

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

“LOCALIZACIÓN OPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE NAMORA”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

POPI EBUGUENI QUIROZ PINEDO

ASESOR:

Dr. WILFREDO POMA ROJAS

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Popi Ebugueni Quiroz Pinedo
DNI: 47030742
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
 2. **Asesor:**
 3. Dr. Wilfredo Poma Rojas
 4. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
 5. **Grado académico o título profesional:**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
 6. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación: "LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE NAMORA"**
7. **Fecha de evaluación:** 27/08/2025
 8. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
 9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 17%
 10. **Código Documento:** oid: 3117:487109973
 11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 17%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 27/08/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 _____ Dr. Wilfredo Poma Rojas 26719942

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciséis días del mes de mayo del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 364-2023-FCA-UNC, de fecha 29 de agosto del 2023**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"LOCALIZACIÓN ÓPTIMA DE UN RELLENO SANITARIO EMPLEANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE NAMORA"**, realizada por el Bachiller **POPI EBUGUENI QUIROZ PINEDO** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las diez horas y veinte minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y veinte minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas
PRESIDENTE

MBA Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

Dr. Wilfredo Poma Rojas
ASESOR

DEDICATORIA

Mis más sinceras palabras de

Agradecimiento A:

Dios porque todo lo puedo en el que me fortalece, porque sin su sabiduría y fortaleza no hubiera logrado ser un profesional de la Agronomía y concluir el presente trabajo.

Mi padre desde el cielo quien guio mis pasos, a mi madre por el gran esfuerzo y por todo su apoyo incondicional, a mis amigos y familiares quienes siempre confiaron en mí para llegar a ser u profesional.

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional De Cajamarca, que gracias a sus maestros hicieron posible mi formación profesional.

A mi asesor Dr. Wilfredo Poma Rojas, quien, con su experiencia profesional, me apoyo decididamente para el logro del presente trabajo.

Índice

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. Justificación practica.....	4
1.3.2. Justificación metodológica.....	4
1.3.3. Justificación social.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	6
1.5.1. Hipótesis general.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.2.1. Internacionales.....	7
2.2.2. Nacionales.....	11
2.2. Marco normativo.....	14

2.3.	Bases teóricas	17
2.3.1.	Relleno sanitario.....	17
2.3.2.	Tipos de relleno sanitario	18
2.3.3.	Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, criterios para el estudio de selección del área, EIA y proyecto según el Ministerio del Ambiente.....	19
2.3.4.	La Cartografía	23
2.3.5.	Representación de los Datos Cartográficos.....	24
2.3.6.	Análisis espacial.....	24
2.3.7.	Distribución espacial	25
2.3.8.	Interacción Espacial	25
2.3.9.	Evolución Espacial.....	25
2.3.10.	Componentes de la EMC en el entorno de los SIG.....	26
2.4.	Marco conceptual	28
2.4.1.	Localización de un relleno sanitario.....	28
2.4.2.	Sistemas de Información Geográfica	28
2.4.3.	Mapa temático	28
2.4.4.	Evaluación Multicriterio (EMC)	29
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		30
3.1.	Ubicación.....	30
3.2.	Materiales y equipos.....	32
3.2.1.	Materiales	32
3.2.2.	Equipos.....	32
3.3.	Metodología.....	32
3.3.1.	Procedimientos	33

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
4.1. Determinación de la relación de la representación de variables mediante mapas temáticos con la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2025	41
4.1.1. Mapa temático de hidrografía	41
4.1.2. Mapa temático de red vial	46
4.1.1. Mapa temático de sitios arqueológicos	51
4.1.1. Mapa temático de instituciones educativas	56
4.1.2. Mapa temático de centros poblados	62
4.1.3. Mapa temático de centros de salud	68
4.1.4. Mapa temático de capacidad de uso mayor (CUM).....	73
4.1.1. Mapa temático de fallas geológicas	78
4.1.2. Mapa temático de geología	83
4.1.3. Mapa temático de cobertura vegetal.....	89
4.1.4. Mapa temático de pendientes	94
4.2. Determinación de la relación de la evaluación multicriterio con la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2025.....	99
4.2.1. Sitios potenciales para la ubicación del relleno sanitario.....	100
CAPITULO V: CONCLUSIONES.....	107
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	109
CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA	110
ANEXOS.....	115
A. Panel fotográfico.....	115
B. Ejecución de Modelbuilder para determinar los sitios potenciales para un relleno sanitario	119

Índice de tablas

Tabla 1	Insumos para validación del Uso actual de la tierra.....	32
Tabla 2	Capas de información vectorial y ráster.....	33
Tabla 3	Áreas para el criterio de hidrografía.....	43
Tabla 4	Áreas obtenidas para el criterio de red vial.....	48
Tabla 5	Sitios arqueológicos.....	51
Tabla 6	Áreas obtenidas para el criterio de sitios arqueológicos.....	54
Tabla 7	Instituciones educativas del distrito de Namora.....	56
Tabla 8	Áreas obtenidas para el criterio de instituciones educativas.....	60
Tabla 9	Centros poblados del distrito de Namora.....	62
Tabla 10	Áreas obtenidas para el criterio de centros poblados.....	66
Tabla 11	Centros de salud del distrito de Namora.....	68
Tabla 12	Áreas obtenidas para el criterio de centros de salud.....	71
Tabla 14	Capacidad y uso mayor de las tierras (CUM) para el distrito de Namora.....	73
Tabla 15	Áreas obtenidas para el criterio de capacidad de uso mayor (CUM).....	76
Tabla 13	Áreas obtenidas para el criterio de fallas geológicas.....	81
Tabla 16	Clasificación geológica para el distrito de Namora.....	83
Tabla 17	Áreas obtenidas para el criterio de geología.....	87
Tabla 18	Clasificación de la cobertura vegetal para el distrito de Namora.....	89
Tabla 19	Áreas obtenidas para el criterio de cobertura vegetal.....	92
Tabla 20	Clasificación de pendientes de la superficie terrestre para el distrito de Namora....	94
Tabla 21	Mapa temático de pendientes para el distrito de Namora.....	94
Tabla 22	Áreas obtenidas para el criterio de pendientes.....	97

Tabla 23 Mapa temático para el criterio de pendientes.....	97
Tabla 24 Sitios potenciales para la construcción de un relleno sanitario.....	105

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación.....	31
Figura 2 Mapa temático de hidrografía.....	41
Figura 3 Mapa temático para el criterio de Hidrografía.....	44
Figura 4 Mapa de red vial	46
Figura 5 Mapa temático para el criterio de la red vial	49
Figura 6 Mapa temático de sitios arqueológicos.....	51
Figura 7 Mapa temático para el criterio de sitios arqueológicos	54
Figura 8 Mapa temático de instituciones educativas del distrito de Namora.....	57
Figura 9 Mapa temático para el criterio de instituciones educativas	60
Figura 10 Mapa temático de centros poblados del distrito de Namora.....	63
Figura 11 Mapa temático para el criterio de centros poblados	66
Figura 12 Mapa temático de centros de salud del distrito de Namora	68
Figura 13 Mapa temático para el criterio de centros de salud.....	71
Figura 14 Mapa temático de capacidad y uso mayor (CUM) del distrito de Namora	73
Figura 15 Mapa temático para el criterio de capacidad de uso mayor (CUM).....	76
Figura 16 Mapa temático de fallas geológicas del distrito de Namora.....	78
Figura 17 Mapa temático para el criterio de fallas geológicas.....	81
Figura 18 Mapa temático de geología del distrito de Namora	84
Figura 19 Mapa temático para el criterio de geología.....	87
Figura 20 Mapa temático de la cobertura vegetal del distrito de Namora	89
Figura 21 Mapa temático para el criterio de cobertura vegetal.....	92
Figura 22 Mapa temático de los sitios potenciales de la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Namora.....	105

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la localización óptima para un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, y su relación con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), mediante un enfoque de análisis multicriterio. La investigación, de tipo aplicada, diseño no experimental, corte transversal y alcance correlacional, integró once variables temáticas: hidrografía, red vial, sitios arqueológicos, instituciones educativas, centros poblados, centros de salud, fallas geológicas, capacidad de uso mayor, pendiente, geología y cobertura vegetal. Estas variables fueron reescaladas a valores normalizados y combinadas mediante álgebra de mapas para generar una capa de aptitud territorial. Como resultado, se identificaron cinco sitios potenciales para el emplazamiento del relleno sanitario, los cuales cumplen con criterios técnicos, ambientales y sociales establecidos. La metodología utilizada permitió una evaluación integral del territorio, considerando tanto la sostenibilidad como la minimización de impactos negativos. Los hallazgos destacan la eficacia del análisis multicriterio y de los SIG como herramientas fundamentales para una planificación territorial más eficiente y una gestión responsable de los residuos sólidos municipales.

Palabras claves: Relleno sanitario, Evaluación multicriterio, Análisis espacial.

ABSTRACT

The present study aimed to determine the optimal location for a sanitary landfill in the Namora district, Cajamarca department, and its relationship to Geographic Information Systems (GIS), using a multicriteria analysis approach. The applied research, with a non-experimental design, cross-sectional, and correlational scope, integrated eleven thematic variables: hydrography, road network, archaeological sites, educational institutions, population centers, health centers, geological faults, major utilization capacity, slope, geology, and vegetation cover. These variables were rescaled to normalized values and combined using map algebra to generate a territorial suitability layer. As a result, five potential sites for the sanitary landfill were identified, all of which meet established technical, environmental, and social criteria. The methodology used allowed for a comprehensive evaluation of the territory, considering both sustainability and the minimization of negative impacts. The findings highlight the effectiveness of multicriteria analysis and GIS as fundamental tools for more efficient territorial planning and responsible management of municipal solid waste.

Keywords: Sanitary landfill, Multicriteria assessment, Spatial analysis.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En el marco de la gestión integral de residuos sólidos, un elemento importante es la disposición final de residuos sólidos de manera controlada, lo que implica que para la localización de rellenos sanitarios, se deben cumplir con una serie de criterios ambientales y socioeconómicos, que garanticen impactos mínimos sobre el medio ambiente y mayores beneficios en el bienestar de la comunidad; de manera que, antes de localizarlo es preciso iniciar un proceso de identificación de sitios potenciales, siguiendo la normatividad vigente (Decreto Legislativo 1278 que aprueba la Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos y su reglamento D.S. N° 14-2017-MINAM).

El crecimiento económico y acelerado desarrollo de las regiones han generado elevadas tasas de producción de residuos sólidos. Desechos que en numerosas localidades son dispuestos en lugares sin ningún tipo de medida técnica y ambiental (Zafra, 2012).

El informe del Banco Mundial revela que cada año se generan 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, de los cuales al menos el 33 % no se gestiona de manera segura para el medio ambiente. Además, se proyecta que, debido a la urbanización, el crecimiento poblacional y el desarrollo económico, la generación de desechos aumentará un 70 % en 30 años, alcanzando 3400 millones de toneladas anuales (Kaza et al., 2015).

Según UNEP (2024), a nivel mundial se proyecta que la generación de residuos sólidos urbanos aumentará de 2.100 millones de toneladas en 2023 a 3.800 millones en 2050. El costo global de gestión de residuos, que en 2020 ascendía a 252.000 millones de dólares (o 361.000 millones considerando impactos ocultos como contaminación y cambio climático), podría llegar a 640.300 millones en 2050 si no se toman medidas urgentes. Adoptar estrategias de prevención y gestión podría reducir estos costos a

270.200 millones en 2050. Además, un modelo de economía circular, basado en la reducción de residuos y prácticas sostenibles, podría generar una ganancia neta anual de 108.500 millones de dólares.

En América Latina y el Caribe (ALC), la generación promedio de residuos sólidos por persona es de 0,6 kg/día para residuos domiciliarios (RSD) y 0,9 kg/día para residuos sólidos urbanos (RSU), donde los RSD representan el 67% de los RSU. La región tiene un alto nivel de recolección de RSU, con una cobertura promedio del 89,9%, superior al promedio mundial (73,6%) y a otras regiones como África (46%) y el sur de Asia (65%). Algunos países, como Argentina, Chile, Colombia, y Uruguay, cuentan con cobertura cercana al 100% (Kaza et al., 2015).

En el Perú se generan aproximadamente un total de 8'455 715 toneladas de residuos sólidos municipales al año, de los cuales cerca del 30% se disponen inadecuadamente. Cabe resaltar que el 77.6% de los residuos tienen potencial de valorización (residuos orgánicos e inorgánicos aprovechables); sin embargo, en el año 2023, según las evaluaciones preliminares se valorizaron 121 524 toneladas de residuos sólidos municipales (menos del 2%) (MINAM, 2024).

1.1. Descripción del problema

El manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales (RSM) es un problema recurrente en la mayoría de las ciudades y localidades pequeñas, y se intensifica en ciertas regiones debido a diversos factores, como el rápido incremento poblacional en zonas urbanas, el desarrollo industrial, cambios en los hábitos de consumo y el uso masivo de empaques, envases y materiales desechables, que incrementan significativamente la cantidad de residuos (Jaramillo, 2002).

Según (Sanchez et al., 2023), en la Región Cajamarca, el 81,9% de los residuos sólidos municipales recolectados se depositan en botaderos, mientras que el 20,5% van a

rellenos sanitarios. Del total, solo el 13,4% se recicla, el 7,1% se quema o incinera, y apenas un 3,9% se destina a compostajes, plantas de tratamiento o celdas transitorias. Solo el 0,12% de los municipios de la región cuentan con infraestructura adecuada para la disposición final de residuos sólidos, y el 4,7% dispone de rellenos sanitarios. En total, el 42,06% de los residuos son gestionados de manera adecuada, mientras que el 57,94% se manejan de forma inapropiada. Además, el 100% de las áreas utilizadas para disposición final están degradadas y requieren recuperación.

En el distrito de Namora, actualmente solo se ofrece el servicio de recolección de residuos, los cuales son depositados en un botadero. El crecimiento poblacional significativo que ha experimentado Namora en los últimos años ha agravado el problema de los residuos sólidos, debido a su generación descontrolada y manejo inadecuado. Por ello, resulta crucial identificar áreas potenciales para establecer un relleno sanitario en el distrito, con el objetivo de contribuir al ordenamiento ambiental del territorio.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. *Problema general*

¿En qué medida la localización de un relleno sanitario se relaciona con los sistemas de información geográfica en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2024?

1.2.2. *Problemas específicos*

- En qué medida la representación de variables mediante mapas temáticos se relaciona con la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2024
- En qué medida la evaluación multicriterio se relaciona con la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2024

1.3. Justificación

1.3.1. *Justificación practica*

El presente estudio justifica la aplicación de los SIG como una herramienta fundamental para la evaluación y planificación de un relleno sanitario, ya que permite procesar grandes volúmenes de información geoespacial y generar modelos de análisis multicriterio. De esta manera, los resultados obtenidos servirán como un marco de referencia para los tomadores de decisiones, facilitando la implementación de planes de acción que garanticen una gestión sostenible y ambientalmente responsable de los residuos sólidos en la región.

1.3.2. *Justificación metodológica*

En el presente estudio se emplearán las tecnologías de información geográfica para la identificación y evaluación de sitios óptimos para la localización de un relleno sanitario. Dado el impacto ambiental y social asociado a la disposición final de residuos sólidos, es fundamental utilizar herramientas avanzadas que permitan un análisis detallado del territorio.

Para ello, se utilizarán los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la representación de variables clave mediante la elaboración de mapas temáticos, los cuales facilitarán el análisis espacial de factores como el uso del suelo, la topografía, la hidrología y la infraestructura. Posteriormente, se aplicará una evaluación multicriterio que integrará estas variables para determinar la ubicación más adecuada del relleno sanitario, garantizando una gestión eficiente y sostenible de los residuos sólidos.

1.3.3. *Justificación social*

La adecuada localización de un relleno sanitario es un proceso fundamental para garantizar una gestión eficiente y sostenible de los residuos sólidos. En el distrito de

Namora, el crecimiento poblacional y el desarrollo económico han incrementado la generación de desechos, lo que hace indispensable la identificación de un sitio óptimo que minimice los impactos ambientales y sociales.

A nivel social, una inadecuada ubicación de estos sitios puede generar conflictos por el uso del suelo, afectar a comunidades locales y provocar riesgos sanitarios. En el ámbito ambiental, una mala planificación puede ocasionar contaminación de fuentes hídricas, degradación del suelo y afectaciones a la biodiversidad.

Por ello, el presente estudio empleará los Sistemas de Información Geográfica para la representación y análisis de variables clave mediante mapas temáticos. Se evaluarán factores como la topografía, el uso del suelo, la proximidad a cuerpos de agua y la infraestructura existente en el distrito de Namora. Posteriormente, se aplicará una evaluación multicriterio para determinar la ubicación más adecuada del relleno sanitario, asegurando un equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental. El objetivo es proporcionar herramientas técnicas que faciliten la toma de decisiones y promuevan una gestión sostenible de los residuos sólidos en el distrito.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Determinar la localización de un relleno sanitario y su relación con los sistemas de información geográfica en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2024.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Determinar la relación de la representación de variables mediante mapas temáticos con la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2024
- Determinar la relación de la evaluación multicriterio con la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2024

1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general*

La localización de un relleno sanitario se relaciona directamente con los sistemas de información geográfica en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2024.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.2.1. Internacionales

Trajano et al. (2025) presentaron el estudio “*Análisis multicriterio geotecnológico aplicado para identificar ubicaciones óptimas para la instalación de rellenos sanitarios*”. El objetivo fue evaluar la ubicación actual e identificar sitios óptimos para la implementación de rellenos sanitarios, utilizando la lógica difusa. Se consideraron la pendiente, la proximidad a cuerpos de agua, áreas urbanas, carreteras y aeropuertos, el uso y ocupación del suelo, la geología y la pedología. Los resultados mostraron que la ubicación actual del vertedero es inadecuada debido a su proximidad al aeropuerto, carreteras y centro urbano. El mapa de idoneidad reveló que el 35,38% del área estudiada tiene una idoneidad alta a muy alta. La nueva ubicación seleccionada para el vertedero tiene un área suficiente, está distante del aeropuerto y del centro urbano y cumple con los estándares operativos y logísticos de proximidad a carreteras y cuerpos de agua. La investigación confirma que la estructura actual de Residuos Sólidos Urbanos no cumple con las regulaciones y que la lógica difusa es efectiva en la selección de sitios para nuevos rellenos sanitarios. Este modelo puede servir de referencia para otros municipios, contribuyendo a una gestión más eficiente y responsable de los residuos.

Bhowmick et al. (2024) realizaron el estudio “*Identificación de sitios adecuados para el vertido y eliminación de residuos municipales mediante técnicas de toma de decisiones de múltiples criterios y tecnología espacial: un caso del municipio de Bolpur, distrito de Birbhum, Bengala Occidental*”. El objetivo fue encontrar el lugar más adecuado para el vertido y eliminación de residuos municipales. Se han utilizado el proceso de jerarquía analítica (AHP) y el sistema de información geográfica (GIS) para

encontrar vertederos de residuos municipales relevantes. El resultado final de los sitios adecuados para el vertido de residuos se ha extraído utilizando 10 parámetros funcionales, a saber, distancia desde el estanque, distancia desde el área residencial, distancia desde el área sensible, uso y cobertura del suelo, pendiente, distancia desde el campus universitario, distancia desde las carreteras, distancia desde el río, elevación y distancia desde las estaciones de tren. El resultado revela que solo el 6% del terreno del municipio es el más adecuado para el vertido de residuos. Estas áreas son principalmente tierras en barbecho, y el 17% es muy adecuado para el vertido de residuos. El hallazgo también indicó que la parte este del Distrito No. 22 y la parte sur y suroeste del Distrito No. 16 son las mejores para el vertido de residuos. Al seleccionar metódicamente las ubicaciones apropiadas, este estudio puede ayudar a los planificadores urbanos y legisladores a construir una infraestructura de gestión de residuos que sea resistente y ecológicamente responsable, reduciendo los impactos negativos sobre el medio ambiente, salvaguardando la salud pública y haciendo el uso más eficiente de los recursos disponibles.

Kang et al. (2024) realizaron el estudio “*Selección óptima del sitio del vertedero mediante la toma de decisiones multicriterio (MCDM) y el proceso analítico jerárquico (AHP) de ArcGIS para la ciudad de Kinshasa*”. El objetivo fue seleccionar un sitio de vertedero en la ciudad de Kinshasa, empleando un enfoque sistemático y objetivo a través de la integración de la toma de decisiones multicriterio de ArcGIS (MCDM) y el proceso de jerarquía analítica (AHP). La investigación utiliza diversos conjuntos de datos espaciales, que abarcan factores como la proximidad a las zonas residenciales, la accesibilidad, el uso del suelo, las limitaciones ambientales y la proximidad a los cuerpos de agua, para generar mapas de idoneidad. Los resultados revelan que hay grandes áreas dentro de la ciudad de Kinshasa que muestran una alta idoneidad para el establecimiento de vertederos, y que el vertedero actual en la ciudad de Kinshasa está situado en áreas

consideradas inadecuadas según los criterios seleccionados en este estudio, lo que subraya la urgencia de un análisis más profundo para la futura ubicación de vertederos, priorizando la minimización del impacto ambiental, los riesgos para la salud de las comunidades cercanas y la garantía de una sostenibilidad a largo plazo de las prácticas de gestión de residuos en la ciudad de Kinshasa. Estos hallazgos no sólo ofrecen soluciones prácticas, sino que también abren vías para futuras investigaciones y perfeccionamientos en las estrategias de gestión de residuos urbanos.

Arabeyyat et al. (2024) realizaron el estudio “*Selección de un vertedero para la gestión sostenible de los residuos sólidos mediante la adopción de decisiones con criterios múltiples. Estudio de caso: Gobernación de Al-Balqa en Jordania*”. El objetivo fue utilizar una evaluación de múltiples criterios para determinar la ubicación de un vertedero en la Gobernación de Al-Balqa en Jordania para garantizar que el sitio elegido satisfaga las necesidades de todas las partes interesadas y minimice el impacto negativo en el medio ambiente y la comunidad. Esta investigación desarrolló una estructura jerárquica para tomar decisiones de selección de vertederos, que implica la identificación de parámetros como la distancia a las aguas superficiales, la cobertura del suelo, la distancia a las áreas urbanas y rurales, la distancia a las carreteras, la pendiente y la permeabilidad del suelo. Los resultados muestran que, en esta zona estudiada, se requieren aproximadamente 204.283 m^2 para abordar 25 años de volumen de residuos sólidos urbanos, mientras que esta técnica identificó alrededor de $79.210.000 \text{ m}^2$ de vertederos potenciales. En general, la investigación destaca la importancia de utilizar un enfoque de evaluación de múltiples criterios para la selección de vertederos a fin de garantizar que el sitio elegido satisfaga las necesidades de todas las partes interesadas y minimice los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud pública.

Mvula et al., (2023) realizaron el estudio “*Análisis de idoneidad espacial para la selección del sitio de un vertedero de residuos sólidos municipales utilizando un enfoque híbrido de SIG y ADMC: el caso de Kitwe, Zambia*”. El objetivo fue clasificar la ciudad en áreas que son más adecuadas, adecuadas y no adecuadas para albergar un vertedero. Los resultados mostraron que 333,24 km², que representan el 41,69% del área de estudio, se clasificaron como no aptas, 140,41 km², que representan el 17,57% del área de estudio, se clasificaron como aptas y 325,63 km², que representan el 40,74% del área de estudio, se clasificaron como las más aptas para un vertedero. Además, de los 19 posibles vertederos identificados como los más adecuados, 7 cumplieron con el mínimo de 0,54 km² requerido para un vertedero que pueda albergar 8×10^6 m³ de residuos sólidos que se proyecta generar en los próximos 20 años en Kitwe. Los resultados también determinaron que el vertedero actual de Ichimpe se encuentra en una zona clasificada como no apta. Este estudio es de gran importancia, ya que ha contribuido al conjunto de conocimientos existentes sobre la selección de vertederos científica y socialmente aceptables en las naciones en desarrollo. Proponemos desarrollar capacidad humana y de infraestructura y adoptar enfoques híbridos de SIG y ADMC para promover la sostenibilidad ambiental y socioeconómica en la selección y operación de vertederos, lo que en última instancia contribuirá al cumplimiento de los ODS 3, 6 y 11 y la Agenda 2063 de la Unión Africana.

Doboch et al. (2023) realizaron el estudio “*Selección optimizada de un vertedero para residuos sólidos urbanos mediante la integración de SIG y la técnica de análisis de decisiones multicriterio (MCDA), ciudad de Hossana, sur de Etiopía*”. El objetivo fue identificar una opción óptima de gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) y, posteriormente, seleccionar el mejor vertedero en la ciudad de Hossana utilizando sistemas de información geográfica integrados (SIG) y técnicas de análisis de decisiones

multicriterio (ADCM). En consecuencia, se utilizó el SIG integrado con el ADCM para analizar el peso relativo de cada criterio y el mapa de idoneidad general, en el que se consideraron diez criterios dentro de sus respectivas limitaciones. Los resultados muestran que la tasa de generación de RSU de la ciudad era de 0,45 kg/habitante/día, que se encontraba dentro del rango de la mayoría de las zonas urbanas etíopes. Por otra parte, se encontró que la generación total diaria y anual de RSU era de 79,58 y 29.047 toneladas, respectivamente. Además, los hallazgos del estudio revelaron que el 20,8 % de los residuos sólidos encontrados eran reciclables y el 79,20 % restante no reciclables. Considerando la tendencia futura de generación de residuos, se eligieron 19 ha de tierra en las afueras del norte y sur de la ciudad como un sitio candidato para vertedero con todo el análisis de idoneidad necesario. Por lo tanto, la selección optimizada del sitio de vertedero y un mejor sistema de gestión de RSU en áreas urbanas y periurbanas podría lograrse mediante la aplicación conjunta de MCDA y SIG.

2.2.2. Nacionales

Sanchez et al. (2023) realizaron el estudio “*Generación y disposición final de residuos sólidos municipales en la Región Cajamarca, Perú*”. El objetivo fue determinar la generación y disposición final de los residuos sólidos en la Región Cajamarca del Perú, 2016-2020. La investigación corresponde a un estudio descriptivo con diseño no experimental. La unidad de análisis estuvo conformada por 127 Distritos y Provincias de la Región de Cajamarca. Se ha determinado que en lo referente al destino final de los residuos sólidos municipales recolectados en la Región Cajamarca el 81,9% termina en botaderos; 20,5% relleno sanitario; 13,4 % son reciclados; 7,1% son quemados y/o incinerados y sólo un 3,9% termina en Compostajes, plantas de tratamiento y celda transitoria. Se ha determinado que 0,12% de Municipalidades de la Región Cajamarca cuenta con infraestructura de disposición final para los residuos sólidos recolectados, el

4,7% cuentan con rellenos sanitarios, el 42,06% de residuos son dispuestos adecuadamente, el 57,94% son dispuestos inadecuadamente y el 100% de áreas están degradadas para la recuperación.

Estacio et al. (2021) realizaron el estudio *“Sistemas de Información Geográfica y Localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco”*. El objetivo fue localizar las áreas adecuadas para la disposición final de residuos sólidos en la ciudad de Cerro de Pasco. Se realizó el análisis de localización óptima utilizando los procesos de Análisis Espacial Multicriterio (AEMC) así como el proceso de análisis jerárquico (AHP) aplicándolo en un Sistema de Información Geográfica (ArcGis). Los resultados presentan la consideración de 6 alternativas de localización para el relleno sanitario, todas ellas comprendidas entre los 3 y 4.13 km de distancia de la ciudad, bajo criterios físicos, ambientales, socioeconómicos y legales. Se concluye que los sistemas de información geográfica, el análisis espacial multicriterio y el análisis jerárquico son apropiados para la resolución de problemas de localización.

Espejo (2019), realizó el estudio *“Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica distrito de Chachapoyas Amazonas-2017”*. El objetivo fue localizar una área óptima (técnica y ambientalmente adecuada) para un relleno sanitario empleando un sistema de información geográfica - SIG, integrado a los criterios de selección de sitio como pendiente, geología, distancia a carreteras, hidrología, bosques, distancia a la población urbana - rural, distancia a un aeropuerto y el volumen de almacenamiento, estos criterios se evaluaron mediante la evaluación multicriterio y los pesos para cada criterio fueron de 0 para lugares no óptimos y 1 para lugares óptimos. Los resultados obtenidos muestran que existe cuatro zonas óptimas dentro del área de estudio, cada uno de ellas con sus áreas correspondientes: Área 01 = 60.43 Has., Área 02 = 6.91 Has., Área 03 = 3.1 Has., y Área 04 = 15.1 Has. En la

ciudad de Chachapoyas al 2017, la generación per cápita de residuos sólidos fue de 0.47 kg/hab./día, y, se generó 10.97 t/día y 95.55 toneladas / semana; además el 62.28 % de los residuos sólidos generados fueron orgánicos y el 37.71 % fueron residuos sólidos inorgánicos. Para el año 2025 la población en el distrito de Chachapoyas será de 30275 habitantes, la producción per cápita será de 0.52 kg/hab./día y el área mínima requerida para el relleno sanitario en el distrito de Chachapoyas fue de 30 180.95 m² o 3.02 hectáreas.

Mamani & Loaiza (2021) realizaron el estudio “*Análisis multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) para la ubicación de un relleno sanitario en la provincia de San Román – Puno*”. El objetivo fue identificar las áreas con potencial para la ubicación de un relleno sanitario en la provincia de San Román a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicando un Análisis Multicriterio adaptado de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobado por el Decreto Legislativo N.º 1278 en concordancia a su reglamento establecido en el Decreto Supremo N.º 014- 2017-MINAM a través del software ArcGIS 10.8. considerando las siguientes variables de la norma: Disponibilidad y propiedad del terreno, restricciones de ubicación, preservación del patrimonio arqueológico, vulnerabilidad del área a desastres naturales, geomorfología, condiciones hidrológicas, condiciones hidrogeológicas y geología; mediante el geoprocesamiento de la información espacial obtenida de cada variable. Como resultado se obtuvieron 15 áreas de 1.01, 1.02, 1.31, 1.59, 1.97, 2.18, 2.42, 2.68, 3.60, 3.81, 3.93, 5.33, 5.70, 10.90, 15.13 km² con potencial para la ubicación de un relleno sanitario. concluyendo que el análisis multicriterio a través de los sistemas de información geográficas puede ser de suma utilidad para la identificación de áreas con potencial para la ubicación de un relleno sanitario en la provincia de San Román, Puno.

2.2. Marco normativo

Por lo establecido por (MINAM, 2011), se cuenta con la siguiente normatividad publicada en el diario El Peruano:

a. La constitución política del Perú

Promulgada en el año 1993, fija normas que garantizan el derecho que tiene toda persona a la protección de su salud y gozar de un ambiente equilibrado. Establece asimismo que es el Estado quien determina las políticas nacionales de salud y ambiente.

b. Decreto legislativo N° 1065

Decreto legislativo que modifica la ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, en los aspectos principales de perfeccionar los lineamientos de política, establece las competencias del Ministerio del Ambiente, especifica las competencias de las autoridades sectoriales, la autoridad de salud, la autoridad de transporte y comunicaciones, establece el rol de los gobiernos regionales y el rol de las municipalidades, precisa las responsabilidades del generador de residuos sólidos del ámbito no municipal, entre otros.

c. Ley general de residuos sólidos Ley N°27314

Ley General de Residuos Sólidos N° 27314 del 21 de julio del 2000, que presenta las recomendaciones y establece lineamientos generales a tomar en consideración para la implementación y operación de las infraestructuras de disposición final del residuo, así mismo establece la obligatoriedad de elaborar Estudios de Impacto Ambiental en los proyectos de infraestructura de residuos sólidos, entre ellos el relleno sanitario. Tomar en consideración, la modificación de esta Ley dada por el Decreto Legislativo N° 1065.

d. Decreto supremo N° 06-STN del 09-01-64

Reglamento para la disposición de basuras mediante el empleo del método de relleno sanitario; mediante el cual se asigna a las municipalidades la responsabilidad de efectuar la recolección de los residuos en su jurisdicción y realizar su disposición final.

e. Ley general de residuos sólidos - D.S. N° 057-2004 - PCM

D.S. N° 057-2004, siguiendo con los principios establecidos en la Ley General de Residuos, establece los criterios mínimos para la selección de sitio, habilitación, construcción, operación y cierre de las infraestructuras de disposición final. En la actualidad el presente Reglamento se encuentra en modificación.

f. Ley orgánica de las municipalidades - Ley N° 27972

Título V: Competencias y Funciones Específicas de los Gobiernos Locales, artículo 73°, numeral 3 señalan que las municipalidades distritales en materia de Protección y Conservación del Ambiente, cumplen las siguientes funciones:

- Formulan, aprueban, ejecutan y monitorean los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales.
- Proponen la creación de áreas de conservación ambiental.
- Promueven la educación e investigación ambiental en su localidad e incentivan la participación ciudadana en todos sus niveles
- Participan y apoyan a las comisiones ambientales regionales.
- Coordinan con los diversos niveles de gobierno nacional, sectorial y regional, la correcta aplicación local de los instrumentos de planeamiento y gestión ambiental, en el marco del sistema nacional y regional de gestión ambiental.

g. Ley general del ambiente - Ley N° 28611

Hace una diferencia de responsabilidades en cuanto al manejo de los residuos sólidos de origen doméstico y comercial (municipales), y de otros tipos de residuos (no municipales), cuyos generadores serán responsables de su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.

h. Ley general de salud - Ley N° 26842

Ley N° 26842 del 20-07-97 - en la cual se reconoce la responsabilidad del Estado frente a la protección de la salud ambiental. En su artículo 96 del Capítulo IV, se menciona que en la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana o al ambiente. Asimismo, los artículos 99, 104 y 107 del Capítulo VIII tratan sobre los desechos y la responsabilidad de las personas naturales o jurídicas de no efectuar descargas de residuos o sustancias contaminantes al agua, el aire o al suelo. El artículo 80°, numeral 3.1 de la misma Ley señala que en materia de saneamiento, salubridad y salud, son funciones específicas de las municipalidades distritales: proveer el servicio de limpieza pública determinando las áreas de acumulación de desechos, rellenos sanitarios y el aprovechamiento industrial de los desperdicios.

i. Ley del sistema nacional de inversión pública - Ley N° 27293

Creada con la finalidad de optimizar el uso de los recursos públicos destinados a los proyectos de inversión, en ese contexto se sitúan los proyectos de manejo de los residuos sólidos municipales, creando para tal efecto el Sistema Nacional de Inversión Pública, estableciendo además las fases a cumplir por todo proyecto de inversión pública; y su modificatoria dada por Decreto Legislativo N° 1091.

j. Ley marco para el crecimiento de la inversión privada

Decreto legislativo N° 757 (13 de noviembre de 1991) - que incentiva el crecimiento de la inversión privada, y que en su artículo 55, precisa que se encuentra prohibido “internar al territorio nacional residuos o desechos, cualquier sea su origen o estado de materia, por su naturaleza, uso fines, resultan peligrosos radiactivos. El internamiento de cualquier otro tipo de residuos o desechos sólo podrá estar destinado a su reciclaje, reutilización o transformación”.

k. Ley de bases de descentralización - Ley N° 27783

Que establece entre los objetivos a nivel ambiental, la gestión sostenible de los recursos naturales y mejoramiento de la calidad ambiental, además de incluir dentro de la asignación de competencias de las municipalidades, la Gestión de los residuos sólidos dentro de su jurisdicción.

l. Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental - Ley N° 27446

Establece dentro de los criterios de protección ambiental, la protección de la calidad ambiental, tanto del aire, del agua, del suelo, como la incidencia que puedan producir el ruido y los residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas; aspectos ambientales comunes a toda infraestructura de disposición final de residuos sólidos. Así mismo define los estudios ambientales correspondientes a cada tipo de proyecto dependiendo de la envergadura de éstos y la potencialidad de los impactos en el ambiente.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. *Relleno sanitario*

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo con la finalidad que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. (Jaramillo, 2002)

El relleno sanitario tiene como finalidad prever los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. El relleno sanitario puede tener la posibilidad de recuperar terrenos alterados por la naturaleza, como los erosionados o los alterados por el hombre. (Umaña, 2002)

El éxito de un relleno sanitario radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control. (MINAM, 2011).

2.3.2. Tipos de relleno sanitario

Existen tres tipos de rellenos sanitarios (MINAM, 2011):

a. Relleno sanitario manual

El esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, pisones manuales, entre otros y la capacidad de operación diaria no excede las 20 toneladas de residuos. Se restringe su operación en horario nocturno.

b. Relleno sanitario semi mecanizado

La capacidad máxima de operación diaria no excede las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos.

c. Relleno sanitario mecanizado

La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal y su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas.

La localización de un relleno sanitario debe contar con ciertos criterios de seguridad y gestión ambiental, con la finalidad de reducir el riesgo de contaminación del medio en que vivimos, estas obras de ingeniería deben estar construidos en áreas

apropiadas que cumplan condiciones geológicas, hidrogeológicas, topográficas, climáticas y de densidad de población y, si es posible, sobre áreas ya degradadas.

2.3.3. *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual, criterios para el estudio de selección del área, EIA y proyecto según el Ministerio del Ambiente*

El Ministerio del Ambiente (MINAM, 2011), y (Eguizabal, 2013), propone la Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual; con la finalidad de facilitar a las municipalidades y empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos (EPS-RS), una herramienta ágil para la implementación de infraestructuras de disposición final de los residuos sólidos municipales en el país.

2.3.3.1. Aspectos técnicos

A continuación, se describen algunos de los aspectos técnicos más importantes para el estudio de selección de área:

1. Ubicación del área para futuro relleno sanitario

La selección del área está sujeta al cumplimiento de las disposiciones de zonificación y otras establecidas por la municipalidad, respecto a la seguridad y bienestar de la población en general, la no afectación del ambiente y la disponibilidad del área donde se construirá. Para ello se tendrá en cuenta los criterios técnicos establecidos en el artículo 67° del Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.

Se recomienda que el sitio para el relleno sanitario esté cercano al centro urbano al cual va servir por razón del menor costo en la operación del transporte de residuos, sin embargo 1 Km es la menor distancia límite que debe existir entre la población del centro poblado más cercano, de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.

2. Disponibilidad y propiedad del terreno

Lugares que no tengan impedimentos legales para el uso como relleno sanitario que pongan en riesgo la continuidad de la operación de la infraestructura.

3. Vida útil

La capacidad del área debe ser suficientemente grande para permitir su utilización durante un periodo igual o mayor de cinco (05) años.

4. Accesibilidad

Prever vías que faciliten el acceso de las unidades de recolección y transporte de los residuos de preferencia a corta distancia del área urbana a servir y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

5. Topografía

Se debe preferir lugares con superficies planas o con pendientes moderadas.

6. Compatibilización con el uso de suelo y planes de expansión urbana.

De igual manera la disposición final debe estar acorde, así como también debe compatibilizar con el uso de suelos, esto contemplado en el plan de desarrollo urbano distrital o el plan de acondicionamiento territorial de los gobiernos provinciales.

7. Compatibilización con el plan de gestión integral de residuos en la provincia

Es necesario tomar en cuenta si el proyecto de relleno sanitario fue considerado como una alternativa para la disposición final de residuos sólidos dentro del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia.

8. Minimización y prevención de los impactos sociales y ambientales negativos.

Para la evaluación de este aspecto técnico considerar las siguientes variables: tamaño del terreno, la capacidad útil del terreno, la situación sanitaria actual respecto a la presencia de pasivos ambientales como existencia de botaderos pasados o actuales, proximidad a las fuentes de abastecimiento de aguas superficiales, como a fuentes de aguas sub-superficial, y antecedentes de conflictos sociales o quejas sociales por residuos sólidos en la zona.

9. Condiciones climáticas

De preferencia la dirección predominante de los vientos debe estar orientada desde el área urbana hacia el lugar del área del relleno sanitario. Cuando no sea posible, se deben tomar medidas tales como la siembra de árboles y vegetación espesa en el perímetro de la infraestructura.

10. Geología

Se tendrá preferencia por aquellos lugares que presenten condiciones geológicas favorables del subsuelo como estabilidad, impermeabilidad, espesor, extensión, entre otros para evitar la infiltración de los lixiviados. El análisis del estudio también debe considerar la ejecución de sondajes o prospecciones geofísicas, así como pruebas de laboratorio para determinar los espesores de los estratos del subsuelo, la profundidad de la napa freática y las características físicas de los diferentes estratos.

11. Material de cobertura

El lugar seleccionado debe contar con suficiente material de cobertura de fácil extracción. Se debe preferir materiales areno-arcillosos con un coeficiente de permeabilidad “k” no mayor a 10^{-5} cm/s. Si el material de cobertura es escaso o no existe en la zona seleccionada, se deberá garantizar su adquisición durante la vida útil de la infraestructura.

12. Hidrogeología

No debe afectar la calidad del ambiente en su ámbito de influencia y deberán considerar el uso de aquellas zonas donde no existan acuíferos y/o aguas superficiales a una distancia no menor de un kilómetro del perímetro del relleno sanitario.

13. Preservación del patrimonio arqueológico.

La preservación del patrimonio arqueológico es un criterio importante, el terreno no debe estar ubicado en un área perteneciente a una zona arqueológica de ser así es un criterio de restricción de ubicación.

14. Preservación de áreas naturales protegidas

Para la evaluación del siguiente criterio es importante que el lugar posible no afecte un área natural protegida por el estado.

15. Vulnerabilidad del área de desastres

Es importante definir si el terreno es vulnerable a desastres naturales, de ser así los rellenos sanitarios no deberán ubicarse en estas áreas.

2.3.3.2. Aspectos legales

1. Saneamiento físico legal del terreno

Es recomendable que un proyecto de relleno sanitario inicie solamente cuando la entidad responsable del relleno (Municipio), tenga en sus manos el documento legal que lo autorice a construir las obras complementarias, estipulando también el periodo y la utilización.

a. Restricciones de ubicación

i. Seguridad aeroportuaria

Todo relleno sanitario debe ubicarse a una distancia mayor de 3000 metros de los límites de un aeropuerto donde operan aviones con motores turbo jet y, a no menos de

1500 metros del final de la pista de aterrizaje de todo aeropuerto donde operan aviones con motores de potencia menores al anterior.

ii. Áreas con fallas geológicas, inestables o inundables

La zona destinada a la localización de un relleno de disposición final no debe presentar fallas geológicas, ni ubicarse en lugares inestables, ni en cauces de quebradas de zonas con posibilidad de deslizamientos ni propensas a inundaciones en períodos de recurrencia de 50 años o menos.

iii. Zonas de riesgo sísmico

El relleno sanitario no debe ubicarse en lugares propensos a sufrir agrietamientos, desprendimientos, desplazamientos u otros movimientos de masa que pongan en riesgo la seguridad del personal o la operación de la infraestructura.

iv. Compatibilidad con infraestructura de otros sectores

El área proyectada para implementar y operar el relleno sanitario debe encontrarse fuera de las áreas de influencia de infraestructuras de otros sectores, como embalses, represas, refinerías, hidroeléctricas, plantas de agua potable, entre otras.

v. Plan urbano y proyectos de desarrollo regional o nacional

El lugar donde se implementará el relleno sanitario debe ser compatible con el uso del suelo. La distancia a la vivienda más próxima, o granjas porcinas, avícolas, entre otras no podrán ser menor de mil (1000) metros. Asimismo, no debe afectar las áreas previstas para proyectos de desarrollo regional o nacional, como hidroeléctricas, aeropuertos, represas, plantas de tratamiento de agua entre otros.

2.3.4. La Cartografía

Es la ciencia encargada de la preparación de todo tipo de mapas y cartas, incluyendo cada operación desde el planeamiento hasta la impresión final de los mapas.

Esto significa que la cartografía comprende la elaboración completa de mapas, es decir, geodesia, topografía, fotogrametría, compilación y reproducción (Roggero, 1995).

2.3.4.1. Software ArcGis

Es un SIG diseñado por la empresa californiana Environmental Systems Research Institute (ESRI) para trabajar a nivel multiusuario. Representa la evolución constante de estos productos, incorporando los avances tecnológicos experimentados en la última década en el área de la informática y telecomunicaciones para capturar, editar, analizar, diseñar, publicar en la web e imprimir información geográfica (Vicente, 2008).

2.3.4.2. Bases de Datos

Se trata del formato más reciente para guardar información en ArcGIS, basado en un modelo de datos orientado a objetos. Este formato está llamado a sustituir a las coberturas y shapefiles. A diferencia de los otros formatos basados en archivos directorios que guardan las coordenadas y los atributos en archivos separados, el geodatabase almacena estos dos tipos de información en una única base de dato. (Puerta et al., 2011)

2.3.5. *Representación de los Datos Cartográficos*

Un Sistema de Información Geográfica almacena dos tipos de datos que se encuentran en los mapas: las definiciones geográficas de las características de la superficie terrestre y los atributos o cualidades que esas características poseen. No todos los sistemas usan la misma lógica para lograr esto. Casi todos, sin embargo, usan una o la combinación de ambas técnicas fundamentales de representación cartográfica: vectorial y raster (Eastman, 2006).

2.3.6. *Análisis espacial*

El Análisis espacial utilizando el álgebra de mapas como una herramienta SIG de ArcGIS, permite superponer o combinar varias temáticas con el fin de determinar las posibles áreas donde se puede localizar y construir en este caso, un relleno sanitario.

Además, está la herramienta Model Builder que permite hacer la combinación de diversas capas espaciales a fin de obtener un resultado específico de acuerdo con un diseño establecido. (ESRI, 2012).

Según (Buzai, 2005) el análisis espacial se basa en cinco conceptos fundamentales, los cuales se resumen a continuación:

2.3.7. *Distribución espacial*

Alonso (2011) menciona que no resulta sencillo dar una definición de análisis espacial. En la bibliografía sobre SIG suelen mezclarse bajo este término una serie de herramientas bastante diferentes: Manipulación de datos espaciales, las herramientas básicas de gestión de un SIG Análisis descriptivo y exploratorio de datos espaciales Análisis estadístico inferencial de datos espaciales para determinar si los resultados del análisis descriptivo verifican determinadas hipótesis acerca de los datos Modelización espacial con el objeto de predecir la distribución espacial de los fenómenos estudiados.

2.3.8. *Interacción Espacial*

La interacción espacial siempre ha sido fundamental en la investigación geográfica, pero al mismo tiempo también lo ha sido en la formulación de un campo interdisciplinario de las ciencias sociales como sistemas espaciales, en regiones y sistemas regionales y en localizaciones, en los cuales es central el concepto multidimensional de distancia (física, económica, social y política). Una interesante y útil reseña sobre la historia y actualidad de la Ciencia Regional ha sido publicada por (Benko, 1998)

2.3.9. *Evolución Espacial*

Los estudios geográficos son básicamente abordajes del presente (recordemos que la Geografía generalmente se presentan como una ciencia del presente), sin embargo, en

ningún momento se deja de reconocer que la dimensión temporal es de gran importancia en un análisis geográfico completo (Buzai, 2009).

2.3.10. Componentes de la EMC en el entorno de los SIG

Según Gómez et al. (2005), en el mundo de la EMC un objetivo se puede entender como una función a desarrollar, aquí el objetivo indica la estructuración de la regla de decisión o el tipo de regla a utilizar. Los objetivos son un aspecto básico para el desarrollo de un proyecto de EMC, estos pueden ser múltiples en determinados problemas de planificación, decisión o localización, asignación de actividades, con lo cual se puede plantear una decisión multi objetivo.

2.3.10.1. Los criterios: factores y limitantes. Los criterios pueden ser de dos tipos: factores y limitantes. “Un factor es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, éste por lo tanto debe ser medido en una escala continua”. (Barredo et al., 1996).

El criterio de tipo limitante restringe la disponibilidad de algunas alternativas en función de la actividad evaluada, con este tipo de criterio se excluyen varias categorías de la capa analizada para la evaluación, es decir, se genera una capa binaria, en la cual un código representa las alternativas susceptibles de ser elegidas para la actividad, y otro la no disponibilidad para la actividad. (Gómez et al., 2005).

2.3.10.2. La regla de decisión. Según (Gómez et al., 2005), se trata de la selección entre alternativas (o posibilidades de elección), las cuales pueden representar diferentes cursos de acción, hipótesis, localizaciones u otros conjuntos de elementos.

La regla de decisión es el procedimiento a través del cual se obtiene una evaluación particular, pudiendo también comparar a través de ella, distintas evaluaciones con el fin de variar alguno de sus aspectos en caso de que sea necesario. Esto es posible ya que una regla de decisión sigue a una serie de procedimientos (aritmético-estadísticos)

que permiten integrar los criterios establecidos en un índice de simple composición, así mismo puede proveer la manera de comparar las alternativas utilizando dicho índice. (Olaya, 2014).

2.3.10.3. La evaluación. Según Gómez et al., (2005), una vez que la regla de decisión ha sido estructurada, el proceso de aplicarla sobre las capas – criterio se llama evaluación, y será el que producirá finalmente el modelo de decisión.

2.3.10.4. Métodos de Evaluación Multicriterio. Según Gómez et al. (2005), los distintos métodos o técnicas de EMC se diferencian básicamente en los procedimientos aritmético-estadísticos que se realizan sobre las matrices de evaluación y de prioridades, con lo cual se obtiene una evaluación final de las alternativas.

La metodología descompone un problema complejo en partes más simples permitiendo que el agente ‘decisor’ pueda estructurar un problema con múltiples criterios en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas, jugando un papel vital como herramienta de planeación (Uribe, 2001).

Adicionalmente posee ciertas ventajas al ser comparada con las herramientas de decisión unidimensionales en la medida en que hace posible considerar un número amplio de datos, relaciones, criterios y propósitos, los cuales se presentan dentro de un problema de decisión dado en el mundo real que se estudia según un modelo multidimensional (Toscano, 2005).

2.4. Marco conceptual

2.4.1. Localización de un relleno sanitario

En el caso de un relleno sanitario, su ubicación desde el punto de vista del “sitio” se establece mediante un sistema de coordenadas geográficas que permanece constante en el tiempo. Por otro lado, la ubicación desde la perspectiva de la “posición” depende de las escalas de análisis y los métodos de medición utilizados, lo que puede generar variaciones en los resultados. Esto es crucial en la planificación y monitoreo de un relleno sanitario, ya que diferentes escalas de estudio pueden influir en la evaluación de impactos ambientales, accesibilidad y viabilidad del proyecto. (Goodchild et al., 2005).

2.4.2. Sistemas de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica (también conocido con los acrónimos SIG en español o GIS en inglés) es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz. (Berry, 1987).

2.4.3. Mapa temático

Es la representación gráfica de información geográfica, incluye datos geográficos del mapa (una o más capas) y otros elementos del mapa como un título, flecha de Norte, leyenda, barra de escala, etc. En un mapa se puede visualizar y consultar interactivamente los datos geográficos y posteriormente prepararlo para imprimir (Tomlinson, 2007).

2.4.4. *Evaluación Multicriterio (EMC)*

Según Barredo (2005), la Evaluación Multicriterio (EMC) puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de toma de decisiones. El fin básico de las técnicas de EMC es “investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflictos”. Según eso es posible “generar soluciones, compromisos y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción”.

CAPITULO III

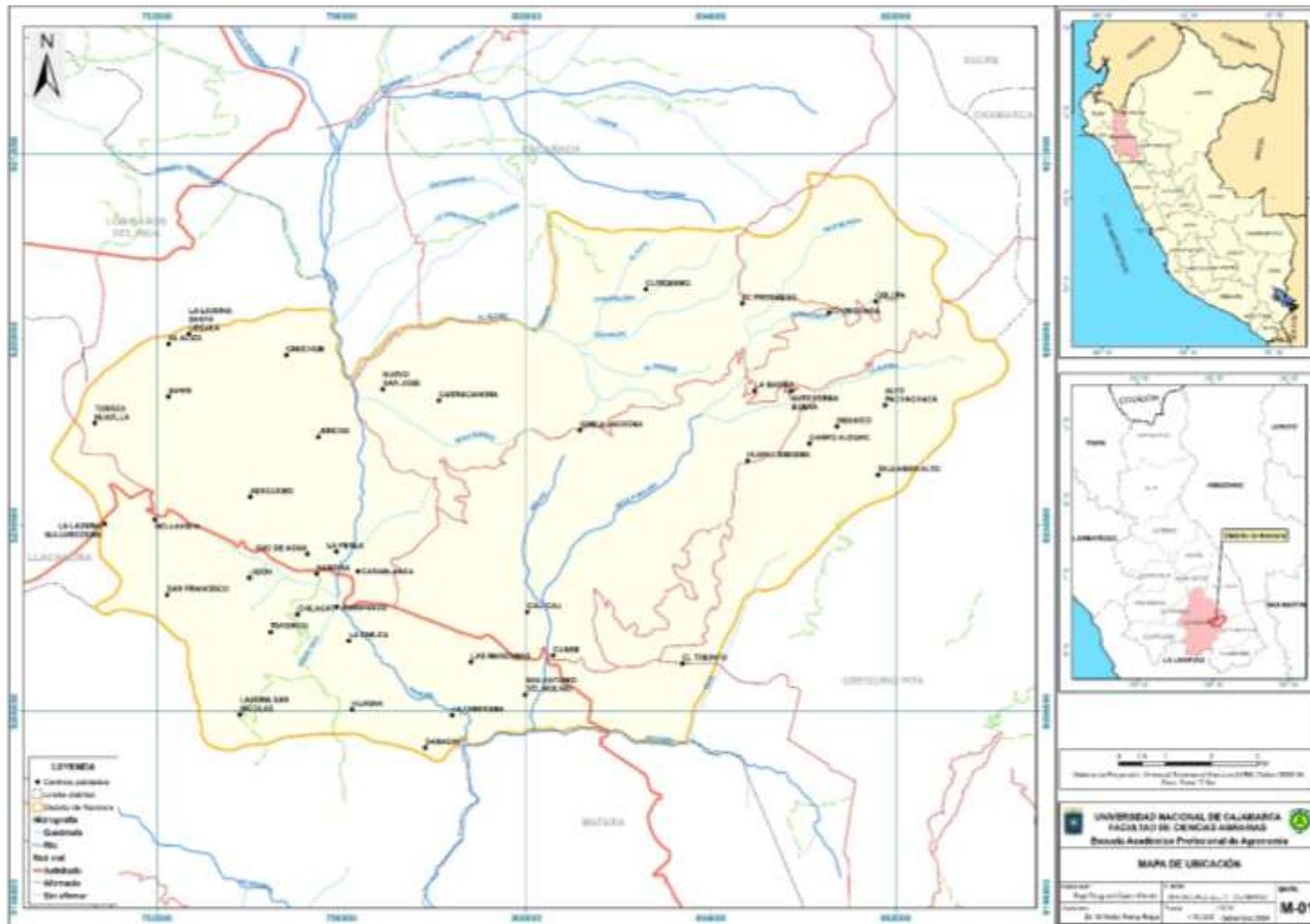
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El distrito de Namora, geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM 789728 y 810437 m Este y entre 9211588 y 9189919 m Norte, limita por el norte con los distritos de Baños del Inca y La Encañada, por el oeste con el distrito de Llacanora, por el sur oeste con el distrito de Jesús, por el sur con el distrito de Matara y por el sur este con el distrito de Gregorio Pita. Tiene una superficie de 15752.29 ha, la altitud varía desde su punto más bajo 2600 msnm localizado en la unión del río Namora con el río Chucsen, y 4100 msnm en su punto más alto localizado en la formación de la Quebrada Masma que se ubica en el centro poblado Alto Pachachaca.

Figura 1

Mapa de ubicación



3.2. Materiales y equipos

3.2.1. *Materiales*

Tabla 1

Insumos para validación del Uso actual de la tierra

Identificación	Fecha	Fuente de localización
Imagen Landsat8	16/07/2019	https://earthexplorer.usgs.gov/
SASPLANET	2019	https://mappinggis.com/2014/09/como-descargar- imagenes-de-google-bing-etc/

Nota. Estos insumos cartográficos contienen información técnica y básica para el manejo e interpretación de los productos cartográficos, descargadas de geo-servidores gratuitos.

3.2.2. *Equipos*

01 equipo de cómputo que cuenta con el software GIS y Microsoft office.

3.3. Metodología

De acuerdo con Hernández & Mendoza (2018), el presente estudio corresponde a una investigación de tipo aplicada, el diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipulan deliberadamente las variables, sino que se observan y analizan tal como se presentan en su contexto natural. Asimismo, es de corte transversal, pues la información fue recabada en un solo periodo de tiempo. El alcance de la investigación es correlacional, ya que se busca identificar y analizar la relación existente entre localización de un relleno sanitario y los sistemas de información geográfica

Se utilizó la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (evaluación multicriterio) como instrumento de apoyo en la toma de decisiones para identificar las áreas óptimas para relleno sanitario del distrito de Namora, región Cajamarca.

Teniendo en cuenta el procedimiento reconocido en la “Guía de diseño, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario”, manual publicado por el Ministerio del Ambiente; que sirvió como guía para determinar el área para el relleno sanitario en el distrito de Namora,

donde el resultado final se plasmó en un mapa que muestra las áreas en donde se puede instalar dicho relleno sanitario.

3.3.1. *Procedimientos*

3.3.1.1. Recolección, revisión y selección de información. Se recopiló información correspondiente de las diferentes instituciones como:

Tabla 2

Capas de información vectorial y ráster

Insumo	Escala	Fuente
Límites: Nacional, regional, provincial y nacional	1: 100 000	Presidencia de Consejos de ministros
Red Vial	1: 100 000	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Hidrografía	1: 100 000	Autoridad Nacional del Agua
Geomorfología	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica - Cajamarca
Geología	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica - Cajamarca
Sitios y restos arqueológicos	1: 100 000	Ministerio de Cultura
Cobertura y uso actual	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica - Cajamarca
Centros educativos	1: 100 000	Ministerio de Educación
Centros de salud	1: 100 000	Ministerio de Salud
Fallas geológicas	1: 100 000	Instituto geológico, minero y metalúrgico
Pendiente (DEM)	30*30/m/pixel	http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/download_raster.aspx
Uso Mayor	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica - Cajamarca
Centros poblados	1: 100 000	Zonificación Ecológica Económica - Cajamarca

3.3.1.2. Elaboración de los mapas temáticos de cada criterio y factor óptimo

- Criterio de Pendiente

Según Silva (2015), los mapas de pendientes permiten representar la inclinación del terreno en función de la relación entre elevación y distancia, siendo una herramienta fundamental para el análisis morfométrico del relieve. En el presente estudio, el mapa de pendientes se generó a partir del Modelo Digital de Elevación (ASTER-DEM), que presenta una resolución espacial de 30×30 metros por píxel, lo que proporciona un nivel de detalle adecuado para el análisis territorial a escala distrital.

Las pendientes fueron expresadas en grados sexagesimales y clasificadas en tres rangos: menor a 4° , entre 4° y 40° , y mayor a 40° . Esta clasificación se basó en una adaptación de los criterios establecidos por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2006), los cuales consideran que las pendientes mayores a 40° no son aptas para la construcción de rellenos sanitarios, debido al riesgo de deslizamientos, erosión acelerada y dificultades constructivas. En cambio, las pendientes inferiores a 40° son consideradas aceptables, ya que ofrecen mejores condiciones de estabilidad y menor impacto ambiental durante la operación del relleno.

Este análisis permite identificar y delimitar áreas con distintos niveles de inclinación del terreno, lo cual es fundamental en la planificación y gestión del territorio. En particular, contribuye a la selección de sitios adecuados para infraestructuras sensibles como rellenos sanitarios, asegurando que se ubiquen en zonas con condiciones topográficas favorables que minimicen riesgos y costos de implementación.

- Criterio para geología

La elaboración del mapa Geológico se realizó a partir del shapelif de geología de la zonificación ecológica económica–Cajamarca

Dada la necesidad del sustrato de la instalación sea impermeable para evitar la contaminación de acuíferos subterráneos y a fin de reducir costos de impermeabilización. Se

adopta como criterio que el relleno se encuentre ubicado sobre una litología compuesta por: areniscas, lutitas, margas, calizas, dolomitas bituminosas, limosas, gravas.

- Criterio para distancia a carreteras

Para este criterio se utilizó shapelif de del Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC, a fin de reducir los costos de transporte y mantenimiento se plantea que la instalación de relleno deberá estar próxima a una carretera, pero evitando una excesiva proximidad a fin de evitar su inter visibilidad. Por ellos el criterio empleado es que la distancia a una carretera debe estar entre 500 y 2000 m.

- Criterio para hidrología

Para este criterio se utilizó el shapelif de geología de la Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca, una parte de los problemas de operación causados por la disposición de desechos sólidos son consecuencia de una deficiente captación de agua de escurrimiento; partiendo de esa base es muy importante que el sitio seleccionado esté lo más lejos posible de corrientes superficiales y cuerpos receptores de agua, y cuente con una adecuada red de drenaje pluvial para evitar escurrimientos dentro del relleno sanitario. La instalación se ubicará a una distancia no inferior a 500 m de cualquier cauce fluvial.

- Criterio para uso mayor

Para este criterio se utilizó el shapefile de capacidad de Uso Mayor obtenido de la Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca, evitar las zonas con interés donde la capacidad de uso mayor de las tierras, sea de uso agrícola, pecuario y forestal, eligiendo de esa manera aquellas áreas identificadas como zonas de protección.

- Criterio para centros poblados

Para este criterio se utilizó el shapefile de centros poblados obtenido de la Zonificación Ecológica Económica – Cajamarca, se consideró una distancia no menos a 1000 m de un centro poblado

- Criterio centros de salud

Para este criterio se utilizó el shapefile de centros de salud obtenido de la Ministerio de Salud, para evitar riesgos a la salud se consideró una distancia no menos a 1000 m de un centro de salud.

- Criterio de centros educativos

Para este criterio se utilizó el shapefile de centros de salud obtenido de la Ministerio de Educación, para evitar riesgos se consideró una distancia no menor a 1000 m de un centro educativo.

- Criterio para fallas geológicas

Para este criterio se utilizó el shapefile de fallas geológicas obtenido del Instituto Geológico, Minero y Metalurgico, no se podrán escoger zonas que presenten fallas geológicas, por lo tanto, el relleno de residuos sólidos no debe estar situado a una distancia menor de 2000 m de una falla geológica.

- Criterio para zonas arqueológicas

Para este criterio se utilizó el shapefile de sitios arqueológicos, obtenido del Ministerio de Cultura, la preservación del patrimonio arqueológico es un criterio importante, el terreno no debe estar ubicado a una distancia menor de 1000 m de una zona arqueológica.

- Criterio para cobertura vegetal

Para este criterio se utilizó la cartografía de cobertura y uso actual de la tierra proveniente del proceso de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) del departamento de Cajamarca. El shapefile correspondiente fue descargado y actualizado al año 2019 mediante el análisis e interpretación de imágenes satelitales Landsat y el uso del software SAS Planet. Esta

actualización permitió contar con una base de datos geoespacial confiable y actualizada para el análisis.

El uso actual de la tierra constituye un insumo fundamental en los estudios de planificación territorial, ya que permite identificar, delimitar y representar de forma cartográfica la distribución espacial de las principales actividades socioeconómicas desarrolladas por la población en un territorio definido y durante un periodo determinado. Gracias a esta información, fue posible discriminar y clasificar los distintos tipos de cobertura vegetal presentes en el distrito en estudio, lo cual resulta clave para la toma de decisiones respecto al uso y manejo del territorio.

En el marco de la evaluación de aptitud territorial para la ubicación de un relleno sanitario, este criterio cumple un papel determinante. Se consideraron como coberturas no aptas aquellas asociadas a usos con alto nivel de interacción humana o valor ecológico y paisajístico, tales como los cultivos transitorios, lagunas, mosaicos de pastos y cultivos, y el tejido urbano. Estas zonas presentan una alta densidad de población, actividades económicas intensivas o recursos naturales sensibles, por lo que la instalación de un relleno sanitario podría generar impactos negativos significativos.

Por otro lado, se clasificaron como coberturas aptas aquellas áreas con baja intervención antrópica y escasa presencia poblacional, tales como afloramientos rocosos, arbustales, herbazales, pastos naturales y tierras desnudas. Estas zonas ofrecen mejores condiciones desde el punto de vista ambiental y social para el emplazamiento de infraestructura como rellenos sanitarios, al minimizar los riesgos de afectación directa a las comunidades y reducir la posibilidad de conflictos de uso.

3.3.1.3. Evaluación Multicriterio (EMC). Se desarrolló la Evaluación Multicriterio con el Software Arc Gis 10.5, donde se aplicaron los siguientes pasos:

El análisis se realizó mediante el método de Sumatoria Lineal Ponderada, una de las técnicas más utilizadas en modelos desarrollados en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Durante el procesamiento de los ráster, se asignaron valores a las distintas variables consideradas en el estudio.

Para la aplicación de este método en ArcGIS, a través de la herramienta **ArcToolbox**, se siguieron los siguientes pasos:

3.3.1.3.1. Reclasificación de criterios

- Se utilizó la herramienta *Spatial Analyst Tools* y la opción *Reclass*.
- En la nueva ventana de configuración, se establecieron valores específicos en la opción *Classification*, asignando puntuaciones según los criterios de cada variable.
- Se asignó el valor 0 a las áreas intangibles (marcadas en color rojo), que no serán consideradas para la construcción del relleno sanitario.
- Se asignó el valor 1 a las áreas que cumplen con los criterios establecidos, identificándolas como sitios potenciales para la instalación del relleno sanitario.

3.3.1.3.2. Análisis espacial y combinación de variables

- Una vez generados los ráster con la clasificación 0 y 1, se aplicó un nuevo geoprocesamiento.
- En *ArcToolbox*, dentro de *Spatial Analyst Tools*, se utilizó la opción *Map Algebra*, específicamente la herramienta *Raster Calculator*.
- Se asignaron los distintos ráster a la celda del procesamiento y se realizó la multiplicación entre las variables analizadas.

- Como resultado, solo aquellas áreas con valor 1 fueron consideradas, permitiendo generar un mapa final que muestra exclusivamente las zonas que cumplen con los criterios establecidos.

Este procedimiento permitió identificar de manera precisa las áreas óptimas para la instalación de la planta de residuos sólidos, garantizando que la selección del sitio cumpla con los requisitos técnicos y ambientales adecuados.

3.3.1.4. Selección de áreas óptimas para un relleno sanitario

Después de identificar los sitios potenciales, donde las áreas marcadas en amarillo representan zonas viables y las de color rojo indican áreas no aptas, se procedió a analizar aquellas zonas que aún requerían una definición más detallada. En este proceso, se consideró el tamaño de los píxeles para determinar los espacios adecuados para la ubicación del relleno sanitario.

Se generó un nuevo ráster, el cual fue convertido a Shapefile para su análisis en una tabla de atributos. En esta tabla, se creó un nuevo campo denominado "área_ha", que permitió filtrar y seleccionar aquellas áreas con una superficie igual o superior a 5 hectáreas, utilizando la herramienta de geoprocésamiento Selección por atributos. Como resultado, el mapa generado muestra exclusivamente las áreas que cumplen con esta condición.

Posteriormente, se aplicó el geoprocésamiento Smooth Polygon, con el objetivo de suavizar los bordes de las áreas seleccionadas y aumentar la precisión de sus coordenadas. Esto fue necesario debido a que los polígonos obtenidos a partir del ráster presentaban una estructura cuadrículada con vértices limitados a las coordenadas X y Y de los píxeles.

Finalmente, se proyectó el mapa definitivo con todas las áreas que cumplen con los criterios establecidos, proporcionando una representación clara y precisa de los sitios óptimos para la instalación del relleno sanitario.

3.3.1.5. Validación de áreas óptimas en campo y elaboración del mapa final de Sitios Potenciales para relleno sanitario

Las áreas identificadas fueron contrastadas y verificadas in situ, considerando los criterios establecidos. Para ello, se registraron sus coordenadas mediante GPS y se documentó el uso actual del suelo en cada ubicación.

Tras la verificación en campo, se elaboró el mapa final con las áreas seleccionadas para la localización del relleno sanitario en el distrito de Namora.

El ráster obtenido a partir de la Evaluación Multicriterio, que contenía las áreas que cumplían con todos los criterios establecidos, fue convertido a Shapefile para la generación del mapa final, denominado "Sitios potenciales para relleno sanitario"

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Determinación de la relación de la representación de variables mediante mapas temáticos con la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2025

4.1.1. *Mapa temático de hidrografía*

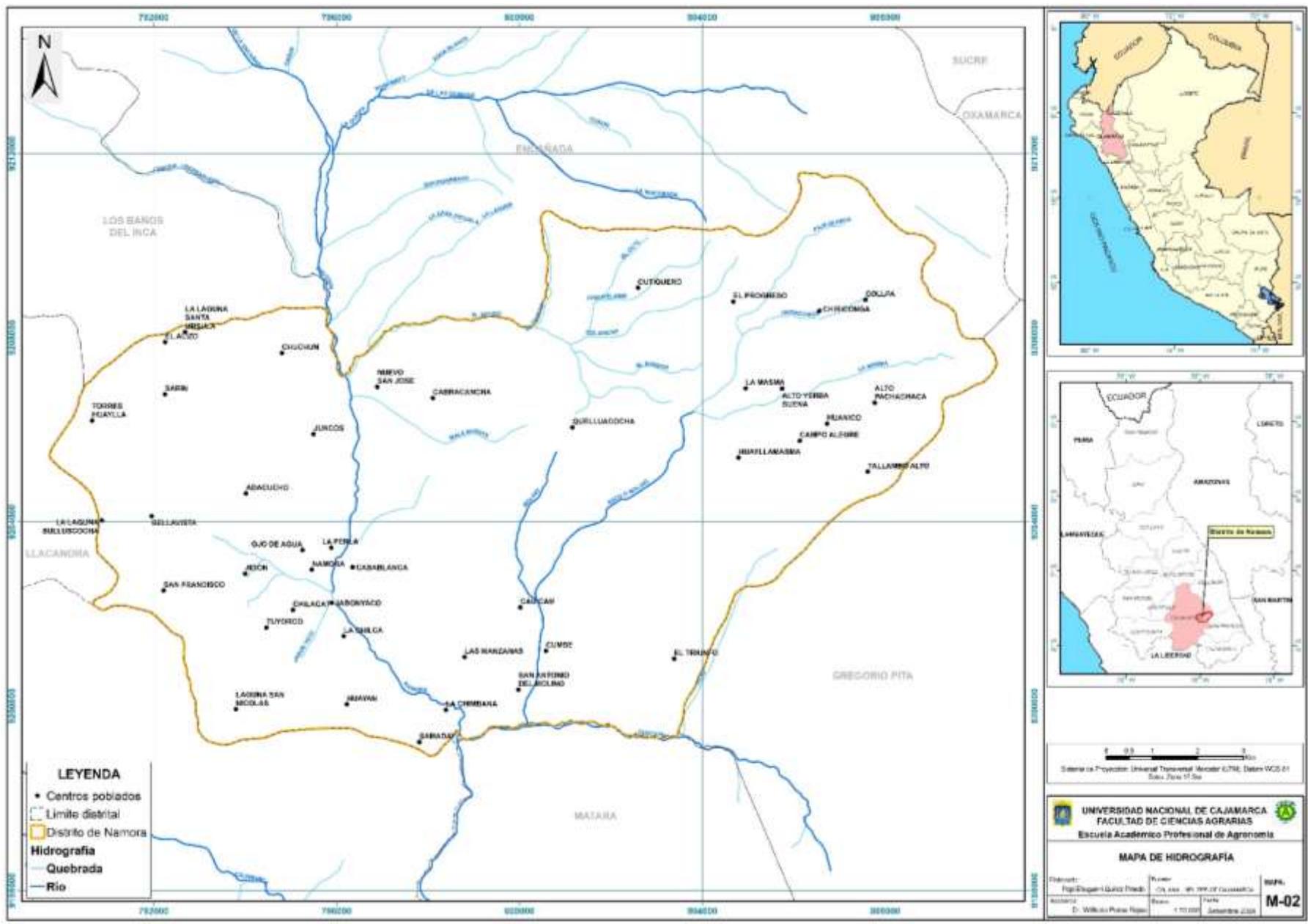
Este mapa muestra los principales ríos que atraviesan el distrito en estudio, junto con las quebradas que los alimentan. Además, se han incluido los centros poblados como referencia, facilitando la ubicación de estas fuentes de agua superficial.

El distrito de Namora cuenta con dos cuencas hidrográficas principales: la del río Namora y la del río Seco o Molino, cada una con su respectivo río principal del mismo nombre. En todo el distrito, existen aproximadamente 15 quebradas que actúan como afluentes de estos dos ríos principales, recorriendo el territorio en estudio.

Las aguas de ambos ríos principales desembocan en el río Cajamarquino, que a su vez vierte sus aguas en el río Crisnejas. Este último forma parte del sistema hidrográfico del río Marañón, perteneciente a la vertiente hidrográfica del Amazonas, cuyo destino final es el océano Atlántico.

Figura 2

Mapa temático de hidrografía



Con el fin de analizar la relación entre la red hidrográfica y la ubicación del relleno sanitario, se aplicaron los criterios establecidos en la metodología de este estudio. Para ello, se generaron dos zonas de influencia mediante el uso de buffers: una a una distancia menor de 500 metros y otra a una distancia mayor. Los resultados derivados de este análisis espacial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3

Áreas para el criterio de hidrografía

Criterio	Descripción	Área (ha)	Área (%)	Valoración Hidrografía
Menor a 500 m	No puede construirse relleno	10,643.98	67.57	0
Mayor a 500 m	Sí puede construirse relleno	5,108.31	32.43	1
Total		15,752.29	100	-

A partir de la tabla, se observa que el 67.57% del área del distrito no es apta para la construcción de un relleno sanitario, ya que se encuentra a menos de 500 metros de una fuente de agua superficial. Por esta razón, esta área recibió una valoración de 0. Esto se debe a que, según la literatura, la cercanía de un relleno sanitario a cuerpos de agua puede generar riesgos significativos de contaminación, ya sea por filtración de lixiviados hacia los cuerpos hídricos o por alteración en la calidad del agua potable disponible. Este criterio es ampliamente respaldado en estudios como los de Trajano et al. (2025) y Kang et al. (2024), donde se enfatiza la necesidad de evitar ubicaciones cercanas a fuentes hídricas para proteger los ecosistemas acuáticos y la salud pública.

Por otro lado, el 32.43% del territorio se encuentra a más de 500 metros de distancia de una fuente de agua, por lo que se considera apto para la construcción del relleno sanitario, obteniendo una valoración de 1. Esta clasificación coincide con lo observado en estudios previos, como el de Mvula et al. (2023), quienes han resaltado la

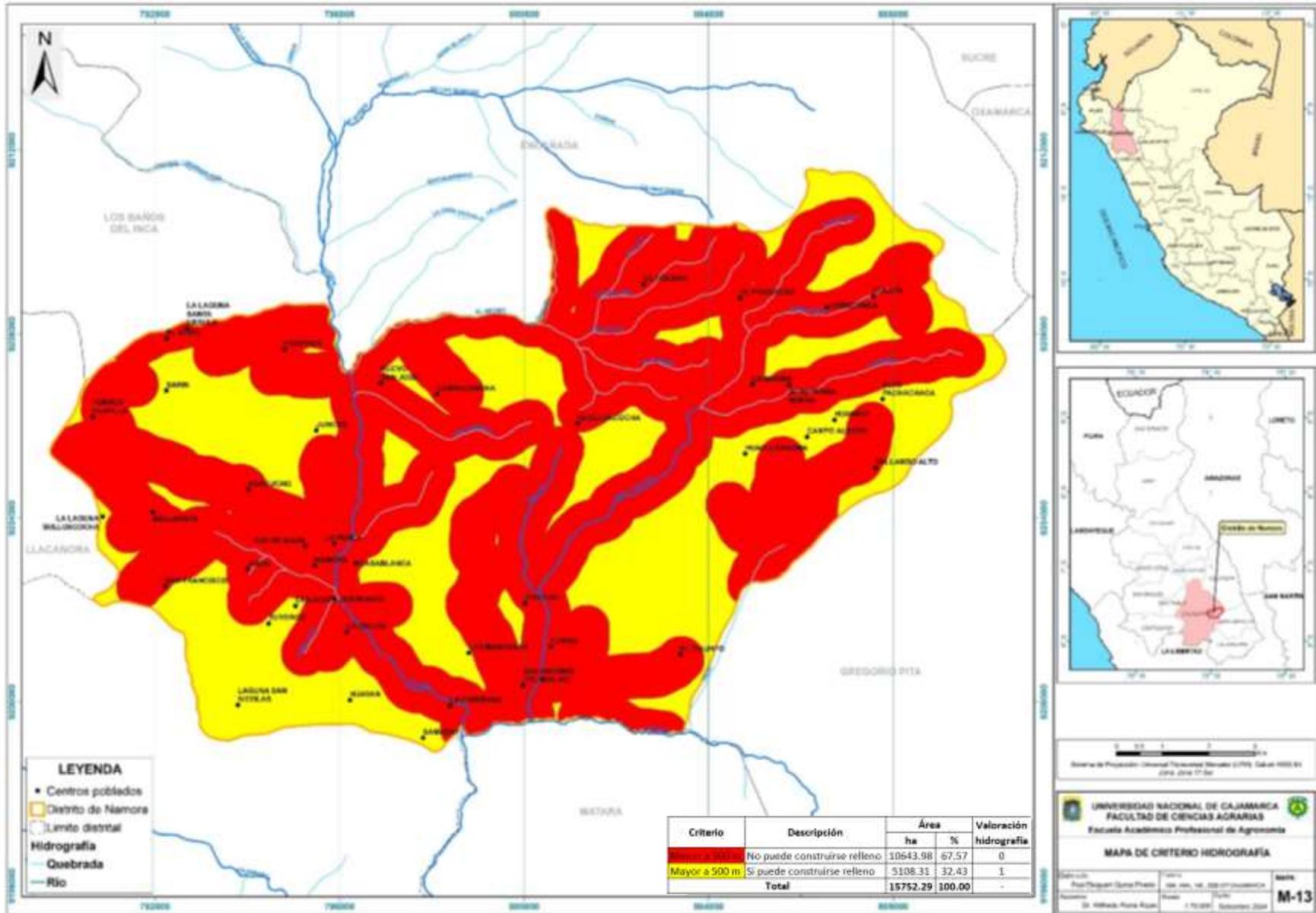
importancia de establecer zonas de exclusión alrededor de cuerpos de agua para asegurar la seguridad ambiental y la sostenibilidad a largo plazo del vertedero.

Sin embargo, es importante resaltar que, aunque el área considerada apta cumple con el criterio de distancia a fuentes hídricas, aún debe someterse a un análisis más completo que contemple otros factores ambientales y de infraestructura, tal como lo plantean Arabeyyat et al. (2024) y Bhowmick et al. (2024) en sus estudios, donde se combinan múltiples criterios para una selección más robusta de sitios adecuados para rellenos sanitarios.

En resumen, los resultados de este análisis de hidrología confirman que la ubicación de rellenos sanitarios cerca de cuerpos de agua debe ser evitada para prevenir la contaminación de fuentes hídricas. Sin embargo, se debe considerar este factor como solo uno de los muchos que influyen en la selección final de un sitio adecuado, tal como lo indican las investigaciones previas.

Figura 3

Mapa temático para el criterio de Hidrografía

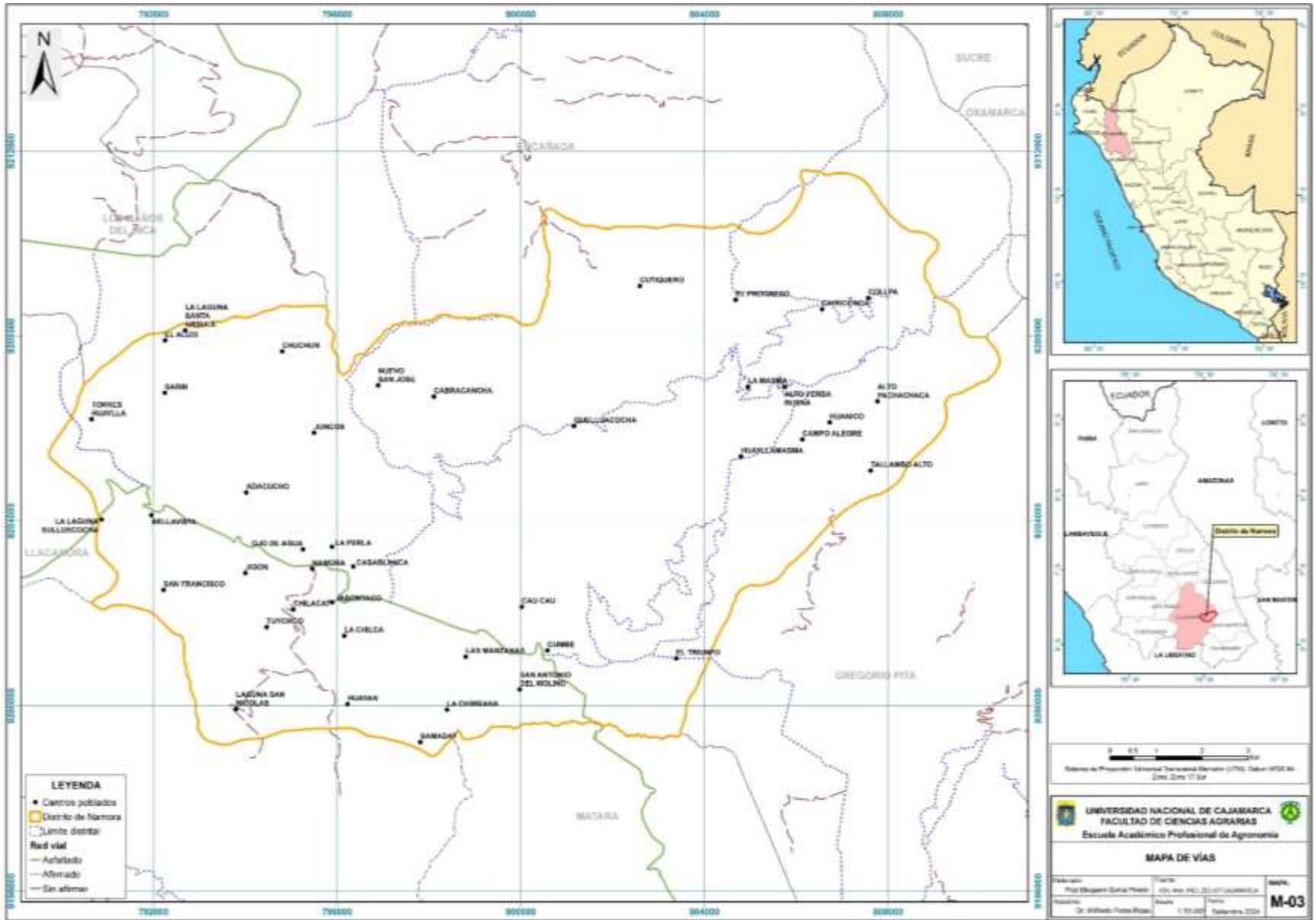


4.1.2. *Mapa temático de red vial*

Se elaboró un mapa temático de la red vial del distrito de Namora con base en el estado de la infraestructura existente. Las vías fueron clasificadas en asfaltadas, afirmadas y sin afirmar, tomando como referencia el mapa vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Figura 4

Mapa de red vial



Para evaluar la relación entre el mapa de la red vial y la ubicación del relleno sanitario, se aplicó el criterio correspondiente establecido en la metodología del estudio. Dicho criterio considera la delimitación de zonas de influencia mediante buffers de 500 y 2000 metros alrededor de la red vial, con el objetivo de identificar áreas que, conforme a los lineamientos metodológicos, presentan condiciones favorables o restrictivas para la instalación de un relleno sanitario, el cual se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4

Áreas obtenidas para el criterio de red vial

Criterio	Descripción	Área (ha)	Área (%)	Valoración vías
Menor a 500 m	No puede construirse un relleno sanitario	6640.28	42.15	0
Mayor a 500 m	Sí puede construirse un relleno sanitario	8912.44	56.58	1
Mayor a 2000 m	No puede construirse un relleno sanitario	199.57	1.27	0
Total		15752.29	100	-

Los resultados del análisis sobre la proximidad a la red vial del distrito muestran que una proporción significativa del área, 42.15%, se encuentra a menos de 500 metros de una red vial, lo que hace esta área inapropiada para la construcción de un relleno sanitario, y por lo tanto se le asignó una ponderación de 0. Este hallazgo está en línea con los estudios de Dobocho et al. (2023) y Bhowmick et al. (2024), quienes subrayan la importancia de evitar la ubicación de rellenos sanitarios en áreas con alta accesibilidad vial debido a los riesgos logísticos y operativos que implica el alto volumen de tráfico y la cercanía a zonas urbanas.

Por otro lado, 56.58% del área se encuentra a más de 500 metros, pero menos de 2000 metros de una red vial, lo que se considera adecuado para la construcción del relleno sanitario, obteniendo una ponderación de 1. Esta distancia es óptima, ya que permite un

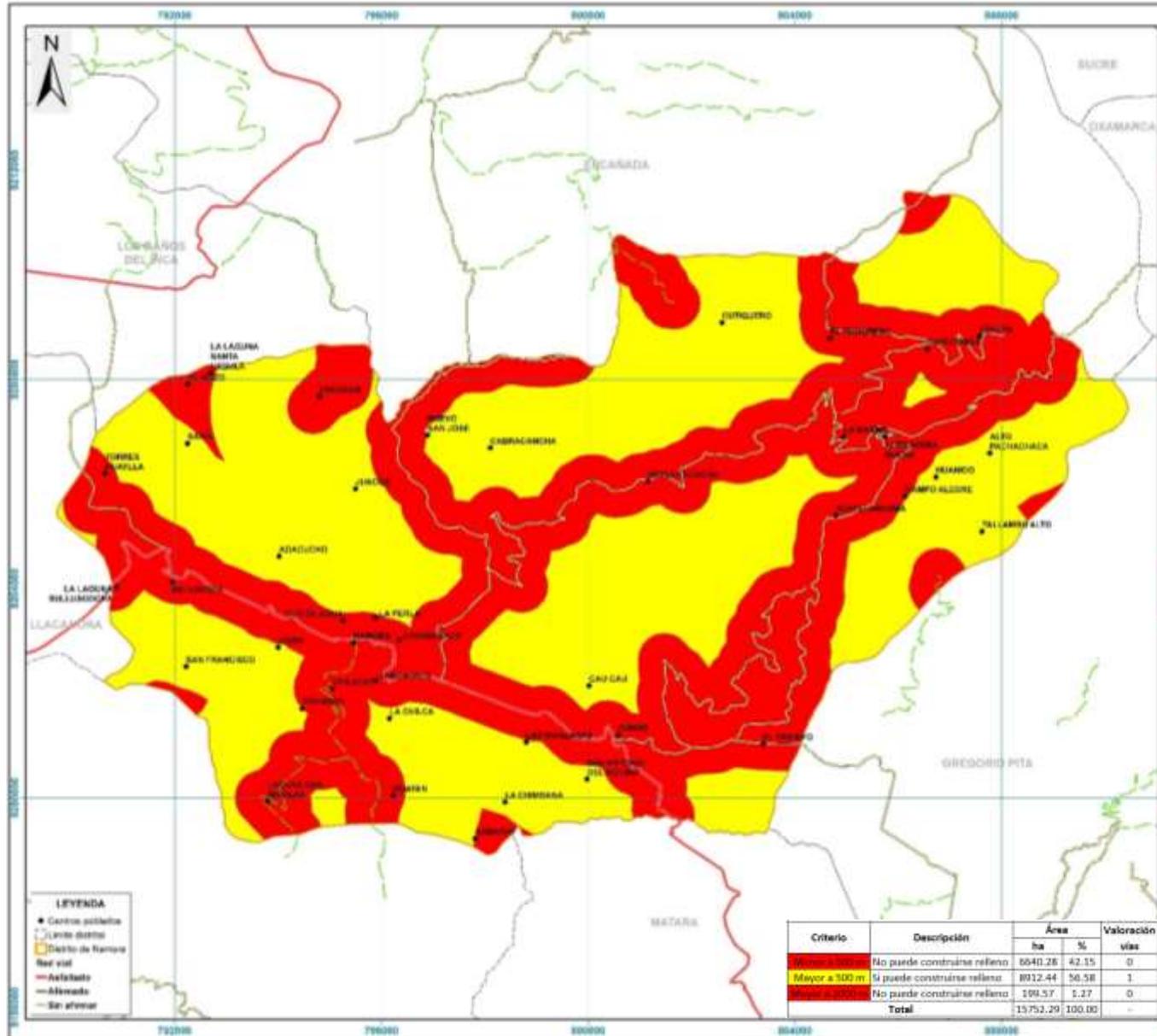
acceso adecuado para la recolección de residuos, mientras se minimizan los impactos negativos en las comunidades cercanas. Este concepto se alinea con los resultados de Trajano et al. (2025), quienes sugieren que la accesibilidad a infraestructuras viales, como carreteras, es crucial para la eficiencia operativa de los vertederos, pero debe mantenerse una distancia prudente para evitar la sobrecarga de tráfico y los posibles conflictos con áreas residenciales.

En contraste, solo el 1.27% del área se encuentra a más de 2000 metros de la red vial, lo que se considera inapropiado para la construcción de un relleno sanitario, obteniendo una ponderación de 0. Esto es consistente con lo observado en Kang et al. (2024), quienes destacan que una distancia excesiva a las infraestructuras viales puede resultar en costos operativos elevados y complicaciones logísticas para el transporte de residuos, dificultando la operación eficiente del relleno sanitario.

En resumen, los resultados refuerzan la importancia de una ubicación estratégica cerca de una red vial, que facilite tanto la operación como la accesibilidad, mientras se limita la proximidad a las áreas urbanas y se evitan distancias excesivas que puedan generar ineficiencias. Este análisis coincide con las recomendaciones de la literatura sobre la importancia del acceso vial para garantizar el funcionamiento adecuado y la sostenibilidad del relleno sanitario a largo plazo.

Figura 5

Mapa temático para el criterio de la red vial



- LEYENDA**
- Centros poblados
 - Centro distrito
 - Distrito de Huancayo
 - Red vial
 - Afectado
 - Afectado
 - Sin afectar

Criterio	Descripción	Área		Valoración vías
		ha	%	
Menor a 300 m	No puede construirse relleno	6640.28	42.15	0
Mayor a 300 m	Si puede construirse relleno	8912.44	56.58	1
Mayor a 300 m	No puede construirse relleno	109.57	1.27	0
Total		15762.29	100.00	-



Escala: 1:50,000
 Sistema de Proyección: UTM
 Datum: WGS 84
 Zona: 18Q
 Datum: WGS 84

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académica Profesional de Agronomía

MAPA DE CRITERIO VÍAS

Elaborado: P. Edgar Guzmán Pineda
 Fecha: 2024
 Escala: 1:50,000
 Proyección: UTM
 Datum: WGS 84
 Zona: 18Q

M-014

4.1.1. *Mapa temático de sitios arqueológicos*

Este mapa temático incorpora los sitios arqueológicos delimitados por el Ministerio de Cultura, registrando un centro arqueológico a la fecha de consulta denominado Yamobamba, el cual se encuentra ubicado en el centro poblado del mismo nombre.

Tabla 5

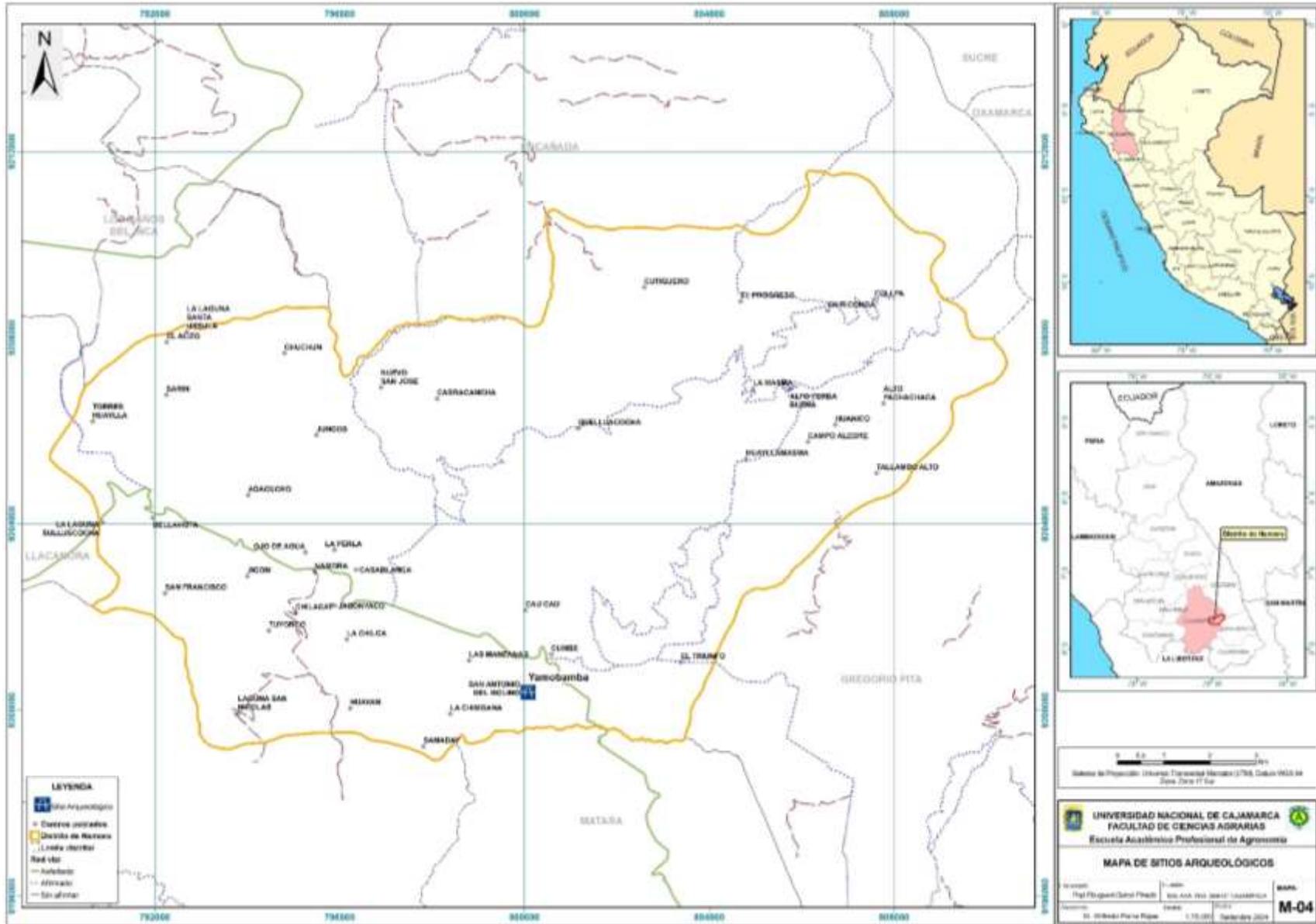
Sitios arqueológicos

Nombre	Estado	Resolución	Fecha
Yamobamba	Aprobado	RDN N° 614	11/08/2004

Nota. Tomado de Ministerio de cultura, (2024)

Figura 6

Mapa temático de sitios arqueológicos



Para evaluar la relación del mapa de sitios arqueológicos con la ubicación del relleno sanitario, se aplicó el criterio correspondiente establecido en la metodología del estudio. Dicho criterio considera la delimitación de zonas de influencia mediante un buffer de 1000 metros alrededor del centro arqueológico, con el objetivo de identificar las áreas que, conforme a los lineamientos metodológicos, presentan condiciones favorables o restrictivas para la instalación de un relleno sanitario.

Se identificó que el 1.88 % del área del distrito se encuentra a menos de 1000 metros de un sitio arqueológico, lo que la hace inapropiada para la construcción de un relleno sanitario. Estas zonas se consideran inapropiadas para la instalación de un relleno sanitario debido a la alta sensibilidad cultural e histórica de los sitios arqueológicos cercanos. Por esta razón, se les ha asignado una ponderación de 0, reflejando la imposibilidad de usar estas áreas para este tipo de infraestructura. Este enfoque de delimitación con un buffer de 1000 metros es consistente con lo que sugieren Bhowmick et al. (2024), quienes recomiendan evitar las áreas cercanas a sitios de valor cultural al seleccionar los lugares para la disposición final de residuos. La cercanía de un relleno sanitario a estos sitios podría no solo afectar el patrimonio cultural, sino también generar conflictos con la comunidad y con las autoridades encargadas de la conservación del patrimonio.

En contraste, el 98.12% restante está a más de 1000 metros de distancia, siendo apta para este propósito, con una ponderación de 1. Este hallazgo destaca que la mayor parte del territorio del distrito se encuentra en áreas que no afectan directamente a los sitios arqueológicos protegidos, y, por lo tanto, se considera adecuado para el desarrollo de la infraestructura necesaria para la disposición de residuos. El uso de este criterio y la metodología del buffer de 1000 metros son también congruentes con el enfoque de Doboeh et al. (2023), quienes sugieren que las decisiones de selección de sitios para

vertederos deben incorporar un análisis detallado sobre áreas sensibles como sitios arqueológicos y patrimoniales, y restringir las construcciones cerca de estos puntos para evitar efectos adversos en la preservación del patrimonio cultural y la sostenibilidad de la comunidad.

Este enfoque metodológico refuerza la necesidad de ser conservadores y respetuosos con los espacios de valor cultural y destaca la importancia de planificar la ubicación de rellenos sanitarios de manera que se minimicen los impactos sobre estos sitios, promoviendo así la protección ambiental y cultural. En este sentido, la estrategia utilizada en el estudio muestra un compromiso claro con la gestión responsable de los recursos territoriales y con la protección del patrimonio.

En resumen, los resultados obtenidos respaldan la idea de que la mayoría del área del distrito es adecuada para la construcción de un relleno sanitario, siempre y cuando se respete el buffer de 1000 metros en torno a los sitios arqueológicos. Este análisis y los criterios utilizados contribuyen a un modelo de gestión de residuos que equilibre las necesidades ambientales y culturales del distrito.

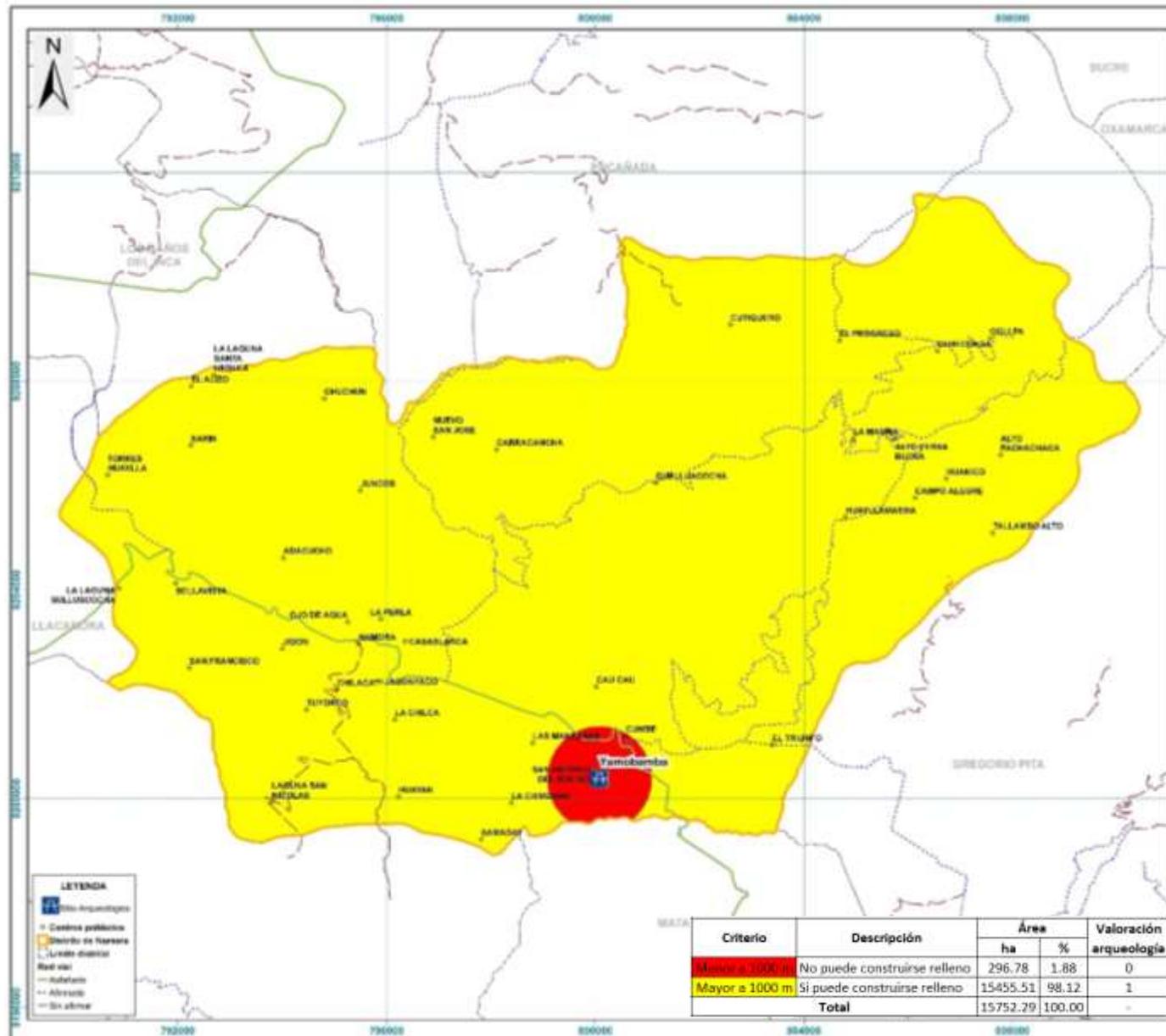
Tabla 6

Áreas obtenidas para el criterio de sitios arqueológicos

Criterio	Descripción	Área		Valoración arqueología
		ha	%	
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	296.78	1.88	0
Mayor a 1000 m	Si puede construirse relleno	15455.51	98.12	1
	Total	15752.29	100.00	-

Figura 7

Mapa temático para el criterio de sitios arqueológicos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académica Profesional de Agronomía

MAPA DE CRITERIO SITOS ARQUEOLÓGICOS

Elaborado: Prof. Shigemi Guiza Flores
 Fecha: 17 de Julio del 2018
 Escala: 1:75,000
 Edición: 2018

M-15

Criterio	Descripción	Área		Valoración arqueología
		ha	%	
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	296.78	1.88	0
Mayor a 1000 m	Si puede construirse relleno	15455.51	98.12	1
Total		15752.29	100.00	-

4.1.1. *Mapa temático de instituciones educativas*

En este mapa se utilizó información de centros educativos proveniente del Ministerio de Educación, la cual comprende un total de 39 instituciones educativas para el nivel inicial, primaria y secundaria. Estas instituciones se encuentran distribuidas a lo largo de todo el territorio del distrito.

Tabla 7

Instituciones educativas del distrito de Namora

Nombre de la institución educativa	Centro poblado	Coordenadas	
		Este	Norte
82216	Bellavista	791965	9204080
82980	Sarin	792310	9206773
82217	Chuchun	794849	9207646
Francisco Bolognesi	El Aliso	792291	9207883
821232	La Chilca	796179	9201526
82219	Laguna San Nicolas	793817	9199912
82865	Quelluacocha	801209	9206048
82883	La Masma	804906	9206904
82876	Cau Cau	800028	9202121
821300	Las Manzanas	798782	9201065
821348	Jigon	793971	9202848
82078	Chilacate	795456	9202319
821371	Huaylla Masma	804804	9205464
Cegecom el Progreso	El Progreso	804682	9208761
821237	El Triunfo	803380	9201037
Santa Rosa	Namora	795665	9202819
860	Cutiquero	802614	9209068
887	Sarin	792325	9206787

917	Chuchun	795502	9208368
919	La Collpa	807567	9208805
921	Huaylla Masma	804826	9205450
918	El Progreso	804695	9208774
Jabonyaco	Jabonyaco	795034	9201223
Jigon	Jigon	793993	9202881
Bellavista	Bellavista	791944	9204096
Ciro Alegria Bazan	Quelluacocha	801143	9205986
Alto Polloquito	Alto Polloquito	800914	9209241
827	Juncos	795526	9205851
898	El Triunfo	803362	9201036
22	Namora	795114	9203011
761	Quelluacocha	801199	9206011
Segundo Briones Vargas	Namora	795563	9202767
82	Namora	795619	9202800
Fco Bolognesi	Juncos	795537	9205877
915	Chilacate	795990	9201655
922	La Amistad	806012	9206637
82221	Nuevo San José	796907	9206949
768	Nuevo San José	796797	9206955
82897	Cutiquero	802602	9209081

Figura 8

Mapa temático de instituciones educativas del distrito de Namora

Para analizar la correspondencia espacial entre los centros educativos y la ubicación propuesta para el relleno sanitario, se empleó el criterio metodológico establecido en el estudio. Dicho criterio contempla la delimitación de zonas de influencia mediante la generación de un buffer de 1000 metros alrededor de cada institución educativa, con la finalidad de identificar aquellas áreas que, conforme a los lineamientos metodológicos, resultan compatibles o incompatibles con la instalación de un relleno sanitario.

Los resultados indican que el 39.16% del área del distrito no es apta para la construcción de un relleno sanitario, debido a su proximidad a un centro educativo, por lo que recibió una valoración de 0. La proximidad a las instituciones educativas es un criterio importante, ya que se debe considerar el impacto potencial sobre la salud de los estudiantes y el personal educativo, derivado de la posible contaminación del aire, el agua y el suelo por los residuos sólidos. Este tipo de instalaciones no solo puede generar riesgos sanitarios, sino que también puede alterar el entorno de aprendizaje, lo que puede afectar negativamente la calidad educativa y el bienestar de la comunidad escolar.

Este análisis es consistente con los estudios de Kang et al. (2024), quienes subrayan la importancia de evitar la construcción de vertederos cerca de zonas residenciales y educativas, ya que la presencia de residuos sólidos puede afectar la salud pública, sobre todo en áreas sensibles como escuelas y hospitales. La identificación de áreas cercanas a estos centros como no aptas para la disposición final de residuos refleja un compromiso con el bienestar de los niños y la comunidad educativa, alineándose con las mejores prácticas en la planificación territorial y el manejo de residuos.

En contraste, el 60.84% del territorio del distrito se encuentra a más de 1000 metros de distancia de un centro educativo, considerándose adecuado para la construcción del relleno sanitario. En consecuencia, esta área obtuvo una valoración de 1. Estas áreas

se consideran seguros para la instalación de la infraestructura necesaria para la disposición de residuos, ya que se reduce el riesgo de exposición de la comunidad educativa a potenciales contaminantes. La distancia adecuada entre las instituciones educativas y las infraestructuras de residuos es clave para garantizar que las actividades de disposición de residuos no tengan un impacto negativo en las generaciones futuras y en el entorno educativo. Este resultado es coherente con la investigación de Trajano et al. (2025), que destaca la importancia de la proximidad a centros educativos en la selección de sitios para vertederos, ya que las infraestructuras relacionadas con residuos deben estar alejadas de áreas sensibles para proteger la salud pública, la educación y el bienestar general de las comunidades cercanas.

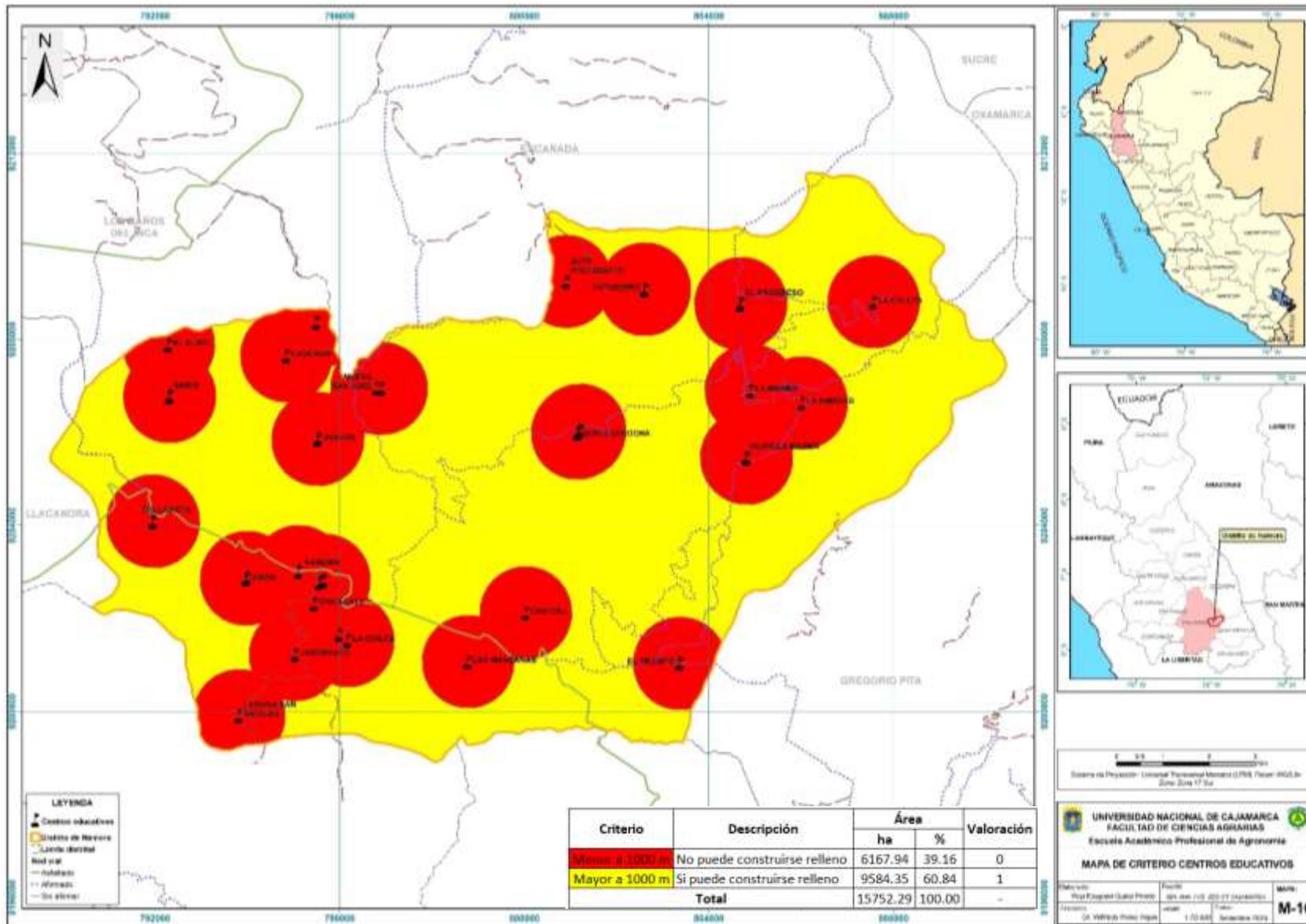
Tabla 8

Áreas obtenidas para el criterio de instituciones educativas

Criterio	Descripción	Área		Valoración
		ha	%	
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	6167.94	39.16	0
Mayor a 1000 m	Si puede construirse relleno	9584.35	60.84	1
	Total	15752.29	100.00	-

Figura 9

Mapa temático para el criterio de instituciones educativas



4.1.2. *Mapa temático de centros poblados*

En el presente mapa temático se identifican un total de 42 centros poblados distribuidos de manera espacial a lo largo del territorio del distrito de Namora. Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la población total del distrito asciende a 9,267 habitantes, de acuerdo con los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2017(INEI, 2017).

Tabla 9

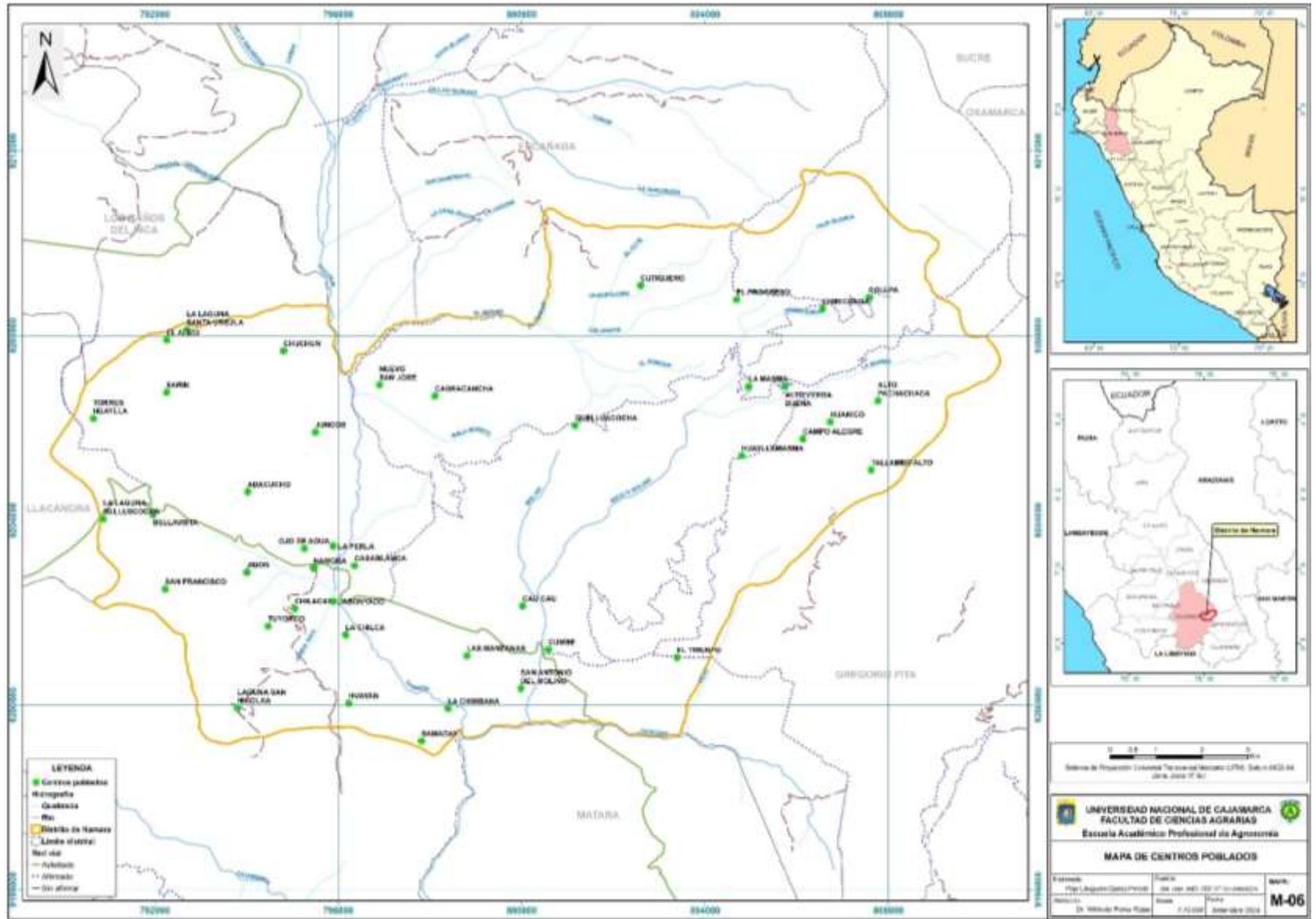
Centros poblados del distrito de Namora

Centro poblado	Coordenadas	
	Este	Norte
Samaday	797814	9199220
Laguna San Nicolas	793801	9199935
La Chimbana	798393	9199920
Huayan	796230	9200042
San Antonio Del Molino	799978	9200357
El Triunfo	803386	9201031
Las Manzanas	798803	9201066
Cumbe	800581	9201200
La Chilca	796158	9201518
Tuyorco	794467	9201706
Chilacat	795050	9202088
Cau Cau	800020	9202144
Jabonyaco	795893	9202244
San Francisco	792222	9202509
Jigon	794002	9202876
Namora	795462	9202964
Casablanca	796354	9203016
Ojo De Agua	795259	9203388

La Perla	795888	9203441
La Laguna Sulluscocha	790872	9204032
Bellavista	791958	9204125
Adacucho	794023	9204617
Tallambo Alto	807621	9205090
Huayllasma	804793	9205396
Campo Alegre	806133	9205763
Juncos	795499	9205906
Quelluacocho	801161	9206051
Torres Huaylla	790654	9206202
Huanico	806729	9206131
Alto Pachachaca	807770	9206588
Cabracancha	798109	9206691
Sarin	792250	9206771
Nuevo San Jose	796895	9206932
La Masma	804946	9206901
Alto Yerba Buena	805746	9206897
Chuchun	794807	9207667
El Alizo	792255	9207904
La Laguna Santa Ursula	792692	9208121
Chiriconga	806562	9208578
El Progreso	804681	9208781
Collpa	807569	9208822
Cutiquero	802593	9209082

Figura 10

Mapa temático de centros poblados del distrito de Namora



Con el propósito de evaluar la relación espacial entre los centros poblados y la ubicación propuesta para el relleno sanitario, se aplicó el enfoque metodológico definido en el estudio. Este enfoque establece la creación de una zona de influencia mediante la generación de un buffer de 1000 metros alrededor de cada centro poblado, lo que permite determinar qué áreas son aptas o no para albergar un relleno sanitario, según los criterios establecidos.

El análisis respecto a la proximidad a centros poblados indica que un 55.37% del área del distrito no cumple con las condiciones necesarias para la instalación de un relleno sanitario, debido a su cercanía a estas zonas habitadas. Esta área fue calificada con una valoración de 0, reflejando el riesgo que representa para la salud pública y la calidad de vida de los habitantes establecer infraestructuras de disposición de residuos en su proximidad.

La selección de sitios alejados de centros poblados es crucial para minimizar los impactos negativos sobre la población, tales como contaminación del aire y del agua, olores desagradables, proliferación de vectores (moscas, roedores), y la percepción social negativa hacia este tipo de infraestructura. Este criterio es respaldado por estudios como los de Arabeyyat et al. (2024) y Dobocho et al. (2023), quienes enfatizan que la distancia a zonas urbanas y rurales es un parámetro clave en la selección adecuada de sitios para rellenos sanitarios.

Por otro lado, el 44.63% del territorio distrital sí cumple con el criterio de estar a más de 1000 metros de cualquier centro poblado y, por tanto, fue considerado como apto para la construcción del relleno sanitario, con una valoración de 1. Estas áreas, al estar más alejadas de núcleos poblacionales, reducen significativamente el riesgo de conflictos sociales y problemas de salud, y garantizan mayor aceptación social y operatividad del sistema de manejo de residuos.

Este hallazgo es coherente con los estudios de Mvula et al. (2023), quienes encontraron que muchos sitios actualmente utilizados para disposición de residuos estaban ubicados cerca de asentamientos humanos, lo cual generaba riesgos tanto ambientales como sociales. Asimismo, Kang et al. (2024) destacan que un enfoque sistemático para la selección de vertederos debe contemplar con rigurosidad la distancia mínima a centros urbanos o poblados, asegurando así la sostenibilidad del sistema.

En resumen, aunque más de la mitad del distrito se encuentra en zonas que no cumplen con este criterio, el 44.63% restante representa una oportunidad viable para la instalación del relleno sanitario. Este resultado refuerza la importancia de integrar el análisis espacial con criterios técnicos y sociales, para lograr un manejo de residuos eficiente, sostenible y socialmente aceptado.

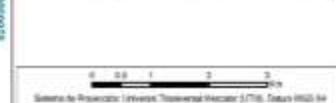
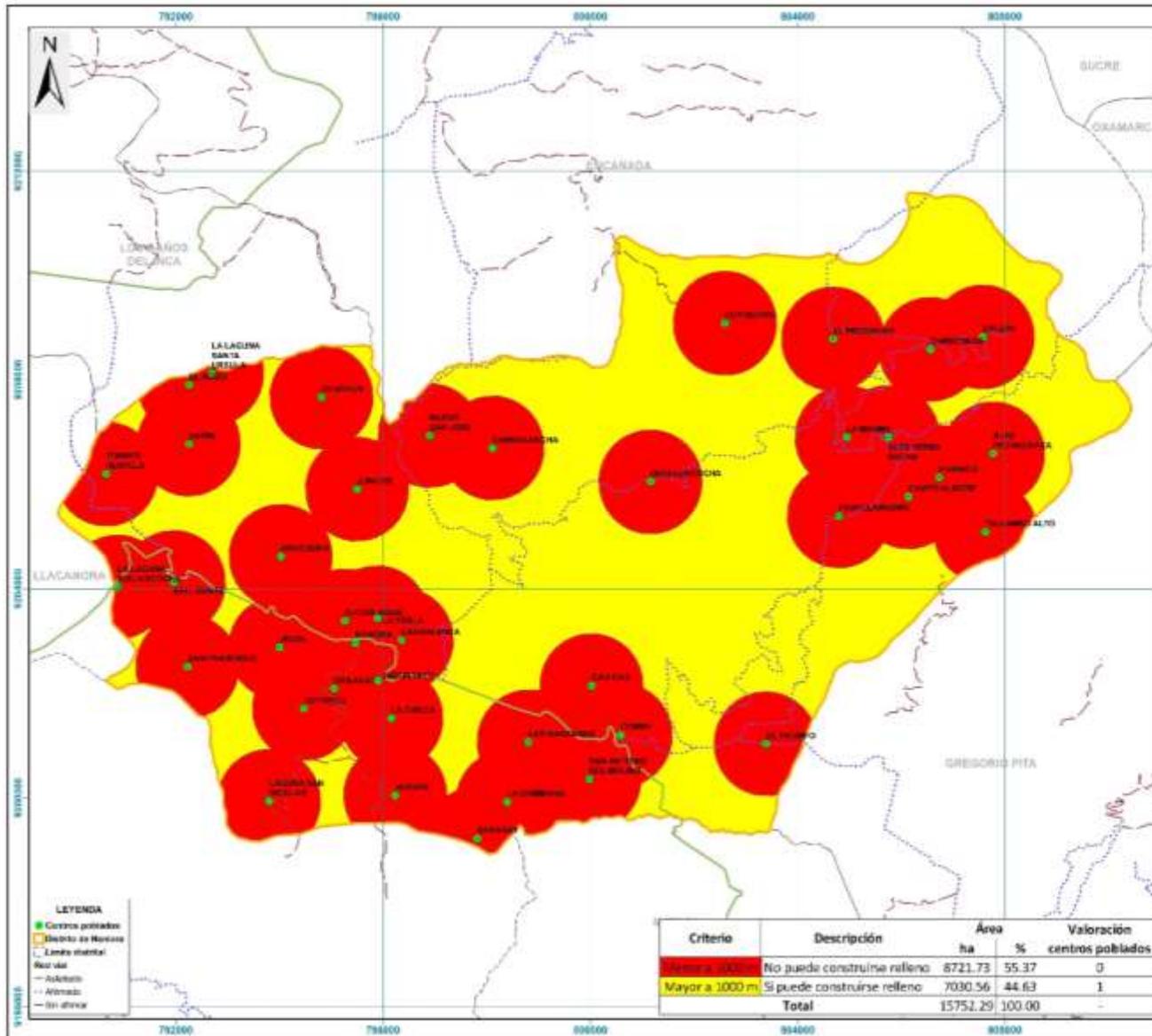
Tabla 10

Áreas obtenidas para el criterio de centros poblados

Criterio	Descripción	Área (ha)	Área (%)	Valoración Centros Poblados
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	8,721.73	55.37	0
Mayor a 1000 m	Sí puede construirse relleno	7,030.56	44.63	1
Total		15,752.29	100	-

Figura 11

Mapa temático para el criterio de centros poblados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académica Profesional de Agronomía

MAPA DE CRITERIO CENTROS POBLADOS

Autor: MSc. Dr. Wilfredo Pareda Pareda
 Fecha: 2024
 Edición: 1.0
 Versión: 2024

M-17

4.1.3. *Mapa temático de centros de salud*

En este mapa se observan 4 centros de salud, los cuales se encuentran distribuidos espacialmente en todo el distrito de Namora.

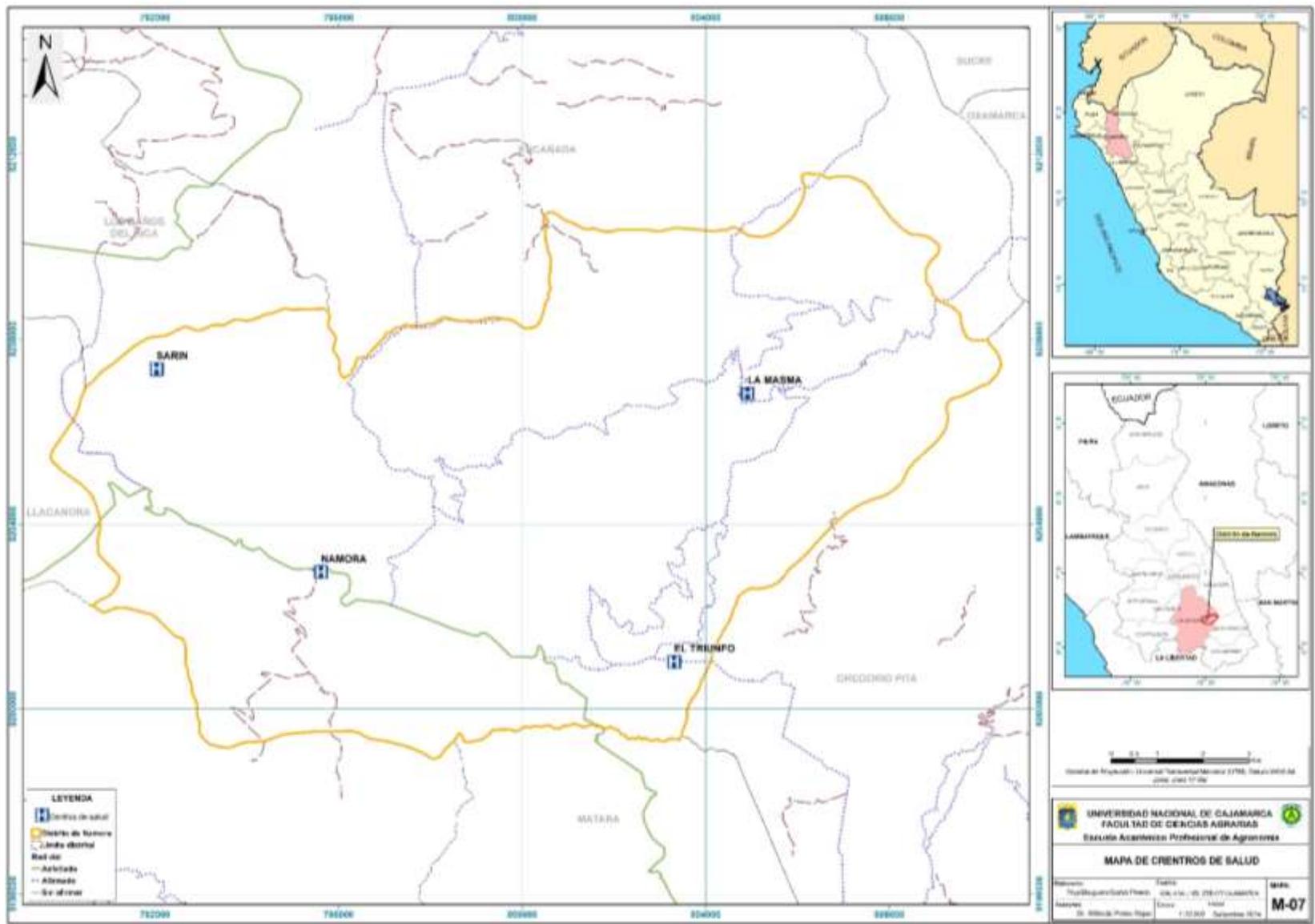
Tabla 11

Centros de salud del distrito de Namora

Nombre centro de salud	Centro Poblado	Coordenadas	
		Este	Norte
El Triunfo	El Triunfo	803311	9201024
La Masma	La Masma	804913	9206829
Namora	Namora	795617	9202962
Sarin	Sarin	792035	9207359

Figura 12

Mapa temático de centros de salud del distrito de Namora



Con la finalidad de analizar la relación espacial entre los centros de salud y la ubicación propuesta para el relleno sanitario, se utilizó el enfoque metodológico establecido en el estudio. Dicho enfoque considera la delimitación de zonas de influencia mediante la creación de un buffer de 1000 metros alrededor de cada centro poblado, lo cual permite identificar las áreas compatibles o no con la instalación del relleno sanitario, conforme a los criterios definidos.

Los resultados del análisis espacial reflejan que el 92.49% del distrito cumple con los criterios de distanciamiento mínimo respecto a los centros de salud, al ubicarse a más de 1000 metros de estos, por lo cual se considera como área apta para la localización de un relleno sanitario, asignándole una valoración de 1. En cambio, el 7.51% del territorio se encuentra dentro del radio de influencia de 1000 metros alrededor de un centro de salud, y ha sido clasificado como no apto para esta infraestructura, con una valoración de 0.

Estos hallazgos están en concordancia con lo planteado por estudios como el de Bhowmick et al. (2024) y Arabeyyat et al. (2024), quienes señalan que el distanciamiento respecto a instituciones sensibles incluidos hospitales y centros de salud es esencial para evitar impactos negativos sobre la salud pública. La cercanía a estos centros puede generar molestias por malos olores, proliferación de vectores o riesgo de contaminación del aire, afectando directamente a personas que requieren atención médica constante.

Asimismo, este criterio contribuye a salvaguardar el bienestar general de la población, alineándose con lo señalado por Mvula et al. (2023), quien resalta la necesidad de preservar la salud de las comunidades mediante la adecuada selección del sitio de disposición final de residuos.

Por tanto, se confirma que la mayor parte del distrito ofrece condiciones favorables desde el punto de vista sanitario, y este criterio no representa una gran

limitación territorial para la identificación de zonas potenciales para la ubicación del relleno sanitario.

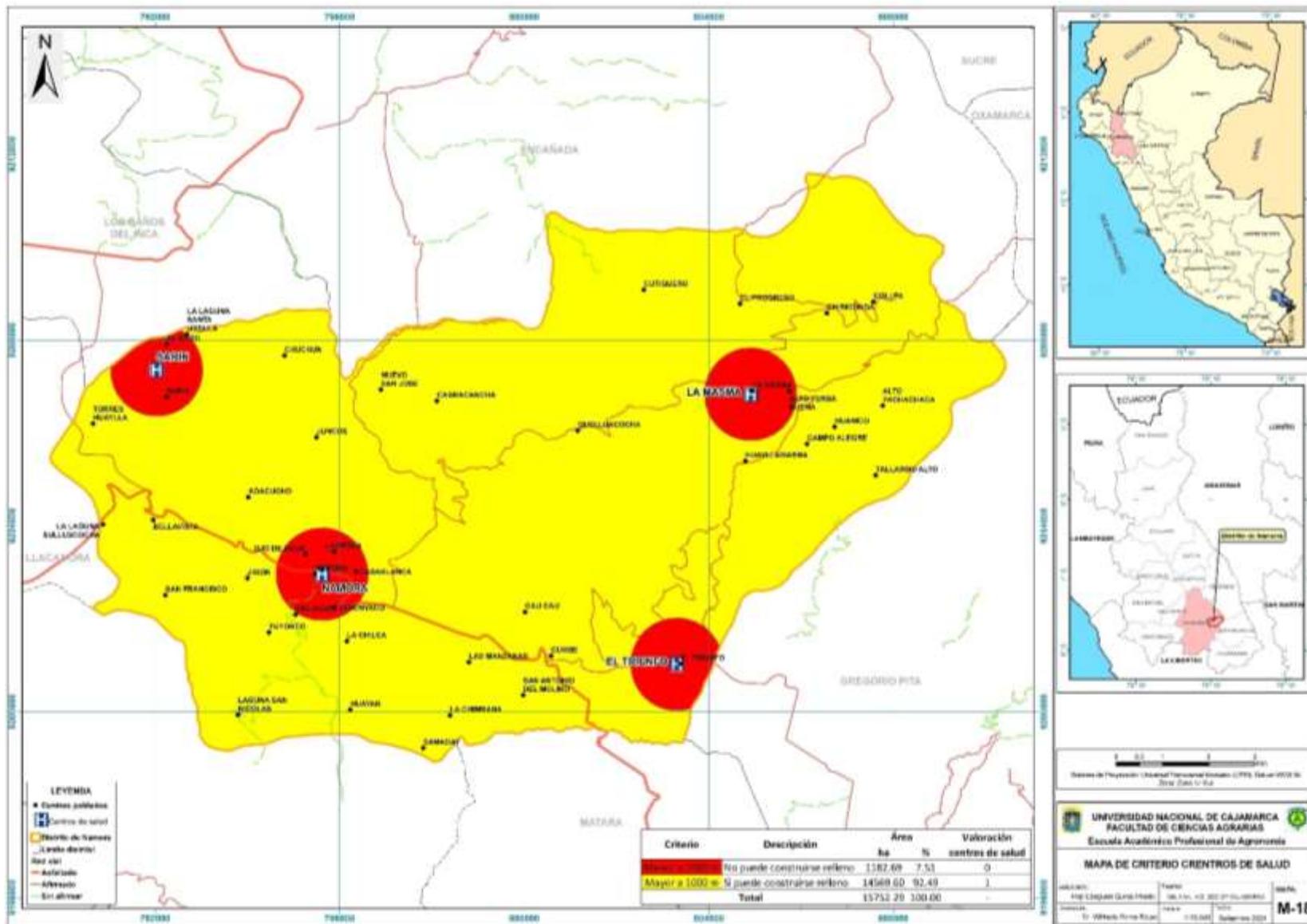
Tabla 12

Áreas obtenidas para el criterio de centros de salud

Criterio	Descripción	Área		Valoración centros de salud
		ha	%	
Menor a 1000 m	No puede construirse relleno	1182.69	7.51	0
Mayor a 1000 m	Si puede construirse relleno	14569.60	92.49	1
	Total	15752.29	100.00	-

Figura 13

Mapa temático para el criterio de centros de salud



4.1.4. *Mapa temático de capacidad de uso mayor (CUM)*

En el mapa temático de CUM se puede evidenciar que existen tres tipos de uso mayor. Las tierras aptas para producción forestal F3c - P2e representan el 56.13% del área del distrito, siendo las de mayor predominancia. Le siguen las tierras aptas para cultivo en limpio A2sc, que abarcan un 29.22%. Por último, el menor porcentaje corresponde a las tierras aptas para pastos y tierras de protección P1c – X, con un 14.65% del territorio distrital.

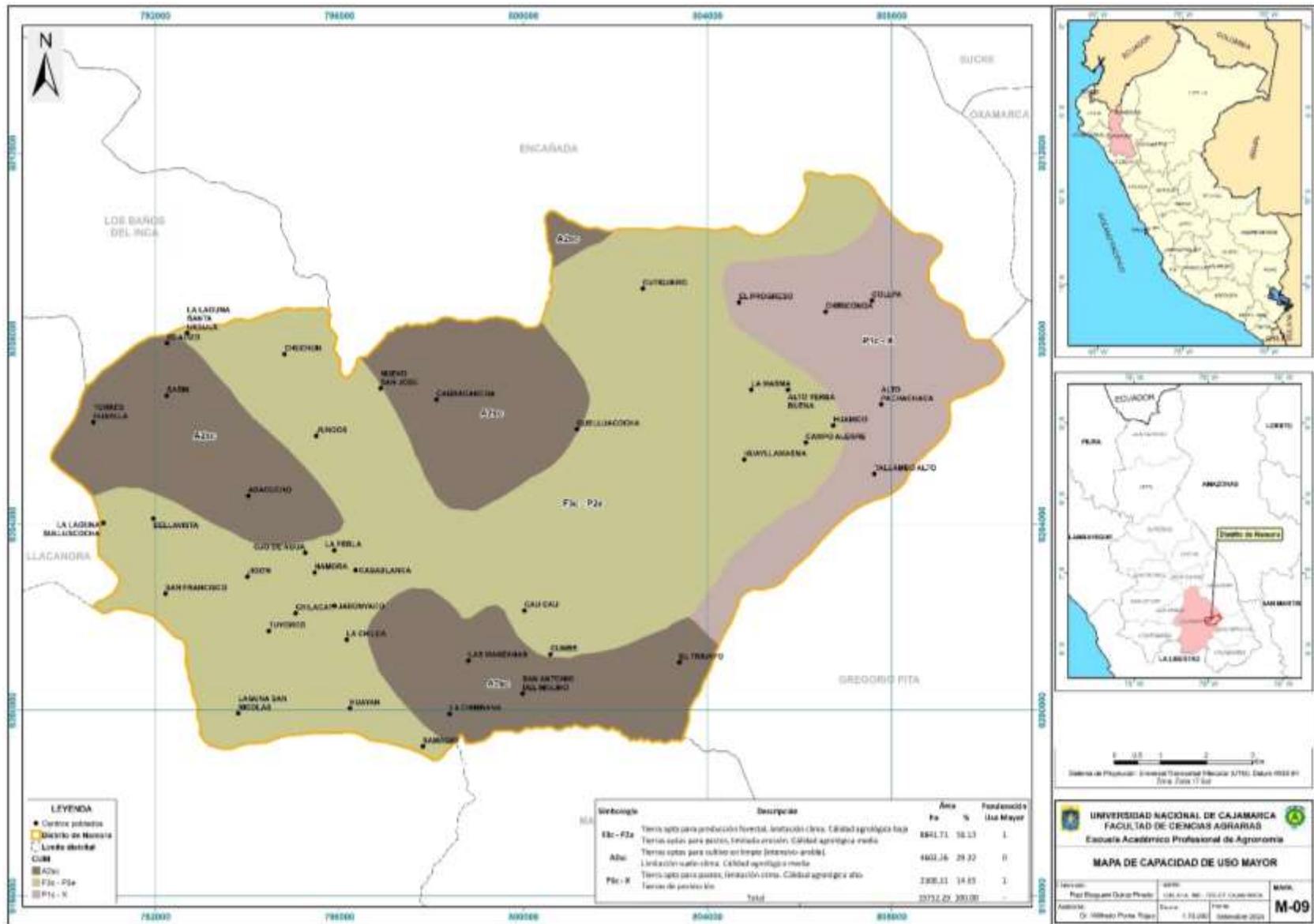
Tabla 13

Capacidad y uso mayor de las tierras (CUM) para el distrito de Namora

Simbología	Descripción	Área	
		ha	%
F3c - P2e	Tierras aptas para producción forestal, limitación por clima. Calidad agrológica baja. Tierras aptas para pastos, limitada erosión. Calidad agrológica media	8841.71	56.13
A2sc	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable). Limitación suelo y clima. Calidad agrológica media	4602.26	29.22
P1c - X	Tierra apta para pastos, limitación clima. Tierras de protección	2308.31	14.65

Figura 14

Mapa temático de capacidad y uso mayor (CUM) del distrito de Namora



Para analizar la correspondencia espacial entre la Capacidad de Uso Mayor (CUM) del suelo y la ubicación propuesta para el relleno sanitario, se aplicó el criterio metodológico definido en el presente estudio. Este criterio establece que deben excluirse las zonas clasificadas como tierras de cultivo en limpio destinadas a la agricultura, ya que estas áreas, además de tener un mayor valor productivo, suelen estar asociadas a la presencia de población y actividades económicas intensivas, lo que incrementa el riesgo de conflictos sociales y ambientales.

En su lugar, se priorizaron áreas clasificadas como aptas para producción forestal, así como aquellas de baja calidad agrológica, donde predominan tierras destinadas a pastos o categorizadas como tierras de protección. Estas áreas presentan limitaciones naturales como clima adverso o susceptibilidad a la erosión, por lo que su valor productivo es bajo, y resultan más apropiadas para albergar infraestructura sanitaria.

La evaluación basada en la Capacidad de Uso Mayor (CUM) del suelo permitió discriminar áreas de alto valor agrícola, que deben ser preservadas, de aquellas con menor aptitud productiva, que representan oportunidades para la instalación de infraestructuras como los rellenos sanitarios. Los resultados muestran que el 70.78% del territorio distrital fue clasificado como apto, al encontrarse sobre suelos con limitaciones agrológicas principalmente tierras para producción forestal, pastos o de protección, asignándole una ponderación de 1. Solo el 29.22% del distrito fue considerado no apto, al tratarse de tierras agrícolas actualmente en uso, con una valoración de 0.

Estos resultados son coherentes con lo expuesto por Dobocho et al. (2023) y Mvula et al. (2023), quienes destacan que uno de los principios clave en la selección de sitios para disposición final de residuos sólidos es evitar el conflicto con el uso del suelo agrícola, ya que esto puede afectar directamente la seguridad alimentaria local y provocar tensiones sociales. La priorización de áreas marginales o de baja productividad permite

minimizar el conflicto con actividades económicas esenciales y proteger el potencial agrícola del distrito.

Asimismo, como señalan Trajano et al. (2025) y Arabeyyat et al. (2024), elegir zonas con menor competencia por el uso del suelo no solo facilita la viabilidad técnica y social del proyecto, sino que también asegura una menor presión sobre ecosistemas frágiles y favorece una planificación territorial más sustentable.

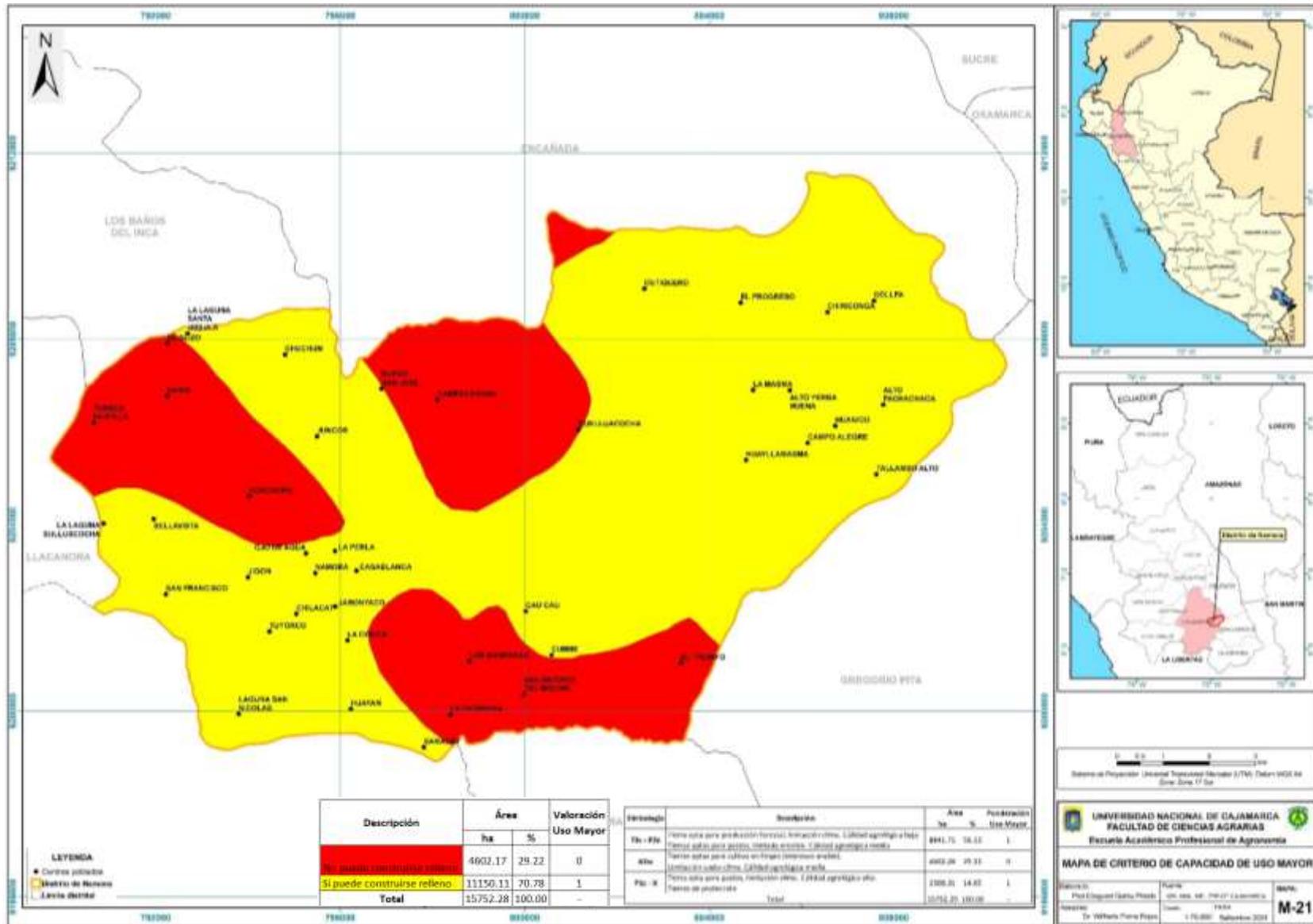
Tabla 14

Áreas obtenidas para el criterio de capacidad de uso mayor (CUM)

Descripción	Área		Valoración Uso Mayor
	ha	%	
No puede construirse relleno	4602.17	29.22	0
Si puede construirse relleno	11150.12	70.78	1
Total	15752.29	100.00	-

Figura 15

Mapa temático para el criterio de capacidad de uso mayor (CUM)

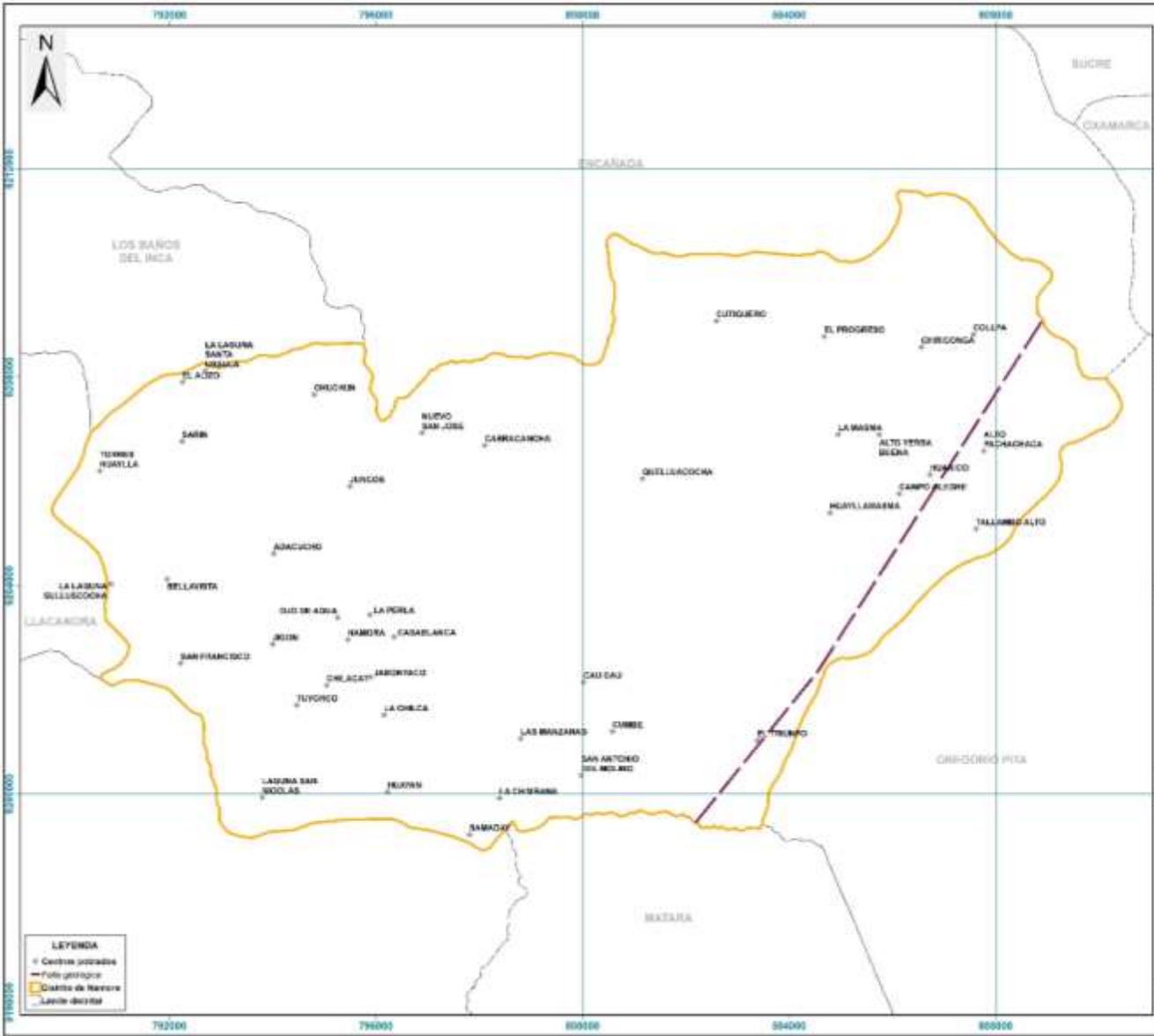


4.1.1. *Mapa temático de fallas geológicas*

Este mapa temático identifica la presencia de una única falla geológica en el distrito de Namora. Esta falla se ubica en la zona este del distrito, atravesando los centros poblados de El Triunfo, Campo Alegre, Huanico y Alto Pachachaca.

Figura 16

Mapa temático de fallas geológicas del distrito de Namora



LEYENDA
 * Centros poblados
 --- Faltas geológicas
 [Yellow Box] Cuadro de Narvaes
 [Dashed Purple Line] Límite de falla



0 0.5 1 2 3 4 5
 Kilómetros
 Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator (UTM), Datum: WGS 84, Zona: Zona 17 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE FALLAS GEOLÓGICAS

Elaborado: [Blank] Fecha: [Blank]
 Revisado: [Blank] Año: [Blank]
 Escala: 1:20,000
 M-19

Con la finalidad de analizar la relación espacial entre la capa de fallas geológicas y la ubicación propuesta para el relleno sanitario, se utilizó el enfoque metodológico establecido en el estudio. Dicho enfoque considera la delimitación de zonas de influencia mediante la creación de un buffer de 2000 metros alrededor de la falla geológica, lo cual permite identificar las áreas aceptables o no con la instalación del relleno sanitario, conforme a los criterios definidos.

La consideración de las fallas geológicas como criterio restrictivo en la selección de sitios para rellenos sanitarios es crucial, dado el riesgo geotécnico y sísmico que representan estas estructuras. El análisis espacial desarrollado permitió identificar que el 75.60% del territorio distrital se encuentra a más de 2000 metros de distancia de una falla geológica, cumpliendo con los parámetros de seguridad geológica y estructural definidos en la metodología del estudio. En consecuencia, estas zonas fueron consideradas aptas para la instalación del relleno sanitario.

Por otro lado, el 24.40% del área del distrito se ubicó dentro del radio de influencia directa de las fallas, por lo que se consideró no apto para esta infraestructura. Esta decisión está alineada con los criterios técnicos establecidos por Bhowmick et al. (2024) y Kang et al. (2024), quienes recomiendan evitar áreas cercanas a fallas activas o potencialmente inestables, debido al riesgo de filtraciones, rupturas en las estructuras de confinamiento, y generación de deslizamientos o colapsos, que podrían afectar negativamente la estabilidad del sistema de disposición final.

Además, estudios como el de Arabeyyat et al. (2024) destacan que la localización de rellenos sanitarios en zonas alejadas de fallas reduce significativamente los costos de ingeniería relacionados con la estabilización del terreno y la impermeabilización, lo cual incrementa la eficiencia técnica y económica del proyecto.

En síntesis, los resultados obtenidos evidencian que el territorio distrital cuenta con una proporción significativa de suelo con condiciones geológicas favorables para la instalación del relleno sanitario, reforzando la viabilidad técnica del proyecto desde el enfoque de la seguridad estructural y ambiental.

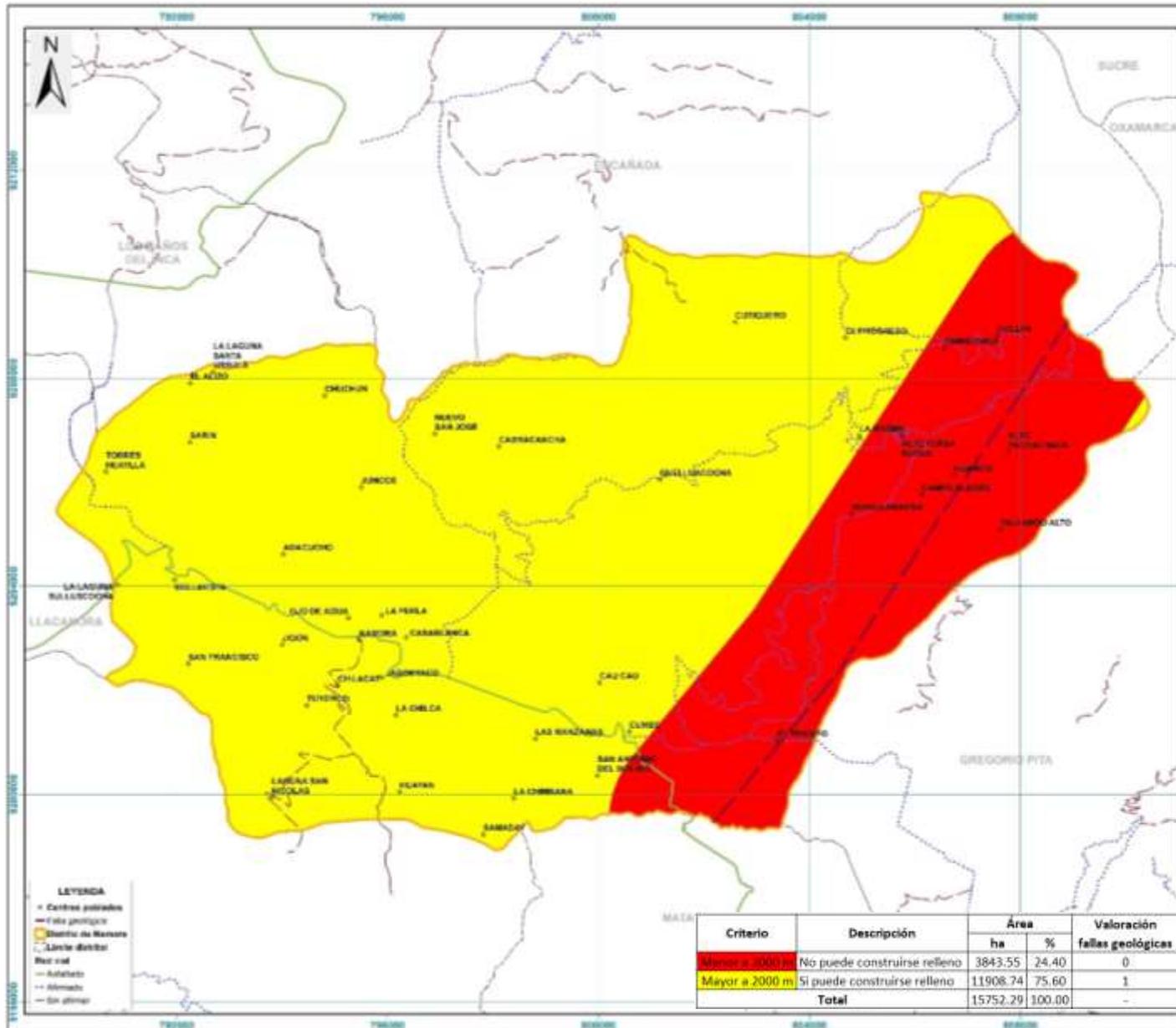
Tabla 15

Áreas obtenidas para el criterio de fallas geológicas

Criterio	Descripción	Área		Valoración fallas geológicas
		ha	%	
Menor a 2000 m	No puede construirse relleno	3843.55	24.40	0
Mayor a 2000 m	Si puede construirse relleno	11908.74	75.60	1
	Total	15752.29	100.00	-

Figura 17

Mapa temático para el criterio de fallas geológicas



0 0.5 1 2 3 Kilómetros
 Sistema de Referencia: UTM, Datum: WGS 84, Zona: 17 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE OAJAMARCA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académica Profesional de Agronomía

MAPA DE CRITERIO FALLAS GEOLÓGICAS

Elaborado: [Nombre del autor]
 Fecha: [Fecha]
 Escala: [Escala]
 M-19

Criterio	Descripción	Área		Valoración fallas geológicas
		ha	%	
Menor a 2000 m	No puede construirse relleno	3843.55	24.40	0
Mayor a 2000 m	Si puede construirse relleno	11908.74	75.60	1
Total		15752.29	100.00	-

4.1.2. *Mapa temático de geología*

En este mapa temático, se identificaron 14 tipos de formaciones geológicas en el área de estudio. La formación predominante es la Formación Farrat, que abarca una superficie de 5,839.71 hectáreas, equivalente al 37.07% del territorio distrital. En contraste, la formación con menor representación es la Formación Condebamba, que cubre apenas 6.30 hectáreas, lo que representa el 0.04% del área total del distrito.

Tabla 16

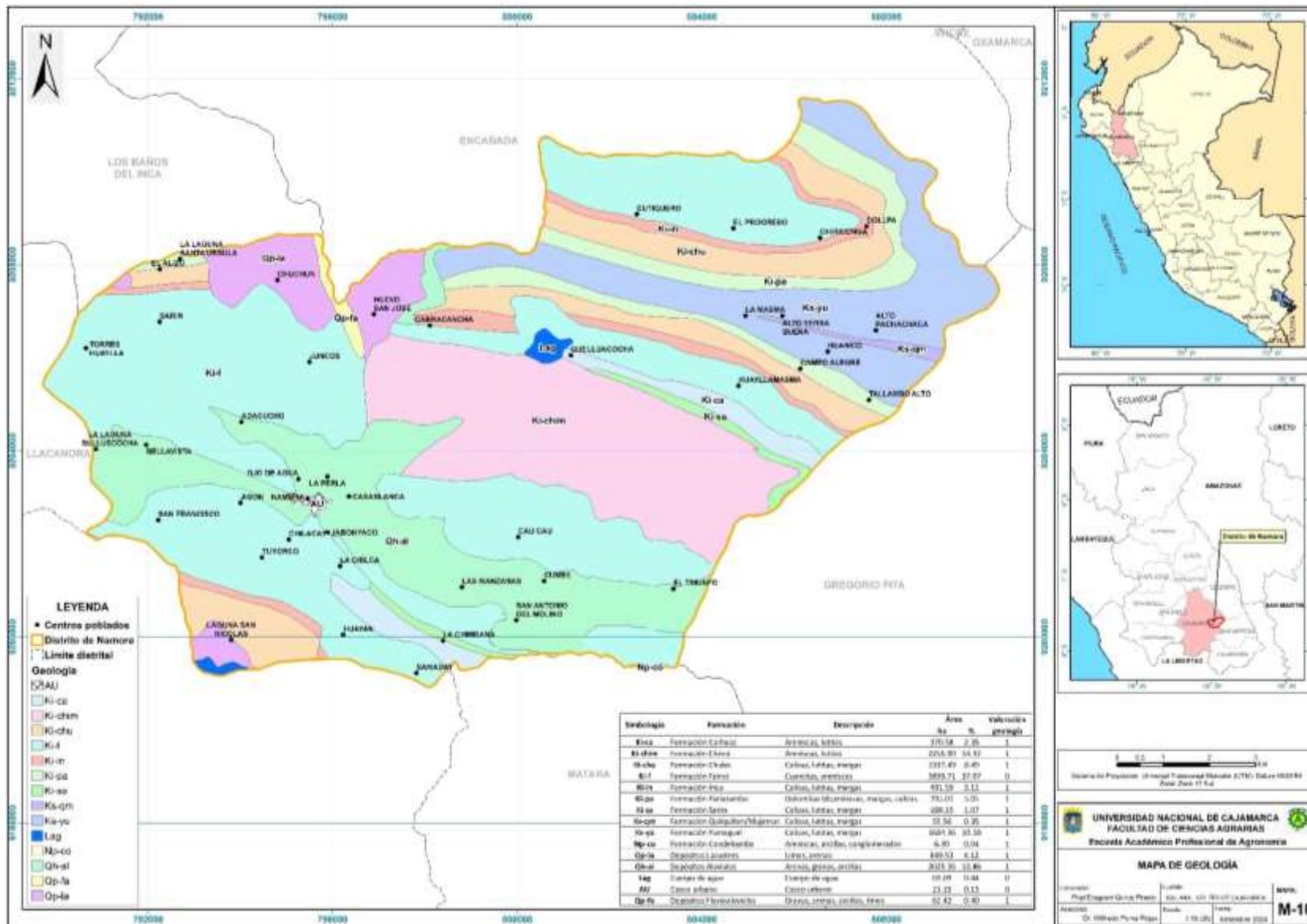
Clasificación geológica para el distrito de Namora

Simbología	Formación	Descripción	Área	
			ha	%
Ki-ca	Formación Carhuaz	Areniscas, lutitas	370.58	2.35
Ki-chim	Formación Chimú	Areniscas, lutitas	2256.00	14.32
Ki-chu	Formación Chulec	Calizas, lutitas, margas	1337.49	8.49
Ki-f	Formación Farrat	Cuarcitas, areniscas	5839.71	37.07
Ki-in	Formación Inca	Calizas, lutitas, margas	491.59	3.12
Ki-pa	Formación Pariatambo	Dolomitas bituminosas, margas, calizas	795.01	5.05
Ki-sa	Formación Santa	Calizas, lutitas, margas	168.15	1.07
Ks-qm	Formación Quilquiñan/Mujarrun	Calizas, lutitas, margas	55.56	0.35
Ks-yu	Formación Yumagual	Calizas, lutitas, margas	1604.36	10.18
Np-co	Formación Condebamba	Areniscas, arcillas, conglomerados	6.30	0.04
Qp-la	Depósitos Lacustres	Limos, arenas	649.53	4.12
Qh-al	Depósitos Aluviales	Arenas, gravas, arcillas	2025.35	12.86
Lag	Cuerpo de agua	Cuerpo de agua	69.09	0.44
AU	Casco urbano	Casco urbano	21.15	0.13

Qp-fa	Depósitos	Gravas, arenas, arcillas,	62.42	0.40
	Fluvioaluviales	limos		

Figura 18

Mapa temático de geología del distrito de Namora



Para analizar la correspondencia espacial entre la geología del área de estudio y la ubicación propuesta para el relleno sanitario, se aplicó el criterio metodológico definido en el presente estudio. Este criterio establece que los sitios adecuados para la instalación de un relleno sanitario deben estar ubicados sobre formaciones geológicas compuestas por litologías como areniscas, lutitas, margas, calizas, dolomitas bituminosas, limosas y gravas, debido a sus características favorables en términos de estabilidad, permeabilidad y capacidad de aislamiento natural.

Los resultados del análisis geológico revelan que el 37.49 % del área total del distrito no es apta para la construcción de un relleno sanitario. Esta porción del territorio corresponde principalmente a zonas con litología de cuarcitas, arcillas, cuerpos de agua, así como al casco urbano, todos ellos considerados inadecuados por razones geotécnicas, hidrogeológicas o sociales. Las cuarcitas y arcillas pueden presentar problemas de permeabilidad o estabilidad, mientras que los cuerpos de agua y zonas urbanizadas deben ser excluidos por su sensibilidad ambiental y riesgo de afectación directa a la población. Por ello, esta área fue clasificada con una valoración de 0, indicando su exclusión del proceso de selección. Esta exclusión es coherente con lo planteado por Arabeyyat et al. (2024) y Dobocho et al. (2023), quienes advierten sobre los peligros que implica instalar rellenos en formaciones con alta permeabilidad o inestabilidad, como las cuarcitas fracturadas o arcillas expansivas, así como en zonas con valor ambiental o densamente habitadas.

En contraste, el 62.51 % del territorio distrital fue considerado apto para la ubicación del relleno sanitario, ya que cumple con los requisitos litológicos establecidos en la metodología. Estas áreas presentan una composición geológica favorable, lo que permite un mejor desempeño estructural y funcional del relleno sanitario, además de reducir riesgos asociados a filtraciones o inestabilidad del terreno. En consecuencia, esta

superficie recibió una valoración de 1, siendo clasificada como adecuada para el desarrollo de esta infraestructura.

La selección de formaciones como areniscas, lutitas, margas, calizas, dolomitas bituminosas, limosas y gravas como litologías favorables se encuentra en concordancia con estudios previos (como Kang et al., 2024; Mvula et al., 2023), que resaltan la importancia de formaciones geológicas con propiedades mecánicas estables y moderada a baja permeabilidad para minimizar riesgos de infiltración de lixiviados y asegurar un soporte estructural confiable. Estas litologías permiten no solo un mejor confinamiento de los residuos sólidos, sino también una mayor vida útil del relleno sanitario debido a la reducción de riesgos ambientales asociados.

Este análisis geológico resulta esencial para garantizar la seguridad, sostenibilidad y eficiencia operativa del relleno sanitario, contribuyendo así a una planificación territorial responsable y técnicamente fundamentada.

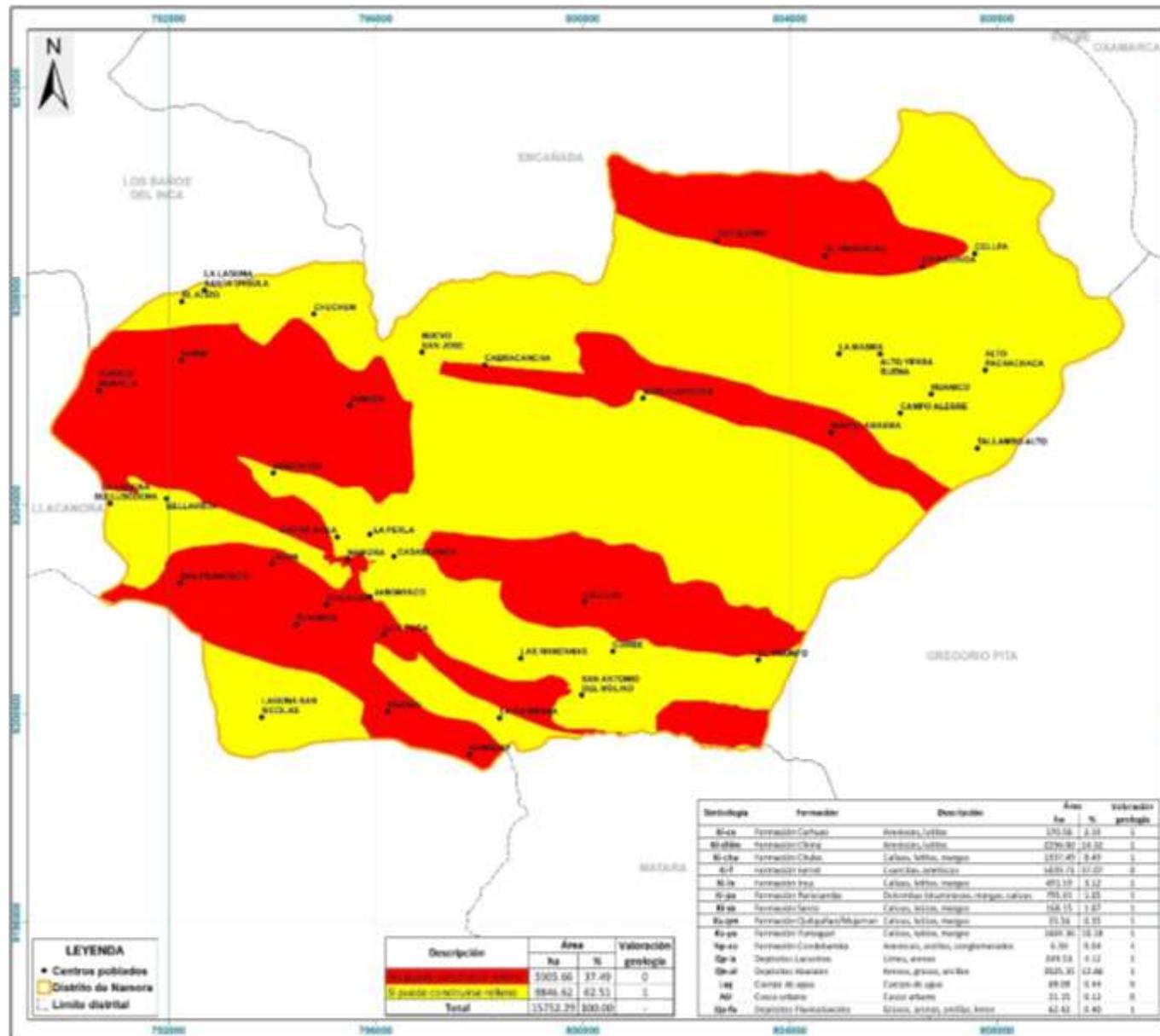
Tabla 17

Áreas obtenidas para el criterio de geología

Descripción	Área		Valoración geología
	ha	%	
No puede construirse relleno	5905.66	37.49	0
Si puede construirse relleno	9846.62	62.51	1
Total	15752.29	100.00	-

Figura 19

Mapa temático para el criterio de geología



LEYENDA

- Centros poblados
- ▭ Distrito de Nazca
- Límite distrital

Descripción	Área		Valoración geológica
	ha	%	
Yacimientos minerales	3305.66	37.49	0
Total	8846.62	62.51	1

Símbolo	Formación	Descripción	Área	Valoración geológica
		ha		%
M-aa	Formación Calhuas	Areniscas, lutitas	170.58	2.38
M-abm	Formación Chiro	Areniscas, lutitas	2295.92	26.18
M-lca	Formación Chabu	Lutitas, lutitas, margas	1237.49	9.43
M-f	Formación Isral	Cuarcitas, areniscas	1489.74	17.07
M-la	Formación Ipa	Lutitas, lutitas, margas	470.17	5.32
M-ja	Formación Jaramilla	Dolomitas, margas, margas, lutitas	755.21	8.55
M-ja	Formación Jirón	Lutitas, lutitas, margas	154.15	1.75
M-je	Formación Jilgafay/Miguel	Lutitas, lutitas, margas	33.59	0.38
M-je	Formación Jirón	Lutitas, lutitas, margas	1041.91	12.34
M-ka	Formación Conchabamba	Areniscas, lutitas, conglomerados	6.50	0.04
M-la	Dolomitas Lavanderas	Lutitas, arenas	249.54	2.82
M-lm	Dolomitas Molinos	Arenas, grases, lutitas	2025.30	22.90
M-lp	Cerro de Ipa	Cuarcas de Ipa	89.08	0.94
M-lr	Cerro urbano	Cuarcas urbanas	31.25	0.35
M-ls	Dolomitas Fluvioaluviales	Grases, lutitas, lutitas, arenas	42.63	0.48



Escuela de Postgrado Ciencias Geológicas (CIG) - Calle N° 102 de Zona Sur 17 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académica Profesional de Agronomía

MAPA DE CRITERIO GEOLOGÍA

Proyecto: Plan Director Saneamiento de Agua Potable de Nazca
 Autor: Dr. Wilfredo Pareda Pareda
 Fecha: 17/02/2020
 Versión: 01

M-22

4.1.3. *Mapa temático de cobertura vegetal*

El presente mapa temático de cobertura vegetal presenta una clasificación que identifica nueve tipos distintos de cobertura. La cobertura dominante corresponde al Mosaico de pastos y cultivos, con una superficie de 6,659.52 hectáreas, equivalente al 42.28 % del área total del distrito. Por otro lado, la cobertura con menor representación es la de Tierras desnudas, que abarca 126.26 hectáreas, lo que representa el 0.80 % del territorio distrital.

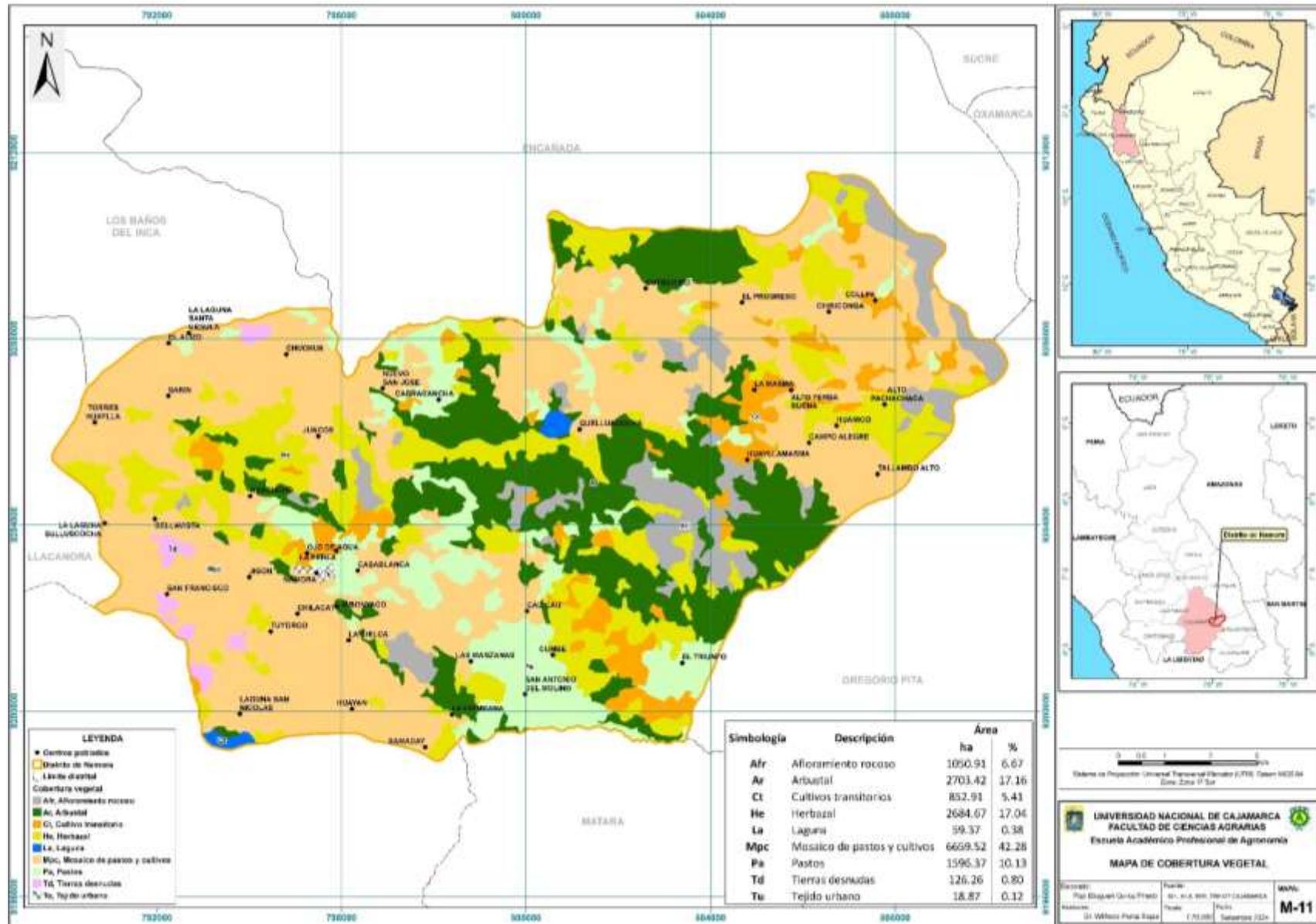
Tabla 18

Clasificación de la cobertura vegetal para el distrito de Namora

Simbología	Descripción	Área	
		ha	%
Afr	Afloramiento rocoso	1050.91	6.67
Ar	Arbustal	2703.42	17.16
Ct	Cultivos transitorios	852.91	5.41
He	Herbazal	2684.67	17.04
La	Laguna	59.37	0.38
Mpc	Mosaico de pastos y cultivos	6659.52	42.28
Pa	Pastos	1596.37	10.13
Td	Tierras desnudas	126.26	0.80
Tu	Tejido urbano	18.87	0.12

Figura 20

Mapa temático de la cobertura vegetal del distrito de Namora



En el análisis de correspondencia espacial entre la cobertura vegetal y la ubicación propuesta para el relleno sanitario, se aplicó el criterio metodológico establecido en el presente estudio, el cual considera la compatibilidad del uso actual del suelo con la instalación de este tipo de infraestructura.

Los resultados obtenidos muestran que el 51.25 % del área total del distrito no es apta para la construcción de un relleno sanitario. Esta porción del territorio comprende coberturas como cultivos transitorios, lagunas, mosaicos de pastos y cultivos, y tejido urbano. Estas zonas se caracterizan por una elevada densidad de población, una fuerte actividad económica o la presencia de recursos naturales vulnerables, lo que aumenta significativamente el riesgo de generar impactos ambientales, sociales y sanitarios negativos. Por esta razón, esta categoría recibió una valoración de 0, indicando su exclusión en la selección de áreas potenciales para el emplazamiento del relleno sanitario.

En contraste, el 48.75 % del territorio distrital fue clasificado como apto para la ubicación del relleno sanitario, de acuerdo con los lineamientos metodológicos definidos. Esta categoría abarca coberturas como afloramientos rocosos, arbustales, herbazales, pastos naturales y tierras desnudas, las cuales presentan una baja presencia humana y escasa actividad económica. Estas condiciones favorecen la ubicación de infraestructuras sanitarias al minimizar el riesgo de conflictos sociales, reducir el impacto ambiental y facilitar la implementación de medidas de control y manejo. En consecuencia, esta área fue asignada con una valoración de 1, lo que la posiciona como adecuada para su consideración en la etapa de selección final.

Este análisis constituye un componente esencial dentro del proceso de planificación territorial, al permitir identificar zonas compatibles con la instalación de un relleno sanitario, priorizando la sostenibilidad ambiental y el bienestar de la población.

Este enfoque coincide con lo propuesto por Mvula et al. (2023) y Dobocho et al. (2023), quienes destacan la importancia de evitar coberturas vegetales asociadas a actividades agrícolas o urbanas en la localización de sitios de disposición final. Además, la priorización de áreas con menor valor ecológico o productivo permite una gestión más eficiente del suelo y facilita la implementación de medidas de mitigación ambiental.

En ese sentido, la cobertura vegetal se consolida como un criterio determinante en el análisis multicriterio, al integrar variables de tipo ecológico, social y económico, contribuyendo de manera significativa a garantizar la sostenibilidad y aceptabilidad del proyecto de relleno sanitario.

Tabla 19

Áreas obtenidas para el criterio de cobertura vegetal

Descripción	Área		Valoración
	ha	%	
No puede construirse relleno	8072.81	51.25	0
Si puede construirse relleno	7679.48	48.75	1
Total	15752.29	100.00	-

Figura 21

Mapa temático para el criterio de cobertura vegetal

4.1.4. *Mapa temático de pendientes*

A partir del análisis realizado, se identificaron diversas clases de pendiente dentro del territorio distrital. La categoría predominante corresponde a terrenos ligeramente inclinados a moderadamente empinados, con un rango de pendiente del 15 % al 25 %. Esta clase ocupa una superficie de 5,558.38 hectáreas, lo que equivale al 35.29 % del total del distrito, y se asocia principalmente a áreas con potencial para actividades agrícolas mecanizadas con ciertas limitaciones, así como a zonas de pastoreo. Por otro lado, la clase menos representativa corresponde a terrenos con pendientes muy empinadas, cuya inclinación supera el 50 %. Esta categoría cubre una mínima extensión del territorio, representando apenas el 0.03 %. Estas áreas son generalmente inadecuadas para la agricultura y presentan alta susceptibilidad a procesos erosivos, siendo más apropiadas para la conservación, reforestación o actividades de protección ambiental.

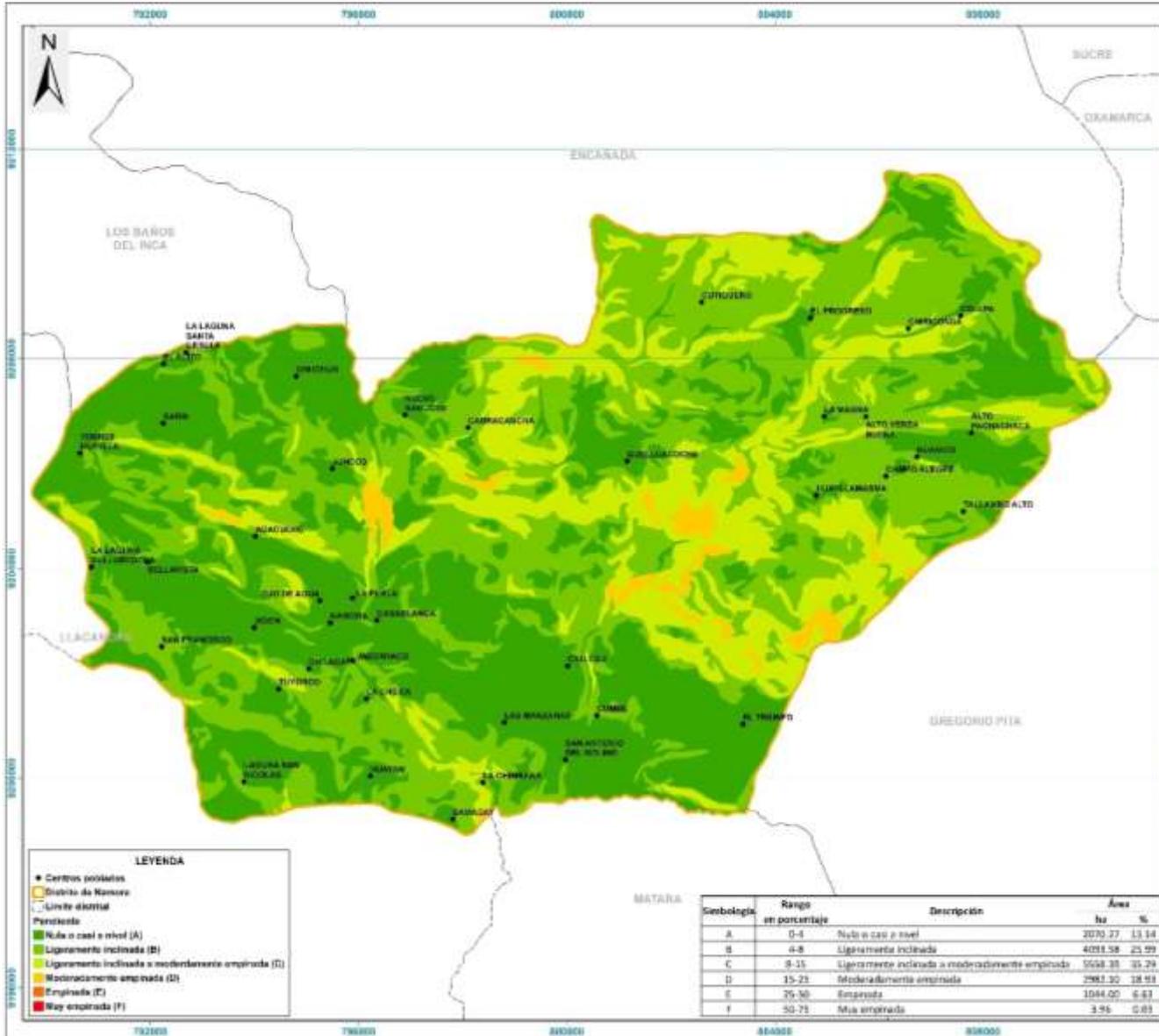
Tabla 20

Clasificación de pendientes de la superficie terrestre para el distrito de Namora

Simbología	Rango en %	Descripción	Área	
			ha	%
A	0-4	Nula o casi a nivel	2070.27	13.14
B	4-8	Ligeramente inclinada	4093.58	25.99
C	8-15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	5558.38	35.29
D	15-25	Moderadamente empinada	2982.10	18.93
E	25-50	Empinada	1044.00	6.63
F	50-75	Muy empinada	3.96	0.03

Tabla 21

Mapa temático de pendientes para el distrito de Namora



LEYENDA

- Centros poblados
- ▭ Distrito de Namasá
- ┌ Límite electoral
- Pendientes
- Nula o casi nula (A)
- Ligeramente inclinada (B)
- Ligeramente inclinada a moderadamente empinada (C)
- Moderadamente empinada (D)
- Empinada (E)
- Muy empinada (F)

Simbología	Rango en porcentaje	Descripción	Área	
			ha	%
A	0-4	Nula o casi nula	2070,77	13,14
B	4-8	Ligeramente inclinada	4091,58	25,99
C	8-15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada	5548,35	35,29
D	15-25	Moderadamente empinada	2981,30	18,93
E	25-50	Empinada	1084,00	6,83
F	50-75	Muy empinada	3,96	0,03



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CALAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE PENDIENTE

Elaborado por: Piqui Piqui Gasto Piqui	Fecha: 04.06.2016	Hoja: 01 de 01
Revisado por: Dr. Wilfredo Pareda Rojas	Fecha: 17.05.2016	Substrato: 0204

M-12

El análisis de las pendientes del terreno como factor condicionante en la selección de sitios para rellenos sanitarios resulta fundamental, ya que incide directamente en la viabilidad técnica, operativa y ambiental del proyecto. En el presente estudio, se estableció un umbral del 40% como límite máximo aceptable para considerar un terreno como apto, siguiendo recomendaciones técnicas y antecedentes de investigaciones similares (Trajano et al., 2025; Arabeyyat et al., 2024).

El 17.56% del distrito fue considerado no apto debido a pendientes pronunciadas. Estas zonas, si bien no son extensas, deben ser excluidas de la selección final para evitar afectaciones estructurales, ambientales y sociales. La disposición de residuos en áreas con fuerte inclinación podría generar escurrimientos contaminantes y complicaciones logísticas, afectando la sostenibilidad del proyecto. Por lo que fue clasificado como no apto y recibió una valoración de 0.

El 82.44% del territorio distrital presenta pendientes menores al 40%, lo cual representa una proporción significativa de área potencialmente utilizable para la construcción de un relleno sanitario. Esta condición topográfica favorable implica menores riesgos de inestabilidad, deslizamientos y erosión, lo que facilita tanto la construcción como la operación del sistema de disposición final de residuos. Además, reduce los costos asociados al movimiento de tierras, drenaje y control de lixiviados. Por lo tanto, esta superficie fue calificada con una valoración de 1, en concordancia con los parámetros establecidos por la metodología.

Comparado con otros estudios regionales, los valores obtenidos en este análisis coinciden con lo reportado por Bhowmick et al. (2024), quienes destacan la importancia de excluir zonas con topografía accidentada para garantizar la seguridad del relleno sanitario y la protección del entorno.

Por lo tanto, el criterio de pendiente se consolida como uno de los factores restrictivos más relevantes dentro del análisis multicriterio, permitiendo descartar de manera objetiva aquellas áreas que, pese a cumplir con otras condiciones, presentan limitaciones geomorfológicas críticas. La incorporación de esta variable en la fase inicial de planificación contribuye a una mejor toma de decisiones, priorizando zonas seguras, accesibles y sostenibles para la instalación del relleno sanitario.

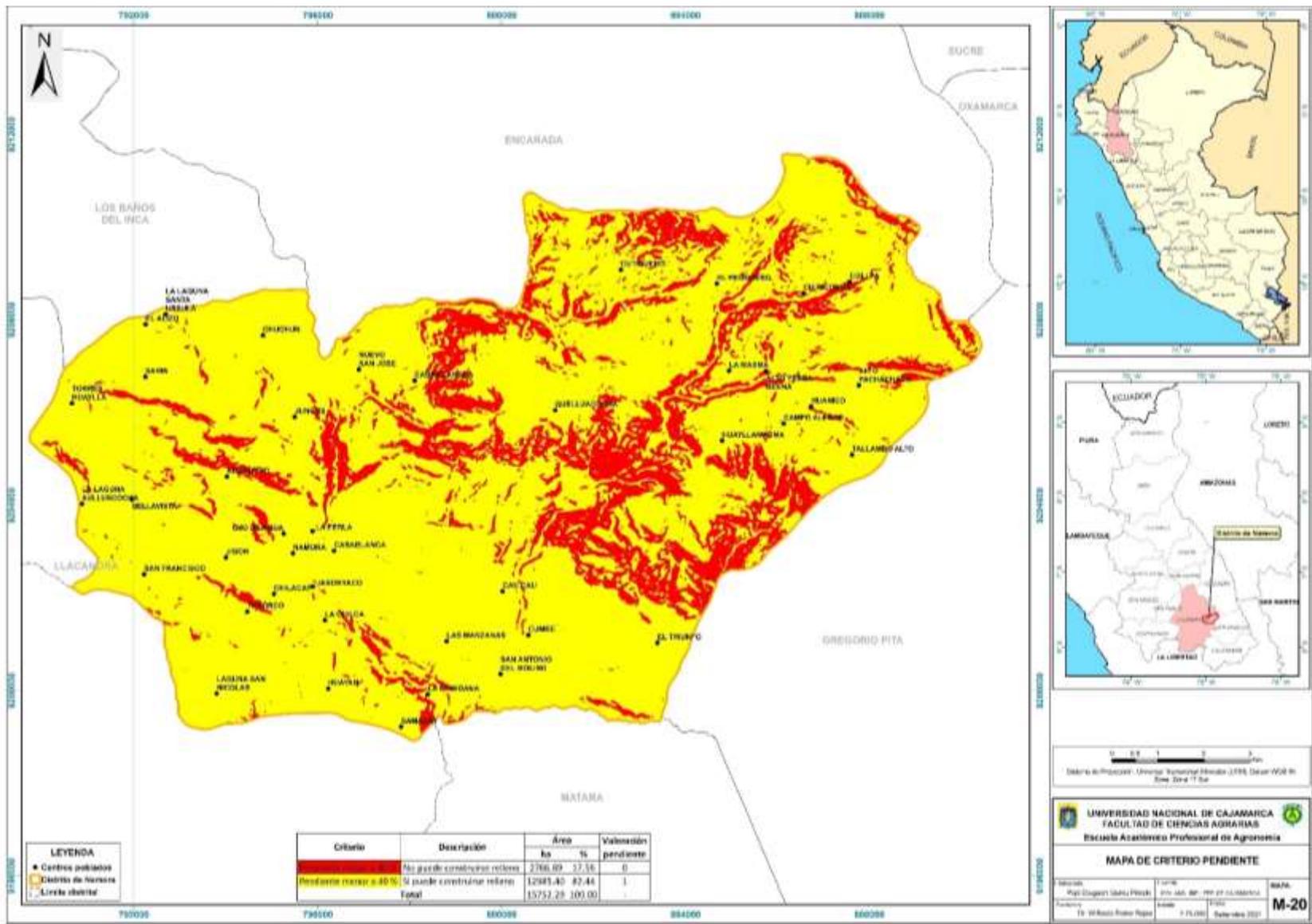
Tabla 22

Áreas obtenidas para el criterio de pendientes

Criterio	Descripción	Área		Valoración pendiente
		ha	%	
Pendiente mayor a 40 %	No puede construirse relleno	2766.89	17.56	0
Pendiente menor a 40 %	Si puede construirse relleno	12985.40	82.44	1
Total		15752.29	100.00	-

Tabla 23

Mapa temático para el criterio de pendientes



4.2. Determinación de la relación de la evaluación multicriterio con la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora, departamento de Cajamarca, 2025

La integración de los criterios evaluados se realizó mediante una superposición espacial de capas temáticas en un entorno SIG, utilizando el enfoque del análisis multicriterio ponderado (GIS-MCDA). Cada uno de los criterios seleccionados: hidrología, red vial, sitios arqueológicos, instituciones educativas, centros poblados, centros de salud, fallas geológicas, capacidad de uso mayor (CUM), pendiente, geología y cobertura vegetal fueron previamente reescalados a un sistema de valores normalizados (0 y 1), donde 0 representa no apto y 1 representa apto para la instalación del relleno sanitario.

Posteriormente, se aplicó una suma ponderada de estas capas, el peso asignando fue de 1, siendo un peso relativo, donde todos los criterios tienen la misma importancia en el proceso de decisión, conforme a la metodología definida en el estudio. Esta operación permitió generar una capa final de aptitud territorial, que muestra de forma espacialmente explícita las zonas con mayor y menor idoneidad para el emplazamiento del relleno sanitario. Utilizando la herramienta de mapa de álgebra desde arctoolbox en ArcGis se utilizó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Loc. relleno} = & C_{\text{hidrografía}} * C_{\text{vial}} * C_{\text{arqueología}} * C_{\text{educativos}} * C_{\text{poblados}} \\ & * C_{\text{salud}} * C_{\text{fallas geológicas}} * C_{\text{uso mayor}} * C_{\text{geología}} \\ & * C_{\text{cobertura}} * C_{\text{pendiente}} \end{aligned}$$

El resultado de esta integración constituye una herramienta clave para la toma de decisiones informada, al identificar áreas óptimas que cumplen con los requisitos técnicos, ambientales y sociales establecidos, minimizando los impactos negativos y maximizando la sostenibilidad del proyecto.

4.2.1. *Sitios potenciales para la ubicación del relleno sanitario*

Como resultado de la aplicación del análisis multicriterio, se identificaron cinco áreas potencialmente aptas para la construcción de un relleno sanitario dentro del ámbito distrital. Estas zonas fueron delimitadas a partir de la superposición de los criterios evaluados considerando las condiciones técnicas, ambientales y sociales que establece la metodología del estudio.

Las cinco áreas seleccionadas se encuentran ubicadas geográficamente de la siguiente manera:

4.2.1.1. Sitio potencial 01. Esta zona presenta una superficie aproximada de 12.26 hectáreas y se encuentra ubicada al norte del distrito, en un rango altitudinal que varía entre 3550 y 3650 m s. n. m. En cuanto a su accesibilidad, se localiza a 1.5 km de centros educativos, centros de salud y centros poblados, y a 0.8 km de las vías de acceso más cercanas. La distancia a la red hidrográfica es de 0.7 km, lo cual se considera aceptable dentro de los parámetros establecidos.

La pendiente del terreno en esta área oscila entre 4° y 40°, rango considerado apto para el emplazamiento de un relleno sanitario según los criterios técnicos aplicados. El uso actual del suelo corresponde principalmente a afloramiento rocoso y herbazal, coberturas que presentan baja densidad poblacional y escasa intervención antrópica, por lo que son favorables desde el punto de vista ambiental.

Respecto a la capacidad de uso mayor de la tierra, el área está conformada por tierras aptas para producción forestal con limitaciones climáticas y por tierras aptas para pastos, limitadas por erosión, con una calidad agrológica baja a media. Estas características sugieren que el uso del suelo para infraestructura sanitaria no entra en conflicto con actividades agrícolas de alto valor, por lo que el área se considera técnicamente viable para la implementación de un relleno sanitario.

4.2.1.2. Sitio potencial 02. Esta área tiene una extensión aproximada de 16.71 hectáreas y se encuentra ubicada al noroeste del distrito, tiene una altitud de 2950 m s. n. m., en una zona de moderada accesibilidad. Se encuentra a 1.18 km de centros educativos, centros de salud y centros poblados, lo que permite un aislamiento adecuado respecto a las áreas sensibles, y a 0.85 km de las vías de acceso más próximas, lo cual facilita el transporte de residuos. Además, la distancia a la red hidrográfica es de 1.5 km, lo que cumple con los criterios de seguridad ambiental establecidos.

La pendiente del terreno se encuentra dentro del rango de 4° a 40°, lo que la hace compatible con la construcción de un relleno sanitario, de acuerdo con los estándares técnicos adoptados. El uso actual de la tierra corresponde a tierras desnudas, una cobertura favorable debido a la escasa actividad antrópica y baja presencia de vegetación, lo que reduce los impactos negativos potenciales.

En cuanto a la capacidad de uso mayor, el área está clasificada como tierra apta para producción forestal, con limitación por clima y tierras aptas para pastos, con limitación por erosión, presentando calidad agrológica baja a media. Estas condiciones indican un uso agrícola limitado, por lo que el aprovechamiento del terreno para infraestructura sanitaria no representa un conflicto significativo con el uso del suelo predominante.

4.2.1.3. Sitio potencial 03. Esta zona presenta una superficie de 24.72 hectáreas y se encuentra ubicada espacialmente en el centro del distrito, con una altitud que varía entre 3100 y 3200 m s. n. m., dentro de una franja altitudinal adecuada para infraestructura sanitaria. Su ubicación geográfica presenta una distancia de 1.35 km a centros educativos, centros de salud y centros poblados, asegurando un aislamiento suficiente respecto a zonas sensibles. Asimismo, se localiza a 0.97 km de vías de acceso, lo que garantiza condiciones logísticas favorables, y a 0.52 km de la red hidrográfica, lo cual debe ser considerado con especial atención en la etapa de diseño, a fin de prevenir riesgos de contaminación hídrica.

La pendiente del terreno se encuentra dentro del intervalo de 4° a 40°, condición considerada apta para el emplazamiento de un relleno sanitario bajo los lineamientos técnicos utilizados. En cuanto al uso actual del suelo, esta área está ocupada por afloramiento rocoso y arbustal, coberturas que presentan baja densidad de uso y mínima actividad agrícola, lo que reduce considerablemente la posibilidad de conflictos con las actividades socioeconómicas locales.

Respecto a la capacidad de uso mayor, el terreno está clasificado como tierra apta para producción forestal con limitación por clima, así como tierras aptas para pastos con limitación por erosión, con una calidad agrológica entre baja y media. Estas condiciones respaldan la viabilidad de destinar esta área al desarrollo de infraestructura sanitaria sin comprometer significativamente otros usos del territorio.

4.2.1.4. Sitio potencial 04. Esta área comprende una extensión de 27.50 hectáreas y se ubica espacialmente en el noreste del distrito a una altitud elevada, entre 3900 y 3950 m s. n. m., lo que la posiciona dentro de una zona de condiciones climáticas más rigurosas, pero técnicamente viable según los criterios empleados. Se encuentra a una distancia de 2.20 km de centros educativos, centros de salud y centros poblados, lo cual garantiza un adecuado distanciamiento respecto a zonas habitadas y de uso sensible. En cuanto a su accesibilidad, se ubica a 0.97 km de vías de comunicación y a 0.53 km de cuerpos hídricos, una distancia que requiere medidas específicas de mitigación durante el diseño del relleno para evitar posibles impactos ambientales.

La pendiente del terreno varía entre 4° y 40°, rango que cumple con los parámetros establecidos para la instalación de rellenos sanitarios. El uso actual del suelo está dominado por afloramiento rocoso y herbazal, coberturas que presentan escasa intervención humana y bajo valor agrícola, por lo que se consideran apropiadas desde el punto de vista ambiental y social.

En cuanto a la capacidad de uso mayor de la tierra, el área está clasificada como tierra apta para producción forestal con limitación climática, y tierras aptas para pastos con limitación por erosión, presentando una calidad agrológica baja a media. Estas condiciones respaldan su uso alternativo para infraestructura sanitaria, al no competir con actividades agrícolas intensivas ni con usos prioritarios del suelo.

4.2.1.5. Sitio potencial 05. Esta área tiene una superficie de 27.50 hectáreas y se encuentra ubicada espacialmente al sureste del distrito entre los 3100 y 3350 m s. n. m. de altitud, en una zona con condiciones topográficas y climáticas adecuadas para el desarrollo de infraestructura sanitaria. La ubicación presenta una distancia de 1.59 km a centros educativos, centros de salud y centros poblados, lo que asegura un nivel adecuado de aislamiento respecto a zonas vulnerables. Asimismo, se encuentra a tan solo 0.51 km de las vías de acceso, lo que facilita el traslado y operación logística del sistema de recolección de residuos, y a 0.52 km de la red hidrográfica, una cercanía que debe considerarse cuidadosamente en la fase de diseño, aplicando medidas de protección ambiental.

El área presenta una pendiente de entre 4° y 40°, rango compatible con los criterios técnicos para la construcción de un relleno sanitario. El uso actual del suelo está compuesto por afloramiento rocoso y herbazal, coberturas de baja densidad poblacional y escaso aprovechamiento agrícola, lo cual minimiza el riesgo de conflictos por uso del suelo.

Desde la perspectiva de la capacidad de uso mayor, esta zona está clasificada como tierra apta para producción forestal con limitación climática y tierras aptas para pastos con limitación por erosión, con una calidad agrológica baja a media. Estas condiciones refuerzan la idoneidad del terreno para el establecimiento de un relleno sanitario, sin comprometer significativamente el potencial productivo de la tierra ni generar impactos sociales adversos.

Tabla 24

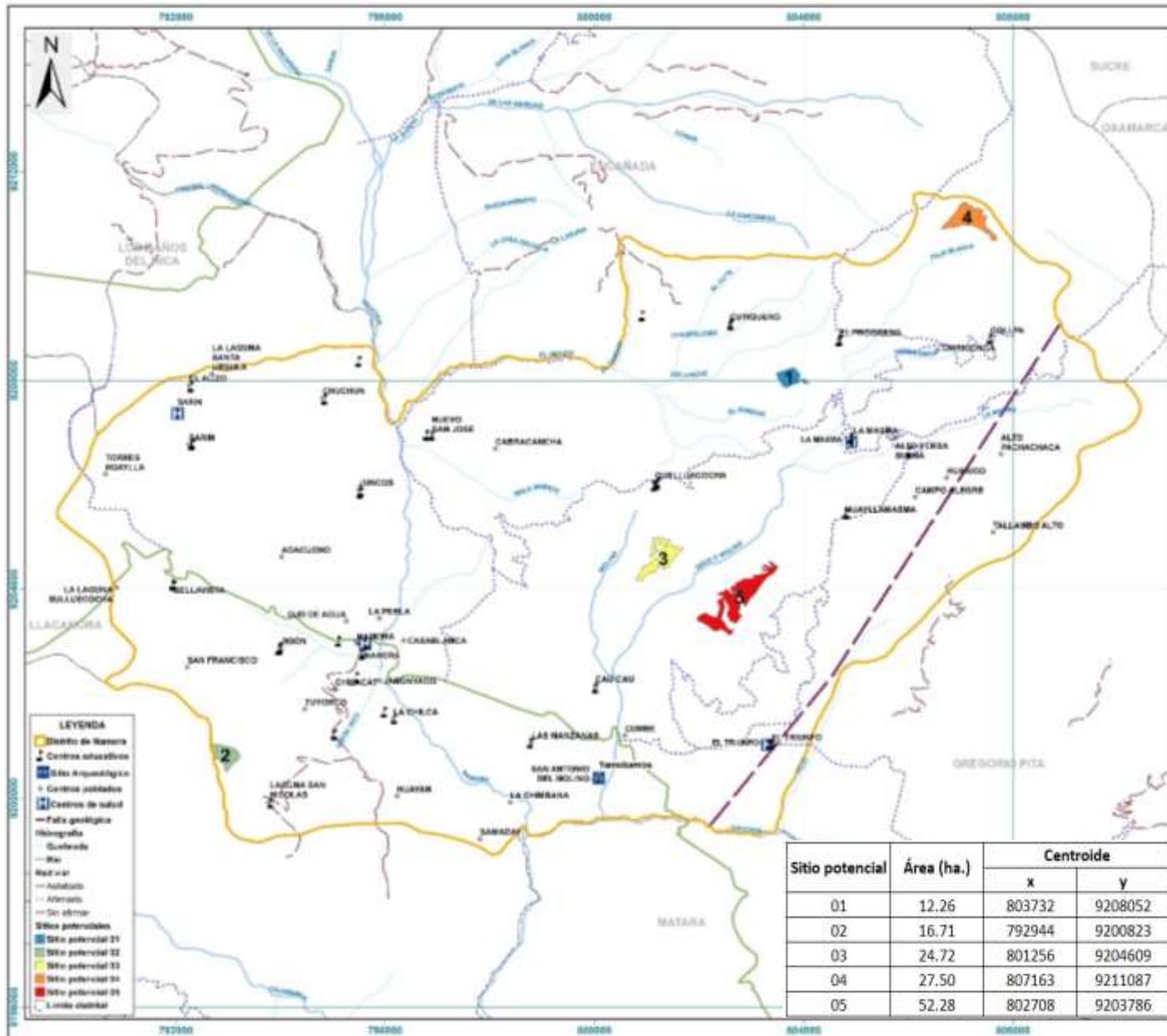
Sitios potenciales para la construcción de un relleno sanitario

Sitio potencial	Área (ha)	Centroide	
		x	y
01	12.26	803732	9208052
02	16.71	792944	9200823
03	24.72	801256	9204609
04	27.50	807163	9211087
05	52.28	802708	9203786

Estas áreas serán evaluadas posteriormente mediante criterios complementarios, como accesibilidad vial, distancia a centros poblados y disponibilidad de servicios básicos, con el fin de seleccionar la opción más adecuada para el diseño e implementación del relleno sanitario.

Figura 22

Mapa temático de los sitios potenciales de la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Namora



Sitio potencial	Área (ha.)	Centroide	
		x	y
01	12.26	803732	9208052
02	16.71	792944	9200823
03	24.72	801256	9204609
04	27.50	807163	9211087
05	52.28	802708	9203786



0 1 2 3 4 5 Km
 Sistema de Proyección: Universal Transversal Mercator (UTM), Datum: WGS 84
 Zona: Zona 17 Sur

UNIVERSIDAD NACIONAL DE GAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela Académico Profesional de Agronomía

MAPA DE SITIOS POTENCIALES

Elaborado: **Alfonso Enrique Gallo Pineda** | Fecha: **17/03/2024**
 Revisado: **Dr. Wilfredo Torres Rojas** | Fecha: **17/03/2024**
 Escala: **1:50,000** | Hoja: **M-24**

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- En este estudio se determinó la localización óptima de un relleno sanitario en el distrito de Namora mediante análisis multicriterio en un entorno SIG. La integración de variables temáticas permitió identificar cinco sitios potenciales técnicamente viables, considerando criterios ambientales, sociales y de uso del suelo. Estos sitios presentan áreas variables, que oscilan entre 12.26 y 52.28 hectáreas, permitiendo considerar distintas escalas de intervención según las necesidades de gestión de residuos. El sitio con mayor extensión (52.28 ha) corresponde al Sitio 05, cuyo centroide se localiza en las coordenadas 802708 E y 9203786 N, destacando por su potencial para un manejo sostenible a largo plazo. En contraste, el Sitio 01, con un área de 12.26 ha (803732 E, 9208052 N), representa una alternativa de menor escala que podría ser adecuada si presenta ventajas adicionales como accesibilidad o menor impacto ambiental. La metodología aplicada demostró que el uso de SIG es una herramienta eficaz para apoyar la toma de decisiones en la planificación de infraestructura sanitaria.
- La representación cartográfica de variables mediante mapas temáticos permitió evidenciar la influencia directa de factores técnicos, ambientales y sociales en la determinación de áreas aptas para la ubicación de un relleno sanitario en el distrito de Namora. A través de un análisis espacial sistemático, se integraron once capas temáticas reescaladas y normalizadas, cuya superposición en un entorno SIG facilitó la identificación de zonas con diferentes niveles de aptitud territorial. Esta metodología evidenció cómo cada variable condiciona espacialmente la idoneidad del terreno, y reafirma el valor del análisis multicriterio como herramienta clave para una planificación ambientalmente responsable. En conjunto, los mapas temáticos no solo aportaron información visual precisa, sino que también sustentaron con rigor técnico el

proceso de selección, garantizando la minimización de impactos negativos y una toma de decisiones informada.

- La aplicación del análisis multicriterio en un entorno SIG permitió integrar de forma sistemática criterios técnicos, ambientales y sociales para identificar áreas idóneas para la localización de un relleno sanitario en el distrito de Namora. A través de la superposición espacial de once variables temáticas normalizadas y ponderadas equitativamente, se generó un mapa de aptitud territorial que orientó la toma de decisiones. Como resultado, se delimitaron cinco sitios potenciales que cumplen con los parámetros establecidos, destacando por su adecuada distancia a zonas sensibles, pendientes aptas, coberturas con baja intervención antrópica y suelos con capacidad de uso mayor limitada. Estas zonas representan alternativas viables y sostenibles para la implementación de un relleno sanitario, al minimizar los riesgos ambientales y los conflictos por uso del suelo, aportando así una herramienta clave para una planificación territorial responsable y eficiente.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios técnicos complementarios en los cinco sitios potenciales delimitados, con el fin de verificar in situ las condiciones físicas, sociales y ambientales que permitan confirmar su viabilidad para la instalación de un relleno sanitario.
- Dada la eficacia del análisis multicriterio en un entorno SIG, se sugiere que las autoridades locales adopten este enfoque como herramienta estándar para la planificación y gestión de infraestructura sanitaria y ambientalmente responsable.
- Para futuros estudios, se recomienda incorporar variables adicionales como la vulnerabilidad hidrogeológica o la accesibilidad operativa, que permitan afinar aún más los resultados y asegurar la sostenibilidad del sitio seleccionado a largo plazo.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, F. 2011. Sistemas de información geográfica. Ed. Rialp, Madrid, 152 pp.
- Arabeyyat, O. S., Shatnawi, N., Shbool, M. A., & Shraah, A. Al. (2024). Landfill site selection for sustainable solid waste management using multiple-criteria decision-making. Case study: Al-Balqa governorate in Jordan. *MethodsX*, 12(February), 102591. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102591>
- Badilla, E.; Rojas, W.; Vargas, I. (2008). Ubicación de sitios aptos para la disposición de desechos sólidos al oeste del Valle Central, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, (38).
- Barredo, J. I. (1996): Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Ra-Ma Editorial. 1ª edición. Madrid.
- BENKO, G. 1998. La Ciencia Regional. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.
- Berry, J.K. 1987. "Fundamental operations in computer assisted map analysis", *International Journal of Geographical Information System*, Vol. I, n1 2, pp. 119 - 136.
- Bhowmick, P., Das, S., & Das, N. (2024). Identification of suitable sites for municipal waste dumping and disposal using multi-criteria decision-making technique and spatial technology: A case of Bolpur municipality, Birbhum district, West Bengal. *Waste Management Bulletin*, 2(1), 250-265. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.02.001>
- Botco, G; Mendoza, E; Priego, A; Burgos, A; 2011. La Cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial. Moreila, Michoacan, México. 52 pp.
- Buzai, G. (2005). Los Sistemas de Información Geográfica y sus métodos de análisis en el continuo resolución-integración. In *Memorias X Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (X CONFIBSIG)*.
- Buzai, G; Baxendale, C. 2009. Análisis espacial con sistemas de información geográfica: Sus cinco conceptos fundamentales. Universidad Nacional de Lujan. Lujan. Argentina. 52 pp

- Chapman A.; Wieczorek, J. 2006. Guide to Best Practices for Georeferencing. Copenhagen. Global Biodiversity Information Facility.
- Doboch, T., Abera Angello, Z., & Menberu Fetanu, Z. (2023). Optimized landfill site selection for municipal solid waste by integrating GIS and multicriteria decision analysis (MCDA) technique, Hossana town, southern Ethiopia. *Heliyon*, 9(11), e21257. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21257>
- Eastman, R.J. 1999. Guide to GIS an imagen processing. Volume 2.Ed. Clark Labs. Worcester, M.A. 170 pp.
- Eastman, R. 2006. User Manual Idrisi Andes®. USA Clark Labs, Clark University. 327 p.
- Encinas, G. A. I. Identificación y Clasificación de áreas Potenciales para Rellenos Sanitarios Usando Sistemas de Información Geográfica en el Valle del Yaqui-Edición Única.
- Eguizabal, R. 2013. Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual. Recuperado de www.minam.gob.pe
- Espejo, A. (2019). Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica distrito de Chachapoyas Amazonas- 2017. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(3), 71-77. <https://doi.org/10.25127/ucni.v1i3.429>
- Estacio, J., Tinoco, O., Díaz, J., & Moore, R. (2021). Sistemas de Información Geográfica y Localización de un Relleno Sanitario en Cerro de Pasco. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 24(48), 217-227. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21774>
- Fernández, I. 2009. Las coordenadas geográficas y las proyecciones cartográficas UTM.
- Flores, J. A., Expósito Castillo, J. L., Ángel, M., & Albores, G. Identificación de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos en los municipios Atlacomulco, Ixtlahuaca y Jocotitlán, Estado de México
- Funtowicz, S. y Ravetz, J. R. (1993). Epistemología política. Ciencia con la gente. Extraído el 05 de febrero de 2020 de

<http://www.coodi.com.uy/redoeste/docs/menu%20general/MATERIALES%20DE%20INTERES/Epistemologia%20politica%20Ciencia%20con%20>

Galacho, f; Ocoña,c. 2007. Tratamiento con SIG y técnicas de evaluación multicriterio de la capacidad de acogida del territorio para usos urbanísticos: Residenciales y comerciales. Universidad de Málaga. Malaga. España

Gascón, S. M., Jiménez, L. M., y Pérez, H. (2015). Óptima ubicación de un relleno sanitario para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá empleando Sistemas de Información Geográfica. Ingenierías USBMed, 6(1), 38-45.

Giménez, M., & Cardozo Carrera, C. R. 2013. Localización óptima de relleno sanitario aplicando técnicas multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) en el área metropolitana del Alto Paraná. In VII Congreso de Medio Ambiente.

Gómez, M. y Barredo Cano, J. I. 2005. Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid, Ra-Ma.

Goodchild, Michael F.; Haining, Robert P. 2005. SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes Investigaciones Regionales Asociación Española de Ciencia Regional Madrid, España, 175 pp.

Guía Ambiental de Rellenos Sanitarios, Ministerio del Ambiente, Colombia, 2002

Haddad, J. 1999. Aseo Urbano – Disposición Final de Residuos Sólidos – Manual de Instrucciones

INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil). 2006. Manual básico para la estimación de riesgo (En Línea). Perú. Consultado 15 enero. Disponible en http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf

INEI. (2017). *Sistema de consulta de base de datos (REDATAM)*. <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

Jaramillo, J. (2002). Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Antioquia, Colombia. 303 pág.

Kang, Y. O., Yabar, H., Mizunoya, T., & Higano, Y. (2024). Optimal landfill site selection using ArcGIS Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) and Analytic Hierarchy Process

- (AHP) for Kinshasa City. *Environmental Challenges*, 14(October 2023).
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100826>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada, P., & Van, F. (2015). *What a waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*.
- Mamani, J., & Loaiza, V. (2021). *Análisis multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG) para la ubicación de un relleno sanitario en la provincia de San Román - Puno*. 18.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2011. Guía de: Diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual (En Línea). Perú. Consultado 15 enero. Disponible en: <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20130703125736.pdf>
- MINAM. (2024). *Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos*.
- Mvula, R. L. S., Mundike, J., & Nguvulu, A. (2023). Spatial suitability analysis for site selection of municipal solid waste landfill using hybrid GIS and MCDA approach: The case of Kitwe, Zambia. *Scientific African*, 21(March), e01885.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01885>
- Olaya, V. 2014. *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid. España
- Paz, S. A. P. 2011. Localización de sitios adecuados para establecer un vertedero de residuos sólidos urbanos en el municipio del distrito central de Honduras.
- Puerta, R; Rengifo, J; bravo, N. 2011. *ArcGIS Básico 10*. Tingo María, Perú. 60 pp. ESRI (Environmental Systems Research Institute). 2012. *Tutorial de Spatial Analyst*. Stowe, Vermont. EE.UU. 8 pp.
- Roggero, H. 1995. *Cartografía y Geodesia satelital*. Lima. 231. Pp.
- Sanchez, C., Valiente, Y., & Méndez, X. (2023). *Generación y disposición final de residuos sólidos municipales en la Región Cajamarca, Perú*. VIII, 871-884.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v8i2.2986>
- Silva, L. A. 2015. *Sistemas de información geográfica y la localización óptima de instalaciones para residuos sólidos: propuesta para la provincia de Huánuco*
- Trajano, K., Corderio, A., Santos, E., & Bento, C. (2025). *Geotechnological multicriteria*

- analysis applied to identify optimal locations for the installation of sanitary landfills. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 37. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101398>.
- Tomlinson, R. 2007. Pensando en el SIG. California. 255 pp.
- Toskano H., G. B. 2005. El Proceso de análisis jerárquico como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. Monografía. Facultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 70 pp.
- Umaña, J. 2002. Método de Evaluación y Selección de Sitio para Relleno Sanitario. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún, México, 27 al 31 de octubre, 2002. 5 pág.
- UNEP. (2024). *Global Waste Management Outlook 2024 : Beyond An Age Of Waste*.
- Vicente, J. 2008. Consulta, edición y análisis espacial con ArcGis 9.2. Tomo II: EJERCICIOS. Recuperado de <http://www.gabrielortiz.com>.
- Zafra, 2012. Localización de Rellenos Sanitarios Mediante SIG: Desarrollo Metodológico Aplicado a un Caso Real. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/267028598_Localizacion_de_Rellenos_Sanitarios_Mediante_SIG_Desarrollo_Metodologico_Aplicado_a_un_Caso_Real_Spanish_Edition.

ANEXOS

A. Panel fotográfico

Reconocimiento de la zona centro poblado Laguna San Nicolás



Área número 2 “centro poblado Laguna San Nicolás”



Verificación en campo



Área número 3 “centro poblado Quellaucocha”



Área número 4 “centro poblado Progreso”



Área número 5 “centro poblado Cau Cau”



Área número 1 “Centro poblado Quelluacohca”



Área con cuerpos de agua (Laguna San Nicolás)



B. Ejecución de Modelbuilder para determinar los sitios potenciales para un relleno sanitario

