones de suelos, meteorológicas y de aprobación social; finalmente, se ejecutó una evaluación del lugar alternativo elegido, con el fin de otorgarle un puntaje final de acuerdo con el método propuesto con la guia del MINAM (2011); el análisis estadístico se realizó de forma descriptiva aplicando el promedio y la desviación estándar Los resultados ubicaron la opción A1 y A2 como áreas increíblemente apropiadas; de acuerdo con el método del MINAM (2011), la opción A2 resultó seleccionada como la más idónea; el cálculo de la ubicación requerida para el relleno sanitario del distrito resultó ser de 19,47 ha para una vida útil beneficiosa de ocho años; el coeficiente de permeabilidad del suelo resultó ser de $3 \times 10^{-4}\, cm/s$; las precipitaciones y la temperatura son favorables para el proyecto; el cursor principal del viento está al sureste y al oeste del área de interés; la observación de aprobación social determinó una opinión favorable. La última evaluación de la alternativa A2 obtuvo una calificación total ponderada de 254 factores, lo que califica el terreno como MUY BUENO o Aceptable. Se concluye que la ubicación decidida para el relleno sanitario del distrito de Ayaviri (alternativa A2) es ambientalmente posible de acuerdo con los criterios técnicos establecidos.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Palabras clave: Álgebra de mapas, Área óptima, Ubicación óptima, Relleno sanitario

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

ABSTRACT

The research was conducted using the application of QGIS software (v3.26.17) for the most appropriate location of a sanitary landfill in the district of Ayaviri, the study of the location considers the possible environmental, social and financial influences that may present this type of sanitary infrastructure. The study was proposed with the objective of applying QGIS software for the optimal location of a sanitary landfill in the district of Ayaviri, minimizing negative socio-environmental impacts in the district of Ayaviri. The methodology consisted of a descriptive sampling, the samples have been selected with the technique of "algebra of overlapping maps". Technical studies were taken into account to calculate the proximity of the landfill, soil, meteorological and social approval investigations; finally, an evaluation of the chosen alternative site was executed, in order to give it a final score according to the method proposed with the MINAM guide (2011); the statistical analysis was performed descriptively applying the average and standard deviation The results placed option A1 and A2 as incredibly appropriate areas; according to the MINAM (2011) method, option A2 was selected as the most suitable; the calculation of the required location for the district landfill resulted in 19.47 ha for a beneficial life of eight years; the soil permeability coefficient resulted in 3 × 10-4 cm/s; rainfall and temperature are favorable for the project; the main wind cursor is to the southeast and west of the area of interest; the social approval observation determined a favorable opinion. The last evaluation of alternative A2 obtained a total weighted rating of 254 factors, which qualifies the site as VERY GOOD or Acceptable. It is concluded that the location decided for the Ayaviri district sanitary landfill (Alternative A2) is environmentally feasible according to the established technical criteria.

Keywords: Landfill, Optimal location, Map algebra, Optimal area.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

INTRODUCCIÓN

La situación problemática en el distrito de Ayaviri, actualmente, cuenta con una gestión integral de residuos sólidos deficiente, debido a la falta de compromiso por parte de las autoridades, como también la falta de educación por parte de la población, además de una cultura ambiental. Por otro lado, el distrito de Ayaviri no cuenta con una ubicación óptima de un relleno sanitario o infraestructura de disposición final para los residuos sólidos generados por parte de la población distrital de Ayaviri, los efectos ambientales es más notable que generan sobre el ambiente, también el deterioro del paisaje natural en el distrito de Ayaviri sobre todo, perjudicando a la fauna y a la flora del distrito.

La identificación de las zonas más adecuadas para un relleno sanitario haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) dentro del Distrito de Coata - Puno. El objetivo de este estudio fue identificar las zonas más beneficiosas para la instalación de un relleno sanitario utilizando estructuras de datos geográficos (SIG), dentro de la municipalidad distrital de Coata en el departamento de Puno, con el software de la técnica propuesta con la ayuda del MINAM (2011) "Guía para el diseño de la estructuración, operación, disposición y planteamiento de un relleno sanitario", con las pautas A) pendiente, B) alejamiento a centro poblado, C) ríos, D) vías de la localidad. El distrito de Coata no cuenta en la actualidad con un relleno sanitario, sino con una descarga a cielo abierto y descubierta al entorno, lo que genera o causa problemas ambientales. Se realizó el software ArcGIS 10.5, con análisis multicriterio y valores de 0 y 1, para áreas fallidas y adecuadas respectivamente. Entre las conclusiones, se han reconocido tres áreas idóneas de 39,76, 93,09 y 491,71 ha para el área del vertedero, a través de la interrelación de variables y estándares (Ito, 2020).

La aplicación del software QGIS (v3.26.17) es potencialmente significativa para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri - Puno 2023. La variable Independiente (VI), Relleno sanitario; es el factor que causa, afecta o condiciona en forma

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

determinante a la variable dependiente. Variable dependiente (VD), Ubicación óptima; es la variable que resulta afectada por la presencia del Relleno sanitario.

La investigación consta de cuatro capítulos. En el Capítulo I, se aborda el planteamiento del problema de la investigación, los antecedentes que guardan relación con el tema de investigación y objetivos de la investigación. En el Capítulo II, se muestra el marco teórico que sustenta la investigación donde se define los principales conceptos y se indica las hipótesis planteadas para ser probadas en el estudio. Capítulo III, se llevó a cabo la parte metodológica, ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri - Puno, 2023, el tamaño de la muestra, los métodos estadísticos. En el Capítulo IV, se exponen los resultados del estudio con el análisis estadístico, persiguiendo los objetivos iniciales , donde se presentan tablas y figuras que muestran los valores estadísticos obtenidos para demostrar lo que se ha planteado , se incluye las conclusiones y recomendaciones.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las principales problemáticas ambientales a nivel mundial, es la era de los residuos sólidos y la mala ubicación óptima de los rellenos sanitarios. Por causas de las sociedades actuales de consumo y el auge de las poblaciones a nivel mundial, mayor crecimiento de la humanidad, se da mayor demanda de los recursos naturales. Afectando antropicamente al ambiente y la pérdida de los recursos naturales, principalmente infección de las aguas superficiales y subterráneas a través del líquido percolado producto de la descomposición de los residuos peligrosos, también el manejo inadecuado de los residuo sólidos está incrementando la contaminación de los mares del mundo (Graziani, 2018).

La situación problemática en el Perú, un peruano genera aproximadamente ½ kg de basura por día. El Perú produce 7 millones de toneladas de basura al año. Sólo el 14% de este total se reinserta en la cadena de reciclaje. Menos del 50% de los residuos sólidos se disponen en un relleno sanitario; el resto termina en una botaderos o en los alrededores, y del 100% del territorio peruano con sus departamentos provincias y distritos, tan solo el 10% si cuenta con una ubicación óptima de un relleno sanitario, y el 90% no cuenta con una ubicación óptima de un relleno sanitario, todo el manejo inadecuado de los residuo sólidos va afectando la contaminación del océano pacifico del

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

perú, también propagación de las enfermedades, incrementación de las afecciones respiratorias (Anticona & Paliza, 2019).

La situación problemática en el distrito de Ayaviri, actualmente, cuenta con una gestión integral de residuos sólidos deficiente, debido a la falta de compromiso por parte de las autoridades, como también la falta de educación por parte de la población, además de una cultura ambiental. Por otro lado, el distrito de Ayaviri no cuenta con una ubicación óptima de un relleno sanitario o infraestructura de disposición final para los residuos sólidos generados por parte de la población distrital de Ayaviri, los efectos ambientales es más notable que generan sobre el ambiente, también el deterioro del paisaje natural en el distrito de Ayaviri sobre todo, perjudicando a la fauna y a la flora del distrito.

1.1.1. Problema General

¿Cómo contribuirá la aplicación del software QGIS para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri - Puno, 2023?.

1.1.2. Problemas específicos

P1 ¿El distrito de Ayaviri cuenta con un terreno de extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario?.

P2 ¿Los estudios técnicos presentan las condiciones socio ambientales favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario?.

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Antecedentes Internacionales

- Jimenez (2019), En su investigación sobre "Localización ideal de un relleno sanitario para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá a través del uso de Sistemas de Información Geográfica" El aumento de la población y la gran cantidad de residuos generados hace cada vez más difícil ubicar un terreno primario agradable que cumpla con

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

todos los objetivos de los infractores. Cuando se planteó el objetivo de encontrar un lugar superior para un relleno sanitario dentro del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se cumplió con una evaluación del marco normativo colombiano, que con la ayuda del decreto 838 de 2005 estableció los requisitos a tener en cuenta para la identificación y deseo de áreas para la ubicación de rellenos sanitarios. Teniendo en cuenta dichos requisitos, con la ayuda del software ArcGis, se realizó un análisis espacial, el cual arrojó viviendas dentro del municipio de Barbosa, Antioquia, con regiones de ,19 Ha y 16,0 Ha.

- Poveda (2018), En su estudio sobre " zonificación y ordenamiento a través de las variables para la correcta localización del relleno sanitario mediante el uso del sistema de información geográficas dentro de la ciudad de Bogotá". Con el objetivo de averiguar, publicar y ordenar definitivamente los registros para la búsqueda de las regiones más confiables que permitan la disposición final adecuada de residuos sólidos bajo el cumplimiento de las normas enmarcadas dentro del decreto 0838 de 2005. Para el perfeccionamiento del abordaje, se diseñó una versión espacial con la herramienta ArcGIS Model Builder que facilitó la agregación de los registros espaciales en conjunto con las necesidades propuestas para determinar las regiones que han sido consideradas como las más conformes en términos de rellenos sanitarios. Por último, se ha implementado una forma de era de bibliotecas que incluyen Geoserver y Arcgis Online, que permiten compartir y presentar los registros a los clientes en tiempo real, facilitando la interacción con dicha información y contribuyendo a una experiencia precisa y un uso exacto de los registros.

- Charpentier et al. (2018), estudiaron sobre "Modelación espacial para la ubicación óptima de un relleno sanitario en la región de Intag, Cotacachi, Ecuador". El objetivo principal de este estudio es identificar técnicamente el sitio óptimo y apropiado para la ubicación de un relleno sanitario en la zona de Intag, basándose principalmente en las políticas del Ministerio de Medio Ambiente de Ecuador, el uso de mapas y la evaluación

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

multicriterio para generar una ubicación espacial. Los resultados mostraron seis lugares alternativos que habían sido evaluados y aprobados por la Dirección de Medio Ambiente del Gobierno Municipal de Cotacachi, cumpliendo con las especificaciones pertinentes del Ministerio de Medio Ambiente de Ecuador. En conclusión las ubicaciones óptimas de un relleno sanitario no sólo cumplirá con una de las metas del Plan de Desarrollo del cantón, sino que también mejorará la calidad de vida de los pobladores, disminuyendo las afectaciones ambientales generadas por las inapropiadas ubicaciones de un relleno sanitario.

1.2.2. Antecedentes Nacionales

- Torres (2021), En su tesis "Determinación de zonas de aptitud para la construcción de planta de remediación y disposición final de desechos orgánicos en el distrito de San Ignacio, empleando sistemas de datos geográficos". El objetivo de este trabajo se convirtió en percibir, el uso de equipos SIG, las regiones de capacidad para la construcción de una planta de tratamiento y eliminación de residuos fuertes dentro del distrito de San Ignacio. Para ello, se han descrito 9 criterios de evaluación técnica, que se han determinado específicamente a través del software de un SIG; y la asignación de la evaluación multi estándar, que consistió en la superposición de cada uno de los estándares y la asignación de un precio de "cero" (zonas no más adecuadas en carmesí) y un rango de "1" (regiones más fiables en azul); El resultado es un mapa con las regiones que cumplen con todos los estándares y son mayores a 5 ha, resultando un total de 17 áreas aptas o mayores donde se puede instalar una planta de tratamiento y disposición final de residuos dentro del distrito de San Ignacio, departamento de Cajamarca.
- Pingus (2019), En su tesis " Localización potencial de un relleno sanitario mediante sistema de información geográfica dentro del distrito de Chachapoyas

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Amazonas 2017". El objetivo se convirtió en descubrir la más alta calidad o área de capacidad para un relleno sanitario empleando un gadget de datos geográficos SIG, integrado a las normas del área del sitio web junto con la topografía, geología, distancia a las carreteras, hidrología, flores, distancia a la población urbana y rural, distancia a un aeropuerto y la cantidad de almacenamiento, estas normas se han evaluado a través del software multicriterio y los pesos para cada criterio han sido un costo de cero para los lugares no finest y un precio de uno para los lugares de más alta calidad. Utilizando el SIG, se adquirieron 4 zonas de mayor calidad y capacidad en el área de observación, cada una con sus áreas correspondientes: Zona 01 = 60,43 ha, Zona 02 = 6,91 ha, Zona 03 = 3,1 ha y Zona 04 = 15,1 ha.

- Vidal et al., (2021), en su estudio “Sistemas de información geográfica y localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco”. Donde el objetivo fue análisis de localización óptima utilizando los procesos de Análisis Espacial Multicriterio (AEMC) así como el proceso de análisis jerárquico (AHP) aplicándolo en un Sistema de Información Geográfica (ArcGis). La tesis tuvo como finalidad identificar las áreas más adecuadas para la disposición final de la basura en la ciudad de Cerro de Pasco. Los resultados presentan 6 alternativas de ubicación óptima para el relleno sanitario, todas ellas comprendidas entre los 3 y 4.13 km de distancia de la ciudad de Pasco, bajo criterios físicos, ambientales, socioeconómicos y legales. Se concluye que la geomática SIG, el análisis espacial multicriterio y el análisis jerárquico son apropiados para la resolución de problemas de ubicación.

- Chusden (2022), En su tesis "Localización de zonas más adecuadas para un vertedero de basura, utilizando sistemas geográficos en el distrito de Santa Rosa, provincia de Jaén". El objetivo de los estudios fue conocer a través de Sistemas de Información Geográfica, las regiones de capacidad donde se puede montar un relleno sanitario dentro del distrito de Santa Rosa, luego con la ayuda de la geomática se

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

procedió a la identificación de regiones de capacidad donde se puede colocar el relleno sanitario, para lo cual se han generado criterios en cuanto a hidrología, uso del suelo, cercanía de zonas arqueológicas, área de caseríos, vecindad de establecimientos de salud e instituciones académicas, se analizó el tipo de suelo del territorio distrital, la cobertura florística con los estándares generados, se realizó una evaluación multi estándar, y se concluyó con una evaluación multicriterio del relleno sanitario, Finalmente, se generó un mapa de regiones diagnosticadas con mayor capacidad, resultando en siete zonas más deseables que cumplen con las necesidades del MINAM. Con el fin de elegir una zona adecuada, se realizó una verificación temática de las zonas seleccionadas por medio de la geomática, y se observó que el área 7 era la zona con las condiciones excelentes, ya que cumple con las directrices del MINAM y, además, cumple con las normas propuestas por el investigador.

1.2.3. Antecedentes Locales

- Mamani (2020), en su trabajo de tesis “Identificación de áreas potenciales y óptimas para la instalación del relleno sanitario aplicando geomática, en el distrito de Huayrapata, Provincia de Moho, Puno-2020”. El objetivo de esta investigación fue identificar áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario aplicando sistemas de información geográfica (SIG) en el distrito de Huayrapata, provincia de Moho, Puno, en la metodología se aplicó los criterios o factores (centros poblados, pendiente, ríos, fallas geológicas, lagos, red vial, cobertura vegetal y geología) . Además, se utilizó la evaluación multicriterio con valor de 0 y 1 para áreas no aptas y áreas aptas, respectivamente. En conclusión, se ubicaron cuatro áreas adecuadas con 766,247, 154 y 161 ha, para la ubicación del relleno sanitario dentro del distrito de Huayrapata, provincia de Moho, estado de Puno, utilizando sistemas de información geográfica (SIG) mediante una evaluación multicriterio.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

- Ito (2020), en su investigación “La identificación de las zonas más adecuadas para un relleno sanitario haciendo uso de geomática dentro del Distrito de Coata - Puno”. El objetivo de este estudio fue identificar las zonas más beneficiosas para la instalación de un relleno sanitario utilizando estructuras de datos geográficos (SIG), dentro de la municipalidad distrital de Coata en el departamento de Puno, con el software de la técnica propuesta con la ayuda del MINAM (2011) "Guía para el diseño de la estructuración, operación, disposición y planteamiento de un relleno sanitario", con las pautas A) pendiente, B) alejamiento a centro poblado, C) ríos, D) vías de la localidad. El distrito de Coata no cuenta en la actualidad con un relleno sanitario, sino con una descarga a cielo abierto y descubierta al entorno, lo que genera o causa problemas ambientales. Se realizó el software ArcGIS 10.5, con análisis multicriterio y valores de 0 y 1, para áreas fallidas y adecuadas respectivamente. Entre las conclusiones, se han reconocido tres áreas idóneas de 39,76, 93,09 y 491,71 ha para el área del vertedero, a través de la interrelación de variables y estándares.
- Mamani & Loaiza (2021), En sus trabajos de investigación "Análisis Multicriterio en geomática (SIG) para el área de un relleno sanitario en la provincia de San Román - Puno". Los estudios tuvieron como objetivo percibir las áreas más apropiadas para el área de un relleno sanitario dentro de la provincia de San Román a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG) haciendo uso del Análisis Multicriterio adaptado de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos autorizada a través del Decreto Legislativo Nº 1278 de acuerdo con sus lineamientos montados en el Decreto Supremo Nº 014-2017-MINAM a través del programa de software ArcGIS 10.Eight. Utilizando las siguientes variables de lo habitual: A) accesibilidad y tenencia de la tierra, B) normativa del lugar, C) conservación del pasado histórico arqueológico, D) vulnerabilidad del lugar natural, E) geomorfología, F) hidrológica, G) hidrogeológica y ocho) geología. Como resultado final después de cubrir todas las capas cartográficamente adecuadas en la

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

provincia, 15 regiones de 1, 01, 1,02, 1,31, 1,59, 1,97, 2,18, 2,42, 2,68, 3,60, 3,81, 3,93, 5,33, 5,70, 10,90, 15. 13 km² con capacidad para el área más ventajosa de un relleno sanitario, concluyendo que el análisis multicriterio a través de la geomática SIG puede ser extraordinariamente útil para la identificación de áreas con capacidad para la ubicación de un relleno sanitario en la provincia de San Román, Puno.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

Aplicar el software QGIS para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri - Puno 2023.

1.3.2. Objetivos Específicos

O1. Localizar el terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri.

O2. Elaborar estudios técnicos que presten las condiciones socio ambientales favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, considerando los criterios de la tabla de puntajes máximos por parámetros de evaluación propuesta por el MINAM (2011).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Teledetección

La teledetección es el método de adquisición de información de la superficie terrestre a partir de sensores instalados en plataformas aéreas. La interacción electromagnética entre el terreno y el sensor genera una serie de información que puede procesarse posteriormente para obtener registros interpretables aproximados de la Tierra (Flores et al., 2020).

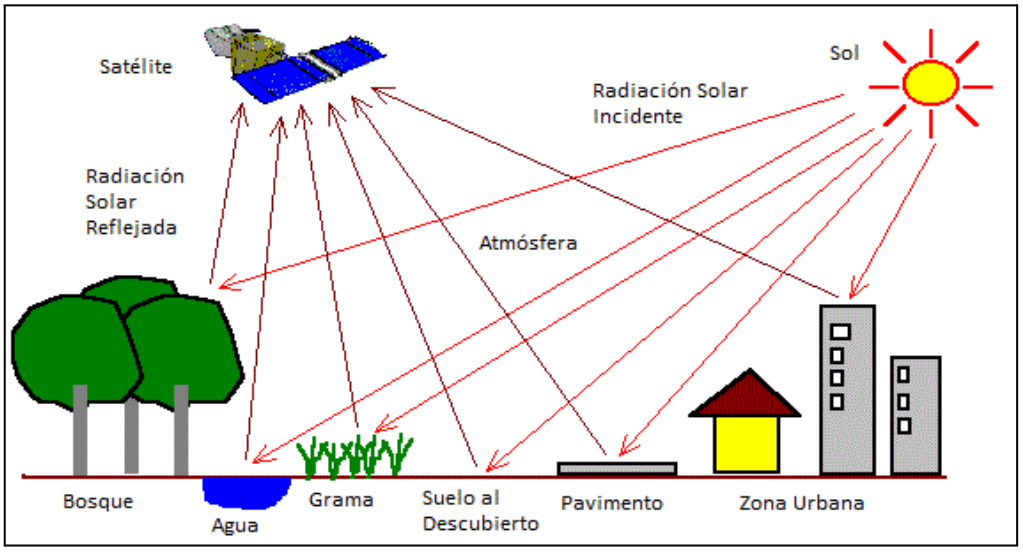


Figura 01: Teledetección.

Fuente: (Gonzalez, 2019).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

La teledetección es el conocimiento tecnológico y el arte de obtener datos estadísticos sobre la superficie terrestre sin contacto físico. Esto se logra con la ayuda de la detección y registro de la energía emitida o contemplada y el procesamiento, análisis y uso de esas estadísticas. En el taller, la teledetección consiste en generar datos a través de aparatos únicos de un objeto o una zona definida (Gonzalez, 2019).

2.1.1.1. Sistema de información geográfica (SIG)

Es un dispositivo de datos diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas. En otras palabras, un SIG es una herramienta para operar con registros georreferenciados, la información georreferenciada es aquella que va acompañada mediante una función geográfica (Buzai & Montes, 2021).

a. Análisis multicriterio

Constituye una herramienta guía dentro de la forma de selección, especialmente en la elaboración de planes, ya que permite combinar diferentes criterios de acuerdo con la opinión de los miembros, en un único marco de análisis (Limachi et al., 2021).

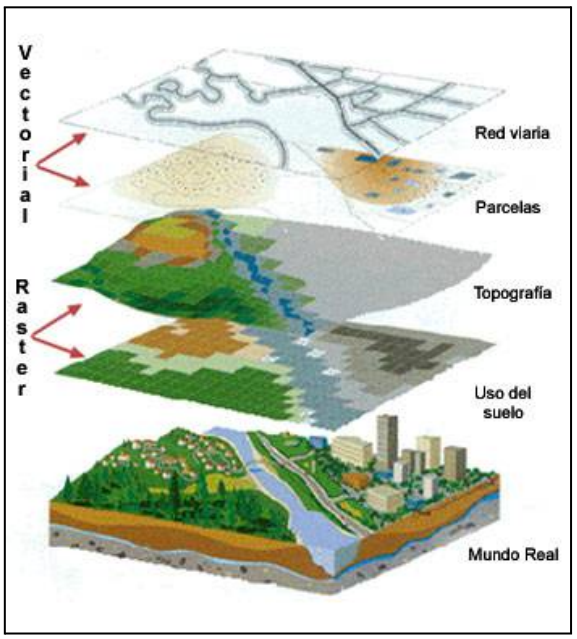


Figura 02: Modelo de análisis Multicriterio.
Fuente: (Salviatto, et al., 2021).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

- Vector se trata de Sistemas de Información Geográfica que utilizan vectores para la descripción de elementos geográficos. Los formatos de archivo y el equipamiento que incluyen son muy parecidos a los de los programas CAD (Chamba & Tonato, 2021).

- Raster está compuesto por una matriz de píxeles (denominados adicionalmente celdas), cada uno con un coste que representa las condiciones de la región incluida mediante celdas (Chamba & Tonato, 2021).

2.1.1.2. Programación

La programación es el procedimiento que se completa para desarrollar algún tipo de web o programa de software, para representar un concepto o un proyecto que requiere el uso de un lenguaje de ordenador portátil para ser completado (Cabrera et al., 2020).

La programación es el sistema mediante el cual se codifica; en otras palabras, es decirle al ordenador lo que tiene que hacer**.**

2.1.2. Relleno Sanitario

Un relleno sanitario es un área para la última eliminación de residuos fuertes en el suelo, que se establece con el motivo de mitigar el impacto ambiental, que no daña el entorno durante su funcionamiento o después de su cierre (Gatica & Mozombite, 2021).

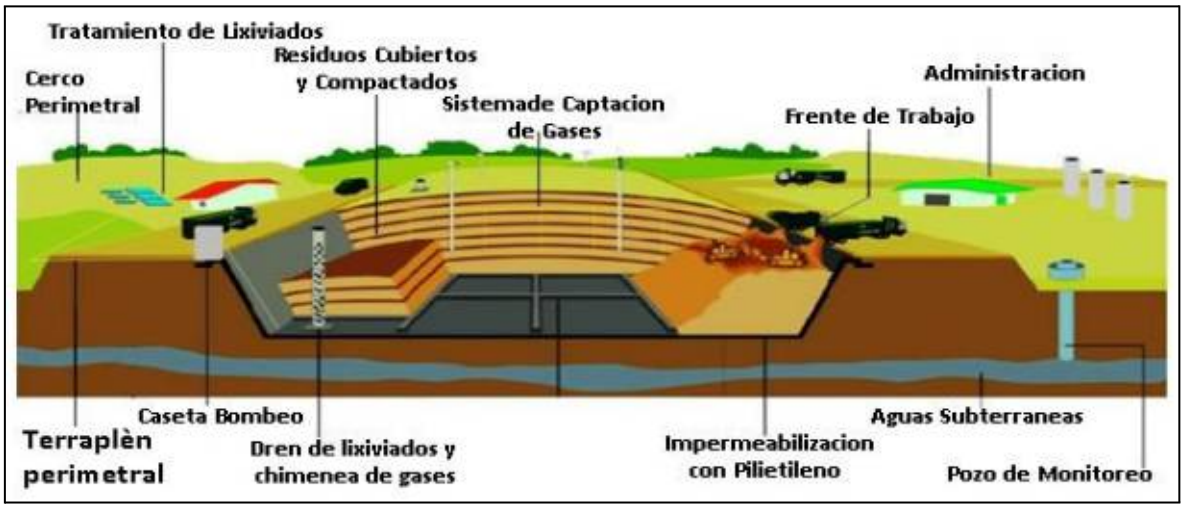


Figura 03: Relleno sanitario y sus componentes.
Fuente: (Disposición final segura de residuos sólidos municipales, MINAM, 2013).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Su motivo es mitigar los problemas que pueden causar los gases producidos con la ayuda de la descomposición de los residuos sólidos. Producidos a causa de la descomposición de la materia orgánica (Graziani, 2018).

Un relleno sanitario es un área en la que se depositan los residuos de una ciudad tras haber obtenido tratamientos positivos. Para evitar la infección del subsuelo, el terreno se impermeabiliza con polietileno de densidad excesiva u otra sustancia y se coloca arcilla (Torres, 2021).

2.1.2.1. Clasificación de rellenos sanitarios

a. Relleno Sanitario Manual

Se trata de una versión del concepto de vertedero para las pequeñas poblaciones que, por la cantidad y forma de los residuos que producen -menos de 15 t/día-, al igual que por su situación económica, no pueden adquirir aparatos pesados por sus elevados gastos de funcionamiento y conservación (Jiménez, 2019).

El término relleno sanitario manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ejecutarse con la ayuda de una cuadrilla de humanos y el uso de unas pocas herramientas.

b. Relleno sanitario semi mecanizado

La capacidad máxima de operación diaria no supera las 50 toneladas de desechos y las labores de esparcimiento, compactación y cobertura se realizan con el apoyo de equipo mecánico (Buzai & Montes, 2021).

Tienen menor capacidad y combinan el trabajo manual con maquinaria pesada. Vertederos manuales: son más pequeños, primitivos y no utilizan maquinaria.

c. Relleno sanitario mecanizado

La operación se realiza únicamente con equipos mecánicos como el tractor sobre oruga, cargador frontal y su capacidad de utilización diaria es mayor a las 50 toneladas (Ramos et al., 2020).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

La minimización, el reciclaje, la recogida, el almacenamiento, el tratamiento, el transporte y la eliminación son componentes de la gestión de residuos peligrosos (Gatica & Paredes, 2021).

2.1.2.2. Métodos de Rellenos Sanitarios

El relleno sanitario es una técnica concebida para la eliminación final de la basura. Esta técnica consiste en depositar residuos estables en el suelo, que se desmenuzan y compactan, reduciéndose a la menor cantidad viable para que ocupen una superficie reducida (Eustaquio, 2017).

➢ **El método de área**

Es satisfactoriamente aplicable para zonas planas o de suave pendiente en las que puede haber unas cuantas depresiones de tierra (Torres, 2021).

Los residuos se despliegan compactados después de lo cual se incluyen con material de cubierta que puede ser transportado desde las regiones cercanas a la regiones circundantes (Poveda, 2018).

➢ **El método de zanja**

Incluye una zanja excavada en la que se extienden, compactan y protegen los residuos resistentes, compactado y cubierto con residuos estables, esta técnica es de alta calidad aplicable para el suelo casi nivelado donde el nivel freático no está cerca de la superficie (Delgado, 2022).

La técnica por lo general, la tierra excavada de la zanja se utiliza como material de cobertura.

➢ **El método de pendiente o rampa**

A veces se utiliza en combinación con las dos técnicas alternativas. Los residuos se extienden sobre un talud existente, se compactan y se protegen (Espinosa & Barrientos, 2015).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

También en este método de pendientes o de rampas los materiales de cobertura suelen venir de frente a la cara de trabajo.

2.1.2.3. Componentes básicos de un relleno sanitario

- **Área de ingreso y control de residuos**

En este se encuentra la garita y la oficina principal ubicada a la entrada del predio, posee un estacionamiento para vehículos, además de la báscula de pesaje de los camiones recolectores (García, 2019).

El control de residuos son actividades destinadas a recoger, segregar, reutilizar y desechar los residuos.

- **Vías de circulación interna**

El vertedero dispone de caminos perimetrales y breves acondicionados para el desplazamiento de vehículos de recogida y vagones de vertido hasta las inmediaciones de descarga (García, 2019).

Son las actividades realizadas por el prestador público de saneamiento que incluyen la recogida y transporte de los residuos no aprovechables hasta la disposición final o estación de transferencia.

- **Playa de descargue**

Se refiere al espacio en donde el camión de basura ejecuta las maniobras para hacer la descarga de los desechos (García, 2019).

Acaban en los rellenos sanitarios y vertederos o, en el peor de los casos, en el exterior contaminando el aire, el suelo y el agua.

- **Sector de operación**

Está constituido por las celdas o trincheras de disposición, drenes de recolección e instalación de acumulación de lixiviados (García, 2019).

Es fundamental controlar los residuos desde el principio, desde el suministro. Por ejemplo: intentar reducir la gran variedad de cubos de plástico que utilizamos, evitar el

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

consumo de bolsas de plástico, no comprar ahora comida innecesariamente, depositar cada tipo de residuo en el contenedor adecuado.

- **Área de abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura**

Área destinada para la extracción de material para utilizarlo como cobertura del relleno sanitario o trinchera en el cual se depositará el material procedente de otras canteras (García, 2019).

Almacenamientos en vertederos o rellenos sanitarios, el vertido es un método de eliminación de residuos estables que consiste en depositar los residuos estables en el suelo de forma extendida y compactada.

- **Cerco perimetral**

El cerco perimetral indica los límites de la propiedad y controla el acceso de personas y animales. La altura debe ser la suficiente y con bases de concreto, de postes y alambre galvanizado (García, 2019).

Las vallas perimetrales tienen el único motivo de proteger y salvaguardar el interior de una propiedad, esté o no en fase de creación o en funcionamiento.

2.1.3. Selección del área óptimo para un relleno sanitario

Los impactos que pueda originar en el ambiente la selección de área de un relleno sanitario son imperceptibles, esto se debe a los criterios restrictivos de selección de lugar, entre estos son: la ubicación concorde a la expansión urbana, la presencia de aguas superficiales o pozos de almacenamiento de agua, suministro de un manto freático y la ausencia de vegetación. Para impedir la contaminación de aguas subterráneas y superficiales más cercanas se desean áreas donde la permeabilidad del suelo sea mínima (Alcívar et al., 2018)

Los criterios más destacados considerados en las Declaraciones de Impacto Ambiental, consultados son: la geomorfología, la hidrología superficial, la calidad del aire y las aguas

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

del subsuelo. Seguidamente, el orden de aparición es: los ruidos y vibraciones, la flora, el patrimonio cultural, el paisaje, la fauna y la gestión de residuos. El resto de factores necesitan de las determinadas características del emplazamiento y entorno circundante (Limachi et al., 2021)

2.1.4. Criterios para la ubicación óptima de relleno sanitario

Los aspectos y criterios técnicos más importantes para un estudio de selección de área según la Guía de diseño, construcción, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual (Ministerio del Ambiente, 2011), según el Reglamento de la Ley N° 1278 y tomando en cuenta la Guía de Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios, son los siguientes:

- **Ubicación del Relleno Sanitario**

La selección del área para la instalación de este tipo de infraestructuras es una decisión compleja en la que se consideran diferentes factores ambientales . Es recomendable que el área para el relleno sanitario esté próximo al centro urbano, a 1 km es la mínima distancia límite que debe haber entre los habitantes del centro poblado más próximo.

- **Material de Cobertura**

El relleno sanitario debe tener la capacidad de autogestionar el material de cobertura (tierra). Si el lugar no cuenta con material suficiente o no se pudiera excavar, se debe investigar bancos o canteras de material de cobertura en sitios próximos (MINAM, 2011).

- **Vida Útil**

La vida útil se determina calculando el volumen total disponible del terreno con los años designados para el valor del acumulado de la suma de los volúmenes de compactados más el material de cobertura hasta determinar un valor similar o ligeramente mayor (Mamani, 2020).

- **Vías de acceso**

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Estos caminos son de importancia puesto que facilitará la entrega de los desperdicios orgánicos al relleno sanitario, por lo que se debe prever en el proyecto (Sepúlveda, 2020). El estado actual de las vías de ingreso al relleno sanitario perjudica el costo total del proyecto, retardando los desplazamientos y malogrando vehículos.

- **Topografía del terreno**

De preferencia aquella en que se consiga un máximo volumen aprovechable por hectárea. **Pendiente**: La pendiente es un factor importante para evaluar la ubicación apropiada del relleno sanitario. Se aconseja terrenos con pendientes de 3% al 12%, los terrenos con pendientes mayores al 25% tienen dificultades en la operación del relleno sanitario (MINAM, 2011).

- **Condiciones climáticas**

La dirección del viento predominante, las condiciones meteorológicas de precipitación pluvial y temperatura serán condiciones o criterios importantes para la ubicación óptima de un relleno sanitario (Ministerio del Ambiente, 2011)

- **Textura del suelo**

Es un indicador de impermeabilidad; es preferible suelos finos (arcilla) para usarlo como material de cobertura; la textura tiene correlación con la reacción del suelo al contacto o fricción con los residuos sólidos urbanos no peligrosos (Torres, 2021).

- **Geología**

Es muy importante considerar que el sitio no presente la posibilidad de fallas geológicas o deslizamientos futuros, y en donde el suelo utilizado como base sea lo suficientemente firme para adecuar obras de tierra del calibre de la infraestructura (Rubilar, 2023).

- **Hidrogeología**

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Es importante realizar un estudio para identificar la posibilidad de existencia de acuíferos, la profundidad del nivel freático, la dirección y la velocidad del escurrimiento (Cerón et al., 2021)

- **Hidrología superficial**

Es de mucha relevancia que el área seleccionada esté lo más lejana posible de corrientes superficiales y masas receptoras de agua (Barrantes et al., 2021).

- **Vulnerabilidad del área a desastres**

Se deben evitar terrenos con fallas geológicas, lugares inestables, zonas con posibilidad de derrumbes ni propensos a ser inundadas (Flores et al., 2021).

- **Áreas naturales protegidas por el estado y patrimonio arqueológico**

La conservación del patrimonio arqueológico es un factor importante, el terreno no debe estar ubicado en un lugar perteneciente a una zona arqueológica, siendo este el caso es un criterio de restricción de ubicación, de igual forma con algún área natural protegida por el estado (MINAM, 2011).

- **Uso actual de suelo**

Es importante mencionar que el uso actual de terreno representa riesgos tangibles en lo que respecta a la salud de los habitantes del lugar, ya que es evidente la producción de macro y micro vectores en los desechos (Franco et al., 2021)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Ubicación óptima: El objetivo de la localización es analizar las ubicaciones únicas en las que es viable encontrar el proyecto, en busca de establecer una zona que ofrezca las máximas ventajas y los mejores costes, es decir, en la que se obtengan las máximas ganancias, si se trata de una empresa personal, o el mínimo valor unitario, si se trata de un proyecto (García & Julieth, 2019)

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Climas: Es el conjunto de situaciones ambientales de un lugar determinado, que se caracteriza por ser la media de los estados del tiempo, calculada mediante observaciones a lo largo de 10 a 30 años. El clima se refiere al estado de la atmósfera en un momento y región determinados, esta circunstancia es cambiante, por lo que el tiempo varía de una época a otra o de una zona a otra del planeta (Ulloa, 2017).

Técnica de viabilidad : Se refiere a la que toma en consideración las características tecnológicas y naturales relacionadas en un proyecto. Condición que permite el funcionamiento del proyecto, se evalúa para decidir si es milimétricamente factible llevarlo a cabo de forma satisfactoria y completa con la era disponible (Benavides & Pinilla, 2017).

Impacto Ambiental: Es el resultado final de una actividad humana que genera un impacto en el entorno que conlleva una alteración de la estabilidad ambiental. Algunas de las máximas influencias ambientales comunes son: Contaminación del aire. Contaminación del agua “mar, ríos, aguas subterráneas” (Pasqualino & Vanegas, 2015).

QGIS: Quantum GIS (o QGIS) es un programa de software de suministro abierto para sistemas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft Windows. Permite manejar formatos ráster y vectoriales como shp, además de bases de datos (Zaki et al., 2022).

Álgebra de Mapas: En el campo de los Sistemas de Información Geográfica reconocemos el álgebra de mapas como el conjunto de análisis o geoprocesos que pueden evolucionar sobre numerosas capas para adquirir estadísticas derivadas. Gracias a la exploración de los factores preliminares, podemos obtener nueva cartografía secundaria generada a partir del agregado de las capas iniciales (Escamilla & López, 2017).

MINAM: El ministerio del ambiente es el organismo encargado de la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la mejora de la gama orgánica y la alta calidad ambiental en beneficio de las personas y el medio ambiente de forma descentralizada y coordinada con las empresas públicas y personales y la sociedad civil.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Napa freática: Las capas freáticas son una acumulación de agua subterránea que se determina a poca profundidad bajo el nivel del suelo. También se conocen como acuíferos del suelo. De estos acuíferos se alimenta la humanidad con agua cristalina a través de pozos y manantiales. Para graduar la mesa de agua, se utiliza una cinta métrica con base plana graduada en cm y una linterna (Herrera & Panta, 2018).

2.3. MARCO NORMATIVO

Decreto Legislativo 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos; aceptado el 21 de diciembre de 2017.

Presenta lineamientos y establece pautas a considerar para la implementación y operación de infraestructuras de disposición final de residuos penúltimos.

Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos; admitido según Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

Establece las normas mínimas para la selección del sitio web, habilitación, producción, operación y cierre de las infraestructuras de disposición final.

Ley General del Ambiente - Ley N° 28611.

Diferencia las responsabilidades relativas a la gestión de residuos estables domiciliarios y empresariales (municipales), y otros tipos de residuos (no municipales), cuyos ingenios serán responsables de su correcta disposición final, bajo las condiciones de manejo y supervisión establecidas dentro de la normativa vigente.

2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.3.1. Hipótesis General

La aplicación del software QGIS es potencialmente significativa para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri - Puno 2023.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

2.3.2. Hipótesis Específicas

He1. La localización del terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri está relacionado significativamente con la Gestión de Residuos Sólidos.

He2. Los estudios técnicos cumplen las condiciones socio ambientales favorables de las áreas óptimas seleccionadas para el relleno sanitario, de acuerdo al MINAM (2011).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

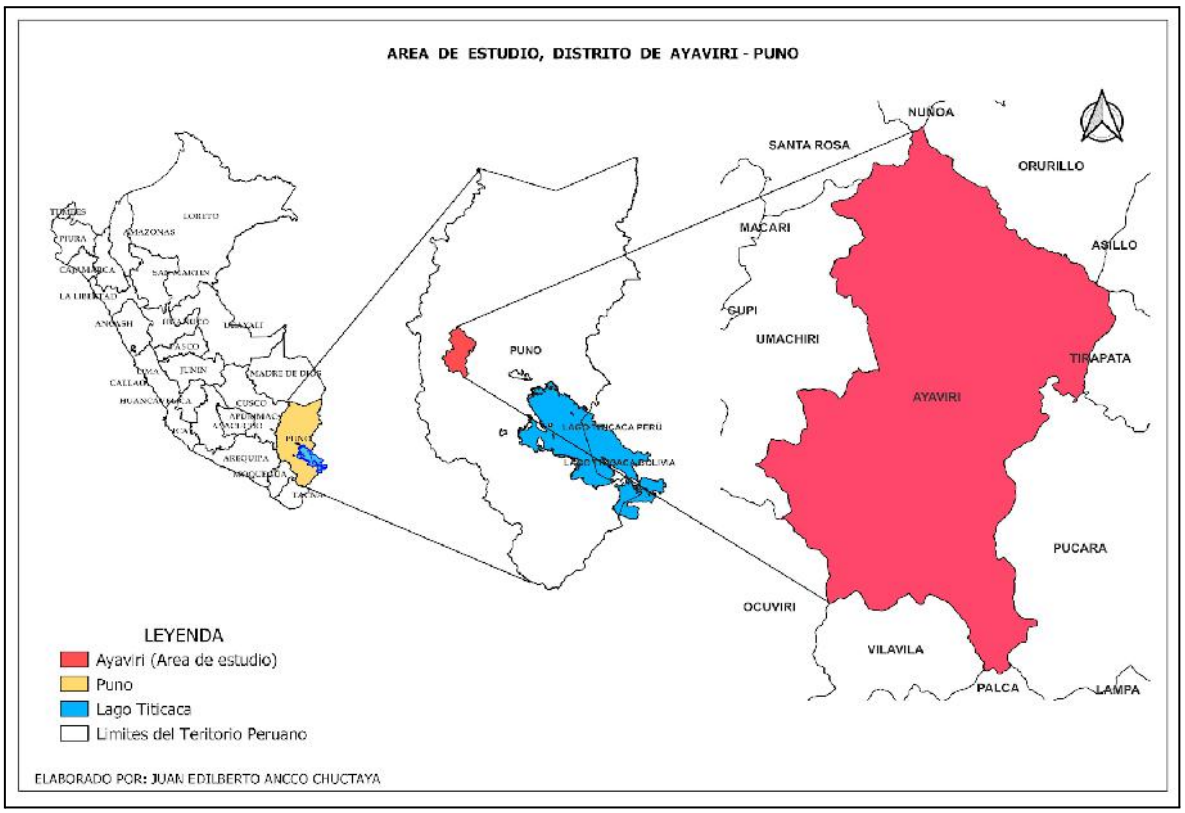


Figura 04: Mapa de ubicación del área de estudio, distrito de Ayaviri.

La investigación se llevó a cabo en el Distrito de Ayaviri, uno de los nueve distritos de la provincia de Melgar en la región de Puno, y también se le conoce como la capital ganadera del Perú. Cuenta con una superficie de 1,013 km² , con coordenadas UTM: Este 327010.44 m E, 8352898.97 m S, y a una elevación de 3944 m.s.n.m., y una

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

población de 25.484 habitantes, según el último censo peruano (INEI, 2017) , alcanzando una densidad poblacional de 22,4 hab/km², la actividad principal de su población es la ganadería.

Tabla 01: Límites demográficos del distrito de Ayaviri.

	Por el norte: Con el distrito de Orurillo.	
Por el oeste: Con el distrito de Umachiri		**Por el este:** Con el distrito de Pucará y Tirapata
	Por el sur: Con el distrito de Vilavila y Ocuviri.	

Fuente: (Google Earth Pro).

3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

3.2.1 Población

Se considera como población a todo el área geográfica del distrito de Ayaviri, que cuenta con 1,013 km² de superficie; ya que las alternativas de selección de área del relleno sanitario deben estar ubicadas dentro de la jurisdicción del distrito de Ayaviri.

3.2.2 Muestra

Muestreo no probabilístico

Es la técnica de muestreo en la que el investigador solamente se enfocó en la ubicación óptima de un relleno sanitario. No siempre se reconoce la posibilidad con la que se puede decidir sobre las áreas óptimas para el establecimiento de un relleno sanitario (González et al., 2022).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Muestreo discrecional

El muestreo discrecional es conocido como muestreo intencional. En este tipo de muestra, las áreas óptimas son elegidos para formar parte de la muestra con un objetivo específico. Con el muestreo discrecional, el investigador cree que algunas áreas óptimas son más adecuadas para el establecimiento de un relleno sanitario que otros. Por esta razón, aquellos son elegidos deliberadamente de acuerdo a la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario, manual del Ministerio del Ambiente, 2011.

Se consideró como muestras a las alternativas de área para el relleno sanitario, seleccionadas de acuerdo a la metodología establecida por Correa & Carvalho (2022), "Método de mapas sobrepuestos"; llamado también "álgebra de mapas"; este método permitió determinar terrenos altamente apropiados (AA), medianamente apropiados (MA), poco apropiados (PA) y no apropiados (NA). Consiste en elaborar ráster y mapas; con ayuda del software QGIS (v3.22.0); de cada una de las características conocidas del área de estudio, sobreponerlas, y obtener un mapa con un grupo final de posibles lugares clasificados como AA, MA, PA y NA, dependiendo de la cantidad de ellos se toman en cuenta los AA, y ese grupo será seleccionado como la muestra de trabajo.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. Tipo de investigación

Descriptivo:

El tipo de investigación es descriptivo, de enfoque cualitativo y cuantitativo no experimental; el método científico de observación se utilizó para recopilar datos basados en evidencias reales del medio. Cuantitativo porque se obtuvieron datos estadísticos, y cualitativo porque se analizaron las características físicas de la zona de estudio para

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

determinar su utilidad; no experimental, porque no se experimentó ningún fenómeno (García & Azarola, 2022).

3.3.2. Diseño de Investigación.

No Experimental:

El diseño no experimental es cuando no existe manejo de las variables por parte del investigador (Delgado, 2022).

3.3.3. Materiales

Equipos

- Laptop Gamer Rog Zephyrus (Ryzen 9 - 32gb - Ram 2tb Ssd 16gb Video 15.6)
- Navegador GPS
- Cámara fotográfica
- Badila
- Pala,
- Flexómetro.
- Balde con agua (10 litros)

-Tubo de PVC de 70 cm.

Programas

- QGIS (v3.22.0).

3.3.4. Métodos

- Método Inductivo:

Se refiere a la habilidad de razón basándose en la inducción, por ello se parte de indicios específicos para crear conclusiones específicas. El método deductivo se define de dos maneras: la primera es diciendo que es el razonamiento que va de lo general a lo

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

particular; la segunda es diciendo que es la diligencia de una regla para generar un resultado (Muñoz, 2022).

- Método Deductivo:

Es un método cognitivo que va de lo general a lo único. Parte de una o varias premisas para alcanzar un fin. Se utiliza ampliamente en las estrategias cotidianas, así como en la investigación científica (Muñoz, 2022).

- Método de Observación:

Es la labor de mirar detenidamente un objeto para asimilar a detalle la naturaleza del todo, su conjunto de datos, hechos y fenómenos entre las mismas (Carrizo, 2022).

La metodología consistió en la aplicación de los sistemas de información geográfica y la evaluación multicriterio como instrumento de apoyo en la toma de decisiones para identificar el área apta para la instalación de un Relleno Sanitario en el distrito de Ayaviri, provincia de Melgar, Puno. Teniendo en cuenta el procedimiento reconocido en la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”, publicado por el Ministerio del Ambiente - Perú, (2011).

3.3.5 Técnicas

- Técnica de Evaluación Multi Criterio (EMC): La evaluación multi criterio es entendida como un grupo de técnicas dirigidas a ayudar en los procesos de toma de decisiones. El objetivo de la técnica de EMC es “indagar una cantidad de alternativas tomando en cuenta múltiples criterios y objetivos en disputa”.

- Técnica de Investigación de Campo: Corresponde a la observación directa con el objeto de estudio, y recopilación de datos/información para confrontar la parte teórica con la práctica.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

- Técnica de Investigación Documental: Son los procedimientos que permiten recopilar información para enunciar las teorías que respaldan el estudio, con instrumentos definidos y fuente verídica.

3.3.6. Metodología para los objetivos específicos

Metodología para el objetivo específico 1: Localizar el terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri.

- Primera Fase: Se recopiló la información necesaria en formato Raster (rar/tif) y shapefile (shp).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 02: Insumos de imágenes satelitales en formato Raster (rar/tif)

Item	Insumo	Descripción	Fuente
01	Imagen Satelital (Sentinel-2B)	La imagen satelital obtenida de Google Earth Engine cuenta con una resolución de 10 a 15 metros, y con 13 bandas espectrales las cuales ya se encuentran corregidas atmosféricamente o (TOA).	Google Earth Engine con JavaScript.
02	Modelo digital de elevación (DEM)	El modelo digital del terreno obtenido a partir de ALOS PALSAR cuenta con una resolución de 12.5 metros.	Alaska Satellite Facility (NASA)

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 03: Insumos cartográficos en formato shapefile (shp).

Item	Insumos	Descripción	Fuente
01	Limite Internacional	Son líneas o polígonos convencionales que definen un área de soberanía entre continentes y países del mundo.	Países - GISCO - Eurostat
02	Límite Nacional, Regional, Provincial y Distrital	Son líneas o polígonos convencionales que definen áreas del territorios en el Perú.	GADM maps and data
03	Centros Poblados	Son puntos convencionales que definen áreas de territorios poblados.	Sistema de información para la gestión del riesgo de desastres (SIGRID)
04	Red Vial	Son líneas convencionales que definen áreas de carreteras nacionales y provinciales en todo el territorio Peruano.	Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC)
05	Red Hidrográfica	Son líneas que definen áreas de quebradas, ríos y lagunas en todo el territorio del distrito de Ayaviri.	Propia del Autor
06	Cobertura Vegetal	Son polígonos o áreas que definen: - Pastizal Arbolado - Pastizal - Bofedal - Arbustal - Pajonal andino - Suelo desnudo	Propia del Autor
07	Fallas geológicas	Son líneas que definen áreas de fallas geológicas en todo el territorio del	Carta nacional de metadatos del Peru

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

		distrito de Ayaviri.	(INGEMMET)
08	Pendiente	Son polígonos o áreas que definen: - Nula o casi a nive - Ligeramente inclinada - Moderadamente empinada - Empinada - Muy empinada - Extremadamente empinada	Propia del Autor
09	Instituciones Educativas y Centros de Salud.	Son puntos que definen áreas de instituciones educativas y centros de salud en todo el territorio del distrito de Ayaviri.	Sistema de información para la gestión del riesgo de desastres (SIGRID)
10	Uso actual del Suelos	Son polígonos o áreas que definen: - Cultivo en Limpio - Lagunas, lagos y cochas - Cultivo secano - Área urbana - Pastos naturales - Eriazo	Propia del Autor
11	Geología	Son polígonos o áreas que definen las geologías	Carta nacional de metadatos del Peru (INGEMMET)
12	Granjas y crianza de animales	Son puntos que definen áreas de granjas y crianzas de animales en todo el territorio del distrito de Ayaviri.	Propia del Autor

Fuente: (Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, Ministerio del Ambiente, 2011).

Segunda Fase: Se determinó la ubicación más aceptable para el relleno sanitario, a

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

través del análisis de las características físicas del área de estudio, mediante la técnica de “Álgebra de Mapas”, la cual permite identificar las alternativas de localización, utilizando mapas de: Centros Poblados tipo ráster, red vial tipo ráster, lagos tipo ráster, lagunas tipo ráster, ríos y quebradas tipo ráster, uso de suelo, centros poblados tipo ráster y vías de acceso; se sobreponen generando así un nuevo mapa, el cual sirve para identificar las alternativas óptimas para la ubicación del relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Tabla 04: Criterios para la ubicación de un relleno de seguridad.

Item	Criterios	Rango	Ponderación	Descripción
C_1	Centros Poblados	> 1000 m	0	No apto
			1	apto
C_2	Red Vial	< 500 m	0	No apto
			1	apto
C_3	Red Hidrográfica	> 1000 m	0	No apto
			1	apto
C_4	Cobertura Vegetal	SI | NO	0	No apto
			1	apto
C_5	Fallas Geológicas	> 500 m	0	No apto
			1	apto
C_6	Pendiente	< 7 %	0	No apto
			1	apto
C_7	Instituciones Educativas y Centros de Salud.	> 1000 m	0	No apto
			1	apto
C_8	Uso actual del Suelos	SI | NO	0	No apto
			1	apto
C_9	Geología	SI | NO	0	No apto
			1	apto
C_10	Granjas y crianza de animales	> 1000 m	0	No apto
			1	apto

Fuente: (Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, Ministerio del Ambiente, 2011).

- Tercera Fase: Realizar el álgebra de mapas con una multiplicación.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

$$AO = C_1 * C_2 * C_3 * C_4 * C_5 * C_6 * C_7 * C_8 * C_9 * C_10$$

Donde:

AO = Área Óptima

C_0 = Criterios

Luego se estableció un orden de elegibilidad para las alternativas de ubicación óptima del relleno sanitario, por lo que se realizó una evaluación previa asignándoles la etiqueta de: [0] = NA (No Apropiado), [1] = AA (Altamente Apropiado).

No apropiado (NA)		Tono amarillo al 50%
Altamente apropiado (AA)		Tono oscuro al 99%

Se utilizó una calificación máxima porcentual en cada criterio de selección para las alternativas de ubicación como se observa en la Tabla 06, para elegir las mejores ubicaciones y tener posibles opciones de reemplazamiento, esta tabla fue modificada de acuerdo a los criterios iniciales más importantes según el evaluador.

Metodología para el objetivo específico 2: Elaborar estudios técnicos que presten las condiciones socio ambientales favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, considerando los criterios de la tabla de puntajes máximos por parámetros de evaluación propuesta por el MINAM (2011).

Una vez seleccionada la alternativa óptima y más adecuada para la localización del relleno sanitario, se procedió a realizar diversos estudios técnicos de acuerdo a los criterios establecidos en el reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Anexo 00) y la guía metodológica del MINAM (2011), de esta manera cumplir con el segundo objetivo específico.

- Cálculo de residuos a disponer

El cálculo se realizó para determinar el área requerida para las celdas donde se

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

depositaran los residuos sólidos municipales; para lo cual, se recopiló la información y datos necesaria del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (ECRSM) del distrito de Ayaviri, para informaciones como: población actual, la producción per cápita municipal, densidad y volumen total generado; con la finalidad de realizar una proyección de 10 años de vida útil del relleno sanitario, de esta manera calcular el área para el relleno sanitario.

a. Crecimiento poblacional: Para obtener la proyección poblacional de 8 años se utilizó la siguiente fórmula propuesta por (MINAM, 2011).

$$Pf = Po * (1 + r)^{n}$$

Dónde:

Pf = Población futura (2030).

Po = Población actual (2022).

r = Tasa de crecimiento intercensal (0.048%)

n = $(t_{final} - t_{inicial})$, intervalo en años (8 años).

b. Generación per cápita de residuos; la estimación de la Gpc se puede estimar, realizando algunas mediciones de la cantidad de residuos sólidos que recolecta la municipalidad distrital de Ayaviri, y dividiendo dicha cantidad entre el número de habitantes (MINAM, 2011).

$$Gpc\ (kg/hab/día) = \frac{CRR\ (kg)}{Pob\ (Hab)}$$

Donde:

Gpc = Generación per cápita (kg/hab/día).

CRR = Cantidad de residuos recolectados (kg)

Pob = Población (Nº Hab).

c. Peso total a diario; El peso total diario en el distrito fue calculado multiplicando la

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

población por la generación per cápita.

$$Ptd(\ kg/d\acute{\imath}a) \ = \ Gpc\ (kg/hab/día) \ * \ Pob\ (Nº\ Hab)$$

Donde:

Ptd = Peso total a diario.

Gpc = Generación per cápita (Kg/hab/día).

Pob = Población (Nº Hab)

d. Peso total anual: Fue calculado en toneladas por año, convirtiendo kg en Tn, y multiplicando el valor por 365 días.

$$Pta(\frac{Tn}{\text{año}}) \ = \ Ptd(\frac{kg}{dia}) \ * \ \frac{1\ Tn}{1000\ kg} \ * \ \frac{365\ dia}{1\ \text{año}}$$

Donde:

Pta = Peso total anual.

Tn = Toneladas

Ptd = Peso total a diario.

- Cálculo de la capacidad útil del relleno

Porcentaje desechable del peso total anual: Se determinó la cantidad de desechos sólidos para un 40% (% desechable peso total anual) que será depositado en el relleno sanitario, el otro 60% se tratará por medio de segregación y el compostaje.

a. Volumen anual compactado: Se obtuvo dividiendo el porcentaje desechable del peso total anual en kg/año entre la densidad de los residuos sólidos compactados (0 Kg/m^3).

$$Vac(m^3/\text{año}) \ = \ \%\ desechable\ Pta\ (kg/\text{año})\ /\ 0\ (kg/m^3)$$

Donde:

Vac = Volumen anual compactado

Pta = Peso total anual

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

b. Volumen material de cobertura: Se obtuvo multiplicando el volumen anual compacto por un 15 %.

$$Vmc(m^3/año) = Vac(m^3/año) * 15\%$$

Donde:

Vmc = Volumen material de cobertura.

Vac = Volumen anual compactado.

c. Volumen del relleno sanitario anual: Se obtuvo sumando los valores de volumen de material de cobertura y el volumen anual compactados.

$$Vrs(m^3/año) = Vmc(m^3/año) + Vac(m^3/año)$$

Donde:

Vrs = Volumen del relleno sanitario.

Vmc = Volumen material de cobertura.

Vac = Volumen anual compactado.

d. Área del relleno sanitario: Se obtuvo dividiendo el volumen del relleno sanitario anual entre la profundidad del relleno sanitario (8 m o parámetro prudente según estudio del nivel de la napa freática en el distrito de Ayaviri).

$$Ars\ (m^2/año) = Vrs(m^3/año)\ /8m$$

Donde:

Ars = Área del relleno sanitario.

Vrs = Volumen del relleno sanitario.

- Estudio de suelos

El estudio se realizó “In situ” para determinar el tipo de suelo, el coeficiente de

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

permeabilidad y la clase de permeabilidad. También, se determinó la disponibilidad de arcilla para usarla como impermeabilizante.

a. Permeabilidad del suelo "In situ": Este estudio permitió determinar la mayor o menor capacidad con que la infiltración del agua ocurre a través del suelo. El coeficiente de permeabilidad "k" es una variable de mayor o menor impedimento con que el suelo tolera la percolación del agua por sus poros.

b. Procedimiento "In situ": Para el ensayo de campo se ubicó la zona óptima desarrollada en el "objetivo específico 1", lo cual se puso un punto como muestra representativa del área preseleccionada, para este estudio se siguieron los siguientes pasos:

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 05: Pasos para el muestreo de la permeabilidad in situ.

Paso N° 01	Se ubicó el punto geográfico seleccionado como muestra representativa con ayuda de un GPS.
Paso N° 02	Una vez ubicado el punto, se realizó la limpieza del terreno para medir un área de 50 x 50 cm y excavar un aproximado de 10 cm de profundidad.
Paso N° 03	En el centro de dicha área se excavó un hoyo de 70 cm de profundidad con ayuda de la barreta.
Paso N° 04	Se colocó el tubo de PVC en dicho hoyo y se relleno con el suelo a su alrededor hasta que quede compactado.
Paso N° 05	Se llenó el tubo con agua hasta el borde y se dejó transcurrir 1 hora.
Paso N° 06	Se vuelve a llenar el tubo al ras y se esperó 10 minutos para tomar la medición de la altura, se repitió el mismo procedimiento hasta tener tres mediciones parecidas.

Para el cálculo del coeficiente de permeabilidad del suelo, la FAO propone la siguiente ecuación:

$$K = (\frac{D}{2}) * ln(\frac{h1}{h2}) / 2(t_2 - t_1)$$

Donde:

k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s o m/s).

$\frac{D}{2}$ = El radio del tubo o la mitad de su diámetro (cm o m).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

$\frac{h1}{h2}$ = Profundidad consecutiva del agua, h1 al inicio y h2 al final del intervalo de tiempo (cm o m).

$t_2 - t_1$ = Intervalo de tiempo entre dos mediciones consecutivas (s).

Coeficiente de permeabilidad k (cm/s) (Escala logarítmica)

<table>
<tr><td>K (cm/s)</td><td>10^2</td><td>10^1</td><td>10</td><td>10^{-1}</td><td>10^{-2}</td><td>10^{-3}</td><td>10^{-4}</td><td>10^{-5}</td><td>10^{-6}</td><td>10^{-7}</td><td>10^{-8}</td><td>10^{-9}</td></tr>
<tr><td>Drenaje</td><td colspan="6">Bueno</td><td colspan="2">Malo</td><td colspan="4">Prácticamente impermeable</td></tr>
<tr><td>Relleno sanitario</td><td colspan="8">Pesimo</td><td colspan="4">Bueno</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de suelo</td><td rowspan="2">Grava gruesa (Cascajo)</td><td rowspan="2" colspan="2">Arana limpia, arena mezclada con grava</td><td colspan="4">Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y arcilla</td><td rowspan="2" colspan="4">Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación y la intemperización</td></tr>
<tr><td colspan="4">Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización</td></tr>
</table>

Figura 05: Escala para el coeficiente de permeabilidad.

El coeficiente de permeabilidad “k” del suelo será determinado en el campo, si se desea determinar con certeza si ahí se puede establecer o no un relleno sanitario.

- Estudio meteorológico

Los datos de precipitación pluvial, temperatura, dirección y velocidad del viento se recopilaron de las estaciones más cercanas al lugar de estudio, proporcionadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Los datos de precipitación pluvial y de temperatura se procesaron en tablas y figuras que ayuden a comprender los registros. La dirección y velocidad del viento se procesó con ayuda del software Wrplot View, obteniendo una rosa de vientos.

- Estudio de aprobación social

Para el estudio de aprobación social se utilizó la técnica de la encuesta, aplicada a los pobladores cercanos a la alternativa de área seleccionada para la ubicación del relleno

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

sanitario, donde se realizará la encuesta a 6 personas.

- Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación

Una futura planta de tratamiento se puede definir con una escala múltiple de calificación: que puede definir la evaluación de la calidad del resultado respecto al parámetro como positivo (+) cuando cumple o sobrepasa valores límite o de referencia, negativo (-) cuando ocurre lo contrario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 06: Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación.

Ítem	Parámetro	Valores límite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1.1	distancia de la población más cercana (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	
1.2	distancia de granjas y crianza de animales (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	
1.3	Distancia de aeropuertos o pista de aterrizaje (m)	> 3.0 (1) < 3.0 (-1)	1	2	2	
	distancias de fuentes	> 300 m quebrada seca una parte del año (2), >300 m de rio principal (1) , < 300 m de rio principal (-2) <de 300 m de quebrada seca				

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

1.4	de aguas superficiales (m)	una parte del año (-1)	2	2	4
1.5	Distancia con respecto a la Ciudad de Ayaviri (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	2	2	4
1.6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)	2	2	4
1.7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo secano (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)	6	5	30
1.8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	5	5

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

	Urbano				
1.9	Propiedad del terreno	saneado (1) no saneado (-1)	1	10	10
1.10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 5 años (2) < 5 años (-2)	2	5	10
1.11	Topografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	4	2	8
1.12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	2	2	4
	Posibilidad	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin			

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

1.13	del material de cobertura	material de cobertura (-2)	2	5	10
1.14	Profundidad de la napa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), Profundidad > 10 m (1)	1	5	5
1.15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)	1	5	5
1.16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	5	5
1.17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	1	5	5
1.18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), Dentro del área natural (-1)	1	5	5
		Inexistencia de restos			

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

1.19	Área con restos arqueológicos	(1) Existencia de restos (-1)	1	5	5
1.20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	3	5	15
2.1	Opinión	Desfavorable (-1) poco Favorable(1) Regular (2) Altamente favorable (3)	3	12	36
2.2	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	3	18	54
2.3	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	16	16
2.4	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	16	16
2.5	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	2	12	24

Fuente: (Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

sanitario manual, Ministerio del Ambiente, 2011).

Puntaje máximo del Sistema de evaluación: Equivale a la suma resultante de los puntajes máximos por cada parámetro, el máximo puntaje es de 292 puntos.

Escala de calificación: Se dispone una escala o rango de puntajes que proporcione la calificación del puntaje máximo evaluado, se muestra en la tabla siguiente: Tabla 03: Escala de calificación para el puntaje ponderado total.

Tabla 07: Escala de calificación para el puntaje ponderado total.

Puntaje Ponderado Total	Calificación
0 - 146	MALO ó Terreno No aceptable o de opción Marginal.
147 -195	REGULAR o terreno moderadamente aceptable
196 -245	BUENO ó Terreno aceptable.
246 - 292	MUY BUENO ó Terreno aceptable de Primera Opción

Fuente: (Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, Ministerio del Ambiente, 2011).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Causa o variable independiente (VI): Relleno sanitario.

Efecto o variable dependiente (VD): Ubicación óptima

Tabla 08: Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Escala de Medición	Tipo de variable
Relleno sanitario	Alternativa óptima de ubicación	No apropiado (NA) Altamente apropiado (AA)	Independiente
Ubicación óptima	Puntaje máximo ponderado	0 – 292 (Malo, Regular, Bueno y Muy bueno)	Dependiente

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se aplicó la estadística descriptiva con ayuda del software R-Studio, (v2.8.7) y la hoja de cálculo de Microsoft Excel, mediante la elaboración y presentación de tablas y figuras, el cálculo de parámetros de tendencia central como la media o promedio y desviación estándar, para datos de precipitación pluvial, y temperatura.

Desviación Estándar

Sirve para cuantificar el grado de dispersión de los registros. La medida más utilizada es la desviación estándar (Salviato et al., 2021), aplicado a los datos de precipitación pluvial y temperatura.

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Donde:

S : Desviación estándar

Xi : Observación i de la variable X

X : Media de las variables

n : Número de observaciones

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

CAPÍTULO IV

EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. EXPOSICION Y ANALISIS DEL RELLENO SANITARIO

4.1.1. Resultados para el objetivo específico O1: Localizar el terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri.

Se utilizó la técnica de evaluación multi criterio o proximidad, que determinó la ubicación del área más óptima. Se consideraron insumos más importantes que influyen en la determinación del área más óptima, con mapas a una escala de 1:400,000 que permitieron ver de manera general las alternativas de áreas para el relleno sanitario en el distrito de Ayaviri.

- Primera Fase: Las cartas o mapas geográficos fueron trabajadas con el software QGIS (v3.26.17), teniendo una colección de 10 insumos que determinaron las mejores alternativas de ubicación del relleno sanitario.

- Segunda Fase: Se realizó la proximidad y las distancias requeridas según el MINAM, de los 10 insumos rasterizados como (centros poblados, red vial, red hidrográfica, cobertura vegetal, fallas geológicas, pendientes, instituciones educativas y centros de salud, uso actual del suelos, geología y Granjas), para descartar las áreas no apropiadas según cada criterio, generando un mapa resultante con las óptimas áreas.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Centros Poblados

Se identificó los centros poblados en el distrito de Ayaviri, determinando que existen 310 centros poblados.

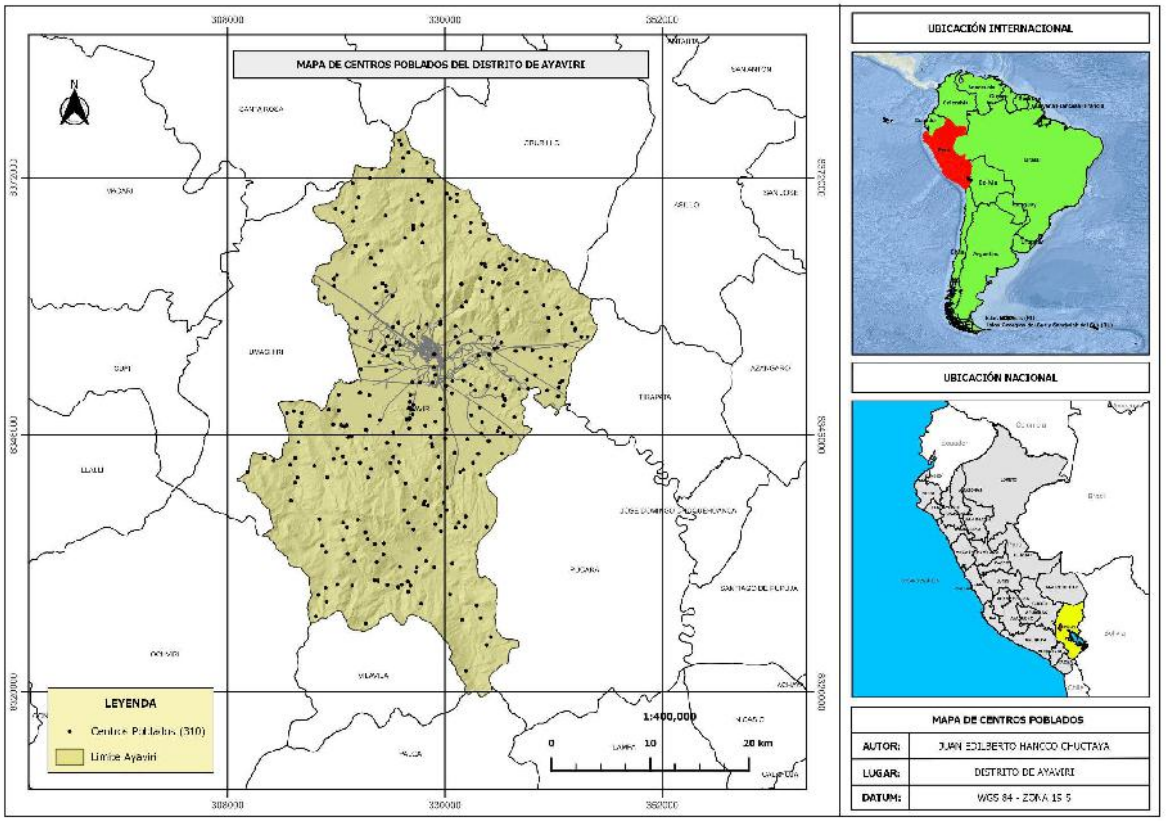


Figura 06: Mapa cartográfico de Centros Poblados.

En la figura 06 se muestra los centros poblados del distrito de Ayaviri, que se obtuvieron del sistema de información para la gestión del riesgo de desastres (SIGRID). Los centros poblados en este estudio fueron representados por puntos o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Tabla 09: Criterio de distanciamiento de Centro Poblados

Criterio	Descripción	Valoración
Mayor a 1000 m	Área apta	1
Menor a 1000 m	Área no apta	0

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

En la tabla 09 se muestra el criterio de distanciamiento de Centro Poblados, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados (>) a 1000 metros de un centro poblado, todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 04. La finalidad del distanciamiento de Centro Poblados es salvaguardar la salud integral de toda la población, y sin ningún impacto relacionado a los rellenos sanitarios que incluirían enfermedades infecciosas como: infecciones respiratorias, mareos y la malaria, los resultados se detallan a continuación.

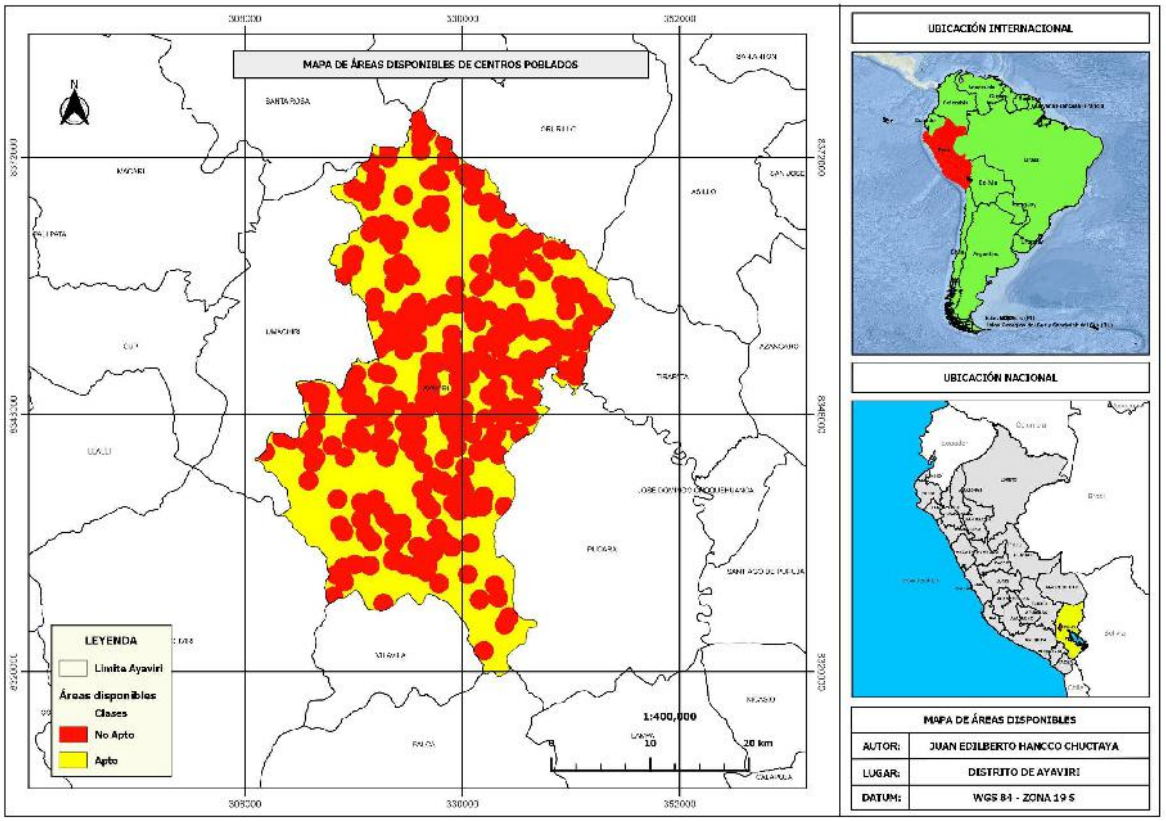


Figura 07: Mapa de distanciamiento de Centros Poblados.

En la figura 07 se muestra el distanciamiento de centros poblados, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo y al mismo tiempo representan los centros poblados, las áreas APTAS para un relleno sanitario están representadas de un color amarillo donde posiblemete se podria establecer.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Red Vial

Las redes de vías terrestres transitables del distrito, se identificó a través de un mapa Cartográfico del distrito de Ayaviri, los resultados se detallan a continuación.

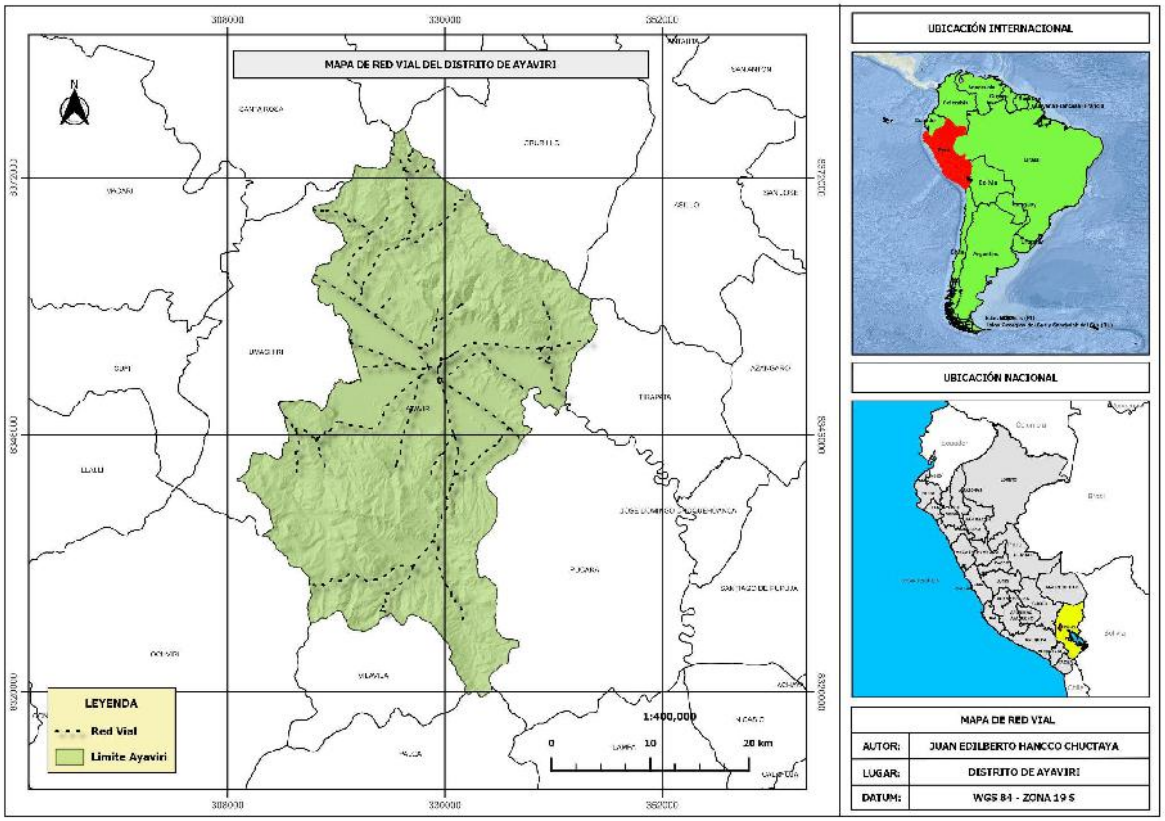


Figura 08: Mapa cartográfico de Red Vial.

En la figura 08 se muestra la red vial del distrito de Ayaviri, que se obtuvieron del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y se puede apreciar en el Anexo 03. La red vial en este estudio fueron representados por líneas o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Tabla 10: Criterio de distanciamiento de Red Vial.

Criterio	Descripción	Valoración
Menor a 500 m	Área apta	1
Mayor a 500 m	Área no apta	0

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

En la tabla 10 se muestra el criterio de distanciamiento de la red vial, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados (<) a 500 metros de una red vial, todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 04. La finalidad es reducir el tiempo, dinero y los recursos naturales como los combustibles, en cuanto menor sea la demanda de los hidrocarburos menor será el impacto hacia el ambiente y así tendremos un ambiente sano y sostenible a escala nacional.

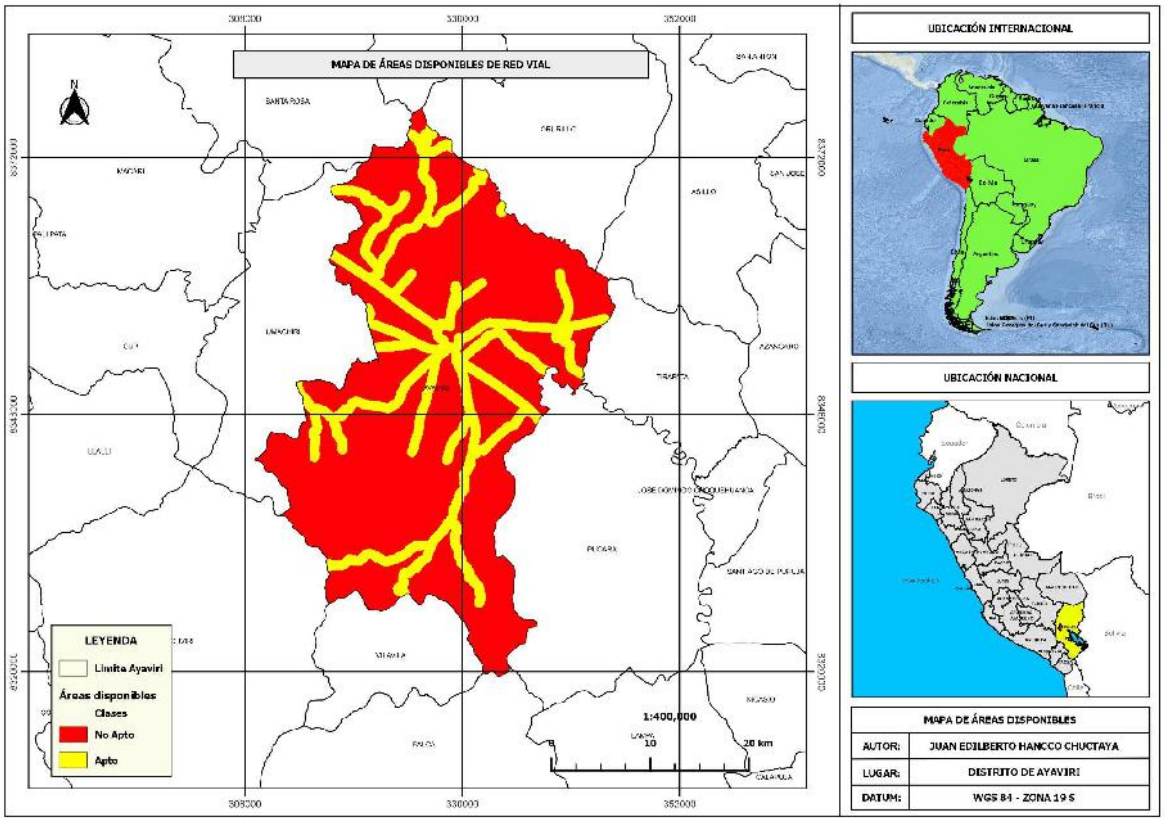


Figura 09: Mapa de distanciamiento de Red Vial.

En la figura 09 se muestra el distanciamiento de la red vial, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo, las áreas APTAS para un relleno sanitario están representadas de un color Amarillo y al mismo tiempo representan la red vial donde posiblemete se podria estableser.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Red Hidrográfica

La red hidrográfica del distrito de Ayaviri, consistió en identificar cuerpos de agua (ríos y quebradas), los resultados se detallan a continuación.

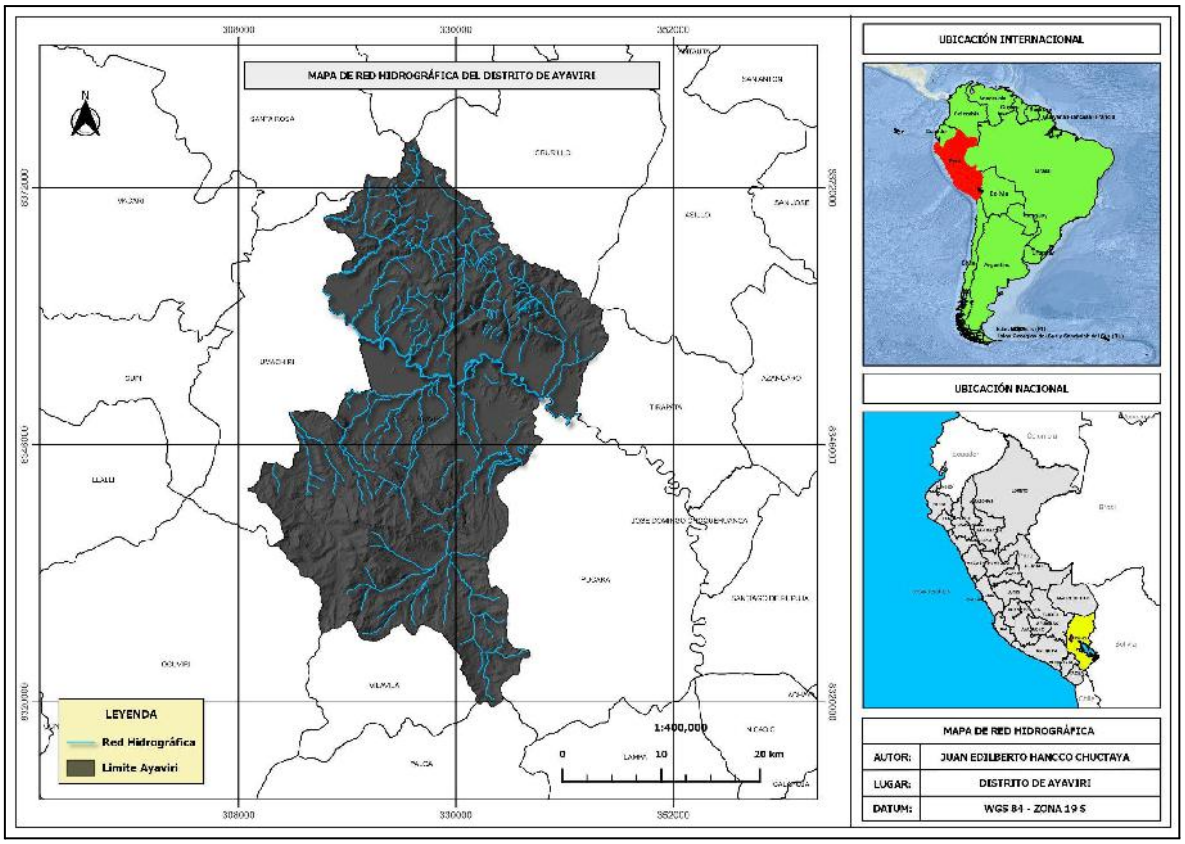


Figura 10: Mapa cartográfico de la red hidrográfica

En la figura 10 se muestra la red hidrográfica del distrito de Ayaviri, que se obtuvieron del modelo digital del terreno DEM a partir de ALOS PALSAR y se puede apreciar en el Anexo 03. La red hidrográfica en este estudio fueron representados por líneas o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 11: Criterio de distanciamiento de la red hidrográfica.

Criterio	Descripción	Valoración
Mayor a 1000 m	Área apta	1
Menor a 1000 m	Área no apta	0

En la tabla 11 se muestra el criterio de distanciamiento de la red hidrográfica, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados (>) a 1000 metros de la red hidrográfica, todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 04. La finalidad es prevenir los impactos de contaminación a los ríos y quebradas, los residuos dañan la vida acuática transportando contaminantes químicos, en cuanto menor sea el impacto hacia al agua tendremos un ambiente sano y sostenible a escala local y nacional.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

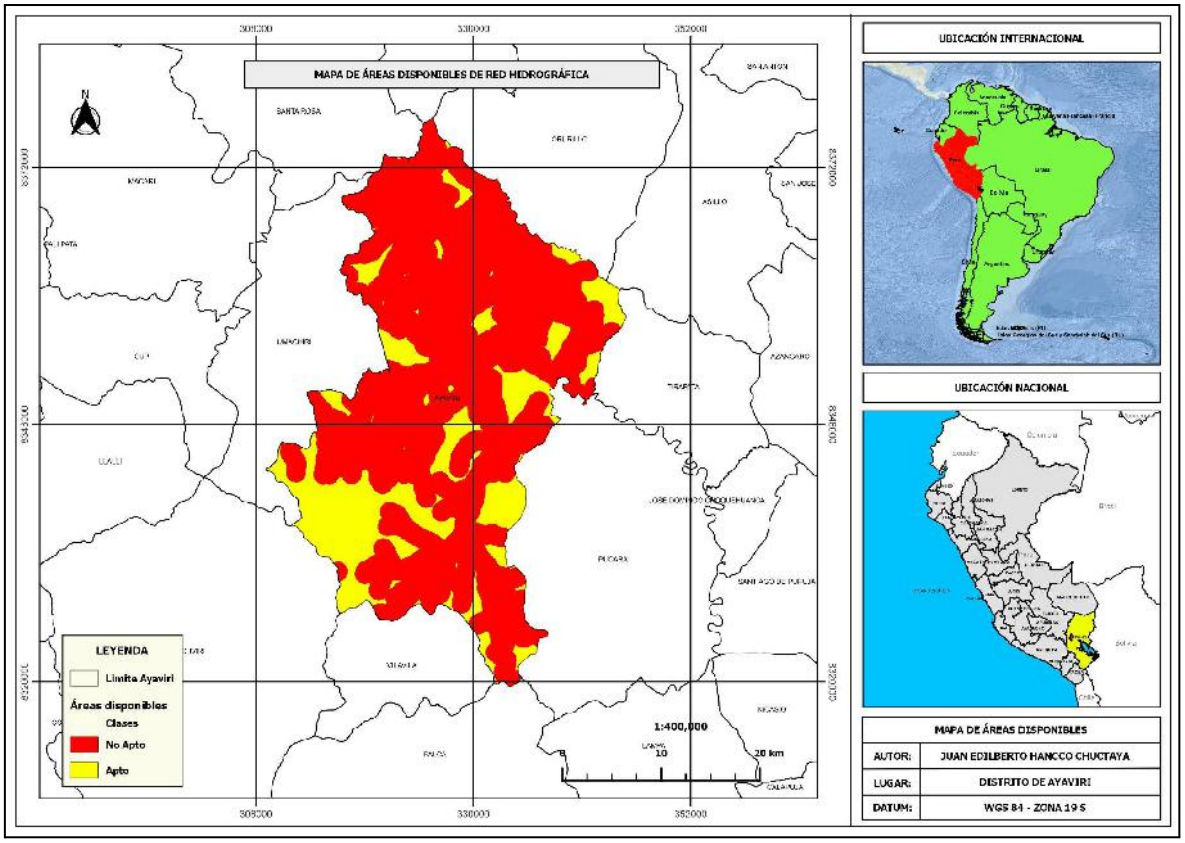


Figura 11: Mapa de distanciamiento de la red hidrográfica

En la figura 11 se muestra el distanciamiento de la red hidrográfica, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo y al mismo tiempo representan la red hidrográfica, las áreas APTAS para un relleno sanitario están representadas de un color Amarillo donde posiblemete se podria estableser la area optima.

Cobertura Vegetal

La cobertura vegetal del distrito de Ayaviri se realizó mediante una imagen satelital (Sentinel-2B), y utilizada la técnica de clasificación supervisada, en donde se pudo determinar que existen 5 tipos de cobertura vegetal en el distrito de Ayaviri.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

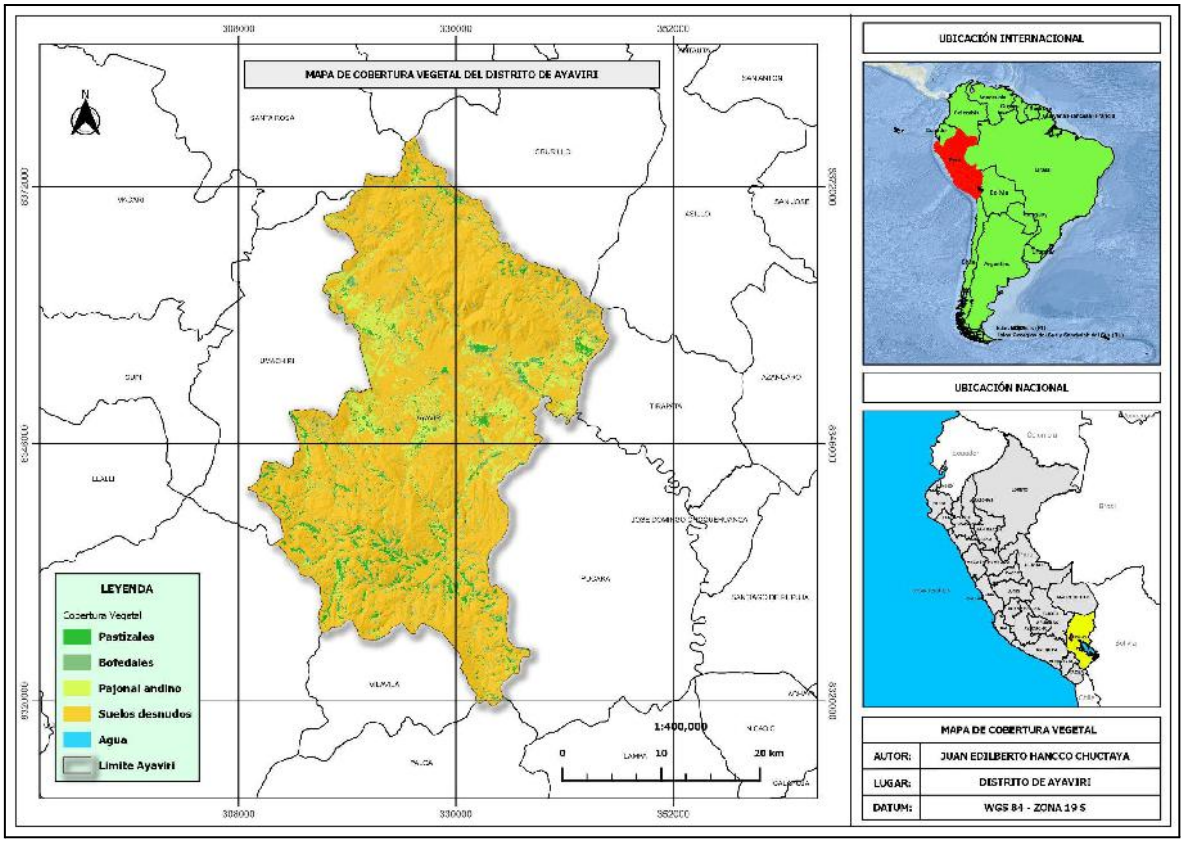


Figura 12: Mapa cartográfico de la cobertura vegetal.

En la figura 12 se muestra la cobertura vegetal del distrito de Ayaviri, se obtuvo la imagen satelital de Google Earth Engine empleando el lenguaje de JavaScript, y se puede apreciar en el Anexo 02. La cobertura vegetal a partir de la clasificación supervisada se obtuvo 5 clases de cubierta las cuales fueron; pastizales, bofedales, pajonal andino, suelos desnudos, y agua. En este estudio fueron representados por polígonos o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

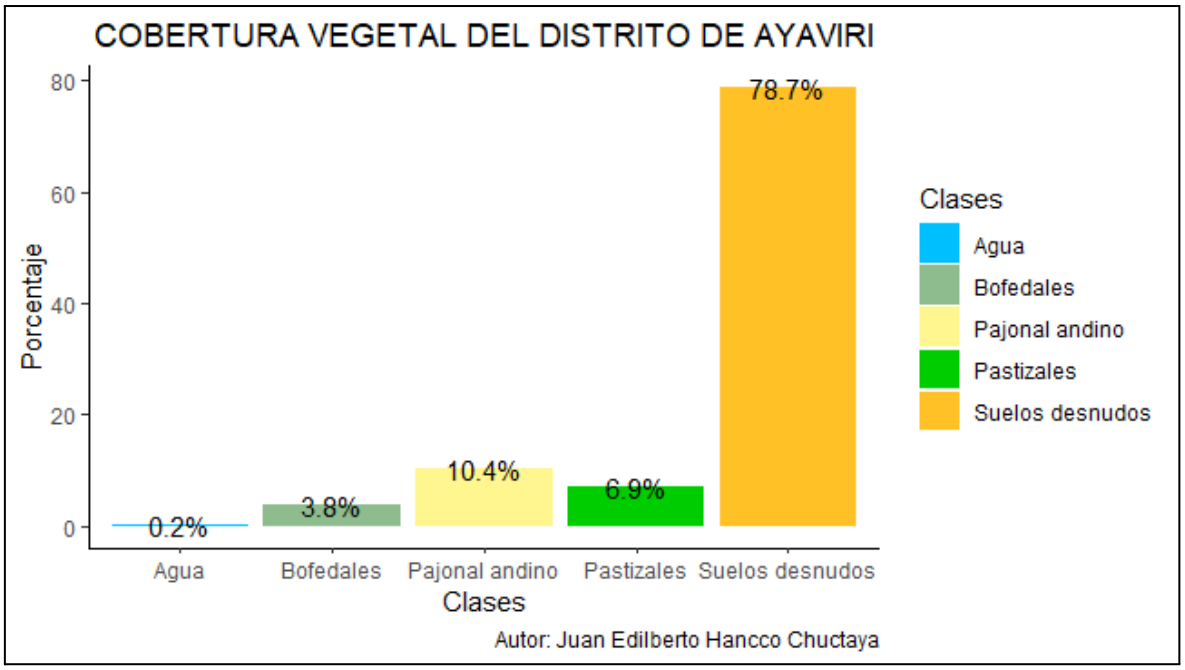


Figura 13: Gráfico de la cobertura vegetal

En la figura 13 se representa el gráfico de la cobertura vegetal, y se muestra el resultado en porcentajes, donde los suelos desnudos ocupan la mayor parte del distrito de Ayaviri con un 78.7%, seguida de los pajonales andinos con un 10,4%, pastizales con un 6.9%, bofedales 3.8% y finalmente agua con un 0.2%, el presente gráfico se realizó en el software R-Studio con el empleo del lenguaje de programación de R, y el procedimiento se visualiza en el anexo 06.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 12: Criterio de distanciamiento de la cobertura vegetal

Criterio	Clases	(ha)	(km²)	(%)	Valoración
No	Bofedales	3815.97	38.16	3.75	0
No	Pastizales	7038.51	70.39	6.91	0
Si	Suelos desnudos	80162.72	801.63	78.7	1
Si	Pajonal andino	10600.4	106	10.41	1
No	Agua	244.92	2.45	0.24	0
	Total	**101,865.52**	**1,018.63**	**100**	

En la tabla 12 se muestra el criterio de distanciamiento de la cobertura vegetal, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados en las zonas con pajonal andino, suelos desnudos, vegetación escasa y afloramientos rocosos, son los más aptos para el establecimiento de un rellenos sanitarios, todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 04. La finalidad es prevenir los impactos de contaminación a las coberturas vegetales, los residuos presentan distintos metales que afectan a las vegetaciones, alterando su rol en su ciclo de vida.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

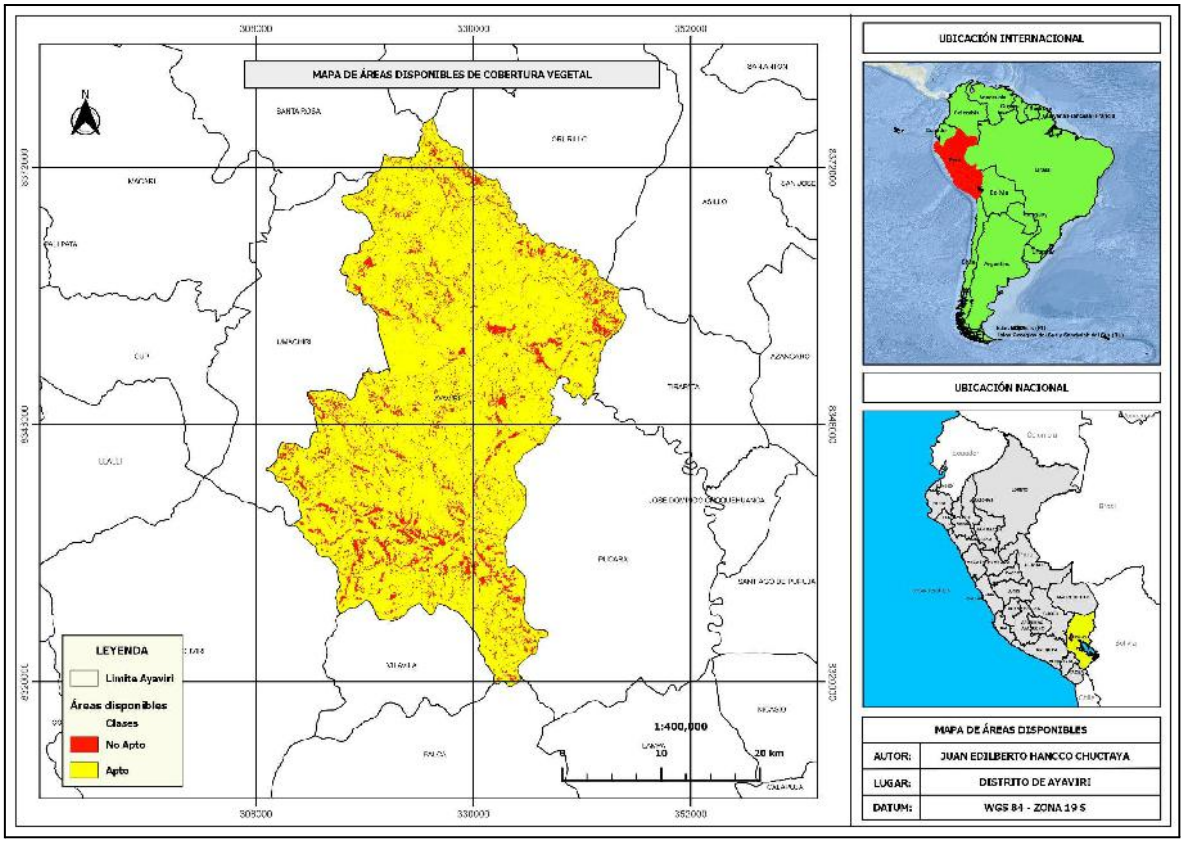


Figura 14: Mapa de distanciamiento de la cobertura vegetal

En la figura 14 se muestra el distanciamiento de la cobertura vegetal, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo y al mismo tiempo representan la cobertura vegetal, las áreas APTAS para un relleno sanitario están representadas de un color amarillo donde posiblemete se podria estableser la area optima.

Fallas Geológicas

Las fallas geológicas del distrito, se identificaron a través de un mapa cartográfico del distrito de Ayaviri, los resultados se detallan a continuación.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

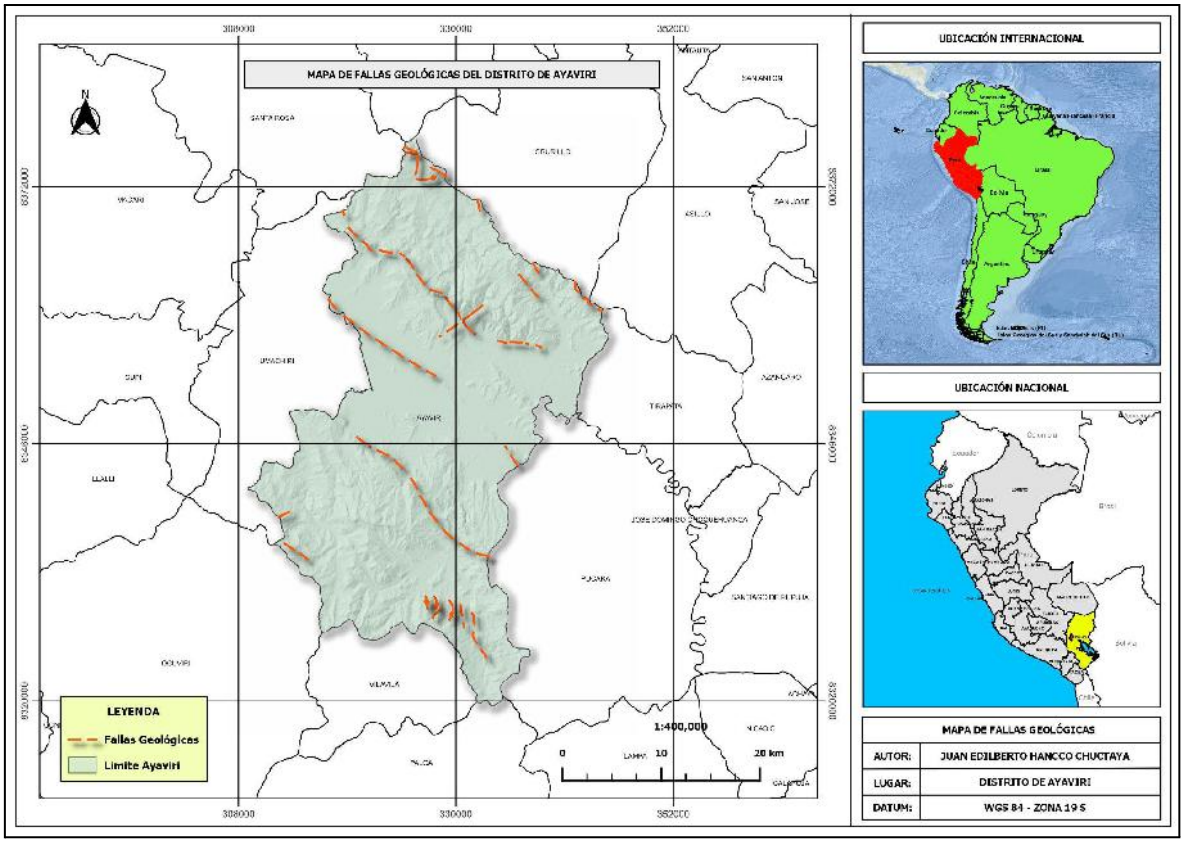


Figura 15: Mapa cartográfico de las fallas geológicas

En la figura 15 se muestran las fallas geológicas del distrito de Ayaviri, que se obtuvieron de la carta nacional de metadatos del Perú (INGEMMET) y se puede apreciar en el Anexo 03. Las fallas geológicas en este estudio fueron representadas por líneas o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Tabla 13: Criterio de distanciamiento de las fallas geológicas

Criterio	Descripción	Valoración
Mayor a 500 m	Área apta	1
Menor a 500 m	Área no apta	0

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

En la tabla 13 se muestra el criterio de distanciamiento de las fallas geológicas, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados (>) a 500 metros de las fallas geológicas, todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 04. La finalidad del distanciamiento de las fallas geológicas es para prevenir los movimientos de masas, terremotos o incluso las rupturas de la superficie terrestre, si se presentase las rupturas en rellenos mal ubicados, filtraría los lixiviados al subsuelo y generaría un impacto ambiental.

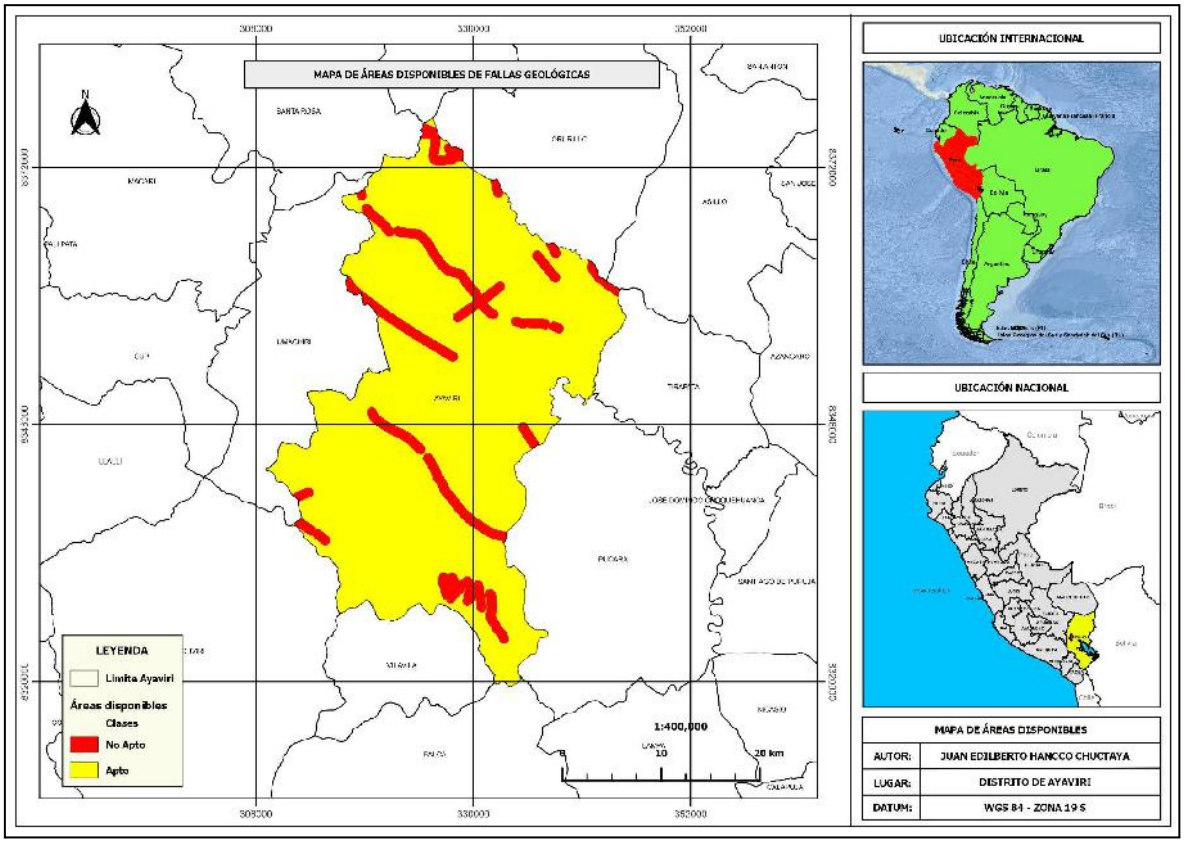


Figura 16: Mapa de distanciamiento de las fallas geológicas

En la figura 16 se muestra el distanciamiento las fallas geológicas, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo y al mismo tiempo representan las fallas geológicas, las áreas APTAS para un relleno sanitario están representadas de un color amarillo donde posiblemete se podria estableser un relleno sanitario.

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Pendientes

La superficie del distrito de Ayaviri se determinó mediante un Modelo digital de elevación (DEM), otorgándole una clasificación de rangos de pendiente, en función al reglamento de clasificación de tierras.

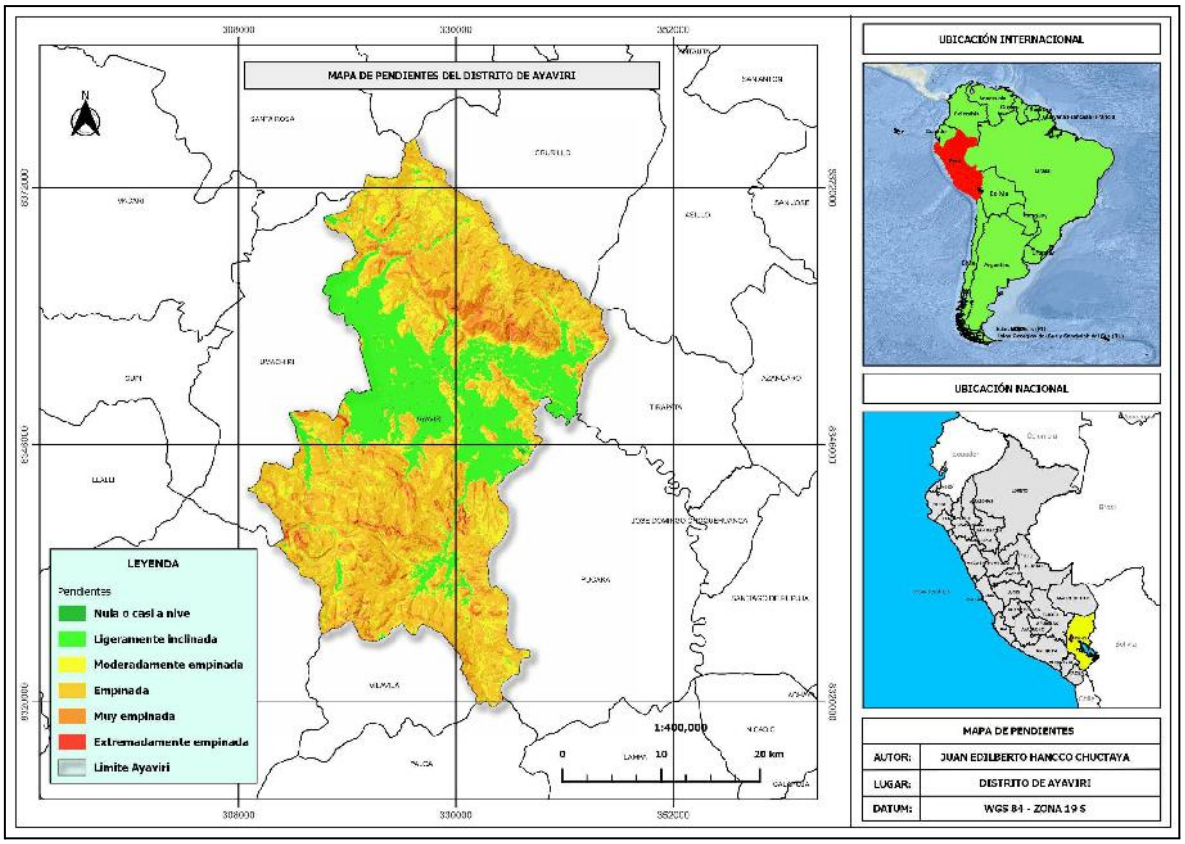


Figura 17: Mapa cartográfico de pendientes.

En la figura 17 se muestran las pendientes del distrito de Ayaviri, que se obtuvieron del modelo digital del terreno DEM a partir de ALOS PALSAR, y se puede apreciar en el Anexo 03. Las pendientes a partir de la clasificación se obtuvo 6 clases de pendientes las cuales fueron; nula o casi a nivel, ligeramente inclinada, moderadamente empinada, empinada, muy empinada, extremadamente empinada. En este estudio fueron representados por polígonos o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

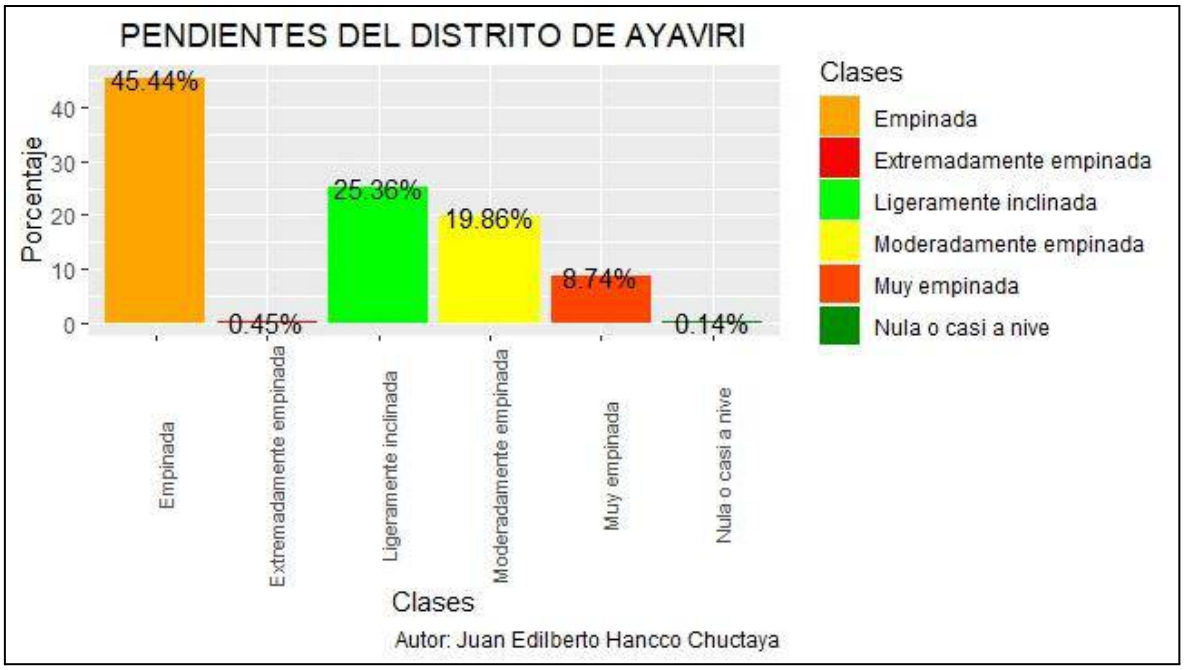


Figura 18: Gráfico de pendientes.

En la figura 18 se representa el gráfico de pendientes, y se muestra el resultado en porcentajes, donde la clase empinada ocupan la mayor parte del distrito de Ayaviri con un 45.44%, y la menor clase es nula o casi a nivel con un 0.14%, el presente gráfico se realizó en el software R-Studio con el empleo del lenguaje de programación de R, y el procedimiento se visualiza en el anexo 06.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 14: Criterio de distanciamiento de pendientes

Criterios	Clases	(ha)	(km²)	%	Valoración
0% - 3%	Nula o casi a nive	142.4	1.42	0.14	1
3% - 7%	Ligeramente inclinada	25733.91	257.34	25.36	1
7% - 15%	Moderadamente empinada	20152.83	201.53	19.86	0
15% - 50%	Empinada	46103.02	461.03	45.44	0
50% - 85%	Muy empinada	8864.48	88.64	8.74	0
≥ 85%	Extremadamente empinada	459.97	4.6	0.45	0
	Total	**101,456.61**	**1,014.56**	**100**	

En la tabla 14 se muestra el criterio de distanciamiento de pendientes, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados (<) a 7% de una pendiente, y la clase perteneciente para la ubicación óptima es nula o casi a nivel y ligeramente inclinada, todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 04. La finalidad de estos criterios es prevenir los escurrimientos o filtración de los lixiviados, si se presentase los escurrimientos en rellenos mal ubicados, filtraría los lixiviados al subsuelo y generaría un impacto ambiental.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

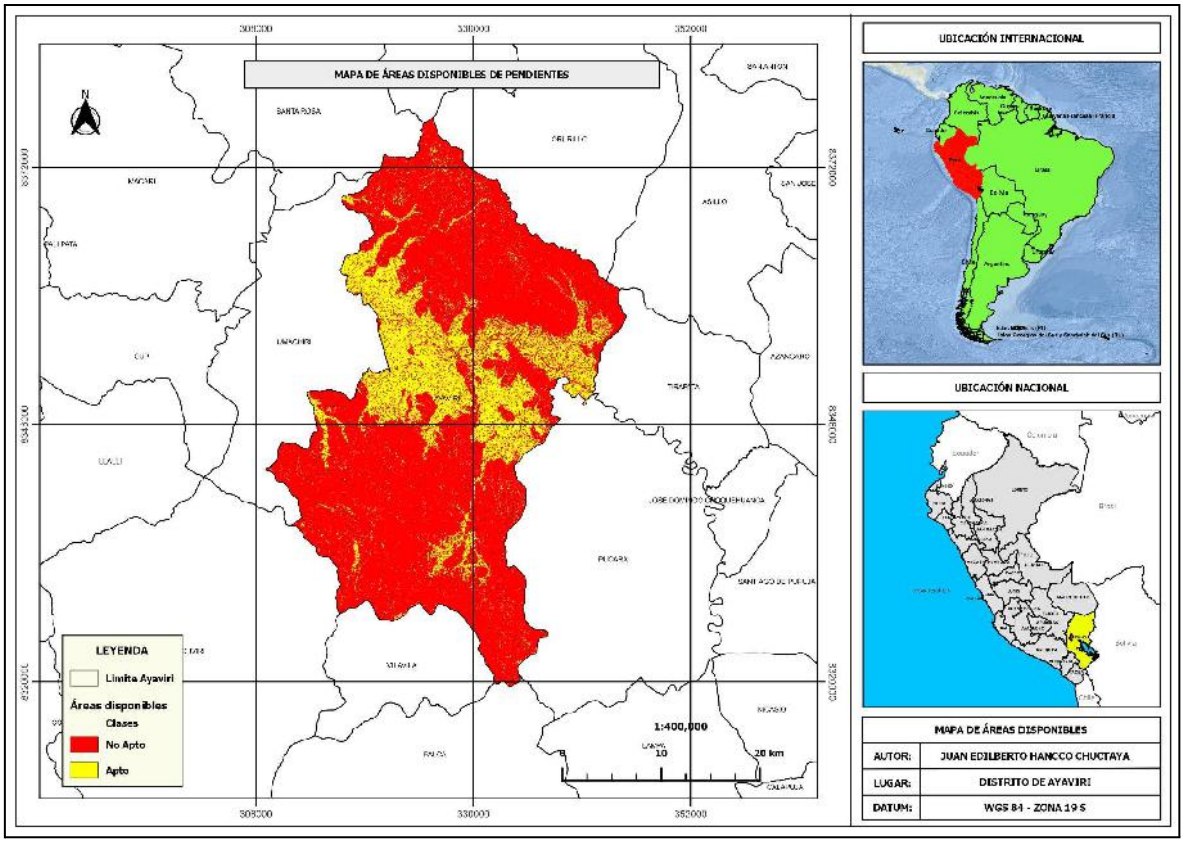


Figura 19: Mapa de distanciamiento de pendientes.

En la figura 19 se muestra el distanciamiento de pendientes, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo, las áreas APTAS para un relleno sanitario están representadas de un color amarillo donde posiblemete se podria estableser un relleno sanitario.

Instituciones Educativas y Centros de Salud.

Se identificó las instituciones educativas y centros de salud en el distrito de Ayaviri, determinando que existen 63 instituciones educativas y 7 centros de salud. Los resultados se detallan a continuación.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

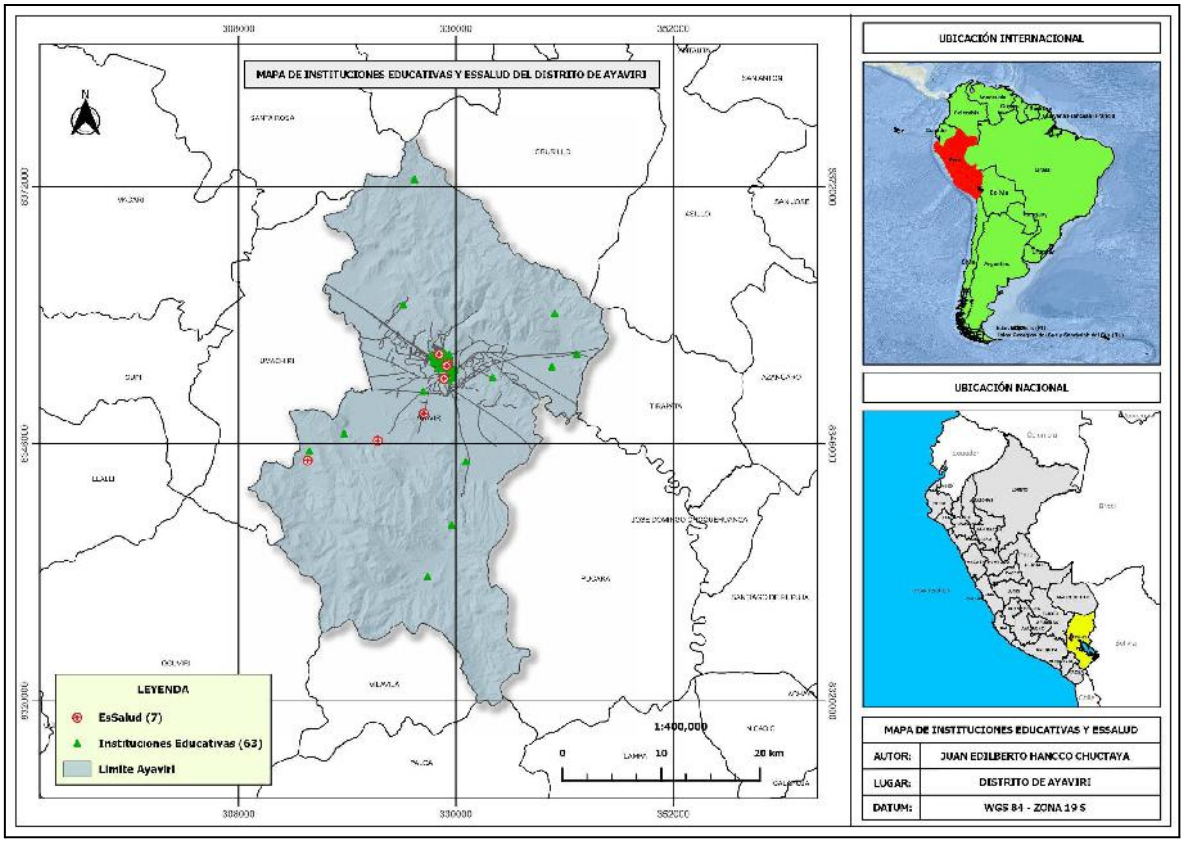


Figura 20: Mapa cartográfico de instituciones educativas y centros de salud.

En la figura 20 se muestra las instituciones educativas y centros de salud del distrito de Ayaviri, que se obtuvieron del (SIGRID) y se puede apreciar en el Anexo 03. Las I.E. y EsSalud en este estudio fueron representados por puntos o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Tabla 15: Criterio de distanciamiento de instituciones educativas y centros de salud.

Criterio	Descripción	Valoración
Mayor a 1000 m	Área apta	1
Menor a 1000 m	Área no apta	0

En la tabla 15 se muestra el criterio de distanciamiento de instituciones educativas y centros de salud, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados (>) a 1000 metros de instituciones educativas y centros de salud., todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 04. La finalidad del distanciamiento de instituciones educativas y centros de salud es salvaguardar la salud integral de todos los estudiantes y trabajadores que laboran en EsSalud.

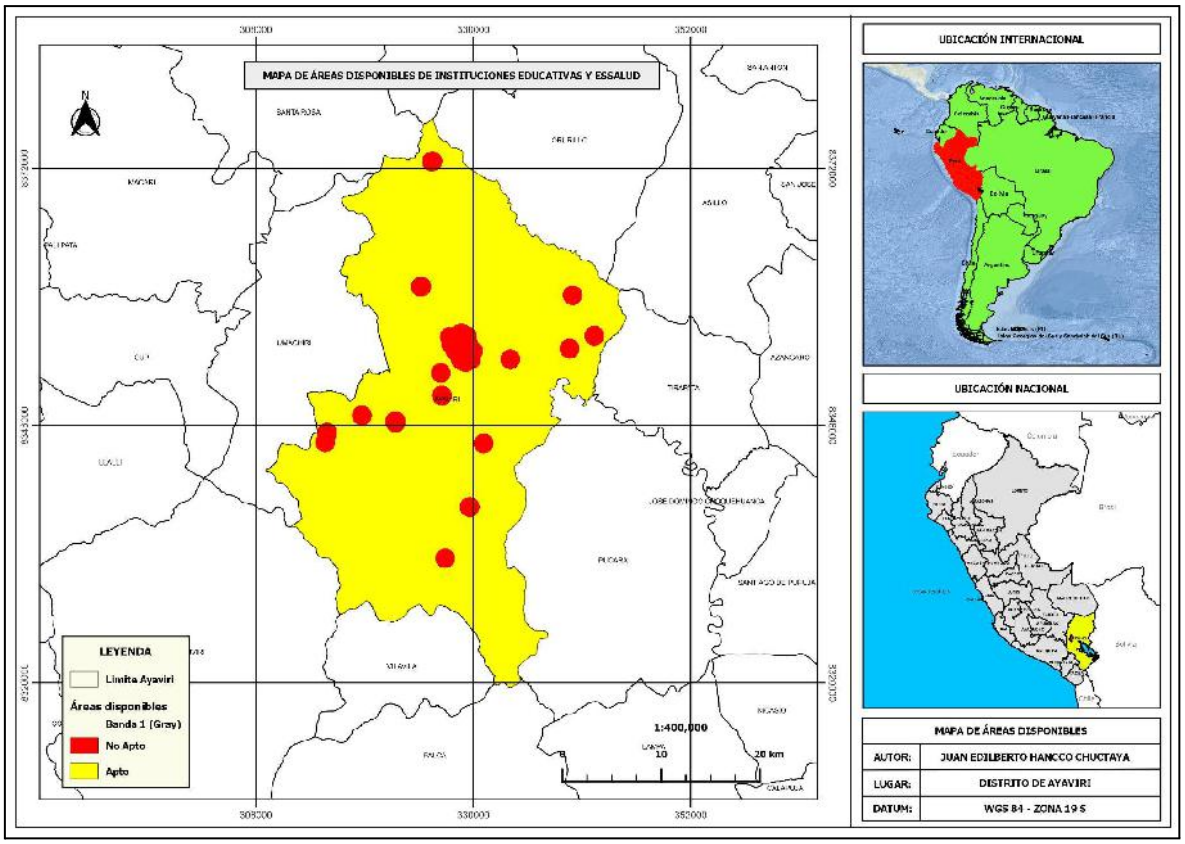


Figura 21: Mapa de distanciamiento de instituciones educativas y centros de salud.

En la figura 21 se muestra el distanciamiento de instituciones educativas y centros de salud, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo y al mismo tiempo representan las instituciones educativas y centros de salud, las áreas APTAS para un relleno sanitario están representadas de un color Amarillo donde posiblemete se podria estableser la area optima.

Uso actual del suelos

El uso actual de suelo del distrito de Ayaviri se realizó mediante un Imagen Satelital (Sentinel-2B), y utilizada la técnica de clasificación supervisada, en donde se pudo

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

determinar que existen 6 clases de uso actual de suelo en el distrito de Ayaviri.

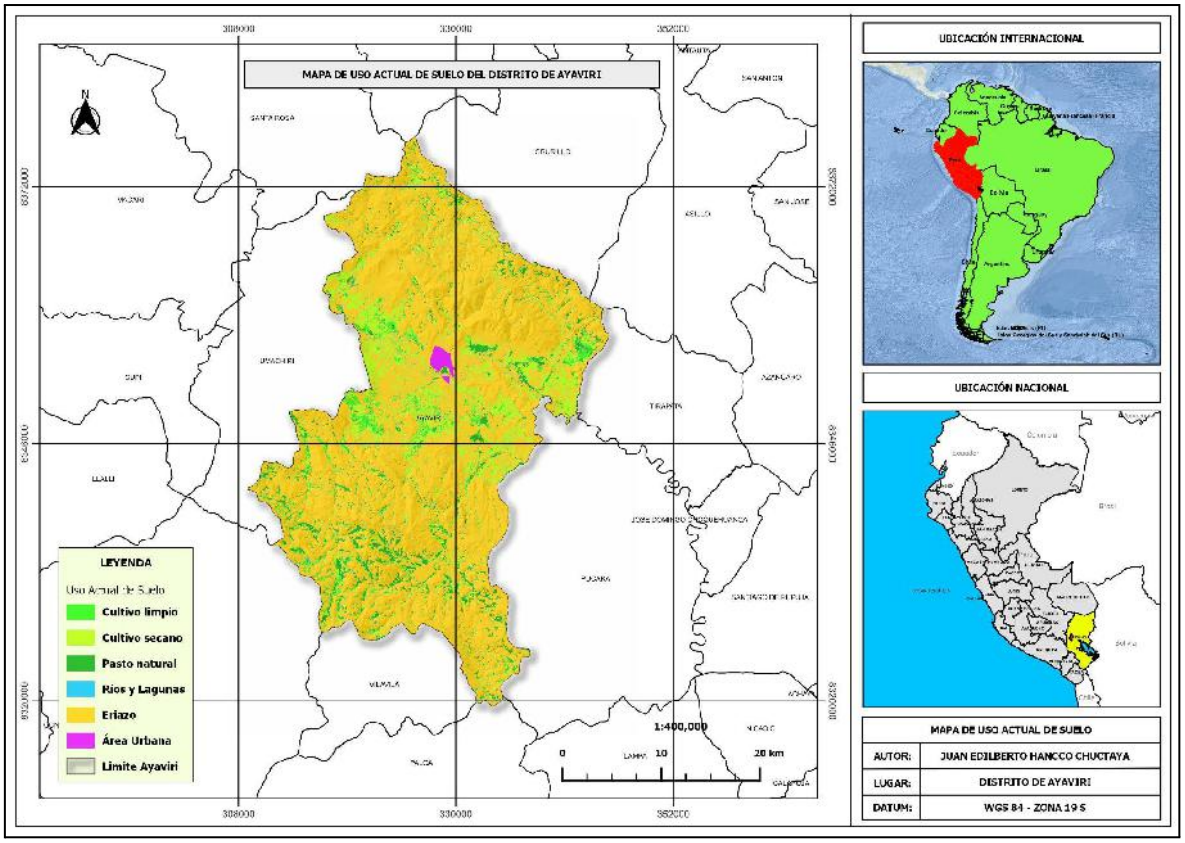


Figura 22: Mapa cartográfico de uso actual del suelo

En la figura 22 se muestra el uso actual del suelo del distrito de Ayaviri, se obtuvo la imagen satelital de Google Earth Engine empleando el lenguaje de JavaScript, y se puede apreciar en el Anexo 02. El uso actual del suelo a partir de la clasificación supervisada se obtuvo 6 clases de uso las cuales fueron; cultivo limpio, cultivo secano, pasto natural, ríos y lagunas, eriazo y área urbana. En este estudio fueron representados por polígonos o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

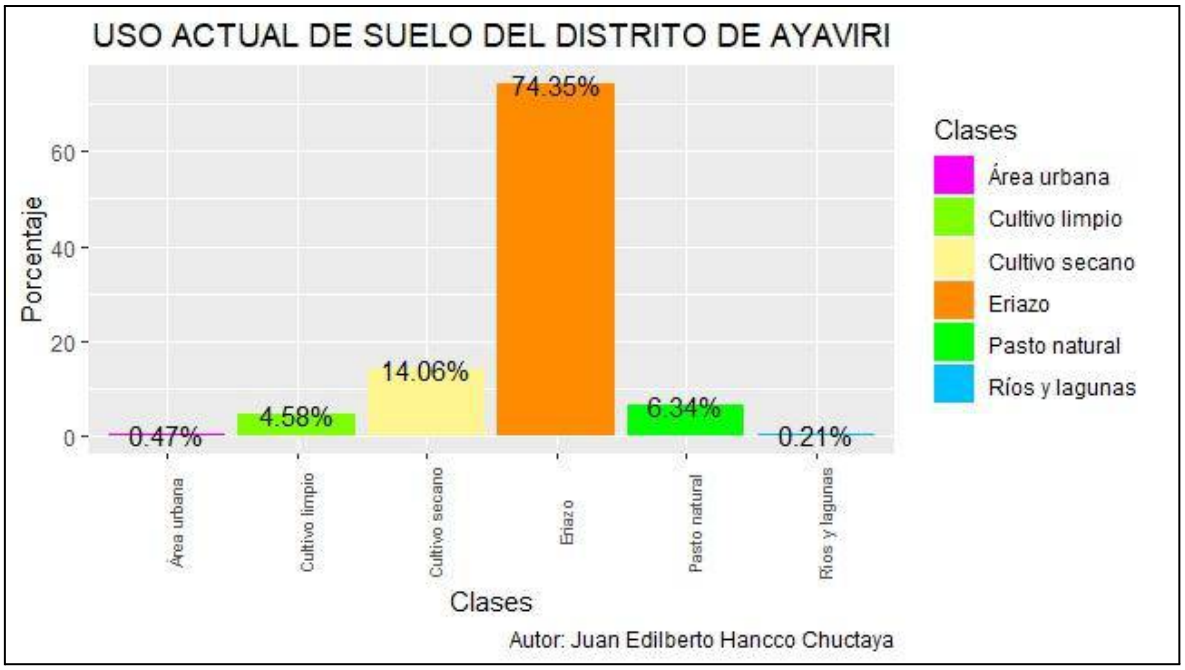


Figura 23: Gráfico de uso actual del suelo

En la figura 23 se representa el gráfico de uso actual del suelo, y se muestra el resultado en porcentajes, donde el eriazo ocupan la mayor parte del distrito de Ayaviri con un 74.35%, seguida los cultivos secanos con un 14,06%, paso natural con un 6.34%, cultivo limpio 4.58%, área urbana con 0.47% y finalmente ríos y lagunas con un 0.21%, el presente gráfico se realizó en el software R-Studio con el empleo del lenguaje de programación de R, y el procedimiento se visualiza en el anexo 06.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 16: Criterio de distanciamiento de uso actual del suelo

Criterios	Clases	(ha)	(km²)	(%)	Valoración
No	Cultivo secano	14321.81	143.22	14.06	0
No	Cultivo limpio	4664.56	46.65	4.58	0
No	Ríos y lagunas	210.8	2.11	0.21	0
No	Pasto natural	6455.32	64.55	6.34	0
No	Área urbana	482.77	4.83	0.47	0
Si	Eriazo	75749.38	757.49	74.35	1
	Total	**101,884.64**	**1,018.85**	**100**	

En la tabla 16 se muestra el criterio de distanciamiento del uso actual del suelo, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados en las zonas que son eriazo, las cuales son las más aptas para el establecimiento de un rellenos sanitarios, todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 02. La finalidad es prevenir los impactos del uso actual del suelo, los residuos presentan distintos metales y tóxicos que afectan el uso actual del suelo, alterando su rol en su ciclo de vida.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

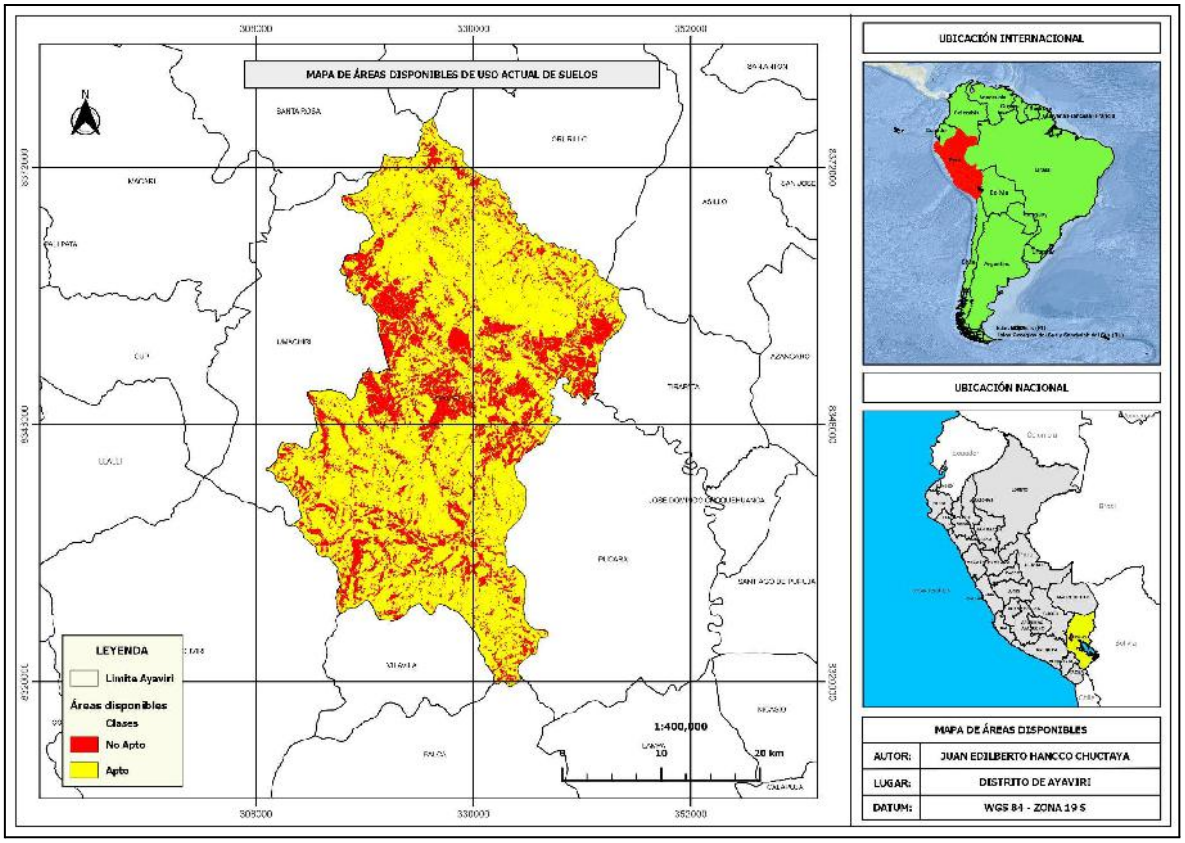


Figura 24: Mapa de distanciamiento de uso actual del suelo.

En la figura 24 se muestra el distanciamientode de uso actual del suelo, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo y al mismo tiempo representan el uso actual del suelo, las áreas APTAS para un relleno sanitario están representadas de un color amarillo donde posiblemete se podria estableser la area optima.

Geología

La clasificación geológica de la superficie terrestre del distrito de Ayaviri se realizó a través de un mapa, los resultados se detallan a continuación.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

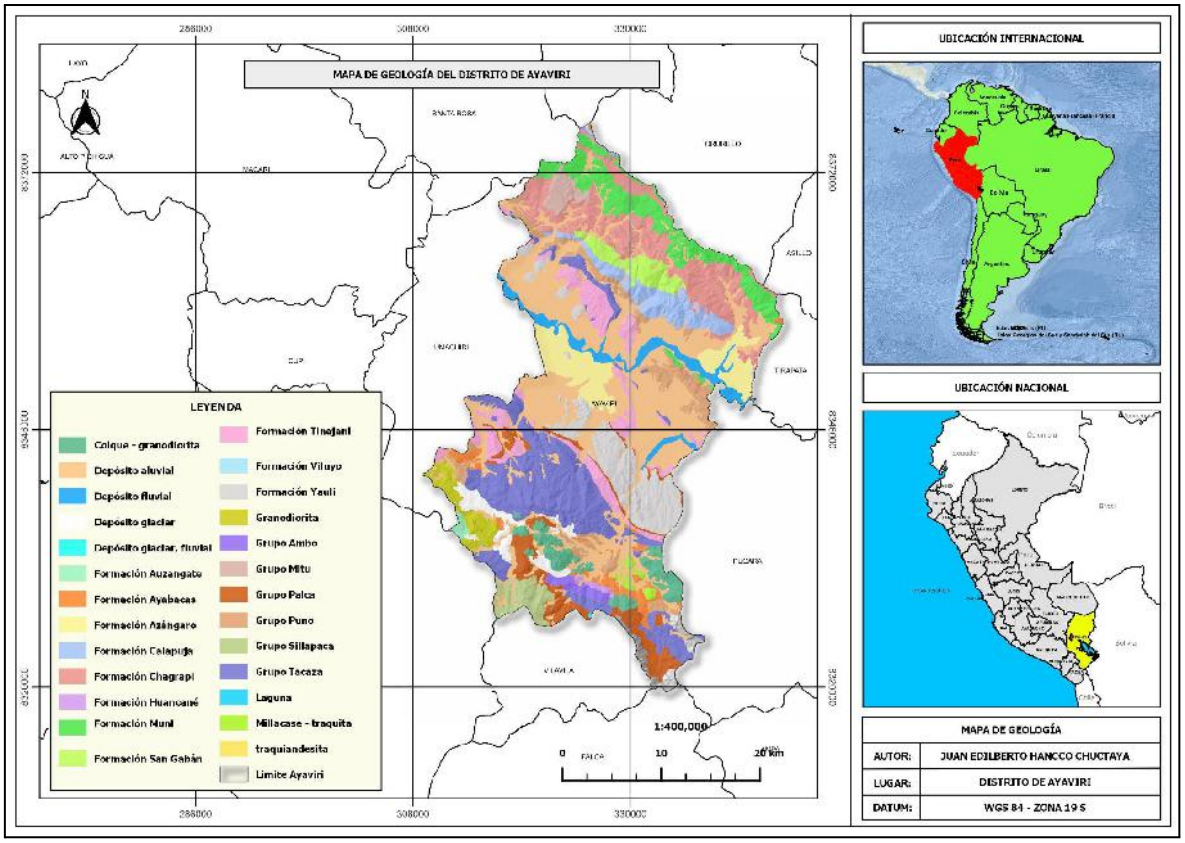


Figura 25: Mapa cartográfico de geología.

En la figura 25 se muestran la geología del distrito de Ayaviri, que se obtuvieron de la Carta nacional de metadatos del Perú (INGEMMET), y se puede apreciar en el Anexo 03. Las pendientes a partir de la clasificación se obtuvieron 26 clases de geología las cuales fueron; formación calapuja, depósito aluvial, formación tinajani, depósito aluvial, formación viluyo, formación san gabán, grupo palca, grupo mitu, formación huancané y formación azángaro. En este estudio fueron representados por polígonos o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

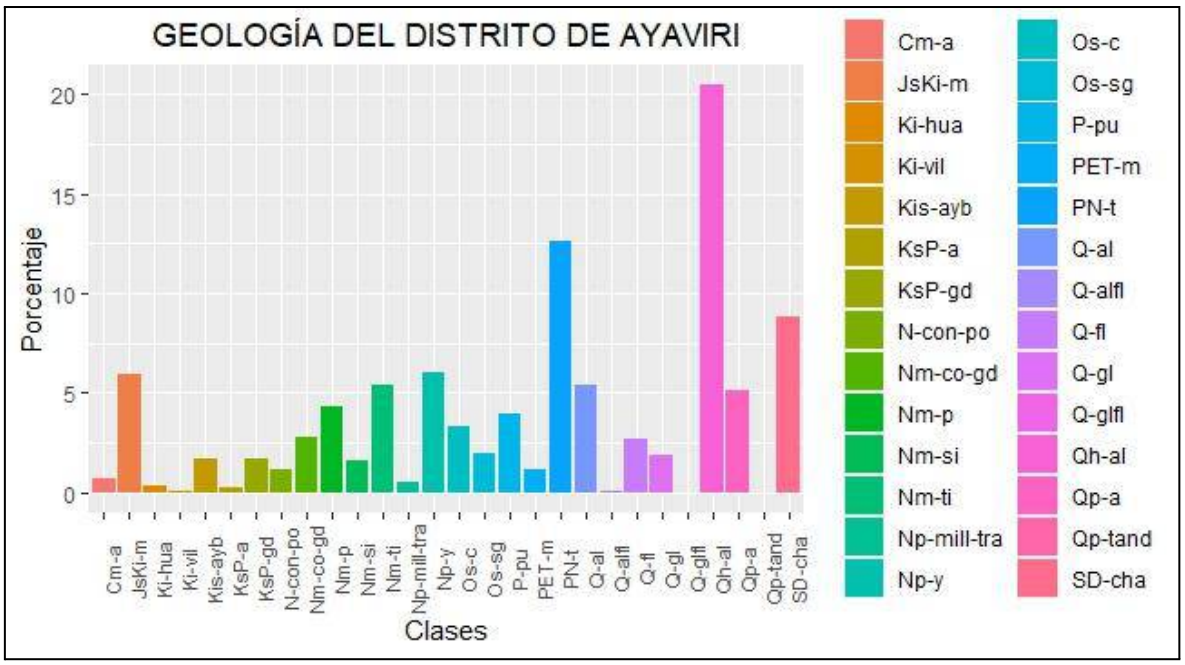


Figura 26: Gráfico de geología.

Según la guía del MINAM, la geología se debe establecer como criterio para la ubicación óptima de un relleno sanitario, sobre un sustrato de “Andesita”, “toba”, “arenisco” y “calizo”.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

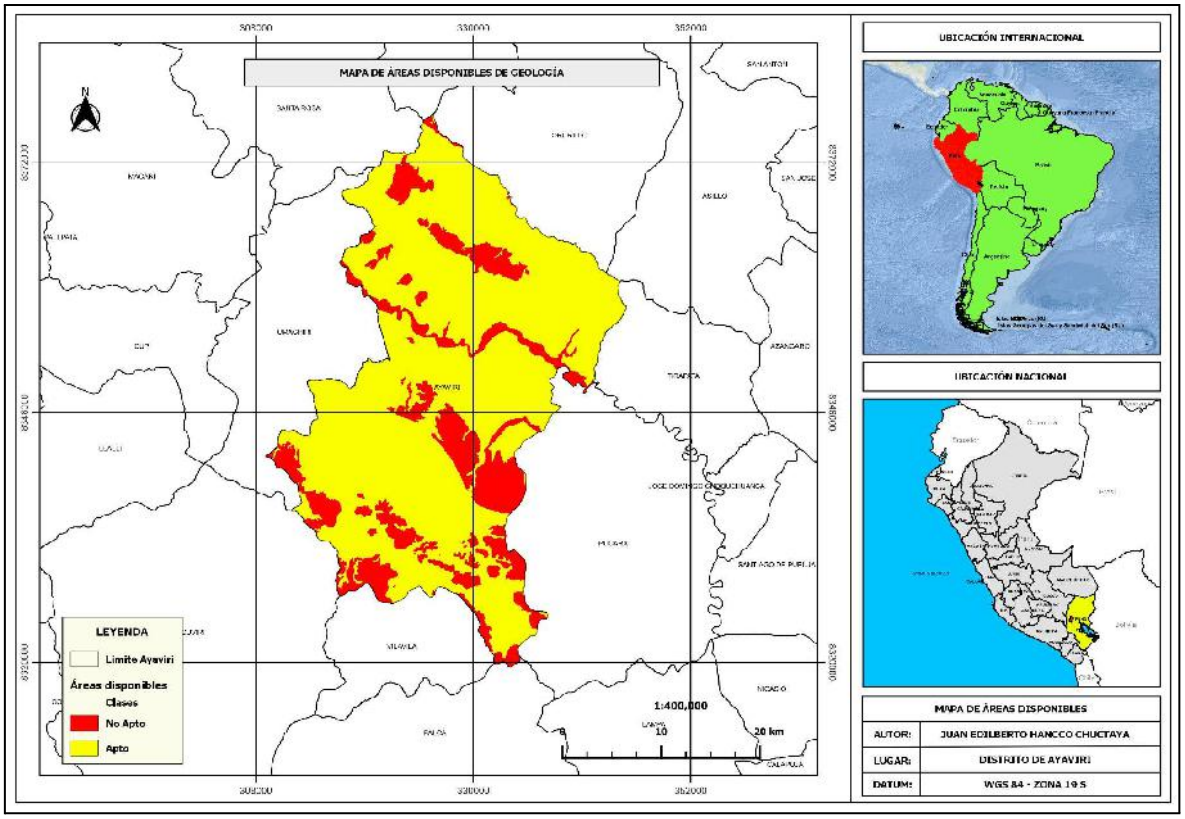


Figura 27: Mapa de distanciamiento de geología.

Granjas y crianza de animales

Se identificó las granjas y crianza de animales en el distrito de Ayaviri, determinando que existen 15 granjas de crianza. Los resultados se detallan a continuación.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

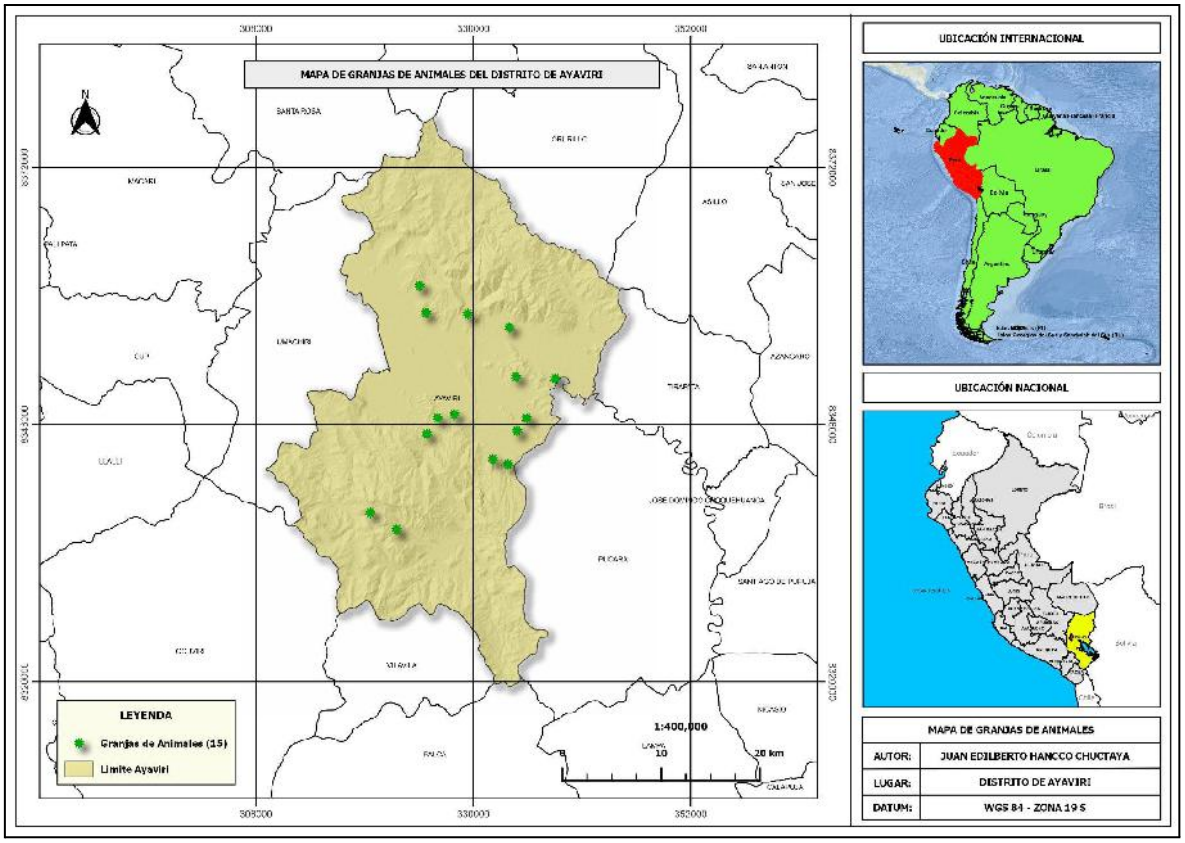


Figura 28: Mapa cartográfico de granjas y crianzas de animales.

En la figura 28 se muestran las granjas y crianzas de animales del distrito de Ayaviri, que se obtuvieron a partir de una salida de campo con un recorrido y el reconocimiento de todo el área de Ayaviri y se puede apreciar en el Anexo 07. Las granjas y crianzas de animales en este estudio fueron representados por puntos o shapefile, lo cual presentó uno de los insumos muy indispensables para la ubicación óptima de un relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Tabla 17: Criterio de distanciamiento de granjas y crianzas de animales.

Criterio	Descripción	Valoración
Mayor a 1000 m	Área apta	1
Menor a 1000 m	Área no apta	0

En la tabla 17 se muestra el criterio de distanciamiento de granjas y crianzas de animales, considerando lo establecido por la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, en donde señala que los rellenos sanitarios deben estar ubicados (>) a 1000 metros de las granjas y crianzas de animales, todo el geoprocesamiento se puede apreciar en el Anexo 04. La finalidad del distanciamiento de las granjas y crianzas de animales es cuidar a todas las especies pertenecientes al distrito de ayaviri como: los camélidos y ovinos.

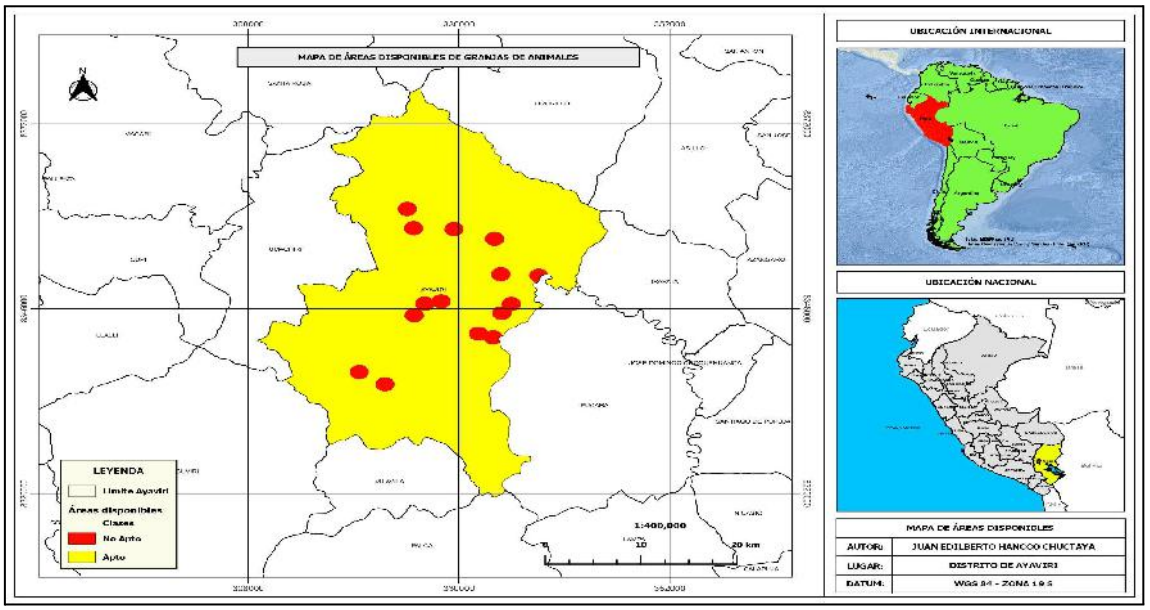


Figura 29: Mapa de distanciamiento de granjas y crianzas de animales.

En la figura 29 se muestra el distanciamiento de granjas y crianzas de animales, donde las áreas NO APTAS están representadas de un color rojo y al mismo tiempo representan las granjas y crianzas de animales, las áreas APTAS para un relleno sanitario están

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

representadas de un color amarillo donde posiblemete se podria estableser las areas optimas para un relleno sanitario.

- Tercera Fase: Con la técnica de álgebra de Mapas o (multiplicación), se sobrepusieron los 10 rásteres en la herramienta (calculadora de raster) dentro del software QGIS, para descartar las áreas no aptas según cada criterio, y generando un raster resultante con las áreas aptas para un relleno sanitario.

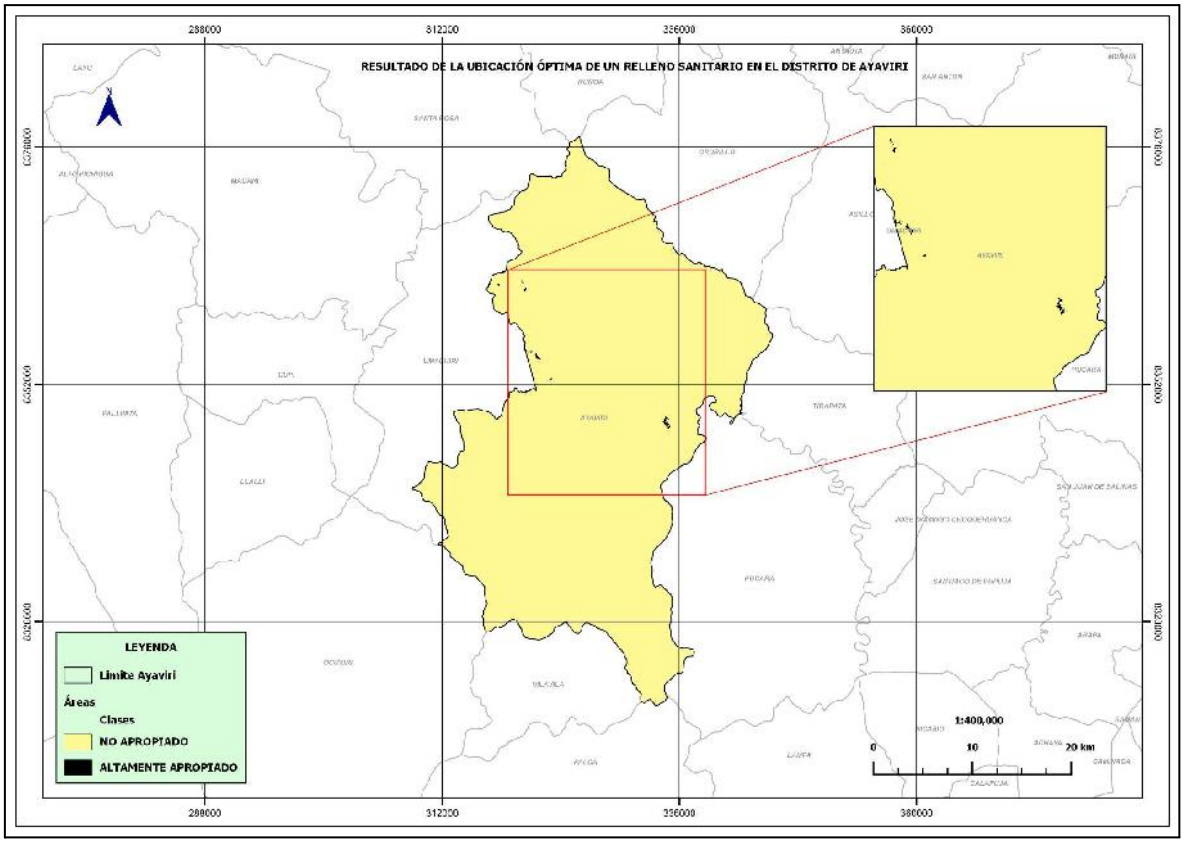


Figura 30: Ráster resultante de las alternativas aptas y no aptas.

En la figura 30 se identificaron 2 clases, NO APROPIADAS que estan representadas por un color amarillo, y las ALTAMETE APROPIADOS que estan representadas por un color negro, donde si se puede estableser la construccion de un rellenos sanitaro; sin embargo, los criterios para elegir las alternativas de ubicación aún no son suficientes si se consideran los factores económicos y de accesibilidad; un factor importante son las condiciones de tránsitabilidad de las vías de acceso al relleno sanitario segun el (Ministerio del Ambiente, 2011).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

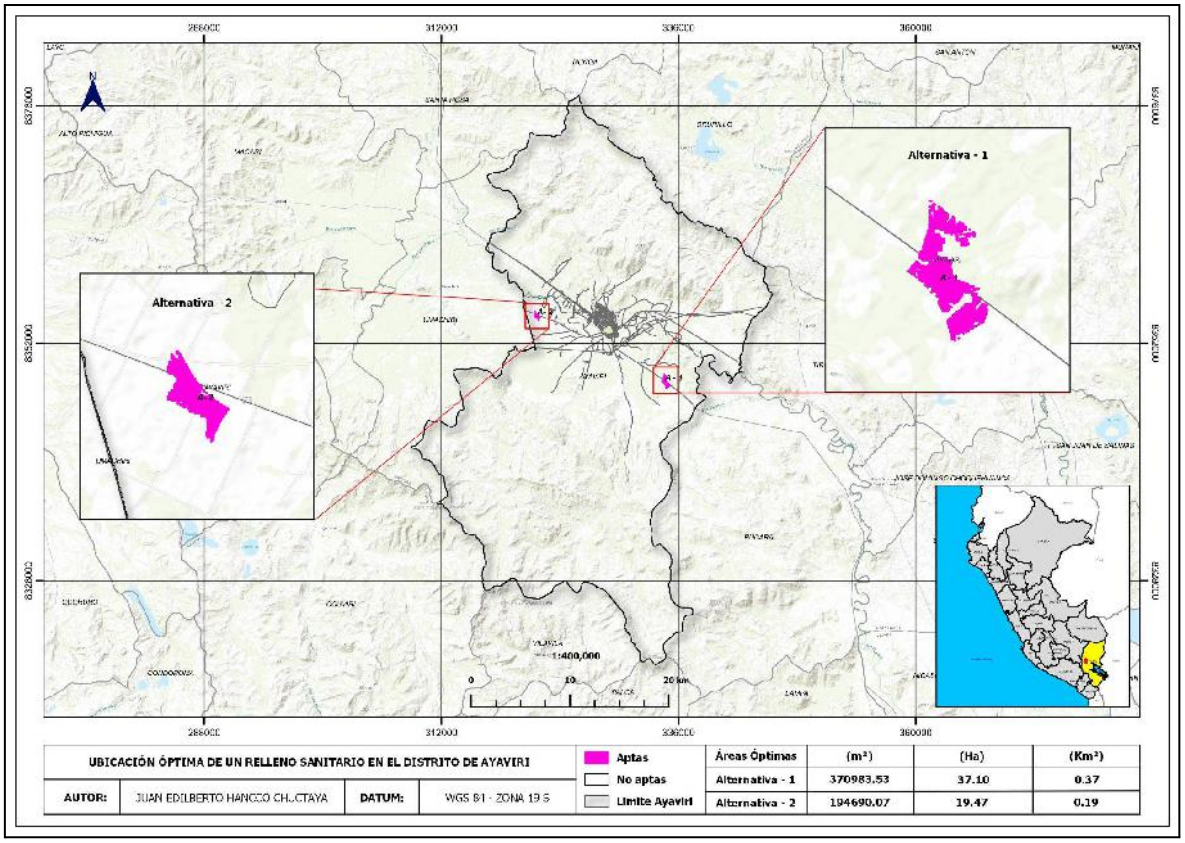


Figura 31: Mapa de ubicación óptima de rellenos sanitarios en el distrito de Ayaviri.

El resultado de las áreas aptas mostradas en la figura 31, muestran dos alternativas altamente aptas, estas serán la (Alternativa - 1 y Alternativa - 2), fueron definidas tomando en cuenta la factibilidad, la distancia mínima al medio de rendimiento y el área prudente para la ubicación más óptima de un relleno sanitario; además manteniendo conocimiento el evaluador de las áreas óptimas seleccionadas para un relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Tabla 18: Datos estadísticos de la Alternativa - 1 y Alternativa - 2.

Clases	(m²)	(Ha)	(km²)	Coordenada (x)	Coordenada (y)
Alternativa - 1	370,983.3	37.10	0.37	334623.29	8348022.75
Alternativa - 2	194,690.07	19.47	0.19	321684.06	8354678.33

En la tabla 18 se muestran los datos estadísticos de las áreas aptas para un relleno sanitario, y para ver la vida útil de cada alternativa óptima seleccionada y a la vez con sus coordenadas UTM para la ubicación exacta de las dos alternativas .

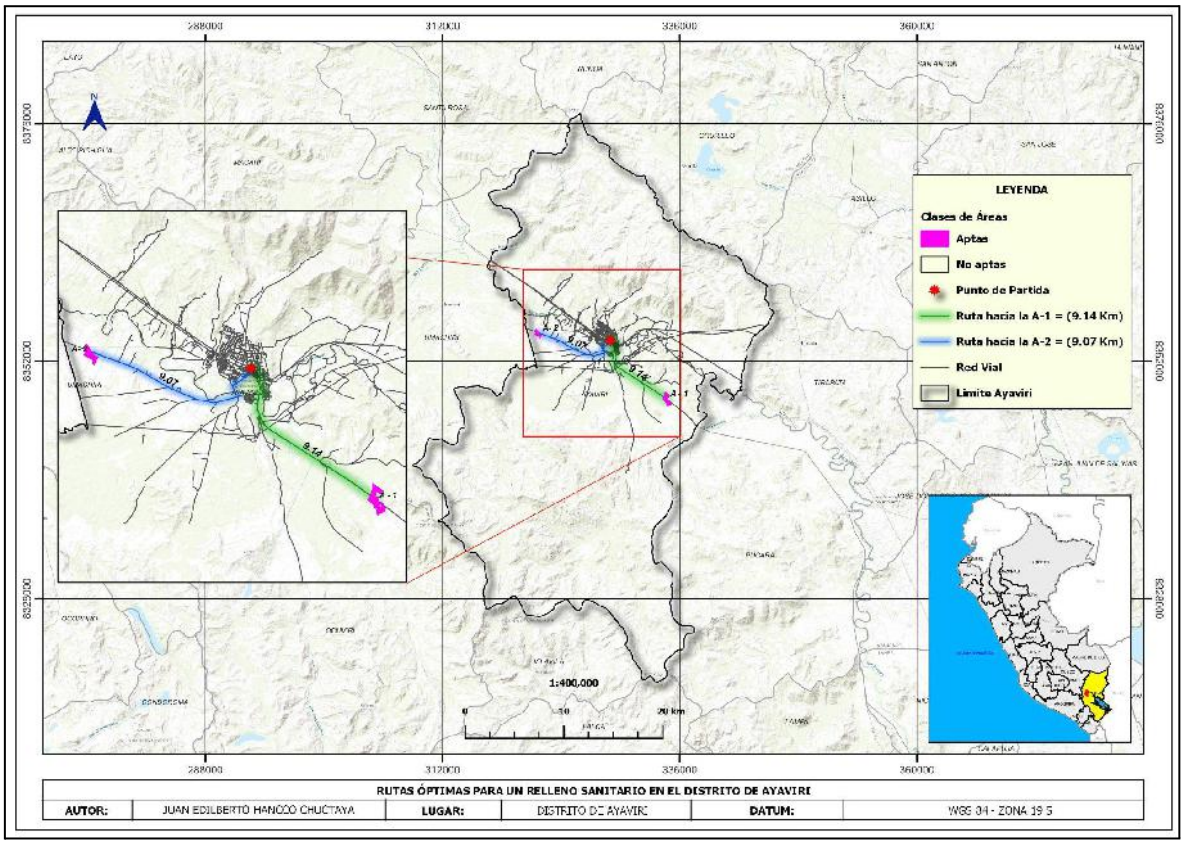


Figura 32: Mapa de rutas óptimas hacia los rellenos óptimos.

En la figura 32 se muestra el resultado de las rutas óptimas hacia los rellenos óptimos seleccionados, donde la ruta hacia la alternativa -1 está representada con un color verde,

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

mientras tanto la ruta hacia la alternativa - 2 está representada con un color azul, estas rutas óptimas seleccionadas reducirán el tiempo costo de transporte de los residuos sólidos desde la plaza histórica de Ayaviri hasta la ubicación óptima del relleno.

Tabla 19: Datos estadísticos de rutas óptimas hacía la A -1 y A - 2.

Clase	(m)	(Km)
Ruta - A1	9144.41	9.14
Ruta - A2	9065.08	9.07

En la tabla 19 se muestran los datos estadísticos de las rutas óptimas desde la plaza histórica de Ayaviri hacía la (Alternativa -1 y Alternativa - 2).

Finalmente utilizando el uso de las figuras y tablas anteriores de las alternativas más viables para la ubicación del relleno sanitario. Se realizó una valoración porcentual (%) de las alternativas A1 y A2 tomando en cuenta las variables y valores de la Tabla 06, obteniendo como resultado la siguiente tabla.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 20: Evaluación para la selección de las alternativas A1 y A2.

Ítem	Parámetro de distancias y selección	Alternativas en (%)	
		A - 1	A - 2
01	Centros poblados	5	5
02	Red Vial	4	4
03	Red Hidrográfica	4	4
04	Cobertura Vegetal	4	4
05	Fallas geológicas	15	15
06	Pendientes	8	8
07	Instituciones Educativas y Centros de Salud.	4	4
08	Uso actual del Suelos	25	30
09	Geología	5	5
10	Granjas y crianza de animales	5	5
11	Áreas de los dos sitios	10	5
12	Ruta óptima	4	5
	Total	**93 %**	**94 %**

En la tabla 20 se muestra el resultado de la evaluación para la selección de las alternativas A1 y A2. donde el orden de elegibilidad para la Alternativa - 1 es (93%), mientras tanto para la Alternativa - 2 es (94%). Por consiguiente, la alternativa A2 es la

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

más adecuada para la ubicación del relleno sanitario en el distrito de Ayaviri. Comparando el resultado con el de Torres (2021) se asemejan, que obtuvo un área de 5 ha para un relleno sanitario y fue evaluado al 100%, para el distrito de San Ignacio, Cajamarca, Peru.

En esta presentación de los resultados, el área para la alternativa 2 fue de 19.47 ha, para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri; además comparando el estudio realizado por Jimenez (2019), se asemejan, en su investigación sobre "Ubicación óptima de un relleno sanitario para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá utilizando Sistemas de Información Geográfica", obtuvo como resultado dos predios dentro del municipio de Barbosa, Antioquia, con áreas de ,19 Ha y 16,0 Ha.

4.2. EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LA UBICACIÓN ÓPTIMA

4.2.1. Resultados para el objetivo específico O2: estudios técnicos.

Cálculo de área para el Relleno Sanitario

Según el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Ayaviri (2022), la generación per cápita de residuos sólidos municipales es de 0.42 Kg/hab/día, con un densidad de 224.10 kg/m³ y densidad de residuos compactados es de 437.03 kg/m³, la población actual es de 25.484 habitantes y la tasa de crecimiento poblacional es 0.048%; con estos datos y la metodología mencionada se obtuvo la proyección poblacional, el volumen total diario y anual para los años de vida útil del relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 21: Proyección poblacional, peso total diario y anual para los años de vida útil del relleno sanitario.

Año	Proyección poblacional (hab)	Peso total diario (kg/día)	Peso total anual (tn/año)
2022	25.484	10.703	3.906
2023	26.707	11.216	4.093
2024	27.989	11.755	4.290
2025	29.332	12.319	4.496
2026	30.740	12.910	4.712
2027	32.216	13.530	4.938
2028	33.762	14.180	5.175
2029	35.383	14.860	5.423
2030	37.081	15.574	5.684

También se calcularon los valores necesarios para determinar el área y el volumen del relleno sanitario durante su vida útil en el distrito de Ayaviri.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 22: Cálculo del área requerida para el relleno sanitario.

Año	% desechable Pta (Tn/año)	Volumen anual compactado (m^3 /año)	Volumen de material de cobertura (m^3 /año)	Volumen de relleno sanitario anual (m^3)	Área relleno sanitario (m^2)
2022	1,562	3,574	536.1	4,110.1	513.76
2023	1.637	3.745	561.75	4,306.75	538.34
2024	1.716	3.926	588.9	4,514.9	564.36
2025	1.798	4.114	617.1	4,731.1	591.38
2026	1.884	4.310	646.5	4,956.5	619.56
2027	1.975	4.519	677.85	5,186.85	648.35
2028	2.070	4.736	710.4	5,446.4	680.8
2029	2.169	4.963	744.45	5,707.45	713.43
2030	2.273	5.201	780.15	5,985.15	748.14
		Área total requerida del relleno sanitario			5,618.12 m^2

Por lo tanto, el área requerida para el relleno sanitario es de 5,618.12 m^2 o 0.56 ha, mientras tanto la ubicación óptima de la A-2 es de 194,690.07 m^2 o 19.47 ha, lo cual indica que la A-2 tiene un área mucho más extensa que el área requerida, señalando que es aceptable la A-2 y esta área cubrirá las necesidades del distrito de Ayaviri por un total de 8 años de vida útil, considerando una profundidad de celda de 8 metros; este es un valor aceptable considerando que Charpentier et al. (2018) trabajaron para diez años de

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

vida útil en el relleno de la región de Intag, Cotacachi, Ecuador. El valor de la profundidad puede variar según los estudios de suelos al encontrar el nivel freático, en caso sea un valor cercano a dos metros se deberá considerar ampliar el área del terreno y disminuir la profundidad del relleno sanitario (Poveda 2018).

Estudio de suelos

Para el estudio de suelos se realizó un ensayo de campo en el área seleccionada de la (alternativa A-2) con coordenadas UTM: (x 321684.06 ; y 8354678.33), para determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo (k); se utilizó la ecuación propuesta por la FAO; a su vez identificar el tipo de suelo y la clase de permeabilidad según los valores resultantes.

Tabla 23: Resultados de las pruebas de permeabilidad del suelo

#	tiempo (s) t	Pérdida de carga hidráulica (cm) H
1	600	5
2	600	5
3	600	4.70

en la tabla 23 se muestran los resultados de la permeabilidad del suelo, y otros resultados obtenidos **"In situ"** en el anexo 08, y se obtuvo el diámetro del tubo ($D = 10\,cm$), profundidad al inicio ($h1 = 70\,cm$), para la determinación del coeficiente de permeabilidad del suelo la FAO propone la siguiente ecuación:

$$K = (\frac{D}{2}) * ln(\frac{h1}{h2}) / 2(t_2 - t_1)$$

Cálculos:

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

- **Carga total promedio.**

$$H_{Prom} = \frac{\Sigma H}{n}$$

$$H_{Prom} = \frac{(5 + 5 + 4.70)\ cm}{3}$$

$$H_{prom} = 4.9\ cm$$

- **Cálculo de la profundidad consecutiva al final h_2:**

$$h_2 = h_1 - H_{prom}$$

$$h_2 = 70\ cm - 4.9\ cm$$

$$h_2 = 65.1\ cm$$

- **Coeficiente de permeabilidad.**

$$K = (\frac{D}{2}) * ln(\frac{h1}{h2}) / 2(t_2 - t_1)$$

$$K = (\frac{10\ cm}{2}) * ln(\frac{70\ cm}{65.1\ cm}) / 2(600\ s)$$

$$K = (5\ cm) * 0.072 / 1200\ s$$

$$K = 0.0003\ cm/s$$

$Conversiones:$

$$K = 3 \times 10^{-4}\ cm/s$$

$$K = 1.08\ cm/hora$$

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 24: Resultado del índice de permeabilidad cm/hora.

Clases de permeabilidad de los suelos	Índice de permeabilidad cm/hora
Muy lenta	menor de 0.13
Lenta	0.13 - 0.3
Moderadamente lenta	0.5 - 2.0
Moderada	2.0 - 6.3
Moderadamente rápida	6.3 - 12.7
Rápida	12.7 - 25
Muy rápida	mayor de 25

FUENTE: (Permeabilidad del suelo, FAO)

En la tabla 24 se muestra el resultado del índice de permeabilidad, donde el valor del coeficiente de permeabilidad 1.08 cm/hora, lo resuelto indica que el suelo de la alternativa A -2 para el relleno sanitario, tiene una permeabilidad moderadamente lenta.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Coeficiente de permeabilidad k (cm/s) (Escala logarítmica)

<table>
<tr><td>K (cm/s)</td><td>10^{2}</td><td>10^{1}</td><td>10</td><td>10^{-1}</td><td>10^{-2}</td><td>10^{-3}</td><td>10^{-4}</td><td>10^{-5}</td><td>10^{-6}</td><td>10^{-7}</td><td>10^{-8}</td><td>10^{-9}</td></tr>
<tr><td>Drenaje</td><td colspan="6">Bueno</td><td>Malo</td><td colspan="5">Prácticamente impermeable</td></tr>
<tr><td>Relleno sanitario</td><td colspan="7">Pesimo</td><td colspan="5">Bueno</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Tipo de suelo</td><td rowspan="2">Grava gruesa (Cascajo)</td><td rowspan="2">Arana limpia, arena mezclada con grava</td><td colspan="5">Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y arcilla</td><td rowspan="2" colspan="5">Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación y la intemperización</td></tr>
<tr><td colspan="5">Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización</td></tr>
</table>

Figura 33: Resultado del coeficiente de permeabilidad del suelo.

En la figura 33 se muestra el valor del coeficiente de permeabilidad del suelo para la alternativa A - 2, donde el resultado de permeabilidad presenta $3 \times 10^{-4}\, cm/s$, y se describe que tiene un drenaje malo, para el uso en un relleno sanitario como única capa de infiltración es pésimo dado que aún es permeable. Finalmente, el tipo de suelo cuenta con arena muy fina, con una mezcla de suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y arcilla.

Comparando el resultado con el de Mamani & Loaiza (2021), que encontró un valor similar de $6.2 \times 10^{-4}\, cm/s$ el cual tampoco cumple la capacidad de utilizarse como impermeabilizante, ya que el valor mínimo considerado es de $10^{-7}\, cm/s$; se deberá optar por un tipo de geomembrana que garantice la impermeabilidad del relleno sanitario. Ito (2020) sugiere una de tipo LLDPE (polietileno de disminuida densidad rectelinea) de 2 mm en toda el área de las trincheras del relleno sanitario.

Estudio meteorológico

Los datos de precipitación pluvial, temperatura, dirección y velocidad del viento fueron obtenidos de las estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

(SENAMHI) más cercanas a la alternativa A-2 de la ubicación óptima para el relleno sanitario, las cuales se detallan a continuación.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 25: Clima de la estación Ayaviri, más cercana alternativa A-2.

Estación: AYAVIRI

Departamento:	Puno	**Provincia:**	Melgar	**Distrito:**	Ayaviri
Latitud:	14°52'7.56"	**Longitud:**	70°35'29.8"	**Altitud :**	3941 msnm.
Tipo :	Estación Meteorológica Convencional			**Código :**	114038

PRECIPITACIÓN (mm/mes) del año 2022

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dis	**Total**
222.7	105.5	152.7	52.6	0	0	1.6	7.4	2.5	1.1	1.8	69.3	**617.2**

La desviación estándar promedio es de 2.30

TEMPERATURA Máx (°C) del año 2022

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dis	**Total**
15.9	16.1	16.6	17.6	17.3	16.2	17.7	17.9	19.6	20.5	21.7	18.7	**18.0**

La desviación estándar promedio es de 1.70

TEMPERATURA Min (°C) del año 2022

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dis	**Total**
3.9	4.3	3.8	-0.5	-4.6	-6.9	-6.8	-4.1	-1.7	-1.7	0.0	2.2	**-1.0**

La desviación estándar promedio es de 3.85.

Fuente: (SENAMHI, 2022).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

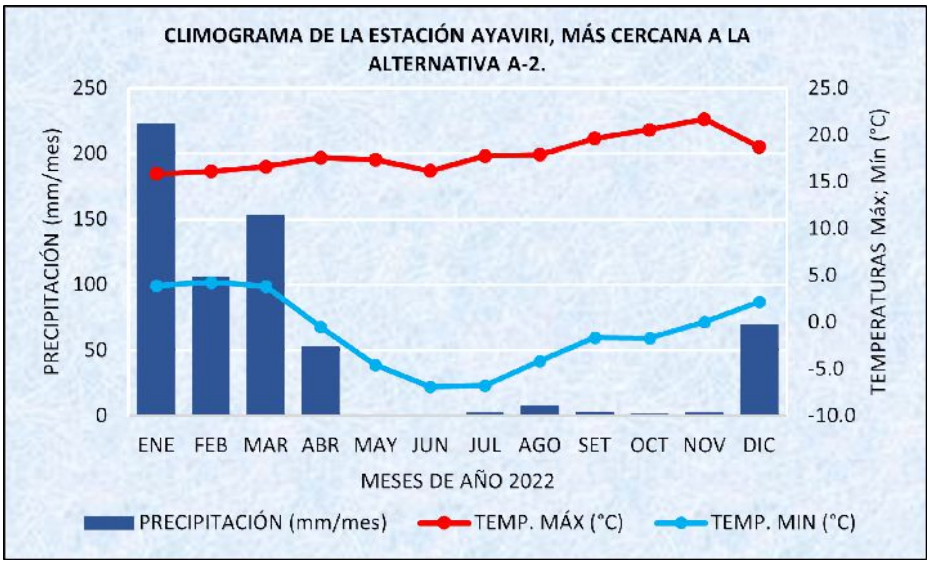


Figura 34: Climograma de la estación Ayaviri.

Fuente: (SENAMHI, 2022).

En la figura 34 se muestra climograma, en donde los meses de mayo, junio, julio, agosto septiembre, octubre y noviembre son los de menor índice de precipitación pluvial, siendo su máximo valor 7.4 mm/mes; y los meses de enero, febrero, marzo, abril y diciembre son los de mayor índice de precipitación llegando a una precipitación máximo de 222.7 mm/mes en el mes de enero. Comparando el resultado con Mamani (2020) es alejan, en su estudio meteorológico de precipitación pluvial determinó que los meses que más llueven llegan a 17 mm considerando este como un valor óptimo para el relleno sanitario; por lo que se puede considerar a los resultados obtenidos en el estudio como valores altos para el relleno sanitario del distrito de Ayaviri.

En la figura 34 se muestra climograma, en donde los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre son los que registran los niveles más bajos de temperatura mínima, llegando hasta -6.9 °C como promedio mensual del mes de junio, los valores más altos se registran en los meses de setiembre, octubre y noviembre llegando a una temperatura máxima hasta 21.7 °C como promedio mensual del mes de noviembre. Comparando estos valores con los que obtuvo Chusden (2022) que son temperaturas variantes entre 15°C y 35°C, las cuales son consideradas buenas al

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

favorecer la descomposición orgánica, trayendo consigo la presencia vectores transmisores de enfermedades, estas temperaturas solo se podrían aprovechar en el caso de implementarse una planta de compostaje.

Rosa de vientos

Para el estudio de dirección y velocidad del viento solo se consideró a la estación más cercana a la alternativa A-2 donde se ubico el relleno sanitario del distrito de Ayaviri, la estación más cercana y se detalla a continuación:

Tabla 26: Clima de la estación Ayaviri, más cercana alternativa A-2.

Estación: PALCA					
Departamento:	Puno	**Provincia:**	Lampa	**Distrito:**	Vilavila
Latitud:	15°14'9.12''	**Longitud:**	70°35'35.34"	**Altitud :**	4073 msnm.
Tipo :	Estación Meteorológica Automática			**Código :**	472E37C6

Fuente: (SENAMHI, 2022).

De la tabla 26 se utilizaron los datos desde el mes de enero y diciembre del año 2022 haciendo un total de 8,744 registros de hora, dirección del viento (°), velocidad del viento (m/s) y precipitación (mm/hora), los mismos que fueron geoprocesados en el software WRPLOT View, generando una rosa de vientos para una mejor interpretación.

A través de la escala de Beaufort se realizará una mejor interpretación de la rosa de vientos ubicado en la alternativa A-2 para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, donde la energía del viento se mide en Beaufort, cuyas dimensiones van de cero (calma) a brisa susceptible, brisa ligera, chispeante, fresca y vendaval hasta 12 (vendaval de tormenta). La velocidad del viento se mide en metros por segundo (m/s),

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

kilómetros por hora (km/h) o nudos. También esta escala nos permitirá interpretar si es visible la ubicación óptima del relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, evaluando a qué direcciones se esparcía el olor, y a través de esto prevenir las enfermedades hacia la población del distrito de Ayaviri.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

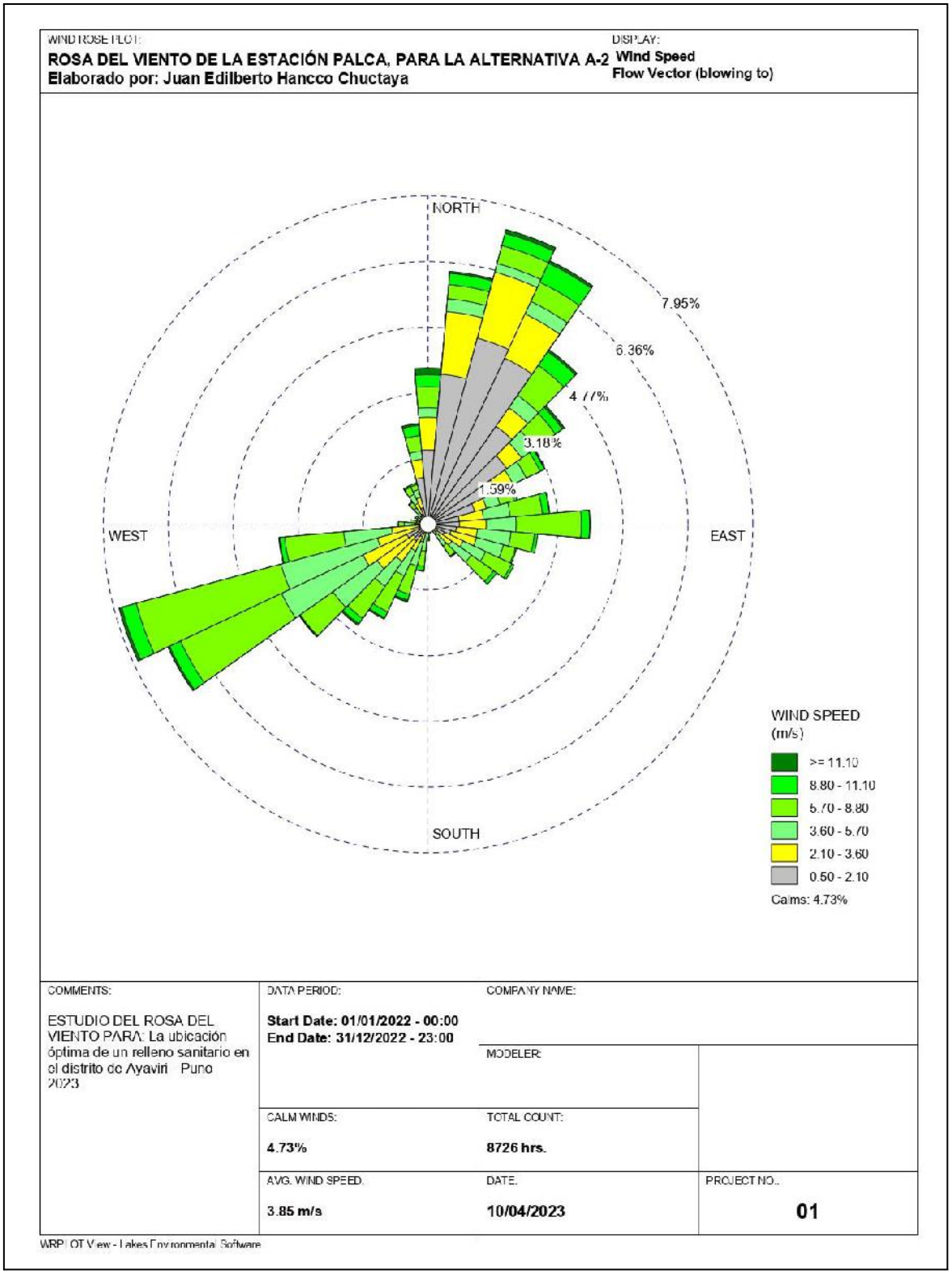


Figura 35: Climograma de la estación Ayaviri.

Fuente: (SENAMHI, 2022).

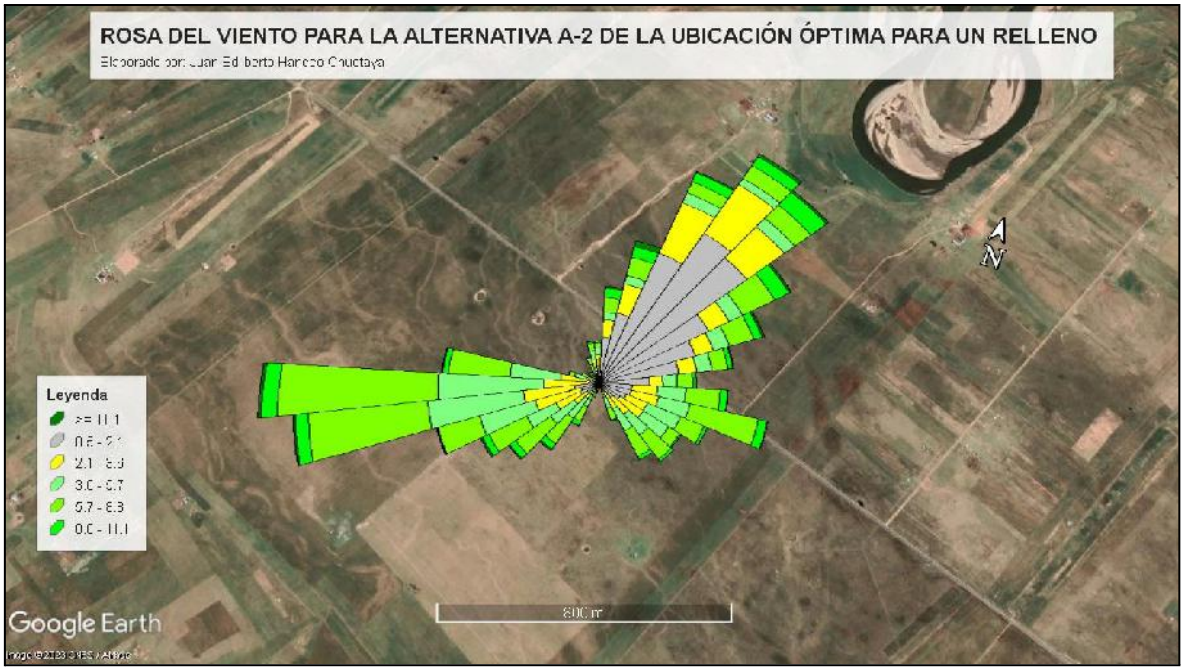


Figura 36: Rosa de vientos en el área de ubicación del Relleno Sanitario.

Fuente: (Google Earth Pro).

En la Figura 36 se puede notar la predominancia de la dirección del viento (sotavento), donde aproximadamente el 45% de los registros se dirigen al norte (Distrito de Orurillo) a una velocidades entre 0.5 y 3.60 m/s, otro 45% se dirige al suroeste (distrito de Ocuviri) a una velocidades similar que la anterior, entre 2.1 y 5.70 m/s; finalmente el 10% está dispersos en las demás direcciones. Comparando estos resultados con los de Vidal et al., (2021), encontraron que los vientos predominantes soplan en sentido contrario al urbanismo y centros poblados, para evitar malos olores. Cabe indicar que las velocidades anotadas son en su mayoría eminentes por lo que podría ayudar a la dispersión de los malos olores producidos por el relleno sanitario del distrito de Ayaviri tomando en cuenta que ninguna ciudad o población será afectado por los malos olores ya que los vientos se dirigen a sentidos contrarios de una población, para una mejor vista se muestra en el anexo 07.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Número de Beaufort	m/seg	Km/h	Denominación	Efecto en tierra
0	0 - 0.2	0 - 2	Calma	Calma, el humo asciende verticalmente
1	0.3 - 1.5	2 - 6	Ventolina	El humo indica la dirección del viento
2	1.6 - 3.3	7 - 11	Flojito (Brisa muy débil)	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos.
3	3.4 - 5.4	12 - 19	Flojo (Brisa Ligera)	Se agitan las hojas, ondulan las banderas.
4	5.5 - 7.9	20 - 29	Bonancible (Brisa moderada)	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	8.0 - 10.7	30 - 39	Fresquito (Brisa fresca)	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada.
6	10.8 - 13.8	40 - 50	Fresco (Brisa fuerte)	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.

Figura 37: La escala de Beaufort, para la interpretación del rosa del viento en (m/seg).

Fuente: Francis Beaufort.

En la Figura 37 se interpreta la velocidad del rosa de viento, donde los registros se dirigen al norte (Distrito de Orurillo) a una velocidades entre 0.5 y 3.60 m/s, indicando que es brisa débil, floja y observamos que las hojas de los árboles se agita con más fuerza y ondulan las banderas. En el otro se dirige al suroeste (distrito de Ocuviri) a una velocidad similar que la anterior, entre 2.1 y 5.70 m/s; indicando, brisas moderadas y observamos que las hojas de los árboles se agitan y se levantan polvos y papeles del suelo, por lo que el evaluador analiza que se deberá construir cercos perimetricos para que no se dispersen los micros basurales y así no sea afectado al ambiente ni a las personas.

Estudio de aprobación social

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

De los pobladores encuestados, en su totalidad afirma residir en el sector hace más de quince años; de acuerdo a las preguntas planteadas para el proyecto solo un 45 % saben o tienen un leve conocimiento del concepto de relleno sanitario. y se visualiza en el anexo 09:

Tabla 27: ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos del distrito de Ayaviri?

Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	2	33%
No	4	67%
Total	**6**	**100%**

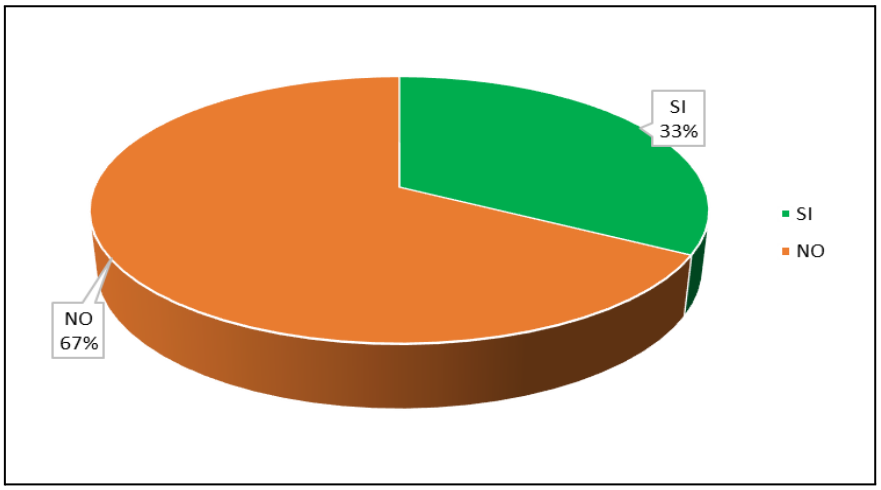


Figura 38: ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos del distrito de Ayaviri?

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Tabla 28: ¿Conoce qué es un relleno sanitario?

Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	1	17%
No	5	83%
Total	**6**	**100%**

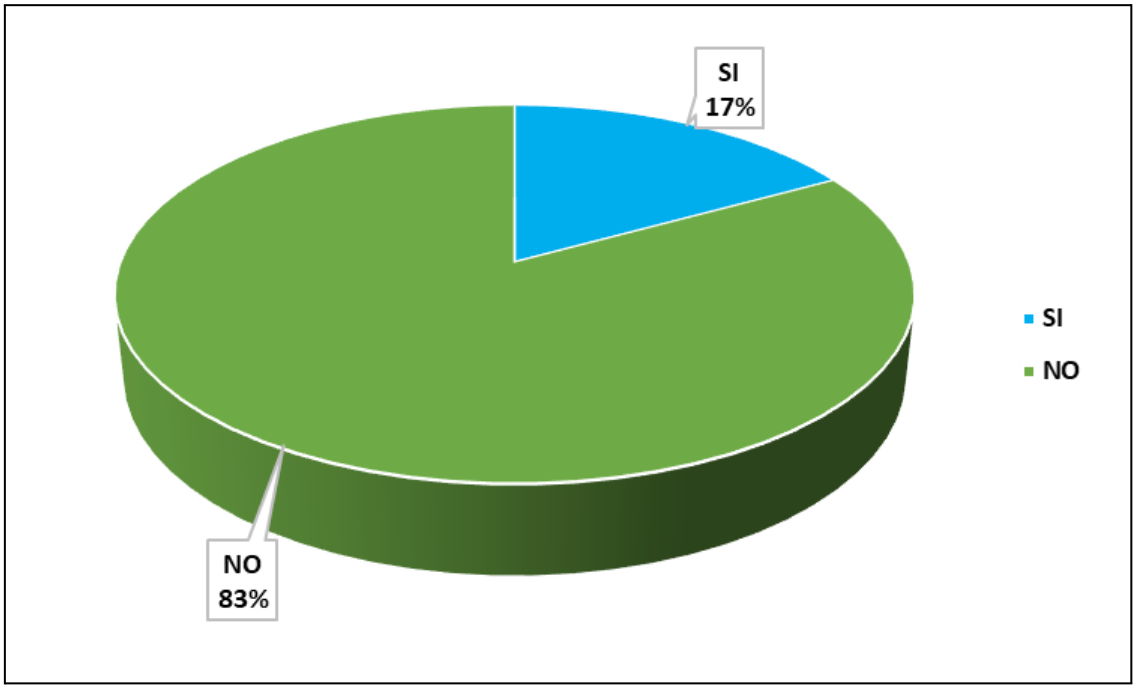


Figura 39: ¿Conoce qué es un relleno sanitario?

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Tabla 29: ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri?

Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	5	83%
No	1	17%
Total	**6**	**100%**

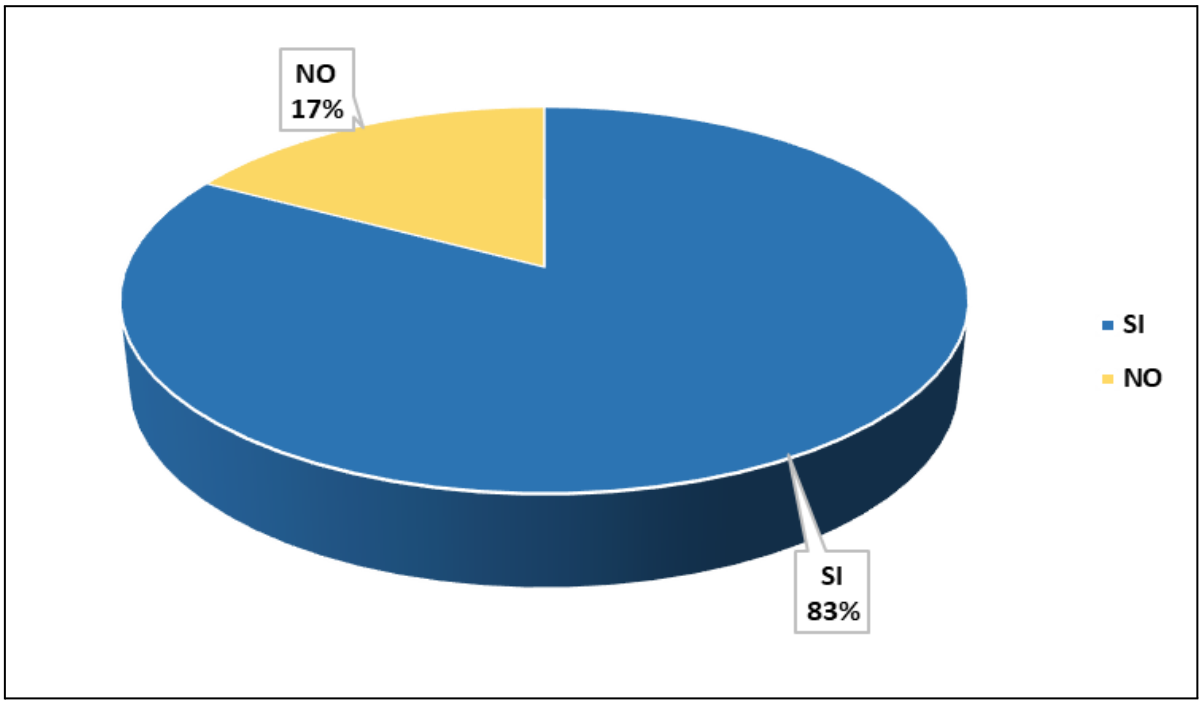


Figura 40: ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri?

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Tabla 30: ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario?

Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	4	67%
No	2	33%
Total	**6**	**100%**

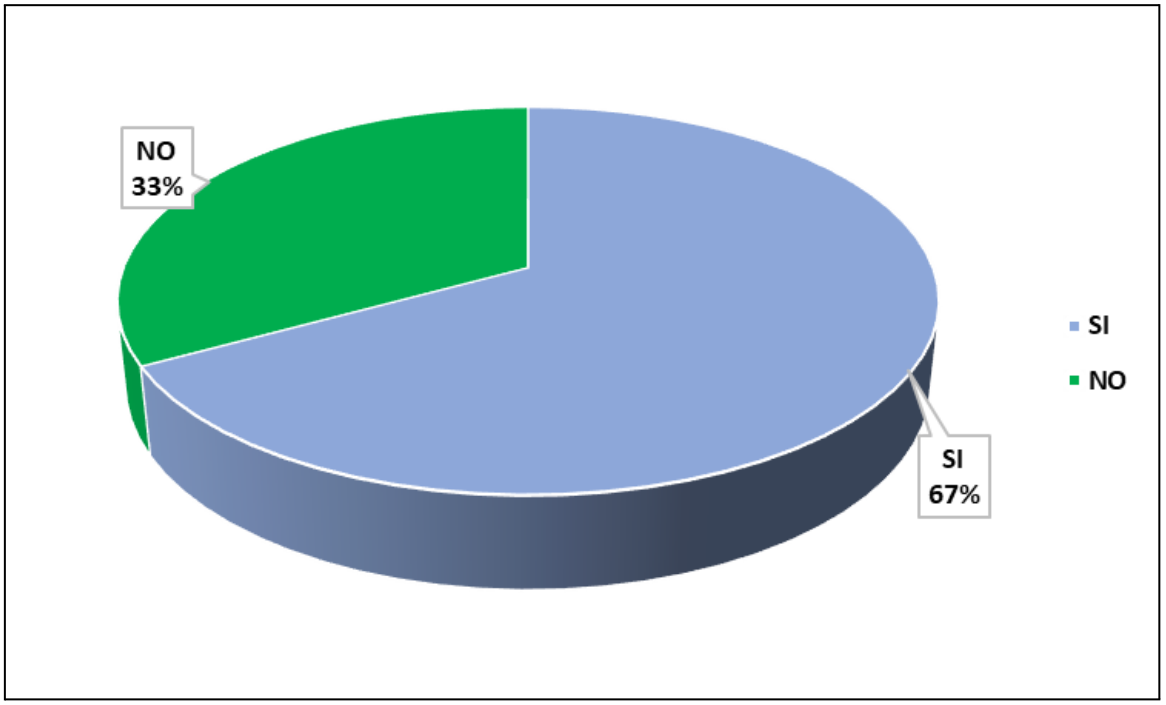


Figura 41: ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario?

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Tabla 31: ¿Está de acuerdo con la construcción de un relleno sanitario?

Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	5	83%
No	1	17%
Total	**6**	**100%**

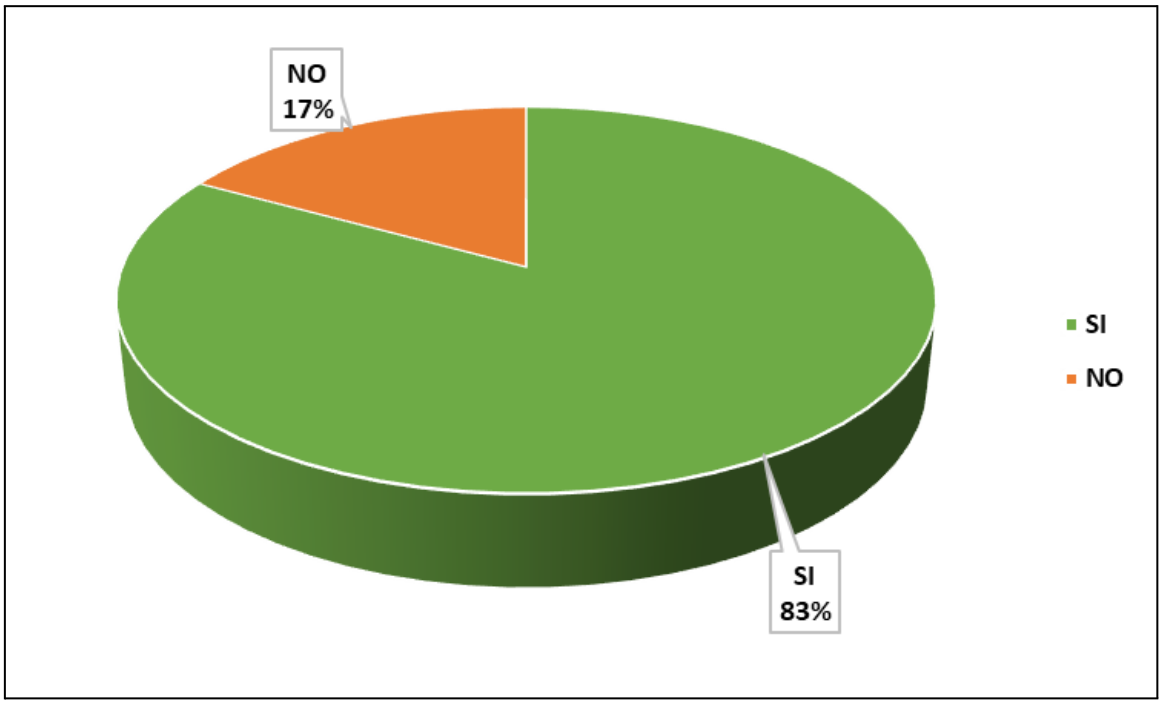


Figura 42: ¿Está de acuerdo con la construcción de un relleno sanitario?

Con este estudio de aprobación social se pudo determinar la viabilidad social del proyecto, siempre y cuando no se afecten las actividades económicas, el bienestar y la salud de los habitantes cercanos al área seleccionada para el relleno sanitario; cabe resaltar el desconocimiento de este tipo infraestructura sanitaria; sin embargo, al conocer su utilidad y el tratamiento de los residuos municipales que realiza, la mayoría de los habitantes está de acuerdo con su construcción.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Evaluación de la alternativa de ubicación del relleno sanitario

Tomando en consideración los estudios técnicos enfocados en la alternativa de ubicación preseleccionada (Alternativa 2), se realizó una evaluación final con la tabla de puntajes máximos por parámetros de evaluación propuesta por el MINAM (2011), así se determinó un puntaje total para asignarle una calificación a la alternativa seleccionada como ubicación del relleno sanitario.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Universidad Privada San Carlos

Tabla 32: Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación para la alternativa A2

Ítem	Parámetro	Valores límite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1.1	Distancia a la población más cercana (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	5
1.2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 1000 (1) < 1000 (-1)	1	5	5	5
1.3	Distancia a aeropuertos o pista de aterrizaje (m)	> 3.0 (1) < 3.0 (-1)	1	2	2	2
1.4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 300 m quebrada seca una parte del año (2), >300 m de rio principal (1) , < 300 m de rio principal (-2) <de 300 m de quebrada seca una parte del año (-1)	2	2	4	4
	Distancia con					

Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Universidad Privada San Carlos

1.5	respecto a la Ciudad de Ayaviri (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	2	2	4	4
1.6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)	2	2	4	4
1.7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo secano (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)	6	5	30	30
1.8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	5	5	5
1.9	Propiedad del terreno	saneado (1) no saneado (-1)	1	10	10	-10
1.10	Vida útil del proyecto en función del área	> 5 años (2) < 5 años (-2)	2	5	10	10

Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA

TESIS

Universidad Privada San Carlos

	del terreno					
1.11	opografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	4	2	8	8
1.12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	2	2	4	-4
1.13	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)	2	5	10	10
1.14	Profundidad de la napa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), Profundidad > 10 m (1)	1	5	5	5
1.15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)	1	5	5	-5
1.16	Dirección predominante del	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	5	5	5

Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Universidad Privada San Carlos

	viento					
1.17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	1	5	5	5
1.18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), Dentro del área natural (-1)	1	5	5	5
1.19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)	1	5	5	5
1.20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	3	5	15	15
2.1	Opinión	Desfavorable (-1) poco Favorable(1) Regular (2) Altamente favorable (3)	3	12	36	36
2.2	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	3	18	54	54

Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA

TESIS

Universidad Privada San Carlos

2.3	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	16	16	16
2.4	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	16	16	16
2.5	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	2	12	24	24
		Total				**2540**

Repositorio Institucional UPSC
REPOSITORIO ALCIRA
TESIS

Tabla 33: Calificación para el puntaje ponderado total de la alternativa A2.

Puntaje Ponderado Total	Calificación
0 - 146	MALO ó Terreno No aceptable o de opción Marginal.
147 -195	REGULAR o terreno moderadamente aceptable
196 -245	BUENO ó Terreno aceptable.
246 - 292	MUY BUENO ó Terreno aceptable de Primera Opción

Para la A2 se obtuvo un puntaje ponderado total de 254 indicando que es muy bueno o terreno aceptable de primera opción, donde el relleno sanitario se puede ejecutar sin problema ninguno en el distrito de Ayaviri, y se generaría un 0.001% del impacto ambiental.

PRUEBAS DE HIPÓTESIS

a) Prueba de hipótesis para el relleno sanitario.

- Hipótesis estadística descriptiva

Ha: La localización del terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri está relacionado significativamente con la Gestión de Residuos Sólidos.

H0: La localización del terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, no está relacionado significativamente con la Gestión de Residuos Sólidos.

- Interpretación

Se localizó el terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

distrito de Ayaviri, está relacionado significativamente con la Gestión de Residuos Sólidos; y esto indica que se acepta la hipótesis alterna (Ha).

b) Prueba de hipótesis para la ubicación óptima.

- Hipótesis estadística descriptiva

Ha: Los estudios técnicos cumplen las condiciones socio ambientales favorables de las áreas óptimas seleccionadas para el relleno sanitario, de acuerdo al MINAM (2011).

H0: Los estudios técnicos no cumplen con las condiciones socio ambientales favorables para las áreas óptimas seleccionadas para el relleno sanitario, de acuerdo al MINAM (2011).

- Interpretación

Los estudios técnicos cumplen las condiciones socio ambientales favorables de las áreas óptimas seleccionadas para el relleno sanitario, de acuerdo al MINAM (2011); y esto indica que se acepta la hipótesis alterna (Ha).

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se concluye que el estudio de selección de área para el relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, Puno; se evaluó las áreas alternativas Alternativa 1 y alternativa 2 para la elección de un terreno óptimo y se pueda dar la construcción del relleno sanitario en el distrito de Ayaviri. De acuerdo a los criterios técnicos definidos en la normativa, guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM y guías metodológicas utilizadas; se seleccionó la alternativa Alternativa 2, como área óptima para la construcción de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri.

SEGUNDA: Se localizaron áreas alternativas de terreno con una superficie y ubicación altamente apropiadas para el relleno sanitario en el distrito de Ayaviri por el método de álgebra de mapas. Dos fueron los sitios altamente óptimas y viables para este tipo de construcción sanitaria, la alternativa 1 y Alternativa 2, están determinadas en áreas ambientalmente compatibles con el tipo de construcción sanitaria, en donde la alternativa A1 cuenta con un área de 37.10 ha, y la alternativa A2 cuenta con un área de 19.47 ha, por consiguiente de acuerdo la guía de diseño y construcción de Relleno Sanitario del MINAM, se optó por la A2 debido que fue la más óptima y sin causar impactos al ambiente, y cuenta con una ruta más óptima de 9.07 km.

TERCERA: Se realizaron a los estudios técnicos y las metodologías utilizadas, fueron favorables en su mayoría; según el cálculo de área requerida para el relleno sanitario y vida útil de ocho años para la Alternativa 2, donde el estudio de la permeabilidad del

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

suelo determinó un drenaje moderadamente lento por lo cual se deberá considerar un medio adicional de capa de infiltración para el relleno sanitario; el estudio meteorológico determinó datos relevantes como promedios mensuales de precipitación pluvial y temperatura, ambos con promedios aceptables de acuerdo a los criterios establecidos y comparado con otras investigaciones similares, y el estudio de dirección y velocidad del viento determinó que no habrá afección a la población más cercana al proyecto; la cual de acuerdo a la tabla de puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación del MINAM (2011), el puntaje total obtenido fue de 254, que califica al terreno como MUY BUENO ó Terreno aceptable de Primera Opción. Por lo tanto, su ubicación estratégica permite evitar o minimizar los impactos socioambientales negativos en el proceso de construcción, operación y cierre.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Según la evaluación del área alternativa seleccionada (A2) para el relleno sanitario del distrito de Ayaviri, se recomienda a la municipalidad distrital de Ayaviri realizar estudios técnicos de mayor grado de incidencia como: la profundidad de la napa freática; ya que al considerarse el terreno a 3 km de distancia al río Ayavirí puede ser un factor determinante al momento de definir el método de construcción del relleno sanitario; así como el estudio de inexistencia de restos arqueológicos y el estudio de impacto ambiental.

SEGUNDA: Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Ayaviri considerar la alternativa A2 que se propone en este estudio para el relleno sanitario, por presentar condiciones favorables en lo económico, ambiental y social. Asimismo, no se descarta la alternativa A1 por tener un potencial similar a la alternativa A2.

TERCERA: Se recomienda al municipio mejorar el plan distrital de manejo de residuos sólidos, además de implementar planes de segregación y reciclaje desde la fuente de generación antes de la planeación de la implementación de un relleno sanitario en el distrito; además de programas de educación y sensibilización ambiental.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

BIBLIOGRAFÍA

Alfonso Rubilar, R. (2023). MANUEL RENATO REYES BIANCHI (1931-2021) Legado científico y significado de su deceso en el ámbito geológico y paleontológico nacional. Andean geology, 50(1), 162-166.

Anticona Lechuga, H. V., y Paliza Vilca, D. I. (2019). Diagnóstico socioambiental de los tiraderos clandestinos de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de San Juan Bautista – Iquitos – Perú, 2019. Universidad Científica del Perú. Recuperado de http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/772

Barrantes, G., Vahrson, W. G., Mora, S., Barrantes, G., Vahrson, W. G., y Mora, S. (2021). Cambios geomorfológicos e hidrológicos inducidos por el terremoto (Mw 7,7) del 22 de abril de 1991 en la provincia de Limón, Costa Rica. Revista Geológica de América Central, (65), 396-415. https://doi.org/10.15517/rgac.v0i65.46881

Benavides Nieves, L. D., y Pinilla Najar, L. A. (2017). Evaluación de la viabilidad técnica de la inyección de vapor en yacimientos de crudo pesado, mediante un modelo analítico (BachelorThesis, Fundación Universidad de América). Fundación Universidad de América. Recuperado de https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6334

Buzai, G. D., y Montes Galbán, E. J. (2021). Estadística Espacial: Fundamentos y aplicación con Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional de Luján. Instituto de Investigaciones Geográficas. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/161048

Cabrera-Medina, J. M., Sánchez-Medina, I. I., Medina-Rojas, F., Cabrera-Medina, J. M., Sánchez-Medina, I. I., y Medina-Rojas, F. (2020). El ingeniero de inclusión y el lenguaje Scratch en el aprendizaje de la matemática. Información tecnológica, 31(6), 117-124. https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000600117

Carrizo, D. (2022). Estudio empírico de la percepción sobre técnicas de educción de

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

requisitos software. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 30(4), 626-634. https://doi.org/10.4067/S0718-33052022000400626

Cerón, L. M., Sarria, J. D., Torres, J. S., Soto-Paz, J., Cerón, L. M., Sarria, J. D., … Soto-Paz, J. (2021). Agua subterránea: Tendencias y desarrollo científico. Información tecnológica, 32(1), 47-56. https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047

Chamba Cumbicos, J. D., y Tonato Andagoya, F. A. (2021). Modelo de análisis espacial multicriterio para la implementación de parques solares mediante Arcgis - caso de aplicación: Empresa Eléctrica Ambato regional centro norte S.A. (BachelorThesis, Quevedo-Ecuador). Quevedo-Ecuador. Recuperado de https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6619

Charpentier Alcívar, A., Freire Mancheno, J. A., Carrera Villacrés, D. V., y Haro Robayo, M. del P. (2018). Modelamiento espacial en la ubicación de un relleno sanitario para la zona de Intag, cantón Cotacachi, Ecuador. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 1(2), 36-42.

Chusden Delgado, Y. C. (2022). Análisis de criterios y estudios de selección del área para una infraestructura final de los residuos sólidos municipales, entre los años 2016 a 2020. Recuperado de http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5298

Correa, N. F., Ribeiro, V. de O., Carvalho, L. A. de, Filho, A. C. P., y Mendes, Y. S. (2022). Álgebra de Mapas na Estimativa Qualitativa de Perda de Solo Anual por erosão hídrica laminar na Bacia do Rio Dourados, Brasil. Terr@ Plural, 16, 1-24.

Escamilla, B. A., y López, Á. L. (2017). Zonas con potencial agroturístico en la región citrícola de Nuevo León, México: Un análisis a partir del álgebra de mapas. Cuadernos de Turismo, (39), 17-40. https://doi.org/10.6018/turismo.39.290371

Espinosa, S., Belardi, J. B., Barrientos, G., Campan, P., y Súnico, A. (2015). Disponibilidad, circulación y uso de materias primas líticas en las cuencas de los

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

lagos Tar y San Martín (provincia de Santa Cruz, Argentina). Intersecciones en antropología, 16, 101-111.

Estrada-Flores, D. I., Chumpitaz-Peralta, M. I., Cossio-Castillo, B. M., Cruz, M. Y. M. D. la, Ore-Flores, S. I., Estrada-Flores, D. I., … Ore-Flores, S. I. (2021). Sentido de comunidad y bienestar psicológico en poblaciones en situación de vulnerabilidad social por desastres naturales. Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales, 17(1), 216-240. https://doi.org/10.18004/riics.2021.junio.216

Flores, N., Castro, I., Aponte, H., Flores, N., Castro, I., y Aponte, H. (2020). Evaluación de las unidades de vegetación en Los Pantanos De Villa (Lima, Perú) mediante sistemas de información geográfica y teledetección. Arnaldoa, 27(1), 303-321. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27119

Franco, W. R., Catucuago, C. L., Alvarez, W. G., Bazantes, K. del R., Franco, W. R., Catucuago, C. L., … Bazantes, K. del R. (2021). Uso pecuario intensivo, propiedades químicas del suelo y sostenibilidad en los Andes al norte del Ecuador. Ciencia del suelo, 39(1), 79-93.

García, R., y Julieth, A. (2019). Guía para la construcción de rellenos sanitarios en municipios del norte de Boyacá. Recuperado de http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/20294

Gatica Vásquez, C., y Mozombite Paredes, J. (2021). El derecho a un ambiente sano y los residuos sólidos en el relleno sanitario de San Martin – 2020. Repositorio Institucional - UCV. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84453

Gonzalez, E. B. (2019). Humedales de la llanura costera de Ajó - Samborombón: Identificación y caracterización mediante herramientas de teledetección. Recuperado de https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/82786

Graziani, P. (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos:

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Oportunidades en América Latina. Books. Recuperado de https://ideas.repec.org//b/dbl/dblbks/1247.html

Hernán-García, M., Lineros-González, C., y Ruiz-Azarola, A. (2022). Cómo adaptar una investigación cualitativa a contextos de confinamiento. Gaceta Sanitaria, 35, 298-301. https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.06.007

Herrera Candelario, S. L., y Panta Failoc, L. F. (2018). Estudio de la influencia de la napa freática en el diseño del pavimento de la pista de aterrizaje del aeropuerto teniente FAP Jaime Montreuil Morales de la ciudad de Chimbote, usando el software faarfield. Repositorio Institucional - UNS. Recuperado de http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3064

Ito Capacoila, Y. (2020). Identificación de áreas potenciales para relleno sanitario aplicando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Coata—Puno. Recuperado de https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4678

Jiménez Reyes, R. (2019). Propuesta para la ubicación de un relleno sanitario mediante el uso de herramientas de SIG en el municipio de Zitácuaro, Michoacán. Recuperado de http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105114

Mamani Mamani, G. J., y Loaiza Puma, V. R. (2021a). Análisis multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) para la ubicación de un relleno sanitario en la provincia de San Román—Puno. Recuperado de https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5134

Mamani Mamani, G. J., y Loaiza Puma, V. R. (2021b). Análisis multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) para la ubicación de un relleno sanitario en la provincia de San Román—Puno. Recuperado de https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5134

Mamani Quiroz, V. (2020). Identificación de áreas potenciales para la instalación del relleno sanitario aplicando sistemas de información geográfica, en el distrito de

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Huayrapata, Provincia de Moho, Puno-2020. Recuperado de https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3760

MINAM. (2011). Guía para el Diseño Construcción, Operación, Mantenimiento y Monitoreo de Relleno Sanitario Mecanizado. Recuperado 11 de abril de 2023, de https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2757-guia-para-el-diseno-construccion-operacion-mantenimiento-y-monitoreo-de-relleno-sanitario-mecanizado

Moreno Eustaquio, W. (2017). Moldeamiento y simulación del diseño de un relleno sanitario Semi-Mecanizado. Recuperado de https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/1721

Muñoz, C. D. S. (2022). ESTRATEGIAS DE RECUPERACIÓN DE PREDIOS BALDÍOS EN LA CIUDAD DE TOLUCA. PROSPECTIVA DE ORDENAMIENTO URBANO. Revista de Direito da Cidade, 13, 1783-1802. https://doi.org/10.12957/rdc.2021.32574

Pasqualino, J., Cabrera, C., y Vanegas Chamorro, M. (2015). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el Caribe Colombiano. Prospectiva, 13(1), 68-75. https://doi.org/10.15665/rp.v13i1.361

Pati Limachi, A., Ramos Flores, M. E., Pati Limachi, A., y Ramos Flores, M. E. (2021). Análisis multicriterio para la identificación de áreas agroecológicas para el centro experimental Cota Cota, Ciudad de La Paz-Bolivia. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 8(2), 102-112. https://doi.org/10.53287/ehoi6370fd86e

Pingus, A. W. E. (2019). Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica distrito de Chachapoyas Amazonas- 2017. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería, 1(3), 71-77. https://doi.org/10.25127/ucni.v1i3.429

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Poveda, J. J. (2018). Plan de Manejo Ambiental del relleno sanitario Pacandé—Natagaima (Tolima). Recuperado de http://repository.unad.edu.co/handle/10596/14730

Ramos, R. S. L., Flores, D. M. C., Abarca, D. A. S., Pilco, V. A., Vargas, A. J. P. M., y Juli, R. M. (2020). Caracterización de residuos sólidos y diseño de un relleno sanitario manual para del distrito La Yarada Los Palos. INGENIERÍA INVESTIGA, 2(2), 431-443. https://doi.org/10.47796/ing.v2i2.416

Salviatto, V. H., Barbosa Fontanele, H., Salviatto, V. H., y Barbosa Fontanele, H. (2021). Índice para evaluar el estado de los pavimentos urbanos flexibles basado en un análisis multicriterio constructivista. Revista ingeniería de construcción, 36(2), 107-116. https://doi.org/10.4067/S0718-50732021000200107

Sepúlveda, L., y Andrés, C. (2020). Tipos de reciclaje y separación en la fuente, como métodos para disminuir el porcentaje de materiales aprovechables que llegan al relleno sanitario doña Juana en la ciudad de Bogotá. Recuperado de http://repository.unad.edu.co/handle/10596/37256

Severino-González, P., Sarmiento-Peralta, G., Villar-Olaeta, J., Ramírez-Molina, R. I., Severino-González, P., Sarmiento-Peralta, G., … Ramírez-Molina, R. I. (2022). Consumo sustentable socialmente responsable: El caso de estudiantes universitarios de una ciudad de Perú. Formación universitaria, 15(1), 219-230. https://doi.org/10.4067/S0718-50062022000100219

Torres Rimache, J. Y. (2021). Delimitación de áreas adecuadas para rellenos sanitarios utilizando SIG y selección por AHP en la provincia de Yungay, Áncash, 2021. Repositorio Institucional - UCV. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75885

Ulloa, A. (2017). Dinámicas ambientales y extractivas en el siglo XXI: ¿es la época del Antropoceno o del Capitaloceno en Latinoamérica? Desacatos, (54), 58-73.

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Vidal, J. M. E., Gómez, O. R. T., Tafur, J. D., y Torres, R. K. M. (2021). Sistemas de Información Geográfica y Localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 24(48), 217-227. https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21774

Zaki, A., Buchori, I., Sejati, A. W., y Liu, Y. (2022). An object-based image analysis in QGIS for image classification and assessment of coastal spatial planning. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 25(2), 349-359. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.03.002

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

ANEXOS

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

Universidad Privada San Carlos

Anexo 01: Matriz de consistencia.

Aplicación del software QGIS para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri - Puno, 2023.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo contribuirá la aplicación del software QGIS para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri - Puno, 2023?. PROBLEMAS	OBJETIVO GENERAL Aplicar el software QGIS para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri - Puno 2023.	HIPÓTESIS GENERAL La aplicación del software QGIS es potencialmente significativa para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de	**Variable Independiente:** Relleno sanitario. **Variable Dependiente:** Ubicación óptima	Temperaturas Precipitaciones Deforestación	**Instrumentos de recolección de datos** - Badila - Binoculares. - GPS de garmin. - Cámara. - Brújula. * Estudio visual. * Sistemas de	**Técnicas de análisis** ~ Softwares QGIS, (v3.26.17), R-Studio, (v2.8.7). ~ Validación en campo (Fotografías). **Tipo de Investigación**

Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA

TESIS

Universidad Privada San Carlos

ESPECÍFICOS **P1** ¿El distrito de Ayaviri cuenta con un terreno de extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario?. **P2** ¿Los estudios técnicos presentan las condiciones socio ambientales favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario?.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS **O1.** Localizar el terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri. **O2.** Elaborar estudios técnicos que	Ayaviri - Puno 2023. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS **H1.** La localización del terreno con la extensión y ubicación óptima para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri está relacionado significativamente			información geográfica (GIS). * Programación.	- Descriptivo, correlacional y predictivo. **Diseño de Investigación** - No Experimental **Método** - Deductivo - Inductivo. **Zona de estudio** Distrito de Ayaviri - Puno - Peru.

Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA

TESIS

Universidad Privada San Carlos

	presten las condiciones socio ambientales favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri, considerando los criterios de la tabla de puntajes máximos por	con la Gestión de Residuos Sólidos. **He2.** Los estudios técnicos cumplen las condiciones socio ambientales favorables de las áreas óptimas seleccionadas para el relleno sanitario, de acuerdo al MINAM (2011).				

Repositorio Institucional UPSC
REPOSITORIO ALCIRA
TESIS

Universidad Privada San Carlos

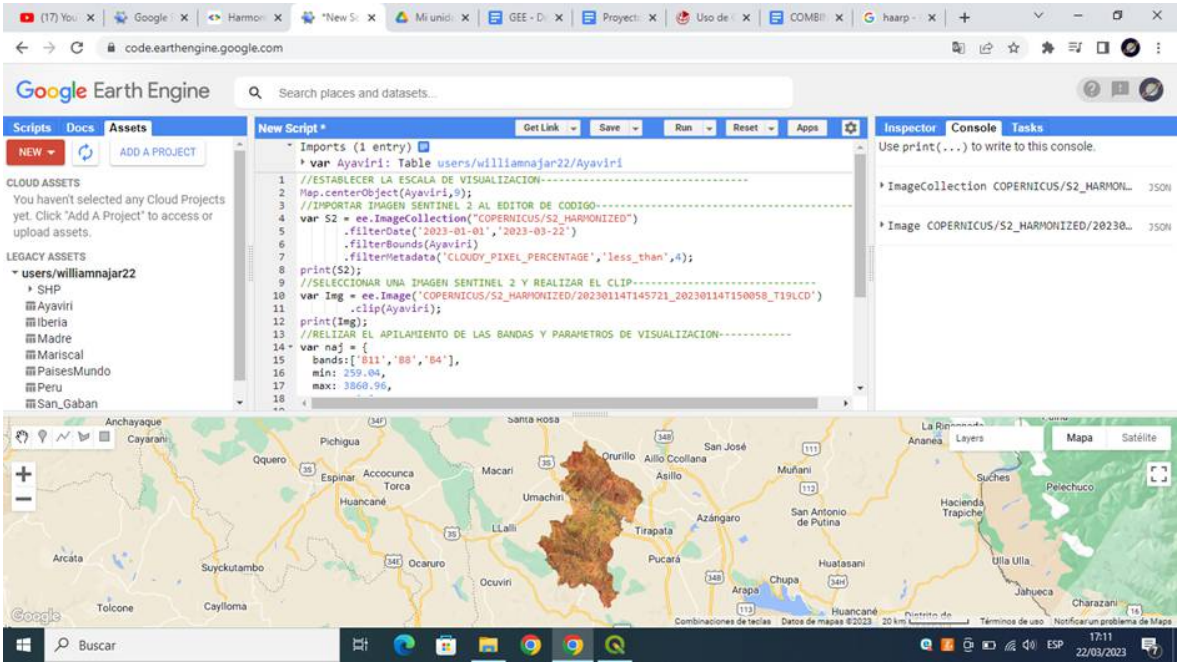
	parámetros de evaluación propuesta por el MINAM (2011).					

Repositorio Institucional UPSC

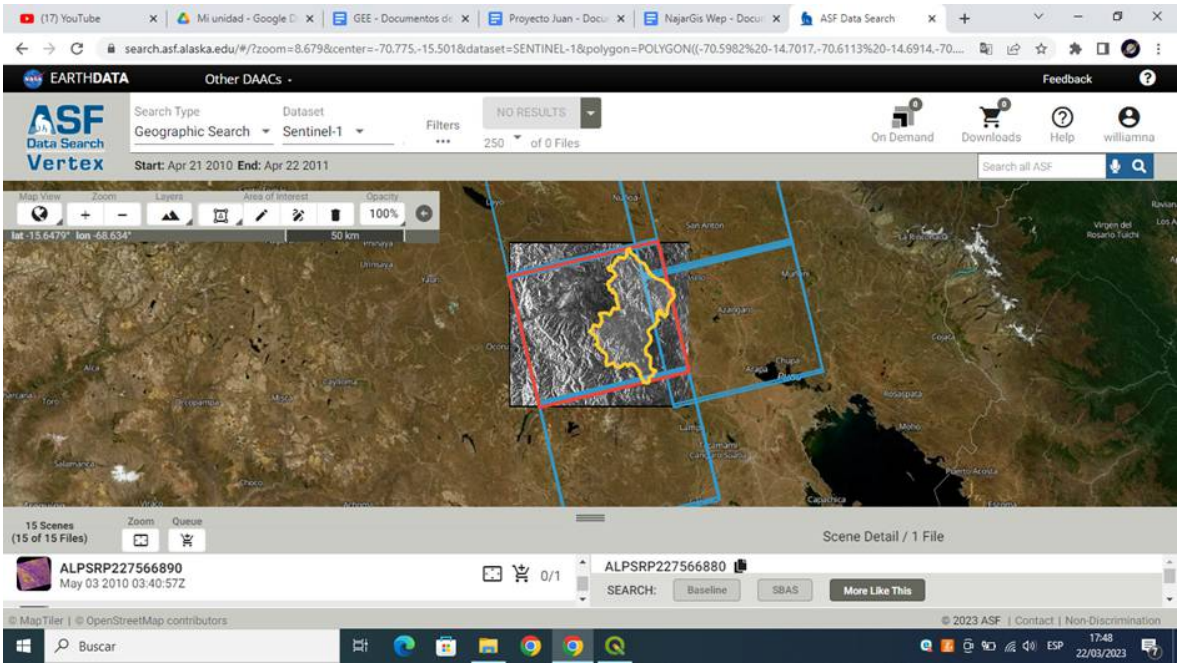
REPOSITORIO ALCIRA

TESIS

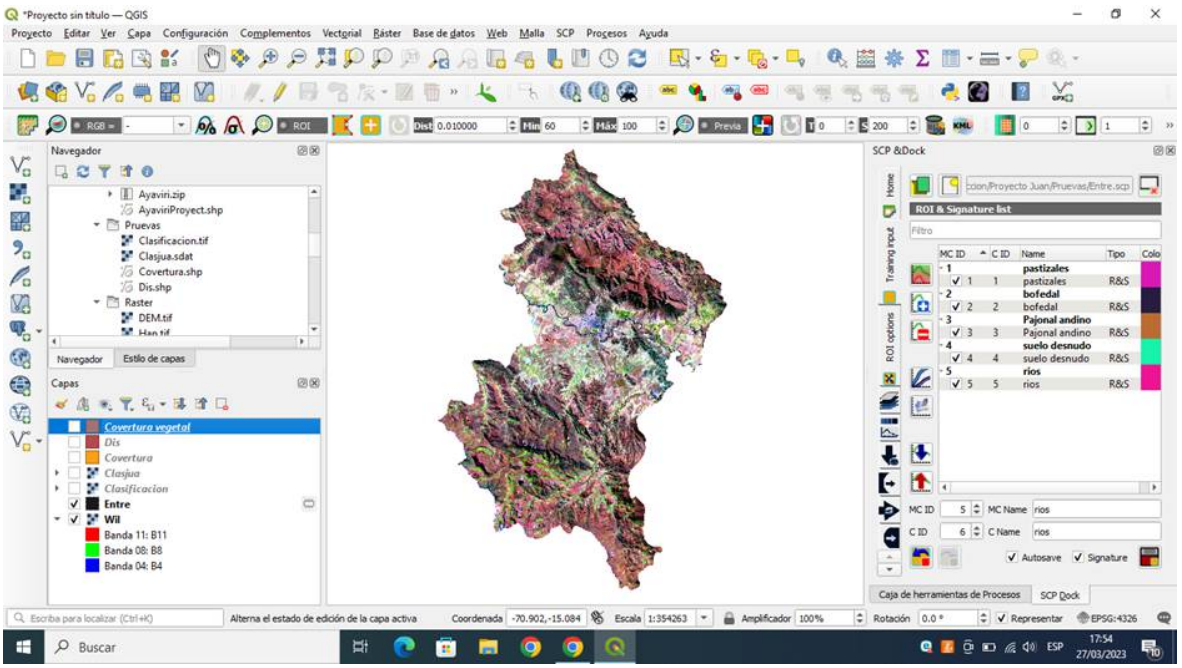
Anexo 02: Descarga y obtención de la imagen satelital de google earth engine.



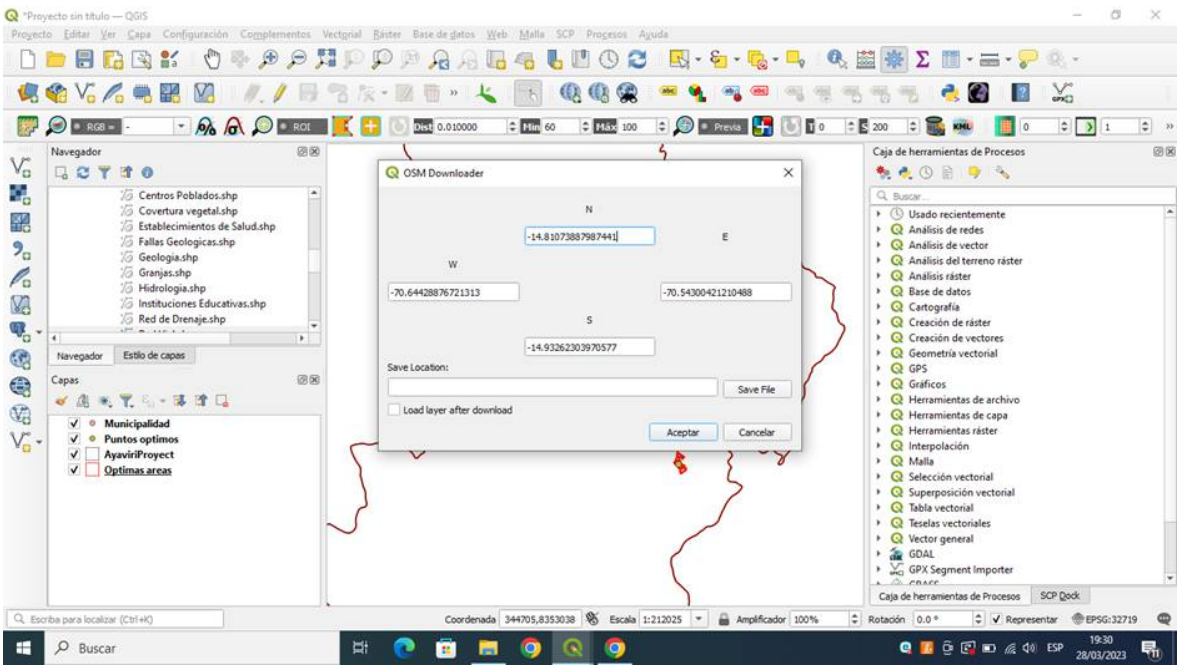
Anexo 03: Geoportales de descargas



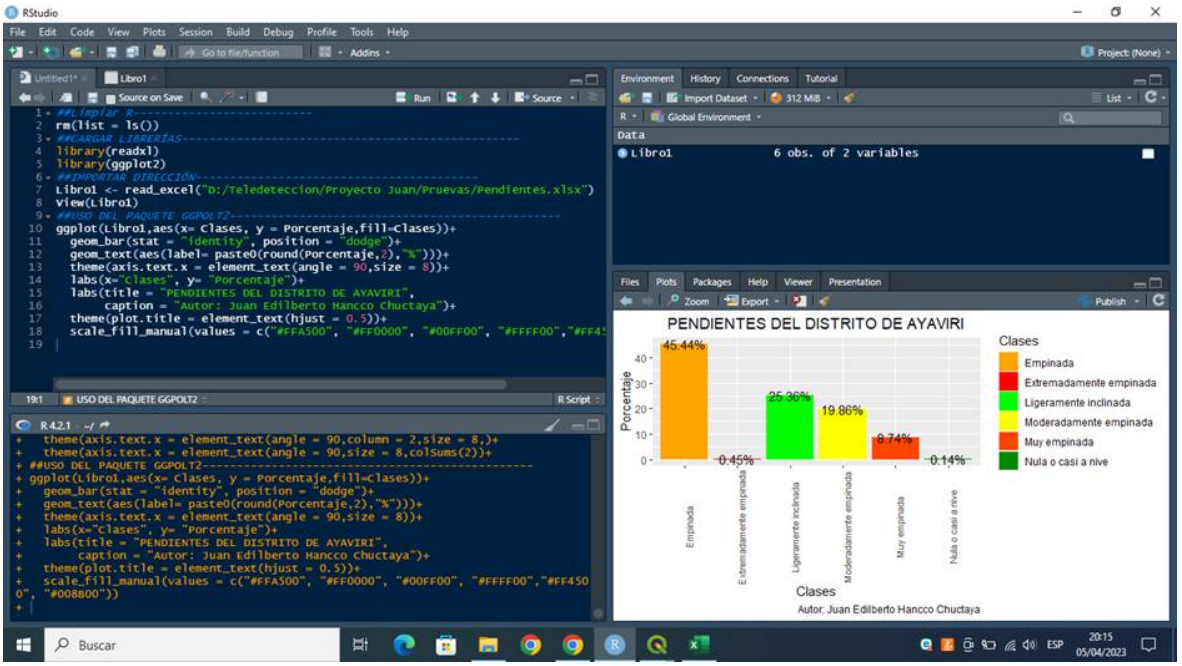
Anexo 04: Geoprocesamiento para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el software qgis.



Anexo 05: Geoprocesamiento para la ruta óptima.



Anexo 06: Elaboración de gráficos estadísticos en R.



Anexo 07: Análisis de la rosa de viento en A2

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

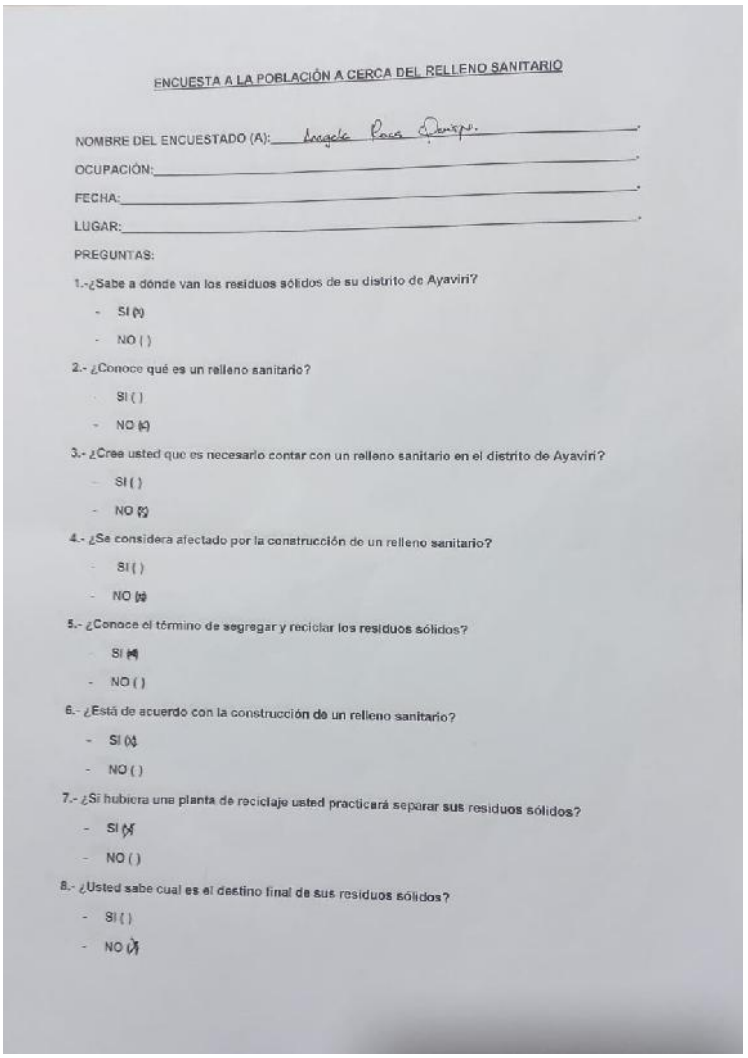
Anexo 08: Muestreo in situ de la permeabilidad del suelo.

Anexo 09: Encuesta hacia la población de Ayaviri

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC

REPOSITORIO ALCIRA TESIS

Anexo 10: Guía de encuesta social.



ENCUESTA A LA POBLACIÓN A CERCA DEL RELLENO SANITARIO

NOMBRE DEL ENCUESTADO (A): Angela Rosa Quispe.

OCUPACIÓN: _____

FECHA: _____

LUGAR: _____

PREGUNTAS:

1.-¿Sabe a dónde van los residuos sólidos de su distrito de Ayaviri?

- SI (x)
- NO ( )

2.- ¿Conoce qué es un relleno sanitario?

- SI ( )
- NO (x)

3.- ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri?

- SI ( )
- NO (x)

4.- ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario?

- SI ( )
- NO (x)

5.- ¿Conoce el término de segregar y reciclar los residuos sólidos?

- SI (x)
- NO ( )

6.- ¿Está de acuerdo con la construcción de un relleno sanitario?

- SI (x)
- NO ( )

7.- ¿Si hubiera una planta de reciclaje usted practicará separar sus residuos sólidos?

- SI (x)
- NO ( )

8.- ¿Usted sabe cual es el destino final de sus residuos sólidos?

- SI ( )
- NO (x)

Universidad Privada San Carlos
Repositorio Institucional UPSC