

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS:**

**UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EMPLEANDO SISTEMAS  
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE KELLUYO, 2024**

**PRESENTADA POR:**

**CARLA YAMILE TICONA HUALCUNA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



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



# 7.77%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 4 JUL 2025, 10:42 AM

## Similarity report

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

● IDENTICAL  
0.67%

● CHANGED TEXT  
7.09%

## Report #27333841

CARLA YAMILE TICONA HUALCUNA // UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE KELLUYO, 2024 PRESENTADA POR: CARLA YAMILE TICONA HUALCUNA RESUMEN La investigación surge a razón de que el distrito de Kelluyo carece de un relleno sanitario; lo cual conlleva a que la disposición final de los residuos sólidos se realice en lugares inadecuados como botaderos informales a cielo abierto, lo que a su vez ocasiona el deterioro de la calidad del ambiente, ante ello se planteó el objetivo general de; determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo, 2024. Para ello se realizó a superposición de criterios (centros poblados, hidrología, vías, zonas arqueológicas, fallas geológicas, pendiente, y áreas naturales protegidas), mediante el proceso Analítico Jerárquico, según las consideraciones de la Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales del MINAM, seguidamente se dimensionó un relleno sanitario para la adecuada disposición final de los residuos sólidos; aplicando los cálculos matemáticos de ingeniería de acuerdo a la generación de residuos para un periodo de vida útil de 10 años en base a la línea base e índice de crecimiento poblacional. En los resultados se encontró 175.79 km<sup>2</sup> de zonas aptas, equivalente al 35.75 % de la extensión del distrito considerando los criterios: (centros poblados,

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EMPLEANDO SISTEMAS  
DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE KELLUYO, 2024**

**PRESENTADA POR:**

**CARLA YAMILE TICONA HUALCUNA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:   
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:   
Mg. ELVIRA ANANI DURAND GOYZUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación : Ciencias ambientales

Puno, 11 de julio del 2025

## DEDICATORIA

En el andar educativo le dedico este objetivo cumplido a mi madre por guiar, cuidar mis pasos, por darme pies en la tierra y alas para volar, ser guerrera y resiliente en cualquier situación que se me presente.

A mi propio esfuerzo y determinación, ya que con perseverancia he logrado cumplir este objetivo, siendo este un escalón en mi crecimiento profesional.

A mis ancestros, que forman parte de mi ser y de lo que quiero ser.

Finalmente a mis ángeles; familiares que ya no están conmigo pero desde el cielo se que se alegraran por este objetivo cumplido.

**Carla Yamile Ticona Hualcuna**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer por el espacio, lugar y momento que nos permite desarrollarnos como profesionales; por las enseñanzas que nos otorgaron todos los ingenieros, licenciados y doctores en la travesía universitaria.

Agradezco infinitamente a mis padres por darme la oportunidad de ser profesional y aportar a mi educación, a mi hermana por enseñarme que las circunstancias pueden ser malas pero uno se acomoda y tira para adelante y a todas las personas que me apoyaron en este proceso.

Agradezco a las personas del distrito de Kelluyo que me ayudaron a conocer un poco más de este lugar.

Agradezco a mi asesora que estuvo a lo largo de este proceso corrigiendo y observando el avance de este proyecto, así también con mis jurados que desde un inicio estuvieron dispuestos y atentos al proceso que llevó elaborar esta tesis.

**Carla Yamile Ticona Hualcuna**

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE 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>15</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>17</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	17
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	18
1.2.3. A NIVEL REGIONAL	19
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

### CAPÍTULO II

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

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>21</b>
2.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS	21

2.1.2. RELLENO SANITARIO	22
2.1.3. UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO	25
2.1.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN SIG/EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC)	26
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>27</b>
<b>2.3. MARCO TEÓRICO NORMATIVO</b>	<b>28</b>
<b>2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>29</b>
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	29
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	29
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>30</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>31</b>
3.2.1. POBLACIÓN	31
3.2.2. MUESTRA	31
<b>3.3. METODOS Y TECNICAS</b>	<b>31</b>
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	31
3.3.3. MÉTODO	31
3.3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	32
3.3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	32
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>40</b>
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
<b>4.1. DETERMINAR LAS ÁREAS POTENCIALES PARA LA UBICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE KELLUYO.</b>	<b>42</b>

<b>4.2. DIMENSIONAR UN RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE KELLUYO</b>	<b>69</b>
4.2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO	69
4.2.2. MÉTODO DE RELLENO SANITARIO	74
4.2.3. RESUMEN DE DATOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL	77
<b>4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS</b>	<b>78</b>
4.3.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	78
4.3.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	78
<b>4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>79</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Requisitos de localización de un relleno sanitario	26
<b>Tabla 02:</b> Ponderaciones para los criterios establecidos	27
<b>Tabla 03:</b> Criterios a considerar para la zonificación de un relleno sanitario	33
<b>Tabla 04:</b> Estimación del volumen y el área requerida del terreno para el relleno sanitario de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Kelluyo.	73
<b>Tabla 05:</b> Estimación del número de zanjas al año 2024 para el relleno sanitario de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Kelluyo.	76
<b>Tabla 06:</b> Resumen de datos del dimensionamiento del relleno sanitario manual.	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01:</b> Ubicación de la zona en estudio	30
<b>Figura 02:</b> Mapa del criterio Centros poblados del distrito de Kelluyo	43
<b>Figura 03:</b> Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio Centros Poblados en el distrito de Kelluyo	44
<b>Figura 04:</b> Mapa del criterio Instituciones educativas y centros de Salud del distrito de Kelluyo	46
<b>Figura 05:</b> Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio Instituciones educativas y centros de Salud en el distrito de Kelluyo	47
<b>Figura 06:</b> Mapa del criterio vías del distrito de Kelluyo	49
<b>Figura 07:</b> Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio vías en el distrito de Kelluyo	50
<b>Figura 08:</b> Mapa del criterio hidrología del distrito de Kelluyo	52
<b>Figura 09:</b> Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio hidrología en el distrito de Kelluyo	53
<b>Figura 10:</b> Mapa del criterio fallas geológicas del distrito de Kelluyo	55
<b>Figura 11:</b> Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio fallas geológicas en el distrito de Kelluyo	56
<b>Figura 12:</b> Mapa del criterio zonas arqueológicas del distrito de Kelluyo	58
<b>Figura 13:</b> Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio zonas arqueológicas en el distrito de Kelluyo	59
<b>Figura 14:</b> Mapa del criterio pendiente del distrito de Kelluyo	61
<b>Figura 15:</b> Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio pendiente en el distrito de Kelluyo	62
<b>Figura 16:</b> Mapa del criterio áreas naturales protegidas por el estado del distrito de Kelluyo	64

- Figura 17:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio áreas naturales protegidas por el estado en el distrito de Kelluyo 65
- Figura 18:** Mapa de áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo 67
- Figura 19:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio áreas naturales protegidas por el estado en el distrito de Kelluyo 68

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia	86
<b>Anexo 02:</b> Dimensionamiento del relleno sanitario	87
<b>Anexo 03:</b> Procesamiento de los criterios para la ubicación de un relleno sanitario	89
<b>Anexo 04:</b> Panel fotográfico	98

## RESUMEN

La investigación surge a razón de que el distrito de Kelluyo carece de un relleno sanitario; lo cual conlleva a que la disposición final de los residuos sólidos se realice en lugares inadecuados como botaderos informales a cielo abierto, lo que a su vez ocasiona el deterioro de la calidad del ambiente, ante ello se planteó el objetivo general de; determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo, 2024. Para ello se realizó a superposición de criterios (centros poblados, hidrología, vías, zonas arqueológicas, fallas geológicas, pendiente, y áreas naturales protegidas), mediante el proceso Analítico Jerárquico, según las consideraciones de la Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales del MINAM, seguidamente se dimensionó un relleno sanitario para la adecuada disposición final de los residuos sólidos; aplicando los cálculos matemáticos de ingeniería de acuerdo a la generación de residuos para un periodo de vida útil de 10 años en base a la línea base e índice de crecimiento poblacional. En los resultados se encontró 175.79 km<sup>2</sup> de zonas aptas, equivalente al 35.75 % de la extensión del distrito considerando los criterios: (centros poblados, hidrología, vías, zonas arqueológicas, fallas geológicas, pendiente, y áreas naturales protegidas por el estado), además se proyectó un relleno sanitario manual al año 2034 de tipo zanja, con capacidad de 14375.1 m<sup>3</sup>; en un área de 3114.62 m<sup>2</sup> (0.31Ha); con dimensiones por cada zanja de (3 m de profundidad; 6 m de ancho y 18.12 m de largo); requiriendo 24 zanjas. Concluyendo que se halló 48 áreas óptimas, todas ellas mayores a 2 Ha, para la ubicación óptima de un relleno sanitario empleando los sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo.

**Palabras clave:** Áreas óptimas, Dimensionamiento, Relleno sanitario, Residuos sólidos.

## ABSTRACT

The research arises because the district of Kelluyo lacks a sanitary landfill, which leads to the final disposal of solid waste in inadequate places such as informal open dumps, which in turn causes the deterioration of environmental quality, so the general objective was to determine the optimal location of a sanitary landfill using geographic information systems in the district of Kelluyo, 2024. In order to do this, the criteria were superimposed (population centers, hydrology, roads, archaeological zones, geological faults, slope, and protected natural areas), using the Analytical Hierarchical process, according to the considerations of the Guide for the identification of potential zones for municipal solid waste disposal infrastructure of MINAM, then a sanitary landfill was dimensioned for the adequate final disposal of solid waste; Then, a sanitary landfill was sized for the proper disposal of solid waste, applying mathematical engineering calculations according to waste generation for a 10-year useful life based on the baseline and population growth rate. In the results, 175.79 km<sup>2</sup> of suitable zones were found, equivalent to 35.75% of the district extension considering the criteria: (population centers, hydrology, roads, archaeological zones, geological faults, slope, and natural areas protected by the state), also a manual sanitary landfill was projected for the year 2034 of trench type, with a capacity of 14375.1 m<sup>3</sup>; in an area of 3114.62 m<sup>2</sup> (0.31Ha); with dimensions for each trench of (3 m deep; 6 m wide and 18.12 m long); requiring 24 trenches. In conclusion, 48 optimal areas were found, all of them larger than 2 Ha, for the optimal location of a sanitary landfill using geographic information systems in the district of Kelluyo.

**Key words:** Optimal areas, Sizing, Landfill, Solid waste,

## INTRODUCCIÓN

La población estimada en el mundo al año 2017 fue de 7.5 mil millones de personas (Genial, 2017), para el año 2100 la población mundial será de 11 mil millones de personas (UNIDAS, 2015), a medida que la población, la urbanización y el consumo aumentan, los residuos sólidos se hacen un mayor problema (Mihelcic y Zimmerman, 2012), los residuos sólidos son dispuestos en lugares sin ningún tipo de medida técnica y ambiental (Castañeda, Montoya, y Mejía, 2010), la producción per cápita mundial de residuos sólidos en países industrializados es de 1 kilogramo por persona (Mihelcic y Zimmerman, 2012), en Perú la producción per cápita va desde 0.47 – 0.65 kilogramos por habitante (OEFA, 2015).

El aire, el agua y el suelo, constituyen los medios donde se vierten los residuos generados por el hombre (Mena et al., 2010). El manejo inadecuado de los residuos sólidos representa un peligro para la salud de las personas, el riesgo es mayor si los residuos son dispuestos en botaderos (MINAM, 2011), en el Perú el 83 % de la producción total de los residuos sólidos es destinado a lugares inadecuados, causando daños al ambiente y salud de las personas (MINAM, 2011), el principal problema del manejo de residuos sólidos es la escasez de lugares adecuados destinados a su disposición (MINAM, 2016).

Una herramienta común para evaluar los sitios potenciales de rellenos sanitarios es un sistema de información geográfica (GIS). Este sistema, es un medio valioso para el procesamiento de grandes cantidades de datos y para asegurar una evaluación de todas las opciones (Mihelcic y Zimmerman, 2012), además logra sintetizar las variables que condicionan la construcción y operación de rellenos sanitarios, teniendo en cuenta las características físicas, hidrológicas, socioculturales y técnicas que permiten seleccionar las mejores opciones, mediante los SIG se puede recolectar, manipular, interactuar y analizar la información final (Castañeda et al., 2010), el GIS también permite al ingeniero optimizar los diagnósticos ambientales y tomar mejores decisiones geoambientales (Mihelcic y Zimmerman, 2012).

Además en el departamento de Puno, en especial el distrito de Kelluyo, la disposición final de residuos sólidos se torna grave debido a que el poblador desconoce el tema de segregación, permitiendo que se sigan evacuando los residuos sólidos domiciliarios de una forma no adecuada, desconociendo el problema que se genera en la salud, seguridad, ambientales y legales (Tejada, 2018). El siguiente eslabón lo constituye la municipalidad al no impulsar programas alternativos de Manejo de Residuos Sólidos y disposición adecuada de los residuos sólidos (Tandazo & Toledo, 2022). Para evitar estos inconvenientes, es necesario llevar a cabo una gestión adecuada de los residuos sólidos. El volumen y la superficie necesarios para un vertedero sanitario deben calcularse de manera que los demás componentes puedan diseñarse en consecuencia. Por último, los residuos sólidos deben contenerse utilizando principios de ingeniería para mantenerlos lo más pequeños posible, cubrirlos con capas de tierra todos los días y compactarlos para minimizar su volumen. Esto garantizará que los residuos no pongan en peligro la salud y la seguridad públicas ni dañen el medio ambiente durante o después de su funcionamiento (Arocutipa, 2022).

Ante ello se propicia el desarrollo de la presente investigación titulada: Ubicación óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo, 2024

Del mismo modo, el presente proyecto de investigación se divide en 4 capítulos, que se enumeran:

**El capítulo I**, establece el problema de estudio, antecedentes referidos a la investigación, y los objetivos logrados que contempla el estudio.

**El capítulo II**, manifiesta argumentos relacionados al tema de estudio, marco teórico, marco conceptual referidos al proyecto, y las hipótesis de investigación.

**El capítulo III**, en donde se contempla la metodología del estudio el cual especifica la población y muestra, el tipo y diseño de estudio, técnicas e instrumentos y el procedimiento metodológico.

**El capítulo IV**, el cual contempla los resultados logrados con su respectiva contrastación de hipótesis por objetivo, y su discusión. Finalmente, las conclusiones y recomendaciones más importantes.

## **CAPÍTULO I**

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

#### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Hoy en día la inadecuada disposición final de los residuos sólidos es uno de los problemas más apremiantes en el mundo, ya que los desechos de la sociedad se vierten en lugares inadecuados, lo que cuesta mucho dinero y capital social a los gobiernos, al tiempo que tiene un impacto negativo en el medio ambiente y el planeta en su conjunto (Zea, 2022), a este hecho se suma el hecho de que los residuos sólidos aumentan día a día a la par de la expansión de la población. También es importante señalar que la generación de basura aumenta con el desarrollo regional, necesitando más espacio para su adecuada disposición (Javier, 2018). Del mismo modo, la FAO (2016), señala que las zonas sin una gestión adecuada de los residuos sólidos no podrán soportar una vida sostenible ni ciudades atractivas, lo que altera la ecología y expondrá a los residentes a enfermedades que pueden conducir a la muerte. Para este procedimiento, los residuos sólidos deben ser eliminados adecuadamente en un lugar designado, mientras se adhieren a las normas y requisitos técnicos establecidos en las leyes ambientales de cada nación (Iñiguez & Porras, 2021).

Como muchos otros países, Perú enfrenta el reto de disponer de los residuos que sus ciudadanos producen a diario. Se afirma que no hay respuestas mágicas al tema, y las que se encuentran suelen ser costosas y causar desaprobación social (DS. N° 27314, 2016); nadie querría un vertedero al lado de su casa, aunque tenga sentido que no se recojan los residuos. Ante este tipo de problemas, los funcionarios de los gobiernos

locales tienen la obligación de encontrar soluciones, lo que incluye fomentar el establecimiento de rellenos sanitarios en sitios adecuados que no causen daño ambiental ni rechazo social (Maximiliano & Marcela, 2015).

Así también en la región de Puno; particularmente en el distrito de Kelluyo carece de un relleno sanitario; esto conlleva a que la disposición final de los residuos sólidos sin ningún tipo de tratamiento se realice en lugares inadecuados como botaderos no oficiales a cielo abierto, lo que también está ocasionando el deterioro de la calidad sanitaria (aire, suelo y agua). Además, se vierten otros residuos sólidos en las carreteras, en la periferia de la zona urbana del distrito y en otros lugares.

En respuesta, los sistemas de información geográfica se utilizan para determinar las mejores ubicaciones de los rellenos sanitarios, que son el método de disposición más utilizado en el planeta debido a su bajo costo en comparación con otros métodos y su apego a las normas ambientales en diseño, construcción, operación y control, lo que disminuye el riesgo de contaminación (Toruño & López, 2017); además, contribuye a eliminar problemas ambientales, de salud pública y efectos nocivos en el ecosistema al reducir la cantidad de residuos sólidos generados por la población (Tandazo & Toledo, 2022).

Es por ello que se ha propiciado el desarrollo de la presente investigación para dar una posible solución frente a esta situación; planteándose las siguientes interrogantes

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Se podrá ubicar óptimamente un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo, 2024?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ❖ ¿Cuáles serán las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo?
- ❖ ¿Qué dimensiones presentará el relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos generados en el distrito de Kelluyo?

## 1.2. ANTECEDENTES

### 1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Amangani & Rivera (2022), **ubicaron un relleno sanitario entre los cantones de Penipe y Chambo**. Para la elección de la ubicación del relleno sanitario se utilizó una sectorización codificada con la malla Fishnet para los cantones Penipe y Chambo, con una extensión de 2000 m<sup>2</sup> y 1500 m<sup>2</sup>, respectivamente. Con la ayuda de la metodología del proceso jerárquico analítico (AHP), se establecieron 13 criterios a través de una evaluación comparativa de análisis multicriterio basada en el sistema de información geográfica ArcGIS 10.3. Luego se validaron las zonas apropiadas e inapropiadas de cada cantón, llegando a la codificación C75, que se ubica en el cantón Chambo en la comunidad de Llucud. Se sugirió una ruta para trasladar los desechos sólidos desde el centro de acopio (GAD cantonal) hasta la zona apropiada una vez establecido el sitio.

Gutierrez (2021), **analizó una serie de factores como límites municipales, hidrografía, vías y centros poblados, estudios de suelos y cobertura del suelo, con el fin de escoger el mejor sitio para un relleno sanitario en los municipios de Mocoa, Villagarzón y Puerto Caicedo en el departamento del Putumayo**. Una de las estrategias para lograr la sostenibilidad de un territorio es la adecuada disposición final de los residuos sólidos urbanos, la cual se hace realidad a través de los planes de ordenamiento territorial. Las herramientas de los SIG, combinadas con el análisis de decisiones multicriterio, constituyen un medio eficaz para apoyar la toma de decisiones.

Sierra (2021), **determinó áreas apropiadas y ecológicamente sanas para el establecimiento de un botadero sanitario que maneje la basura producida en el Área Metropolitana de Bucaramanga**. Para la identificación de las zonas mencionadas, se utilizaron los criterios señalados en el Decreto 835 de 2005, modificado por el Decreto 1077 de 2015, el Decreto 1784 de 2017 y la Resolución 938 del 19 de diciembre de 2019, que rigen en materia de vivienda, ciudad y territorio. Con los criterios desarrollados para este estudio se desarrolló la metodología del proceso de análisis jerárquico (AHP).

### 1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Grandez y Olcede (2023), **identificaron la ubicación de un relleno sanitario en la zona de Tacna.** luego de evaluar sus factores ambientales, técnico-económicos y sociales. Se utilizaron siete «7» subcriterios de exclusión y catorce subcriterios socioambientales. Con un grado de significación del 44,3 %, los resultados mostraron que el componente social era el más significativo. Debido a que cumplía los criterios medioambientales, técnico-económicos y sociales, la opción «1» ofrecía las mejores circunstancias para ubicar un vertedero sanitario de las «4» regiones que se adquirieron.

Vásquez (2023), **identificó áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario a través de una evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca,** La pendiente, hidrología, fallas geológicas, distancia a la zona urbana de la ciudad de Chota, textura del suelo y exclusión (comunidades campesinas, concesiones mineras y centros arqueológicos correspondientes al patrimonio cultural) fueron utilizadas para identificar las áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario. Los resultados mostraron que cinco áreas fueron validadas en campo con una extensión de 468.25 ha; 17.59 ha; 171.25 ha; 18.91 ha, y 42.8 ha excediendo el área necesaria para dicha infraestructura en el distrito de Chota.

Villavicencio y Castillo (2022), **identificaron el mejor sitio para que la ciudad de Cerro de Pasco construyera un relleno sanitario.** Después de examinar una serie de factores, incluyendo pendiente, uso del suelo, permeabilidad del suelo, ríos, carreteras, fallas geológicas, sitios arqueológicos, áreas metropolitanas y aeropuertos, concluimos que el Área 2 cumplía con los requisitos para elegir ubicaciones para la disposición final de residuos sólidos, con un grado de terreno Bueno o aceptable. Se propone una alternativa como posible ajuste futuro para el proyecto de relleno sanitario de la ciudad de Cerro de Pasco.

Bustamante (2022), **identificó mediante herramientas SIG, potenciales ubicaciones para una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el distrito de Chota,** En base a factores como pendiente, geología, distancia a carreteras,

hidrología, distancia a población urbano-rural, arqueología, centros poblados, centros de salud, fallas geológicas, cobertura vegetal y uso mayor. Estos criterios se evaluaron mediante una evaluación multicriterio, y se obtuvieron cinco zonas óptimas con áreas comprendidas entre: Zona 1 = 9,79 ha, Zona 2 = 80,64 ha, Zona 3 = 51,21 ha, Zona 4 = 161,95 ha; Zona 5 = 6,04 ha, Zona 6 = 34,22 ha, Zona 7 = 172,32 ha, y Zona 8 = 20,69 ha. Teniendo en cuenta que, a medida que crece la población, también lo hacen el consumo y los residuos sólidos, es imperativo elegir la mejor ubicación para un vertedero.

### 1.2.3. A NIVEL REGIONAL

Hanco (2023), **utilizó el programa QGIS para determinar la mejor ubicación para un relleno sanitario en Ayaviri**, teniendo en cuenta factores como el tipo de suelo, el clima y la aceptación social antes de calcular la proximidad del vertedero. Los resultados identificaron las opciones A1 y A2 como ubicaciones muy adecuadas; asimismo, se determinó que la ubicación necesaria para el vertedero sanitario del distrito era de 19,47 hectáreas para una vida útil beneficiosa de ocho años; la evaluación final de la alternativa A2 arrojó una puntuación ponderada total de 254 factores, lo que hace que el terreno sea MUY BUENO o Aceptable. Se determina que el emplazamiento elegido para el vertedero (alternativa A2) es ecológicamente viable.

Sotomayor (2022), **evaluó opciones para elegir un sitio de relleno sanitario con la extensión y ubicación estratégica que minimicen los efectos socio ambientales adversos en el distrito de Plateria**. Los hallazgos posicionaron a las opciones A1 y A2 como ubicaciones altamente aptas; el método del MINAM (2011) determinó que el terreno era de 19,47 ha con una vida útil beneficiosa de ocho años; el coeficiente de permeabilidad del suelo era de  $3 \times 10$ ; y la observación de aprobación social arrojó una opinión favorable, calificando al terreno como MUY BUENO o Aceptable. Se determina que el sitio elegido para el relleno sanitario (alternativa A2) es ecológicamente viable.

Zea (2022), **zonifico un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en Samán-Azángaro**; Centros de población, hidrología-cauce de río, vialidad, zonas arqueológicas, fallas geológicas, pendiente y áreas protegidas fueron algunos de

los criterios utilizados en el estudio. Con base en las áreas, se dimensionó un relleno sanitario con un volumen de 113385.06 m<sup>3</sup> para el año 2041, ocupando 2.456 Ha. Mediante la técnica de zanjas, se captaron 40 zanjas con volúmenes de 1440,07 m<sup>3</sup> y 450,02 m<sup>2</sup> cada una, determinando que se encontraron 23 ubicaciones ideales en total.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo, 2024

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo.
- ❖ Dimensionar un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos generados en el distrito de Kelluyo

## CAPÍTULO II

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

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### 2.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS

La Ley N° 27314 (2016), Ley General de Residuos Sólidos, define a los residuos sólidos como todos aquellos materiales, productos o subproductos en estado sólido o semisólido que su fabricante desecha o está obligado a desechar debido a la normativa nacional o a los peligros que representan para la salud humana y el ambiente.

Además, según Amangani & Rivera (2022), son aquellos que se desechan después de cumplir su vida útil y ser utilizados en hogares, empresas o instituciones. Asimismo, la basura proveniente de barrer, podar el patio, cortar árboles y limpiar calles y espacios públicos. Hasta que se recoge y se elimina, esta basura se deposita directamente en un espacio de almacenamiento.

En este contexto, la producción creciente de basura y la disponibilidad limitada de lugares controlados y manejados para la disposición final está teniendo impactos negativos sobre la salud, ambiente y ornato. Además, tiene una connotación social y económica debido a la presencia de segregadores informales que recuperan productos para su posterior comercialización (Amangani & Rivera, 2022),

##### Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos pueden clasificarse de varias maneras en función de su gestión, origen y naturaleza:

##### a) Clasificación de residuos por su origen

Se trata de una categorización sectorial, y el número de grupos o categorías que pueden

crearse es ilimitado. Algunas de las categorías son las siguientes (Paredes, 2018). doméstico, urbanos, industrial, agrícola, forestal, ganadero, minero, hospital o instalación médica, portuario, radiactivo, etc.

#### **b) Clasificación de residuos por su composición**

- **Orgánicos-**. Son residuos de origen biológico (vegetal o animal), que se descomponen naturalmente, generando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los lugares de tratamiento y disposición final. Mediante un tratamiento adecuado, pueden aprovecharse como mejoradores de suelo y fertilizantes (compost, humus, abono, entre otros) (Paredes, 2018).
- **Inorgánicos-**. Son residuos de origen mineral o producidos industrialmente que no se degradan con facilidad. Pueden ser reaprovechados mediante procesos de reciclaje (Paredes, 2018).

#### **2.1.2. RELLENO SANITARIO**

Los rellenos sanitarios son infraestructuras de ingeniería donde se disponen los desechos municipales de manera higiénica y ambientalmente segura, ya sea en la superficie o bajo tierra, utilizando métodos de ingeniería sanitaria y ambiental, de acuerdo a la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, aprobada por el D.L. No. 1278 (Arias, 2021).

Sin embargo, los rellenos sanitarios también se describen como métodos de disposición de residuos sólidos en el suelo que, durante su operación y cierre, no representan un riesgo para el ambiente o la salud pública. Los residuos pueden ser contenidos con este método en espacios muy pequeños, que luego son compactados para disminuir su volumen y cubiertos con capas de tierra (Torres, 2021). En un sentido similar, Uscamayta (2021), describe los rellenos sanitarios como métodos de disposición de residuos sólidos en capas que se compactan sobre tierra y luego se cubren con una sustancia de cobertura.

##### **2.1.2.1. Clasificación de los rellenos sanitarios**

Los rellenos sanitarios se clasifican en función de su capacidad de disposición diaria, características operativas y frecuencia de uso de los equipos, según la Guía para el

diseño y construcción de infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales. En consecuencia, existen tres tipos de rellenos sanitarios: automatizados, semimecanizados y manuales (MINAM, 2019).

- ❖ **Relleno sanitario manual:** Por el volumen y tipo de residuos producidos, es el diseñado para poblaciones minúsculas. El término «manual» describe el hecho de que un equipo de hombres puede utilizar equipos para realizar las tareas de confinamiento y compactación de la basura (OPS/CEPIS, 2022).
- ❖ **Relleno sanitario Semimecanizado:** En este tipo de relleno sanitario se utiliza equipo pesado para mover la tierra, estabilizar los terraplenes, comprimir y contener los desechos sólidos vertidos (OPS/CEPIS, 2022).
- ❖ **Relleno sanitario Mecanizado:** Este tipo de vertedero se produce para dar cabida a las demandas de las ciudades densamente pobladas. Durante las operaciones se debe utilizar equipo pesado como compactador de basura, cargador, camión de volteo, retroexcavadora y tractor oruga (OPS/CEPIS, 2022).

#### 2.1.2.2. Dimensionamiento de un relleno sanitario

Según Arocutipá (2022), se describen los factores que deben considerarse al diseñar un relleno sanitario manual

- ❖ **Producción Per Cápita-** El peso de la basura, medido en kilos, multiplicado por la población diaria es la producción per cápita.

**GPC=(Dia1+Dia2+Dia3+Dia4+Dia5+Dia6+Dia7)/(Nº de habitantes\*7 días)**

- ❖ **Producción Total-** La relación entre población y PPC es la cantidad de basura sólida generada. Este parámetro permite identificar el número de empleados, la ruta, la frecuencia de recolección y los equipos con cierta capacidad y conjunto de características para una recolección de basura suficiente.
- ❖ **Proyección de la población total-** Para determinar la proyección de la producción total, se utiliza la generación de residuos por habitante como dato para el diseño del relleno sanitario manual. La población futura de la región investigada se predice tomando como referencia el censo de población y vivienda más reciente (MINAM,

2018).

- ❖ **Volumen de residuos sólidos-**. La cantidad diaria y anual de basura compactada y estabilizada necesaria se determina mediante los factores previamente especificados (MINAM, 2018).
- ❖ **Material para Cobertura-**. Para cubrir los materiales necesarios para su desarrollo, el relleno sanitario debe ser autosuficiente. El volumen compactado anual, que es el 20-25 % de la cantidad de basura ya compactada, se multiplica por el material de cobertura (OPS/CEPIS, 2022).
- ❖ **Cálculo del área requerida-**. El volumen necesario para la construcción del vertedero manual, junto con la profundidad o altura máxima permitida para el vertedero, es necesario para calcular el área necesaria (MINAM, 2018).

La vida útil estimada del vertedero manual debe ser de entre cinco y diez años. Sin embargo, en ocasiones se puede considerar una vida útil estimada menor a cinco años debido a la imposibilidad de ubicar un sitio adecuado para la construcción del relleno sanitario manual. Esta duración se denomina periodo de diseño o vida útil. La cantidad de espacio necesario para construir este tipo de vertedero viene determinada principalmente por variables como:

- Cantidad de RRSS. que se van a disponer.
- Cantidad de material de cobertura.
- Densidad de compactación de los desechos municipales.
- Profundidad del relleno sanitario.
- Áreas adicionales para obras complementarias.

$$ARS = VRS / hRS$$

**Donde:**

**ARS** = Área por rellenar sucesivamente (m<sup>2</sup>)

**VRS** = Volumen de relleno sanitario (m<sup>3</sup>/año)

**hRS** = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

Y el área total requerida será:

## **AT=F\*ARS**

### **Donde:**

**AT** = Área total requerida (m<sup>2</sup>)

**F** = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20-40 % del área que se deberá rellenar.

### **2.1.3. UBICACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO**

Para garantizar la viabilidad tecnológica, la conservación de la biodiversidad, la preservación del medio ambiente, los derechos comunales y el patrimonio cultural, el proceso de localización de un relleno sanitario requiere una cooperación multidisciplinaria. El establecimiento de una infraestructura de eliminación de residuos sólidos mejora el nivel de vida de los residentes locales que se ven afectados por técnicas deficientes de gestión de residuos (Grandez & Olcede, 2023).

Es crucial tener en cuenta estrategias que permitan integrar la asistencia técnica del equipo interdisciplinario a la hora de elegir la mejor opción para el vertedero. Este enfoque debe ser integral y debe apoyarse en herramientas que permitan la visualización geoespacial del análisis realizado por los expertos involucrados en la solución del problema. Por ello, la utilización de Sistemas de Información Geográfica junto con el Proceso de Análisis Jerárquico es fundamental para la toma de decisiones (Grandez & Olcede, 2023).

Con la finalidad de brindar a las municipalidades y empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos (EPS-RS) una herramienta ágil para la implementación de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos municipales en la nación, de acuerdo a los criterios para el estudio de selección del área, el Ministerio del Ambiente (MINAM) propone la Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Clausura de Rellenos Sanitarios Manuales (MINAM, 2019).

**Tabla 01:** Requisitos de localización de un relleno sanitario

<b>Requisitos de localización de un relleno sanitario</b>	
<b>Restricciones</b>	<b>Límites permisibles</b>
Distancia a centros poblados	≥ 500 m
Distancia a infraestructuras existentes (embalses, represas, obras hidroeléctricas, etc.)	≥ 500 m
Distancia a aeródromos	4 km ≥ RS ≥ 13 km
Distancia a fuentes de agua superficiales (cauce de río, lagos y lagunas)	≥ 500 m
Distancia a granjas porcinas, avícolas y animales menores	entre 5 y 10 km
Distancia a áreas agrícolas	≥ 500 m
Distancia a Fallas geológicas	≥ 1 km
Pendientes	<25 %
<b>Exclusiones</b>	
Peligros o susceptibilidad por inundación y movimientos en masa	
Áreas Naturales Protegidas (ANP)	
Zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos	
Faja marginal	
Franja marino-costera	
Patrimonio cultural	

**Fuente:** (MINAM, 2021).

#### **2.1.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO BASADO EN SIG/EVALUACIÓN MULTICRITERIO (EMC)**

Su objetivo es apoyar la toma de decisiones mediante el análisis de una serie de factores o condicionantes relacionados con los criterios a evaluar, como los aspectos ambientales,

sociales e hidrológicos, teniendo en cuenta la localización geográfica y los posibles efectos de las decisiones a tomar en la zona (Amangani & Rivera, 2022).

- ❖ **Escala de Ponderación para el puntaje de las Variables:** Para una mayor comprensión de los criterios, se debe establecer una evaluación cualitativa y cuantitativa. La información necesaria para categorizar la ponderación de los criterios figura en tabla 1 (Amangani & Rivera, 2022).

**Tabla 02:** Ponderaciones para los criterios establecidos

Calificación	Ponderación
Apto	1
No apto	0

**Fuente:** (Amangani & Rivera, 2022)

- ❖ **Valoración de Ponderación de Criterios:** Se examina la metodología del proceso AHP Analítico Jerárquico, mencionando que adopta un enfoque exhaustivo. Permite utilizar los datos disponibles para crear un modelo jerárquico que represente la cuestión estudiada (Amangani & Rivera, 2022).

## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

**Análisis multicriterio-** Herramienta para evaluar múltiples soluciones potenciales a un problema dado, el análisis multicriterio, también conocido como análisis multiobjetivo o MAO, se utiliza para apoyar la toma de decisiones en la elección de la mejor solución teniendo en cuenta un número variable de criterios (Villavicencio & Castillo, 2022).

**Botadero-** El medio ambiente y la salud humana están en riesgo debido al apilamiento inadecuado de basura en regiones rurales, espacios públicos y carreteras. Estos amontonamientos no están permitidos y se ubican fuera de la legislación (Zea, 2022).

**Disposición final de residuos sólidos-** Para salvaguardar el bienestar de la población y los recursos naturales, esta última etapa de la gestión de residuos implica el almacenamiento seguro de estos residuos mediante infraestructuras de ingeniería. Estas infraestructuras deben estar situadas en áreas apropiadas para este procedimiento (Vásquez, 2023)

**Residuos sólidos-** son todos los materiales sólidos y semisólidos que son el resultado de la actividad humana en la sociedad y que son desechados por su propietario por considerarlos inservibles, poco atractivos o sin valor para conservarlos (Vásquez, 2023).

**Relleno sanitario-** Son lugares superficiales donde se vierten los residuos sólidos después de someterlos a determinados tratamientos; además, la superficie donde se acumulan ha sido previamente preparada para evitar el deterioro del suelo, la contaminación de las fuentes de agua y la contaminación del aire (Uscamayta, 2021).

**Sistemas de información geográfica-** Permite vincular cualquier tipo de dato a un lugar específico; por ejemplo, el sistema puede mostrar la distribución de edificios, recursos y personas en un solo mapa, junto con otros datos sobre municipios, departamentos, regiones o toda una nación (Zea, 2022).

**Ubicación óptima de un relleno sanitario-** Estos son lugares donde los residuos sólidos pueden ser contenidos sin poner en peligro a los habitantes, recursos, áreas protegidas, zonas arqueológicas, o muchos otros factores (MINAM, 2019).

### 2.3. MARCO TEÓRICO NORMATIVO

**Ley N° 28611 ley general del Ambiente-** La Ley N° 28611, Ley General del Ambiente del Perú, establece el marco normativo para la protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales en el país. Esta ley es fundamental para la gestión ambiental en Perú y contiene disposiciones que afectan la ubicación y operación de rellenos sanitarios, entre otras instalaciones.

**Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos-** Establece el marco normativo para la gestión integral de residuos sólidos en el país. Esta ley es crucial para asegurar que la gestión de los residuos se realice de manera ambientalmente adecuada y sostenible.

**Ley N° 27972, Ley Orgánica de las Municipalidades-** Establece el marco legal que regula la organización, funciones y competencias de las municipalidades en el país. Esta ley es fundamental para entender cómo las municipalidades gestionan aspectos clave como la planificación urbana, el manejo de residuos sólidos y la implementación de servicios públicos, incluyendo la ubicación y operación de rellenos sanitarios.

**Guía de Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual - MINAM-**. Esta guía proporciona una estructura comprensiva para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de un relleno sanitario manual. Seguir estas directrices ayuda a asegurar que la disposición final de residuos se realice de manera segura y sostenible, minimizando los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud pública. Además, promueve prácticas de gestión de residuos que pueden ser adaptadas a las necesidades específicas de diferentes comunidades y contextos locales.

**Manual de Diseño de Rellenos Sanitarios - CEPIS-**. Es una herramienta integral para la gestión de residuos sólidos. Proporciona directrices claras y prácticas para cada etapa del ciclo de vida de un relleno sanitario, desde la selección del sitio hasta su cierre y post-cierre. Su aplicación asegura que los rellenos sanitarios sean gestionados de manera segura y sostenible, minimizando los impactos ambientales y protegiendo la salud pública. Este manual es esencial para autoridades locales, ingenieros sanitarios y gestores de residuos, apoyando la toma de decisiones informadas y responsables en la gestión de residuos sólidos.

## **2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Con la aplicación de técnicas multicriterio basado en los sistemas de información geográfica permitirá determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo, 2024.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

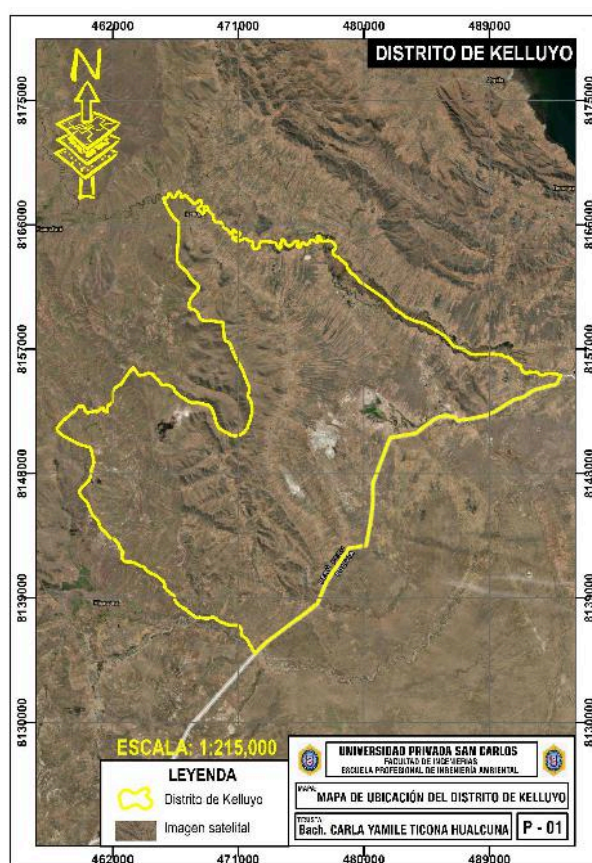
- ❖ Mediante el empleo de sistemas de información geográfica es factible determinar las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo.
- ❖ El dimensionamiento del relleno sanitario, dependerá de la cantidad de residuos generados en el distrito de Kelluyo.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está situado en el distrito de Kelluyo, de la provincia de Chucuito y del departamento de Puno, en las coordenadas geográficas; Latitud  $16^{\circ} 5'3.53''S$  y Longitud  $69^{\circ}38'21.10''O$ , a una altitud de 3860 m.s.n.m.



**Figura 01:** Ubicación de la zona en estudio

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. POBLACIÓN**

La población es un grupo de elementos que presentan unos criterios similares (Fernandez & Baptista, 2014); ante ello la población en estudio está representada por toda la extensión del distrito de Kelluyo, con un área de 491.66 km<sup>2</sup>.

### **3.2.2. MUESTRA**

Es un subgrupo de la población que representa a la misma (Fernandez & Baptista, 2014); en este caso se ha seguido un muestreo a juicio del investigador, ante ello la muestra en estudio es la misma específica que la población siendo representada por toda la extensión del distrito de Kelluyo abarcando un área de 491.66km<sup>2</sup> respectivamente.

## **3.3. METODOS Y TECNICAS**

### **3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación a emplear en el desarrollo del presente estudio es **DESCRIPTIVO**, cuya finalidad es aplicar los conocimientos de las teorías generales en la realidad, la cual ayuda a resolver las necesidades que aborda la sociedad (Fernandez & Baptista, 2018).

### **3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación es **NO EXPERIMENTAL** ya que en la investigación que se realizará no se manipularon deliberadamente las variables y en los que solo se observarán los eventos en su ambiente, entorno, zona de estudio para analizarlo (Fernandez & Baptista, 2018).

### **3.3.3. MÉTODO**

Según Colomé & Femenia (2018), la primera definición del método deductivo es que se trata de un razonamiento que va de lo general a lo particular; la segunda, que consiste en aplicar una regla a una situación para llegar a una conclusión. La característica principal es que la conclusión debe deducirse de las premisas, lo que significa que no deben utilizarse observaciones ni información ajenas al propio razonamiento.

El método deductivo se utilizará en el estudio teniendo en cuenta estos factores.

### 3.3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### Técnicas

Según Fernandez & Baptista (2018), definen la técnica como el proceso de recolección de datos con el objetivo de describir la realidad y derivar conocimiento que pueda ser aplicado a otras situaciones. En consecuencia, la **observación** fue el método utilizado en esta investigación.

#### Instrumentos

Los instrumentos son definidos Fernandez & Baptista (2018), como una actividad que se centra en el diseño o selección de herramientas y recolección de datos para su uso en la investigación. Por lo tanto, se reconoce que para el procesamiento de datos se utilizaron programas de ingeniería como **ArcGIS, civil 3D, Excel, entre otros**, para obtener la información requerida.

### 3.3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

#### Metodología para el objetivo específico N° 01.

**Determinar las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo.**

Para la determinación de las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario, se recurrió a los sistemas de información geográfica (S.I.G.), en este caso el software ArcGIS donde permite el procesamiento de la información del material espacial cartográfico, tomando en consideración lo que indica la **“Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales”** (MINAM, 2021); mediante el siguiente procedimiento:

- ❖ En primer lugar, la ventana de trabajo principal del software se estableció en la zona 19 L del datum WGS 84, o coordenadas proyectadas UTM. A continuación, se utilizó el límite del distrito de Kelluyo para recortar toda la información espacial (información del criterio evaluado).
- ❖ Se utilizó la opción «Reclass» de las Spatial Analyst Tools; se abrió una nueva ventana con un cuadro de valores; en la opción «Classification» se asignó nuevos

valores, y la puntuación vendrá determinada por los criterios de las variables que se hayan elegido, como se indica en el cuadro siguiente.

**Tabla 03:** Criterios a considerar para la zonificación de un relleno sanitario

CRITERIO	CATEGORÍA	ESCALA	VALOR
Centros poblados	No apta	< 500 m	0
	Apta	> 500 m	1
Instituciones Educativas y Centros de Salud.	No apta	< 1000 m	0
	Apta	> 1000 m	1
Distancia de vías	No apta	< 500 m	0
	Apta	> 500 m	1
Hidrología	No apta	< 500 m	0
	Apta	> 500 m	1
Fallas geológicas	No apta	< 1000 m	0
	Apta	> 1000 m	1
Zonas arqueológicas	No apta	< 1000 m	0
	Apta	> 1000 m	1
Topografía (Pendiente)	No apta	> 25 %	0
	Apta	< 25 %	1
Área natural protegida por el estado	No apta	Dentro del área natural	0
	Apta	Fuera de área natural	1

**Fuente:** Elaborado en base al MINAM (2021).

El análisis se efectuó mediante la técnica multicriterio asignando valores fijados en la tabla 3, clasificándolos con el valor de “0”, a áreas no aptas, los cuales no fueron tomadas en consideración para la ubicación del relleno sanitario. Asimismo, con valores de “1”, a aquellos valores, que cumplen con los criterios especificados para ubicar un relleno sanitario, siendo áreas de carácter potencial para erigir un relleno sanitario; realizando el siguiente procedimiento.

- ❖ A continuación, se emplearon los rásters recién reclasificados utilizando la herramienta «Raster calculator» de la opción Map álgebra dentro de las «Spatial Analyst Tools of the ArcToolBox».
- ❖ Todas las regiones óptimas cuyo valor sea «1» y que satisfagan todos los criterios especificados se obtendrán sumando y multiplicando cada uno de los rásters reclasificados.

Después de realizar los procedimientos descritos, se elaboró el mapa final con las áreas óptimas identificadas para la ubicación de un relleno sanitario para el distrito de Kelluyo.

Del ráster que se obtuvo de la Evaluación Multicriterio presentó aquellas áreas óptimas que cumplen con todos los valores, el cual se convirtió a shapefile para elaborar el mapa final, denominándose “Óptimo”.

- ❖ Se determinó el tamaño en hectáreas de todos los lugares ideales y se eligieron los mayores de cinco hectáreas.
- ❖ Se utilizó la herramienta de geoprocésamiento «Polígono alisado» al 200 % para crear regiones con bordes alisados, lo que mejoró el aspecto del mapa y facilitar los cálculos de superficie.

#### **Metodología para el objetivo específico N° 02.**

#### **Dimensionar un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos generados en el distrito de Kelluyo**

Se utilizó el siguiente criterio para dimensionar un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos originados en el distrito de Kelluyo “Guía para el diseño y construcción de infraestructuras para disposición final de residuos sólidos” (MINAM, 2019), donde se indica las características de diseño que se relacionan a continuación:

- **Producción Per Cápita.**

Dado que los residuos se suministran por familia y tienen la ventaja de favorecer el recuento de los hogares, el PR PPC se calculó por (kg/habitante/día) o se originó por hogar, es decir, kg/hogar/día.

$$PPC = \text{Pob.} * 7 * C$$

**Donde:**

**PPC** = Producción Per Cápita (kg. /hab-día)

**Pob.** = Población (hab)

**C** = Cobertura del servicio de limpieza (%)

- **Producción Total.**

La cantidad de residuo sólido generada dependerá de la relación entre población y PPC.

$$\text{CRD}=\text{Pob.}*\text{PPC}$$

**Donde:**

**CRD** = Cantidad de RRSS. generados (kg/día)

**Pob.** = Población (Hab)

**PPC** = Producción. per cápita (kg/Hab-día)

- **Proyección de la población.**

Se utilizó la siguiente fórmula para determinar el crecimiento poblacional como incremento geométrico:

$$\text{Pf}=(\text{Po.}(1+r))^n$$

**Donde:**

**Pf** = Población futura

**Po** = Población inicial

**r** = razón de crecimiento

**n** = (t final – t inicial) número de años: t = tiempo variable (en años)

- **Volumen de residuos sólidos**

La cantidad de RSU compactados y estabilizados que hay que eliminar cada día y cada año dependerá de los dos primeros factores:

$$\text{Vdiario}=\text{DCp}/\text{Drsm}$$

$$\text{Vannual compactado} = \text{Vdiario} \times 365$$

**Donde:**

**Vdiario** = Volumen de RSU por disponer diario (m<sup>3</sup>/día).

**Vannual** = Volumen de RSU anual (m<sup>3</sup>/año).

**DCp** = Cantidad de RSU generados (kg/día).

**Drsm** = Densidad de los RSU recién comprimido (400-500 kg/m<sup>3</sup> y estabilidad de relleno (500-600 kg/m<sup>3</sup>).

- **Volumen del material de cobertura**

$$\text{m.c.} = \text{Vannual compactado} \times (0,20 \text{ ó } 0,25)$$

**Donde:**

**m.c.** = El volumen de material de cobertura corresponde del 20 al 25 % del volumen de basura recientemente compactada.

- **Volumen del relleno sanitario**

El volumen para el año 1 se puede determinar empleando los resultados de las fórmulas anteriores:

$$\text{VRS} = \text{Vannual estabilizado} + \text{m.c.}$$

**Donde:**

**VRC** = Volumen del R.S. (m<sup>3</sup>/año)

**m.c.** = El volumen de material de cobertura corresponde del 20 al 25 % del volumen de basura recientemente compactada.

Para el cálculo del volumen total acopiado a lo largo de su utilidad se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{VRSvu} = n\text{Vrs}$$

**Donde:**

**VRSvu** = Volumen relleno sanitario (m<sup>3</sup>).

**n** = Número de años.

- **Cálculo del área requerida**

Es la cantidad de área necesaria para la edificación de un relleno sanitario estando determinada primordialmente por consideraciones tales como:

Cantidad de RSU a acopiar, Cantidad de m.c., Densidad compactada de RSU. Altura del relleno sanitario; Áreas extras para labores provisionales, las necesidades de área se calcularán usando la ecuación dada:

### **ARS=VRS/hRS**

**Donde:**

**ARS** = Área por rellenar secuencialmente (m<sup>2</sup>).

**VRS** = Volumen de relleno sanitario (m<sup>3</sup>/año).

**hRS** = Altura media del relleno sanitario (m).

El área total requerida será:

$$\mathbf{AT=F*ARS}$$

**Donde:**

**AT** = Área total requerida (m<sup>2</sup>).

**F** = Factor de crecimiento en el espacio adicional necesario para patios de maniobras, instalaciones sanitarias, portería, zonas de retiro a las fronteras y caminos de acceso, etc.

Esto representa el 20-40 % de la superficie rellenable.

- **Cálculo del volumen de la zanja**

La siguiente fórmula se utilizó para determinar la cantidad de excavación necesaria, el tiempo que necesita la maquinaria y la vida útil de la zanja:

$$\mathbf{Vz=(t*DSr*m.c.)/Drsm}$$

**Donde:**

**Vz** = Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>).

**t** = Tiempo de vida útil (60 a 90 días).

**DSr** = Cantidad de RSM recolectados (kg/día) m.c. = Material de cobertura (20-25 % del volumen compactado).

**Drsm** = Densidad de los RSM en el relleno (kg/m<sup>3</sup>).

- **Dimensiones de la zanja**

Las dimensiones de la zanja para la operación manual vendrá determinado por:

- ❖ La zanja debe tener entre dos y cuatro metros de profundidad, dependiendo del nivel freático, el tipo de suelo, las herramientas utilizadas y el coste de la excavación.

- ❖ La anchura del equipo, o anchura de la zanja, debe estar entre tres y seis metros. La comodidad de evitar el transporte de residuos y material de recubrimiento a larga

distancia implica un mayor rendimiento de la obra. En consecuencia, la operación puede programarse de forma que un lado se utilice para verter los RSU y el otro para depositar la tierra. La superficie de una zanja terminada puede utilizarse para verter la basura, dependiendo del nivel de compactación y de las condiciones meteorológicas.

❖ La longitud depende de la duración de la zanja o del tiempo que dure. De ello se deduce que:

$$l = Vz / (a \cdot hz)$$

**Donde:**

**l** = Largo o longitud de la zanja (m).

**Vz** = Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>).

**a** = Ancho (m).

**hz** = Profundidad (m).

- **Tiempo de maquinaria**

El tipo y la potencia de la máquina, el sistema de tracción y la composición del suelo influirán considerablemente en el tiempo necesario para excavar la zanja y realizar el movimiento general de tierras:

$$t_{exc} = Vz / (R \cdot J)$$

**Donde:**

**t<sub>exc</sub>** = Tiempo de la maquinaria para la excavación de la zanja (días).

**Vz** = Volumen de la zanja (m<sup>3</sup>).

**R** = Tiempo de la maquinaria para la excavación de la zanja (días).

**J** = Jornada de trabajo diario (horas/día).

- **Vida útil del relleno**

La única información disponible sobre la superficie necesaria es la profundidad media del vertedero. En realidad, sin embargo, hay que calcular la vida útil, ya que se trata de un terreno.

En cuanto a la técnica de la zanja, tras calcular su volumen, estimamos el número de zanjas que podrían construirse en el terreno asumiendo un factor para otras regiones

(separación entre zanjas, vías de circulación, aislamiento, etc.) En consecuencia:

$$n = At / (F * Az)$$

**Donde:**

**n** = Número de zanjas.

**At** = Área total del terreno (m<sup>2</sup>).

**F** = Factor para áreas adicionales de 1.2 a 1.4 (20-40 %).

**Az** = Área de la zanja (m<sup>2</sup>).

**Entonces la vida útil estará dada por:**

$$Vu = (Tt * n) / 365$$

**Donde:**

**Vu** = Vida útil del terreno (años).

**tz** = Tiempo de servicio de la zanja (días).

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
<b>Independiente</b>		Distancia de centros poblados	m	<b>Tipo de investigación</b>
		Distancia de carreteras	m	
Sistemas de información geográfica (ArcGIS)	Criterios a considerar para la ubicación óptima del relleno sanitario	Distancia de ríos naturales protegidas por el estado	m	<b>Diseño de investigación</b>
		Distancia de áreas naturales protegidas por el estado	m	
		Distancia de Fallas geológicas	m	
		Distancia de zonas arqueológicas	m	
		Pendiente	m	
<b>Dependiente</b>	Ubicación óptima del relleno sanitario	Áreas aptas	m <sup>2</sup>	No experimental
		Áreas no aptas	m <sup>2</sup>	
Ubicación óptima de un relleno sanitario	Dimensionamiento del relleno sanitario	Volumen de residuos sólidos	m <sup>3</sup> /día	
		Volumen del material de cobertura	m <sup>3</sup>	
Ubicación óptima de un relleno sanitario		Volumen del relleno sanitario	m <sup>3</sup> /año	
		Área requerida	m <sup>2</sup>	
		Volumen de zanja	m <sup>3</sup>	
		Dimensionamiento de zanja	m	
		Tiempo de maquinaria	Días	
		Vida útil del relleno	Años	

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Se efectuó el análisis mediante la estadística descriptiva de los datos, utilizando tablas, gráficos y planos creados con programas: Microsoft Word, Excel y AutoCAD.

Además, a través de los criterios para ubicar la disposición final de residuos sólidos (centros poblados, vías, hidrología, fallas geológicas, zonas arqueológicas, instituciones educativas y centros de salud, áreas naturales protegidas por el estado) se obtuvo la ubicación óptima de un relleno sanitario y medio ello también se la dimensiono

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### **4.1. DETERMINAR LAS ÁREAS POTENCIALES PARA LA UBICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE KELLUYO.**

En la figura 2, se aprecia el mapa del criterio Centros Poblados del distrito de Kelluyo, indicando que se asignó valores de “0” (color amarillo), a aquellas áreas que no son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia menor a 500 m; así mismo se asignó valores de “1” (color plomo), a aquellas áreas que son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia mayor a 500 m.

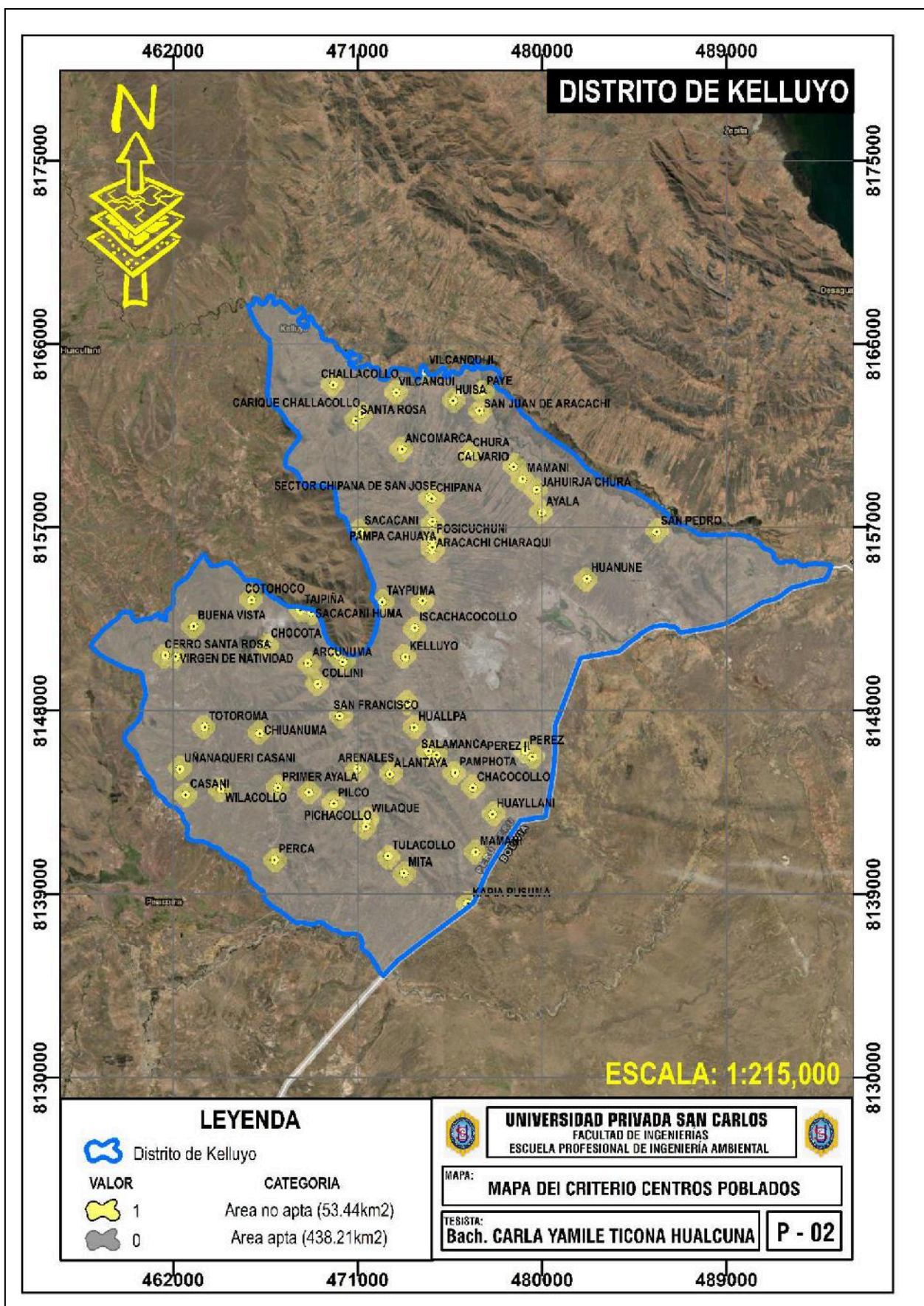
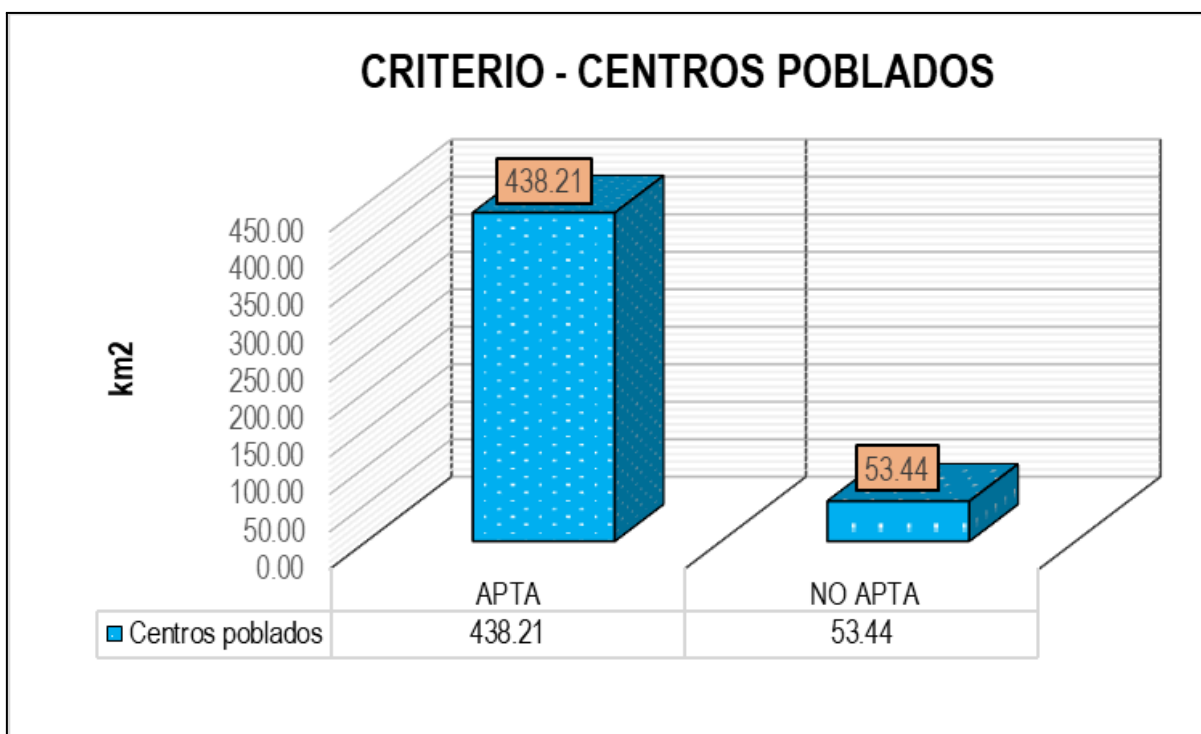


Figura 02: Mapa del criterio Centros poblados del distrito de Kelluyo

En la figura 3, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio Centros Poblados en el distrito de Kelluyo; indicando que el distrito presenta 438.21 km<sup>2</sup> de zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 89.13 % de la extensión del distrito y 53.44 km<sup>2</sup> de zonas no aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 10.87 % de la extensión del distrito; todo ello con respecto a los Centros Poblados.

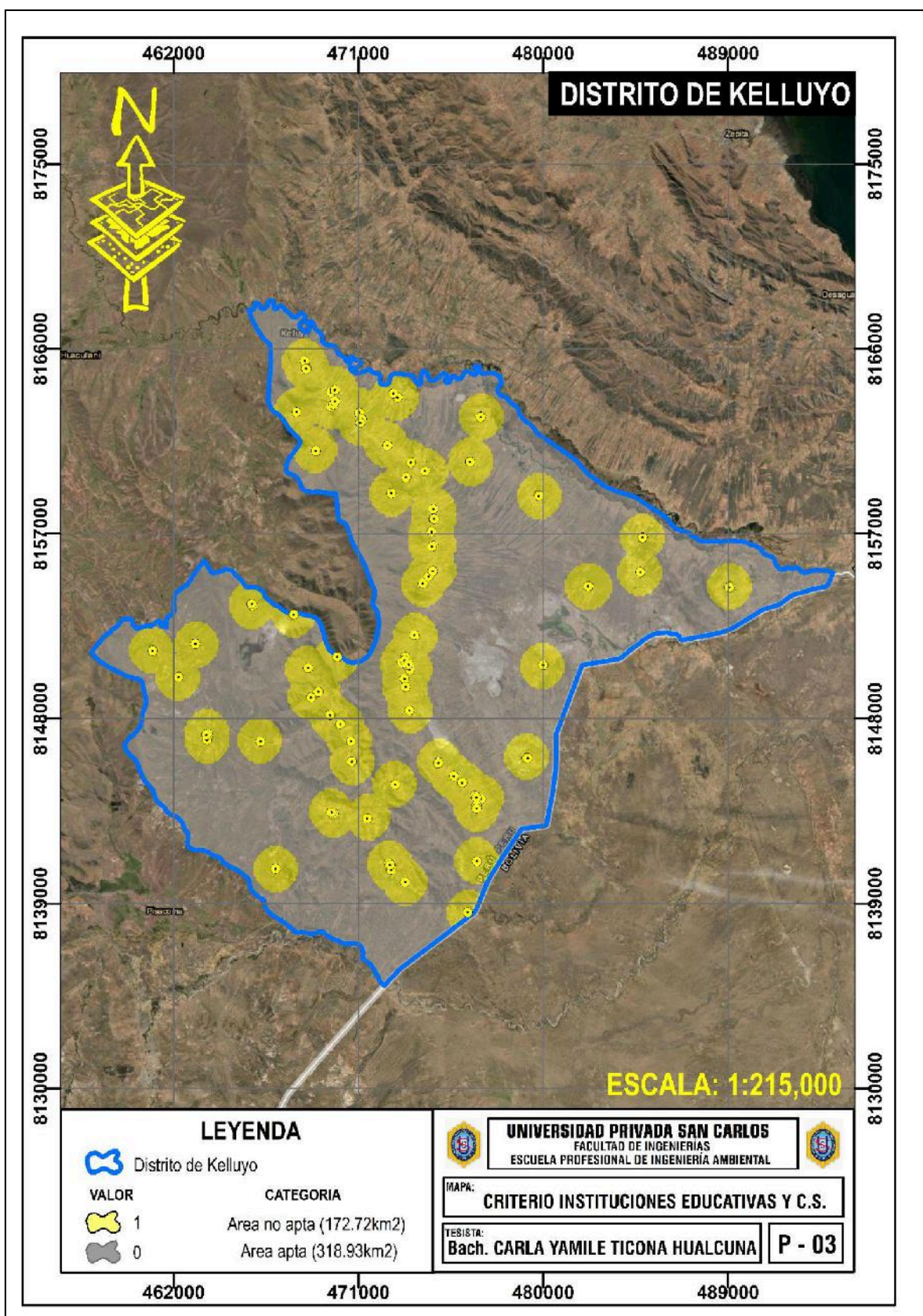


**Figura 03:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio Centros Poblados en el distrito de Kelluyo

Estos resultados comparados con Amangani & Rivera (2022), presentan cierta similitud, donde el criterio centros poblados utilizado en el análisis permite optimizar la accesibilidad al sitio propuesto para el relleno sanitario, facilitando la recolección y transporte de residuos desde los principales núcleos urbanos. La proximidad a centros poblados implica un mayor riesgo de conflictos socioambientales si no se cumplen adecuadamente los estándares de aislamiento, control de emisiones y medidas de mitigación. En este sentido, Amangani y Rivera destacan la necesidad de integrar este criterio con otros factores como la topografía, la hidrología, el uso actual del suelo, y

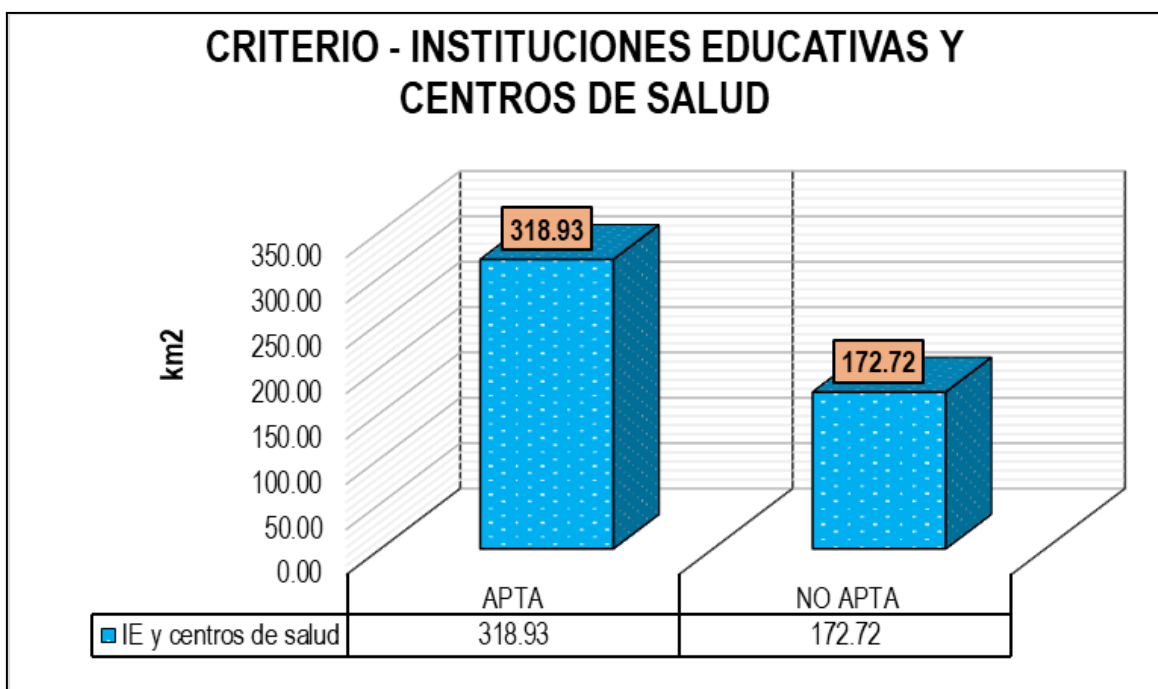
especialmente la aceptación social. El análisis espacial realizado en el estudio demuestra que es posible identificar zonas con bajo nivel de conflicto y con condiciones técnicas favorables, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esto refuerza la importancia de adoptar enfoques multicriterio para la toma de decisiones en la planificación de infraestructuras sanitarias, especialmente en regiones donde los recursos institucionales y financieros son limitados.

En la figura 4, se aprecia el mapa del criterio Instituciones educativas y centros de Salud del distrito de Kelluyo, indicando que se asignó valores de “0” (color amarillo), a aquellas áreas que no son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia menor a 1000 m; así mismo se asignó valores de “1” (color plomo), a aquellas áreas que son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia mayor a 1000 m.



**Figura 04:** Mapa del criterio Instituciones educativas y centros de Salud del distrito de Kelluyo

En la figura 5, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio Instituciones educativas y centros de Salud en el distrito de Kelluyo; indicando que el distrito presenta 318.93 km<sup>2</sup> de zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 64.87 % de la extensión del distrito y 172.72 km<sup>2</sup> de zonas no aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 35.13 % de la extensión del distrito; todo ello con respecto a las Instituciones educativas y centros de Salud.

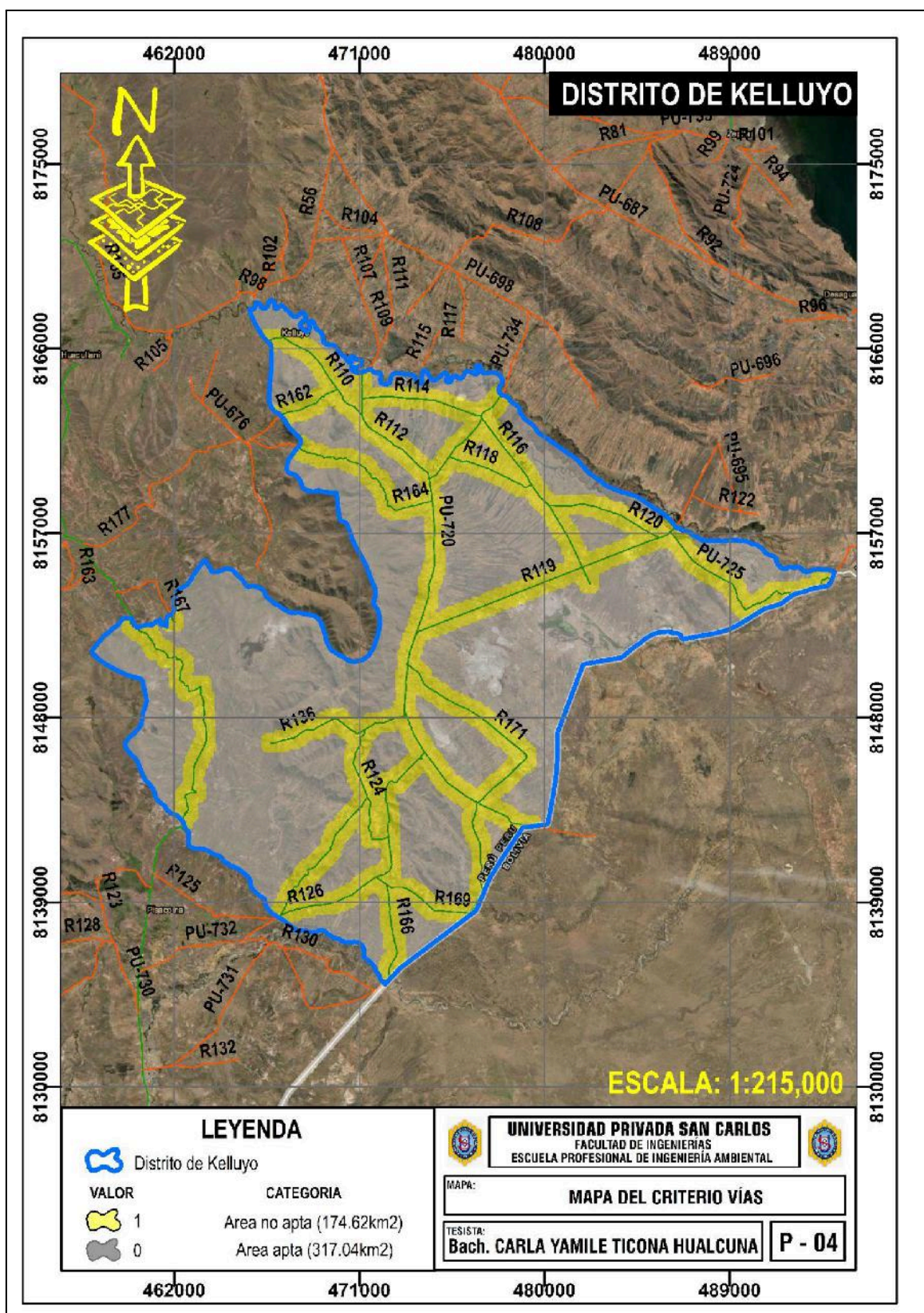


**Figura 05:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio Instituciones educativas y centros de Salud en el distrito de Kelluyo

Comparados con Gutierrez (2021), indica que el criterio de las instituciones educativas, es fundamental para garantizar la salud pública, la seguridad infantil y la aceptación social del proyecto. La cercanía de un relleno sanitario a escuelas, colegios o centros de formación puede generar riesgos asociados a la emisión de olores, vectores de enfermedades, contaminación del aire o del agua, y ruidos, todos los cuales pueden afectar negativamente el entorno de aprendizaje y el bienestar de los estudiantes. Por tanto, un análisis complementario que incorpore la localización de las instituciones educativas permitiría reforzar los criterios de exclusión o restricción del área de emplazamiento, asegurando un mayor nivel de protección a poblaciones sensibles.

Asimismo, este enfoque está en línea con principios del ordenamiento territorial con enfoque social, que busca priorizar el desarrollo de infraestructuras sin comprometer el acceso a servicios básicos como la educación en condiciones saludables. Adicionalmente, considerar este criterio contribuye a reducir el potencial de conflicto social y a mejorar la aceptación comunitaria del proyecto. En muchos casos, la oposición a rellenos sanitarios surge precisamente por su cercanía a zonas habitadas y centros educativos, donde las familias perciben amenazas a la salud de los niños y jóvenes. La integración temprana de este criterio en la evaluación de sitios puede prevenir estos escenarios de resistencia.

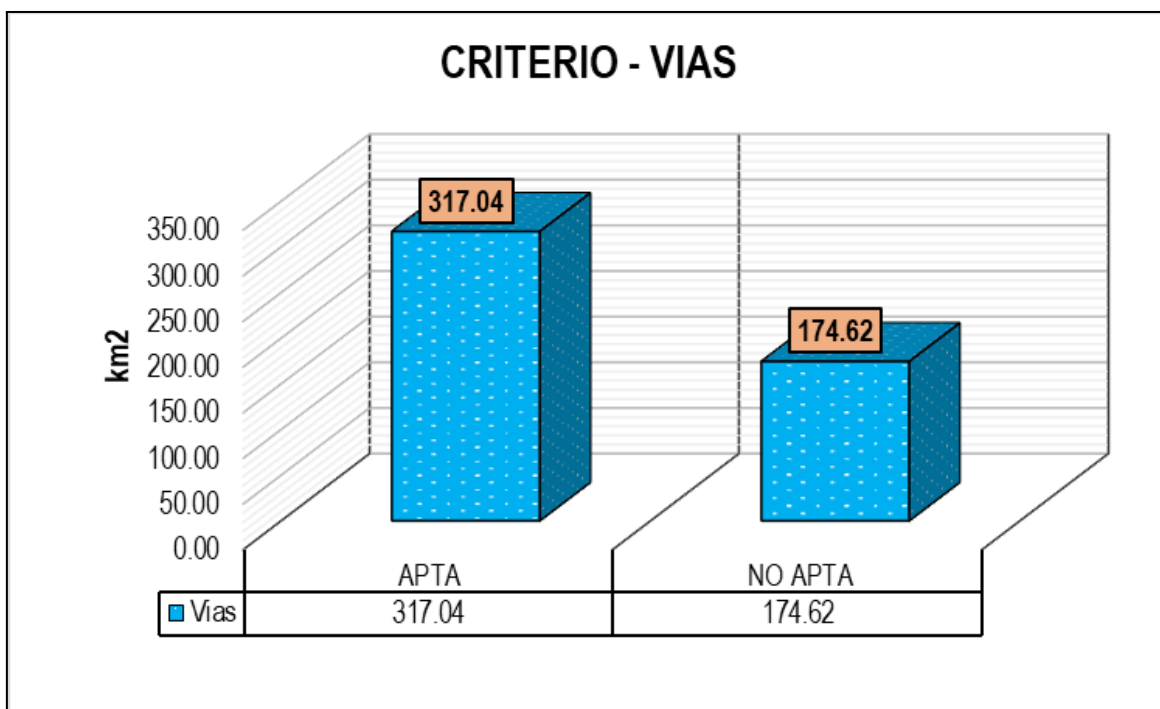
En la figura 6, se aprecia el mapa del criterio vías del distrito de Kelluyo, indicando que se asignó valores de “0” (color amarillo), a aquellas áreas que no son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia menor a 500 m; así mismo se asignó valores de “1” (color plomo), a aquellas áreas que son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia mayor a 500 m.



**Figura 06:** Mapa del criterio vías del distrito de Kelluyo

En la figura 7, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio vías en el distrito de Kelluyo; indicando que el distrito presenta 317.04

km<sup>2</sup> de zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 64.48 % de la extensión del distrito y 174.62 km<sup>2</sup> de zonas no aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 35.52 % de la extensión del distrito; todo ello con respecto a las Vías.

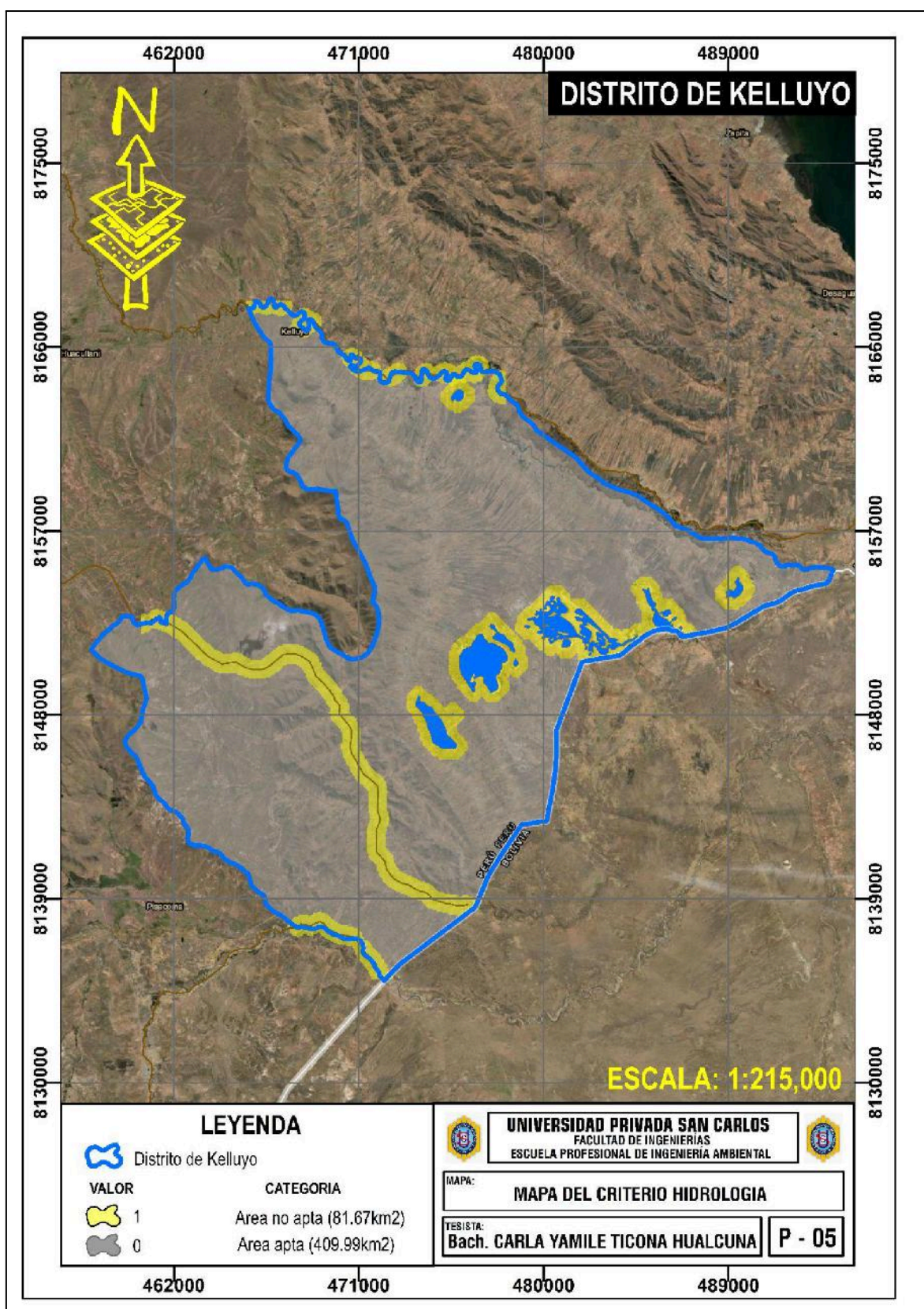


**Figura 07:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio vías en el distrito de Kelluyo

Sierra (2021), indica que la accesibilidad vial constituye uno de los elementos clave en la viabilidad de cualquier instalación de disposición final de residuos. En el caso del Área Metropolitana de Bucaramanga —una región con un crecimiento urbano acelerado y una geografía compleja—, la disponibilidad y calidad de las vías condicionan directamente los costos de transporte, la frecuencia de recolección y la eficiencia del servicio de limpieza pública. Por tanto, ubicar el botadero en una zona con buena conectividad vial permite optimizar la logística de recolección, reducir tiempos de traslado y disminuir la huella de carbono asociada al transporte de residuos. Además, el criterio de vías no solo se relaciona con la eficiencia del servicio, sino también con el impacto ambiental indirecto. Rutas de acceso mal planificadas o inadecuadas pueden requerir la apertura de nuevas vías, lo que podría implicar deforestación, fragmentación de hábitats y perturbaciones a

zonas rurales o ecosistemas sensibles. Sierra (2021) reconoce esta complejidad y, mediante el uso de herramientas de análisis geoespacial, logra identificar zonas con buena infraestructura vial preexistente que permiten minimizar la intervención sobre el territorio.

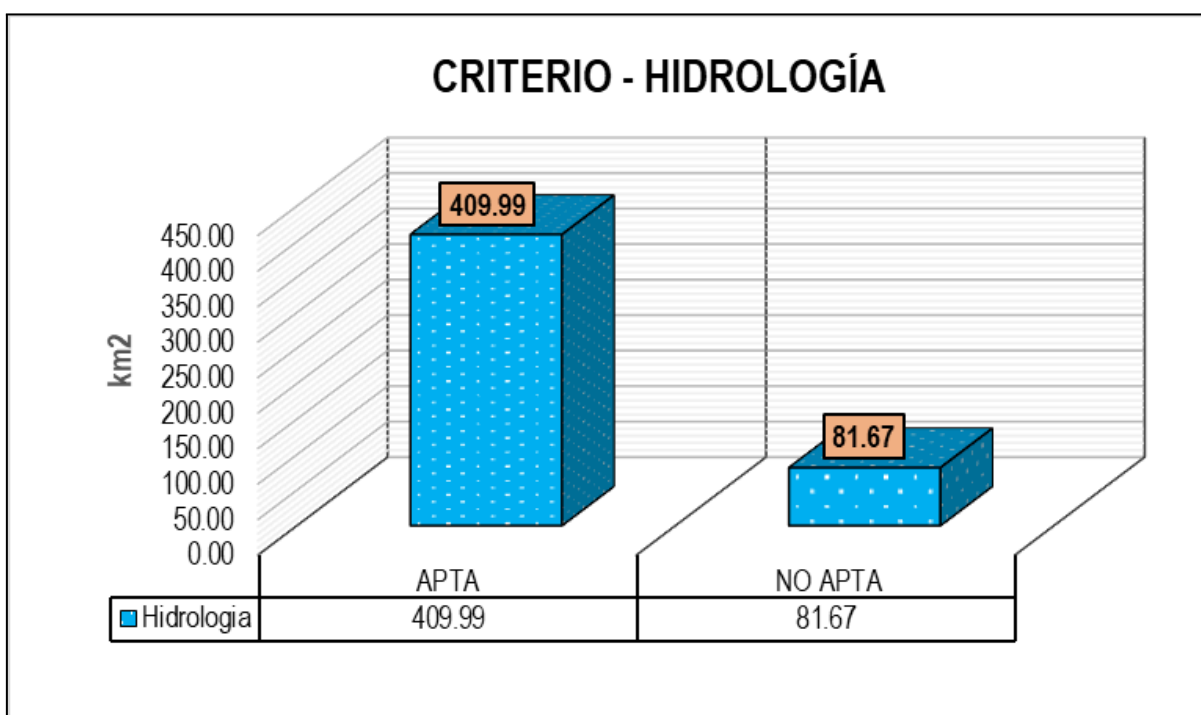
En la figura 8, se aprecia el mapa del criterio hidrología del distrito de Kelluyo, indicando que se asignó valores de “0” (color amarillo), a aquellas áreas que no son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia menor a 500 m; así mismo se asignó valores de “1” (color plomo), a aquellas áreas que son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia mayor a 500 m.



**Figura 08:** Mapa del criterio hidrología del distrito de Kelluyo

En la figura 9, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con

respecto al criterio vías en el distrito de Kelluyo; indicando que el distrito presenta 409.99 km<sup>2</sup> de zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 83.39 % de la extensión del distrito y 81.67 km<sup>2</sup> de zonas no aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 16.61 % de la extensión del distrito; todo ello con respecto a la hidrología.

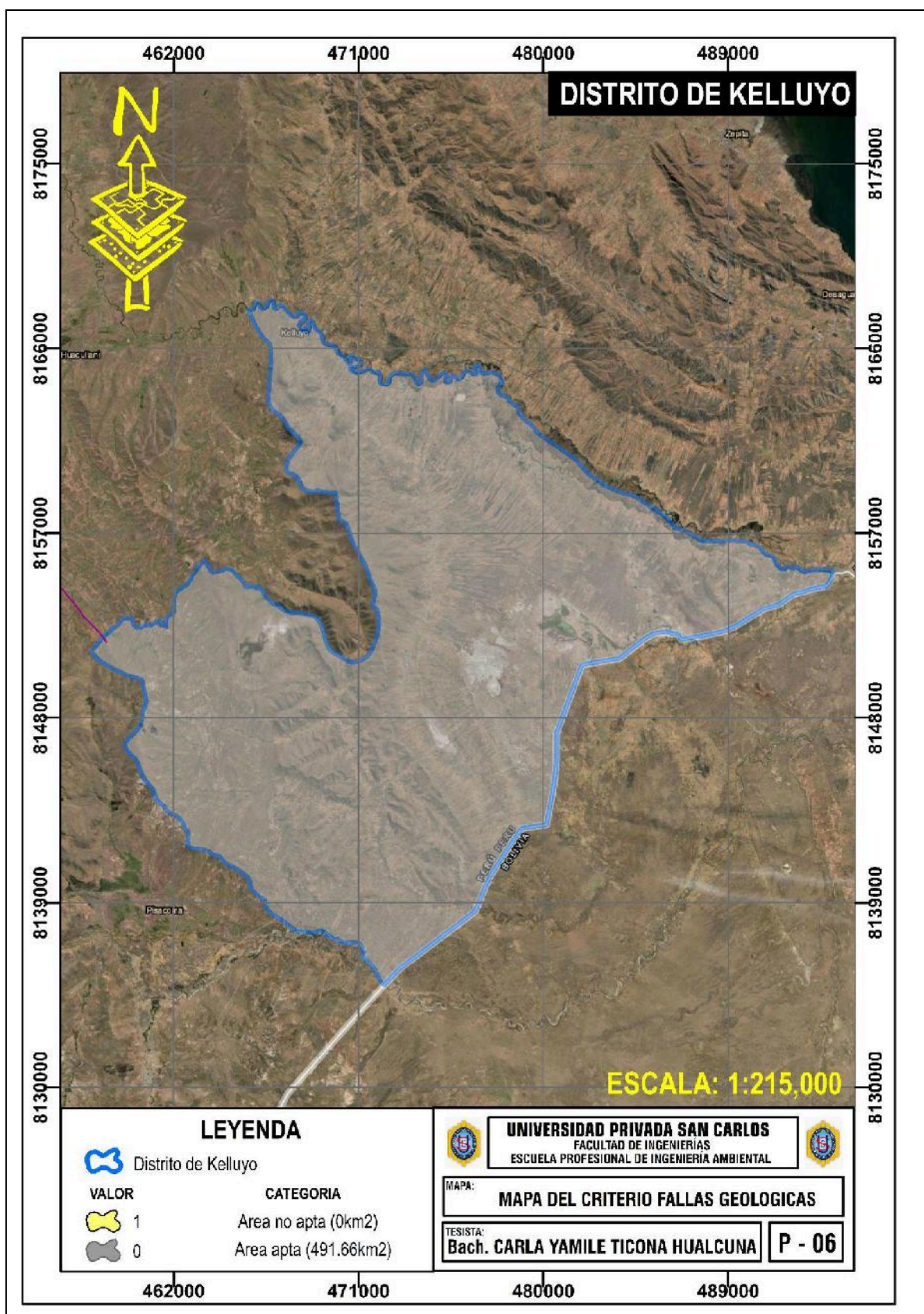


**Figura 09:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio hidrología en el distrito de Kelluyo

Vásquez (2023), evidencia el valor de los enfoques multicriterio en la planificación ambiental y urbana. Su aplicación en el distrito de Chota no solo permite una localización más eficiente y segura del relleno sanitario, sino que también ofrece una herramienta replicable para otros municipios del país que enfrentan desafíos similares en la gestión de sus residuos sólidos. Este tipo de investigaciones fortalece las capacidades técnicas locales y promueve la toma de decisiones fundamentadas y sostenibles, Además, la inclusión de criterios sociales, como la distancia mínima a viviendas o centros poblados, refuerza el componente de aceptabilidad social y prevención de conflictos comunitarios, un aspecto fundamental para asegurar la sostenibilidad y operatividad del relleno sanitario en el tiempo. La integración de este tipo de criterios demuestra una visión

integral del desarrollo territorial, que va más allá del cumplimiento técnico para incorporar también consideraciones de equidad y bienestar comunitario.

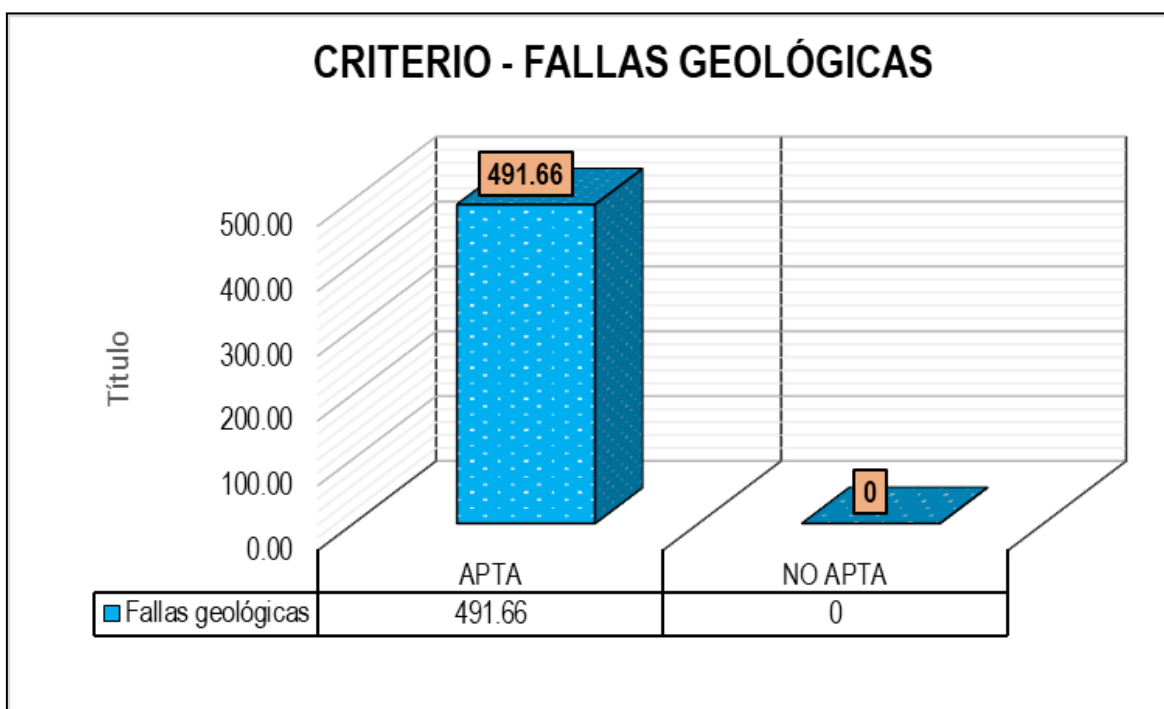
En la figura 10, se aprecia el mapa del criterio fallas geológicas del distrito de Kelluyo, indicando que se asignó valores de “0” (color amarillo), a aquellas áreas que no son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia menor a 1000 m; así mismo se asignó valores de “1” (color plomo), a aquellas áreas que son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia mayor a 1000 m.



**Figura 10:** Mapa del criterio fallas geológicas del distrito de Kelluyo

En la figura 11, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con

respecto al criterio fallas geológicas en el distrito de Kelluyo; indicando que el distrito presenta 491.66 km<sup>2</sup> de zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 100 % de la extensión del distrito y 0 km<sup>2</sup> de zonas no aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 0 % de la extensión del distrito; todo ello con respecto a las fallas geológicas.



**Figura 11:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio fallas geológicas en el distrito de Kelluyo

Así mismo Grandez y Olcede (2023), indica la importancia de integrar datos geológicos mediante herramientas de análisis espacial, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), para delimitar zonas de riesgo geodinámico. Esta aproximación permite no solo identificar áreas inadecuadas, sino también priorizar aquellas con mayor estabilidad geotécnica y menores probabilidades de desplazamientos del terreno. En ese sentido, su metodología se alinea con los principios de prevención de desastres y gestión de riesgo, establecidos en normativas ambientales y de infraestructura. Asimismo, al excluir zonas con presencia de fallas geológicas, se contribuye a la protección de las fuentes hídricas subterráneas, que podrían ser afectadas por el percolado de lixiviados en caso de rupturas del sistema de confinamiento. Este enfoque también minimiza los

impactos negativos sobre la salud pública y el ambiente, y promueve una gestión de residuos que prioriza la seguridad a largo plazo. En conclusión, el estudio de Grandez y Olcede (2023) evidencia la necesidad de incorporar criterios geológicos de manera rigurosa en los procesos de planificación territorial para infraestructuras sanitarias. La atención especial al riesgo sísmico y a las fallas geológicas no solo refuerza la sostenibilidad del proyecto, sino que también representa una acción responsable frente a la vulnerabilidad geodinámica que caracteriza al sur del Perú. Su aporte puede servir como modelo metodológico para otras regiones expuestas a riesgos similares.

En la figura 12, se aprecia el mapa del criterio zonas arqueológicas del distrito de Kelluyo, indicando que se asignó valores de “0” (color amarillo), a aquellas áreas que no son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia menor a 1000 m; así mismo se asignó valores de “1” (color plomo), a aquellas áreas que son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una distancia mayor a 1000 m.

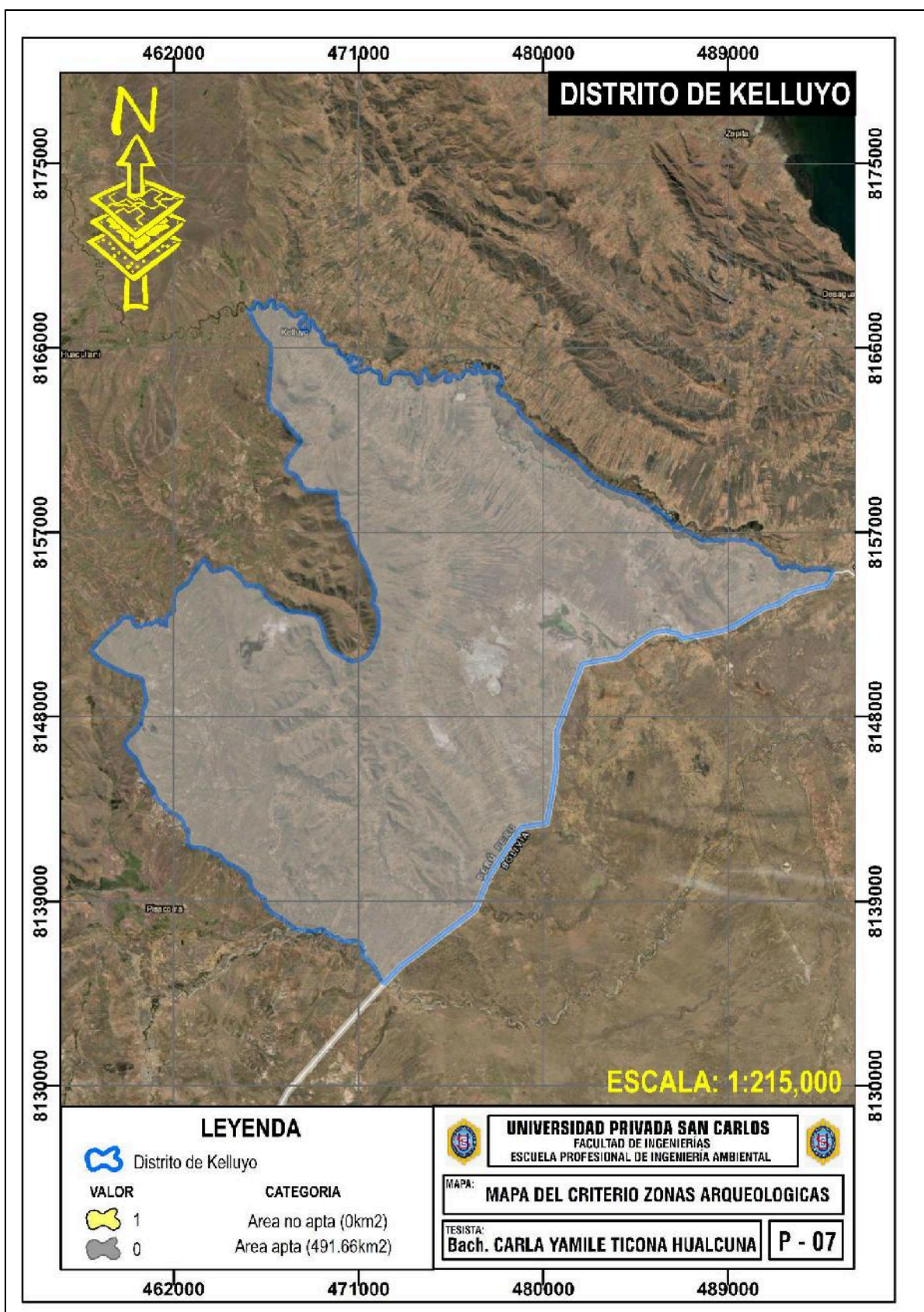
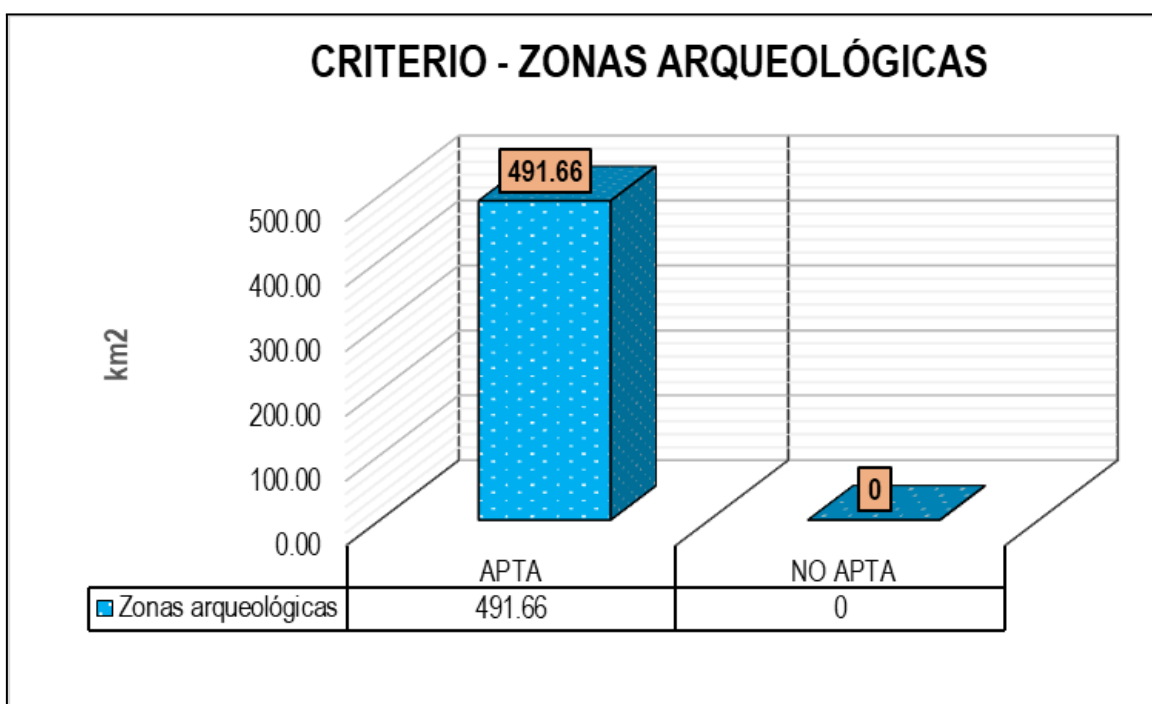


Figura 12: Mapa del criterio zonas arqueológicas del distrito de Kelluyo

En la figura 13, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con

respecto al criterio zonas arqueológicas en el distrito de Kelluyo; indicando que el distrito presenta 491.66 km<sup>2</sup> de zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 100 % de la extensión del distrito y 0 km<sup>2</sup> de zonas no aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 0 % de la extensión del distrito; todo ello con respecto a las zonas arqueológicas.



**Figura 13:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio zonas arqueológicas en el distrito de Kelluyo

Con respecto a Villavicencio y Castillo (2022), abordaron este criterio mediante el uso de herramientas geoespaciales y metodologías multicriterio, lo que permitió identificar y excluir áreas con presencia o cercanía a zonas arqueológicas. Esta práctica refleja una planificación responsable, que busca garantizar que la infraestructura sanitaria no comprometa bienes culturales insustituibles. Además, contribuye a evitar conflictos sociales o legales que puedan surgir si una obra pública afecta zonas protegidas por el Ministerio de Cultura. La consideración de las zonas arqueológicas como zonas de exclusión también se relaciona con la dimensión ética de la planificación urbana y ambiental. En una región donde conviven desafíos ambientales como la minería y la contaminación del suelo, proteger el patrimonio arqueológico adquiere una relevancia

doble: por un lado, evita la degradación de espacios históricos, y por otro, posiciona al relleno sanitario como una obra pública diseñada con sensibilidad cultural. Asimismo, esta decisión refuerza la aceptabilidad social del proyecto, al mostrar que la localización del relleno sanitario no solo responde a criterios técnicos y ambientales, sino también al respeto por el legado histórico de las comunidades. Esto es clave en zonas donde la participación ciudadana y el sentido de pertenencia juegan un rol importante en la implementación de obras públicas. En resumen, se demuestra que la inclusión de criterios culturales, como la protección de zonas arqueológicas, es indispensable en procesos de localización de rellenos sanitarios. Su enfoque combina la eficiencia técnica con la preservación del patrimonio, promoviendo una visión de desarrollo que valora tanto el medio ambiente como la historia y la identidad local.

En la figura 14, se aprecia el mapa del criterio pendiente del distrito de Kelluyo, indicando que se asignó valores de “0” (color amarillo), a aquellas áreas que no son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una pendiente mayor al 25 %; así mismo se asignó valores de “1” (color plomo), a aquellas áreas que son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que comprenden una pendiente menor al 25 %.

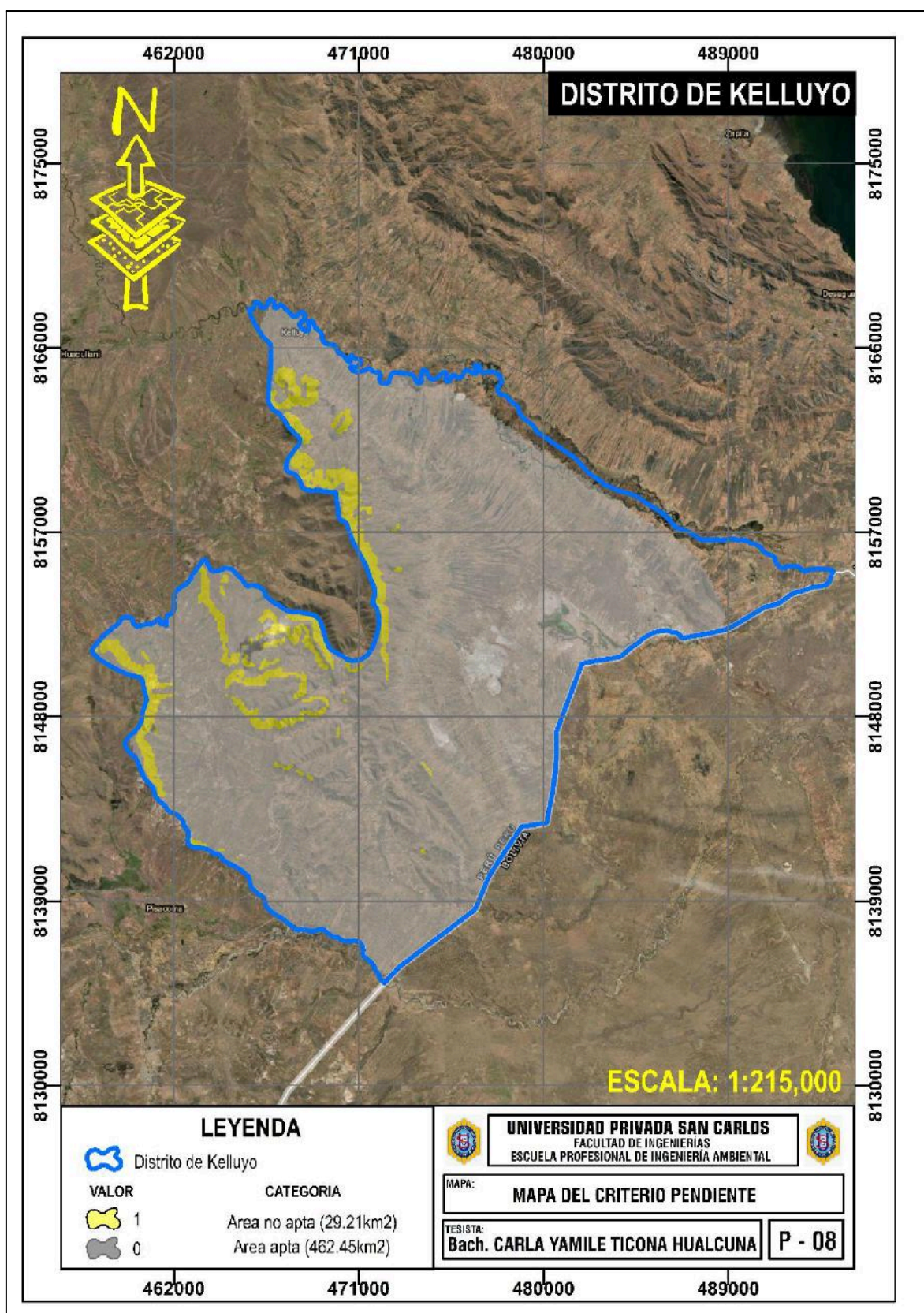
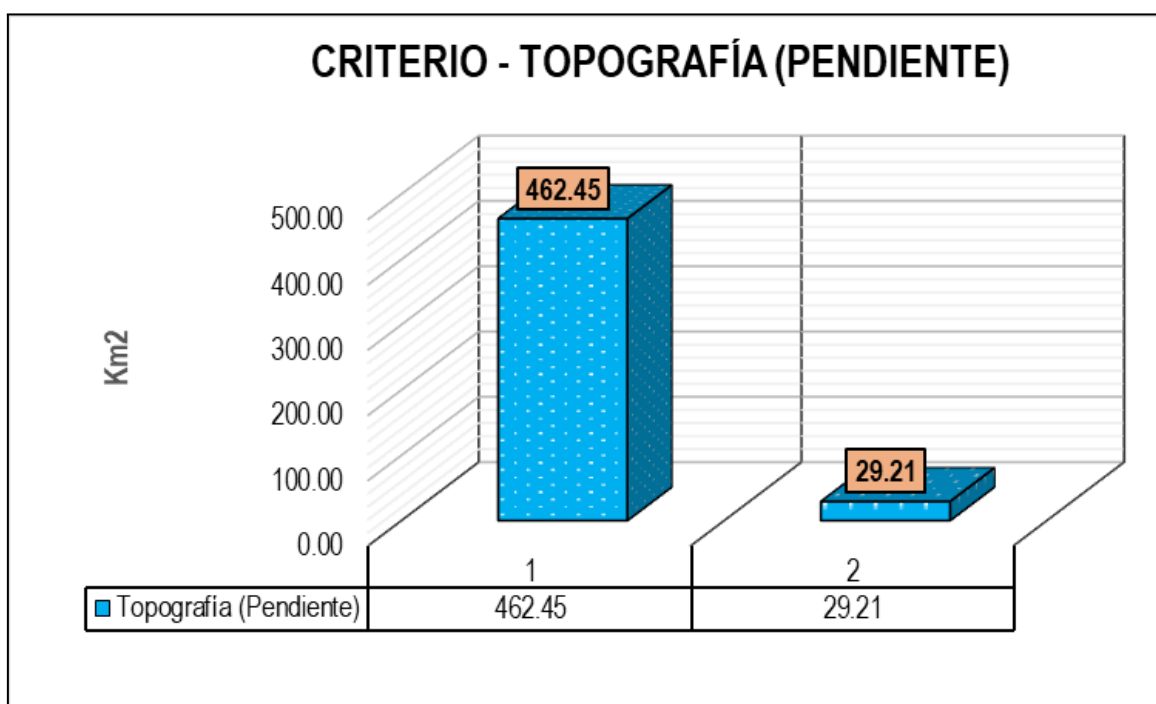


Figura 14: Mapa del criterio pendiente del distrito de Kelluyo

En la figura 15, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con

respecto al criterio pendiente en el distrito de Kelluyo; indicando que el distrito presenta 462.45 km<sup>2</sup> de zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 94.06 % de la extensión del distrito y 29.21 km<sup>2</sup> de zonas no aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 5.94 % de la extensión del distrito; todo ello con respecto a la pendiente.

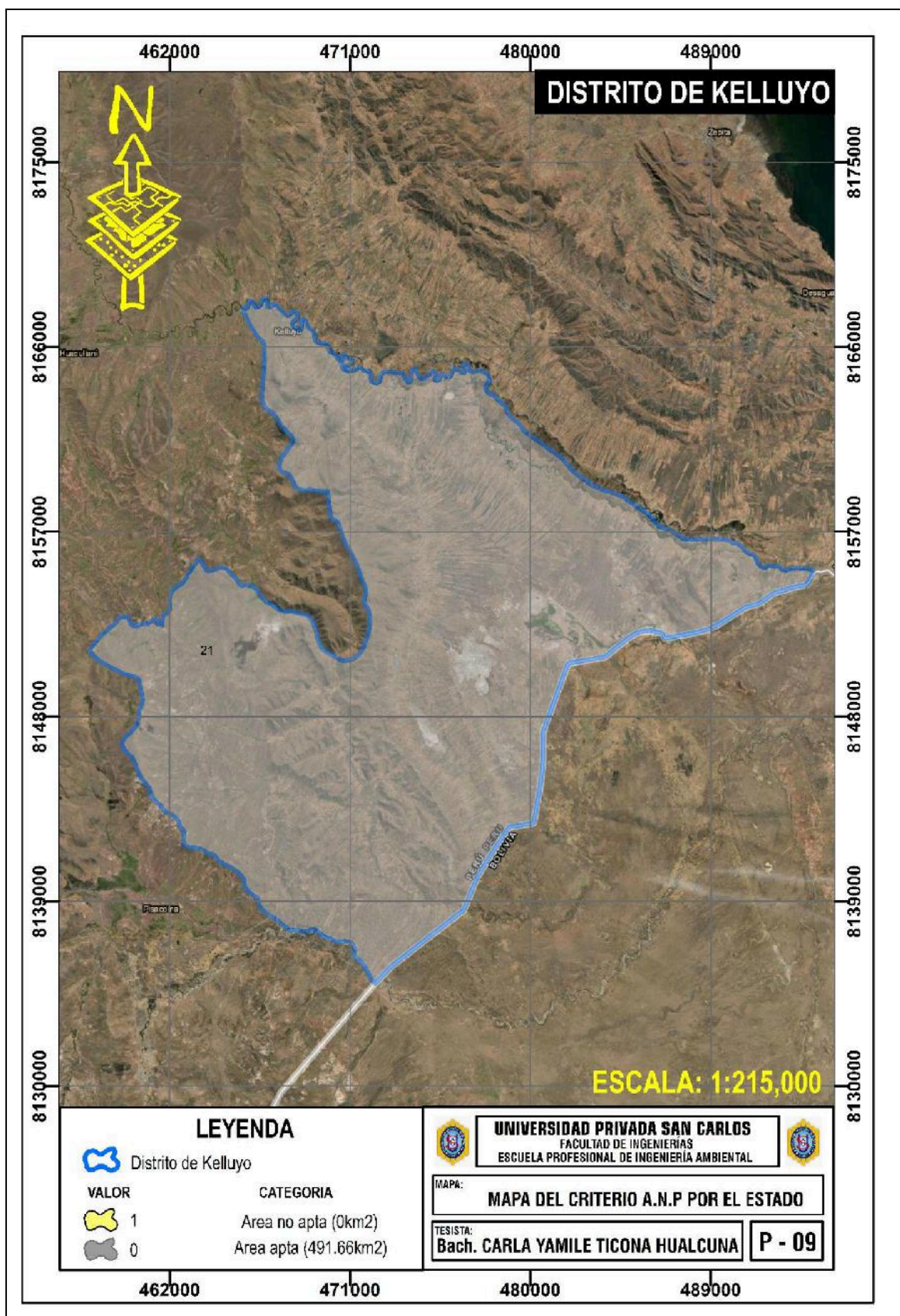


**Figura 15:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio pendiente en el distrito de Kelluyo

Además Bustamante (2022), indica que la pendiente influye directamente en la viabilidad constructiva del proyecto. Áreas con pendientes elevadas presentan mayores dificultades para la nivelación del terreno, la construcción de plataformas, el control de lixiviados y la estabilidad estructural de las celdas de disposición. En este sentido, Bustamante priorizó zonas con pendientes suaves o moderadas, que permiten un diseño más seguro y funcional del sistema de tratamiento y disposición final, reduciendo además los costos asociados a obras de movimiento de tierras y control geotécnico. Además desde el enfoque ambiental, la pendiente también incide en la movilización de escorrentías superficiales, lo cual puede aumentar el riesgo de arrastre de contaminantes hacia cuerpos de agua cercanos si no se manejan adecuadamente los sistemas de drenaje. Por

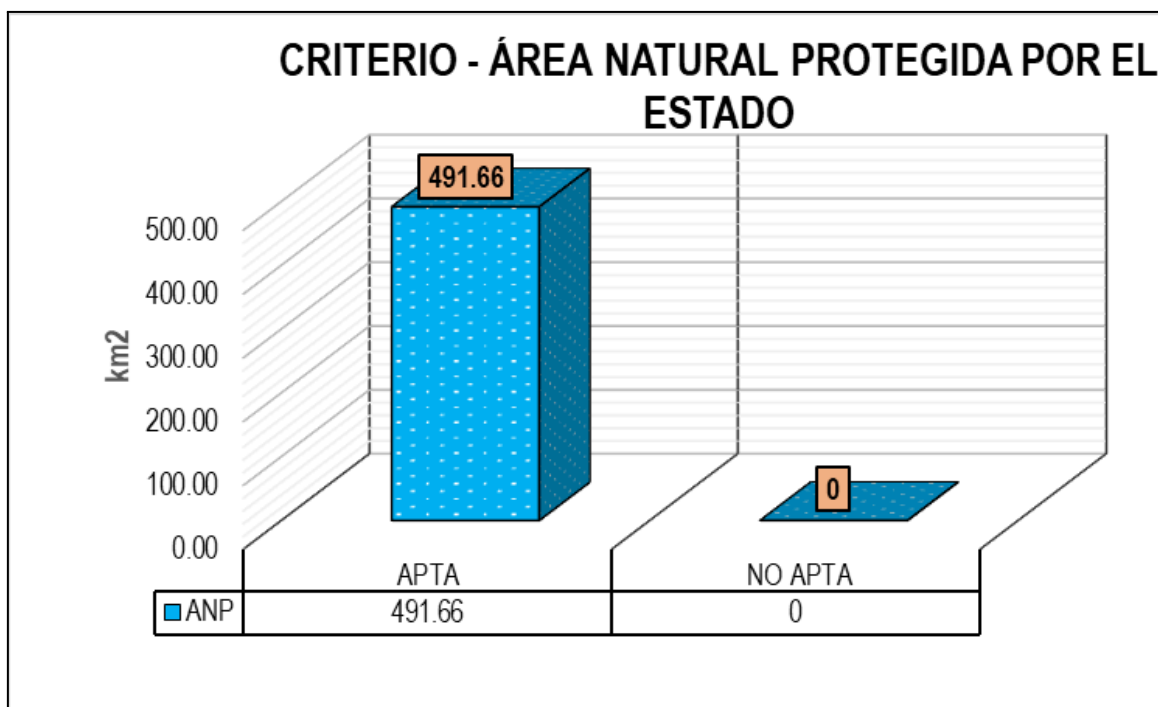
ello, la elección de terrenos con pendientes controlables favorece una mejor implementación de medidas de manejo de aguas pluviales y control de erosión, contribuyendo a la protección del entorno natural. Asimismo, en una zona como Chota, caracterizada por su topografía accidentada y clima variable, este criterio adquiere especial importancia para garantizar la estabilidad a largo plazo de la infraestructura. El análisis SIG permitió a Bustamante mapear con precisión las zonas del territorio que presentan condiciones topográficas adecuadas, lo que refleja una planificación territorial informada, basada en datos geográficos confiables y actualizados. En conclusión, la consideración del criterio de pendiente del terreno en el estudio de Bustamante (2022) demuestra un enfoque técnico riguroso, que busca optimizar tanto la seguridad estructural como la eficiencia operativa y ambiental de la futura planta de tratamiento de residuos sólidos. Su metodología puede servir de guía para otras municipalidades con características geográficas similares, que enfrentan el reto de ubicar infraestructuras sanitarias en contextos de difícil acceso y terrenos irregulares.

En la figura 16, se aprecia el mapa del criterio áreas naturales protegidas por el estado del distrito de Kelluyo, indicando que se asignó valores de “0” (color amarillo), a aquellas áreas que no son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que se encuentran dentro del área natural protegida; así mismo se asignó valores de “1” (color plomo), a aquellas áreas que son aptas para ubicar un relleno sanitario, debido a que se encuentran fuera del área natural protegida.



**Figura 16:** Mapa del criterio áreas naturales protegidas por el estado del distrito de Kelluyo

En la figura 17, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio áreas naturales protegidas por el estado en el distrito de Kelluyo; indicando que el distrito presenta 491.66 km<sup>2</sup> de zonas aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 100 % de la extensión del distrito y 0 km<sup>2</sup> de zonas no aptas para la instalación de un relleno sanitario equivalente al 0 % de la extensión del distrito; todo ello con respecto a las áreas naturales protegidas por el estado.



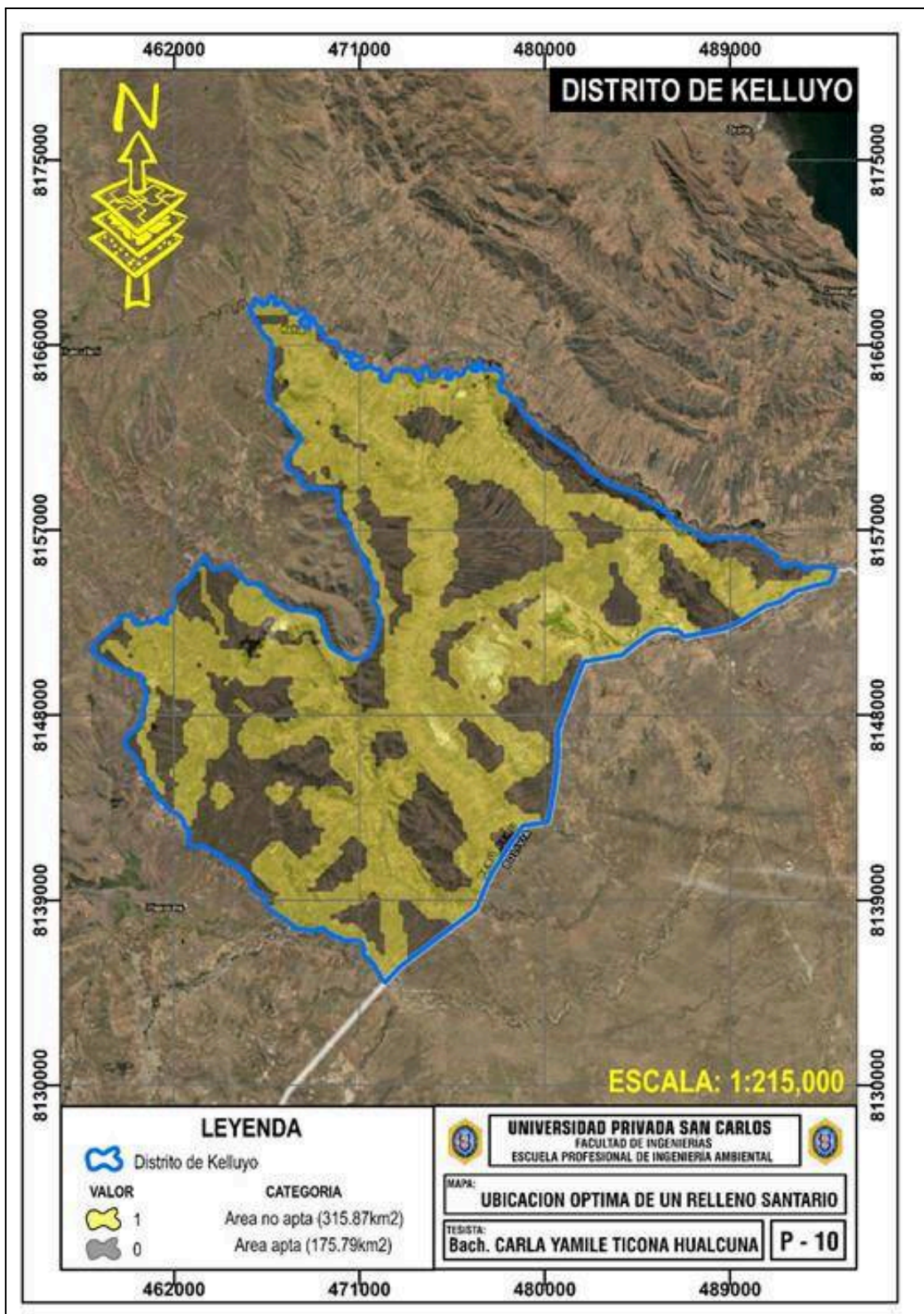
**Figura 17:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio áreas naturales protegidas por el estado en el distrito de Kelluyo

Hanco (2023), indica que las áreas naturales protegidas cumplen una función crítica en la conservación de la biodiversidad, la regulación del clima, la protección de cuencas hidrográficas y el mantenimiento de servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades locales. En este contexto, cualquier intervención que implique riesgo de contaminación o alteración ecológica, como la instalación de un relleno sanitario, debe ser cuidadosamente evaluada para evitar afectaciones irreversibles. Además incorporó este criterio dentro del análisis multicriterio en QGIS, delimitando zonas de exclusión en torno a las ANP, lo cual demuestra una clara alineación con la normativa nacional, particularmente con lo establecido en la Ley de Áreas Naturales Protegidas (Ley N.º

26834) y los lineamientos del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Esta medida no solo asegura el cumplimiento legal, sino que también reduce significativamente el riesgo de conflictos ambientales y sociales. Además, al establecer una distancia mínima de resguardo entre el sitio propuesto y las ANP, el estudio contribuye a evitar impactos indirectos como la fragmentación de hábitats, la perturbación de la fauna, o la contaminación de suelos y aguas superficiales y subterráneas. Esto es especialmente relevante en zonas altoandinas como Ayaviri, donde los ecosistemas son frágiles y la recuperación frente a disturbios puede ser muy limitada. Desde un enfoque técnico, la aplicación del programa QGIS permitió una visualización precisa y una integración eficiente de datos cartográficos, lo que facilitó una toma de decisiones fundamentada en criterios espaciales objetivos. De esta manera, Hancoo demuestra que el uso de herramientas SIG no solo es útil para el análisis territorial, sino también indispensable para garantizar la compatibilidad ambiental de proyectos de infraestructura sanitaria.

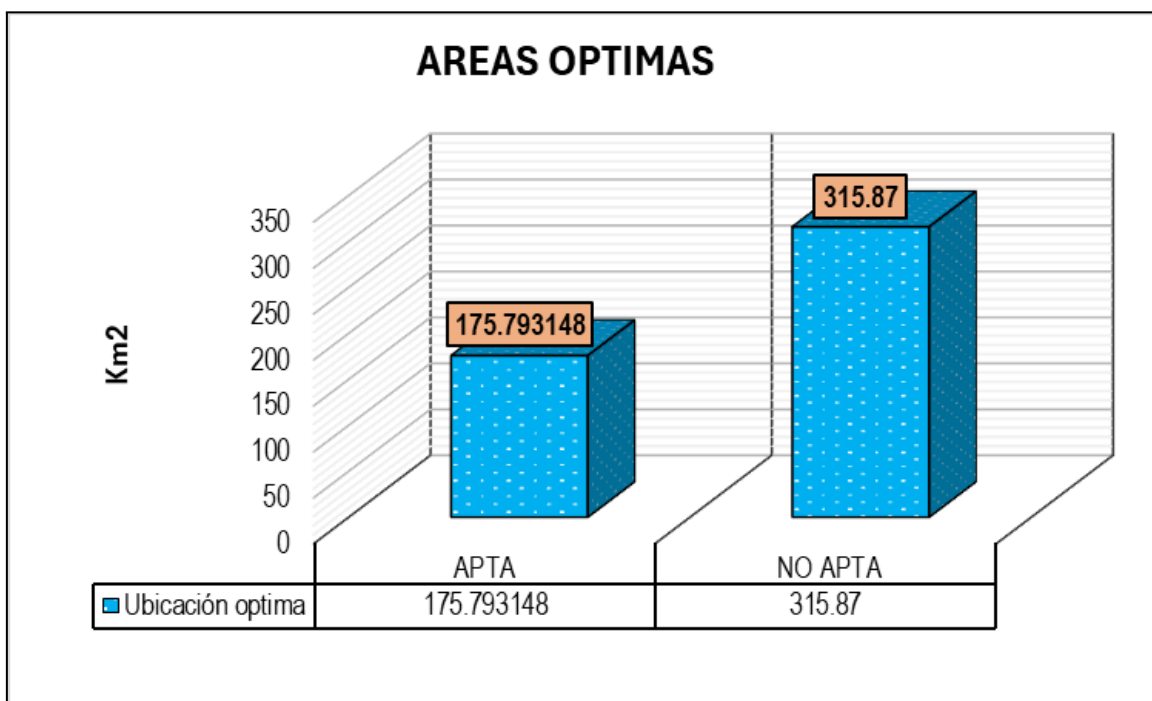
En específico, la consideración de las áreas naturales protegidas como un criterio central en el análisis de localización de un relleno sanitario en Ayaviri, según lo desarrollado por Hancoo (2023), constituye una muestra de planificación responsable, que prioriza la **preservación ecológica** y el **desarrollo sostenible**. Este enfoque puede ser replicado por otras municipalidades ubicadas en zonas de alta sensibilidad ambiental, contribuyendo a una gestión de residuos más segura, legal y ambientalmente compatible. Finalmente se efectuó la elaboración del mapa final de áreas óptimas de un relleno sanitario en el software ArcGIS, en donde se introdujo los criterios de: Centros poblados, Hidrología, Distancia de vías, Zonas arqueológicas, Fallas geológicas, Topografía (Pendiente), áreas naturales protegidas por el estado, para multiplicarlos y obtener áreas potenciales para la instalación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos. En la tabla 18, se aprecia el mapa temático de áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo, contemplándose 31 áreas óptimas, cada una de ellas con áreas mayores a dos hectáreas distribuidas en todo el distrito de Kelluyo,

abarcando un total de 175.79 km<sup>2</sup> disponibles para instalación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos.



**Figura 18:** Mapa de áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo

En la figura 19, se aprecia las áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo, indicando que en el distrito de Kelluyo presenta 175.79 km<sup>2</sup> de zonas aptas para la ubicación de un relleno sanitario equivalente al 35.75 % del área del distrito de Kelluyo y 315.87 km<sup>2</sup>, de zonas no aptas para la ubicación de un relleno sanitario equivalente al 64.25 % del área del distrito de Kelluyo; todo ello para la instalación de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos; con respecto a todos los criterios evaluados (Centros poblados, Hidrología, Distancia de vías, Zonas arqueológicas, Fallas geológicas, Topografía (Pendiente), y áreas naturales protegidas por el estado)



**Figura 19:** Áreas óptimas para la ubicación de un relleno sanitario con respecto al criterio áreas naturales protegidas por el estado en el distrito de Kelluyo

Dichos resultados con respecto a Sotomayor (2022), indican que la ubicación estratégica del sitio fue analizada en función de varios factores: distancia a centros poblados, accesibilidad por vías existentes, pendientes del terreno, cobertura vegetal, presencia de cuerpos de agua, y susceptibilidad a riesgos naturales. La correcta selección del emplazamiento no solo busca reducir impactos ambientales como contaminación del suelo, del aire y de las fuentes hídricas, sino también minimizar los conflictos sociales que

suelen surgir cuando la población percibe amenazas a su salud o calidad de vida por la cercanía de un relleno sanitario. además aplicó una metodología basada en análisis multicriterio apoyado en herramientas de georreferenciación, lo que permitió tomar decisiones informadas y transparentes, con base en datos objetivos. Este enfoque refuerza la idea de que una buena planificación no depende únicamente de la disponibilidad del terreno, sino de su compatibilidad ambiental y social. El caso del distrito de Platería, con un entorno rural y ecosistemas altoandinos frágiles, requiere una atención especial a estos factores. Además, su realidad sociocultural demanda procesos de consulta y participación ciudadana, los cuales pueden facilitarse cuando el diseño del proyecto evidencia un compromiso con la prevención de impactos negativos. En resumen, evidencia la importancia de considerar la extensión del terreno y la ubicación estratégica como criterios prioritarios en la localización de un relleno sanitario. Su enfoque permite optimizar la funcionalidad técnica de la infraestructura, al mismo tiempo que se protegen los recursos naturales y se fomenta la aceptación social del proyecto, condiciones necesarias para garantizar la sostenibilidad de la gestión de residuos en zonas rurales como Platería.

## **4.2. DIMENSIONAR UN RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE KELLUYO**

### **4.2.1. DIMENSIONAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO**

#### **a) Producción Per Cápita.**

La producción per cápita de residuos sólidos es 0.31kg/hab/día según el estudio de caracterización de residuos sólidos del distrito de Kelluyo. Los cálculos siguientes se basan en la (OPS/CEPIS, 2022), que también estima un crecimiento anual de la producción del 1 %.

#### **b) Producción Total.**

La producción de residuos sólidos se determina multiplicando esta cifra por la producción per cápita así mismo el municipio estima que la población del área urbana del distrito de Kelluyo será de 4251 habitantes en 2024

$$\text{CRD}=4,251 *0.31$$

$$\text{CRD}=1317.81 \text{ kg/día}$$

Por lo que se puede decir que la producción total de residuos sólidos en el año 2024 en el área urbana del distrito de Kelluyo es de **1317.81kg/día**.

### **c) Proyección de la población.**

El crecimiento de la población se calculó como un crecimiento geométrico utilizando la base de datos del municipio del distrito de Kelluyo. Desde 2007, la población del área urbana del distrito ha fluctuado, con 1597 residentes; del mismo modo, el año 2017 mostró 3904 habitantes. Estos datos significativos se utilizaron para proyectar la población utilizando la ecuación de la razón de crecimiento:

$$\text{TC}= 100(\sqrt[n]{\text{Población final}/\text{Población inicial}})-1$$

**Donde:**

**TC:** Tasa de crecimiento anual

**n:** Número de años entre población final e inicial

**Reemplazando:**

$$\text{TC}= 100(\sqrt[10]{3904/1597})-1$$

$$\text{TC}= 1.43 \%$$

Identificando que el área urbana del distrito de Kelluyo tiene una tasa de crecimiento anual de la población del 1,43 % siendo dato para calcular la población al 2034 y el dimensionamiento adecuado para el relleno sanitario.

### **d) Volumen de residuos sólidos**

Para el año 2024, se determinaron los volúmenes diarios y anuales compactados de residuos sólidos que deben eliminarse en el relleno sanitario.

$$\text{V diario}= 1317.81/500$$

$$\text{V diario}=2.64 \text{ m}^3/\text{día}$$

El volumen diario actual de residuos sólidos es de  $2.64 \text{ m}^3/\text{día}$

$$\text{V anual compactado} = 2.64 \times 365$$

$$\text{V anual compactado} = 963.60 \text{ m}^3/\text{día}$$

El volumen compactado anual de residuos sólidos será de 963.60 m<sup>3</sup>.

#### **e) Volumen de material de cobertura**

El material de cobertura al año 2024 se obtiene de la siguiente manera:

$$m.c.= 963.60 \times 0,20$$

$$m.c.= 192.72 \text{ m}^3/\text{año}$$

El volumen del material de cobertura al año 2024, es de 192.72 m<sup>3</sup>/año.

#### **f) Volumen del relleno sanitario**

Sobre la base de los resultados anteriores, el volumen del relleno sanitario para el primer año de 2024 se determina de la siguiente manera:

$$VRS=963.60+ 192.72$$

$$VRS=1156.32/\text{año}$$

El volumen del relleno sanitario será de 1156.32 m<sup>3</sup>/año

#### **g) Cálculo del área requerida**

Las necesidades de superficie para el año en curso se calcularon utilizando la ecuación del volumen del relleno sanitario y resultaron ser las siguientes:

$$VRS=1156.32/6$$

$$VRS=192.72 \text{ m}^2$$

El área requerida para un relleno sanitario en el año 2024 es de 192.72 m<sup>2</sup>.

**El área total requerida será:**

$$AT=1.3*192.72$$

$$AT=250.54 \text{ m}^2$$

Con un factor de crecimiento del 30 %, el área total necesaria para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Kelluyo para el año 2024, a fin de reducir los efectos ambientales adversos, es de 250.54 m<sup>2</sup>.

Dada la información sobre el tamaño del relleno sanitario, se prevé que durará hasta 2034 con una vida útil de 10 años, según la recomendación estándar, como se indica en la tabla 04.

En la tabla 04, se exhibe la estimación del volumen y el área requerida del terreno para la

instalación de un relleno sanitario de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Kelluyo, indicando que el volumen requerido para una proyección de 10 años del relleno sanitario será de  $14375.16 \text{ m}^3$ , considerando la proyección proyectada para el año 2034 de 4970 habitantes y una generación de residuos de  $1677.76 \text{ kg/día}$  por lo cual se requerirá un área de terreno de  $3114.62 \text{ m}^2$ .

**Tabla 04:** Estimación del volumen y el área requerida del terreno para el relleno sanitario de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Kelluyo.

Año	CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS										VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS				ÁREA REQUERIDA			
	Población	PPC	Diario	Annual	Acumulación	Diario	m.c.	Annual	m.c.	Annual	Estabilizados	Annual	(DS+m.c.)	Acumulación	Relleno Sanitario	Relleno Sanitario	Sanitario	Área Total
Hab	kg/Hab/día	kg/día	Ton/año	Ton/Año	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /año	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
2024	4251	0.31	1317.81	481.00	481.00	2.64	0.53	963.60	192.72	963.60	1156.32	1156.32	192.72	250.54				
2025	4312	0.31	1350.02	492.76	973.76	2.70	0.54	985.50	197.10	985.50	1182.60	2338.92	389.82	506.77				
2026	4373	0.32	1383.02	504.80	1478.56	2.77	0.55	1011.05	202.21	1011.05	1213.26	3552.18	592.03	769.64				
2027	4436	0.32	1416.82	517.14	1995.70	2.83	0.57	1032.95	206.59	1032.95	1239.54	4791.72	798.62	1038.21				
2028	4499	0.32	1451.46	529.78	2525.48	2.90	0.58	1058.50	211.70	1058.50	1270.20	6061.92	1010.32	1313.42				
2029	4564	0.33	1486.93	542.73	3068.21	2.97	0.59	1084.05	216.81	1084.05	1300.86	7362.78	1227.13	1595.27				
2030	4629	0.33	1523.28	556.00	3624.21	3.05	0.61	1113.25	222.65	1113.25	1335.90	8698.68	1449.78	1884.71				
2031	4695	0.33	1560.51	569.59	4193.80	3.12	0.62	1138.80	227.76	1138.80	1366.56	10065.24	1677.54	2180.80				
2032	4762	0.34	1598.66	583.51	4777.31	3.20	0.64	1168.00	233.60	1168.00	1401.60	11466.84	1911.14	2484.48				
2033	4830	0.34	1637.73	597.77	5375.08	3.28	0.66	1197.20	239.44	1197.20	1436.64	12903.48	2150.58	2795.75				
<b>2034</b>	<b>4900</b>	<b>0.34</b>	<b>1677.76</b>	<b>612.38</b>	<b>5987.46</b>	<b>3.36</b>	<b>0.67</b>	<b>1226.40</b>	<b>245.28</b>	<b>1226.40</b>	<b>1471.68</b>	<b>14375.16</b>	<b>2395.86</b>	<b>3114.62</b>				

**Nota.** (1) Razón de crecimiento de 1.43 % anual; (2) Razón de crecimiento de 1% anual; (3) PPC\*Población; (6) Cantidad de residuos sólidos (RSM)/densidad de residuos sólidos (Drsm=500); (7 y 9) m.c.= Volumen compactado \*0.2 (11) VRS=VR+m.c.; (13) ARS=VRS/hRS; (14) AT=F(30 % aumento) \*ARS.

#### 4.2.2. MÉTODO DE RELLENO SANITARIO

El método de zanjas es el relleno sanitario seleccionado para el distrito de Kelluyo; se emplea para las comunidades que carecen de retroexcavadoras o tractores oruga, y sugiere alquilar u obtener uno para la excavación periódica de las zanjas, que deben tener una vida útil de sesenta a noventa días (OPS/CEPIS, 2002).

##### a) Volumen de la zanja

El volumen de la zanja para el año 2024 puede hallarse mediante la siguiente fórmula:

Hallando la Cantidad de RSM recolectados-DSr (kg/día).

$$DSr=1317.81*0.9$$

$$DSr=1,186.03\text{kg/día}$$

En el año 2024, se recolectarán diariamente 1.186,03 kg de residuos sólidos; estos desechos se utilizará de la siguiente manera:

$$Vz=(60*1,186.03*1.8)/500$$

$$Vz=256.18 \text{ m}^3$$

El volumen de la zanja para el 2024 será de 256.18 m<sup>3</sup>

##### b) Dimensiones de la zanja

Las dimensiones de las zanjas estarán limitados para la operación manual por:

$$l=256.18/(6*3)$$

$$l=14.23$$

El largo de la zanja a requerir para el 2024 es de 14.23m

##### c) Tiempo de maquinaria

Para la excavación de zanjas y el movimiento de tierras deberá asignarse el tiempo siguiente:

$$t_{ex}=256.18/(14*8)$$

$$t_{ex}=2.29\text{días}$$

El tiempo de excavación para la zanja en el año actual-2024 será de 2.29 días.

##### d) Vida útil del relleno en zanja

La superficie necesaria para el año en curso es de 3114,62 m<sup>2</sup>=0,3Ha; según la tabla 04;

Se desea saber cuánto tiempo puede continuar el vertedero si se construyen las zanjas estimadas anteriormente, 14,23 m de largo por 6 m de ancho (85,39 m); se aplica el siguiente cálculo para el número de zanjas necesarias.

$$n=250.54/(85.39*1.2)$$

$$n=2.50 \text{ zanjas}$$

Se necesitan 2,50 zanjas para el relleno sanitario en el año en curso. A continuación se calcula la vida útil:

$$Vu=(60*2.44)/365$$

$$Vu=40 \text{ días}$$

La vida útil de cada zanja será de 40 días.

En la tabla 05, se aprecia la estimación del número de zanjas hasta el año 2034. También incluye detalles sobre el volumen, el tamaño, el tiempo de maquinaria, la cantidad y la vida útil de la zanja. Esto indica que, para el año 2034, cuando las zanjas tengan una vida útil de 10 años, serán necesarias cuatro zanjas para la eliminación de residuos sólidos domiciliarios.

**Tabla 05:** Estimación del número de zanjas al año 2024 para el relleno sanitario de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Kelluyo.

Año	Pobla ción	PPC kg/Hab/d	CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS			ÁREA REQUERIDA			VOLUMEN DE LA ZANJA			DIMENSIONAMIENTO DE LA ZANJA			TIEMPO DE MAQUINA RIA	# de zanjas útiles	VIDA ÚTIL
			Diario kg/día	Recolect ados kg/día	Relleno Sanitari o m <sup>2</sup>	Área Total m <sup>2</sup>	Vz m <sup>3</sup>	Profundid ad m	anch o m	Larg o m	Área (A)	Tiempo Días					
2024	4251	0.31	1317.81	1186.03	192.72	250.54	256.18	3.00	6.00	9	10	11	12	13	14	2.44	0.40
2025	4312	0.31	1350.02	1215.02	389.82	506.77	262.44	3.00	6.00	6.00	14.58	87.48	2.34	4.83	0.79		
2026	4373	0.32	1383.02	1244.72	592.03	769.64	268.86	3.00	6.00	6.00	14.94	89.62	2.40	7.16	1.18		
2027	4436	0.32	1416.82	1275.14	798.62	1038.21	275.43	3.00	6.00	6.00	15.30	91.81	2.46	9.42	1.55		
2028	4499	0.32	1451.46	1306.31	1010.32	1313.42	282.16	3.00	6.00	6.00	15.68	94.05	2.52	11.64	1.91		
2029	4564	0.33	1486.93	1338.24	1227.13	1595.27	289.06	3.00	6.00	6.00	16.06	96.35	2.58	13.80	2.27		
2030	4629	0.33	1523.28	1370.95	1449.78	1884.71	296.13	3.00	6.00	6.00	16.45	98.71	2.64	15.91	2.62		
2031	4695	0.33	1560.51	1404.46	1677.54	2180.80	303.36	3.00	6.00	6.00	16.85	101.12	2.71	17.97	2.95		
2032	4762	0.34	1598.66	1438.79	1911.14	2484.48	310.78	3.00	6.00	6.00	17.27	103.59	2.77	19.99	3.29		
2033	4830	0.34	1637.73	1473.96	2150.58	2795.75	318.38	3.00	6.00	6.00	17.69	106.13	2.84	21.95	3.61		
<b>2034</b>	<b>4900</b>	<b>0.34</b>	<b>1677.76</b>	<b>1509.99</b>	<b>2395.86</b>	<b>3114.62</b>	<b>326.16</b>	<b>3.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>18.12</b>	<b>108.72</b>	<b>2.91</b>	<b>23.87</b>	<b>3.92</b>		

Igualmente el número de zanjas requerido para los residuos sólidos no domiciliarios del distrito de Kelluyo, es de 24 zanjas respectivamente.

#### 4.2.3. RESUMEN DE DATOS DEL DIMENSIONAMIENTO DEL RELLENO SANITARIO MANUAL

En la tabla 06, se aprecia el resumen de datos del dimensionamiento del relleno sanitario manual para la disposición de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios, indicando que se requiere en general un volumen del relleno sanitario de 14375.1 m<sup>3</sup>, con un área aproximada de 3114.62 m<sup>2</sup> (0.31 Ha), con una profundidad para cada zanja de 3 m con ancho de 6 m y un largo de 18.12 m, por ende se requiere 23.87 (24 zanjas)

**Tabla 06:** Resumen de datos del dimensionamiento del relleno sanitario manual.

Relleno sanitario manual al 2034							
Parámetro	Volumen del relleno sanitario (m <sup>3</sup> )	Área del relleno sanitario (m <sup>2</sup> )	Profundidad (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Número de zanjas
Domiciliarios	14375.1	3114.62	3.00	6.00	18.12	108.72	23.87

Estos datos hallados con respecto a Zea (2022), son semejantes, en donde integró factores en la etapa de zonificación, lo que permitió establecer un diseño coherente con las características geográficas y ambientales de Samán, una zona rural del altiplano con alta sensibilidad ecológica y limitados recursos para el control ambiental; otro aspecto clave fue la delimitación de zonas de exclusión dentro del terreno propuesto, como áreas cercanas a fuentes hídricas, viviendas, o suelos inestables. Esta etapa es crucial para definir los límites del relleno y ubicar sus componentes principales de forma segura. Asimismo, el estudio aporta a la mejora de la gestión integral de residuos sólidos, al facilitar un diseño que contempla fases de operación y cierre técnico, en concordancia con los lineamientos del MINAM y la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Sección E.100. En específico demuestra que la zonificación basada en SIG no solo permite identificar sitios potenciales, sino que además optimiza el diseño técnico del

relleno sanitario, contribuyendo a una planificación territorial ambientalmente responsable y técnicamente viable. Este enfoque resulta replicable para otros distritos rurales del altiplano peruano que enfrentan limitaciones en infraestructura y financiamiento, pero que requieren soluciones sostenibles para la disposición final de sus residuos.

### 4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

#### 4.3.1. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

$H_a$ : Mediante el empleo de sistemas de información geográfica **es factible** determinar las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo

$H_o$ : Mediante el empleo de sistemas de información geográfica **no es factible** determinar las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo

De acuerdo a lo expuesto en el apartado 4.2. en donde se emplea los sistemas de información geográfica (software ArcGIS), para conocer las áreas óptimas de ubicación de un relleno sanitario empleando criterios (centros poblados, vías, hidrología, instituciones educativas y centros de salud, fallas geológicas, zonas arqueológicas, pendiente, áreas naturales protegidas), encontrando 31 áreas posibles para ubicar un relleno sanitario cada una mayores a 2 hectáreas; por ende se acepta la hipótesis alterna  $H_a$  y se rechaza la hipótesis nula  $H_o$ .

#### 4.3.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

$H_a$ : El dimensionamiento del relleno sanitario, **dependerá** de la cantidad de residuos generados en el distrito de Kelluyo

$H_o$ : El dimensionamiento del relleno sanitario, **no dependerá** de la cantidad de residuos generados en el distrito de Kelluyo

De acuerdo a lo expuesto en el apartado 4.2. en donde el dimensionamiento del relleno sanitario está en base a la cantidad de residuos sólidos generados en el distrito de Kelluyo representando en este caso una cantidad de generación de residuos sólidos per cápita de 0.31kg/hab/día; ante ello se puede decir que acepta la hipótesis alterna  $H_a$  y se rechaza la hipótesis nula  $H_o$ .

#### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Estos resultados comparados con Vásquez (2023), presentan cierta similitud donde encontró cinco áreas óptimas validadas en campo con una extensión de 468.25 ha; 17.59 ha; 171.25 ha; 18.91 ha, y 42.8 para la ubicación óptima de un relleno sanitario empleando los sistemas de información geográfica; asimismo Villavicencio y Castillo (2022), examinó una serie de factores, incluyendo pendiente, uso del suelo, permeabilidad del suelo, ríos, carreteras, fallas geológicas, sitios arqueológicos, áreas metropolitanas y aeropuertos, encontrando que el área 2 cumplía con los requisitos garantizar la disposición final de residuos sólidos, con un grado de terreno Bueno o aceptable proponiendo una alternativa como posible ajuste futuro para el proyecto de relleno sanitario de la ciudad de Cerro de Pasco; mientras que con respecto a Bustamante (2022), obtuvo cinco zonas óptimas con áreas comprendidas entre: Zona 1 = 9,79 ha, Zona 2 = 80,64 ha, Zona 3 = 51,21 ha, Zona 4 = 161,95 ha; Zona 5 = 6,04 ha, Zona 6 = 34,22 ha, Zona 7 = 172,32 ha, y Zona 8 = 20,69 ha. Teniendo en cuenta que, a medida que crece la población, también lo hacen el consumo y los residuos sólidos, por ello es imperativo elegir la mejor ubicación para un vertedero. de igual forma con respecto a Hanco (2023), determinó que la ubicación necesaria para el vertedero sanitario del distrito de Ayaviri era de 19,47 hectáreas para una vida útil beneficiosa de ocho años; la evaluación final de la alternativa A2 arrojó una puntuación ponderada caracterizada como MUY BUENO o Aceptable, y finalmente con respecto a Zea (2022), zonifico un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en Samán-Azángaro en donde dimensionó un relleno sanitario con un volumen de 113385.06 m<sup>3</sup> para el año 2041, ocupando 2.456 Ha. Mediante la técnica de zanjas, se dispuso 40 zanjas con volúmenes de 1440,07 m<sup>3</sup> y 450,02 m<sup>2</sup> cada una, determinando que se encontraron 23 ubicaciones ideales en total.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se halló 48 áreas óptimas para construir un relleno sanitario, todas ellas mayores a 2 Ha, para disponer adecuadamente los residuos sólidos generados en el distrito de Kelluyo, y donde no habrá una afectación a los componentes (Centros poblados, Hidrología, vías, zonas arqueológicas y áreas naturales protegidas por el estado)

**SEGUNDA:** Las áreas potenciales para la ubicación óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo presentan 175.79 km<sup>2</sup> de zonas aptas equivalente al 35.75 % del área del distrito considerando los criterios evaluados (Centros poblados, Hidrología, Distancia de vías, Zonas arqueológicas, Fallas geológicas, Topografía (Pendiente), y áreas naturales protegidas por el estado)

**TERCERA:** El dimensionamiento del relleno sanitario estará proyectado para un tiempo mínimo de vida útil de 10 años, considerando la tasa de crecimiento del 1 % anual, al año 2034; presentando una capacidad de 14375.1 m<sup>3</sup> de almacenamiento de residuos sólidos; requiriendo un área de terreno de 3114.62 m<sup>2</sup> (0.31Ha), todo ello para el método de zanja o trinchera; con dimensiones de (3 m de profundidad; 6 m de ancho y 18.12 m de largo); con un número total de 24 zanjas.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se recomienda que la gestión municipal del distrito de Kelluyo incluya este proyecto internamente en el esquema de zonificación territorial, con el fin de que el municipio restrinja la ubicación de nuevos proyectos en las zonas óptimas identificadas por esta investigación para ubicar un relleno sanitario.

**SEGUNDA:** Se recomienda seguir ahondando en esta temática del uso de los (SIG), porque resultan ser métodos muy factibles para ubicar zonas óptimas de disposición final de residuos sólidos

**TERCERA:** Se recomienda que las autoridades competentes tomen en cuenta este trabajo de investigación para la instalación de infraestructuras de confinamiento final de residuos sólidos. en el distrito de Kelluyo, recomendando las alternativas de mayor extensión territorial para erigir dicha estructura.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amangani, M., & Rivera, A. (2022). *Propuesta de ubicación de un Relleno Sanitario bajo mancomunidad para los cantones Penipe y Chambo*. Universidad Nacional del Chimborazo.
- Arias, F. (2021). *Localización de zonas ambientalmente óptimas para construcción de rellenos sanitarios usando Sistemas de Información Geográfica en la región Ucayali, 2021*. Universidad César Vallejo.
- Arocutipá, C. (2022). *Manejo y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios generados en la ciudad de Huancané, provincia de Huancané—Puno*. Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Bustamante, D. (2022). *Identificación de las áreas óptimas para la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos del distrito de Chota, utilizando sistemas de información geográfica—SIG*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- . Ministerio del Ambiente (2016). *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.DS. N° 27314*.
- FAO. (2016). *Plataforma de territorios inteligentes; sobre el manejo de residuos sólidos* (pp. 1-15).
- Fernandez, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la investigación*. Mcgraw Hill Education.
- Grandez, E., & Olcede, M. (2023). *Criterios socioambientales para determinar la ubicación de un relleno sanitario, en el distrito de Tacna*. Universidad Nacional del Callao
- Gutierrez, G. (2021). *Análisis multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario para los municipios de Mocoa, Villagarzón y Puerto Caicedo en el departamento de Putumayo [Tesis]*. Universidad militar.
- Hanco, J. (2023). *Aplicación del software QGIS para la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Ayaviri—Puno*. Universidad Privada San Carlos.
- Iñiguez, A., & Porras, A. (2021). *Zonificación de áreas óptimas para un relleno sanitario*

- en el cantón Arenillas mediante el análisis multicriterio. Universidad Técnica de Machala.
- Javier, L. (2018). *Sistemas de información geográfica y la localización óptima de instalaciones para residuos sólidos: Propuesta para la provincia de Huánuco*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Maximiliano, S., & Marcela, L. (2015). Óptima ubicación de un relleno sanitario para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá empleando sistemas de información geográfica. 2015, 38-45.
- MINAM. (2018). *Guía para la caracterización de Residuos Sólidos Municipales*. Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2019). *Guía para el Diseño y Construcción de Infraestructuras Para Disposición Final de Residuos Sólidos Municipales*. Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2021). *Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales*. Ministerio del Ambiente.
- OPS/CEPIS. (2022). *Guía para el diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Paredes, E. (2018). *Identificación de áreas óptimas para relleno sanitario de residuos sólidos de la Ciudad de Sandía – Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Rondon, T., Szanto, N., Pacheco, J., & Galvez, A. (2022). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Sierra, J. (2021). Localización de áreas potencialmente adecuadas para el desarrollo de un relleno sanitario para el área metropolitana de Bucaramanga. *Universidad Militar Nueva Granada*, 1-30.
- Sotomayor, P. (2022). *Estudio de selección de un área óptima para el relleno sanitario del distrito de Platería—Puno*. Universidad Privada San Carlos.
- Tandazo, D., & Toledo, M. (2022). *Propuesta de diseño de un sistema de compostaje para*

*el tratamiento de residuos sólidos del relleno sanitario y rediseño de rutas de recolección de los residuos sólidos en la zona urbana del Cantón Paltas.*

Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador.

Torres, J. (2021). *Delimitación de áreas adecuadas para rellenos sanitarios utilizando SIG y selección por AHP en la provincia de Yungay, Áncash, 2021.* Universidad Cesar Vallejo.

Toruño, G., & López, B. (2017). *Diseño de un Relleno Sanitario para la ciudad de Villa el Carmen, departamento de Managua.* Universidad Nacional de Ingeniería.

Uscamayta, G. (2021). *Determinación de áreas aptas para la instalación de rellenos sanitarios mediante los sistemas de información geográfica, apoyado en la técnica de evaluación multicriterio en la provincia del Cusco.* Universidad Cesar Vallejo.

Vásquez, J. (2023). *Identificación de áreas potenciales para la instalación de un relleno sanitario aplicando evaluación multicriterio en el distrito de Chota-Cajamarca.* Universidad Autónoma de Chota.

Villavicencio, S., & Castillo, E. (2022). *Análisis espacial multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario, en la ciudad de Cerro de Pasco, Pasco.* Universidad Nacional de Ingeniería.

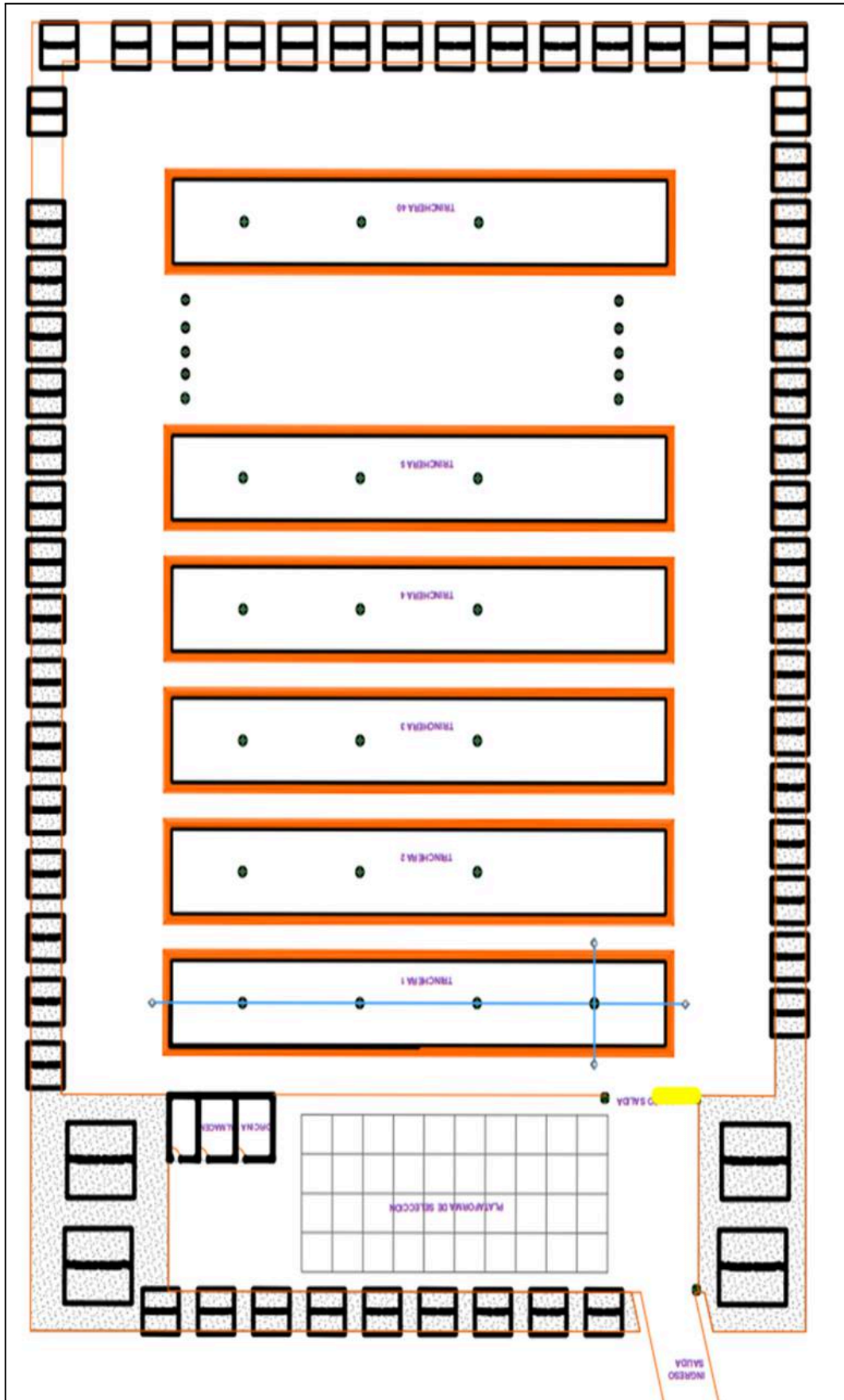
Zea, W. (2022). *Zonificación óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Samán-Azángaro.* Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.

## ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UND	METODOLOGÍA		
<p><b>General</b></p> <p>¿Se podrá ubicar óptimamente un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo, 2024?</p>	<p><b>General</b></p> <p>Determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo, 2024</p>	<p><b>General</b></p> <p>Con la aplicación de técnicas multicriterio basado en los sistemas de información geográfica permitirá determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo, 2024</p>	<p><b>Independiente</b></p> <p>Sistemas de información geográfica (ArcGIS)</p>	<p>Criterios a considerar para la ubicación óptima del relleno sanitario</p>	Distancia de centros poblados	m	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p>Descriptivo</p>		
					Distancia de carreteras	m		Distancia de ríos	m
<p><b>Específicas</b></p> <p>¿Cómo determinar las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo?</p>	<p><b>Específicas</b></p> <p>Determinar las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Kelluyo.</p>	<p><b>Específicas</b></p> <p>Mediante el empleo de sistemas de información geográfica es posible determinar las áreas potenciales para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Kelluyo</p>	<p><b>Dependiente</b></p> <p>Ubicación óptima de un relleno sanitario</p>	<p>Ubicación óptima del relleno sanitario</p>	Áreas aptas	m <sup>2</sup>	<p>Áreas no aptas</p>	m <sup>2</sup>	
					Volumen de residuos sólidos	m <sup>3</sup> /día		Volumen del material de cobertura	m <sup>3</sup>
<p>¿Qué dimensiones presentará el relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos generados en el distrito de Kelluyo?</p>	<p>Dimensionar un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos generados en el distrito de Kelluyo</p>	<p>El dimensionamiento del relleno sanitario, dependerá de la cantidad de residuos generados en el distrito de Kelluyo</p>			Volumen de zanja	m <sup>3</sup>	<p>Dimensionamiento de zanja</p>	m	
					Tiempo de maquinaria	Días		Vida útil del relleno	Años

Anexo 02: Dimensionamiento del relleno sanitario



Nota: Vista general del relleno sanitario propuesto.





CENTROS POBLADOS - ArcMap

1:1215.004

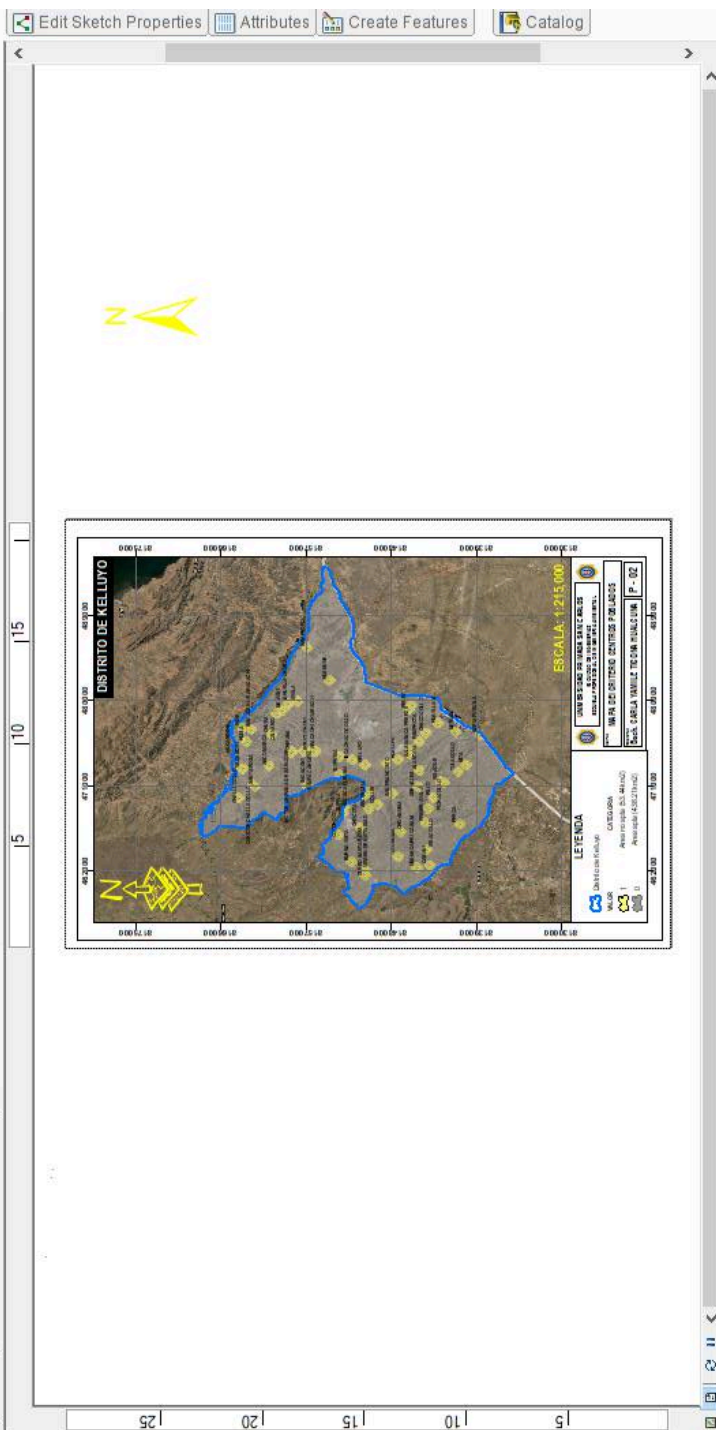
Georeferencing

Drawing

File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessing Customize Windows Help

Table Of Contents

- Layers
  - RasterT\_Extract2
  - CPPPPP
  - PUNO\_Clip1
  - Reclass\_EucD5
    - 1
    - 2
  - Extract\_Rect2
    - 1
    - 2
  - EucDist\_PUNO2
  - Reference
  - Basemap
  - World Imagery



ESCALA: 1:1215,000

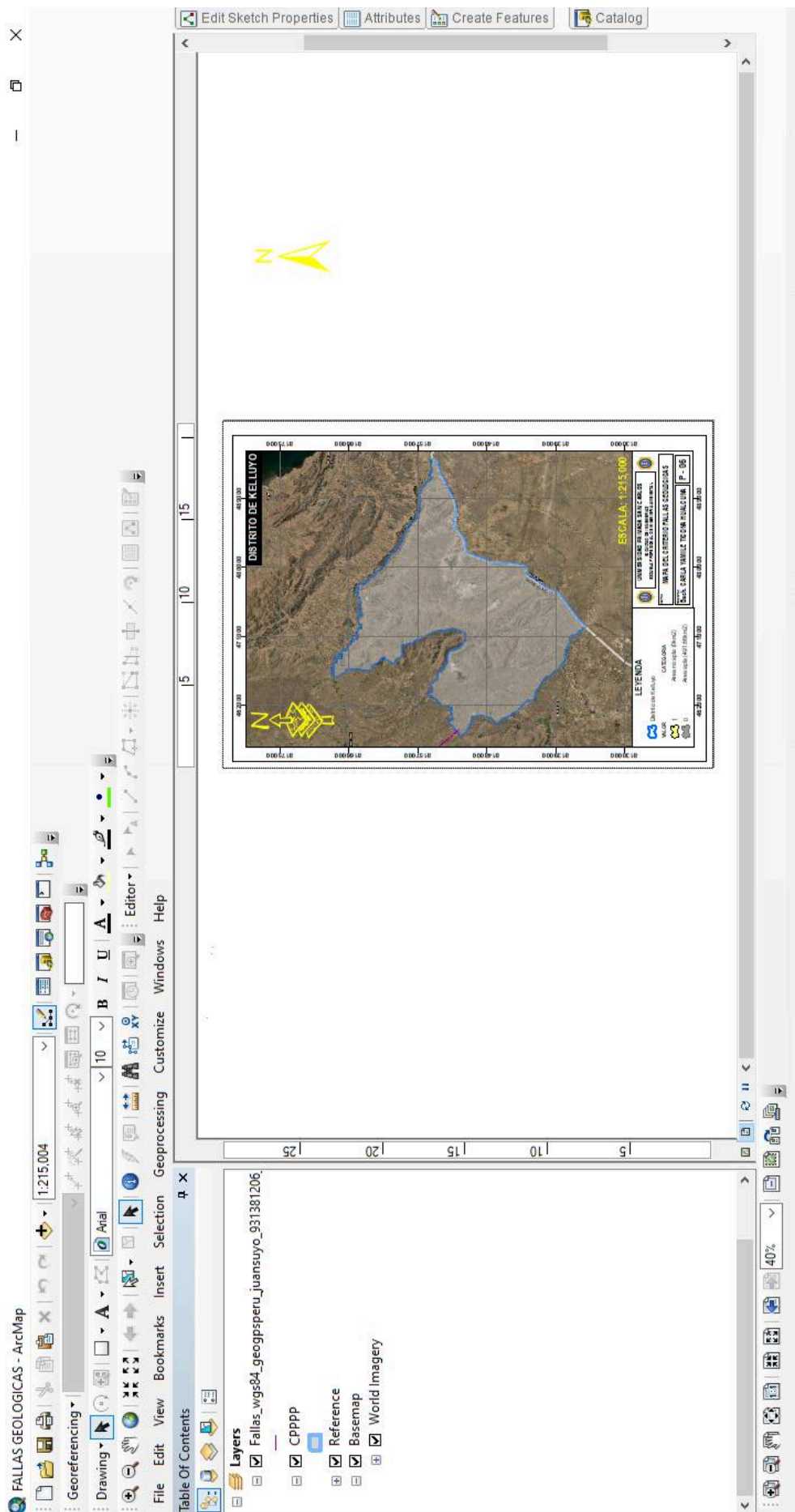
UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS  
MIRALDO CENTRE DE PALANCO  
SANTA BARBARA VIALVA DE SAN RAMON P. 02

LEYENDA

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS  
MIRALDO CENTRE DE PALANCO  
SANTA BARBARA VIALVA DE SAN RAMON P. 02

40%

-2.15 -0.88 Centimeters



**FALLAS GEOLOGICAS - ArcMap**

Georeferencing | Drawing | File | Edit | View | Bookmarks | Insert | Selection | Geoprocessing | Customize | Windows | Help

Scale: 1:1215.004

Table Of Contents

- Layers
  - Fallas\_wgs84\_geogpsperu\_juansuyo\_931381206
  - CPPPPP
  - Reference
  - Basemap
  - World Imagery

Metadata Window:

**LEVENIA**  
 UNIVERSIDAD PRIVADA DE SAN CARLOS  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

**ESCALA: 1:215.000**

**DISTRITO DE MELLUYO**

CATEGORÍA: AEROFOTOGRAFÍA  
 AUTOR: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS  
 FECHA: 2015

RED VIAL - ArcMap

Georeferencing | Drawing | File | Edit | View | Bookmarks | Insert | Selection | Geoprocessing | Customize | Windows | Help

Table Of Contents

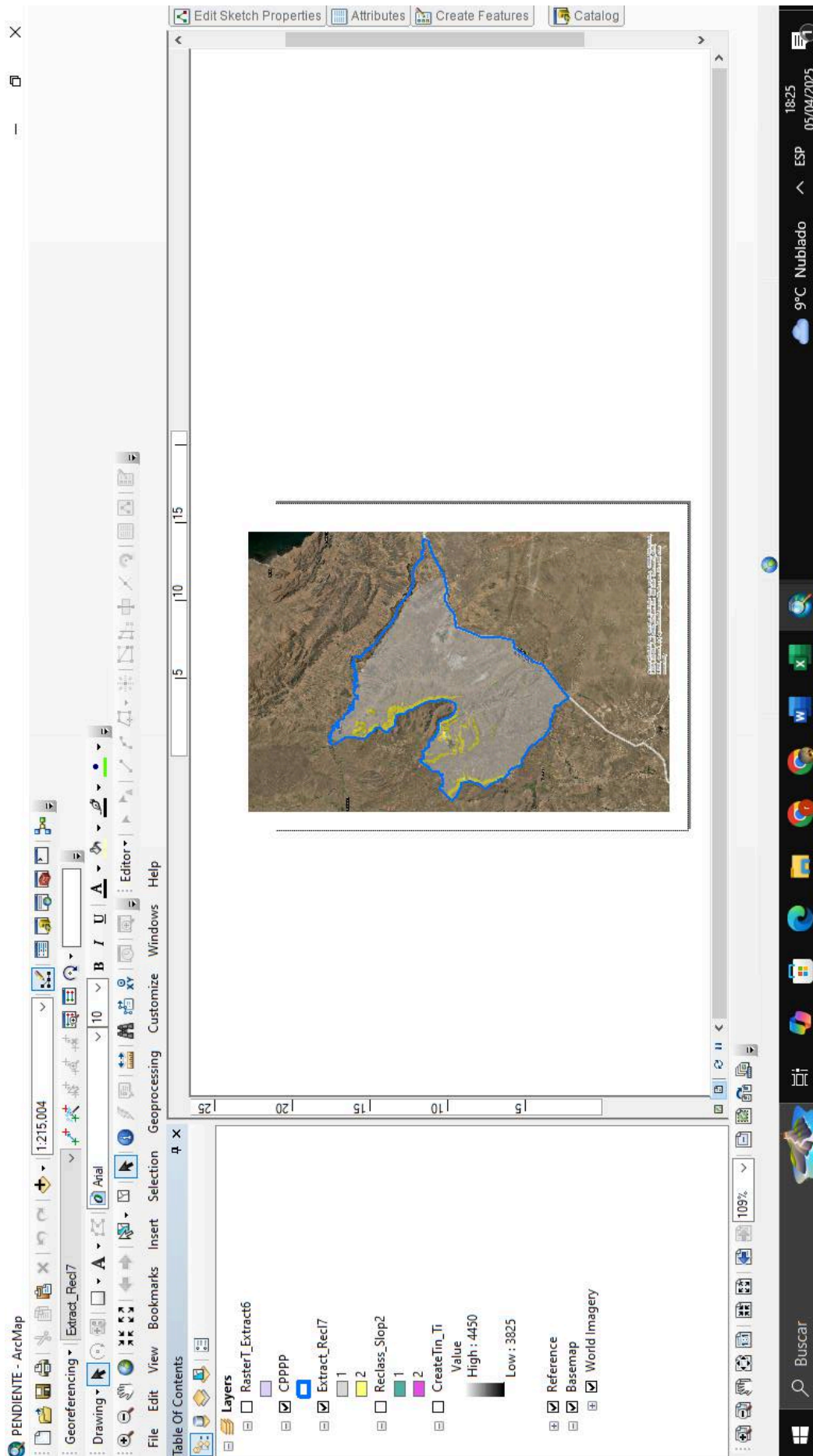
Layers	Legend
<input type="checkbox"/> RasterT_Extract5	
<input type="checkbox"/> CPPPP	
<input checked="" type="checkbox"/> Reference	
<input checked="" type="checkbox"/> RVD_Clip_Merge	
<input type="checkbox"/> RVD_Clip	
<input type="checkbox"/> RWV_Clip	
<input checked="" type="checkbox"/> RWV	
<input type="checkbox"/> RVD	
<input checked="" type="checkbox"/> Extract_Reci5	
<input type="checkbox"/> Reclass_EucD6	
<input type="checkbox"/> EucDist_RVD_2	
	0 - 1,743.68418
	1,743.684181 - 3,487.368359
	3,487.36836 - 5,231.052539
	5,231.05254 - 6,974.736719
	6,974.73672 - 8,718.420898
	8,718.420899 - 10,462.105108

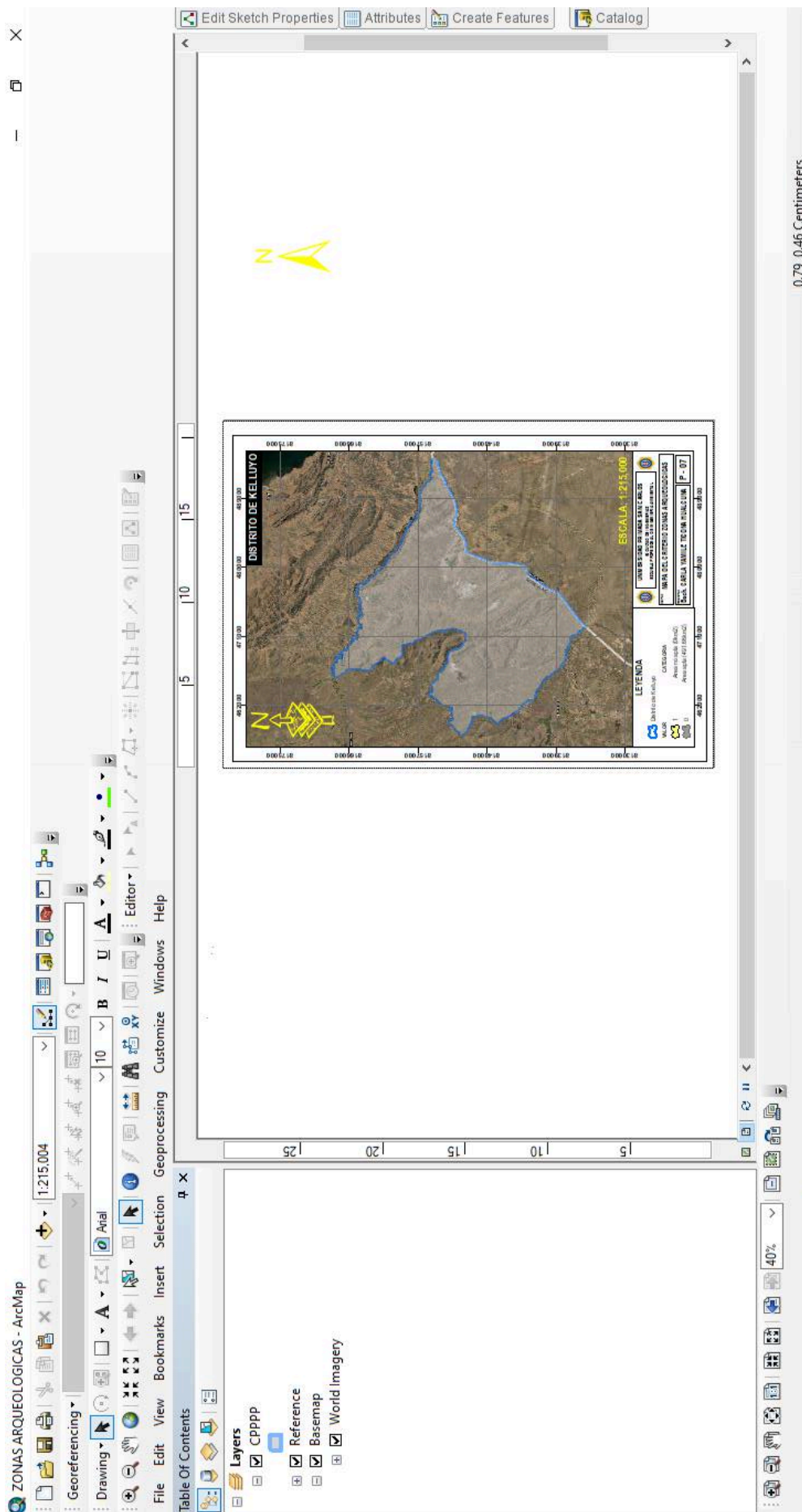
Legend

0 - 1,743.68418  
1,743.684181 - 3,487.368359  
3,487.36836 - 5,231.052539  
5,231.05254 - 6,974.736719  
6,974.73672 - 8,718.420898  
8,718.420899 - 10,462.105108

Map Title: DISTRITO DE MELLYO  
Scale: ESCALA: 1:215,000  
Author: UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS  
Project: MAPA DE PLANIFICACION DE LA RED VIAL DEL DISTRITO DE MELLYO  
Page: P. 04

System Tray: 18:25, 05/04/2025, 9°C Nublado, ESP





ZONAS ARQUEOLOGICAS - ArcMap

1:215,004

Georeferencing

Drawing

File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessing Customize Windows Help

Table Of Contents

- Layers
  - CPPPPP
  - Reference
  - Basemap
  - World Imagery

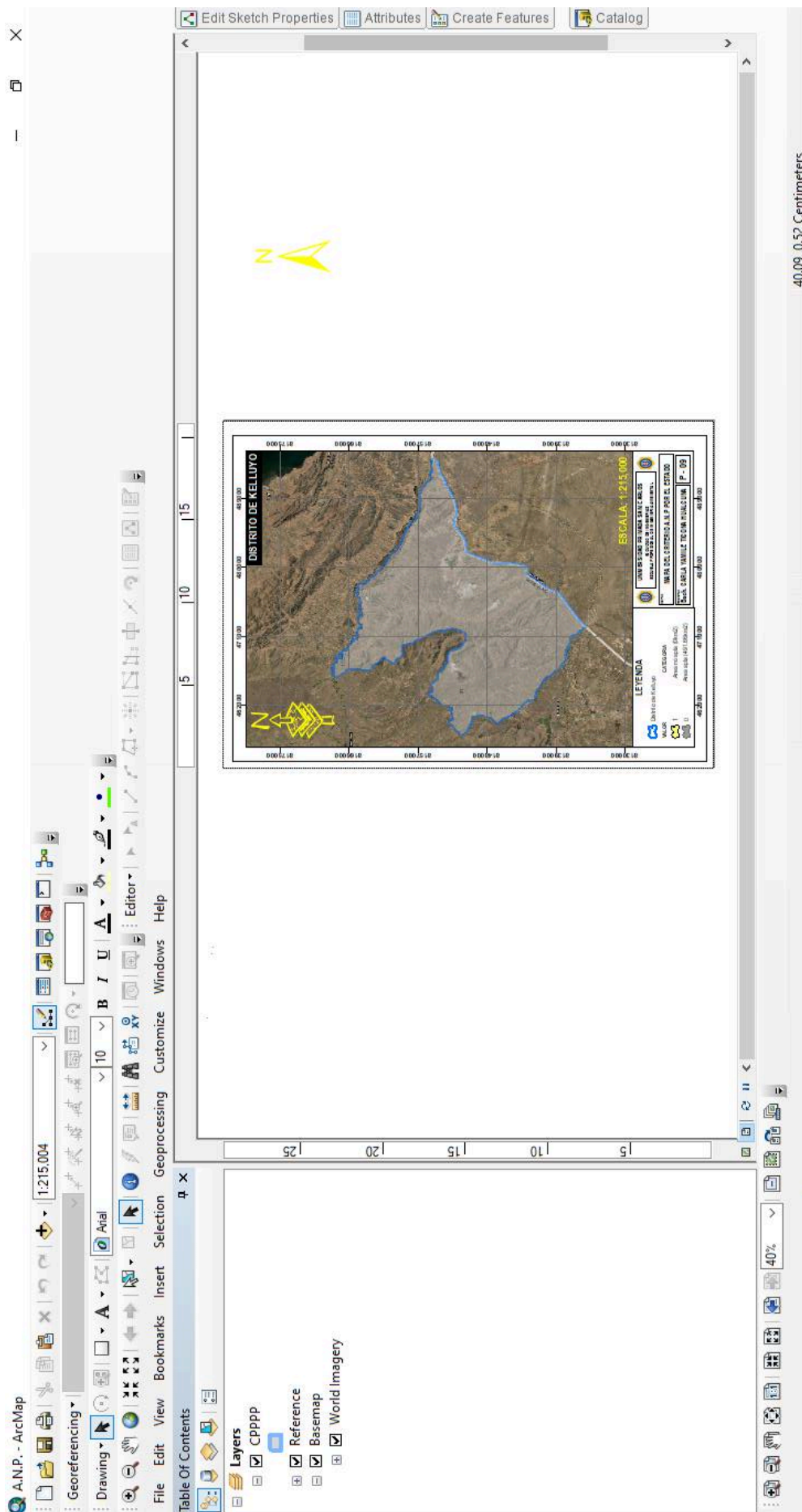
ESCALA: 1:215,000

LEYENDA

UNIVERSIDAD PRIVADA DE SAN CARLOS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS  
MAPA DEL SERVICIO ZONAS ARQUEOLÓGICAS  
SAN CARLOS VALLE DE LOS RÍOS HUÁNUCO P. 07

CATEGORÍA  
Reserva Arqueológica  
Arqueología Prehistórica

0.79 0.46 Centimeters



INSTITUCIONES EDUCATIVAS Y CENTROS DE SALUD - ArcMap

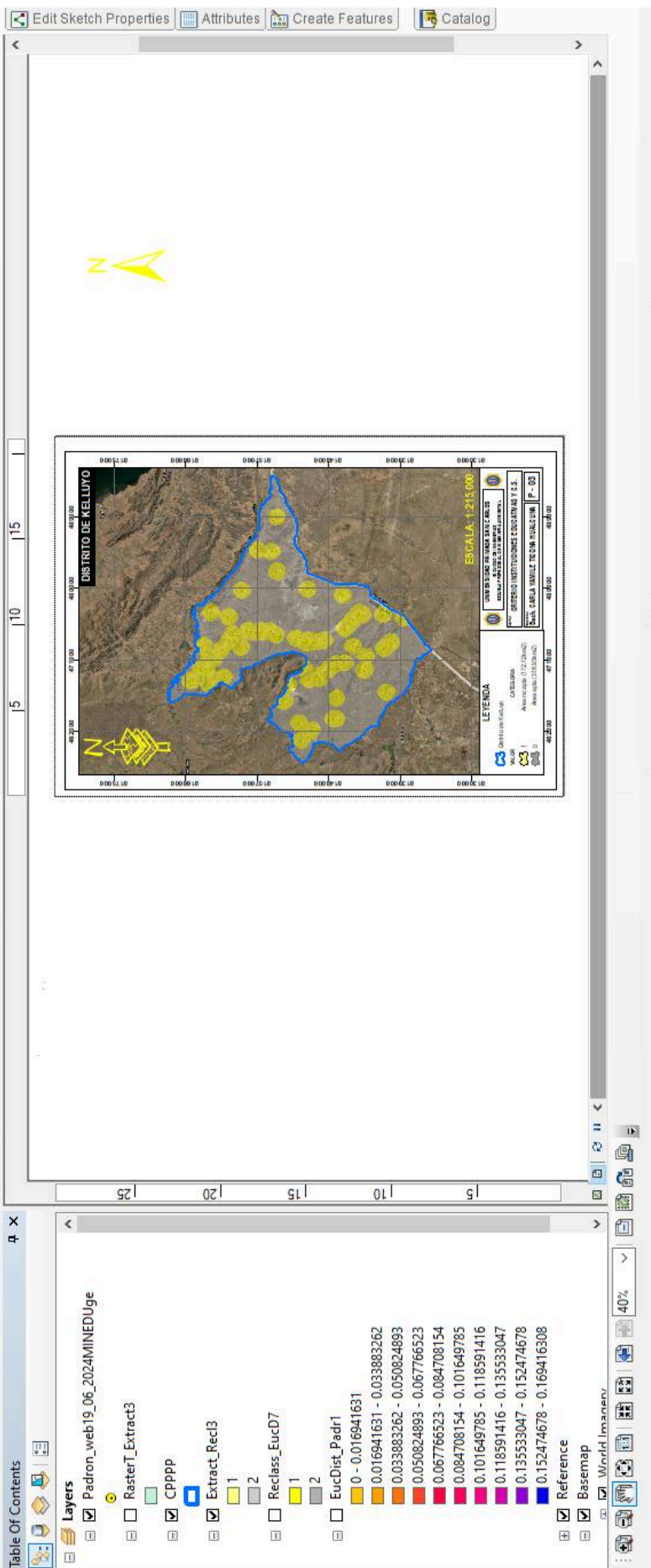
Georeferencing | Drawing | File | Edit | View | Bookmarks | Insert | Selection | Geoprocessing | Customize | Windows | Help

Scale: 1:1215.004

Table Of Contents

- Layers
  - Padron\_web19\_06\_2024MINEDUge
  - RasterT\_Extract3
  - CPPPPP
  - Extract\_Rec3
    - 1
    - 2
  - Reclass\_EucD7
    - 1
    - 2
  - EucDist\_Padr1
    - 0 - 0.016941631
    - 0.016941631 - 0.033883262
    - 0.033883262 - 0.050824893
    - 0.050824893 - 0.067766523
    - 0.067766523 - 0.084708154
    - 0.084708154 - 0.101649785
    - 0.101649785 - 0.118591416
    - 0.118591416 - 0.135533047
    - 0.135533047 - 0.152474678
    - 0.152474678 - 0.169416308
  - Reference
  - Basemap

World Imagery | 40%



Map Title: INSTITUCIONES EDUCATIVAS Y CENTROS DE SALUD

Scale: ESCALA: 1:1215.000

Map Information:
 

- UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS
- DISTRICTO INSTITUCIONES EDUCATIVAS Y C.S.
- SAN CARLOS VILLA DE SAN RAFAEL P. 03

Map Coordinates:
 

- Longitude: 69° 30' 00" W to 69° 45' 00" W
- Latitude: 17° 30' 00" S to 17° 45' 00" S

RELLENO SANITARIO - ArcMap

1:215,004

Reclass\_ras11

Arial

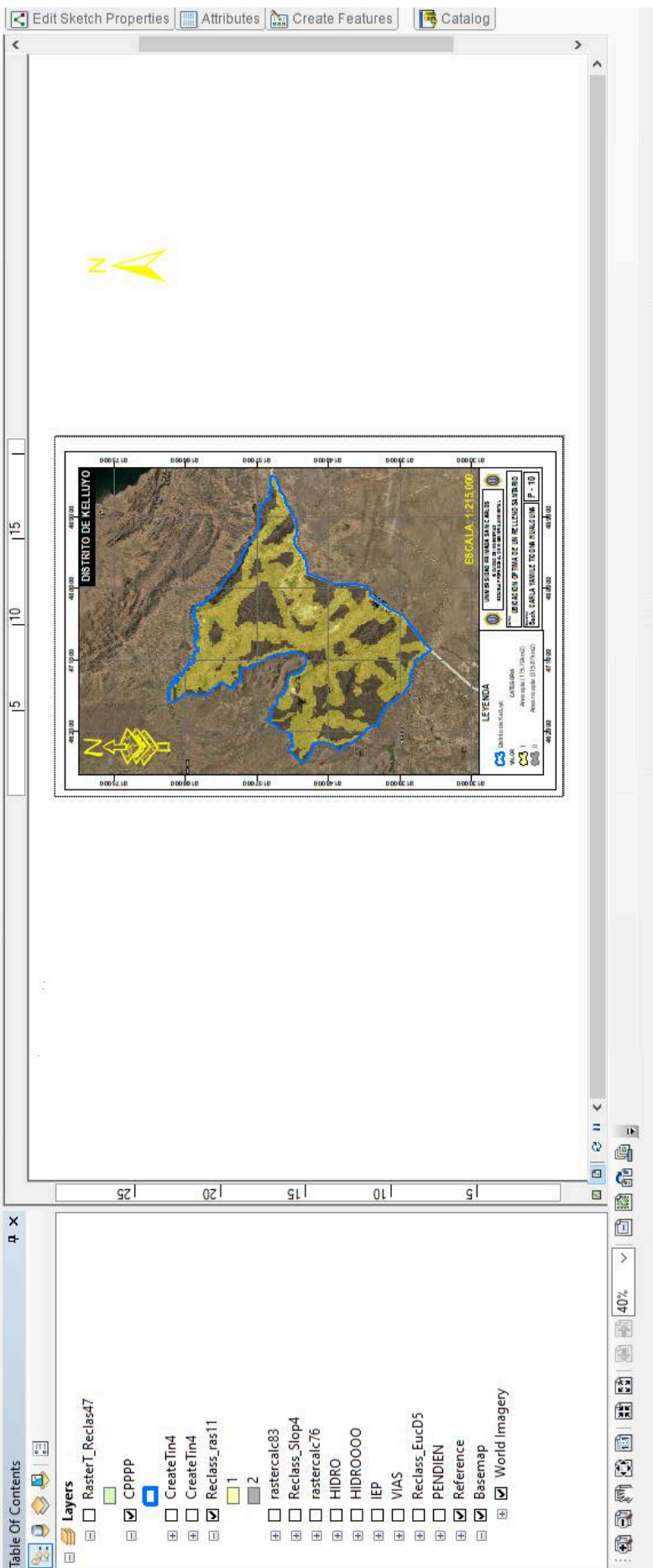
10

Editor

File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessing Customize Windows Help

Table Of Contents

- Layers
- RasterT\_Reclas47
- CPPPPP
- CreateTin4
- CreateTin4
- Reclass\_ras11
- 1
- 2
- rastercal83
- Reclass\_Slop4
- rastercal76
- HIDRO
- HIDROOOO
- IEP
- VIAS
- Reclass\_EucD5
- PENDIEN
- Reference
- Basemap
- World Imagery



The screenshot displays the ArcMap interface. The main map window shows a topographic map of the 'DISTRITO DE MELUYO' with a yellow-shaded area representing the sanitary landfill, outlined in blue. A scale of 1:215,000 is indicated. The legend in the bottom-left corner lists various layers, including 'Reclass\_ras11' and 'World Imagery'. The top toolbar contains options like 'Edit Sketch Properties', 'Attributes', 'Create Features', and 'Catalog'. The bottom toolbar shows navigation and zoom controls, with a zoom level of 40%.

**Anexo 04:** Panel fotográfico

