

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN  
RELLENO SANITARIO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA - PUNO, 2024**

**PRESENTADA POR:**

**CERBELLON TISNADO TISNADO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional Licens](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



# 12.68%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 14 OCT 2024, 12:24 PM

## Similarity report

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

● IDENTICAL  
1.23%

● CHANGED TEXT  
11.45%

## Report #23234723

CERBELLON TISNADO TISNADO // EVALUACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA - PUNO, 2024 RESUMEN La investigación utilizó el software QGIS (v3.26.17) para determinar el sitio más adecuado para la construcción de un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla, Puno, con el objetivo de evaluar las áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica en el distrito de Atuncolla - Puno, 2024. Se aplicó una metodología de muestreo descriptivo mediante la técnica de superposición de mapas, y se incluyeron estudios sobre proximidad, suelos, clima y aprobación social. En los resultados las opciones A1 y A2 se destacaron como áreas apropiadas, siendo la opción A1 seleccionada como la más favorable. Esta ubicación, con un tamaño de 7.93 hectáreas y una vida útil estimada de ocho años, mostró condiciones ideales como un coeficiente de permeabilidad del suelo de  $3 \times 10^{-4}$  cm/s, además de un clima y vientos adecuados. La aceptación social fue positiva, y la evaluación final otorgó a A1 una puntuación ponderada de 254 puntos, calificándola como un terreno "MUY BUENO". En conclusión, se consideró que la ubicación seleccionada para el relleno sanitario es ambientalmente viable y cumple con los criterios técnicos requeridos. Palabras clave: Álgebra de mapas, área óptima, ubicación óptima, relleno sanitario. ABSTRACT The research used QGIS software

Yudy Roxana ALANIA LAQUI

Oficina de Repositorio Institucional

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

EVALUACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN  
RELLENO SANITARIO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA - PUNO, 2024

PRESENTADA POR:

CERBELLON TISNADO TISNADO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

  
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:

  
M.Sc. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESIS

:

  
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

Área: Ingeniería, tecnología.

Sub área: Ingeniería ambiental.

Línea de investigación: Sensores Remotos.

Puno, 24 de octubre del 2024.

## 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.

***Cerbellon Tisnado Tisnado***

## 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. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA quien con su dirección, conocimientos, enseñanza y colaboración, permitió el perfeccionamiento de este trabajo de tesis.

***Cerbellon Tisnado Tisnado***

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>14</b>
1.1.1 Problema general	15
1.1.2 Problemas específicos	15
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>15</b>
1.2.1 Antecedentes internacionales	15
1.2.2 Antecedentes nacionales	17
1.2.3 Antecedentes locales	19
<b>1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>21</b>
1.3.1 Objetivo general	21
1.3.2 Objetivos específicos	21

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
2.1.1 Clasificación de los residuos sólidos según su gestión	22
2.1.2 Población y generación de residuos sólidos	22
2.1.3 Relleno sanitario	23
2.1.4 Selección del área óptimo para un relleno sanitario	27
2.1.5 Criterios para la ubicación óptima de relleno sanitario	28
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>30</b>
<b>2.3. MARCO TEÓRICO NORMATIVO</b>	<b>32</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>32</b>
2.4.1 Hipótesis general	32
2.4.2 Hipótesis específicas	32

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>33</b>
<b>3.2. TAMAÑO DE MUESTRA</b>	<b>34</b>
3.2.1 Población	34
3.2.2 Muestra	34
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>35</b>
3.3.1 Métodos	35
3.3.2 Materiales	36
<b>3.4 METODOLOGÍA POR OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>36</b>
<b>3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>44</b>
<b>3.6. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>46</b>

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

<b>4.1. DETERMINAR LA GENERACIÓN PER CÁPITA, COMPOSICIÓN Y DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.</b>	<b>47</b>
<b>4.2. IDENTIFICAR LAS ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.</b>	<b>52</b>
<b>4.3. ANALIZAR LOS ESTUDIOS TÉCNICOS QUE PRESTEN LAS CONDICIONES SOCIO AMBIENTALES FAVORABLES DEL ÁREA ÓPTIMA SELECCIONADA PARA UN RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA, CONSIDERANDO LOS CRITERIOS DE LA TABLA DE PUNTAJES MÁXIMOS POR PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PROPUESTA POR EL MINAM (2011).</b>	<b>73</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>80</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>84</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Límites demográficos del distrito de Atuncolla.	33
<b>Tabla 02:</b> Operacionalidad de Variables.	45
<b>Tabla 03:</b> Cálculo del promedio de la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios.	48
<b>Tabla 04:</b> Peso de los residuos sólidos durante los 7 días de recolección, clasificación por su composición.	49
<b>Tabla 05:</b> Cálculo de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios.	51
<b>Tabla 06:</b> Datos de áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario.	53
<b>Tabla 07:</b> Datos de ubicación de rutas óptimas para la construcción de un relleno sanitario.	55
<b>Tabla 08:</b> Evaluación para la selección de las alternativas AO _ 1 y AO_ 2.	56
<b>Tabla 09:</b> Proyección poblacional, peso total diario y anual.	57
<b>Tabla 10:</b> Cálculo de área requerida para el relleno sanitario.	58
<b>Tabla 11:</b> Resultados de las pruebas de permeabilidad del suelo.	59
<b>Tabla 12:</b> Resultado del índice de permeabilidad cm/hora.	61
<b>Tabla 13:</b> Clima de la estación Illpa, más cercana alternativa A-1.	63
<b>Tabla 14:</b> ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos del distrito de Atuncolla?	68
<b>Tabla 15:</b> ¿Conoce qué es un relleno sanitario?	69
<b>Tabla 16:</b> ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla?	70
<b>Tabla 17:</b> ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario?	71
<b>Tabla 18:</b> ¿Está de acuerdo con la construcción de un relleno sanitario?	72
<b>Tabla 19:</b> Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación para la alternativa A1.	74

**Tabla 20:** Calificación para el puntaje ponderado total de la alternativa A1.

78

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01:</b> Relleno sanitario (Graziani, 2018).	23
<b>Figura 02:</b> Mapa de ubicación del área de estudio, distrito de Atuncolla.	34
<b>Figura 03:</b> Composición porcentual de los residuos sólidos domiciliarios en la zona urbana del distrito de Atuncolla.	50
<b>Figura 04:</b> Mapa de ubicación óptima del relleno sanitario en el distrito de Atuncolla.	52
<b>Figura 05:</b> Mapa de ubicación de rutas óptimas para un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla.	55
<b>Figura 06:</b> Resultado del coeficiente de permeabilidad del suelo.	62
<b>Figura 07:</b> Mapa de rosa de viento.	66
<b>Figura 08:</b> La escala de Beaufort, para la interpretación del rosa del viento en (m/seg).	67
<b>Figura 09:</b> ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos del distrito de Atuncolla?	68
<b>Figura 10:</b> ¿Conoce qué es un relleno sanitario?	69
<b>Figura 11:</b> ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla?	70
<b>Figura 12:</b> ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario?	71
<b>Figura 13:</b> ¿Está de acuerdo con la construcción de un relleno sanitario?	72

## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia.	94
<b>Anexo 02:</b> Geoportales de descargas.	96
<b>Anexo 03:</b> Geoprocesamiento para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el software qgis.	97
<b>Anexo 04:</b> Geoprocesamiento para la ruta óptima.	106
<b>Anexo 05:</b> Elaboración de gráficos estadísticos en R. velocidad del viento	107
<b>Anexo 06:</b> Cálculo de la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios	108
<b>Anexo 07:</b> Guía de encuesta social.	111
<b>Anexo 08:</b> Panel fotográfico.	112

## RESUMEN

La investigación utilizó el software QGIS (v3.26.17) para determinar el sitio más adecuado para la construcción de un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla, Puno, con el objetivo de evaluar las áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica en el distrito de Atuncolla - Puno, 2024. Se aplicó una metodología de muestreo descriptivo mediante la técnica de superposición de mapas, y se incluyeron estudios sobre proximidad, suelos, clima y aprobación social. En los resultados las opciones A1 y A2 se destacaron como áreas apropiadas, siendo la opción A1 seleccionada como la más favorable. Esta ubicación, con un tamaño de 7.93 hectáreas y una vida útil estimada de ocho años, mostró condiciones ideales como un coeficiente de permeabilidad del suelo de  $3 \times 10^{-4}$  cm/s, además de un clima y vientos adecuados. La aceptación social fue positiva, y la evaluación final otorgó a A1 una puntuación ponderada de 254 puntos, calificándola como un terreno "MUY BUENO". En conclusión, se consideró que la ubicación seleccionada para el relleno sanitario es ambientalmente viable y cumple con los criterios técnicos requeridos.

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

## ABSTRACT

The research used QGIS software (v3.26.17) to determine the most suitable site for the construction of a sanitary landfill in the district of Atuncolla, Puno, with the aim of evaluating the optimal areas for the construction of a sanitary landfill using geographic information systems in the district of Atuncolla - Puno, 2024. A descriptive sampling methodology was applied using the map overlay technique, and studies on proximity, soils, climate, and social approval were included. In the results, options A1 and A2 were highlighted as appropriate areas, with option A1 selected as the most favorable. This location, with a size of 7.93 hectares and an estimated useful life of eight years, showed ideal conditions such as a soil permeability coefficient of  $3 \times 10^{-4}$  cm/s, in addition to a suitable climate and winds. Social acceptance was positive, and the final assessment gave A1 a weighted score of 254 points, classifying it as a "VERY GOOD" site. In conclusion, the selected location for the landfill was considered to be environmentally viable and meets the required technical criteria.

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

## INTRODUCCIÓN

La situación problemática en el distrito de Atuncolla, 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 Atuncolla 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 Atuncolla, los efectos ambientales es más notable que generan sobre el ambiente, también el deterioro del paisaje natural en el distrito de Atuncolla sobre todo, perjudicando a la fauna y a la flora del distrito (Torres, 2021).

La identificación de las zonas más adecuadas para un relleno sanitario haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) dentro del Distrito de Atuncolla - 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 Atuncolla 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 Coata - Puno 2024. La variable

Independiente (VI), Relleno sanitario; es el factor que causa, afecta o condiciona en forma 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 Atuncolla - Puno, 2024, 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.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas ambientales a escala 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  $\frac{1}{2}$  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

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

La situación problemática en el distrito de Atuncolla, 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 Atuncolla 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 del distrital de Atuncolla, los efectos ambientales es más notable que generan sobre el ambiente, también el deterioro del paisaje natural en el distrito de Atuncolla sobre todo, perjudicando a la fauna y a la flora del distrito.

### **1.1.1 Problema general**

¿Existirán áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica en el distrito de Atuncolla - Puno, 2024?.

### **1.1.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo es la caracterización de los residuos sólidos en el distrito de Atuncolla?
- ¿Existirán áreas que cumplan con las condiciones y criterios básicos para la ubicación de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica?.
- ¿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 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 propósito central de este estudio es determinar, desde una perspectiva técnica, el lugar más adecuado para establecer un relleno sanitario en la región de Intag, tomando como

base las normativas del Ministerio del Ambiente de Ecuador, el uso de mapas y la evaluación 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 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), 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 contar un relleno sanitario dentro del distrito de Santa Rosa, luego con la ayuda de la geomática se 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.

- 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 N° 1278 de acuerdo con sus lineamientos montados en el Decreto Supremo N° 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 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 km<sup>2</sup> 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**

Evaluar las áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica en el distrito de Atuncolla - Puno, 2024.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la generación per cápita, composición y densidad de residuos sólidos en el distrito de Atuncolla.
- Ubicar las áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica.
- Analizar los estudios técnicos que presten las condiciones socio ambientales favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla, considerando los criterios de la tabla de puntajes máximos por parámetros de evaluación propuesta por el MINAM (2011).

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 Clasificación de los residuos sólidos según su gestión

Residuos de Gestión Municipal: (a cargo de las municipalidades provinciales y distritales) Son de origen domiciliario (restos de alimentos, papel, botellas, latas, otros); comercial (papel, embalajes, restos del aseo personal, y parecidos); limpieza pública (maleza, barrido de calles, otros), y desechos similares, los cuales deben ser depositados en un relleno sanitario (Gonzalez, 2019).

Residuos de Gestión No Municipal: Son los residuos que, debido a sus características y a la manipulación al que deben ser sometidos, mantienen un riesgo elevado para la salud o el ambiente. De acuerdo al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2015), entre estos se tienen: residuos de establecimientos de salud, industriales, residuos de actividades de construcción, de tipo agropecuario, residuos de instalaciones o actividades especiales (Flores et al., 2020).

##### 2.1.2 Población y generación de residuos sólidos

El número de habitantes ayuda a determinar la cantidad de residuos sólidos que se ha de disponer. Se debe tomar en cuenta que la generación de residuos sólidos se debe separar de la producción rural y urbana. La primera, debido a la baja generación, presentará menos complicaciones, pero su recolección resulta más difícil (Gonzalez, 2019).

Proyección de la población: Es una estimación por métodos matemáticos, como el crecimiento geométrico, aritmético, etc. Utilizado generalmente para determinar la cantidad de habitantes en un periodo determinado (Buzai & Montes, 2021).

Producción por habitante y producción total de desechos sólidos:

Se entiende por producción per cápita a la proporción de desechos sólidos producidos por habitantes por día (Ambientum, 2018) . Este parámetro considera el total de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de medida el kilogramo por habitante por día (Kg/ha/día) (Santos, 2011). Para calcular la producción total diaria, se multiplica la cantidad generada por persona por el total de habitantes de la localidad.

### 2.1.3 Relleno sanitario

Un relleno sanitario es una construcción de ingeniería sanitaria utilizada para la disposición final de los residuos sólidos municipales, se depositan en el suelo en adecuadas condiciones monitoreadas que minimizan los efectos adversos sobre el ambiente y el riesgo de afectar la salud de la población (Gatica & Mozombite, 2021).

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).

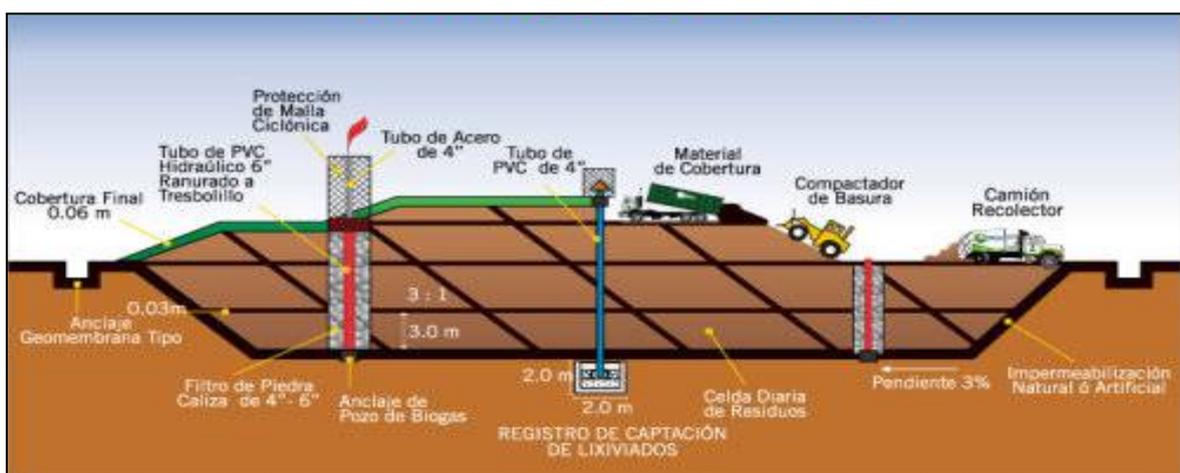


Figura 01: Relleno sanitario (Graziani, 2018).

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).

#### 2.1.3.1 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 (Jíménez, 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 (Buzai & Montes, 2021).

##### **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 (Ramos et al., 2020).

Tienen menor capacidad y combinan el trabajo manual con maquinaria pesada. Vertederos manuales: son más pequeños, primitivos y no utilizan maquinaria Gatica & Paredes, 2021).

##### **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 (Eustaquio, 2017).

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

### 2.1.3.2 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, reduciendo se a la menor cantidad viable para que ocupen una superficie reducida (Poveda, 2018).

- **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 (Espinosa & Barrientos, 2015).

- **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).

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

### 2.1.3.3 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).

Terminan en los rellenos sanitarios y vertederos o, en el peor escenario, al aire libre, 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 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.

#### **2.1.4 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 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)

### **2.1.5 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 acumulado de la suma de los volúmenes compactados más el material de cobertura hasta determinar un valor similar o ligeramente mayor (Mamani, 2020).

#### **• Vías de acceso**

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**

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).

**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 geoprosos 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.

**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 TEÓRICO 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**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Existen áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica en el distrito de Atuncolla - Puno, 2024.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

- La generación per cápita, composición y densidad permitirán conocer la caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla.
- Existen áreas disponibles que cumplen con las condiciones y criterios para la construcción de un relleno sanitario para el distrito de Atuncolla.
- Los estudios técnicos cumplen las condiciones socio ambientales favorables de las áreas óptimas seleccionadas para el relleno sanitario, de acuerdo al MINAM (2011).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en el distrito de Atuncolla, uno de los quince distritos del departamento de Puno en la región de Puno, y también se le conoce como la capital ganadera del Perú. Cuenta con una superficie de 130.52 km<sup>2</sup> , con coordenadas UTM: Este 327010.44 m E, 8352898.97 m S, y a una elevación de 3944 m.s.n.m., y una población de 3.984 habitantes, según el último censo peruano (INEI, 2017) , alcanzando una densidad poblacional de 36,52 hab/km<sup>2</sup>, la actividad principal de su población es la ganadería.

**Tabla 01:** Límites demográficos del distrito de Atuncolla.

---

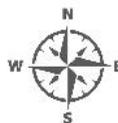
#### LÍMITES DEMOGRÁFICOS DEL DISTRITO DE ATUNCOLLA.

---

**Por el norte:** Buena vista

**Por el oeste:** Cabana

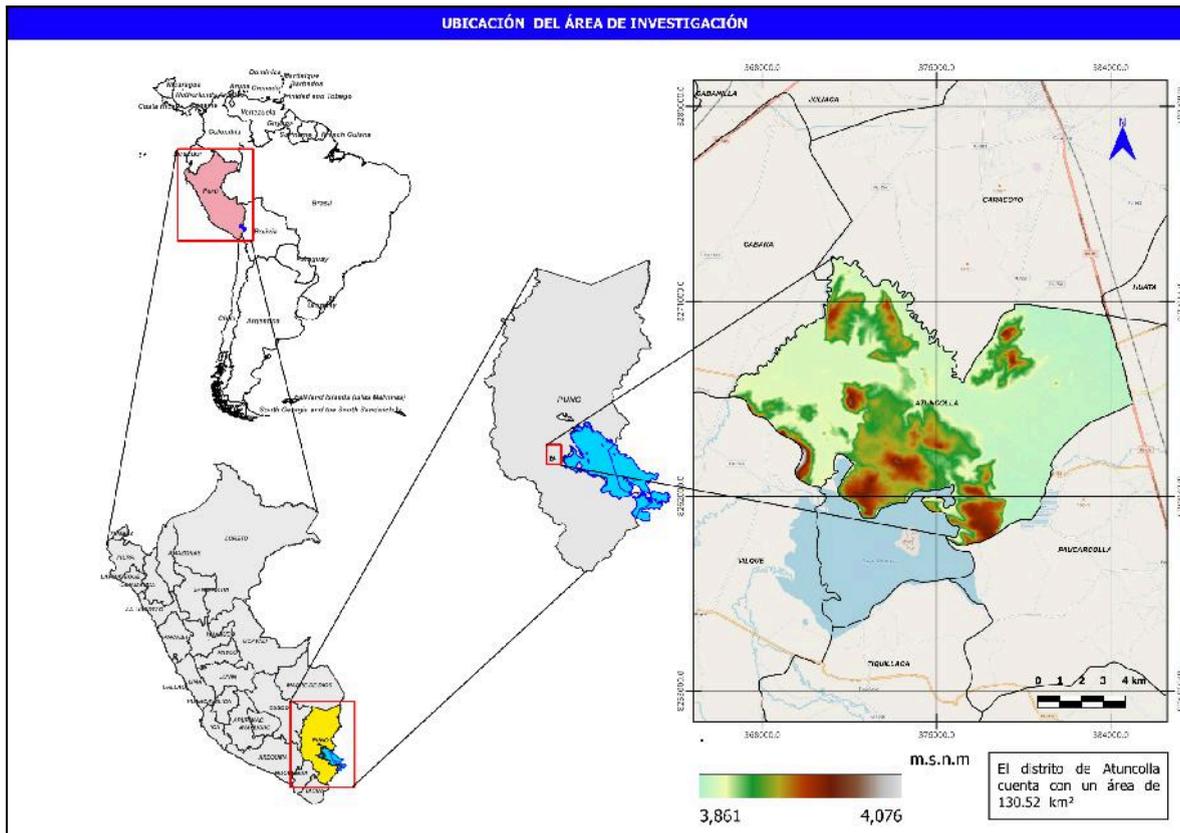
**Por el este:** Paucarcolla



**Por el sur:** Chingarani

---

**Fuente:** (Google Earth Pro).



**Figura 02:** Mapa de ubicación del área de estudio, distrito de Atuncolla.

## 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

### 3.2.1 Población

Se considera como población a todo el área geográfica del distrito de Atuncolla, que cuenta con 130.52 km<sup>2</sup> de superficie; ya que las alternativas de selección de área del relleno sanitario deben estar ubicadas dentro de la jurisdicción del distrito de Atuncolla.

### 3.2.2 Muestra

Una muestra es un subgrupo de la población representando a la misma (Fernandez & Baptista, 2014); por lo que la muestra en estudio está efectuada según lo recomienda la guía de caracterización de residuos sólidos municipales del MINAM, el cual considera 94 viviendas para muestra y 19 viviendas de contingencia, para 1000 a 5000 viviendas de población, que da un total de 113 viviendas como muestra; cabe señalar que el distrito de Atuncolla cuenta con un total de 2436 viviendas, según INEI (2017). Así mismo con respecto a la muestra de residuos sólidos no domiciliarios, es de 51 establecimientos de

los 108 existentes; así mismo a fin de evitar la pérdida de muestras por ausencia del encargado del establecimiento, la guía indica aumentar un 20% de contingencia por lo cual la muestra incrementó a 10 establecimientos adicionales, dando un total de 61 establecimientos como muestra.

Se considerará como muestras a las área alternativa 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 Métodos**

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

##### **Diseño de Investigación.**

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

### 3.3.2 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 (v3.26.17)
- R-Studio (v4.3.1)

### 3.4 METODOLOGÍA POR OBJETIVO ESPECÍFICO

#### Método

Según Colomé & Femenia (2018), el método deductivo se define de dos modos; el primero consiste en decir que es el razonamiento que va de lo general a lo particular; la segunda consiste en definirlo diciendo que es la aplicación de una regla a un caso para obtener un resultado. La característica principal es que la conclusión se infiere necesariamente de las premisas, es decir sin necesidad de recurrir a observaciones o datos externos al mismo razonamiento. Bajo estas consideraciones en la investigación se aplicará el método deductivo.

**Técnica 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 Atuncolla, departamento de 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).

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.

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.

**Metodología para el objetivo específico O1:** Determinar la generación per cápita, composición y densidad de residuos sólidos en el distrito de Atuncolla.

#### ● ETAPA 1: ETAPA DE PLANIFICACIÓN

En esta etapa se realizó la visita a campo (distrito de Atuncolla); para la coordinación con la Sub Gerencia de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Atuncolla; y tener el respectivo apoyo para realizar el estudio de Caracterización.

#### ● ETAPA DE CAMPO Y OPERACIÓN

Para estimar el número de viviendas participantes para el estudio de caracterización y conocer la generación per cápita, la composición y la densidad de RR.SS. de Atuncolla; se utilizó las consideraciones descritas por la “Guía para caracterización de residuos sólidos municipales” (MINAM, 2018); el cual está especificado en el apartado de muestreo. Posteriormente se realizó la distribución de la muestra; sectorizando por

barrios para lograr resultados más característicos; seguidamente se redactaron cartas de invitación a las familias participantes en la investigación de caracterización de RR.SS.; y a las viviendas ha participar se les realizó el suministro de bolsas color blanco para la disposición de los desechos.

#### ● ETAPA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EN GABINETE

##### **Cálculo de la generación per cápita “GPC” de RR.SS.**

El cálculo de la GPC de residuos sólidos se efectuó mediante:

$$GPC = \frac{(P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7)}{7(x)}$$

##### **Donde:**

GPC: Generación per cápita.

P: Peso de bolsa por domicilio en un día n, (n:1,2,3 ... 7).

X: Número de personas del domicilio "n".

##### **Cálculo de la composición física de los residuos sólidos**

Para ello se utilizó un contenedor para vaciar los residuos de las bolsas de basura recolectadas, y se separaron los elementos según las clases de residuos. A continuación, los elementos diferenciados se situaron en bolsas, pesado, y los datos registrados, y se aplicó la siguiente fórmula.

$$Porcentaje (\%) = \frac{Pi}{Wt} * 100$$

##### **Donde:**

Pi: Peso de cada elemento de RR.SS. por (sector, vivienda, barrio)

Wt: Peso diario total de residuos acumulados (sector, vivienda, barrio).

##### **Cálculo de la densidad de los residuos sólidos**

Para el cálculo de la densidad de los RR.SS. se dividió el peso por el volumen que llena la basura cada día, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad } (S) = \frac{W}{V_r}$$

**Donde:**

W: Peso de los RR.SS.

Wt: Volumen de RR.SS.

**Metodología para el objetivo específico O2:** Identificar las áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica.

**a) Primera Fase:** Se recopilara información necesaria en formato Raster (rar/tif) y shapefile (shp).

**b) Segunda Fase:** La localización más adecuada para el relleno sanitario será identificada a través del análisis de las características físicas del área de estudio, utilizando la técnica de "Álgebra de Mapas". Esta metodología permite evaluar distintas opciones de ubicación mediante la superposición de mapas que incluyen información sobre pendientes en formato ráster, geología, cuerpos de agua como lagos y lagunas en ráster, ríos, quebradas, uso del suelo, áreas urbanas en ráster y vías de acceso. Al combinar estos datos, se genera un nuevo mapa que facilita la identificación de las mejores alternativas para el emplazamiento del relleno sanitario.

**c) Tercera fase:** Se establecerá un orden de elegibilidad para las alternativas de ubicación del relleno sanitario, algunos sitios pueden brindar mejores prestaciones que otros, por lo que se realiza una evaluación previa asignándoles la etiqueta de AA (Altamente Apropiado), MA (Medianamente Apropiado), PA (Poco Apropiado) y NA (No Apropiado).

Se utilizará una calificación máxima porcentual en cada criterio de selección para las alternativas de ubicación, 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 O3.** Analizar los estudios técnicos que presten

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

Una vez seleccionada la alternativa 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 y la guía metodológica del MINAM (2011), para de esta manera cumplir con el segundo objetivo específico.

#### **- Cálculo de residuos a disponer**

El cálculo se realizará para determinar el área requerida para las celdas donde se 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 Atuncolla, 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 10 años se utilizará la siguiente fórmula propuesta por (MINAM, 2011).

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

**Dónde:**

$Pf$  = Población futura (2024).

$Po$  = Población actual (2014).

$r$  = Tasa de crecimiento intercensal (0.048%)

$n = (t_{final} - t_{inicial})$ , intervalo en años (10 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 Atuncolla, 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 población por la generación per cápita.

$$Ptd (kg/día) = Gpc (kg/hab/día) * Pob (Nº Hab)$$

**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.

$$Pta \left( \frac{Tn}{Año} \right) = Ptd \left( \frac{Kg}{día} \right) * \frac{1T}{1000kg} * \frac{365 días}{1 Año}$$

**Donde:**

$Pta$  = Peso total anual.

$Tn$  = Toneladas

$Ptd$  = Peso total a diario.

**2. 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 ( $0 \text{ Kg/m}^3$ ).

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

**Donde:**

$Vac$  = Volumen anual compactado

$Pta$  = Peso total anual

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

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

**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.

$$Vrs(m^3 / \text{año}) = Vmc(m^3 / \text{año}) + Vac(m^3 / \text{año})$$

**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 Atuncolla).

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

**Donde:**

$Ars$  = Área del relleno sanitario.

$Vrs$  = Volumen del relleno sanitario.

## 2. Estudio de suelos

El estudio se realizará “In situ” para determinar el tipo de suelo, el coeficiente de 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 permitirá 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.

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

$$K = \left(\frac{D}{2}\right) * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) / 2(t_2 - t_1)$$

**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).

$\frac{h_1}{h_2}$  = Profundidad consecutiva del agua,  $h_1$  al inicio y  $h_2$  al final del intervalo de tiempo (cm ó m).

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

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 procesara 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 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.

### **3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

Causa o variable independiente (VI): Sistemas de información geográfica (GIS).

Efecto o variable dependiente (VD): Áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario.

**Tabla 02:** Operacionalidad de Variables.

Variables	Indicadores	Escala de Medición	Tipos de variables
(VI)	<p><b>Aspectos técnicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distancia a la Población más cercana (m).</li> <li>- Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros).</li> <li>- Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)</li> <li>- Distancia a fallas geológicas.</li> <li>- Pendiente del terreno (Topografía)</li> <li>- Profundidad de la napa freática (m).</li> <li>- Posibilidad del material de cobertura.</li> </ul>	Metros (m)	Independiente
(VD)	<p><b>Área de disposición final:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Área</li> </ul>	Hectáreas (Ha)	Dependiente

Áreas óptimas para la  
construcción de un relleno  
sanitario.

---

### 3.6. 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.

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

#### Donde:

S : Desviación estándar

$X_i$  : Observación  $i$  de la variable  $X$

$\bar{X}$  : Media de las variables

$n$  : Número de observaciones

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### **4.1. DETERMINAR LA GENERACIÓN PER CÁPITA, COMPOSICIÓN Y DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA.**

Se determinó la generación per cápita, composición y densidad de residuos sólidos en el distrito de Atuncolla. Primeramente se ha calculado la cantidad de residuos sólidos generados por persona, lo que ofrece un indicador crucial sobre el promedio de desechos que cada habitante produce en un tiempo específico. Este valor fue fundamental para analizar la efectividad de la gestión de residuos y para diseñar estrategias que mejoren el manejo y disminuyan la producción de desechos en la ciudad urbana del distrito de Atuncolla. Al entender la generación per cápita, se pueden reconocer tendencias en el consumo y comportamiento de la población, permitiendo la implementación de políticas más eficaces para promover prácticas sostenibles y minimizar el impacto ambiental en el distrito, de acuerdo al anexo 06, se alcuro de la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios.

**Tabla 03:** Cálculo del promedio de la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios.

N°	Hab.	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	GPC
54	218	0.47	0.50	0.47	0.54	0.53	0.52	0.56	
<b>Promedio</b>									<b>0.15</b>

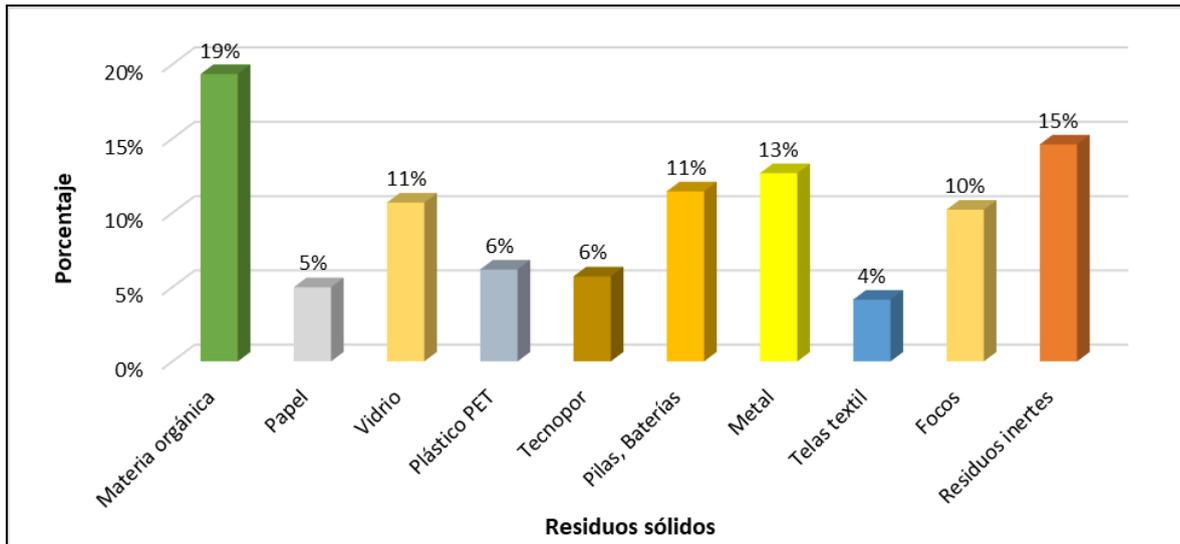
Como se muestra en la tabla 03, el estudio reveló que la zona urbana del distrito de Atuncolla la GPC para los residuos sólidos domiciliarios es un promedio de **0.15 kg/hab/día**. Este valor proporciona una medida importante de la cantidad diaria de desechos generados por individuo, lo que es esencial para comprender mejor la producción de residuos domiciliarios en el distrito de Atuncolla. Según (**Mamani & Loiza, 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". Como resultado final después de cubrir todas las capas cartográficamente adecuadas en la 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 km<sup>2</sup> 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.

Segundo en el distrito de Atuncolla, se ha evaluado la composición de los residuos sólidos generados en los hogares, lo que ha permitido identificar la distribución de los distintos tipos de desechos. Este estudio destaca las proporciones de residuos orgánicos, como restos de alimentos y vegetales, en relación con los residuos inorgánicos, que incluyen plásticos, papel, metales y vidrio. La preponderancia de ciertos tipos de residuos brinda información crucial para desarrollar programas de gestión más efectivos, cómo

fomentar el reciclaje, la separación en origen, y la aplicación del compostaje para los desechos orgánicos. Estos resultados permiten crear estrategias específicas para disminuir la cantidad de residuos que terminan en los vertederos y fomentar la sostenibilidad ambiental en la comunidad de Atuncolla.

**Tabla 04:** Peso de los residuos sólidos durante los 7 días de recolección, clasificación por su composición.

N°	Tipo	Total (Kg)	Porcentaje
1	Materia orgánica	10.04	19%
2	Papel	2.59	5%
3	vidrio	5.55	11%
4	Plástico PET	3.21	6%
5	Tecnopor	2.97	6%
6	Pilas, Baterías	5.94	11%
7	Metal	6.58	13%
8	Telas textil	2.16	4%
9	Focos	5.30	10%
10	Residuos inertes	7.58	15%
<b>Total</b>		<b>51.93</b>	<b>100%</b>



**Figura 03:** Composición porcentual de los residuos sólidos domiciliarios en la zona urbana del distrito de Atuncolla.

En el distrito de Atuncolla, se ha identificado que la mayor proporción de residuos sólidos domiciliarios corresponde a la materia orgánica, que representa el 19% del total. Los residuos inertes ocupan el 15%, seguidos por los metales con un 13%. Tanto el vidrio como las pilas y baterías comprenden un 11% cada uno, mientras que los focos constituyen el 10%. El plástico PET y el tecnopor representan un 6% cada uno, el papel un 5%, y las telas textiles el 4% restante. Estos resultados son fundamentales para orientar la gestión adecuada de los residuos y desarrollar programas de reciclaje y reducción en la comunidad.

Se ha calculado la densidad de los residuos sólidos domiciliarios, proporcionando datos clave sobre la cantidad de residuos por unidad de volumen. Este estudio permite evaluar la capacidad y el peso específico de los desechos generados en los hogares, aspectos vitales para planificar su recolección, transporte y disposición final. Una densidad más alta sugiere que los residuos ocupan menos espacio pero son más pesados, lo que influye directamente en la logística de manejo, incluyendo la capacidad de almacenamiento y los costos de transporte. Esta información es esencial para mejorar la eficiencia en la gestión de residuos sólidos en la comunidad.

**Tabla 05:** Cálculo de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios.

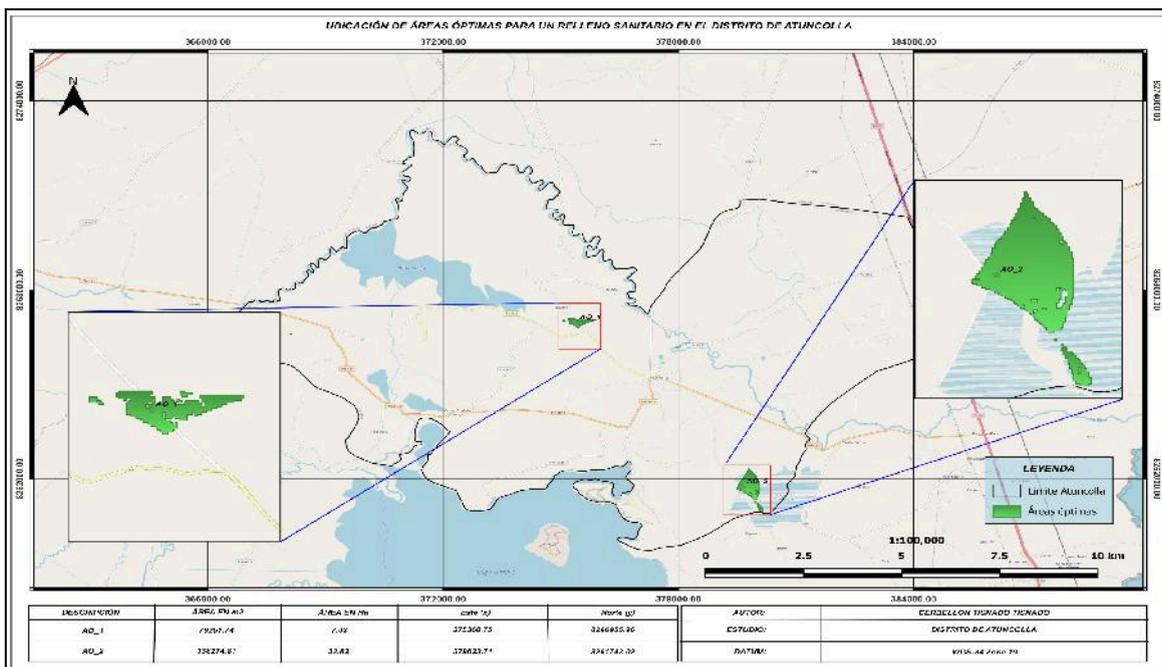
Días	Peso de residuos sólidos (kg)	Altura del cilindro	Diámetro del cilindro	Altura total del cilindro	Volumen	Densidad
					del residuo sólido [m <sup>3</sup> ]	
1	17.2	0.16	0.56	0.89	0.1798	95.66
2	18.36	0.15	0.56	0.89	0.1823	100.71
3	21.87	0.19	0.56	0.89	0.1875	116.64
4	19.76	0.18	0.56	0.89	0.1734	113.96
5	15.2	0.22	0.56	0.89	0.1693	89.78
6	19.23	0.17	0.56	0.89	0.1843	104.34
7	20.1	0.2	0.56	0.89	0.1928	104.25
<b>Promedio</b>						<b>103.62</b>

En el distrito de Atuncolla, se ha encontrado que la densidad de los residuos sólidos domésticos es de 103.62 kg/m<sup>3</sup>. Este dato es crucial ya que refleja la compactación y el peso de los residuos generados en los hogares, lo que influye significativamente en la planificación de su recolección, transporte y disposición final. Con una densidad de 103.62 kg/m<sup>3</sup>, los residuos tienen un volumen moderado pero un peso considerable, lo que puede afectar la logística del manejo, incluyendo la capacidad de almacenamiento y

los costos asociados al transporte. Esta información es fundamental para mejorar las estrategias de gestión de residuos en la comunidad de Atuncolla.

#### 4.2. IDENTIFICAR LAS ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

A través del análisis efectuado con sistemas de información geográfica (SIG) en el distrito de Atuncolla, se han determinado las ubicaciones más adecuadas para la construcción de un relleno sanitario.



**Figura 04:** Mapa de ubicación óptima del relleno sanitario en el distrito de Atuncolla.

Este estudio ha permitido identificar sitios que cumplen con los criterios esenciales para una gestión eficaz de los residuos sólidos, considerando aspectos como la proximidad a zonas residenciales, la topografía, la accesibilidad y las características del suelo. Las ubicaciones seleccionadas brindan condiciones óptimas para la construcción y operación del relleno sanitario, mejorando la capacidad de manejo de los residuos y reduciendo el impacto ambiental en el distrito.

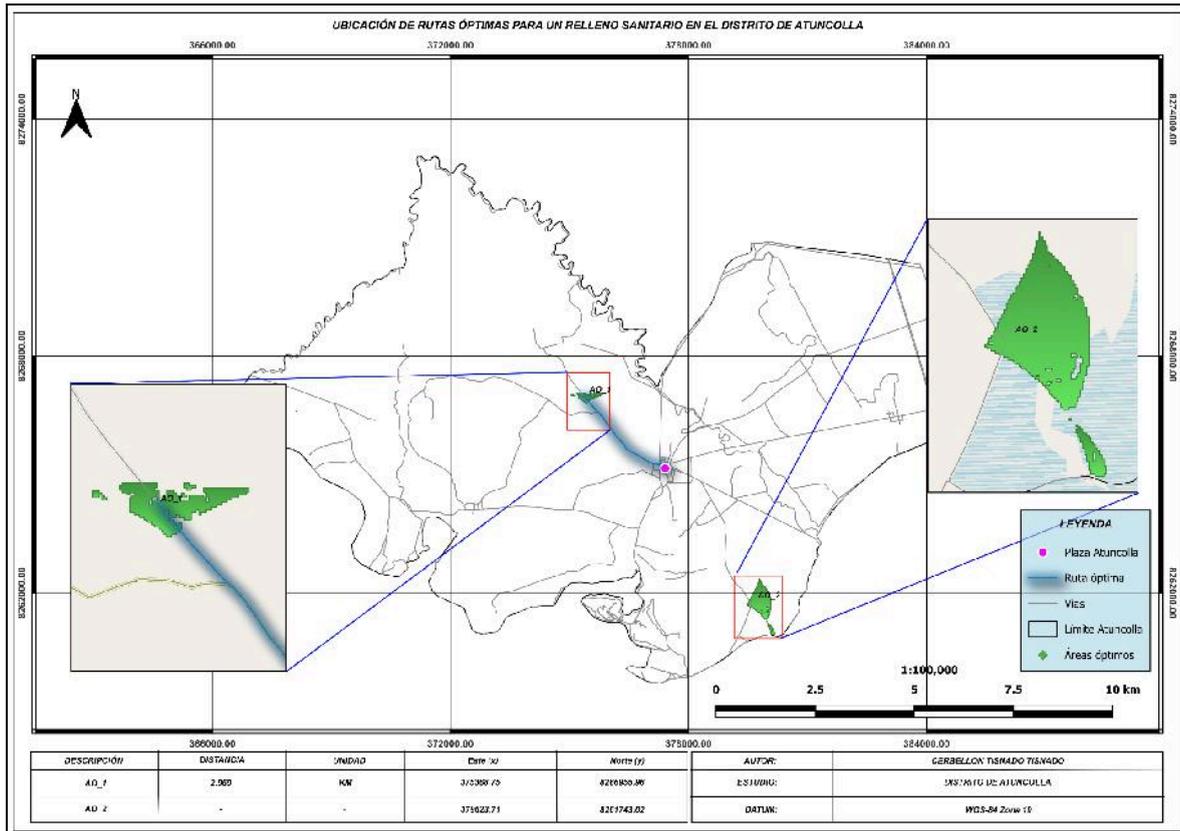
**Tabla 06:** Datos de áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario.

Descripción	Áreas (m <sup>2</sup> )	Áreas (Ha)	Coordenadas UTM	
			Este (x)	Norte (y)
Áreas óptimas 1	79251.74	7.93	375368.75	8266955.96
Áreas óptimas 2	338274.81	33.83	379623.71	8261743.02

La primera zona abarca 7.93 hectáreas y la segunda, 33.83 hectáreas. Estas áreas cumplen con los criterios necesarios para una gestión efectiva de los residuos sólidos, tomando en cuenta aspectos cruciales como la cercanía a zonas residenciales, la topografía, la accesibilidad y las características del suelo. Ambas ubicaciones proporcionan condiciones adecuadas para el establecimiento y funcionamiento del relleno sanitario, facilitando una gestión de residuos más eficiente y reduciendo el impacto ambiental en la comunidad. Por otro lado (**Pingus, 2019**), en su tesis "Localización potencial de un relleno sanitario mediante sistema de información geográfica dentro del distrito de Chachapoyas Amazonas 2017". 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.

El análisis de las rutas para un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla ha permitido identificar las trayectorias más adecuadas para el transporte de residuos. Estas rutas han sido determinadas considerando aspectos esenciales como la accesibilidad, la reducción de efectos en zonas residenciales, la seguridad vial y la optimización del tiempo de transporte. Las rutas recomendadas aseguran un desplazamiento fluido y seguro para los vehículos de recolección, lo que contribuye a disminuir los costos operativos y minimizar

el impacto ambiental del transporte de residuos. Esta planificación estratégica facilitará una gestión más eficaz del relleno sanitario y mejorará el servicio de recolección en la comunidad. Por otro lado (**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.



**Figura 05:** Mapa de ubicación de rutas óptimas para un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla.

**Tabla 07:** Datos de ubicación de rutas óptimas para la construcción de un relleno sanitario.

Descripción	Distancia	Unidad	Coordenadas UTM	
			Este (x)	Norte (y)
Áreas óptimas 1	2.969	km	375368.75	8266955.96
Áreas óptimas 2	-	-	379623.71	8261743.02

El análisis de las rutas para el relleno sanitario en el distrito de Atuncolla ha revelado que la ruta más adecuada para la **Área Óptima 1** tiene una longitud de 2.969 kilómetros. Esta ruta ha sido escogida por su eficacia en accesibilidad y por minimizar el impacto en las áreas residenciales, asegurando un tránsito eficiente y seguro para los vehículos de

recolección. La optimización de esta distancia facilita una gestión más eficaz del relleno sanitario, ayudando a reducir tanto los costos operativos como el impacto ambiental del transporte de residuos.

**Tabla 08:** Evaluación para la selección de las alternativas AO \_ 1 y AO\_ 2.

Idem	Parámetros de elección	Alternativa	
		AO_1	AO_2
1	Centros poblados	5	5
2	Red vial	4	4
3	Red hidrográfica	4	4
4	Fallas geológicas	15	15
5	Pendientes	8	8
6	Instituciones educativas	4	4
7	Uso actual de suelo	30	25
8	Geología	5	5
9	Rutas óptimas	5	4
10	Zona inundable	30	10
	<b>Total</b>	<b>98%</b>	<b>84%</b>

En la evaluación para seleccionar las alternativas para el relleno sanitario en el distrito de Atuncolla, Área Óptima 1 ha recibido una calificación del 98%, mientras que Área Óptima 2 ha obtenido un 84%. Este análisis ha tenido en cuenta aspectos importantes como la

accesibilidad, el impacto ambiental y la eficiencia operativa. La elevada puntuación de Área Óptima 1 señala que es la opción más adecuada para la construcción del relleno sanitario, ofreciendo las mejores condiciones para su establecimiento y funcionamiento en comparación con Área Óptima 2.

### Cálculo para el relleno sanitario

**Tabla 09:** Proyección poblacional, peso total diario y anual.

<b>Año</b>	<b>Proyección poblacional (hab)</b>	<b>Peso total diario (Kg/día)</b>	<b>Peso total anual (tn/año)</b>
2024	5.342	0.15	0.0548
2025	5.598	0.84	0.3065
2026	5.867	0.88	0.3212
2027	6.149	0.92	0.3366
2028	6.444	0.97	0.3528
2029	6.753	1.01	0.3697
2030	7.077	1.06	0.3875

**Tabla 10:** Cálculo de área requerida para el relleno sanitario.

Año	% desechable Pta (tn/año)	volumen anual compactado (m <sup>3</sup> /año)	volumen de material de cobertura (m <sup>3</sup> /año)	volumen de relleno sanitario anual (m <sup>3</sup> )	relleno sanitario (m <sup>2</sup> )
2024	109.589	1.0576	158.641	159.698	19.962
2025	19.575	0.1889	28.337	28.526	3.566
2026	18.678	0.1803	27.039	27.219	3.402
2027	17.823	0.1720	25.800	25.972	3.247
2028	17.007	0.1641	24.619	24.783	3.098
2029	16.228	0.1566	23.491	23.648	2.956
2030	15.484	0.1494	22.415	22.565	2.821
					<b>39.051</b>

Por lo tanto, el área requerida para el relleno sanitario es de 39.051 m<sup>2</sup> o 0.039 ha, mientras tanto la ubicación óptima de la A-1 es de 79251.74 m<sup>2</sup> o 7.93 ha, lo cual indica que la A-1 tiene un área mucho más extensa que el área requerida, señalando que es aceptable la A-1 y esta área cubrirá las necesidades del distrito de Atuncolla 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 durante ocho años de 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.

### Estudio de suelos

Para el estudio de suelos se realizó un ensayo de campo en el área seleccionada de la (alternativa A-1) 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 11:** Resultados de las pruebas de permeabilidad del suelo.

#	tiempo (s)	Pérdida de carga hidráulica (cm)
	t	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 ( $D = 10 \text{ cm}$ ), profundidad al inicio ( $h_1 = 70 \text{ cm}$ ), para la determinación del coeficiente de permeabilidad del suelo la FAO propone la siguiente ecuación:

$$K = \left(\frac{D}{2}\right) * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) / 2(t_2 - t_1)$$

#### Cálculos:

- **Carga total promedio.**

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

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

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

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

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

$$h_2 = 70 \text{ cm} - 4.9 \text{ cm}$$

$$h_2 = 65.1 \text{ cm}$$

- **Coefficiente de permeabilidad.**

$$K = \left(\frac{D}{2}\right) * \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) / 2(t_2 - t_1)$$

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

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

$$K = 0.0003 \text{ cm/s}$$

*Conversiones :*

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

$$K = 1.08 \text{ cm/hora}$$

**Tabla 12:** 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 -1 para el relleno sanitario, tiene una permeabilidad moderadamente lenta.

**Coefficiente de permeabilidad k (cm/s) (Escala logarítmica)**

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

**Figura 06:** 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 - 1, donde el resultado de permeabilidad presenta  $3 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ , 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  $6.2 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$  el cual tampoco cumple la capacidad de utilizarse como impermeabilizante, ya que el valor mínimo considerado es de  $10^{-7} \text{ cm/s}$ ; 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 rectelínea) 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

(SENAMHI) más cercanas a la alternativa A-1 de la ubicación óptima para el relleno sanitario, las cuales se detallan a continuación.

**Tabla 13:** Clima de la estación Illpa, más cercana alternativa A-1.

<b>Estación: Illpa</b>					
<b>Departamento:</b>	Puno	<b>Provincia:</b>	Puno	<b>Distrito:</b>	Atunc olla
<b>Latitud:</b>	14°52'7.5 6"	<b>Longitud:</b>	70°35'29.8 "	<b>Altitud :</b>	3941 msnm.
<b>Tipo :</b>	Estación Meteorológica Convencional			<b>Código :</b>	11403 8

#### PRECIPITACIÓN (mm/mes) del año 2024

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dis	<b>Total</b>
222.	105.	152.	52.	0	0	1.6	7.4	2.5	1.1	1.8	69.3	<b>617.2</b>
7	5	7	6									

La desviación estándar promedio es de 2.30

#### TEMPERATURA Máx (°C) del año 2024

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dis	<b>Total</b>
15.9	16.1	16.6	17.	17.	16.	17.7	17.	19.	20.	21.7	18.7	<b>18.0</b>
			6	3	2		9	6	5			

La desviación estándar promedio es de 1.70

#### TEMPERATURA Min (°C) del año 2024

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, 2024).

En la tabla 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 máxima 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 Atuncolla.

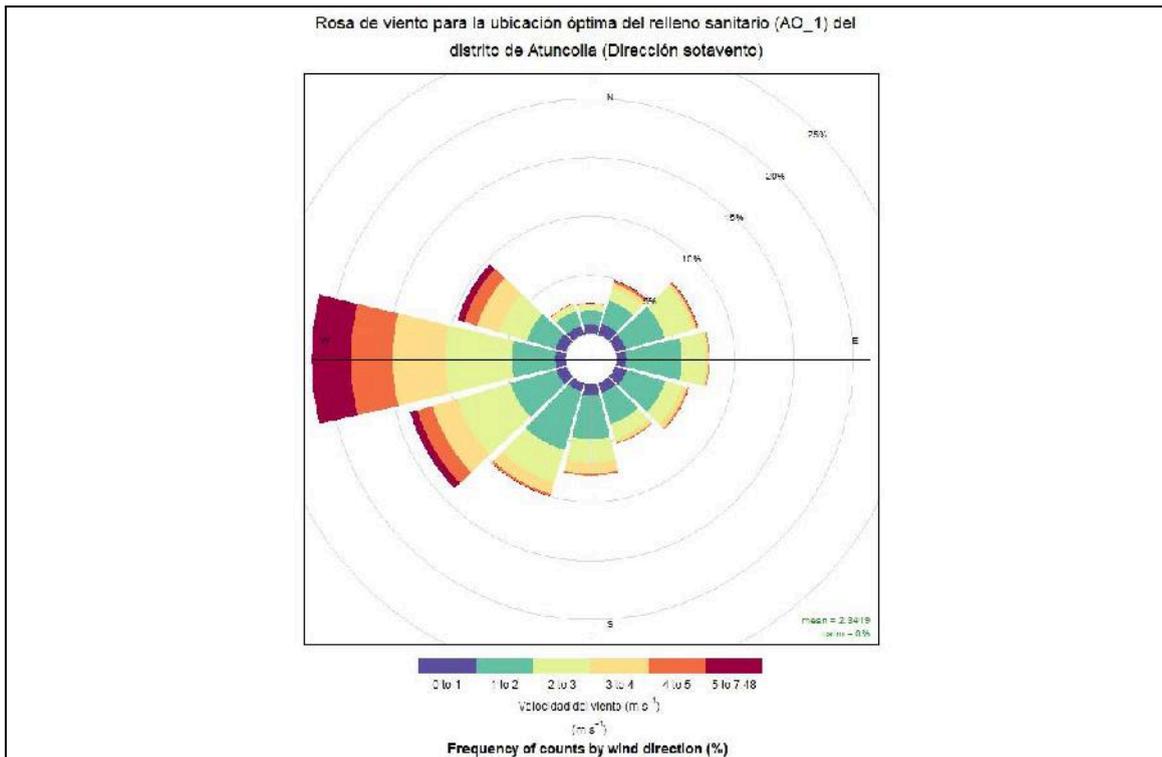
En la figura 34 se muestra climograma, en donde los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre son los que registran los niveles más bajos de temperatura mínima, llegando hasta -6.9 °C como promedio mensual del mes de junio, los valores más altos se registran en los meses 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 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-1 donde se ubicó el relleno sanitario del distrito de Atuncolla.

se utilizaron los datos desde el mes de enero y diciembre del año 2024 haciendo un total de 8,744 registros de hora, dirección del viento ( $^{\circ}$ ), 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-1 para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla, 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), 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 Atuncolla, evaluando a qué direcciones se esparcía el olor, y a través de esto prevenir las enfermedades hacia la población del distrito de Atuncolla.



**Figura 07:** Mapa de rosa de viento.

**Fuente:** (SENAMHI, 2024).

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 Ocuvi) 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 Atuncolla 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.

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 08:** 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 oeste (Distrito de Cabana ) 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 noroeste (distrito de Buena vista ) 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.

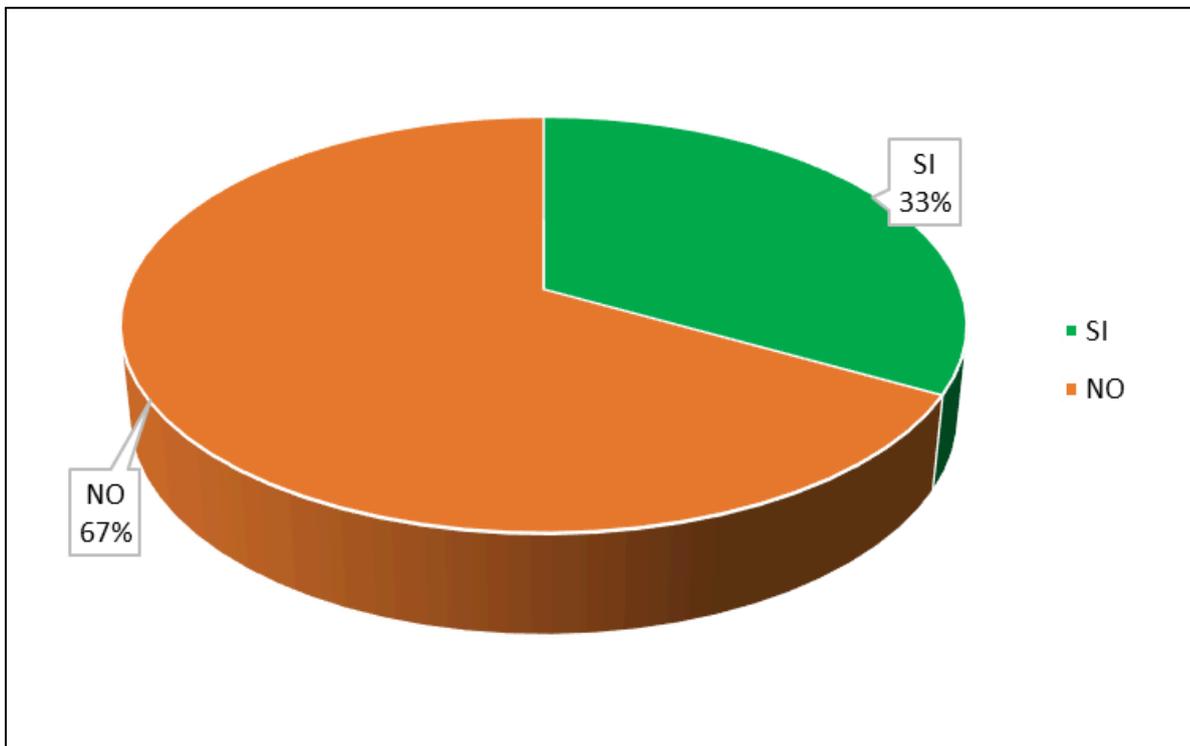
### **Estudio de aprobación social**

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 14:** ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos del distrito de Atuncolla?

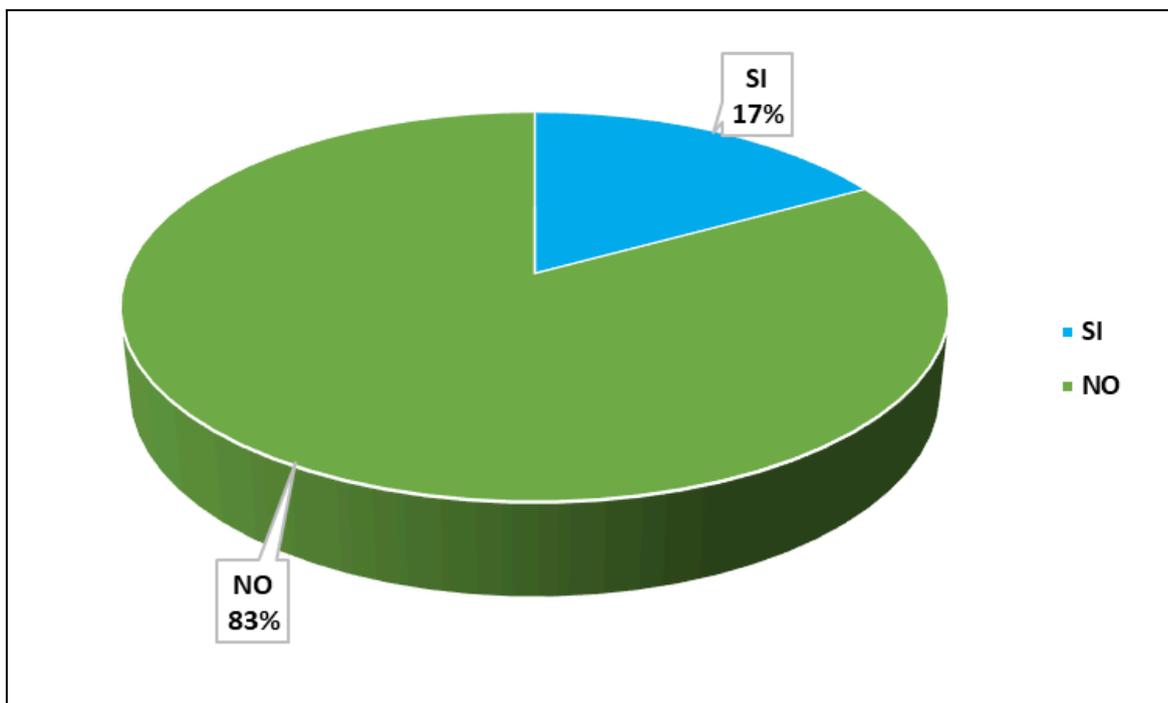
Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	2	33%
No	4	67%
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>



**Figura 09:** ¿Sabe a dónde van los residuos sólidos del distrito de Atuncolla?

**Tabla 15:** ¿Conoce qué es un relleno sanitario?

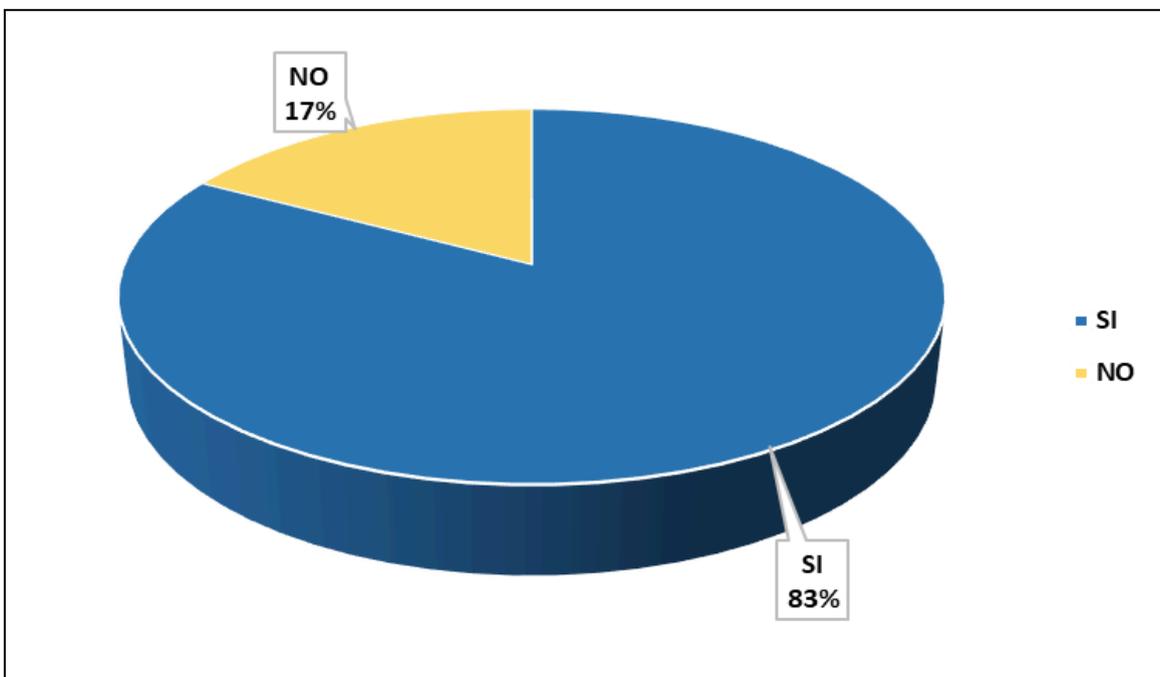
Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	1	17%
No	5	83%
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>



**Figura 10:** ¿Conoce qué es un relleno sanitario?

**Tabla 16:** ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla?

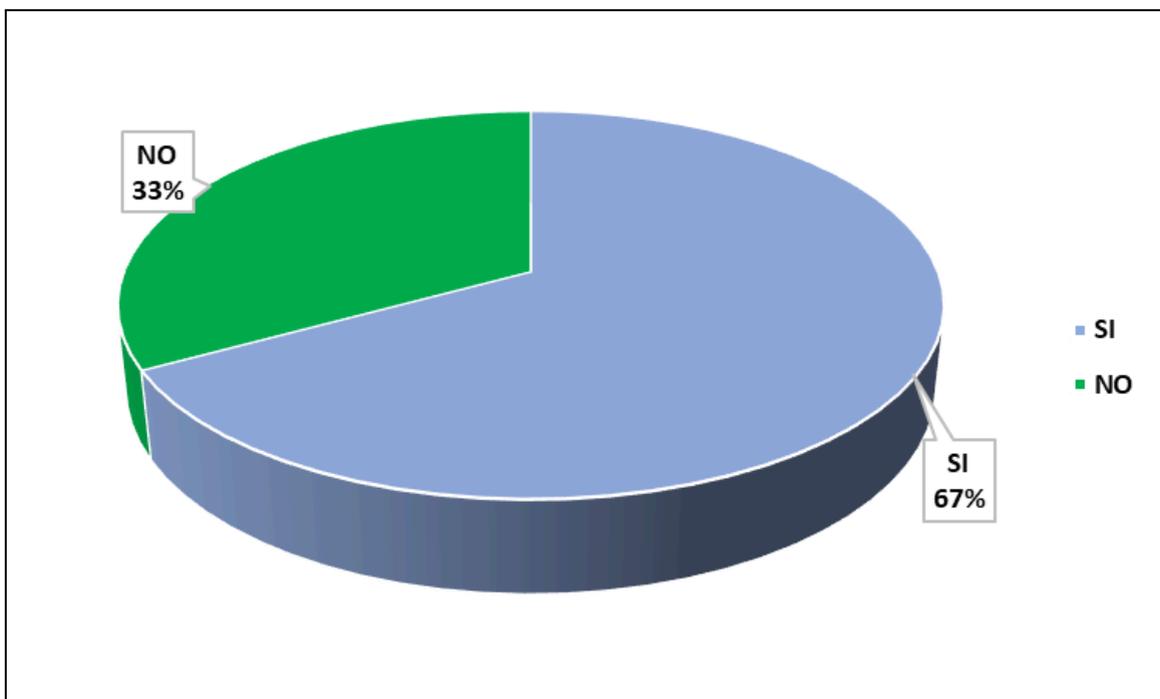
Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	5	83%
No	1	17%
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>



**Figura 11:** ¿Cree usted que es necesario contar con un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla?

**Tabla 17:** ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario?

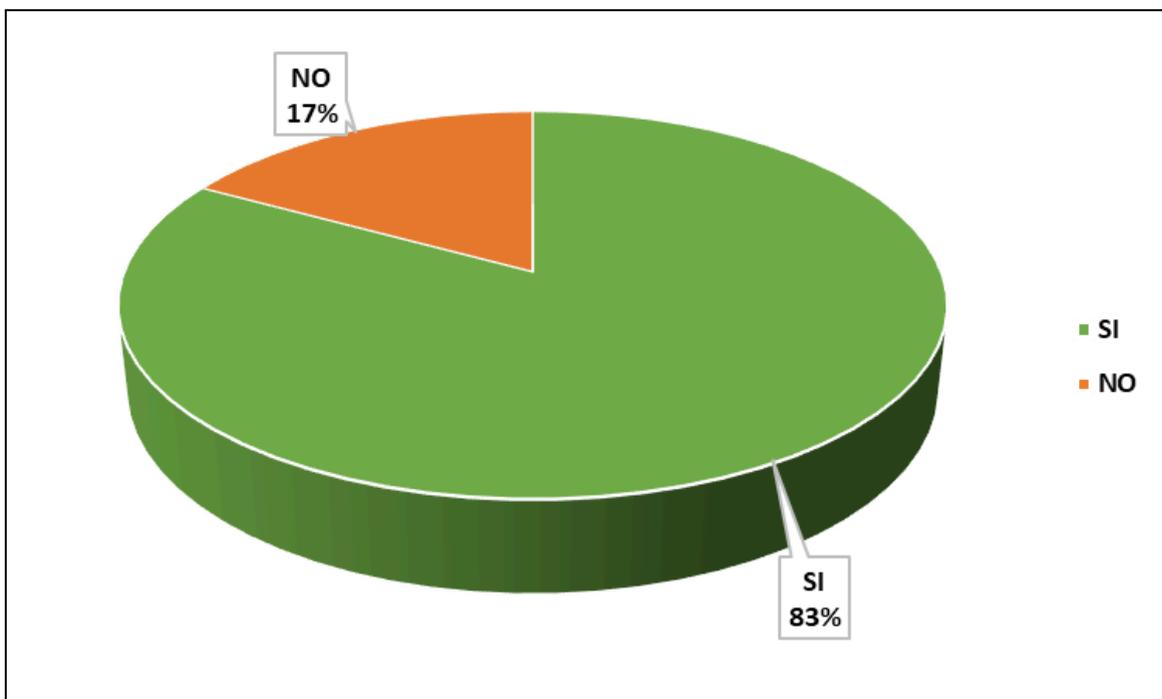
Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	4	67%
No	2	33%
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>



**Figura 12:** ¿Se considera afectado por la construcción de un relleno sanitario?

**Tabla 18:** ¿Está de acuerdo con la construcción de un relleno sanitario?

Alternativas	Datos	Porcentajes
Si	5	83%
No	1	17%
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>100%</b>



**Figura 13:** ¿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.

**4.3. ANALIZAR LOS ESTUDIOS TÉCNICOS QUE PRESTEN LAS CONDICIONES SOCIO AMBIENTALES FAVORABLES DEL ÁREA ÓPTIMA SELECCIONADA PARA UN RELLENO SANITARIO EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA, CONSIDERANDO LOS CRITERIOS DE LA TABLA DE PUNTAJES MÁXIMOS POR PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PROPUESTA POR EL MINAM (2011).**

Tomando en consideración los estudios técnicos enfocados en la alternativa de ubicación preseleccionada (Alternativa 1), 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.

**Tabla 19:** Puntaje máximo ponderado por parámetro de evaluación para la alternativa A1.

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 río principal (1) , < 300 m de río principal (-2) <de 300 m de quebrada seca una parte del año (-1)	2	2	4	4
1.5	Distancia con 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 seco (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 del terreno	> 5 años (2) < 5 años (-2)	2	5	10	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	8
	Cuenta con barrera	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia	2	2	4	-4

1.12	sanitaria natural	de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	2	5	10	10
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)	1	5	5	5
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 viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	5	5	5
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
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
<b>Total</b>						<b>2540</b>

**Tabla 20:** Calificación para el puntaje ponderado total de la alternativa A1.

<b>Puntaje Ponderado Total</b>	<b>Calificación</b>
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 A1 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 Atuncolla, y se generaría un 0.001% del impacto ambiental.

## **PRUEBAS DE HIPÓTESIS**

### **a) Prueba de hipótesis para la generación per cápita, composición y densidad de los residuos sólidos.**

#### **- Hipótesis estadística descriptiva**

**Ha:** La generación per cápita, composición y densidad permitirán conocer la caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla.

**H0:** La generación per cápita, composición y densidad no permitirán conocer la caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla.

#### **- Interpretación**

Se determinó la generación per cápita, composición y densidad de residuos sólidos en el distrito de Atuncolla; y esto indica que se acepta la hipótesis alterna (Ha).

### **b) Prueba de hipótesis para la ubicación óptima.**

#### **- Hipótesis estadística descriptiva**

**Ha:** Existen áreas disponibles que cumplen con las condiciones y criterios para la construcción de un relleno sanitario para el distrito de Atuncolla.

**H0:** No existen áreas disponibles que cumplen con las condiciones y criterios para la construcción de un relleno sanitario para el distrito de Atuncolla.

**- Interpretación**

Se ubicó las áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica; y esto indica que se acepta la hipótesis alterna (Ha).

**c) 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 las condiciones socio ambientales favorables de las áreas óptimas seleccionadas para el relleno sanitario, de acuerdo al MINAM (2011).

**- Interpretación**

Se analizaron los estudios técnicos que presten las condiciones socio ambientales favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla, considerando los criterios de la tabla de puntajes máximos por parámetros de evaluación propuesta por el MINAM (2011); y esto indica que se acepta la hipótesis alterna (Ha).

## DISCUSIÓN

Los resultados discrepan con 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". su resultado ubico 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. Por otro lado con Pingus (2019), en sus resultados 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.

Por otro lado los resultados son iguales con Mamani (2020), donde ubico 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. También con Ito (2020), identificó las zonas más adecuadas para un relleno sanitario haciendo uso de geomática dentro del Distrito de Coata - Puno. Donde encontró 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), realizó un análisis multicriterio en geomática (SIG) para el área de un relleno sanitario en la provincia de San Román - Puno. En sus resultado final después de cubrir todas las capas cartográficamente

adecuadas en la 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 km<sup>2</sup> 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.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** A través del uso de herramientas de sistemas de información geográfica, se identificaron las zonas más adecuadas para la construcción del relleno sanitario. Se aplicaron de manera estricta los criterios técnicos y ambientales establecidos por el MINAM (2011), lo que permitió seleccionar áreas que reducen al mínimo los impactos ambientales y cumplen con los requisitos legales y normativos, asegurando así la sostenibilidad del proyecto..

**SEGUNDA:** El estudio detallado de la generación per cápita, la composición y la densidad de los residuos sólidos en el distrito de Atuncolla identificó patrones importantes que fueron esenciales para dimensionar de manera adecuada el relleno sanitario. Estos resultados permitieron ajustar los diseños y las estrategias de manejo de residuos para adaptarse a las características particulares de la población y la cantidad de desechos generados.

**TERCERA:** La elección de la ubicación óptima para el relleno sanitario también implicó un análisis exhaustivo de las condiciones socioambientales, garantizando que el sitio seleccionado no solo sea viable desde un punto de vista técnico, sino también socialmente aceptable. Los estudios consideraron factores como la cercanía a los centros poblados, la topografía y la vulnerabilidad a riesgos naturales, lo que contribuyó a una toma de decisiones informada y equilibrada.

**CUARTA:** Finalmente, la selección del sitio para el relleno sanitario en el distrito de Atuncolla, fue comparada con la tabla de puntajes máximos por parámetros de evaluación

propuesta por el MINAM (2011). Se verificó que el área seleccionada cumple con los criterios requeridos, lo que garantiza que el proyecto pueda ser ejecutado de manera efectiva, respetando las normativas ambientales y promoviendo el bienestar de la comunidad local.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se sugiere que las autoridades locales continúen empleando herramientas de sistemas de información geográfica en la planificación y gestión del territorio, no solo para la selección de sitios destinados a rellenos sanitarios, sino también para otros proyectos de desarrollo. Esto facilitará una toma de decisiones más informada, basada en datos precisos y un análisis detallado de los impactos ambientales y sociales.

**SEGUNDA:** Es fundamental implementar un sistema de monitoreo constante de la generación per cápita, la composición y la densidad de residuos sólidos en el distrito de Atuncolla. Esto permitirá realizar ajustes en la gestión de residuos y en el diseño del relleno sanitario con el tiempo, asegurando que las estrategias de manejo se adapten a la evolución de la población y sus patrones de consumo.

**TERCERA:** Para garantizar que el proyecto sea socialmente aceptable y sostenible, es recomendable involucrar activamente a la comunidad en el proceso de toma de decisiones. Esto se puede lograr mediante consultas públicas, talleres informativos y la participación de líderes locales, lo que contribuirá a identificar preocupaciones, generar confianza y obtener el respaldo de la comunidad para el proyecto del relleno sanitario.

**CUARTA:** Finalmente, es indispensable que el proyecto de construcción del relleno sanitario cumpla estrictamente con las normativas ambientales y de gestión de residuos dictadas por el MINAM. Asimismo, se recomienda que estas normativas y los criterios de evaluación se revisen y actualicen periódicamente para incorporar avances tecnológicos y

nuevas consideraciones ambientales, asegurando que el proyecto se mantenga alineado con las mejores prácticas internacionales y las necesidades locales.

## 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 Najjar, 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 educación de

- 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

- 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 Martín – 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:

- Oportunidades en América Latina. *Books*. Recuperado de <https://ideas.repec.org//b/dbl/dblbooks/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*

- 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-diseño-construcción-operación-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>

- 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.

- 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>

## ANEXOS

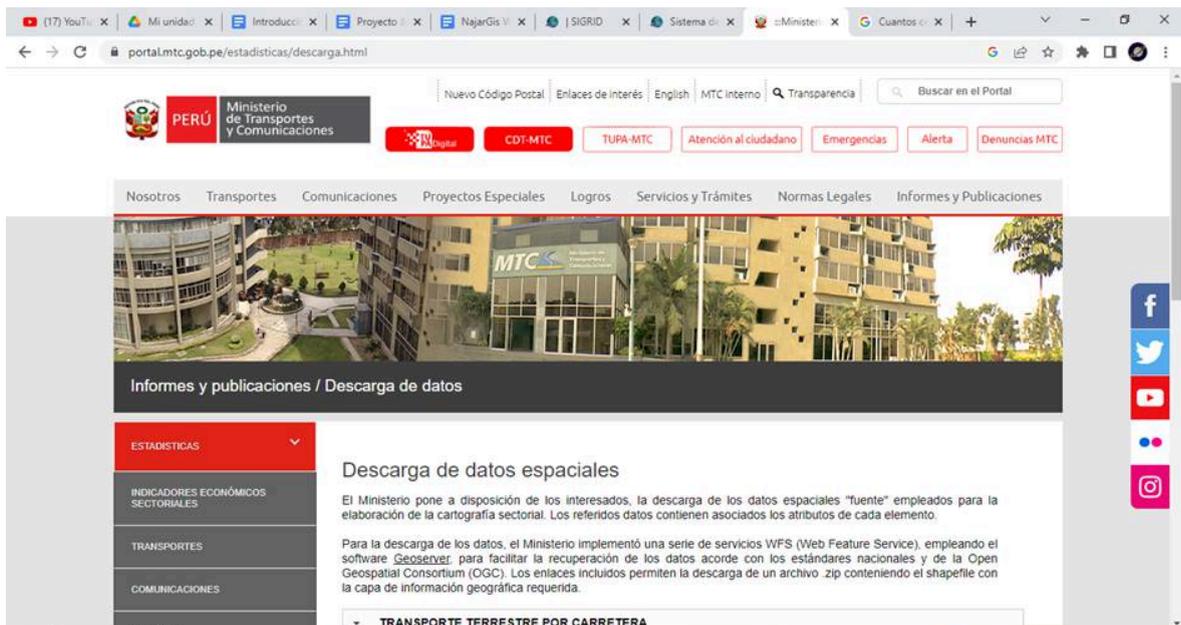
**Anexo 01:** Matriz de consistencia.

**“EVALUACIÓN DE ÁREAS ÓPTIMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN RELLENO SANITARIO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE ATUNCOLLA - PUNO, 2024”**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS
<p><b>GENERAL</b></p> <p>¿Existirán áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica en el distrito de Atuncolla - Puno, 2024.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo es la caracterización de los residuos sólidos en el distrito de Atuncolla?</li> <li>¿Existirán áreas que cumplan con las condiciones y criterios básicos para la ubicación de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica?</li> <li>¿Los estudios socio ambientales</li> </ul>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Evaluar áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica en el distrito de Atuncolla - Puno, 2024.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la generación per cápita, composición y densidad de residuos sólidos en el distrito de Atuncolla</li> <li>Ubicar áreas óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica.</li> <li>Analizar los estudios técnicos que presten las condiciones socio ambientales</li> </ul>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Las áreas son óptimas para la construcción de un relleno sanitario mediante sistemas de información geográfica en el distrito de Atuncolla - Puno, 2024.</p> <p><b>ESPECÍFICAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La generación per cápita, composición y densidad permitirán conocer la caracterización de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Atuncolla.</li> <li>Existen áreas disponibles que cumplen con las condiciones y criterios para la construcción de un relleno sanitario para el distrito de Atuncolla.</li> <li>Los estudios</li> </ul>	<p><b>Independiente.</b></p> <p>Áreas óptimas</p> <p><b>Dependiente:</b></p> <p>Relleno sanitario</p>	<p><b>Aspectos técnicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Distancia a la Población más cercana (m).</li> <li>Infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, entre otros).</li> <li>Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)</li> <li>Distancia a fallas geológicas.</li> <li>Pendiente del terreno (Topografía)</li> <li>Profundidad de la napa freática (m).</li> <li>Posibilidad del material de cobertura.</li> </ul> <p><b>Área de</b></p>	<p><b>1) Programas computacionales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Qgis (v3.26.17)</li> <li>R-Studio (v4.3.1)</li> <li>Google Earth</li> <li>Earthdata</li> <li>Senamhi</li> </ul> <p><b>2) Análisis multicriterio</b></p> <p>Análisis de la información actual de las áreas identificadas mediante imágenes satelitales y evaluación de criterios.</p>	<p><b>Tipo y diseño de la Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cualitativo y no experimental de modo transversal</li> </ul> <p><b>Método</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Deductivo</li> <li>Inductivo.</li> </ul> <p><b>Zona de estudio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Distrito de Atuncolla</li> </ul> <p><b>Análisis e interpretación de la información.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución Ministerial N° 165-2021- MINAM</li> </ul>

<p>técnicos presentan las condiciones socio ambientales favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario?</p>	<p>técnicos cumplen las condiciones socio ambientales favorables de las áreas óptimas seleccionadas para el relleno sanitario, de acuerdo al MINAM (2011)</p>	<p>favorables del área óptima seleccionada para un relleno sanitario en el distrito de Atuncolla, considerando los criterios de la tabla de puntajes máximos por parámetros de evaluación propuesta por el MINAM (2011).</p>	<p>disposición final</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ha</li> </ul>	
--	---	--	---	--

## Anexo 02: Geoportales de descargas.



portal.mtc.gob.pe/estadisticas/descarga.html

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Nuevo Código Postal | Enlaces de Interés | English | MTC Interno | Transparencia | Buscar en el Portal

CDT-MTC | TUPA-MTC | Atención al ciudadano | Emergencias | Alerta | Denuncias MTC

Nosotros | Transportes | Comunicaciones | Proyectos Especiales | Logros | Servicios y Trámites | Normas Legales | Informes y Publicaciones

Informes y publicaciones / Descarga de datos

ESTADÍSTICAS

INDICADORES ECONÓMICOS SECTORIALES

TRANSPORTES

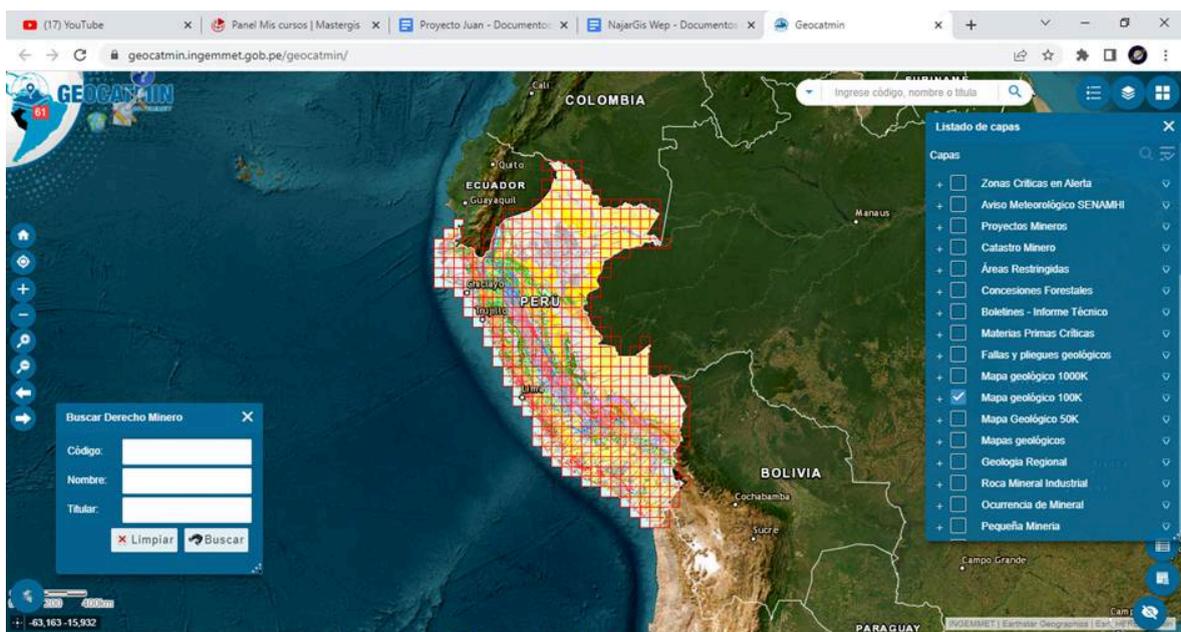
COMUNICACIONES

### Descarga de datos espaciales

El Ministerio pone a disposición de los interesados, la descarga de los datos espaciales "fuente" empleados para la elaboración de la cartografía sectorial. Los referidos datos contienen asociados los atributos de cada elemento.

Para la descarga de los datos, el Ministerio implementó una serie de servicios WFS (Web Feature Service), empleando el software *Geoserver* para facilitar la recuperación de los datos acorde con los estándares nacionales y de la Open Geospatial Consortium (OGC). Los enlaces incluidos permiten la descarga de un archivo .zip conteniendo el shapefile con la capa de información geográfica requerida.

TRANSPORTE TERRESTRE POR CARRETERA



geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/

INGEMMET

COLOMBIA

ECUADOR

PERU

BOLIVIA

PARAGUAY

Ingrese código, nombre o título

Listado de capas

- Zonas Críticas en Alerta
- Aviso Meteorológico SENAMHI
- Proyectos Mineros
- Catastro Minero
- Áreas Restringidas
- Concesiones Forestales
- Boletines - Informe Técnico
- Materias Primas Críticas
- Fallas y pliegues geológicos
- Mapa geológico 1000K
- Mapa geológico 100K
- Mapa Geológico 50K
- Mapas geológicos
- Geología Regional
- Roca Mineral Industrial
- Ocurrencia de Mineral
- Pequeña Minería

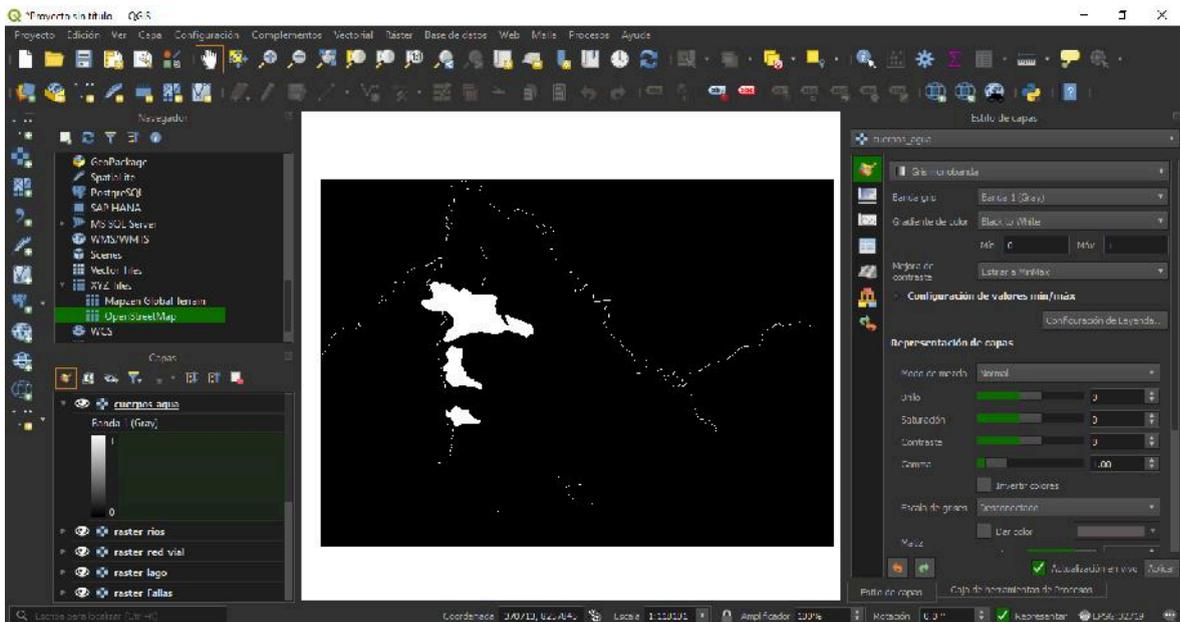
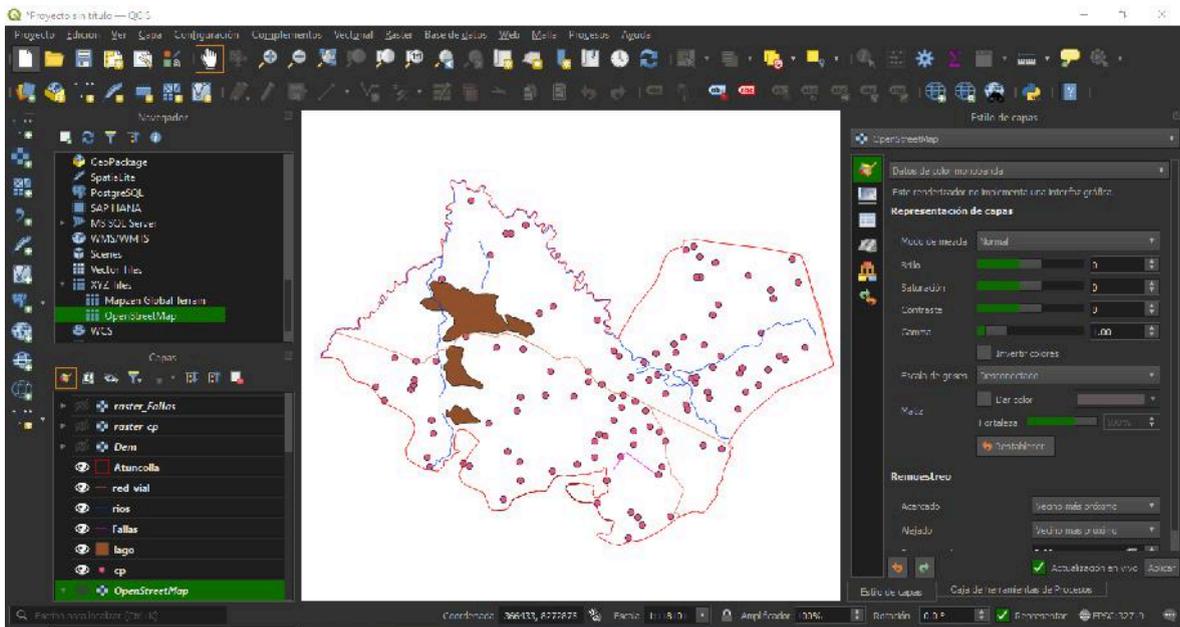
Buscar Derecho Minero

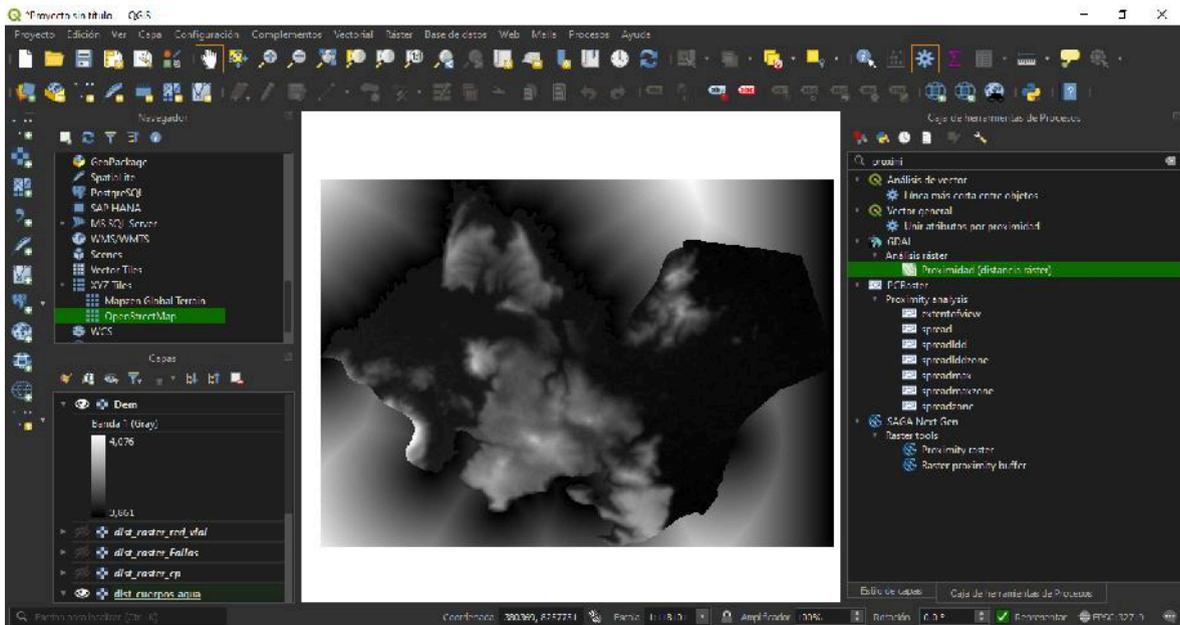
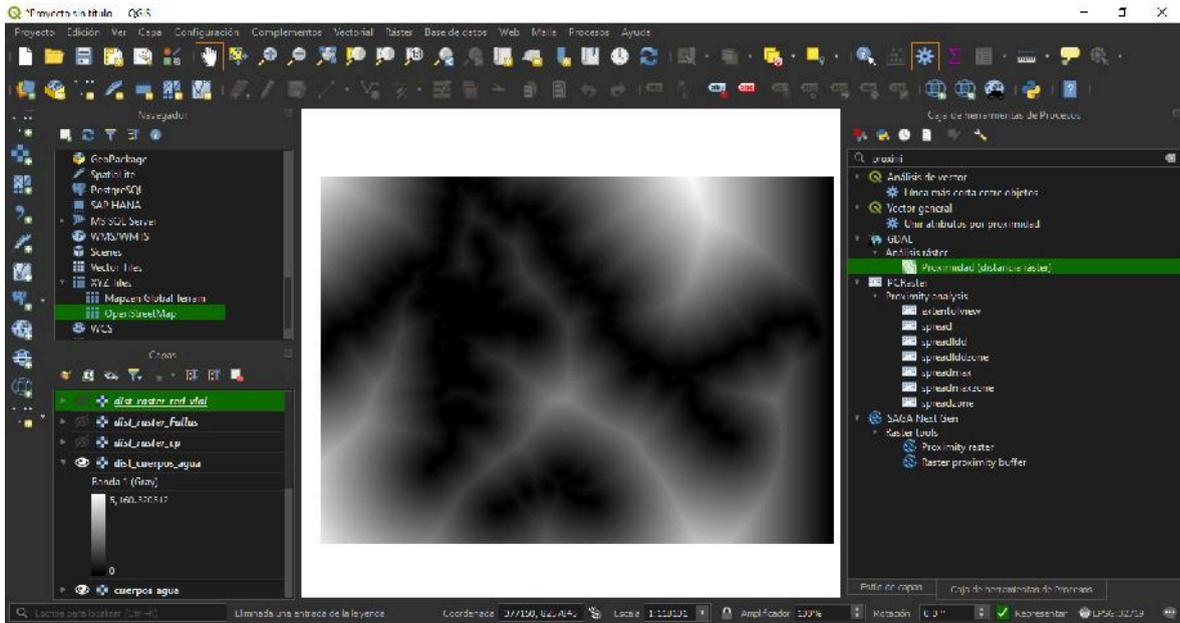
Código:

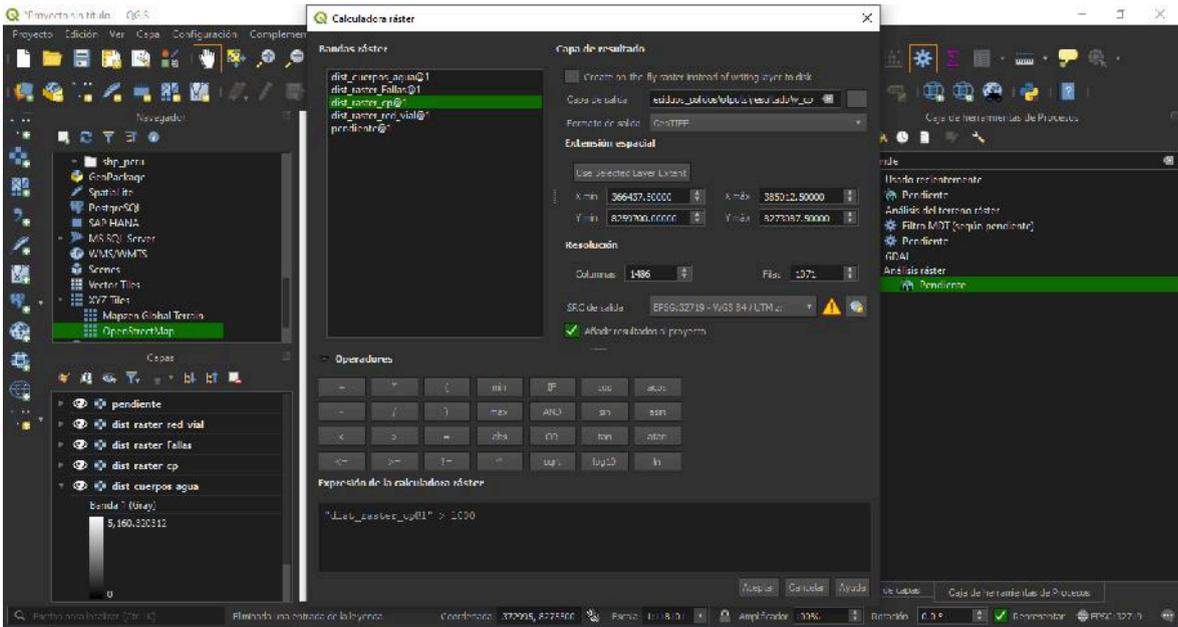
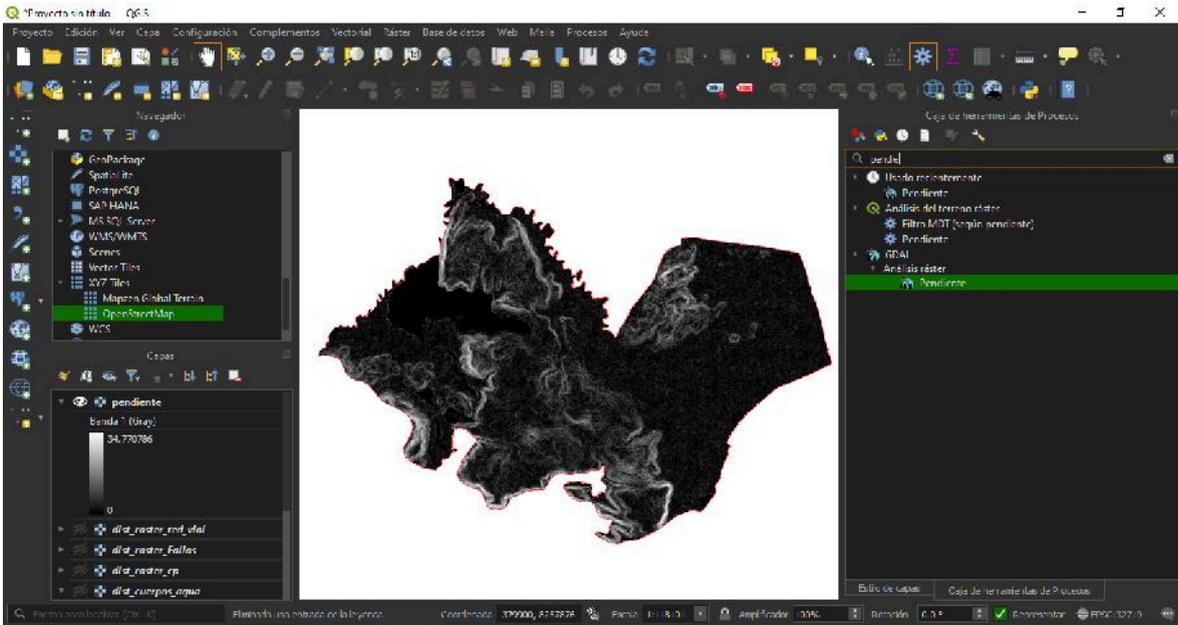
Nombre:

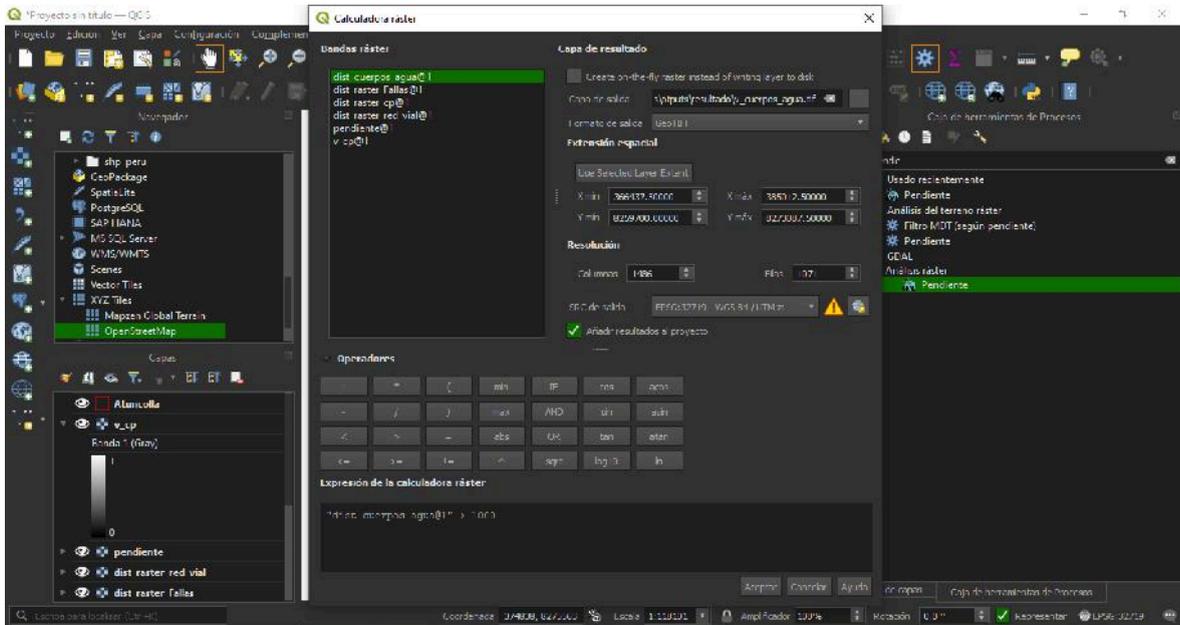
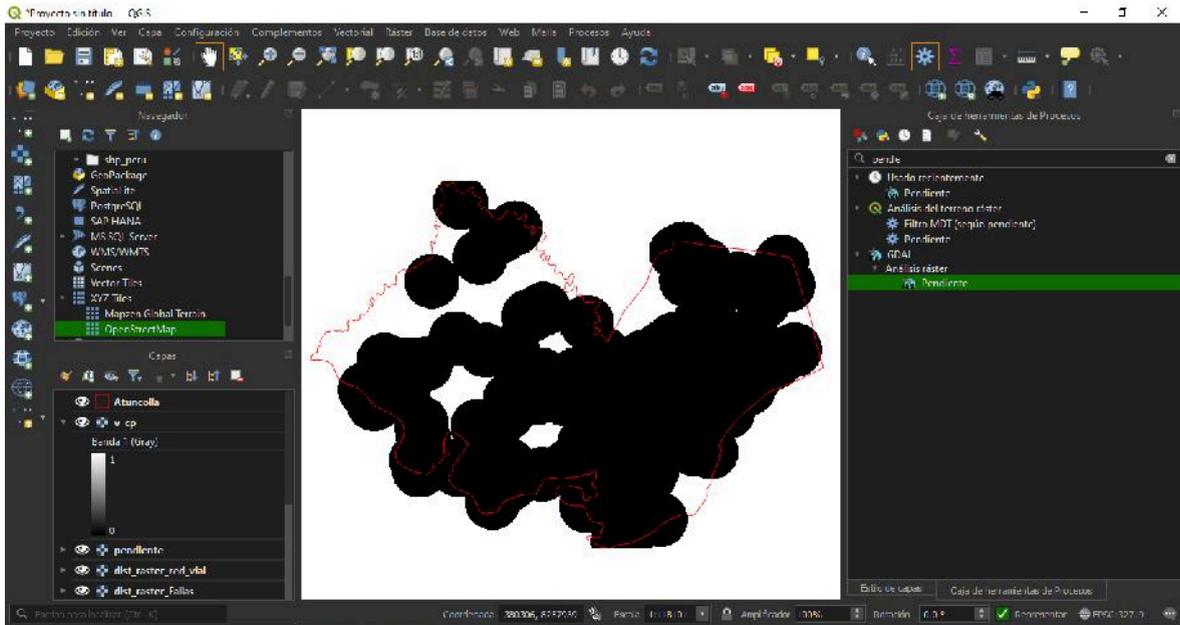
Títular:

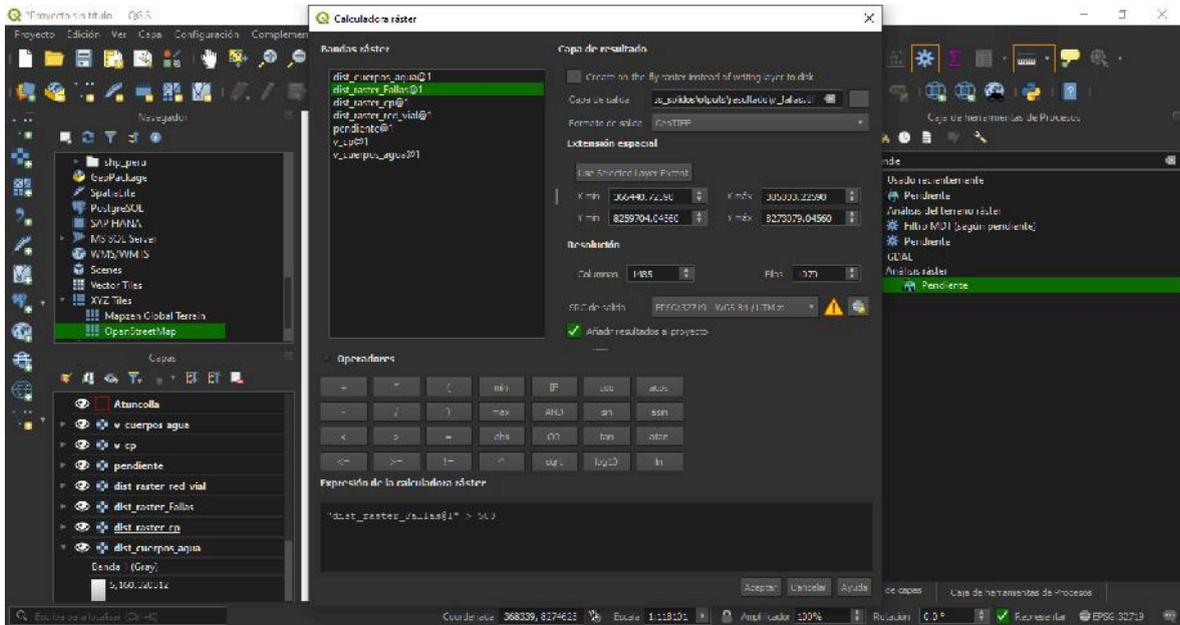
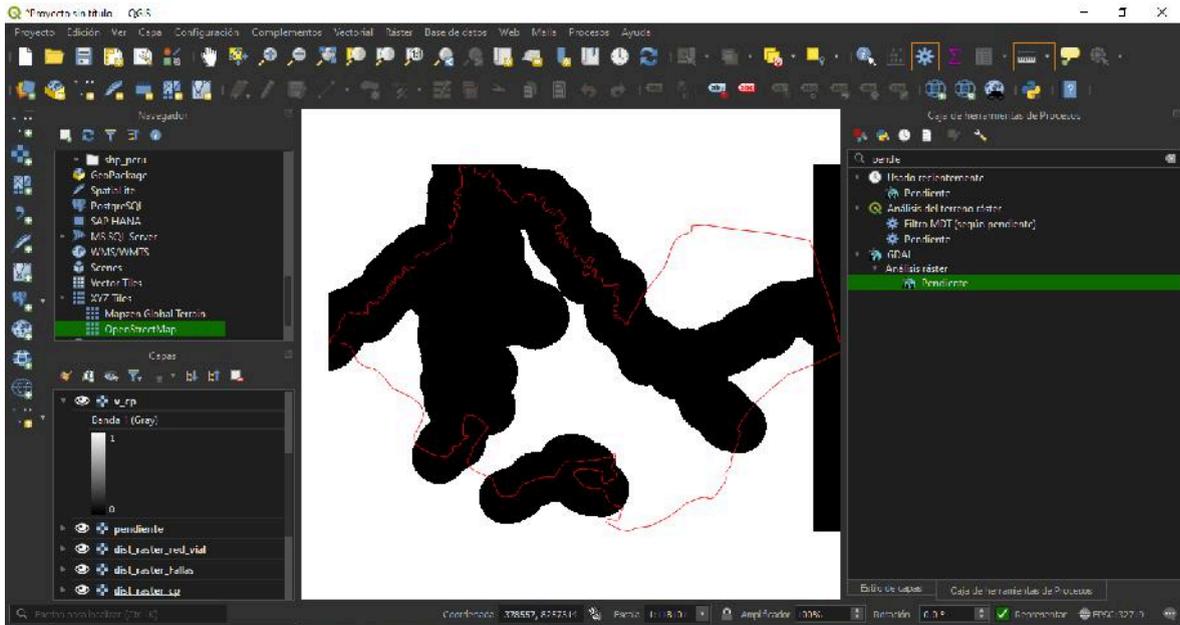
### Anexo 03: Geoprocesamiento para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el software qgis.

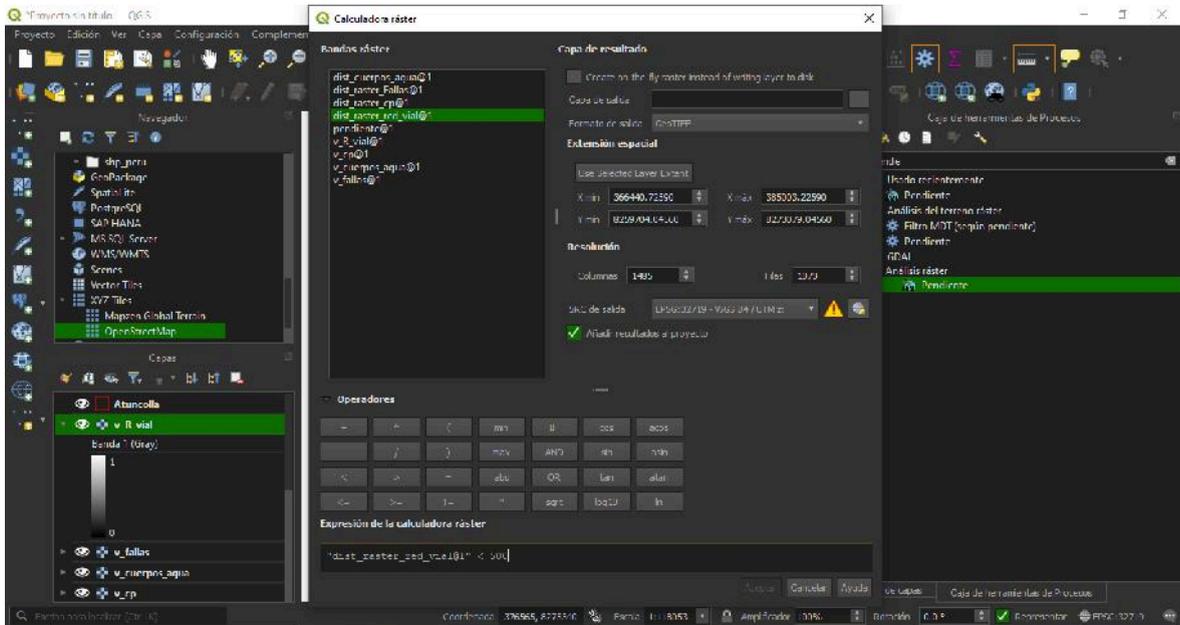
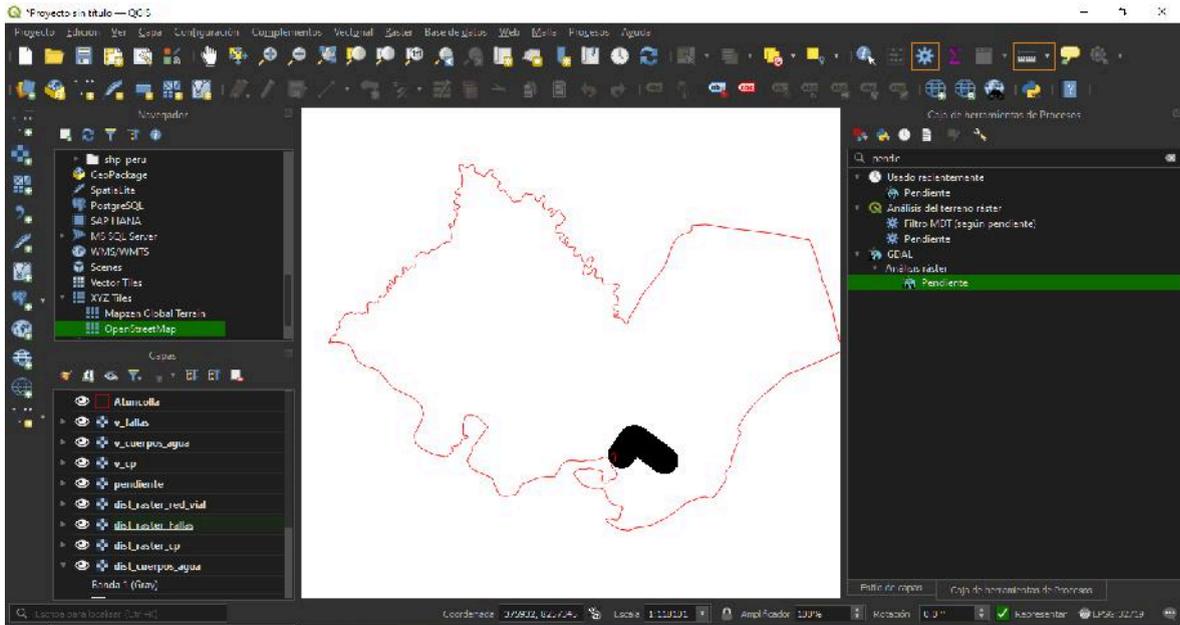


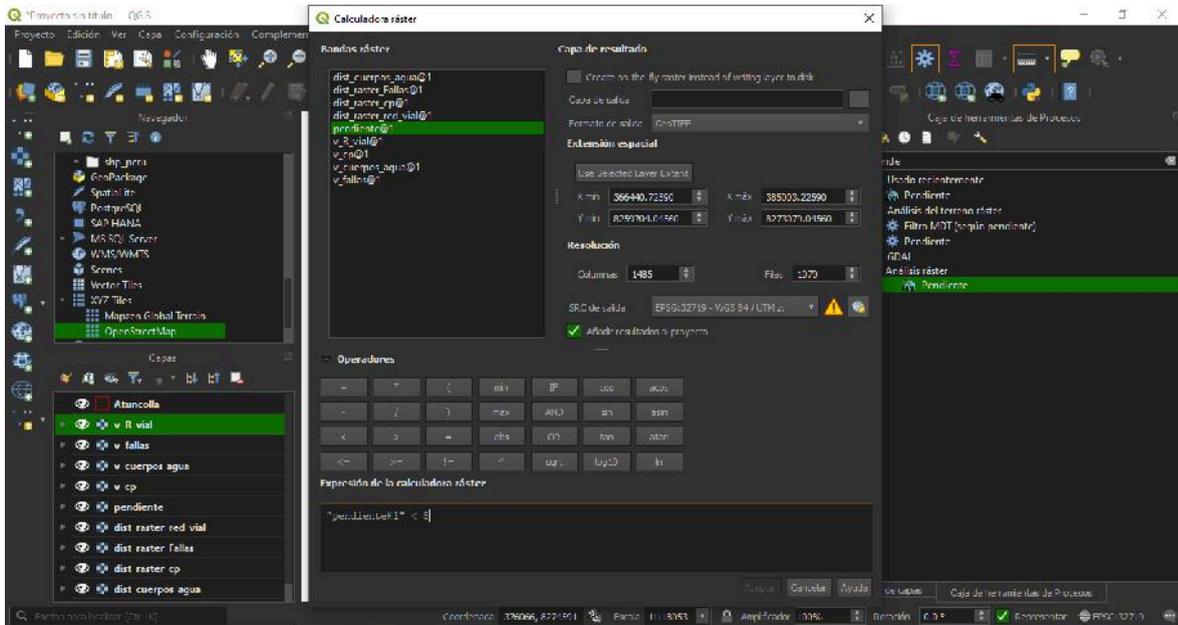
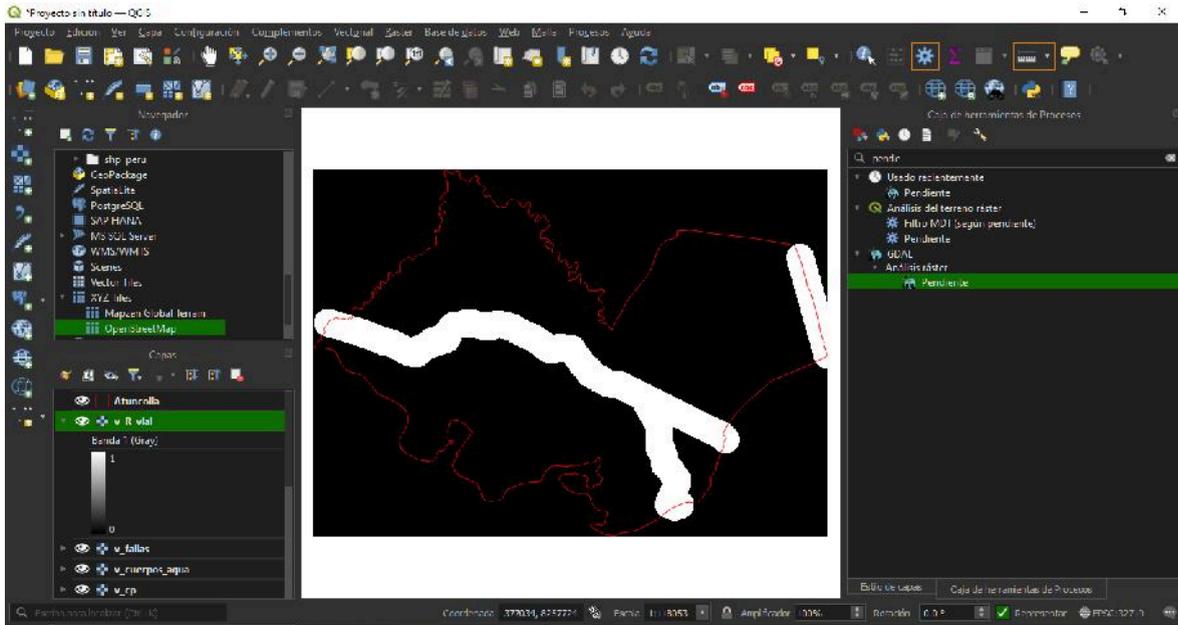


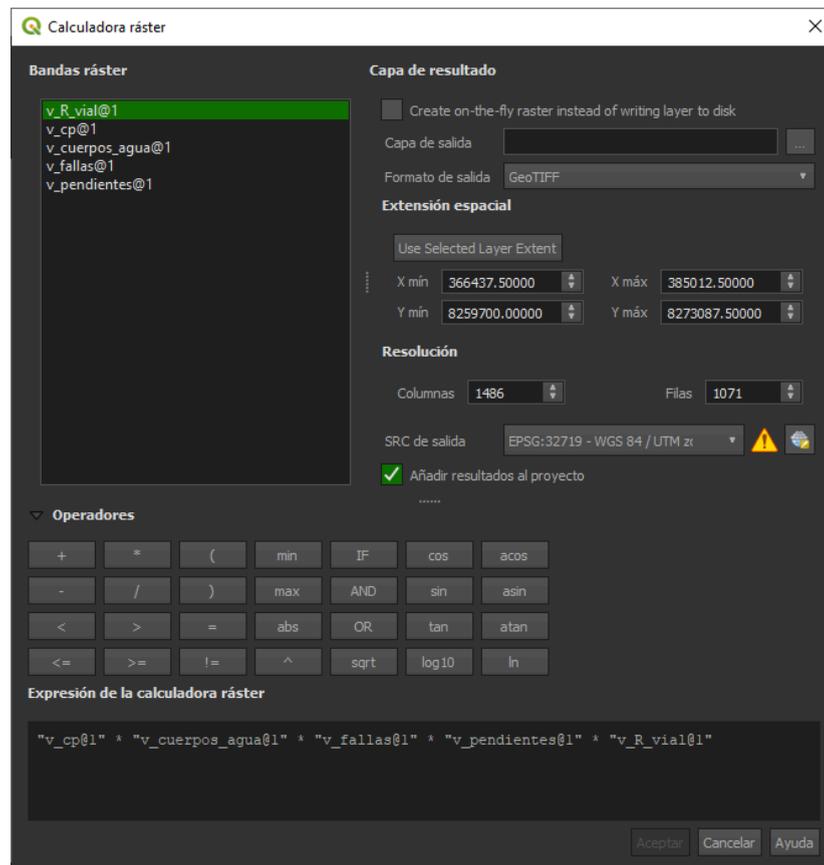
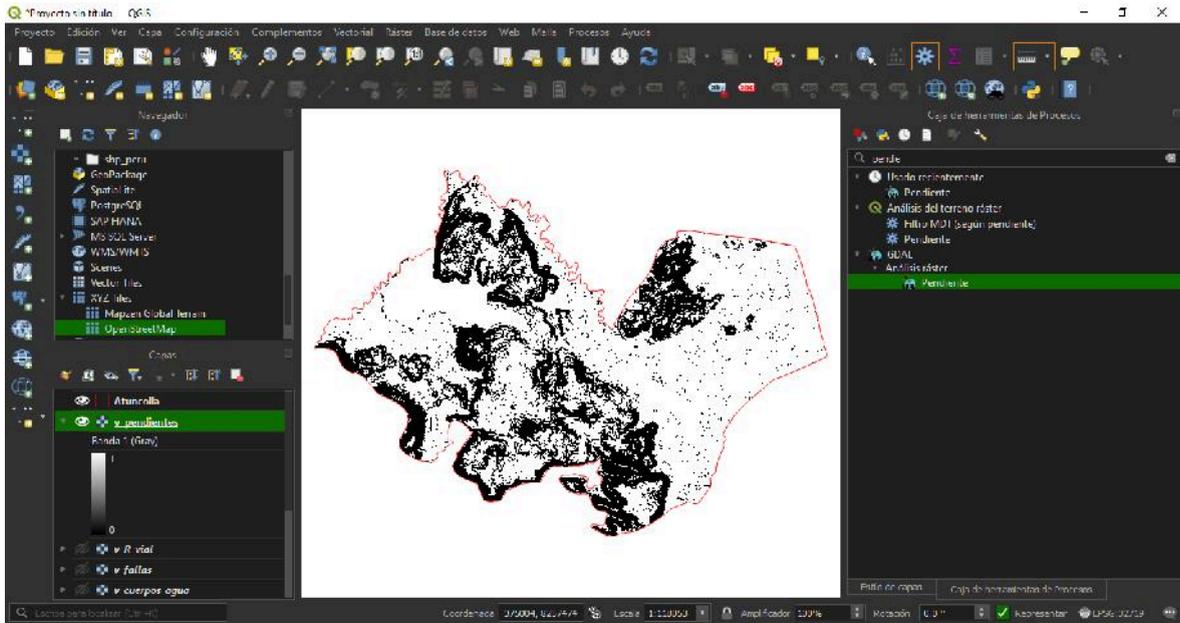


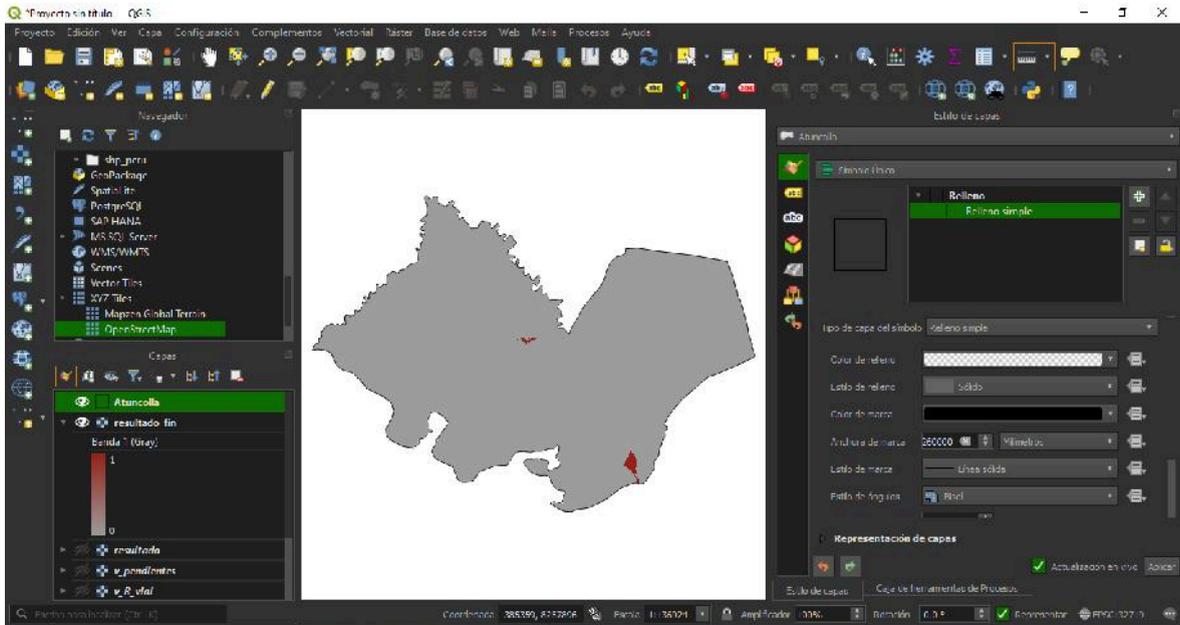
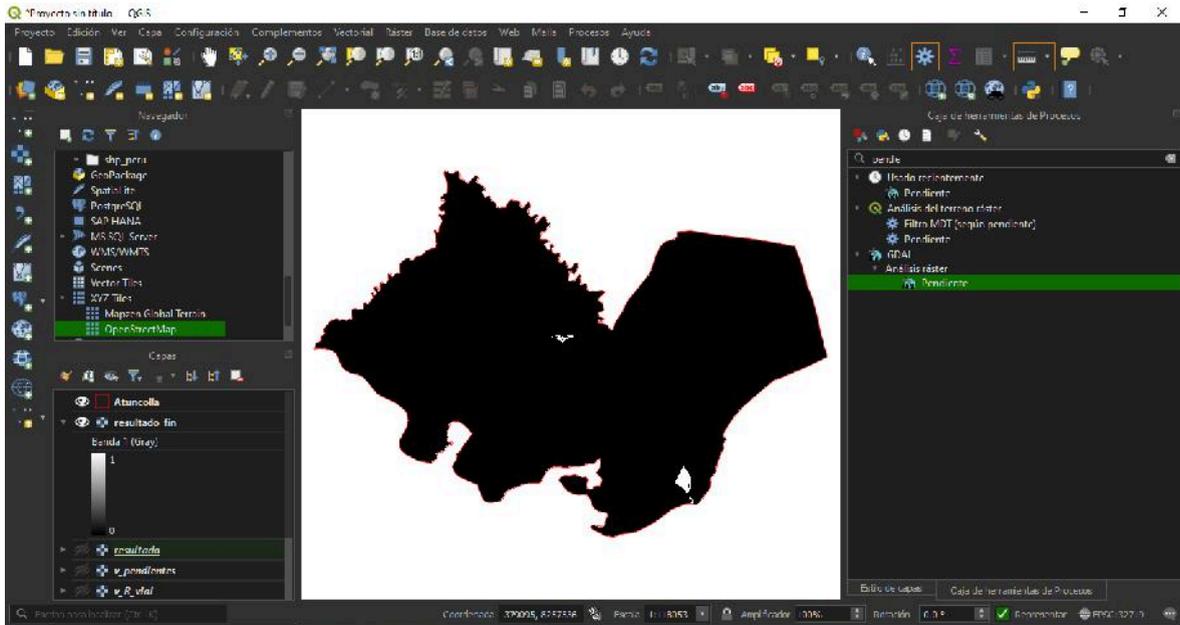




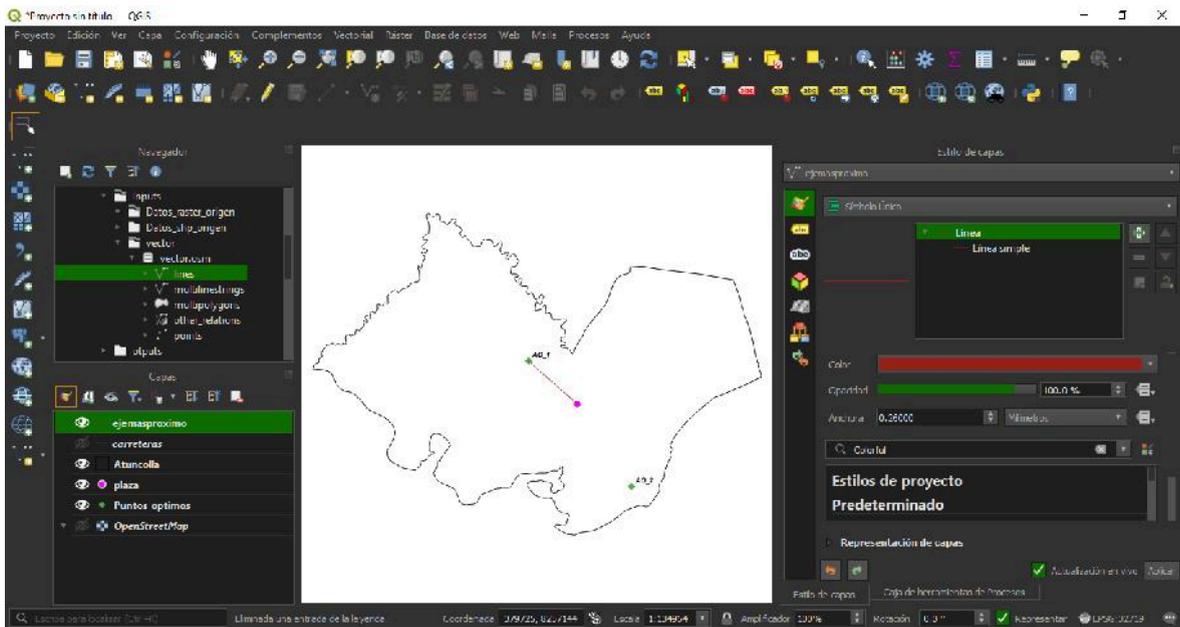




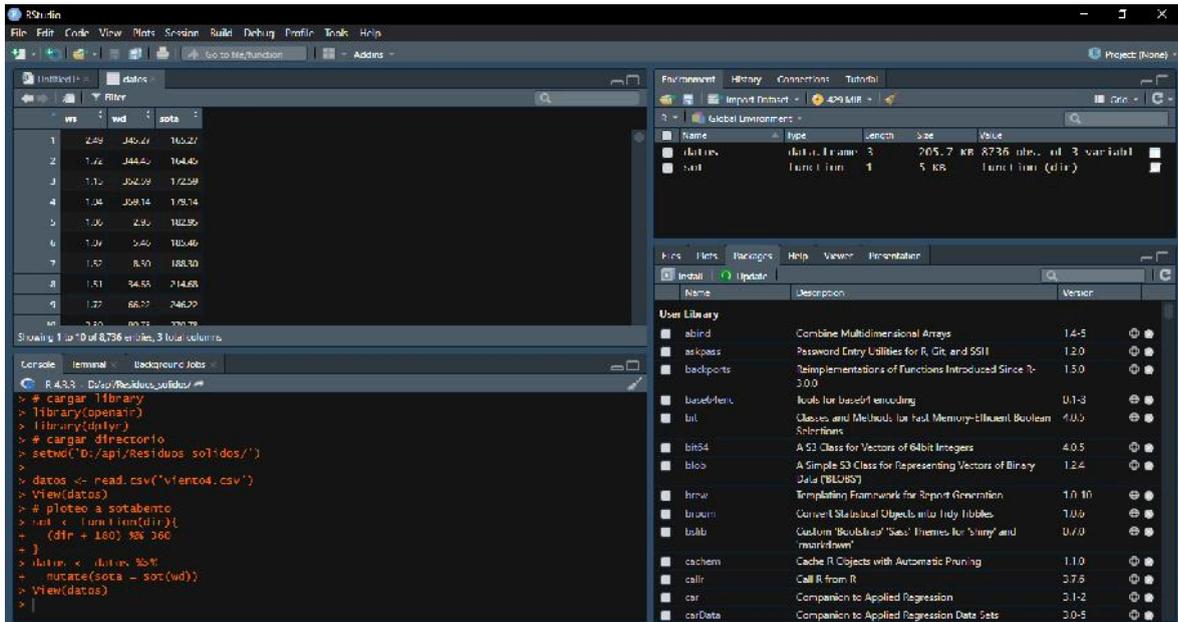




## Anexo 04: Geoprocesamiento para la ruta óptima.



## Anexo 05: Elaboración de gráficos estadísticos en R. velocidad del viento

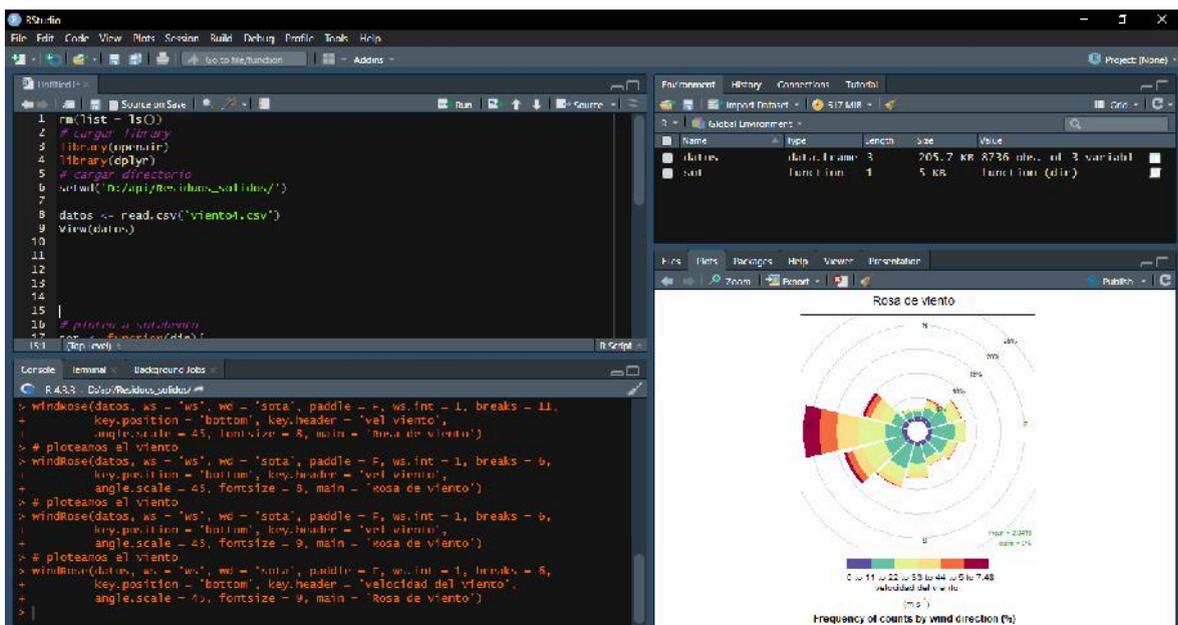


The screenshot shows the RStudio interface. The top-left pane displays a data frame with columns 'vnt', 'wd', and 'sota'. The console shows the following R code:

```

R 4.3.3 D:\sp\Residuos_solidos\#
> # cargar libreria
> library(openair)
> library(dplyr)
> # cargar directorio
> setwd("D:/api/Residuos_solidos/")
> datos <- read.csv("viento4.csv")
> View(datos)
> # ploteo a sotabento
> mat <- function(dir){
+   (dir + 160) %>% %>%
+ }
> data <- data %>%
+ mutate(sota = sota(wd))
> View(datos)
  
```

The right-hand side of the interface shows the Environment pane with variables 'data' and 'mat', and the User Library pane listing various R packages like 'abind', 'askpass', 'backports', etc.



The screenshot shows the RStudio interface with the console displaying R code for creating wind rose plots:

```

R 4.3.3 D:\sp\Residuos_solidos\#
> windrose(datos, ws = "ws", wd = "sota", paddle = F, ws.int = 1, breaks = 11,
+   key.position = "bottom", key.header = "vel viento",
+   angle.scale = 45, fontsize = 8, main = "Rosa de viento")
> # ploteoanos al viento
> windrose(datos, ws = "ws", wd = "sota", paddle = F, ws.int = 1, breaks = 9,
+   key.position = "bottom", key.header = "vel viento",
+   angle.scale = 45, fontsize = 8, main = "rosa de viento")
> # ploteoanos al viento
> windrose(datos, ws = "ws", wd = "sota", paddle = F, ws.int = 1, breaks = 6,
+   key.position = "bottom", key.header = "vel viento",
+   angle.scale = 45, fontsize = 9, main = "rosa de viento")
> # ploteoanos al viento
> windrose(datos, ws = "ws", wd = "sota", paddle = F, ws.int = 1, breaks = 6,
+   key.position = "bottom", key.header = "velocidad del viento",
+   angle.scale = 45, fontsize = 9, main = "Rosa de viento")
  
```

The right-hand side of the interface shows the Environment pane and a plot window titled "Rosa de viento". The plot is a wind rose showing the frequency of wind counts by direction. The plot includes a legend for wind speed ranges (0 to 7.48 m/s) and a title "Rosa de viento".

**Anexo 06:** Cálculo de la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios

N°	Hab.	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	GPC
1	4	0.22	0.90	0.49	0.61	0.78	0.97	0.29	<b>0.15</b>
2	4	0.48	0.79	0.29	0.15	0.46	0.73	0.37	<b>0.12</b>
3	5	0.53	0.42	0.67	0.75	0.76	0.08	0.78	<b>0.11</b>
4	3	0.50	0.31	0.39	0.56	0.52	0.45	0.65	<b>0.16</b>
5	3	0.91	0.44	0.38	0.64	0.98	0.62	0.11	<b>0.19</b>
6	4	0.00	0.35	0.15	0.43	0.45	0.97	0.98	<b>0.12</b>
7	5	0.53	0.74	0.17	0.08	0.50	0.84	0.45	<b>0.09</b>
8	3	0.57	0.02	0.20	0.53	0.63	0.13	0.02	<b>0.10</b>
9	3	0.45	0.37	0.58	0.92	0.63	0.57	0.94	<b>0.21</b>
10	6	0.26	0.69	0.04	0.80	0.14	0.48	0.63	<b>0.07</b>
11	5	0.37	0.72	0.98	0.12	0.30	0.65	0.42	<b>0.10</b>
12	3	0.02	0.56	0.69	0.37	0.09	0.71	0.44	<b>0.14</b>
13	2	0.58	0.99	0.11	0.97	0.62	0.43	0.84	<b>0.32</b>
14	5	0.48	0.06	0.06	0.24	0.95	0.23	0.01	<b>0.06</b>
15	5	0.04	0.32	0.67	0.81	0.58	0.55	0.07	<b>0.09</b>
16	6	0.02	0.90	0.97	0.81	0.52	0.16	0.53	<b>0.09</b>
17	4	0.79	0.22	0.45	0.35	0.39	0.59	0.91	<b>0.13</b>

18	4	0.18	0.95	0.46	0.69	0.42	0.90	0.14	<b>0.13</b>
19	5	0.80	0.83	0.38	0.81	0.37	0.56	0.61	<b>0.12</b>
20	4	0.38	0.01	0.34	0.17	0.49	0.96	0.95	<b>0.12</b>
21	5	0.39	0.31	0.36	0.64	0.87	0.00	0.93	<b>0.10</b>
22	3	0.90	0.13	0.53	0.44	0.56	0.39	0.22	<b>0.15</b>
23	6	0.32	0.99	0.02	0.72	0.41	0.26	0.81	<b>0.08</b>
24	4	0.42	0.82	0.71	0.99	0.25	0.32	0.33	<b>0.14</b>
25	2	0.19	0.65	0.11	0.08	0.36	0.30	0.99	<b>0.19</b>
26	5	0.73	0.71	0.50	0.75	0.82	0.60	0.37	<b>0.13</b>
27	2	0.45	0.09	0.54	0.95	0.40	0.31	0.27	<b>0.21</b>
28	2	0.64	0.12	0.69	0.51	0.34	0.83	0.51	<b>0.26</b>
29	3	0.65	0.43	0.79	0.61	0.16	0.41	0.60	<b>0.17</b>
30	6	0.37	0.78	0.49	0.18	0.66	0.66	0.38	<b>0.08</b>
31	2	0.96	0.40	0.53	0.74	0.25	0.92	0.51	<b>0.31</b>
32	5	0.18	0.65	0.55	0.04	0.31	0.67	0.72	<b>0.09</b>
33	2	0.01	0.38	0.04	0.84	0.41	0.54	0.29	<b>0.18</b>
34	4	0.37	0.05	0.15	0.29	0.12	0.16	0.71	<b>0.07</b>
35	6	0.47	0.03	0.14	0.75	0.39	0.34	0.66	<b>0.07</b>
36	3	0.05	0.43	0.31	0.88	0.87	0.68	0.11	<b>0.16</b>

37	5	0.58	0.36	0.41	0.73	0.12	0.28	0.94	<b>0.10</b>
38	6	0.95	0.34	0.10	0.83	0.87	0.12	0.90	<b>0.10</b>
39	2	0.53	0.39	0.58	0.05	0.05	0.45	0.84	<b>0.21</b>
40	6	0.45	0.57	0.27	0.09	0.95	0.62	0.86	<b>0.09</b>
41	6	0.74	0.52	0.33	0.81	0.49	0.41	0.92	<b>0.10</b>
42	3	0.80	0.53	0.49	0.86	0.81	0.06	0.73	<b>0.20</b>
43	3	0.45	0.87	0.88	0.64	0.48	0.46	0.81	<b>0.22</b>
44	6	0.04	0.45	0.92	0.53	0.87	0.79	0.18	<b>0.09</b>
45	3	0.69	0.21	0.28	0.96	0.77	0.63	0.87	<b>0.21</b>
46	3	0.10	0.24	0.70	0.61	0.85	0.92	0.16	<b>0.17</b>
47	4	0.80	0.60	0.85	0.08	0.85	0.82	0.32	<b>0.15</b>
48	6	0.88	0.17	0.39	0.27	0.77	0.24	0.62	<b>0.08</b>
49	2	0.81	0.98	0.90	0.34	0.45	0.71	0.51	<b>0.34</b>
50	3	0.76	0.48	0.27	0.68	0.35	0.82	0.26	<b>0.17</b>
51	5	0.72	0.95	0.64	0.17	0.54	0.35	0.90	<b>0.12</b>
52	5	0.17	0.15	0.72	0.25	0.28	0.21	0.64	<b>0.07</b>
53	2	0.66	0.87	0.79	0.67	0.74	0.22	0.62	<b>0.33</b>
54	5	0.07	0.61	0.80	0.40	0.37	0.86	0.64	<b>0.11</b>

---

**Promedio**

**0.15**

---

**Anexo 07:** Guía de encuesta social.

ENCUESTA A LA POBLACIÓN A CERCA DEL RELLENO SANITARIO

NOMBRE DEL ENCUESTADO (A): Angela Rosa Denispo.

OCUPACIÓN: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

LUGAR: \_\_\_\_\_

PREGUNTAS:

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

- SI
- NO

2.- ¿Conoce qué es un relleno sanitario?

- SI
- NO

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

- SI
- NO

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

- SI
- NO

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

- SI
- NO

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

- SI
- NO

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

- SI
- NO

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

- SI
- NO

**Anexo 08:** Panel fotográfico.



**Figura 01:** Entrega de bolsas a los moradores del distrito de Atuncolla.



**Figura 02:** Entrega de bolsas a los moradores del distrito de Atuncolla.



**Figura 03:** Recojo de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.



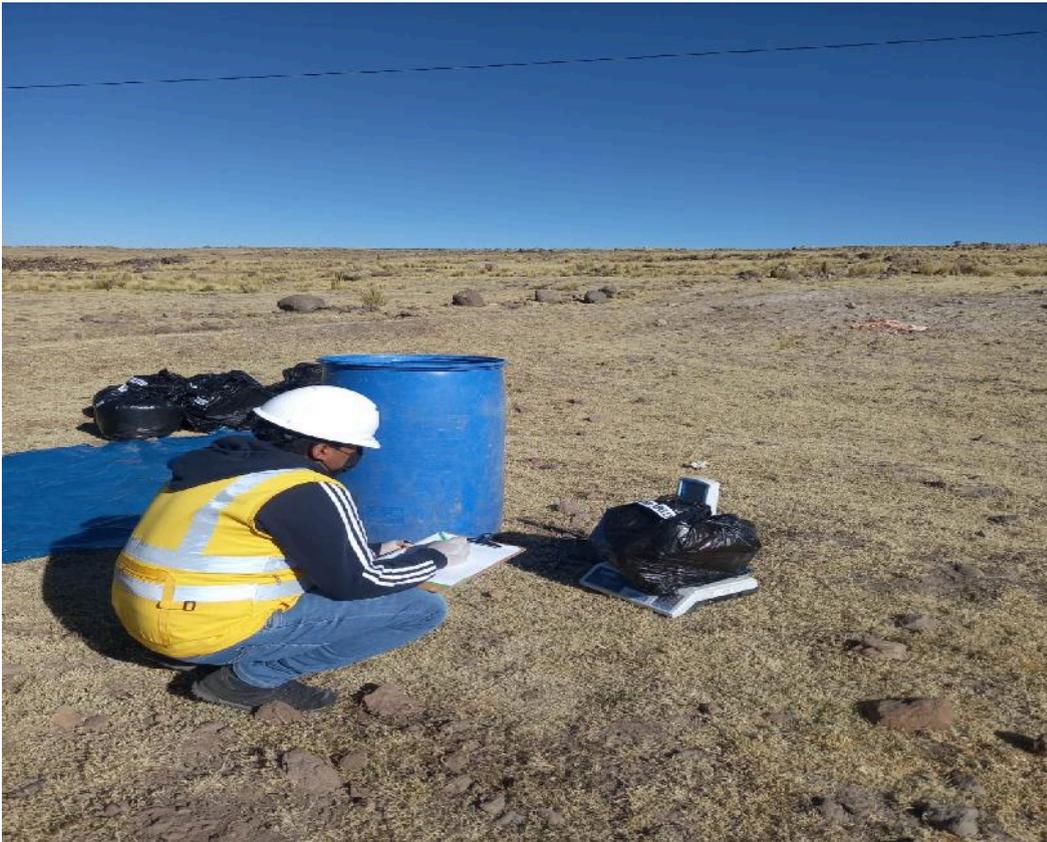
**Figura 04:** Recojo de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.  
Diapositiva



**Figura 05:** Pesaje de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.



**Figura 06:** Segregación de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.



**Figura 07:** Pesaje de los residuos sólidos domiciliarios segregados del distrito de Atuncolla.



**Figura 08:** Cálculo de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.



**Figura 09:** Cálculo de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.



**Figura 10:** Cálculo de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.



**Figura 11:** Registro de datos de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Atuncolla.



**Figura 12:** Pesaje del cilindro.