

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



TESIS

“ANÁLISIS ESPACIAL MULTICRITERIO PARA LA UBICACIÓN DE UN
RELLENO SANITARIO, EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO, PASCO”

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE

ELABORADO POR:
ZANDRO ELMER VILLAVICENCIO CÁRHUAZ

ASESOR
M.Sc. Ing. EFRAÍN EUGENIO CASTILLO ALEJOS

LIMA – PERÚ
2022

Dedicatoria

A mi hijo Adriel, por su fortaleza.

Agradecimiento

- A Dios por bendecirnos la vida, por guiar nuestro camino.
- A mis Docentes de la Escuela de Post Grado por su apoyo incondicional.
- A mis Hermanos e hijo, porque sin ellos no hubiera sido posible la culminación de este trabajo.

Índice General

	Página
Dedicatoriaii
Agradecimientoiii
Índiceiv
Resumenix
Introducción12

Capítulo I Generalidades

1.1 Antecedentes Bibliográficos	13
1.1.1 Antecedentes Internacionales	13
1.1.2 Antecedentes Nacionales	18
1.2 Descripción de la realidad problemática	20
1.3 Formulación del problema	22
1.3.1 Problema General	22
1.3.2 Problemas Específicos	22
1.4 Justificación e importancia de la investigación	22
1.4.1 Justificación Teórica	23
1.4.2 Justificación Práctica	24
1.4.3 Justificación Metodológica	24
1.5 Formulación de Objetivos	24
1.5.1 Objetivo General	24
1.5.2 Objetivos Específicos.....	24
1.6 Formulación de hipótesis.....	25
1.6.1 Hipótesis general	25
1.6.2 Hipótesis específicas.....	25
1.7. Identificación de variables.....	25
1.7.1 Variable dependiente.....	25
1.7.2 Variable Independiente	25
1.7.3 Variable Interveniente.....	25
1.8 Definición operacional de variables e indicadores.....	25
1.9 Periodo de análisis.....	27

Capítulo II

Marco Teórico y Marco Conceptual

2.1 Bases teóricas – Científicas	28
2.1.1. Sistemas de información geográfica	28
2.1.2. Teoría del riesgo	29
2.1.3. Métodos de Evaluación Multicriterio	29
2.1.4. Ordenamiento Territorial Ambiental	31
2.1.5. El medio ambiente en la planificación territorial	31
2.2. Definición de términos básicos	33

Capítulo III

Metodología y Técnicas de Investigación

3.1. Tipo de investigación	35
3.2. Nivel de investigación	35
3.3. Diseño de la investigación	35
3.4. Población y muestra	36
3.4.1 Población	36
3.4.2 Muestra	36
3.5. Técnicas e instrumentos para recoger información.....	36
3.6. Técnicas de procesamiento de datos.....	36
3.7. Desarrollo del trabajo de investigación.....	36
3.7.1 Ubicación.....	36
3.7.2 Acceso y distancia	37
3.7.3 Geografía y clima	37
3.7.4 Alcances de la investigación.....	38
3.7.5 Criterios del desarrollo investigativo.....	38
3.7.6 Material espacial cartográfico.....	40
3.7.7 Generación total de residuos sólidos.....	40
3.7.8 Análisis multi-criterio.....	43
3.7.9 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de Investigación.....	43

Capítulo IV

Resultados de la Investigación

4.1. Descripción del trabajo de campo	46
---	----

4.1.1. Fase de pre campo	46
4.1.2. Fase campo	46
4.1.3. Fase post campo	46
4.1.4. Fase de análisis de datos	48
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	56
4.2.1. Localización de las probables áreas potenciales	56
4.2.2. Selección del sitio final	68
4.3. Contratación de hipótesis	72
4.4. Discusión de resultados	73
Conclusiones	76
Recomendaciones	78
Referencias bibliográficas	81
Anexos	85
Matriz de consistencia.....	86
Anexos otros.....	88
Curriculum Vitae.....	96

Índice de Figuras

Figura 1.1. Desarrollo Sostenible.....	23
Figura 4.1. Centros Poblados de Cerro de Pasco	49
Figura 4.2. Mapa de Pendientes.....	50
Figura 4.3. Mapa de Hidrografía.....	51
Figura 4.4. Mapa de Lagunas.....	51
Figura 4.5. Mapa de Fallas Geológicas.....	52
Figura 4.6. Mapa de Restos Arqueológicos.....	53
Figura 4.7. Mapa de Geomorfología.....	54
Figura 4.8. Mapa de Fisiografía.....	54
Figura 4.9. Mapa de Suelos.....	55
Figura 4.10. Mapa de Red Vial.....	56
Figura 4.11. Mapa de Áreas Seleccionadas.....	57
Figura 4.12. Área 1 Seleccionada, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.	58
Figura 4.13. Área 2 Seleccionada, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	60
Figura 4.14. Área 3 Seleccionada, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	62
Figura 4.15. Área 4 Seleccionada, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	64
Figura 4.16. Área 5 Seleccionada, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	67

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Operación de Variables e Indicadores.....	26
Tabla 3.1. Elementos Medioambientales Empleadas en Modelo Desarrollado en SIG.....	39
Tabla 3.2. Generación per cápita de residuos sólidos.....	41
Tabla 3.3. Generación no domiciliaria de residuos sólidos.....	41
Tabla 3.4. Generación total t/d de residuos sólidos de los Distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar.....	42
Tabla 3.5. Instrumento de Investigación Empleado para Recolección de Información.....	44
Tabla 4.1. Capas Digitales de Criterios Limitantes para Análisis Multicriterio.....	47
Tabla 4.2. Coordenadas Geográficos de la Probable Área 1 Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	58
Tabla 4.3. Coordenadas Geográficos de la Probable Área 2 Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	61
Tabla 4.4. Coordenadas Geográficos de la Probable Área 3 Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	63
Tabla 4.5. Coordenadas Geográficos de la Probable Área 4 Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	65
Tabla 4.6. Coordenadas Geográficos de la Probable Área 5 Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.....	67
Tabla 4.7. Puntaje Ponderado por Parámetro de Evaluación del Área 1.....	69
Tabla 4.8. Puntaje Ponderado por Parámetro de Evaluación del Área 2.....	70
Tabla 4.9. Calificación para el Puntaje Ponderado Final de las Áreas Preseleccionadas o Alternativas.....	72
Tabla 4.10. Producción de Biogás – Relleno Sanitario de Cerro de Pasco.....	79

RESUMEN

Hoy en día los sitios destinados a la disposición final de residuos sólidos son considerados relevantes dentro del proceso de gestión ambiental y territorial de las nuevas urbes. El desarrollo y crecimiento poblacional lleva a un progreso de los centros urbanos, que también incrementa la producción de residuos sólidos que deben ser almacenados y depositados en lugares con ciertas especificaciones técnicas o bajo control. La ciudad de Cerro de Pasco, actualmente cuenta con un botadero de basura a cielo abierto “Rumiallana”, se planteó determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario para la ciudad de Cerro de Pasco, mediante una evaluación multicriterio, con el fin de establecer opciones de sitios para un futuro lugar para relleno sanitario. Se trabajó con las variables de pendiente, uso de suelo, permeabilidad del suelo, ríos, vías, fallas geológicas, sitios arqueológicos, zona urbana y aeropuerto; a cada parámetro se asignó una ponderación mediante la matriz del MINAM, para ser ingresados en un SIG en que se realizó un álgebra de mapas. Además de las normas técnicas definidas, se utilizó el coeficiente de compacidad para escoger el polígono que mejor forma presentó. Se obtuvo un polígono que cumplió con las condiciones impuestas para el estudio, se localiza al NW y a 9.11 km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 6.51 km de la localidad de San Antonio de Rancas. Posee una superficie de 107 hectáreas, y se encuentra a 200 m de la vía vecinal (Simón Bolívar-Alcacocho), entre los centros poblados Huislaachay y Chuquiquirpay. La vía Cerro de Pasco- Yanahuanca es la vía más cercana que permitiría la conexión con los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar respectivamente, por lo que con este estudio el Área 2 presenta una calificación de Bueno o terreno aceptable, cumpliendo con los criterios para la selección de áreas referentes a la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios en el marco del DL 1278, Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos, y sus modificatorias a través de Ley N° 30552, DL N° 1451 y DL N° 1501 del Decreto Legislativo N°1065, su reglamento, Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM.

Siendo una alternativa para el futuro proyecto de relleno sanitario de la ciudad de Cerro de Pasco se presenta una propuesta ante un posible cambio a futuro.

Palabras claves: Análisis espacial multicriterio, espacios para relleno sanitario.

ABSTRACT

The sites destined for the final disposal of hazardous waste are relevant within the environmental and territorial management process of cities. Population growth entails progress in urban centers, but also an increase in solid waste that must be deposited in places with specific specifications. The city of Cerro de Pasco, currently has an open-air garbage dump "Rumiallana", it was proposed to determine the optimal location of a sanitary landfill for the city of Cerro de Pasco, through a multi-criteria evaluation, in order to establish options sites for a future landfill site. We worked with the variables of slope, land use, soil permeability, rivers, roads, geological faults, archaeological sites, urban area and airport; A weighting was assigned to each parameter using the MINAM matrix, to be entered in a GIS in which a map algebra was performed. In addition to the defined technical standards, the compactness coefficient was used to choose the polygon with the best shape. A polygon was obtained that met the conditions imposed for the study, it is located NW and 9.11.36 km from the city of Cerro de Pasco, 6.51 km from the town of San Antonio de Rancas. It has an area of 107 hectares, and is located 200 m from the local road (Simón Bolívar-Alcacocho), between the Huislaachay and Chuquiquirpay populated centers. The Cerro de Pasco- Yanahuanca road is the closest road that will allow the connection with the districts of Chaupimarca, Yanacancha and Simón Bolívar respectively, so with this study Area 2 presents a rating of GOOD or acceptable terrain, meeting the criteria for the selection of areas related to the final disposal of solid waste in sanitary landfills within the framework of DL 1278, Comprehensive Solid Waste Management Law, and its amendments through Law N ° 30552, DL N ° 1451 and DL N ° 1501 of Legislative Decree No. 1065, its regulations, Supreme Decree No. 014-2017-MINAM. As an alternative for the future sanitary landfill project in the city of Cerro de Pasco, a proposal is presented for a possible change in the future.

Keywords: Multicriteria spatial analysis, landfill spaces.

INTRODUCCIÓN

El Perú necesita, al menos 100 rellenos sanitarios para disponer adecuadamente los residuos sólidos que la población produce. Actualmente, solo existe 42 de estos depósitos finales de almacenamiento de residuos en el país. (Minam, 2021)

El valor de la presente investigación, se halla en la localización de instalaciones no deseables más adecuadas y posibles para la ciudad de Cerro de Pasco, labor de gran importancia para la mejora de la calidad de vida de la población y el control de la contaminación del medio ambiente.

Se elaboró un modelo para localización óptima de instalaciones para residuos sólidos, realizando análisis mediante técnicas multicriterio en un SIG, abarcando los tres distritos de la ciudad de Cerro de Pasco, se establecieron las características y criterios excluyentes, indicados en el DL 1278, Ley Gestión Integral de Residuos Sólidos, y sus modificatorias a través de Ley N° 30552, DL N° 1451 y DL N° 1501 del Decreto Legislativo N°1065, su reglamento, Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, que implementa criterios para la selección de áreas referentes a la disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios, localizando áreas probables para la instalación de residuos sólidos. Además, con la finalidad de ajustar los resultados obtenidos, se aplicaron criterios excluyentes sobre las áreas seleccionadas por el modelo, siendo comprobadas en una etapa de campo.

El modelo elaborado permite ser extrapolado a otros escenarios, con la finalidad de dar solución a la problemática del estudio de selección de áreas, adecuadas para la disposición final de los residuos sólidos, debido a las exigencias planteadas en las consideraciones: técnicas, legales y sociales, de la normatividad peruana vigente en cuanto a este tema.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Antecedentes bibliográficos

1.1.1. Antecedentes internacionales

Avellaneda (2013) en su trabajo de investigación sostiene, como objetivo Identificar y caracterizar los factores que generan el conflicto ambiental y proponer medidas de gestión ambiental para el manejo integral de la disposición de residuos sólidos en Ibagué Colombia, con la metodología siguiente: donde se encuestó en el barrio Ciudadela Comfenalco para identificar a la población y conocer su actitud frente al servicio de recolección y disposición de basuras, sus necesidades, requerimientos, deseos y para determinar el impacto se empleó la Matriz de Vester la cual evidencia el impacto de la disposición de residuos sólidos y el servicio de recolección; en la cual se asigna una valoración de orden categórico al grado de causalidad que merece cada problema. Concluyendo: hacer conocer los roles de la comunidad con respecto del manejo de residuos sólidos y es poco lo que conocen de programas de educación ambiental y están organizados para contrarrestar el impacto que causa, que son los lixiviados y animales dispersores de basuras fuente de enfermedades. La comuna no está satisfecha con el servicio empresarial recolectora de residuos sólidos por varias razones, como el incumplimiento en la hora de recoger las basuras, dejan lixiviados del camión recolector en las vías del barrio y el servicio de limpieza en las calles ha sido suspendido.

Pietri y Mayo (2011), en sus trabajos de investigación mencionan, como Objetivo la elaboración un modelo espacial que integre los factores ambientales que constituyen una

amenaza para la salubridad. Tomando como metodología los procedimientos de evaluación multicriterio en el entorno de los sistemas de información geográfica para obtener una zonificación del territorio basada en grados de aptitud para residir. Se georreferenciaron variables que caracterizan las condiciones de habitabilidad de las viviendas y las posibles fuentes de contaminación de la cuenca. Se extrajo información de salud de la Encuesta de Factores de Riesgo (EFARS) para medir el riesgo relativo de vivir en zonas no aptas (población expuesta) en relación con las zonas aptas (población no expuesta). Resultados. La CMR presenta 60% de su superficie en condición de aptitud, situación que afecta a 40% de la población residente. El resto de la población habita en un territorio no apto, y 6% se encuentra en la condición más desfavorable de la cuenca. Las condiciones ambientales adversas para la salud presente en las zonas no aptas se hicieron manifiestas en el estado de salud de los entrevistados a través de tres de las patologías contempladas: diarreas, enfermedades respiratorias y cáncer. Dichas investigaciones concluyeron con un diagnóstico regional válido como información de apoyo en la toma de decisiones. La consideración de la cuenca como una unidad de análisis permitió establecer un único protocolo para medir la magnitud del riesgo en forma integral y, de esta manera, establecer prioridades.

Pérez (2017) con su trabajo de investigación realizado en la cuenca del río Nexapa Puebla, refiere el siguiente: desarrolló e integró una metodología encaminada a la localización de sitios potenciales ambientalmente seguros para la disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Las variables consideradas se dividen en factores y restricciones de las distintas temáticas, que están implícitas en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. La metodología aplicada incluye el uso de Sistemas de Información Geográfica, el análisis Multivariante por conglomerados (isocluster) y el método Multicriterio. A partir de la metodología señalada, se determinó la localización óptima

para un Relleno Sanitario en la región de la sub-cuenca de Nexapa, que incluye como principales municipios a: Atlixco, Tochinilco, Atztlizihuacan, Huaquechula, Tianguismanalco. La integración de las distintas temáticas evaluadas (e. g., uso de suelo, ríos, poblaciones, etc.) se realizó a partir de la construcción de una matriz de pesos ponderados (Pp), que fueron evaluadas en el software ArcGIS 10.1 con la herramienta álgebra de mapas. El resultado fue la obtención de un mapa con rangos que señalan los sitios más (o menos) aptos en la región para la futura planeación de la confinación de Residuos Sólidos Urbanos. Sin embargo, fue necesario depurar el primer mapa a partir del uso de una imagen LANDSAT 8 y Google Earth, para obtener finalmente el mapa de aptitud de Sitios Potenciales para Residuos Sólidos Urbanos (SP-RSU). Los sitios obtenidos en el mapa de aptitud como viables, fueron verificados mediante una campaña de campo en la región. En campo se confirmó que los resultados obtenidos son fehacientes en un 98 %, incluso en el actual Relleno Sanitario de Atlixco denominado RESIRA, coincide dentro de los sitios propuestos como viables en la región.

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

Flores (2016), realizó un estudio para la identificación de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos en los municipios Atlacomulco, Ixtlahuaca y Jocotitlán, estado de México el cual concluye que la EMC permite observar la importancia que han adquirido los Sistemas de Información Geográfica más allá de su capacidad para

almacenar y representar especialmente datos, así mismo los resultados obtenidos se acercaron a la realidad de algunos sitios que ya se encuentran establecidos, también se está consciente de la importancia de utilizar otros criterios y ponderar de mejor manera en base una variable específica, pero esto dependerá en gran medida del enfoque del estudio.

Según Rodríguez y Hernández (2013), la evaluación espacial multicriterio es un proceso donde datos geográficos son combinados y transformados en una decisión; es mucho más difícil que la evaluación multicriterio convencional, pues un gran número de factores necesitan ser identificados y considerados con una alta correlación entre los mismos. Esta tecnología proporciona un marco para gestionar y analizar objetivos contradictorios en diferentes tipos de problemas de análisis espacial, por ejemplo, planificación y desarrollo urbano, contaminación ambiental, recursos naturales y forestales (Imtiaz, et al., 2013 cit. en Mohammed, et al., 2017).

Análisis más profundos de los antecedentes que argumentan la viabilidad del uso de SIG y EEMC para la ubicación de sitios de disposición final de desechos peligrosos se observan en trabajos de revisión,

López (2016), en su trabajo de investigación, menciona que: Loma los Colorados se encuentra a 63 kilómetros al norte de Santiago, y es el relleno más grande de Chile, recibiendo el 64% del total de desperdicios generados en la Región Metropolitana. Su capacidad es de 100 millones de toneladas. La producción de biogás para el año 2010 era de 8.000 [m³/h] con 48% de metano.

El proyecto energético de este relleno sanitario se registra como Mecanismo de desarrollo limpio (MDL) en 2007, y corresponde al acuerdo suscrito en el Protocolo de Kioto para que las empresas puedan cumplir con metas de reducción de gases de efecto invernadero.

El año 2009 inicia la fase 1 del proyecto de aprovechamiento energético, que consiste en la generación eléctrica e inyección al sistema interconectado central (SIC), con una potencia de 2 [MW]. Actualmente está en desarrollo la fase 2, que consiste en la adición 9.9 [MW]. El proyecto termina con una fase 3 que consiste en 21.78 [MW] adicionales.

La tecnología empleada son motores a combustión interna de 1 [MWe] a 2 [MWe], y en su capacidad máxima se espera la instalación de 28 motores. La conexión al SIC se realiza mediante una línea de transmisión de 25 [km]. Para la extracción del biogás se utilizan 14 sopladores centrífugos multietapas, y se transporta el biogás en ductos de 16 pulgadas de diámetro. Se considera un sistema de limpieza y filtrado para tratar material particulado, sulfuro de hidrogeno, siloxanos y humedad. El sistema de extracción tiene una capacidad de 10.000 [m³/h] de biogás y cuenta con igual capacidad para incinerar con antorchas. La inversión total estimada para la fase 1 es de 3.000.000 [US\$], y el total para las 3 fases restantes del proyecto se calcula en 40.000.000 [US\$].

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

En la literatura consultada se observa una serie de antecedentes internacionales que implementan soluciones diversas para enfrentar el problema de localizar un sitio óptimo para la disposición final de desechos peligrosos. Las soluciones más empleadas se orientan hacia el empleo de la combinación de metodologías de Evaluación Espacial Multicriterio (EEMC) y las bondades de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Ariola, 2019;

Castellanos,2018; Chabuk, Al-Ansari, Hussain, Knutsson, Push y Laude, 2017; Chabuk, Al-Ansari, Hussain, Knutsson y Pusch, 2016; Ding, Zhu, Wu, Fu y Liu, 2018; Durán y González, 2019; Pingus, 2017; Randazzo, Cusumano, Renda, Perricone, Oliveri, Zarcone y Stefano, 2018; Urbano, 2019).

1.1.2. Antecedentes nacionales

Espejo (2017), realizó un estudio en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas para 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, empleando los SIG se obtuvieron 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.

Romero (2017), identificó mediante herramientas SIG, áreas potenciales para poder construir una planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el distrito de San Ignacio. Para ello se definieron nueve criterios de evaluación técnica, los cuales se establecieron espacialmente mediante la aplicación de un SIG; y empleando la evaluación multicriterio, consistió en superponer cada uno de los criterios y asignando los valores de “0” (áreas no óptimas de color rojo) y “1” (áreas óptimas de color azul); obteniendo como resultado un mapa con aquellas áreas que cumplen con todos los criterios y mayores a 5 hectáreas, siendo un total de 17 áreas potenciales donde se puede construir una planta de

tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el distrito de San Ignacio – Provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca.

Peñaloza G y Sucso S. (2014) El presente trabajo de residuos sólidos y sus implicancias en el medio ambiente tuvo como objetivo evaluar el impacto ambiental, que una actividad, obra o proyecto pueda ocasionar sobre el ambiente con la finalidad de prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos que un proyecto pueda producir sobre el medio.

La metodología empleada fue la observación y encuesta, y se arribó a la siguiente conclusión que los basureros causan problemas ambientales que afectan el suelo, el agua y el aire, la capa vegetal originaria de la zona desaparece, hay una erosión del suelo, contamina a la atmósfera con materiales inertes y microorganismos. Con el tiempo, alguna parte de ellos se irá descomponiendo y darán lugar a nuevos componentes químicos que provocarán la contaminación del medio y el suelo pierda muchas de sus propiedades originales, por ende, se debe tener en cuenta un óptimo manejo de las basuras, de esta forma llegamos a prevenir el calentamiento global que es un problema de salud pública y un logro en la prevención mediante manejo adecuado de estos.

Deben optimizarse los procesos, y minimizarse los volúmenes generados de residuos, el reciclado, la reutilización de los residuos y el intercambio de desechos entre fábricas. Es indudable que el mantenimiento de un ambiente que permita proporcionar a la población una calidad de vida digna y saludable tiene un costo elevado, pero el gasto que esto conlleva, siempre será menor que el costo de poner en peligro el medio y la salud de la población. y minimizar los impactos ambientales que acarrea el mal manejo de la basura con el fin de sensibilizar a los miembros de la sociedad sobre la importancia del buen manejo de la basura y sus consecuencias. Conocer y manejar conceptos y estrategias para la prevención de enfermedades y otros problemas de salud, ocasionados por el mal manejo de los desechos sólidos.

1.2. Descripción de la realidad problemática

Uno de los problemas más acuciantes que sufre hoy el medio ambiente, resultado directo de la propia evolución de la actual Sociedad de consumo, es la producción de los residuos. Las actividades que el hombre realiza son de muy diversa índole y en función de las mismas se generan distintos tipos de residuos de diferente composición, estado o peligrosidad. De acuerdo con estas características, el tratamiento, gestión y almacenamiento de los distintos residuos varían, dando lugar a la necesidad de crear toda una serie de infraestructuras y mecanismos de gestión con el fin de evitar cualquier deterioro ambiental.

Los residuos sólidos son desechos orgánicos e inorgánicos que se generan tras el proceso de transformación, fabricación o utilización de bienes y servicios. Si estos residuos no se manejan adecuadamente, producen contaminación ambiental y riesgos para la salud de las personas.

Un reciente estudio del Banco Mundial, bajo el título de ‘What a waste’, alertaba de que los residuos sólidos que cada día sacamos de nuestras casas al contenedor se duplicarán en el año 2025. El informe estima que la generación de residuos sólidos mundial pasará de a poco más de 3,5 millones de toneladas por día, en 2010 a más de 6 millones de toneladas por día cuando se cumpla el primer cuarto de siglo. En el siglo XX, cuando la población mundial creció y se tornó más urbana y próspera, la producción de residuos aumentó en diez veces. Al día de hoy, una persona media en Estados Unidos desecha el equivalente a su peso corporal en la basura cada mes.

El Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PNUMD) ha sostenido que, durante el brote de COVID-19, el sector de residuos ha demostrado ser un servicio esencial para responder a la emergencia y evitar impactos secundarios en la salud y el ambiente. Sin embargo, también se han evidenciado debilidades significativas en las instalaciones

de tratamiento de residuos y en la preparación para emergencias en la región de América Latina y el Caribe. Al atender estas carencias, el sector de residuos puede contribuir de diferentes formas a la fase de recuperación de los efectos de la emergencia.

En el Perú, cada año se generan más de 7 millones de toneladas de residuos sólidos municipales; alrededor de 20 mil toneladas al día y casi mil toneladas por hora. De dichos residuos, el 70% se generaron en los domicilios. En un contexto de pandemia, de aislamiento social obligatorio y de reactivación económica, como en el que nos encontramos, en adición a los residuos sólidos generados normalmente, se deben considerar aquellos producidos como consecuencia específica de dicha situación (Defensoría del Pueblo 2020).

De acuerdo con estimaciones realizadas por el Ministerio del Ambiente (MINAM) cada paciente COVID-19 generaría un aproximado de 2 kilos de residuos biocontaminados. Teniendo en cuenta ello, en un tiempo promedio de 14 días de tratamiento las más de 300 mil personas contagiadas de COVID-19 habrían generado más de 8 mil 400 toneladas de residuos. En virtud a ello, se puede deducir que la cantidad de residuos biocontaminados ha ido en notable incremento.

Sumado a ello, es pertinente considerar que las medidas de salubridad dispuestas para prevenir el contagio del COVID-19, como el uso generalizado de mascarillas tanto para circular por las vías de uso público, como para ingresar a mercados, supermercados, establecimientos comerciales minoristas de alimentos y otros centros de venta de alimentos no preparados, sin perjuicio de otros implementos de protección personal que utiliza la población, conllevan también a un incremento en la cantidad de residuos generados, en su mayoría, plásticos.

Los rellenos sanitarios representan la técnica más favorable y económica de eliminación de residuos sólidos urbanos o municipales (Villafuerte, Flores, Guadalupe, & Zea, 2004), ideal para grandes y pequeñas ciudades; así como también para áreas rurales (Vallero & Blight, 2019). Su buen funcionamiento dependerá del lugar de ubicación y de los criterios (diseño) de construcción (Caballero-Saldívar, De la Garza-Requena, Andrade-Limas, & Briones- Encinia, 2011; Vallero & Blight, 2019). La selección de un óptimo lugar para la disposición final de residuos sólidos es considerado como un problema de gran importancia dentro de los sistemas de gestión municipal, porque debe considerar cuestiones económicas, políticas y ambientales (De Waele, et al., 2004; Şener, Sener, & Karagüzel, 2011).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Cuáles son las áreas en la ciudad de Cerro de Pasco para ubicar un relleno sanitario mediante la evaluación espacial multicriterio?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los parámetros ambientales para ubicar un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco?
- ¿Cuáles son las áreas óptimas mediante evaluación espacial multicriterio a través del SIG.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

1.4.1. Justificación teórica

La finalidad de nuestro proyecto está enmarcada en el principio geográfico de “localización”, bajo el contexto del desarrollo sostenible en la construcción y posterior

funcionamiento del relleno sanitario, para los tres que abarca la ciudad de Cerro de Pasco, buscando de cierta manera, mediante la localización óptima, distinguir a gran escala la sustentabilidad, bajo sus tres dimensiones.

A. Sustentabilidad ecológica: Cuando el ecosistema mantiene las características que le son esenciales para la sobrevivencia en el largo plazo.

B. Sustentabilidad económica: Cuando el manejo y gestión de los recursos permite que sea atractivo continuar con el sistema económico vigente.

C. Sustentabilidad social: Cuando los costos y beneficios son distribuidos de manera adecuada, tanto entre la población actual como con la población futura.

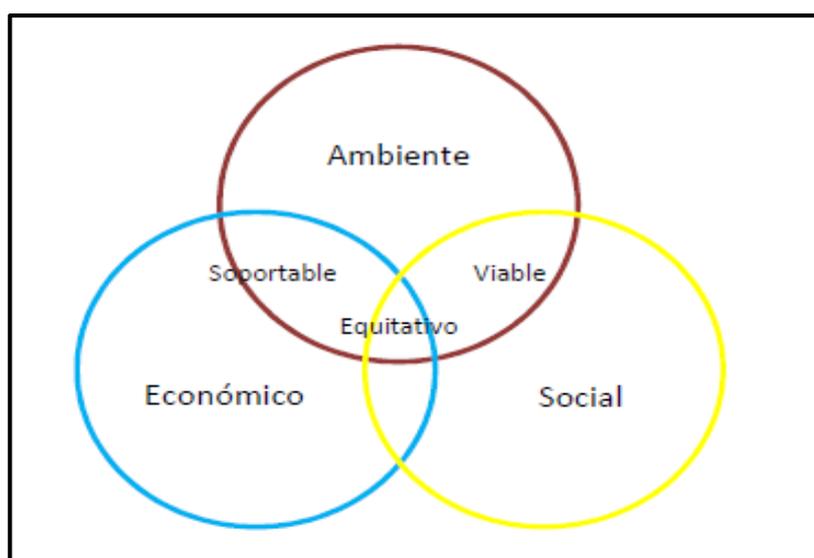


Figura 1.1: Desarrollo Sostenible

Fuente: Tchobanoglous, Theisen y Vigil, (1994). Gestión Integral de Residuos Sólidos Volumen I.

1.4.2. Justificación práctica

La importancia de la elaboración de un modelo para realizar la localización óptima de instalaciones para tratamiento o disposición final de residuos sólidos, radica en la

eficiencia espacial para instalaciones no deseables, como plantas de tratamiento y los vertederos de residuos.

La presente investigación podrá ser utilizada como una herramienta de apoyo verificable y complementario para futuras investigaciones sobre este tipo de situaciones, sin olvidar que existe poca información y estudios de la provincia de Pasco en este campo. Es necesaria que la población tenga una mejor calidad de vida, económicos, sociales y de salubridad.

1.4.3. Justificación metodológica

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

1.5. Formulación de objetivos

1.5.1. Objetivo general

Definir las áreas en la ciudad de Cerro de Pasco para ubicar un relleno sanitario mediante la evaluación espacial multicriterio.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros ambientales para ubicar un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco.
- Determinar las áreas óptimas mediante evaluación espacial multicriterio a través del SIG.

1.6. Formulación de hipótesis

1.6.1. Hipótesis general:

Será factible establecer espacios óptimos para ubicar un relleno sanitario para la ciudad de Cerro de Pasco, mediante un análisis espacial multicriterio a través del SIG.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Mediante evaluación medioambiental será factible establecer variables ambientales óptimas para ubicar un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco.
- Por medio de un análisis espacial multicriterio a través del SIG, será factible establecer espacios óptimos para localizar un relleno sanitario.

1.7. Identificación de variables

1.7.1. Variable dependiente:

Ubicación de un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco.

1.7.2. Variable independiente:

Análisis espacial multicriterio

1.7.3. Variables intervinientes:

A través del SIG (Físicas, biológicas y antrópicas)

Parámetros ambientales.

1.8. Definición operacional de variables e indicadores

En la tabla 1.1, se presenta la descripción de la variable dependiente y las variables independientes:

Tabla 1.1.

Operación de Variable e Indicadores

Variable	Dimensión	Indicadores	Escala	Método – instrumento
Variable Independiente				
Vulnerabilidad de acuífero	Grado de vulnerabilidad	Distancia (m)	> 500 m quebrada seca una parte del año (2), >500 m de río principal (1), < 500 m de río principal (-2) <de 500 m de quebrada seca una parte del año (-1)	Conversión Raster
Erodabilidad	Grado de erodabilidad	Rangos	Muy alta Alta Moderada Baja Muy baja	Conversión Raster
Pendiente	Grado de pendiente	Rangos	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	Conversión Raster
Vulnerabilidad por peligro geológico	Vulnerabilidad por peligro geológico	Nivel	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	Conversión Raster
Textura de suelo	Tipo de textura de suelo	Tipo	Arenoso-Francoso Franco-Arenoso Franco- limoso Franco Franco-Arcilloso Arcillosos	Conversión Raster
Capacidad de uso de suelo	Tipo de capacidad de uso	Tipo	Cultivo en Limpio (1) Cultivo secano (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)	Conversión Raster
Estructura de vegetación	Tipo de estructura de	Tipo	Bosque nativo Bosque Mixto Plantación de bosque Matorral y suculenta Pradera Terreno desprovisto de vegetación	Conversión Raster
Cobertura de vegetación	Tipo de cobertura	Tipo	Denso Semidenso Abierto	Conversión Raster
Centro poblados	Distancia a Centros poblados	Distancia	> 500 (1) < 500 (-1)	Conversión Raster
Accesibilidad	Grado de accesibilidad	Estado	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)	Conversión Raster
Variable Dependiente				
Espacios para relleno sanitario	La compatibilidad con el uso del suelo y los planes de expansión urbana	Tipo	(0-146) MALO ó Terreno No aceptable o de opción Marginal. (147-195) Regular o terreno moderadamente aceptable (196-245) Bueno ó Terreno aceptable (246-295) Muy Bueno ó Terreno aceptable de Primera Opción	Selección de áreas para las infraestructuras de disposición final

Variable	Dimensión	Indicadores	Escala	Método – instrumento
	La minimización y prevención de los impactos sociales, sanitarios y ambientales negativos	Distancia	Plan manejo ambiental Distancia a fuentes de agua superficiales, zonas de pantanos, humedales o recarga de acuíferos (m)	Matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales
	Los factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos	Factores	Factores meteorológicos Nivelación del suelo (cotas, m.s.n.m, etc) Permeabilidad Paisajes	
	Disponibilidad de material de cobertura	Distancia	Aguas subterráneas --	Criterios técnicos, sociales y ambientales para la selección de áreas
	La preservación del patrimonio cultural	Distancia	Plan monitoreo arqueológico	
	La vulnerabilidad del área ante desastres naturales	Nivel	Inundaciones y deslizamientos	

Fuente: Elaboración propia

1.9. Periodo de análisis

El presente estudio de investigación tuvo como periodo de análisis un aproximado de tiempo de 5 meses en sus tres fases de estudio como la fase preliminar, fase de campo y fase de gabinete, iniciando en el mes de abril y culminando aproximadamente entre setiembre y octubre del presente año.

CAPITULO II

EL MARCO TEÓRICO Y MARCO CONCEPTUAL

2.1. Bases Teóricas - Científicas

2.1.1. Sistemas de información geográfica

Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelación y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. Una definición más sencilla es “un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre” (Gómez; Barredo, 2005).

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

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

Por otra parte, el empleo del SIG también se enlazan con el uso de imágenes satelitales en vista de que ofrecen grandes ventajas, tales como: cobertura periódica y global de la

superficie terrestre, homogeneidad en la toma de datos e información de regiones no visibles del espectro (Chuvienco, 1995).

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

2.1.2. Teoría del riesgo

Lo que pasa a ser socialmente considerado como un problema ambiental no implica meramente una lectura imparcial y neutra de un fenómeno real o estar refiriéndose a hechos objetivos sobre la naturaleza, sino también demandas construidas socialmente. El propósito de la teoría ambiental es de analizar cómo los problemas ambientales son construidos, presentados y cuestionados. En principio, alguien necesita persuadir a otros actores sociales sobre cuáles son los problemas más y menos urgentes.

Así, el tema de los riesgos y la percepción no pueden ser analizados separados de las prácticas cotidianas, siendo imprescindible una aproximación “micro” para entender cómo se expresan los diferentes actores. El comportamiento de una sociedad y sus prácticas deben ser analizados desde el nivel de la información globalizada, siendo pieza clave para entender las influencias de lo global sobre lo local o viceversa en relación al ambiente.

2.1.3. Métodos de evaluación multicriterio

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.

Según el método empleado, se efectúan distintas operaciones aritméticas. Estas pueden ser simples, como las del método de Sumatoria Lineal Ponderada, aplicado

frecuentemente en modelos desarrollados en SIG. Otros métodos requieren realizar operaciones de mayor dificultad, tales como el Análisis de Punto Ideal (API), el Análisis Concordancia-Discordancia (ACED), el método de Optimización Jerárquica (OJ), la Programación Lineal y otros.

Los distintos métodos de EMC cuentan con una serie de características, requerimientos y propiedades que los definen individualmente. De igual manera el tipo de evaluación, tipo de datos a considerar, las características de los objetivos, así como el punto de vista del centro decisor, inciden en la elección de un determinado método; otras cuestiones, como la capacidad de los sistemas informáticos, también deben ser evaluadas en el momento de decidir el uso de un método concreto. Ya que, si bien la información inicial de entrada puede ser ocasionalmente similar utilizando algunos de los métodos, ciertos elementos de la estructura interna de evaluación de los mismos puede condicionar su utilización.

Una clasificación de métodos de EMC, desde el punto de vista del tipo de procedimientos que desarrollan, es presentada por Jankowski (1995). En ella las técnicas de EMC son clasificadas de acuerdo al nivel de proceso de demanda cognitiva que demandan del centro decisor y el método de agregación de puntuaciones de criterios y prioridades establecidos. En relación a dicha clasificación, se diferencian dos grupos de técnicas de EMC: compensatorias y no compensatorias. Siendo las técnicas compensatorias las que demandan un proceso cognitivo, dado que requieren que el centro decisor especifique los pesos de los criterios como valores cardinales o funciones de prioridad, mientras que las no compensatorias demandan un menor proceso cognitivo, ya que éstas por lo general requieren una jerarquización ordinal de los criterios basada en las prioridades del centro decisor.

Desde el punto de vista operativo y de tratamiento de los datos, el que consideramos de mayor relevancia, las técnicas compensatorias se basan en la suposición de que un valor

alto de una alternativa en un criterio puede compensar un valor bajo de la misma alternativa. Por otra parte, en las técnicas no compensatorias un valor bajo en un criterio no puede ser compensado o equilibrado por un valor alto en otro criterio, aquí las alternativas son comparadas en todos los criterios sin realizar operaciones entre los mismos.

Finalmente, en los últimos años se ha incrementado el uso de algunas de las técnicas compensatorias y aditivas adaptadas a la filosofía de la lógica borrosa.

Estas técnicas utilizan una escala no numérica, por ejemplo: alto, medio, bajo, para evaluar las alternativas con respecto a una serie de atributos. El objetivo consiste en identificar qué alternativas se consideran aceptables o adecuadas y cuáles no al igual que en otras técnicas, es posible otorgar diferentes grados de importancia a los distintos criterios (Gómez; Barredo, 2005).

2.1.4. Ordenamiento territorial ambiental

Principio básico de la Gestión Ambiental Sistémica, se refiere al involucramiento de la dimensión ambiental en los procesos de planificación y ordenamiento territorial, orientados a la reglamentación óptima de los usos del territorio en todos los niveles de gobierno.

El ordenamiento territorial es un proceso técnico, administrativo y político de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio. Considera las condiciones sociales, ambientales y económicas para la ocupación del territorio, así como el uso y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar un desarrollo equilibrado y en condiciones de sostenibilidad. El Ordenamiento Territorial busca gestionar y minimizar los impactos negativos que podrían ocasionar las diversas actividades y procesos de

desarrollo que se llevan a cabo en el territorio, con lo que se garantiza el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de vida.

2.1.5. El medio ambiente en la planificación territorial

Desde la segunda mitad del siglo XX, los temas medioambientales han tomado un gran interés a nivel mundial, primero de características netamente científicas, pasando a transformarse en el centro de decisiones políticas (Aliste & Urquiza, 2010:21), ya que de alguna forma la sociedad se ha dado cuenta de que a causa de su accionar sobre el medio geográfico se ha estado generando una gran presión sobre esta gran dimensión, que es el medio ambiente. El ser humano se ha dado cuenta de su gran capacidad para autodestruirse y destruir lo que tiene a su alrededor, con una gran facilidad, ya que, con el avance de las tecnologías y los sistemas de producción dominantes, se ha hecho posible el incremento de la población y su calidad de vida pero al mismo tiempo esto ha generado un deterioro en el medio ambiente, que está desencadenando problemáticas ambientales alrededor de todo el mundo, donde las localidades menos desarrolladas han tenido que soportar esta carga, pero que en definitiva puede influenciar globalmente.

“Considerado como una construcción social, el medio ambiente es un objeto híbrido que engloba todas las relaciones entre naturaleza y sociedad, entre naturaleza y cultura, cuyo análisis se inscribe en territorios animados por juegos de actores que implican opciones políticas” (Galochet, 2009:26) ; permite tener una visión global y una reflexión sobre la relación que puede darse entre la naturaleza y lo social en sus diversas dimensiones (ecológica, sociológica, económica, política, cultural, etc.).

Hay que hacer una diferenciación entre ambiente y medio ambiente, ya que suele ocurrir que se ocupan las dos palabras como sinónimos, pero el ambiente alude sólo a aspectos del medio natural, en cambio, cuando se habla de medio ambiente, se hace referencia a la relación, en la actualidad muy problemática, entre el ser humano y la biósfera: que en el

presente tiene mucho que ver con la contaminación, agotamiento de recursos, desertización, entre otras cosas (Capitanelli, 1998; citado en Llanes Navarro, s.f.:2)

El medio ambiente será entendido como un sistema donde interactúan elementos antrópicos y físico-naturales, o, en otras palabras, la naturaleza y la sociedad (ver figura 4). Esta noción hace referencia a un complejo sistema de elementos que se interrelacionan entre sí; elementos naturales y sociales, que dan vida al medio natural y a las sociedades humanas. Este medio ambiente o sistema ambiental estará ligado a determinados factores y variables ambientales que lo van a definir. Cada una de las variables tiene diferente grado de importancia [que se] determina según el punto de vista u objeto de estudio (Herrera Koerner & Morales Villegas, 1997:15).

2.2. Definición de términos básicos

Residuos sólidos. Son todos aquellos materiales sólidos y semisólidos que resultan de las actividades del hombre en la sociedad y que son desechadas por su propietario por considerarlos inútiles, indeseables o sin valor para retenerlos.

Clasificación de residuos sólidos. Se pueden clasificar, según su origen, en: industriales, domésticos, comerciales, agrícolas, de servicios de barrido y hospitalarios, vertedero clandestino: sitio de depósito sin consideraciones medioambientales, no autorizado, vertedero urbano, controlado o relleno sanitario, se realiza bajo ciertas consideraciones o estudios ambientales, económicos y sociales, con supervisión del gobierno y organismos relacionados.

Contaminación generada por los residuos sólidos. Directa, afectando el ambiente-paisaje. Los residuos sólidos contienen de forma mezclada restos orgánicos como alimentos, plásticos, papel, metales, pinturas, vidrio, baterías, telas, etc. Por descomposición se generan:

Lixiviados: que pasan por el perfil del suelo y pueden llegar a las napas de agua.

Gases: que contaminan el aire como el CO₂ y metano por la quema de los RS se generan productos clorados, dioxinas de alto poder tóxico.

Evaluación de riesgo ambiental. En ciencias ambientales se denomina riesgo ambiental a la posibilidad de que se produzca un daño o catástrofe en el medio ambiente debido a un fenómeno natural o a una acción humana. Se define riesgo ambiental como la posibilidad de sufrir un daño, ya sea éste hacia instalaciones, personas o medio ambiente.

Clasificación:

Los riesgos pueden clasificarse como riesgos naturales, debidos a los fenómenos naturales, y riesgos antropogénicos, debidos a las acciones humanas.

- **Riesgos naturales.** Ejemplos son los asociados a fenómenos geológicos internos, como erupciones volcánicas y terremotos, o la caída de meteoritos. Las inundaciones, aunque debidas a causas climáticas naturales, suelen ser riesgos dependientes de la presencia y calidad de infraestructuras.
- **Riesgos antropogénicos.** Se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana. Ejm: contaminación de ríos por disposición de residuos sólidos en sus riveras.
- **Análisis multicriterio.** El análisis multicriterio, análisis multi objetivo, también abreviado como AMO, es un instrumento que se utiliza para evaluar diversas posibles soluciones a un determinado problema, considerando un número variable de criterios, se utiliza para apoyar la toma de decisiones en la selección de la solución más conveniente.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo mixta, ya que complementa lo cualitativo con lo cuantitativo, desde un enfoque descriptivo y correlacional dependiendo del objetivo que se esté abordando. Es una investigación exploratoria, ya que la finalidad fue descubrir posibilidades a la hora de localizar un relleno sanitario a través de variables medioambientales, que pudieran servir de complementación para futuros estudios.

3.2. Nivel de investigación

El presente estudio es de nivel descriptivo por lo que permitirá conocer y abordar el problema planteado y será analizado previo a una programación y planeación.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, de tipo transeccional o transversal, que según, Hernández (2003, p 270), son los que recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, Así mismo el diseño está en base a las variables del estudio donde X está en función de Y y se representa de la siguiente manera:



Donde:

X= Variable dependiente

Y= Variable Independiente

F= Función

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Estará constituida por los 3 distritos (Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar).

3.4.2. Muestra

Las unidades observacionales para el estudio estarán constituidas por la población universo de los 3 distritos de la ciudad de Cerro de Pasco.

3.5. Técnicas e instrumentos para recoger información

Se emplearon nueve criterios de evaluación para la identificación de áreas potenciales, establecidos en la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”, por el MINAM. Los criterios se describen a continuación, donde se eligieron estos nueve criterios técnicos por ser de importancia para la selección de sitio, y por encontrarse en la base espacial de datos de la zonificación Ecológica y Económica.

3.6. Técnicas de procesamiento de datos

Para el procesamiento de la base de datos (shapefile) cada uno de los criterios seleccionados fueron recortados de acuerdo al límite del área de estudio y transformados a formato ráster mediante la herramienta “Euclidean Distance”, para poder realizar la evaluación multicriterio, que nos permitió identificar las áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario.

3.7. Desarrollo del trabajo de tesis

3.7.1. Ubicación

Cerro de Pasco, está ubicado en la parte central del país, al este de la cordillera Occidental, en la zona central del Perú, Su capital, la ciudad de Cerro de Pasco, con una altitud de casi 4.338 m s. n. m., es la más alta del país y considerada por muchos "La ciudad más

alta del mundo". Limita al norte con Huánuco; al sur con Junín; el este, con Ucayali; y al oeste con Lima, tiene como superficie: 25,319 km² a una Latitud sur: 9° 34' 23.00" con Longitud Oeste: entre meridianos 74°36'32" y 76°43'18" y una densidad demográfica: 10 habitantes/km² aproximadamente. (Wikipedia, 2021). Según el censo Nacional de población y vivienda INEI, (2018, p.24) existe 123,015 hab. En la zona urbana de Pasco, siendo el 48.4 % de la población total de la región y tiene una tasa de crecimiento de -2.0 anual. (ver anexo 2).

3.7.2 Acceso y distancia

Las vías de acceso son de manera terrestre desde:

Lima - Cerro de Pasco:

Ruta 1 - Carretera Central

Lima - La Oroya - Junín - Carhuamayo - Villa de Pasco – Cerro de Pasco 315 km.

Ruta 2 - Canta

Canta – La Viuda – Huayllay – Cerro de Pasco con una distancia de 259 km.

Ruta 3 - Huaral

Huaral, Acos, Vichaycocha, Antajirca, Huayllay, Cerro de Pasco con una distancia de 287 km.

3.7.3 Geografía y clima

La región Pasco tiene una geografía variada. Por el sur, las altas mesetas y frías montañas de la sierra y por el oriente, la tupida vegetación y el clima húmedo de la selva alta. Su territorio está flanqueado por las dos cadenas montañosas de los Andes: la Cordillera

Occidental y la Oriental. La capital de la región es la ciudad de Cerro de Pasco, ubicada en la Meseta de Bombón, una extensa planicie que se prolonga hasta la región Junín.

La ciudad de Cerro de Pasco cuenta con un clima frío y con una permanente presencia de lluvias durante las estaciones de otoño, primavera y verano. La temperatura media anual máxima es de 12°C (54°F) y la mínima de 0,6°C (31°F).

3.7.4. Alcances de la investigación

La presente investigación está orientada a caracterizar la ubicación de un relleno sanitario y a localizar zonas con óptima idoneidad para el emplazamiento de un relleno sanitario que otorgue un servicio para toda su población de la ciudad de Cerro de Pasco que tiene una extensión superficial de 23,353.11 km² que equivale al 32% del territorio del departamento de Pasco. Según el Censo 2007 las localidades del área de influencia que se encuentran inmerso en el estudio, tiene una población total 64,525 habitantes.

Para mejor comprensión del área de influencia, a continuación, se presenta el área geográfica del proyecto en el siguiente mapa: (Anexo II: Mapas)

3.7.5. Criterios del desarrollo investigativo

En la presente investigación, se aplicó el método de observación; el cual trata sobre el levantamiento de información en los lugares establecidos, para posteriormente realizar la compilación y análisis a través de sistemas de información geográfica (ArcGIS 10.5)

La metodología para identificar los riesgos ambientales y análisis de la normativa de disposición de rellenos sanitarios a nivel nacional, poniendo atención en las variables que se utilizan y cuáles son las restricciones.

También se utilizó la guía de diseño y construcción de relleno sanitario mecanizado, MINAM (2015), donde se indican factores relevantes para la definición de un sitio para

instalar un relleno sanitario. Se compararon estas variables con las variables que se extrajeron del diagnóstico para ver si estaban en concordancia, si lo que se exigía o aconsejaba era suficiente para evitar problemáticas, o, por el contrario, se necesitaba cambiar los parámetros, agregar otras variables, entre otras cosas.

Después de tener los criterios de valorización y el peso de cada criterio, se pasó a ingresar la información resultante a un Sistema de Información Geográfica (SIG), en este caso al programa ArcGIS 10.5, utilizando la herramienta Weighted Overlay (Superposición Ponderada) para el Análisis Multicriterio. Esta “aplica uno de los enfoques más utilizados en el análisis de superposición para resolver problemas de varios criterios como la selección de sitios y los modelos de adecuación” (ArcGIS).

Para la evaluación multicriterio e identificación de áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario, se tuvo en cuenta los siguientes criterios desde el punto de vista técnica profesional y social guiándonos en la guía establecida por el Ministerio del Ambiente (tabla 3.1), con la finalidad de facilitar a las municipalidades y empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos (EO-RS) una herramienta ágil a través de los sistemas de información geográfica para la selección de áreas de estudio.

Tabla 3.1

Elementos medio ambientes empleada en modelos desarrollados en SIG

CRITERIO	CATEGORÍA	ESCALA	VALOR
Pendiente	No apta	<4° y >40°	0
	Óptima	4° - 20°	1
	Aceptable	20° - 40°	2
Vías de acceso	No apta	<200 m	0
	Óptima	200 - 1200 m	1
	Aceptable	>1200 m	2
Hidrología	No apta	<500 m	0
	Óptima	>1000 m	1
	Aceptable	500 - 1000 m	2

Centros Poblados	No apta	<500 m	0
	Óptima	500 - 1000 m	1
	Aceptable	>1000 m	2
Fallas Geológicas	No apta	<500 m	0
	Óptima	>1000 m	1
	Aceptable	500 - 1000 m	2
Sitios Arqueológicos	No apta	<1000 m	0
	Óptima	>2000 m	1
	Aceptable	1000-2000 m	2
Infraestructura	No apta	<1000 m	0
	Óptima	1000 - 1500 m	1
	Aceptable	>1500 m	2
Capacidad de uso mayor	No apta	Xse/F	0
	Óptima	C2se-F2se/F	1
	Aceptable	C2se-Xse/F	2

Fuente: Elaboración propia

3.7.6. Material espacial cartográfico

Se utilizó como base de datos de Zonificación Ecológica Económica (ZEE) del Gobierno Regional de Pasco, que se realizó con asesoramiento del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y el Ministerio del Ambiente.

Los datos espaciales que se utilizaron fueron extraídos de la ZEE para su procesamiento conforme a los nueve criterios utilizados de la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual”, por el MINAM. La guía es un aspecto técnico de importancia que determina el estudio de selección de sitio, esto con el uso del Software ArcGIS 10.5 con el Microsoft Office 2013 y así mismo con material logístico como cámaras y laptops.

3.7.7. Generación total de residuos sólidos

Uno de los factores primordiales para el presente estudio es la generación total de residuos sólidos está dada por la suma de la generación domiciliaria más la no domiciliaria.

En este caso la Gpc base para los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar fue obtenida del “SIGERSOL 2018”, los resultados de dichos estudios se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2:

Generación per cápita de residuos sólidos

DISTRITOS BENEFICIARIOS	GENERACIÓN PER CÁPITA (Kg/Hab/Día)
Chaupimarca	0.650
Yanacancha	0.410
Simón Bolívar	0.240

Dato: SIGERSOL (2018)

Asimismo, la generación no domiciliaria base fue obtenida de los mismos documentos de los cuales se obtuvo las generaciones, los valores están en la tabla 3.3:

Tabla 3.3.

Generación no domiciliaria de residuos sólidos

DISTRITOS BENEFICIARIOS	GENERACIÓN NO DOMICILIARIA (t/Día)
Chaupimarca	24.06
Yanacancha	12.03
Simón Bolívar	9.80

Dato: SIGERSOL (2018)

Con los datos tanto de generación domiciliaria y no domiciliaria de cada distrito, se procede a calcular la generación total de residuos sólidos, cuyos resultados se muestra en la tabla 3.4:

Tabla 3.4:

Generación total (t/día) de residuos sólidos de los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar

AÑO		POBLACIÓN CHAUPIMARCA	POBLACIÓN YANACANCHA	POBLACIÓN SIMON BOLIVAR	GPC CHAUPIMARCA (kg/día)	GPC YANACANCHA (kg/día)	GPC SIMON BOLIVAR	GENERACIÓN DOMICILIARIA CHAUPIMARCA (t/día)	GENERACIÓN DOMICILIARIA YANACANCHA (t/día)	GENERACIÓN DOMICILIARIA SIMON BOLIVAR (t/día)	GENERACIÓN DOMICILIARIA TOTAL (t/día)	GENERACIÓN NO DOMICILIARIA CHAUPIMARCA (t/día)	GENERACIÓN NO DOMICILIARIA YANACANCHA	GENERACIÓN NO DOMICILIARIA SIMON BOLIVAR	GENERACIÓN NO DOMICILIARIA TOTAL	GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES
0	2019	35,923	31,792	15,035	0.70	0.44	0.26	25.28	13.84	3.87	42.99	26.05	13.02	1.05	40.12	83.11
1	2020	36,831	32,202	15,304	0.71	0.44	0.26	26.18	14.16	3.98	44.32	26.31	13.15	1.06	40.52	84.84
2	2021	37,775	32,613	15,578	0.72	0.44	0.26	27.12	14.48	4.09	45.69	26.57	13.29	1.07	40.93	86.62
3	2022	38,755	33,023	15,857	0.73	0.45	0.27	28.10	14.81	4.20	47.12	26.84	13.42	1.08	41.34	88.45
4	2023	39,771	33,434	16,140	0.73	0.45	0.27	29.13	15.14	4.32	48.59	27.11	13.55	1.09	41.75	90.35
5	2024	40,824	33,844	16,429	0.74	0.46	0.27	30.20	15.48	4.44	50.12	27.38	13.69	1.10	42.17	92.29

Dato. Elaboración propia

3.7.8. Análisis Multi-criterio

Este análisis se realizó asignando a cada capa de información del área de estudio un valor numérico, para lo cual se necesitó tener toda la información en una misma escala.

El valor numérico depende del criterio que se esté tratando, cartográficamente se asignó los valores 0 (cero) zonas no aptas y 1 (uno) zonas aptas.

Una vez elaborados estos criterios cartográficos, se procedió a la superposición de los mismos y a la suma algebraica de estos mapas de base, con lo cual se obtuvo un resultado mediante el método de Sumatoria Lineal Ponderada, que es la más empleada en modelos desarrollados en SIG, indicando las zonas más aptas para la instalación de relenos sanitarios.

3.7.9. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Rodríguez (2013) afirma, la Recolección de datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico. Un instrumento de medición es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente. En términos cuantitativos es el registro de datos de la realidad. Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, por lo que los instrumentos de recolección de datos fueron claves, para el desarrollo de este proceso se procederá a la selección de los métodos la adecuación de las técnicas y el diseño de los instrumentos que permitan recolectar información válida y confiable para probar las hipótesis y obtener un conocimiento objetivo y completo del fenómeno que se investiga

Para la elaboración del instrumento de investigación para la evaluación multicriterio e identificación de áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco, se tuvo en cuenta los siguientes criterios desde el punto de vista técnica profesional y social guiándonos en la guía establecida por el Ministerio del Ambiente (Ver anexo III) y posteriormente validados por especialistas en la temática ambiental. La misma que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.5.

Instrumento de investigación empleada para recolección de información.

Ítem	Parámetro	Valores límite o de referencia y Puntaje
1.1	Distancia a la población más cercana (m)	> 500 (1) < 500 (-1)
1.2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 500 (1) , < 500 (-1)
1.3	Distancia a límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje (m)	> 3.0 (1), < 3.0 (-1)
1.4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 500 m quebrada seca una parte del año (2) , >500 m de río principal (1), < 500 m de río principal (-2) <de 500 m de quebrada seca una parte del año (-1)
1.5	Distancia con respecto a la Ciudad (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)
1.6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)
1.7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo seco (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)
1.8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)
1.9	Propiedad del terreno	Saneado (1) no saneado (-1)
1.10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 10 años (2) < 10 años (-2)
1.11	Topografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)
1.12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)

1.13	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)
1.14	Profundidad de la napa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), Profundidad > 10 m (1)
1.15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1×10^{-6} (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10^{-6} (-1)
1.16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)
1.17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)
1.18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), Dentro del área natural (-1)
1.19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)
1.20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)
2.1	Opinión	Desfavorable (-1) poco Favorable(1) Regular (2) Altamente favorable (3)
2.2	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)
2.3	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)
2.4	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)
2.5	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó en tres fases; fase pre campo, fase campo y fase post campo:

4.1.1. Fase de pre campo

Consistió en la recopilación, clasificación y análisis sistemático del área de estudio y elaboración de mapas temáticos a partir de información cartográfica nacional delimitados con el área de influencia directa del ámbito de la investigación. (Geoservidor Minam, plataforma tecnológica con información geoespacial especializada)

Se realizó una estratificación del bosque en base a mapas temáticos de la zona y a la hoja 22 k de la Carta nacional (IGN 2005). Para esto se utilizó el programa ArcGIS 10.5.

Así mismo se obtuvo de la web de SENMHI los datos Hidrometeorológicos de las estaciones adyacentes del área de estudio.

4.1.2. Fase campo

El estudio se llevó a cabo en 69 092 Has, con el fin de facilitar el procesamiento de la base de datos (shapefile) cada uno de los criterios seleccionados fueron recortados de acuerdo al límite del área de estudio (distritos: Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar) y transformados a formato ráster mediante la herramienta “Euclidean Distance”, para poder realizar la evaluación multicriterio, que nos permitió identificar las áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario.

4.1.3. Fase post campo

Para la evaluación multicriterio e identificación de áreas óptimas para la instalación de un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco, se tuvo en cuenta los siguientes criterios

desde el punto de vista técnica profesional y social guiándonos en la guía establecida por el Ministerio del Ambiente, con la finalidad de facilitar a las municipalidades y empresas operadoras de servicios de residuos sólidos (EO-RS) una herramienta ágil a través de los sistemas de información geográfica para la selección de áreas de estudio mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 4.1

Capas digitales de criterios limitantes para el análisis multicriterio

Capa variable de localización	Variable de evaluación	Método de obtención de capas	Fuente
Centros Poblados	Distancia a los poblados mayor o igual 500 metros	Capa de lugares Centros poblados	Instituto Nacional de Estadísticas
Aguas superficiales	Distancia a red hidrográfica mayor o igual 500 metros	Capa de hidrografía	ANA
Riesgo sísmico	Cercana a fallas y fracturas mayor o igual 200 metros	Capa de fallas y fracturas	INGEMET
Áreas protegidas	Distancia áreas protegidas Fuera de perímetro de área protegida	Capa de áreas protegidas	SERNAP

Variable de localización	Variable de evaluación	Método de obtención de capas	Fuente
Aguas Subterráneas	Capacidad producción de los acuíferos	Capa Mapa digital hidrogeológico	ANA
Pendiente del terreno	Inclinación en grados del terreno < 15°	Capa de curvas de nivel y análisis SIG	MINAM
Suelos	Textura del suelo	Capa de textura del Suelo	MINAM
Drenaje	Drenaje del suelo	Capa de drenaje	MINAM

Cobertura vegetal	Clasificación del uso del suelo	Capa de cobertura boscosa	MINAM
Densidad de población	Densidad de la población vulnerable	Análisis SIG	INEI
Accesibilidad	Tipo de vías	Capa de vías	MTCV

Evaluación sitios finales

Superficie	Área de los sitios	Análisis SIG	Investigador
Distancia a vías	Cercanía a vías	Análisis SIG	Investigador
Cuenca visual	Distancia visual	Análisis SIG	Investigador
Cuenca de drenaje	Superficie de cuenca de drenaje y acumulación de flujo	Análisis SIG	Investigador

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Fase de análisis de datos

- **Centros urbanos**

Para el análisis multicriterio se procedió a determinar el área de 0.5 kilómetros de distancia a centros poblados establecido en el DS 004-2018-MINAM, para contar con superficie para la evaluación del modelo.

El primer paso es la obtención de la capa de centros poblados en formato raster del área geográfica luego se procedió a la determinación del área de influencia mediante el módulo GIS analysis distance operators buffer según la distancia ajustada mayor a 0.5 kilómetros a centro poblado.

Se le otorgaron los valores de 1 (uno) para las áreas aptas mayor a 0.5 Km y 0 (cero) para áreas no aptas, menor a 0.5 Km de cada centro poblado. (Véase)

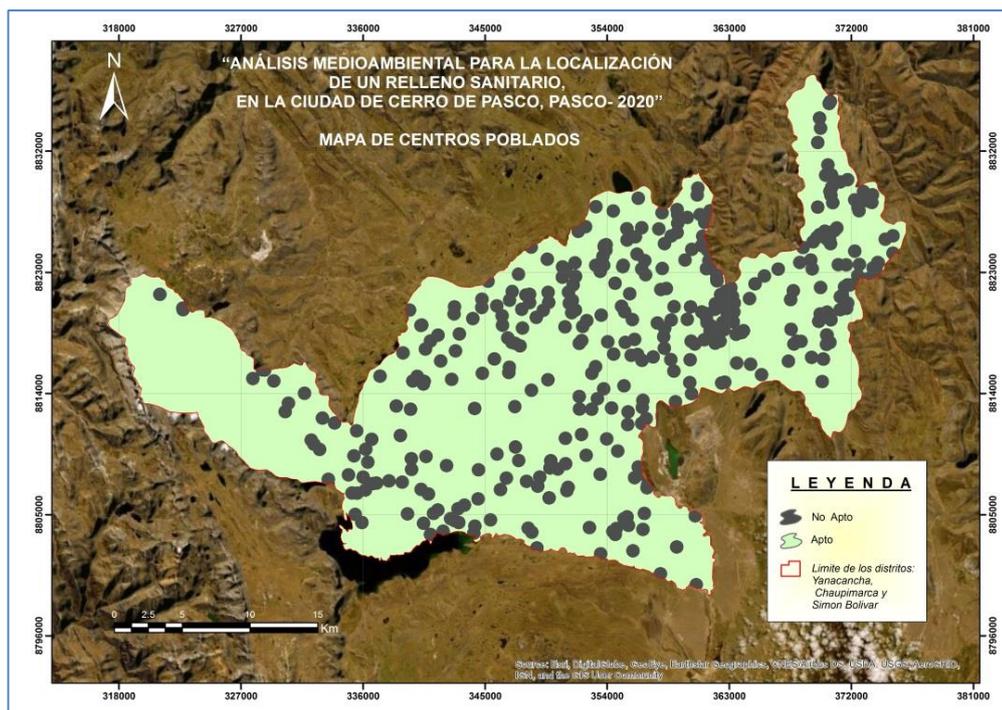


Figura 4.1 Centros Poblados de la Ciudad de Cerro de Pasco

Fuente: ZEE (2010)

- **Pendiente:**

El factor de la topografía influye en el tipo de relleno sanitario, por lo tanto, son convenientes, pendientes suaves y onduladas donde se pueda obtener los mayores beneficios por superficie. Para determinar las pendientes se obtuvieron las curvas de nivel de la Ciudad de Cerro de Paso a intervalos de 20 metros en formato vectorial.

Realizado el mapa de pendientes (Véase fig. 4.2), se llevó a cabo la ponderación de las categorías de pendientes, dándole mayor ponderación a las pendientes suaves y casi planas de 0 a 3°, seguido de las pendientes de 3° a 6°, 6° a 9° de 9 a 15° (Apto) y más de 15° (No Apto).

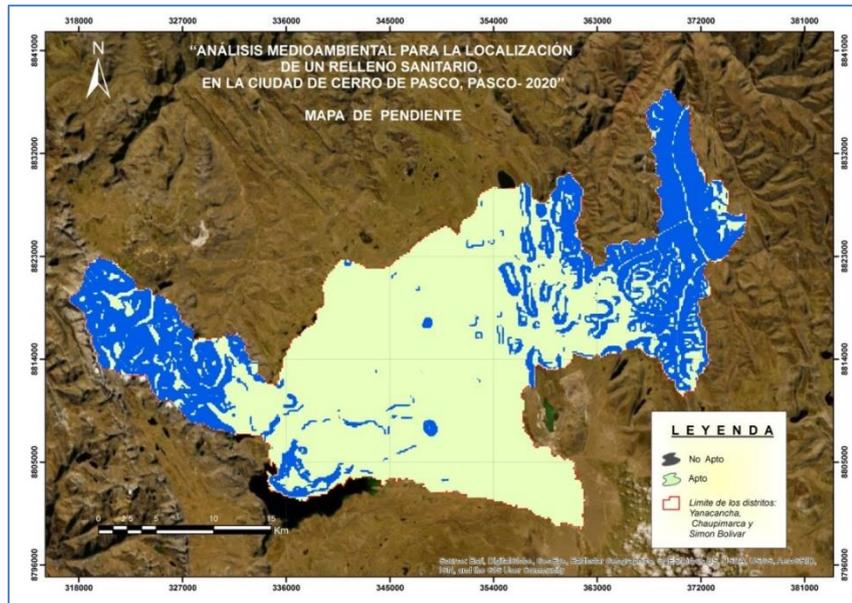


Figura 4.2 Mapa de Pendientes

Fuente: ZEE (2010)

- **Aguas superficiales - Hidrografía:**

DS 004-2018-MINAM hace énfasis a la importancia de la red hídrica, indica que el relleno debe estar, preferiblemente, en niveles inferiores de las aguas de fuentes, estableciendo una distancia o área de protección de los márgenes de los ríos o quebradas, por lo tanto, se utilizó una distancia de 500 metros como mínimo, según los criterios técnicos establecidos por tanto se le asignó el número 1 (uno) para > 500 m. cumplen con las condiciones para la instalación del relleno sanitario (Apto) y valor 0 (cero), para los valores < 500 m (No Apto).

Asignados los valores, se produjo el mapa binario final de distancia a Hidrografía, para la evaluación multicriterio la misma que muestra en las siguientes figuras:

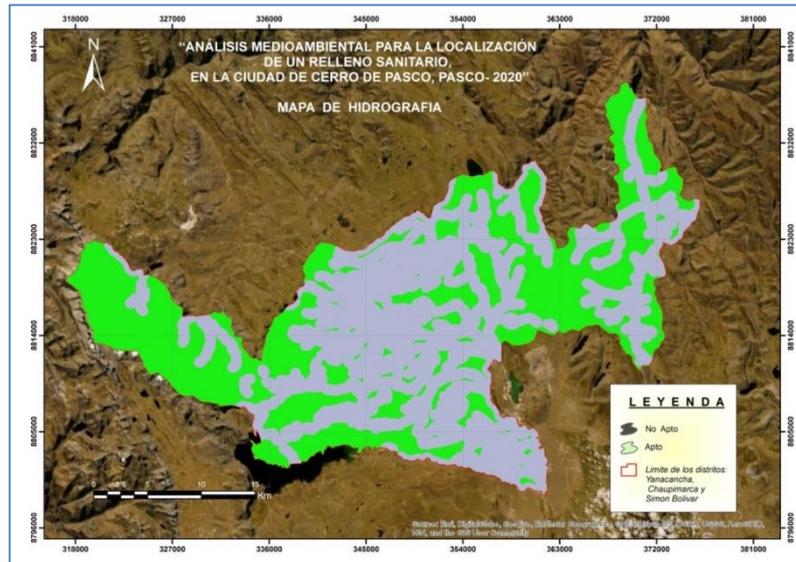


Figura 4.3 Mapa de Hidrografía

Fuente: ZEE (2010)

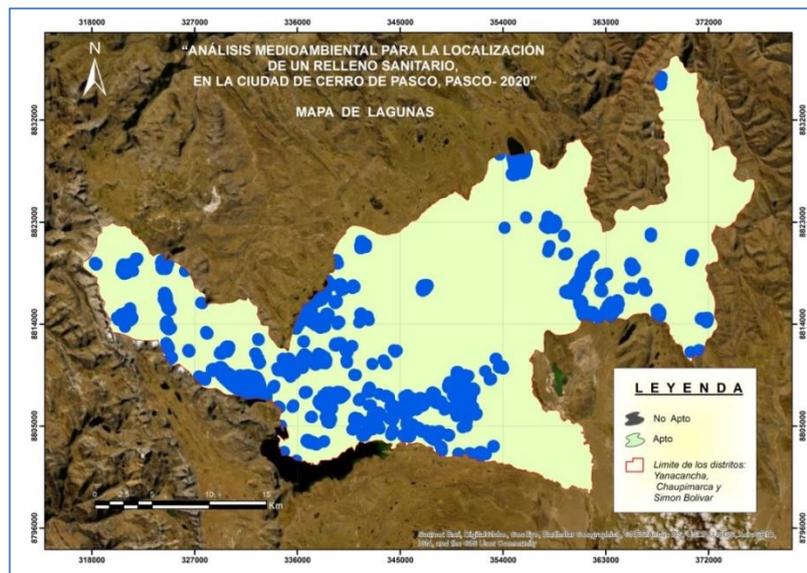


Figura 4.4 Mapa de lagunas

Fuente: ZEE (2010)

- **Fallas geológicas:**

DS 004-2018-MINAM, indica que el relleno sanitario debe estar alejados de fallas o riesgos geológicos potenciales, pero no indica el área de riesgo o protección necesaria, por ende, fue tomado de los criterios técnicos analizados y se estableció una distancia mayor o igual a 500 m.

Los valores 0 (cero), son aquellos no aptos (menores a 500 m); mientras que los valores 1 (uno), son aquellos sitios aptos (mayores a 500 m) de las fallas, fracturas y buzamientos. (Véase fig. 4.5)

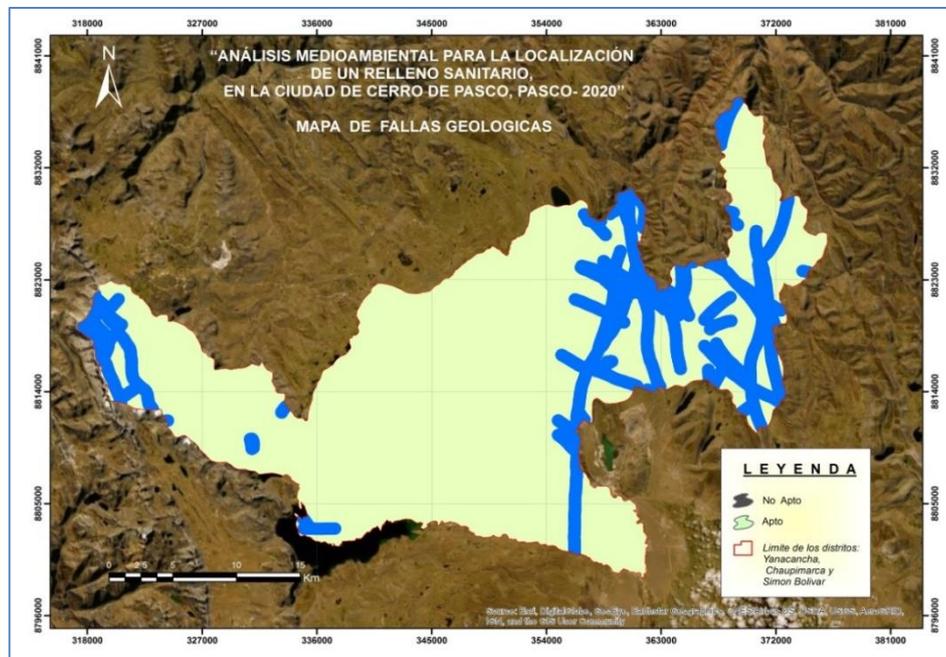


Figura 4.5 Mapa de Fallas Geológicas

Fuente: ZEE (2010)

- **Zonas arqueológicas:**

Esta variable se incluyó, debido a la importancia de proteger las zonas arqueológicas. La limitante no se incluye en la normativa legal, sin embargo, en la investigación es de gran valor, por la cual se obtuvo la capa en formato raster y se delimitó la zona arqueológica. Se asignaron los valores al mapa de zona arqueológica a través de la herramienta data entry, assign. (Véase fig. 4.6)

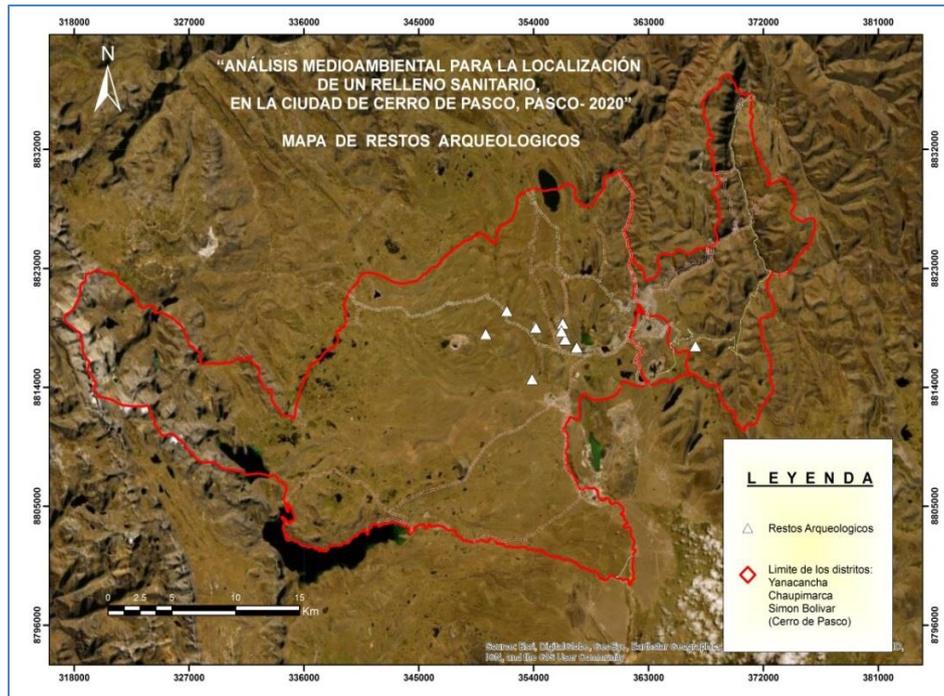


Figura 4.6 Mapa de Restos Arqueológicos

Fuente: ZEE (2010)

- **Geomorfología**

Esta variable se incluyó, debido a la importancia de la geomorfología considerando al no revegetar laderas, sobre todo las de mayor pendiente existe riesgo de erosión y remoción en masa. La limitante no se incluye en la normativa legal, sin embargo, en la investigación es de gran valor, por la cual se obtuvo la capa en formato raster con la descripción de la geomorfología de la ciudad de Cerro de Pasco.

Se asignaron los valores al mapa de zona arqueológica a través de la herramienta data entry, assign. (Véase fig. 4.7)

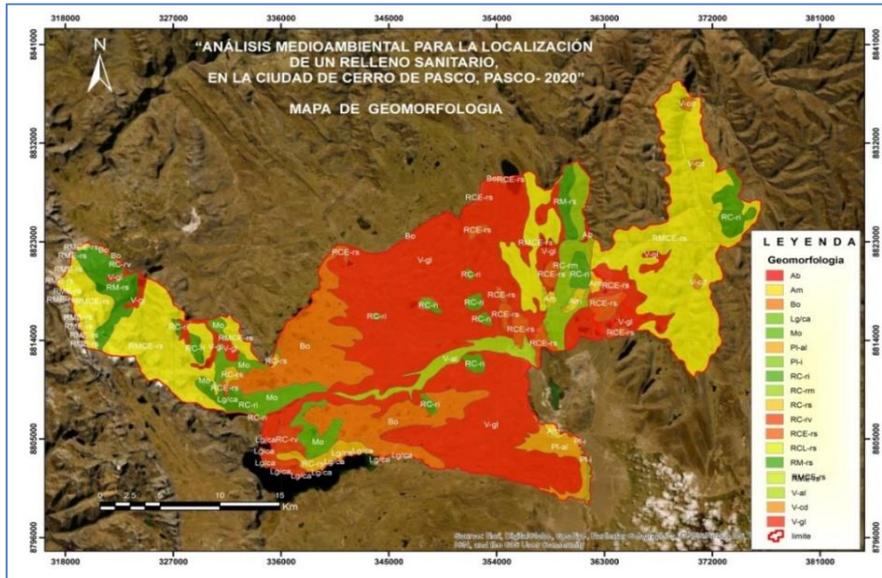


Figura 4.7 Mapa de Geomorfología

Fuente: ZEE (2010)

- **Fisiografía**

Esta variable se incluyó, debido a la importancia de la fisiografía considerando la topografía muy abrupta y accidentada, algunos sectores son semiáridos fundamentalmente en las zonas altas (mayor a 4 000 m.s.n.m.), con un tipo de terreno con poca vegetación, las zonas de fondo de valles son apropiados para el presente estudio. (Véase fig. 4.8)

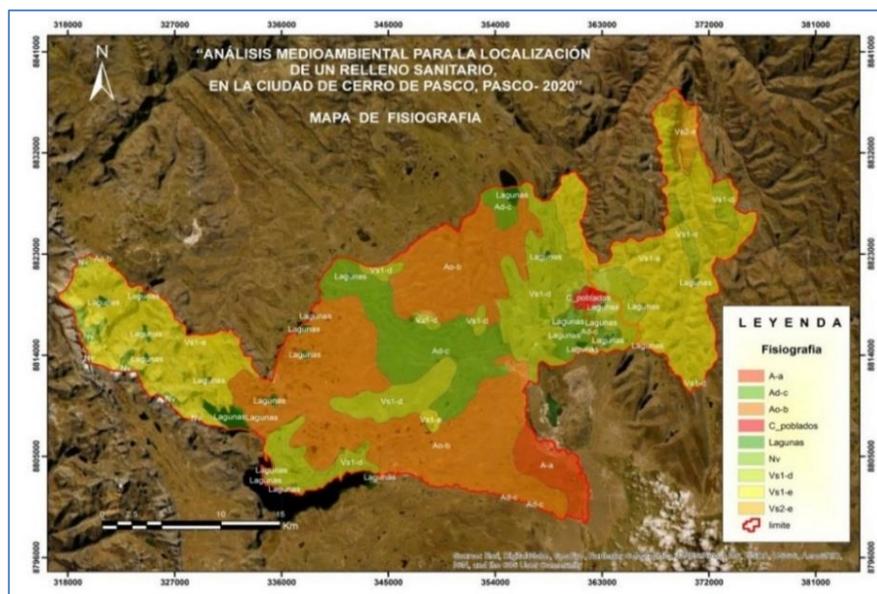


Figura 4.8 Mapa de Fisiografía

Fuente: ZEE (2010)

- **Suelo**

Es el primer factor para la evaluación multicriterio es muy importante; porque se establece una ponderación cercana a la realidad, ya que, dependiendo del uso y las características del suelo, dependerá su valor y se determinará la posible expropiación del terreno y una indemnización futura. Primeramente, se obtuvo la capa de cobertura vegetal de la ciudad de Cerro de Pasco en formato raster; luego se reclasificó y ponderó las categorías por utilizar en el análisis con la ayuda de la herramienta GIS analysis database query reclass según los pesos establecidos. (Véase fig. 4.9)

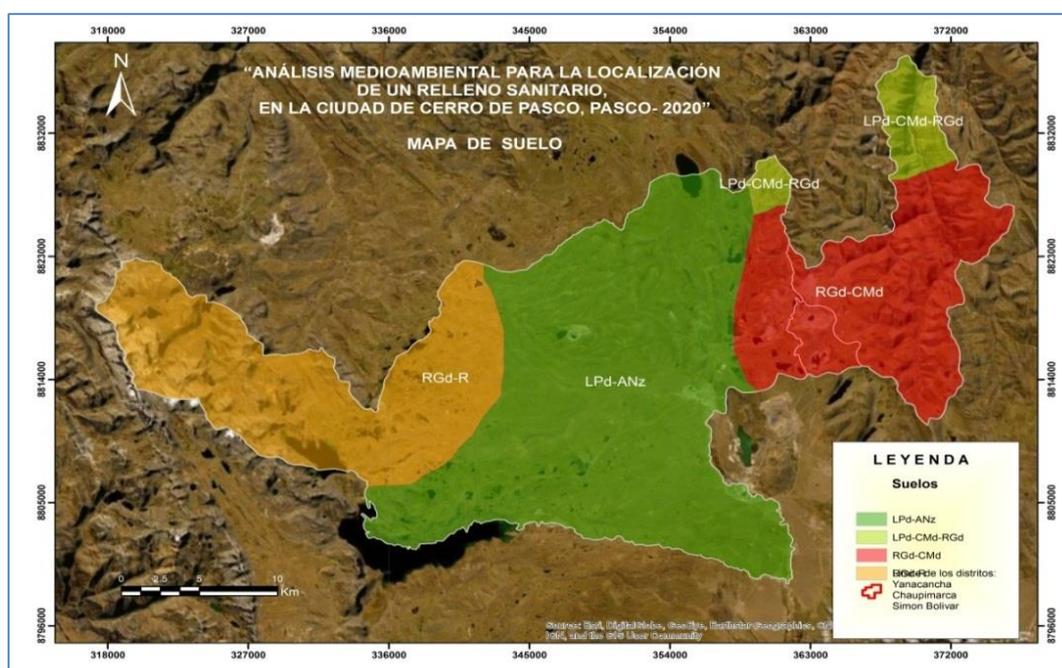


Figura 4.9 Mapa de Suelos

Fuente: ZEE (2010)

- **Distancia de carreteras (Red vial)**

En primer lugar, se adquirió la capa de las vías de la ciudad de Cerro de Pasco en formato raster para su posterior análisis

DS 004-2018-MINAM, no establece una distancia específica a caminos o carreteras, no obstante, en lo criterios técnicos si se aborda y fundamenta su importancia para el sistema de

recolección y el costo de transporte. Los valores 0 (cero), son aquellos no aptos (menores a 200 m); mientras que los valores 1 (uno), son aquellos sitios aptos (mayores a 200 m) de caminos o carreteras. (Véase fig. 4.10)

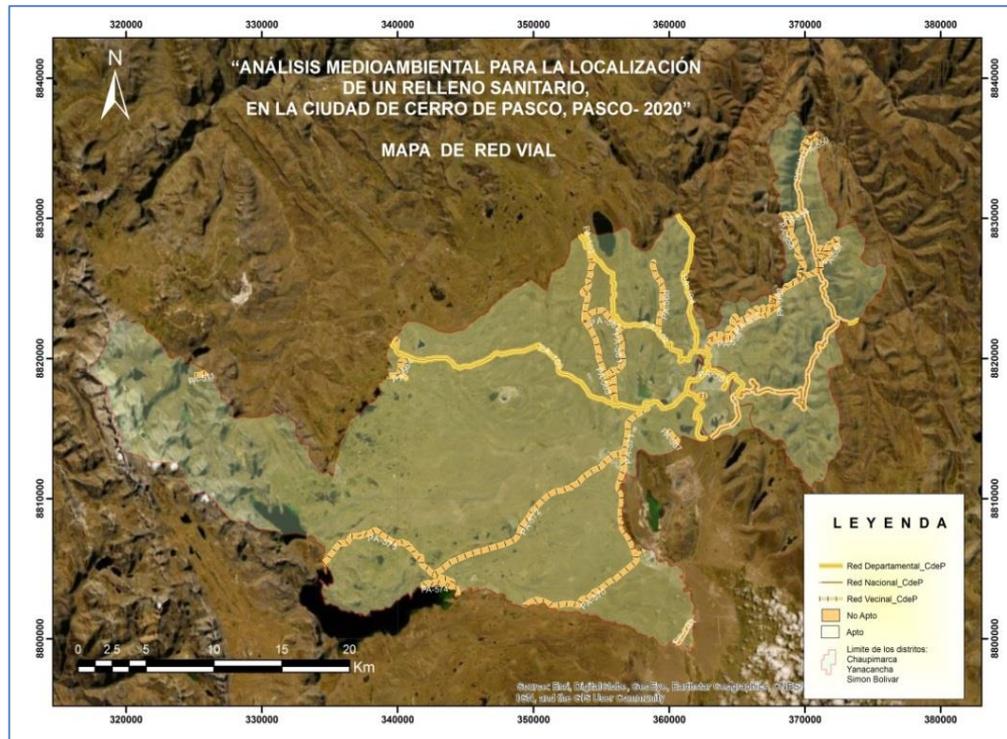


Figura 4.10 Mapa de Red Vial

Fuente: ZEE (2010)

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Localización de las probables áreas potenciales

Elaborados los subcriterios el análisis y el trabajo de campo se realizó la evaluación del sitio que cumplió con los criterios propuestos en la investigación para ello se estableció como referencia el DS 004-2018-MINAM. (Véase fig. 4.11)

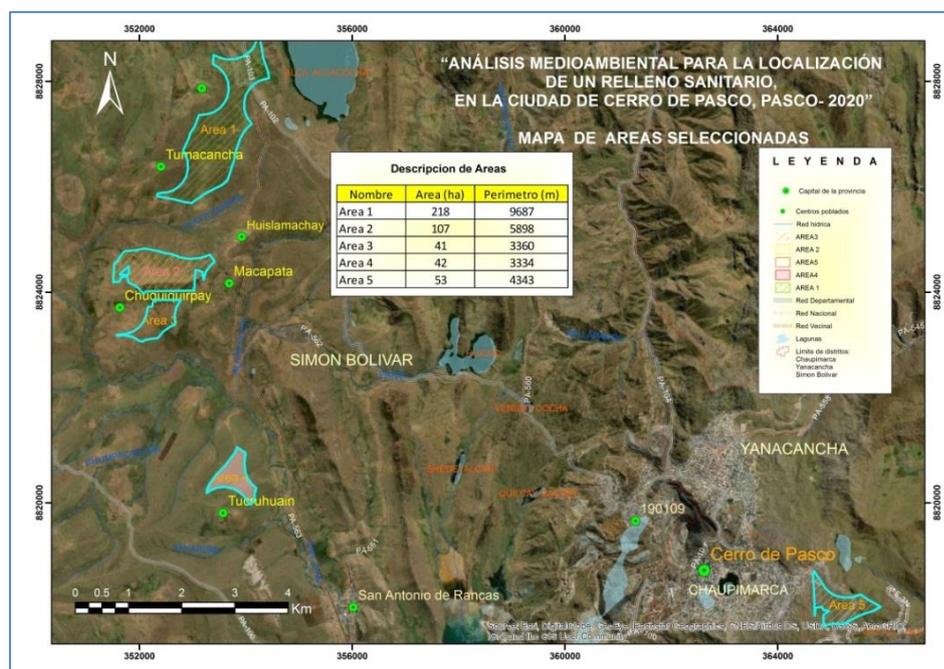


Figura 4.11 Mapa de Áreas Seleccionadas

Fuente: ZEE (2010)

Área 1:

Se localiza al NW y a 12.36 km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 9.21 km de la localidad de San Antonio de Rancas. Posee una superficie de 218 hectáreas, se encuentra a 500 m de la laguna Alcacocho y entre los centros poblados Huachas y Tumacancha. La vía más cercana que permitiría la conexión con los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar es la vía Cerro de Pasco- Yanahuanca. (Véase fig. 4.12)

En lo referente a sus características físicas, en su mayoría está compuesto de un terreno con una inclinación que va desde 8° a 20° de pendiente, lo que quiere decir que la erosión del suelo va de nula a moderada, y una que otra porción de terreno que está mayor a 20°, que ya implica una erosión fuerte, todo esto implicado en la estabilidad del terreno para la construcción de una infraestructura de este tipo. En su mayoría, el suelo es de textura areno-arcillosa y poco productivo en relación a lo agrícola, más bien tiene una aptitud forestal; asociaciones de

gramíneas, de hojas rígidas enrolladas y punzantes conocidas con el nombre vernacular de “ichu”. Otra cosa importante de considerar como limitante, es que los cuerpos de agua por su proximidad al área 1. En la siguiente tabla se muestra las coordenadas geográficas:

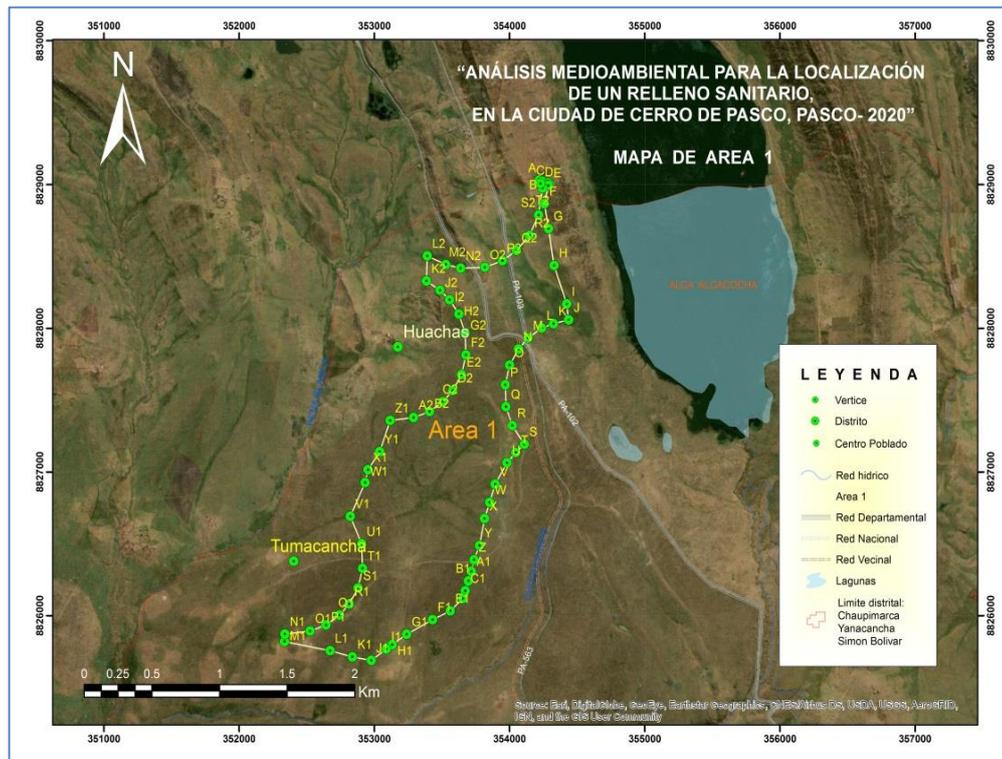


Figura 4.12 Mapa del Área 1 Seleccionada, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.

Fuente: ZEE (2010)

Tabla 4.2

Coordenadas Geográficas de la Probable Área 1, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos

Vertice	Direction	Distance	E	N	Vertice	Direction	Distance	E	N
A	116°25'51"	22.38	354220	8829030	L1	280-48-31	343	352673	8825755
B	101°24'48"	50.93	354240	8829020	M1	2-16-19	51.55	352336	8825820
C	153°9'57"	11.16	354290	8829010	N1	83-10-35	188.02	352338	8825871
D	227-10-52	10.61	354295	8829000	O1	70-41-5	124.94	352525	8825894
E	192-58-34	131.06	354287	8828993	P1	55-27-59	120.76	352643	8825935
F	170-7-20	174.88	354257	8828865	Q1	42-49-5	105.91	352742	8826003
G	170-56-54	259.57	354287	8828693	R1	30-27-1	128.65	352814	8826081
H	160-41-6	284.69	354328	8828437	S1	13-23-51	141.11	352879	8826192
I	172-31-35	110.93	354422	8828168	T1	357-43-51	170.19	352912	8826329
J	256-36-7	115.01	354437	8828058	U1	336-25-25	209.03	352905	8826499

K	250-41-6	93.54	354325	8828031	V1	24-58-40	259.55	352822	8826691
L	235-27-59	120.76	354237	8828000	W1	13-23-52	91.4	352931	8826926
M	222-49-5	105.91	354137	8827932	X1	34-31-58	152.77	352952	8827015
N	210-27-1	128.65	354065	8827854	Y1	19-44-41	230.56	353039	8827141
O	193-23-51	141.11	354000	8827743	Z1	83-10-34	174.05	353117	8827358
P	177-43-50	152.6	353967	8827606	A2	70-41-5	124.94	353290	8827379
Q	160-41-8	139.19	353973	8827454	B2	55-27-59	120.76	353408	8827420
R	145-28-1	157.51	354019	8827322	C2	42-49-5	105.91	353507	8827488
S	227-10-57	85.9	354109	8827192	D2	30-27-1	128.65	353579	8827566
T	222-49-2	95.88	354046	8827134	E2	13-23-51	141.11	353644	8827677
U	210-27-5	173.67	353981	8827064	F2	357-43-50	152.6	353677	8827814
V	197-34-3	132.87	353893	8826914	G2	340-41-8	139.19	353671	8827967
W	199-18-53	117.7	353852	8826787	H2	325-28-1	120.76	353625	8828098
X	190-48-33	192.34	353814	8826676	I2	312-48-57	97.13	353556	8828198
Y	202-19-51	107.28	353777	8826487	J2	302-51-12	120.04	353485	8828264
Z	193-23-52	83.02	353737	8826388	K2	2-16-8	174.27	353384	8828329
A1	199-18-53	70.62	353717	8826307	L2	113-34-34	149.74	353391	8828503
B1	197-34-7	71.7	353694	8826241	M2	103-23-54	112.64	353529	8828443
C1	199-18-56	55.72	353672	8826172	N2	87-43-48	178.33	353638	8828417
D1	227-10-58	127.15	353654	8826120	O2	70-41-6	139.19	353816	8828424
E1	244-44-7	144.08	353561	8826033	P2	55-28-3	124.45	353948	8828470
F1	242-6-53	217.47	353430	8825972	Q2	42-48-59	141.96	354050	8828541
G1	235-28-3	128.4	353238	8825870	R2	25-15-49	157.64	354147	8828645
H1	237-8-48	54.25	353132	8825797	S2	9°3'8"	190.49	354214	8828787
I1	234-6-29	136.22	353087	8825768	T2	332-6-45	36.28	354244	8828975
J1	279-52-39	140.79	352977	8825688	U2	342-25-53	23.9	354227	8829007
K1	284-40-59	170.51	352838	8825712					

AREA TOTAL : 218 ha.

PERIMETRO : 9687 m.

Fuente: Elaboración propia

Área 2:

Se localiza al NW y a 9.11.36 km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 6.51 km de la localidad de San Antonio de Rancas. Posee una superficie de 107 hectáreas, y se encuentra a 200 m de la vía vecinal (Simón Bolívar-Alcacocho), entre los centros poblados Huislamachay y Chuquiquirpay. La vía Cerro de Pasco- Yanahuanca es la vía más cercana que permitiría la conexión con los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar respectivamente.

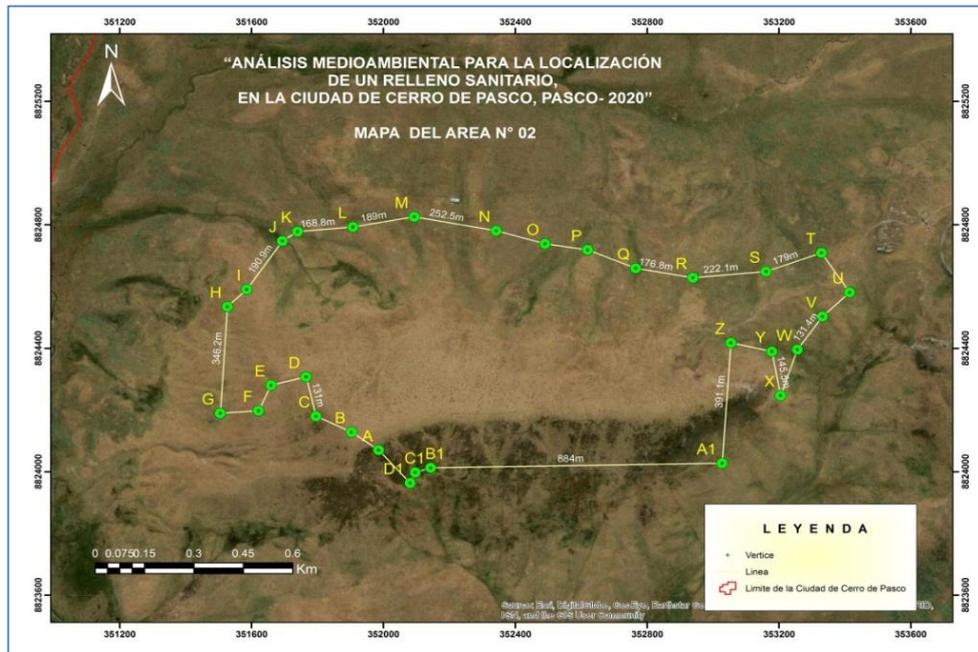


Figura 4.13 *Mapa del Área 2 Seleccionada, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.*

Fuente: ZEE (2010)

En lo referente a sus características físicas, en su mayoría está compuesto de un terreno con una inclinación que va desde 5° a 15° de pendiente, lo que quiere decir que la erosión del suelo va de nula a moderada, y una que otra porción de terreno que está mayor a 15° , que ya implica una erosión fuerte, todo esto favorable para la construcción de una infraestructura de este tipo. En su mayoría, el suelo es de textura arenosa y poco productivo en relación a lo agrícola, más bien tiene una aptitud ganadera; asociaciones de gramíneas, de hojas rígidas enrolladas y punzantes conocidas con el nombre vernacular de “ichu”, además en el estrato existen otras gramíneas y hierbas dicotiledóneas de hojas suaves.

Respecto a la posibilidad de extraer cobertura para cubrir diariamente los residuos, esta se podría extraer de las laderas que se ubican en las cercanías. En la siguiente tabla se muestra las coordenadas geográficas:

Tabla 4.3**Coordenadas Geográficas de la Probable Área 2, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.**

Vertice	Direction	Distance	E	N
A	318°13'9.9"	143.00	352080.718	8823963.08
B	305°24'19"	101.20	351985.451	8824069.7
C	295°28'16"	119.40	351902.985	8824128.32
D	346-44-59.	131.00	351795.183	8824179.67
E	255-42-51.	109.30	351765.167	8824307.14
F	204-39-12.	91.20	351659.21	8824280.16
G	266-5-12.1	116.30	351621.182	8824197.3
H	3-33-42.15	346.20	351505.113	8824189.36
I	46°36'0.62"	81.20	351526.618	8824534.86
J	34°29'32"	190.90	351585.62	8824590.66
K	56-27-33.0	54.80	351693.742	8824748.02
L	84-58-2.60	168.80	351739.441	8824778.31
M	79-55-24.1	189.00	351907.553	8824793.12
N	100-17-36.	252.50	352093.616	8824826.18
O	105-56-21.	154.30	352342.036	8824781.07
P	98-51-25.6	130.50	352490.403	8824738.69
Q	112-4-37.7	157.60	352619.391	8824718.59
R	100-4-36.3	176.80	352765.398	8824659.37
S	84-43-39.7	222.10	352939.463	8824628.44
T	70-15-40.4	179.00	353160.624	8824648.85
U	146-20-40.	154.00	353329.131	8824709.31
V	226-21-36.	113.80	353414.453	8824581.16
W	215-33-18.	131.40	353332.094	8824502.62
X	198-46-47.	157.30	353255.658	8824395.68
Y	349-25-39.	145.50	353205.013	8824246.74
Z	282-31-40.	127.50	353178.314	8824389.78
A1	183-50-27.	391.10	353053.827	8824417.44
B1	269-2-57.8	884.00	353027.629	8824027.24
C1	252-39-59.	49.20	352143.708	8824012.58
D1	204-39-13.	38.30	352096.704	8823997.91

AREA TOTA: 107 ha.**PERIMETRO: 5898 m****Fuente:** Elaboración propia**Área 3:**

Se localiza al NW y a 8.50 km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 5.50 km de la localidad de San Antonio de Rancas. Posee una superficie de 41 hectáreas, y se encuentra a 700 m de la vía

Vecinal, entre los centros poblados Tucruhuain y Chuquiquirpay. La vía Cerro de Pasco-Yanahuanca es la vía más cercana que permitiría la conexión con los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar respectivamente (Véase fig.4.14). En lo referente a su características físicas, en su mayoría está compuesto de un terreno con una inclinación que va desde 0° a 15° de pendiente, lo que quiere decir que la erosión del suelo va de nula a moderada, y una que otra porción de terreno que está mayor a 15°, que ya implica una erosión fuerte. En su mayoría, el suelo es de textura arenosa y poco productivo en relación a lo agrícola, más bien tiene una aptitud ganadera; asociaciones de gramíneas, de hojas rígidas enrolladas y punzantes conocidas con el nombre vernacular de “ichu”, además en el estrato existen otras gramíneas y hierbas dicotiledóneas de hojas suaves. Otra cosa importante de considerar una limitante, es la distancia a la vía vecinal.

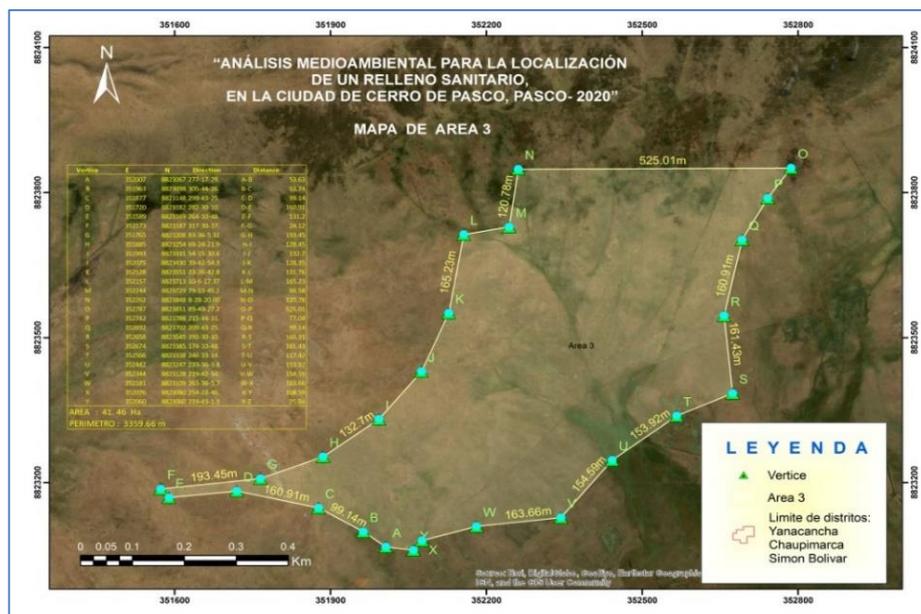


Tabla 4.4

**Coordenadas Geográficas de la Probable Área 3 Potencial para
Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos**

Vertice	Direction	Distance	E	N
A	277-17-29.	53.63	352007	8823067
B	305-44-26.	53.74	351963	8823098
C	299-43-25.	99.14	351877	8823148
D	282-30-10.	160.91	351720	8823182
E	264-10-48.	131.2	351589	8823169
F	317-30-37.	24.12	351573	8823187
G	83-36-5.32	193.45	351765	8823208
H	69-24-21.9	128.45	351885	8823254
I	54-15-30.6	132.7	351993	8823331
J	39-42-54.3	128.35	352075	8823430
K	23-26-42.8	131.76	352128	8823551
L	10-6-17.37	165.23	352157	8823713
M	79-53-45.2	88.58	352244	8823729
N	8-28-20.00	120.78	352262	8823848
O	89-43-27.2	525.01	352787	8823851
P	215-44-31.	77.04	352742	8823788
Q	209-43-25.	99.14	352692	8823702
R	192-30-10.	160.91	352658	8823545
S	174-10-48.	161.43	352674	8823385
T	246-33-14.	117.42	352566	8823338
U	233-36-3.4	153.92	352442	8823247
V	219-42-54.	154.59	352344	8823128
W	263-36-5.7	163.66	352181	8823109
X	254-22-46.	108.59	352076	8823080
Y	219-43-1.3	25.94	352060	8823060

AREA TOTAL: 41 ha.

PERIMETRO : 3360 m.

Fuente: Elaboración propia

Área 4:

Se localiza al NW y a 7.12 km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 2.50 km de la localidad de San Antonio de Rancas. Posee una superficie de 42 hectáreas, y se encuentra a 775 m de la vía Vecinal, se ubica en el centro poblado Tucruhuain. La vía Cerro de Pasco- Yanahuanca es la vía más cercana que permitiría la conexión con los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y

Simón Bolívar respectivamente (Véase fig. 4.15). En lo referente a sus características físicas, en su mayoría está compuesto de un terreno con una inclinación que va desde 0° a 15° de pendiente, lo que quiere decir que la erosión del suelo va de nula a moderada, y una que otra porción de terreno que está mayor a 15° , que ya implica una erosión fuerte. En su mayoría, el suelo es de textura arenosa y poco productivo en relación a lo agrícola, más bien tiene una aptitud ganadera; asociaciones de gramíneas, de hojas rígidas enrolladas y punzantes conocidas con el nombre vernacular de “ichu”, además en el estrato existen otras gramíneas y hierbas dicotiledóneas de hojas suaves. Otra cosa importante de considerar una limitante, es la distancia a la vía vecinal.

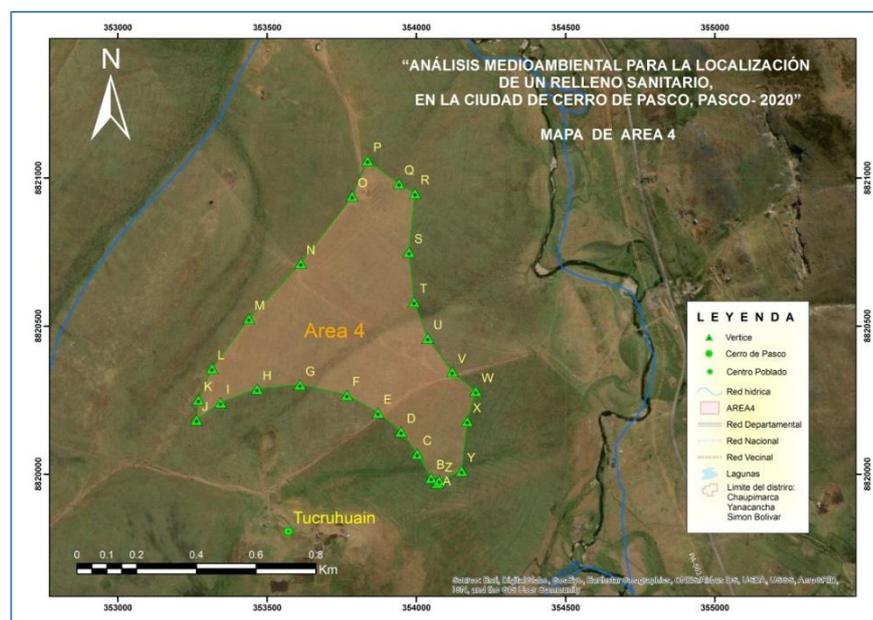


Figura 4.15 Mapa del Área 4 seleccionada, potencial para infraestructura disposición final de residuos sólidos.

Fuente: ZEE (2010)

En la siguiente tabla se muestra las coordenadas geográficas:

Tabla 4.5

**Coordenadas Geográficas de la Probable Área 4, Potencial para Infraestructura
Disposición Final de Residuos Sólidos.**

Vertice	Direction	Distance	E	N
A	309°43'3"	26.57	354070	8819970
B	330°16'30"	93.52	354049	8819987
C	324°15'33"	92.64	354003	8820068
D	309-42-56	100.43	353949	8820144
E	299-43-24	120.6	353872	8820208
F	282-30-10	160.91	353767	8820268
G	264-10-47	144.05	353610	8820302
H	249-24-22	130.73	353466	8820288
I	234-15-29	99.89	353344	8820242
J	5°49'5"	67.92	353263	8820183
K	23°05'40"	115.55	353270	8820251
L	36-23-55	208.99	353315	8820357
M	42-58-14	254.87	353439	8820525
N	37-6-59	284.89	353613	8820712
O	23-26-43	130.78	353785	8820939
P	126-23-54	130.04	353837	8821059
Q	121-40-3	63.11	353942	8820982
R	185-49-13	199.7	353995	8820949
S	174-10-50	169.18	353975	8820750
T	159-24-21	130.73	353992	8820582
U	144-15-25	140.48	354038	8820459
V	129-42-56	102.2	354120	8820345
W	195-37-17	105.03	354199	8820280
X	186-23-54	169.11	354171	8820179
Y	246°33'13"	81.91	354152	8820011
Z	219°43'16"	10.65	354077	8819978

ÁREA TOTAL: 42 ha.

PERIMETRO : 3334 m.

Fuente: Elaboración propia

Área 5:

Se localiza al SE y a 500 m de la ciudad de Cerro de Pasco, a 8.86 km de la localidad de San Antonio de Rancas. Posee una superficie de 53 hectáreas, y se encuentra a 500 m de cuerpos de agua, se ubica al ingreso de la ciudad. La vía Cerro de Pasco- Lima es la vía más cercana que permitiría la conexión con los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar respectivamente (Véase fig. 4.16). En lo referente a sus características físicas, en su mayoría está compuesto de un terreno con una inclinación que va desde 8° a 15° de pendiente, lo que quiere decir que la erosión del suelo va de nula a moderada, y una que otra porción de terreno que está mayor a 15. En su mayoría, el suelo es un antiguo pastizal, vegetación natural propia de las zonas frías, el mismo que sirve para el pastoreo de ganado ovino y asociaciones de gramíneas, de hojas rígidas enrolladas y punzantes conocidas con el nombre vernacular de “ichu”, ocupan suelos de suave pendiente y laderas de cerros. Se han registrados las siguientes especies: *Calamagrostis rígida* “ichu”, *Calamagrostis recta*, *Calamagrostis antoniana* “huaylla-ichu”, *Festuca dolicophylla* “chillhua-ichu”, *Festuca webwebaueri*, *Festuca rigescens*, *Stipa ichu* “peckoy”, *Stipa obtusa* “usa-ichu”, además en el estrato existen otras gramíneas y hierbas dicotiledóneas de hojas suaves. Otra cosa importante de considerar como limitante, es que los cuerpos de agua por su proximidad al área 5. Se encuentra muy cerca de una de las principales carreteras de la región y del país en general, que une a la ciudad de Cerro de Pasco con otras regiones Junín y Huánuco respectivamente, por lo que es una vía departamental muy concurrida, y esto significa que, si se llegara a construir en esta área, debiera idearse una forma de que no se viera desde la pista, para que no impacte negativamente en el paisaje, aunque todavía existiría el tema de los olores, dependiendo de la dirección el viento.

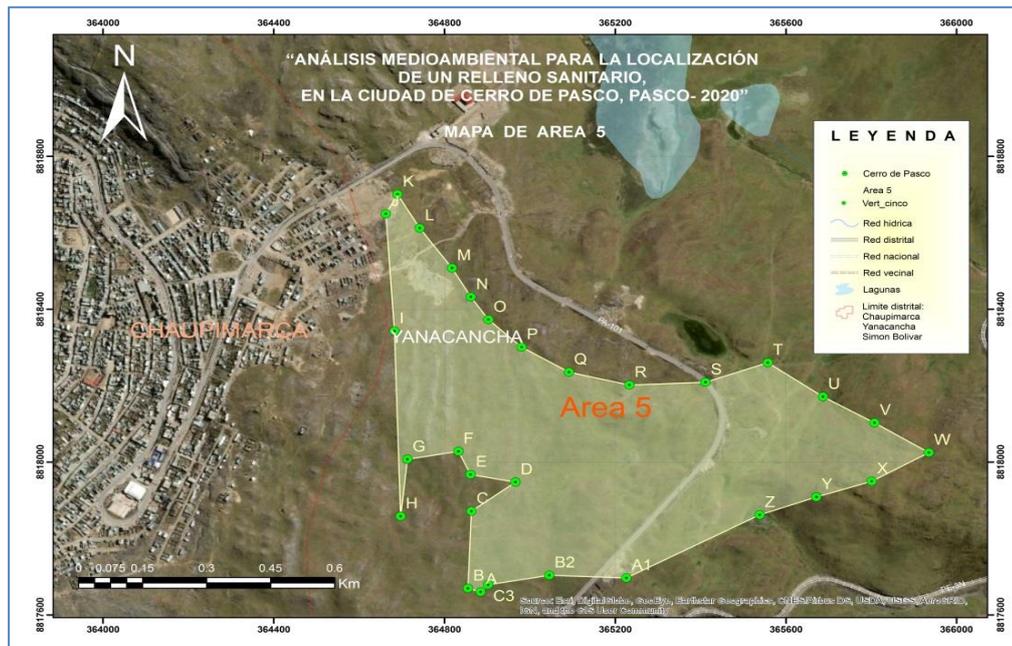


Figura 4.16 Mapa del Área 5 Seleccionada, Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos.

Fuente: ZEE (2010)

En la siguiente tabla se muestra las coordenadas geográficas:

Tabla 4.6

Coordenadas Geográficas de la Probable Área 5 Potencial para Infraestructura Disposición Final de Residuos Sólidos

Vertice	Dirección	Distance	E	N
A	287°34'6"	31.31	364885	8817660
B	2°16'9"	202.18	364855	8817670
C	53°44'27"	128.21	364863	8817872
D	280°48'29"	107.15	364966	8817947
E	334-44-8	66.88	364861	8817968
F	260-7-19	121.34	364832	8818028
G	186-4-33	149.88	364713	8818007
H	358-16-50	484.98	364697	8817858
I	356-16-45	307.38	364682	8818343
J	27-53-7	58.18	364663	8818650
K	149-32-57	102.93	364690	8818701
L	144-6-29	128.9	364742	8818612
M	149-32-55	87.66	364817	8818508
N	145-28-5	72.38	364862	8818432
O	132-48-56	105.91	364903	8818373
P	120-27-5	128.65	364981	8818301

Q	103-23-54	145.51	365092	8818236
R	87-43-47	178.33	365233	8818202
S	70-41-7	154.59	365411	8818209
T	124-31-56	156.98	365557	8818260
U	119-22-35	138.85	365687	8818171
V	121-28-42	149.34	365807	8818103
W	240-37-27	153.83	365935	8818025
X	252-25-54	135.79	365801	8817950
Y	250-41-7	140.84	365671	8817909
Z	242-6-52	353.46	365538	8817862
A1	272-16-12	180.76	365226	8817697
B1	260-7-20	145.58	365045	8817704
C1	222-49-9	25.41	364902	8817679

ÁREA TOTAL: 53 ha.

PERÍMETRO: 4343 m.

Fuente: Elaboración propia

De las 5 posibles áreas identificadas, se descartaron las áreas 1, 3, 4 y 5.

La primera se descartó debido a que presenta área próxima a cuerpos de agua y presentar la mayor distancia de alejamiento con respecto al centro de la ciudad de Cerro de Pasco. Las áreas 3 y 4 se descartó por la distancia a vías de comunicación.

Las áreas que quedaron se convirtieron en posibles sitios alternativos para la instalación de un relleno sanitario son las áreas 2 y 5.

4.2.2. Selección del sitio final

Para la evaluación final de las dos áreas pre-seleccionadas o alternativas para el futuro proyecto de relleno sanitario de la ciudad de Cerro de Pasco, finalmente se establece una regla de

cálculo, para la obtención del puntaje máximo ponderado por parámetros de evaluación, según la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado”- MINAM.

Para facilitar el proceso de selección del área más adecuada para la instalación de un futuro proyecto de relleno sanitario para la ciudad de Cerro de Pasco se utilizó una escala múltiple de calificación (MINAM, 2014): que consideró la evaluación de la calidad del resultado respecto al parámetro como positivo (+) cuando cumple o sobrepasa valores límite o de referencia, negativo (-) cuando ocurre lo contrario, también se evalúa la magnitud del resultado respecto a su alejamiento y/o acercamiento a los valores límites de referencia según la siguiente sub escala (1: para los menos alejados, 2: para los valores moderadamente alejados y 3: para los valores muy alejados.) la importancia del parámetro se puede establecer en función al criterio del equipo multidisciplinario considerando el siguiente orden de criterios a) aspectos de aceptación social del proyecto, b) exigencias del marco legal existente y c) aspectos no regulados pero importantes para un correcto funcionamiento del proyecto, finalmente en base a una regla de cálculo, se obtuvo un puntaje máximo ponderado de cada parámetro de evaluación. Resultados que se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 4.7

Puntaje Ponderado por Parámetro de Evaluación del Área 1

Ítem	Parámetro	Valores límite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1.1	Distancia a la población más cercana (m)	> 500 (1) < 500 (-1)	1	5	5	89
1.2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 500 (1) , < 500 (-1)	1	5	5	
1.3	Distancia a límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje (m)	> 3.0 (1), < 3.0 (-1)	1	2	2	

1.4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 500 m quebrada seca una parte del año (2), >500 m de río principal (1), < 500 m de río principal (-2) <de 500 m de quebrada seca una parte del año (-1)	-2	2	-4	
1.5	Distancia con respecto a la Ciudad (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	2	2	4	
1.6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)	2	2	4	
1.7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo seco (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)	4	5	20	
1.8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	5	5	
1.9	Propiedad del terreno	Saneado (1) no saneado (-1)	-1	10	-10	
1.10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 10 años (2) < 10 años (-2)	2	5	10	
1.11	Topografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	3	2	6	
1.12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	1	2	2	
1.13	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)	2	5	10	
1.14	Profundidad de la napa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), Profundidad > 10 m (1)	-1	5	-5	
1.15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)	1	5	5	
1.16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	5	5	
1.17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	1	5	5	
1.18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), Dentro del área natural (-1)	1	5	5	
1.19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)	1	5	5	
1.20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	2	5	10	
2.1	Opinión	Desfavorable (-1) poco Favorable(1) Regular (2) Altamente favorable (3)	1	12	12	62
2.2	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	1	18	18	
2.3	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	16	16	
2.4	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	16	16	
2.5	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	0	12	0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.8

Puntaje Ponderado por Parámetro de Evaluación del Área 2

Ítem	Parámetro	Valores límite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del indicador	Puntaje máximo ponderado	Puntaje Máximo del Componente
1.1	Distancia a la población más cercana (m)	> 500 (1) < 500 (-1)	1	5	5	109
1.2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 500 (1) , < 500 (-1)	1	5	5	
1.3	Distancia a límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje (m)	> 3.0 (1), < 3.0 (-1)	1	2	2	
1.4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 500 m quebrada seca una parte del año (2), >500 m de río principal (1), < 500 m de río principal (-2) <de 500 m de quebrada seca una parte del año (-1)	2	2	4	
1.5	Distancia con respecto a la Ciudad (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)	2	2	4	
1.6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)	2	2	4	
1.7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo seco (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)	4	5	20	
1.8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)	1	5	5	
1.9	Propiedad del terreno	Saneado (1) no saneado (-1)	-1	10	-10	
1.10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 10 años (2) < 10 años (-2)	2	5	10	
1.11	Topografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)	3	2	6	
1.12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)	2	2	4	
1.13	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)	1	5	5	
1.14	Profundidad de la capa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), Profundidad > 10 m (1)	1	5	5	
1.15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)	1	5	5	
1.16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)	1	5	5	
1.17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)	1	5	5	
1.18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), Dentro del área natural (-1)	1	5	5	
1.19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)	1	5	5	
1.20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)	3	5	15	

2.1	Opinión	Desfavorable (-1) poco Favorable(1) Regular (2) Altamente favorable (3)	2	12	24	116
2.2	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)	2	18	36	
2.3	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)	1	16	16	
2.4	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)	1	16	16	
2.5	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)	2	12	24	

Fuente: Elaboración propia

El puntaje máximo del Sistema de evaluación es 151 y 225 puntos para el Área 1 y Área 2 respectivamente. La misma que se muestra a continuación.

Tabla 4.9

Calificación para el Puntaje Ponderado Final de las Áreas Preseleccionadas o Alternativas

Descripción	Puntaje Ponderado	Calificación
	Total	
Área 1	151	REGULAR o terreno moderadamente aceptable
Área 2	225	BUENO ó Terreno aceptable

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, el Área 2 presenta una calificación de Bueno o terreno aceptable, siendo una alternativa para el futuro proyecto de relleno sanitario de la ciudad de Cerro de Pasco.

4.3. Contrastación de hipótesis

Ha: Es factible definir los espacios óptimos para localizar un relleno sanitario para la ciudad de Cerro de Pasco, mediante evaluación ambiental y análisis espacial multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG).

Ho: No es factible definir los espacios óptimos para localizar un relleno sanitario para la ciudad de Cerro de Pasco, mediante evaluación ambiental y análisis espacial multicriterio en sistemas de información geográfica (SIG).

Ho: $r=0$. contra Ha: $r \neq 0$.

Nivel de significancia (α) y nivel de confianza (Y)

$\alpha = 0,05$ (5%); $Y = 0,95$ (95%)

4.4. Discusión de resultados

Los resultados de la investigación indican que se lograron los objetivos propuestos, puesto que una vez examinados los criterios y ponderado mediante la aplicación del proceso de evaluación multicriterio, se pudo ubicar un área con calificación de terreno aceptable en la ciudad de Cerro de Pasco.

Existen las evidencias para aprobar la hipótesis de investigación y rechazar la hipótesis nula, ya que el área resultante tuvo calificación de Bueno o terreno aceptable (225 pts), permitiendo afirmar también, la pregunta de investigación, revelando que en la ciudad de Cerro de Pasco existe un área que cumple con los requerimientos mínimos para el establecimiento de un relleno sanitario.

La modelación de las variables a través de la Evaluación Multicriterio en SIG significó un acercamiento a una realidad difícil de conseguir sin esta herramienta. Hay que decir que los Sistemas de Información Geográficos se transforman en un aporte fundamental para el ordenamiento y planificación de los territorios, ya que, son ideales para tratar espacialmente diversos datos, favoreciendo el estudio de la realidad en múltiples dimensiones, integrando elementos como “el tiempo, el espacio y las “personas” que interactúan con el territorio en un momento determinado” (Del Bosque González et al., 2012:13). En temas de planificación, son elementales a la hora de buscar solución a problemas urbanos, tales como el encontrar la

localización ideal para una infraestructura urbana, como un relleno sanitario. En este sentido, la ligación de la Evaluación Multicriterio con los SIG se vuelve una opción acertada a la hora de evaluar la mejor alternativa para localizar un relleno sanitario para la ciudad de Cerro de Pasco, ya que, esta evaluación permite acceder a un “mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los centros decidores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios” (Cerón & Dorado Rodríguez, 2012:24), lo que, como metodología para esta investigación, fue la más indicada para tomar una decisión. La modelación sobre una localización hace posible que a futuro se eviten o aminoren determinadas problemáticas, aunque todo tendrá que ver con la cantidad y tipo de variable que se utilicen en el modelo.

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

En relación a la modelación en sí, relacionada con el último objetivo, que es “determinar y analizar localizaciones para un relleno sanitario”, la sumatoria de las variables a través de SIG, más específicamente el ArcGIS 10.5, dio como resultado una serie de localizaciones para rellenos sanitarios en la ciudad de Cerro de Pasco, que podrían ser tomados en cuenta a la hora de un ordenamiento territorial, entendiéndose este como la “expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda la sociedad” (Consejo de Europa, 1983) y que

mediante los instrumentos de planificación territorial, se pueden tomar decisiones y llevarlas a la práctica. Con la ordenación del territorio se busca un desarrollo económico y equilibrado de las regiones, mejorando así la calidad de vida de la población, además de proteger el medio ambiente. Todo esto se engloba bajo la idea de una utilización racional del territorio, lo cual exige una planificación como instrumento necesario y esencial. (Cordero Quinzacada, 2011:203)

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

CONCLUSIONES

- El estudio se llevó a cabo en 69 092 Has, con el fin de facilitar el procesamiento de la base de datos (shapefile) cada uno de los criterios seleccionados fueron recortados de acuerdo al límite del área de estudio los distritos de Chaupimarca, Yanacancha y Simón Bolívar.
- Se tuvo en cuenta los siguientes criterios desde el punto de vista técnico profesional y social guiándonos en la guía establecida por el Ministerio del Ambiente, con la finalidad de facilitar a las municipalidades y EO-RS una herramienta ágil a través de los sistemas de información geográfica para la selección de área de estudio.
- Se obtuvo información de tres principales criterios, sobre los centros poblados, la pendiente y distancia hidrográfica, donde se obtuvieron las curvas de nivel de la Ciudad de Cerro de Paso a intervalos de 20 metros en formato vectorial, luego se produjo el mapa binario final como hace énfasis a la importancia de la red hídrica según el DS 004-2018-MINAM.
- Elaborados los subcriterios del análisis y el trabajo de campo se realizó la evaluación del sitio que cumplió con los criterios propuestos en la investigación, es así que se asignó 5 áreas de las cuales la segunda propuesta es la más idónea que se localiza al NW y a 9.11.36 km de la ciudad de Cerro de Pasco, a 6.51 km de la localidad de San Antonio de Rancas y posee una superficie de 107 hectáreas, y se encuentra a 200 m de la vía vecinal de los Distritos antes mencionados.
- Sobre esta zona potencial, la vía vecinal (Simón Bolívar-Alcacocho), está entre los centros poblados Huislamachay y Chuquiquirpay encontrándose como óptimo, cumpliendo con los criterios técnicos, medioambientales y sociales para construir el futuro relleno sanitario

para la ciudad de Cerro de Pasco, minimizando los potenciales impactos al medio ambiente. la vía Cerro de Pasco- Yanahuanca es la vía más cercana que permitiría la conexión con los distritos donde existe 5° a 15° de pendiente lo que quiere decir que la erosión del suelo va de nula a moderada, todo esto favorable para la construcción de una infraestructura de este tipo.

- Finalmente se establece una regla de cálculo, para la obtención del puntaje máximo ponderado por parámetros de evaluación, según la “Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado”- MINAM.
- Existen las evidencias para aprobar la hipótesis de investigación y rechazar la hipótesis nula, ya que el área resultante tuvo calificación de Bueno o terreno aceptable (225 pts), permitiendo afirmar también, la pregunta de investigación, revelando que en la ciudad de Cerro de Pasco existe un área que cumple con los requerimientos mínimos para el establecimiento de un relleno sanitario.
- Se aplicaron los criterios establecidos en la guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre del relleno sanitario manual del MINAM, para selección de las áreas óptimas donde se pueda construir un relleno sanitario.

RECOMENDACIONES

- Realizar el Estudio de Impacto Ambiental del área seleccionada para la construcción de un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco con la finalidad de identificar los posibles impactos (positivos o negativos) que podría generar la implementación, operación, cierre y post cierre del proyecto de relleno sanitario las medidas para la eliminación, reducción y/o control de los impactos negativos a la salud y el ambiente, contemplando pruebas de campo con el fin de constatar si esta área cumple definitivamente con los requerimientos establecidos para la construcción de dicha obra. Dentro de estos estudios mínimos se considera: Un estudio topográfico, con el fin de conocer la morfología del terreno. Un estudio de suelos, con el fin de determinar las características de los materiales que conformaran la cimentación y las capas de cubierta que posee el terreno, las pruebas que se requieren son las de permeabilidad..
- Profundizar las investigaciones que muestran resultados geotécnicos, como caracterización geomecánica de los suelos y rocas para la evaluación de la estabilidad de la zona. Con base en el mapa de ingeniería geológica se puede establecer un plan de exploración del subsuelo con la realización de estudios indirectos por métodos geofísicos.
- Una de las limitaciones de los estudios para identificar espacios con fines de manejo de residuos sólidos es que a nivel superficial no se puede una dar opinión sobre las aguas subterráneas, por lo que se recomienda estudios como sondaje eléctrico vertical fin de determinar la profundidad del nivel freático, ejecutar ensayos directos en el terreno, y obtener muestras para realizar ensayos de laboratorio: permeabilidad, resistencia al

corte, compactación, límites de consistencia, humedad natural, potencial expansivo, compresión confinada o inconfineda, capacidad portante, esto ayudaría significativamente para la toma de decisiones.

- Se recomienda que estos resultados del estudio sean considerados y tomado en cuenta por los gobiernos locales o regionales, pues permite avizorar y ampliar criterios mucho más técnicos para lograr el desarrollo planificado basado en el ordenamiento territorial.
- El futuro relleno sanitario de la Ciudad de Cerro de Pasco, recibiría 86.62 tn/día (2021) de residuos sólidos municipales con esta información y caracterización de los residuos sólidos se puede estimar su vida útil, así mismo su capacidad de producción de biogás sería de 205 [m³/h] que se incrementarían en los siguientes años (2028) hasta 640 [m³/h] con 48% de metano tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.10

Producción de Biogás –Relleno Sanitario Cerro de Pasco

Año	Índice de Disposición (mg/año)	Residuos Acumulados (mg)	Generación de Biogás (m ³ /hr)	(cfm)	(mmBtu/hr)
2019	66.27	66.27	0	0	0
2020	66.78	133.05	110	65	2
2021	67.32	200.37	205	121	3.7
2022	67.89	268.26	288	169	5.1
2023	68.50	336.76	360	212	6.4
2024	69.14	405.90	426	251	7.6
2025	69.01	474.90	485	286	8.7
2026	68.90	543.80	540	318	9.7
2027	68.80	612.60	592	348	10.6
2028	68.73	681.34	640	377	11.4

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se recomienda al municipio provincial de Pasco implementar un proyecto energético de este relleno sanitario como Mecanismo de desarrollo limpio. Que consiste en la generación eléctrica con una potencia de 0.8 [MW], y ampliable a 4 [MW] en su periodo de mayor producción de biogás.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliste, E., & Urquiza, A. (2010). *Medio Ambiente y Sociedad*. Santiago de Chile: RIL Editores
- Avellaneda, J. (2013). *Identificación, caracterización y evaluación ambiental de los elementos que generan el conflicto social por disposición de residuos sólidos en el barrio Ciudadela Comfenalco de la comuna 9 en la ciudad de Ibagué-Tolima Bogotá, Colombia*. (Tesis de Maestría). Universidad de Ibagué, Tolima.
- Becerra, C., Castro M. y Rodríguez, A. (2015). *Identificación de áreas potenciales para la disposición final de residuos sólidos del municipio de Popayán*.
- Bernal, T., (2010) *Metodología de la Investigación* (3ra ed.) Pearson Educación, Colombia.
- Castañeda, F., Montoya, P. y Mejía, Z. (2010). *Metodología para la localización de rellenos sanitarios mediante sistemas de información geográfica*. Colombia.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (2da ed.). Madrid: Ediciones Rialp.
- Cobos, S. Solano, J. Vera A. y Monge J. (2017) *Análisis multicriterio basadas en GIS para identificar potenciales áreas de emplazamiento de un relleno sanitario mancomunado en la provincia de Azuay Cuenca* (Tesis de grado) Universidad Católica de Cuenca
- De Pietri, D., Dietrich, P., Mayo, P., & Carcagno, A. (2011). *Evaluación multicriterio de la exposición al riesgo ambiental mediante un sistema de información geográfica en Argentina*. Panam Salud Pública(30(4)), 337-87
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM. (2017). Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial el peruano. Lima, Perú.

- Erazo, N. (2016). *Identificación de Sitios Potenciales para la Construcción de un Relleno Sanitario a Partir de un SIG en el Municipio de Pupiales – Nariño*. Universidad De Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Colombia.
- Espejo, A. (2017). *Localización óptima de un relleno sanitario empleando sistemas de información geográfica en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Perú.
- Fernández, I. (2009). *Las coordenadas geográficas y las proyecciones cartográficas UTM*.
- Flores, J. (2016). *Identificación de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos en los municipios Atlacomulco, Ixtlahuaca y Jocotitlán, estado de México*. Universidad Autónoma del estado de México.
- Golochet, M. (enero de 2009). *El medio ambiente en el pensamiento geográfico francés: Fundamentos epistemológicos y posiciones científicas*. Cuadernos Geográficos, 7-28.
- Gómez D., y Barredo C. (2005). *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del Territorio*. Madrid.
- Herrera Koerner, J., & Morales Villegas, F. (1997). *Factores Ambientales y Recursos Compartidos*. Mexico: Trillas.
- INEI, (2018) Pasco: Resultados definitivos, Tomo I
- Jankowski, P. (1995): “*Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making*”. International Journal of Geographical Information Systems, nº 9, 251-273
- López Arriaza, D. (2016). *Modelo para el diseño de sistemas de captación y aprovechamiento de biogás producido en rellenos sanitarios*. (Tesis de grado). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Martinez, A. (2001). *Etica Ambiental*. Bogotá: Universidad Philosophia.
- MINAM. (2011). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual*. Lima, Perú.

- Olaya, Víctor. (2011). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Peñaloza G. y Sucso S. (2014) *Evaluación de Impacto Ambiental en los residuos sólidos*, Arequipa Perú.
- Pérez Polanco, B. (2017). *Geolocalización de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos urbanos en la cuenca Nexapa, Puebla. Nexapa, Puebla, Mexico*. (Tesis de maestría) 3987. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Nexapa, Puebla, Mexico. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12371/596>
- Rodríguez Hernandez, S. (2013). *Método de evaluación geoespacial multicriterio basado en datos históricos para la gestión de riesgo por ciclones tropicales*. (Tesis doctoral). ITM "José Martí", La Habana.
- Romero, W. (2017). *Identificación de las áreas óptimas para la planta de tratamiento y disposición final de residuos sólidos del distrito de San Ignacio, utilizando sistemas de información geográfica – SIG*. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- Saralegi, B. P. (2015). *Optimización de la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en la Mancomunidad de San Markos mediante herramientas multicriterio*.
- Sosa, A. R., y Torres Romero, Crisóforo. (2010). *Localización de un sitio para construir un centro de aprovechamiento de residuos sólidos urbanos a través de tres métodos*.
- SIGERSOL (2018) Consulta de Datos Sigersol Municipal 2008-2018. Disponible en: <https://sigersolreporte.minam.gob.pe/sigersolreporte/>
- Tchobano, G. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. Mexico: McGraw-Hill.
- Vicente, J. (2008). Consulta, edición y análisis espacial con ArcGis 9.2. Tomo II: Ejercicios, Recuperado de <http://www.gabrielortiz.com>.
- Villafuerte S., I., Flores, D., Guadalupe G., E., & Zea A., M. (2004). *Evaluación Ambiental del relleno sanitario para el Santuario Histórico de Machupicchu y pueblos aledaños*. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG, 7(14), 54-63
- Wikipedia (2021) Departamento de Pasco

https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Pasco

ZEE. (2010). Ordenamiento Territorial De La Región Cajamarca. Mapa de Capacidad de Uso Mayor. Cajamarca, Perú.

ANEXOS

- Anexo I: Matriz de consistencia
- Anexo II: Mapas de ubicación de Pasco
 - Mapa de Red Hidrográfica de Pasco
 - Mapa Geomorfológico de Pasco
 - Mapa Fisiográfico de Pasco
- Anexo III: Instrumentos de Investigación
- Anexo IV: Curriculum vitae en español

Anexo I

Matriz de Consistencia

Título: “Análisis espacial Multicriterio para la ubicación de un relleno sanitario, en la ciudad de Cerro de Pasco, Pasco”

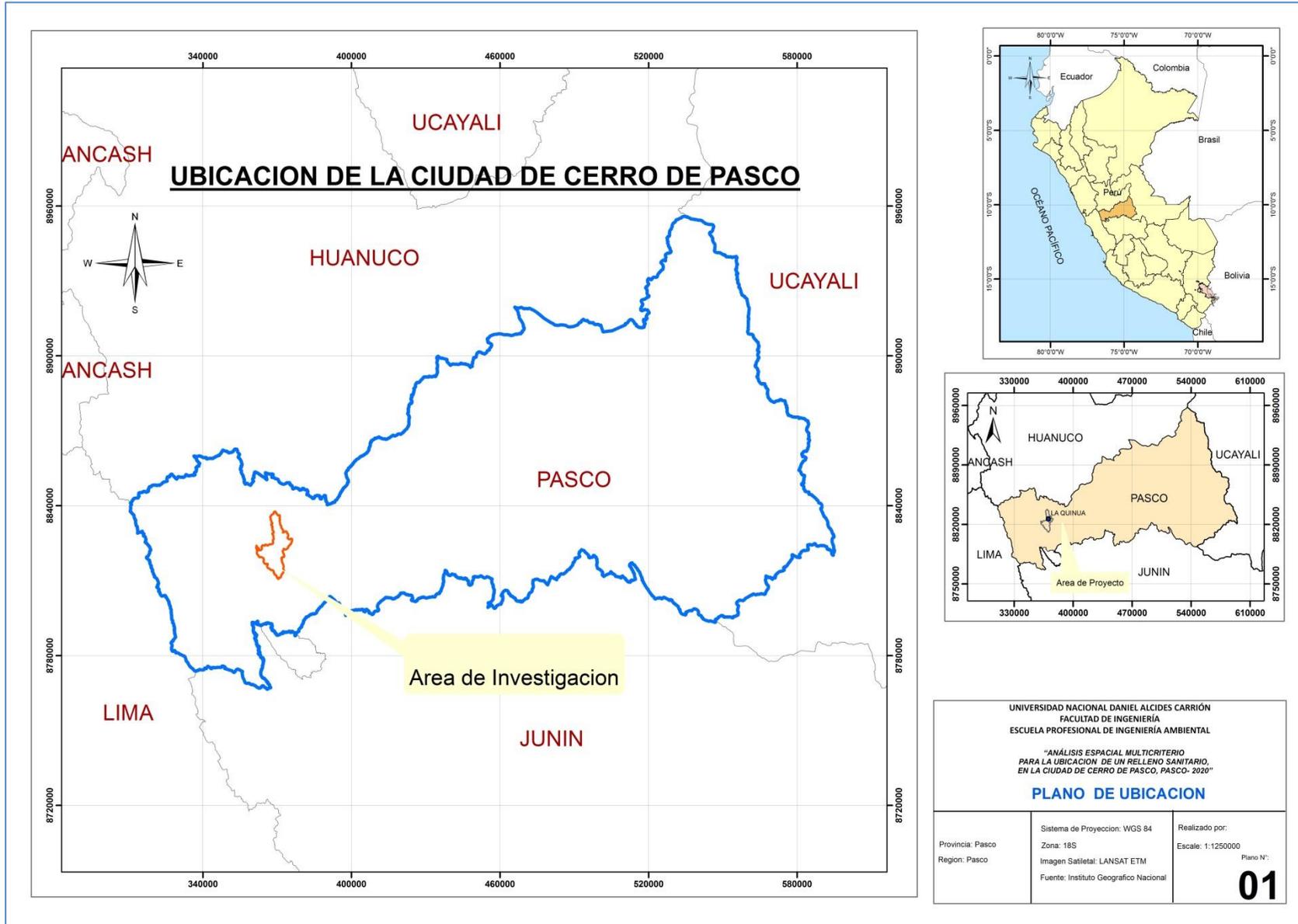
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>Problema general: ¿Cuáles son los espacios óptimos en la ciudad de Cerro de Pasco para localizar un relleno sanitario teniendo en cuenta las características medioambientales y evaluación espacial multicriterio del área?</p>	<p>Objetivo general: Definir los espacios óptimos para localizar un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco con el mínimo impacto sobre el territorio y sus características medio ambientales.</p>	<p>Hipótesis general: Será factible establecer espacios óptimos para ubicar un relleno sanitario para la ciudad de Cerro de Pasco, mediante un análisis espacial multicriterio a través del SIG.</p>	<p>Variable dependiente Y: Y1: Ubicación de un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco.</p>	<p>Indicadores: La compatibilidad con el uso del suelo y los planes de expansión urbana. La minimización y prevención de los impactos sociales, sanitarios y ambientales negativos. Los factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, disponibilidad de material de cobertura, La preservación del patrimonio cultural y la vulnerabilidad del área ante desastres naturales.</p>	<p>Tipo de investigación Esta investigación es de tipo mixta, tanto cualitativo como cuantitativa. Es de tipo descriptivo correlacional porque se midió el grado de relación de las variables a la hora de la construcción de un modelo de localización.</p> <p>Diseño de la investigación El diseño de la investigación es de tipo no experimental, ya que no se manipularon las variables independientes,</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			
<p>Problemas Específicos: 1. ¿Cuáles son las variables ambientales óptimas para ubicar un</p>	<p>Objetivos Específicos: 1. Identificar y describir variables ambientales para</p>	<p>Hipótesis específicas 1. Mediante evaluación medioambiental será</p>	<p>Variable independiente X:</p>	<p>Indicadores: Grado de vulnerabilidad Grado de erodabilidad</p>	<p>Población: Estará constituida por los 3 distritos (Chaupimarca, Yanacancha y Simón</p>

<p>relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco?</p> <p>2. ¿Cuáles son los espacios óptimos para la instalación de un relleno sanitario mediante evaluación espacial multicriterio en la ciudad de Cerro de Pasco?</p>	<p>óptimas ubicaciones de un relleno sanitario en la en la ciudad de Cerro de Pasco.</p> <p>2. Determinar espacios óptimos para la instalación de un relleno sanitario mediante evaluación espacial multicriterio en la ciudad de Cerro de Pasco</p>	<p>factible establecer variables ambientales óptimas para ubicar un relleno sanitario en la ciudad de Cerro de Pasco.</p> <p>2. Por medio de un análisis espacial multicriterio a través del SIG, será factible establecer espacios óptimos para localizar un relleno sanitario.</p>	<p>X1: Análisis espacial multicriterio</p> <p>X2: A través del SIG (Físicas, biológicas y antrópicas)</p> <p>X3: Parámetros ambientales.</p>	<p>Grado de pendiente Vulnerabilidad por peligro geológico,</p> <p>Tipo de textura de suelo</p> <p>Tipo de capacidad de uso</p> <p>Tipo de estructura</p> <p>Tipo de cobertura</p> <p>Distancia a centros poblados Grado de accesibilidad.</p>	<p>Bolívar) de la provincia y departamento de Pasco.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</p> <p>Se emplearon nueve criterios de evaluación para la identificación de áreas potenciales estipuladas por el MINAM.</p> <p>Instrumentos: (ver Tabla 3.2: Instrumento de investigación empleada para recolección de información).</p>
--	--	--	---	--	--

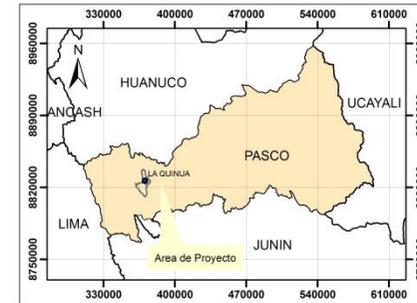
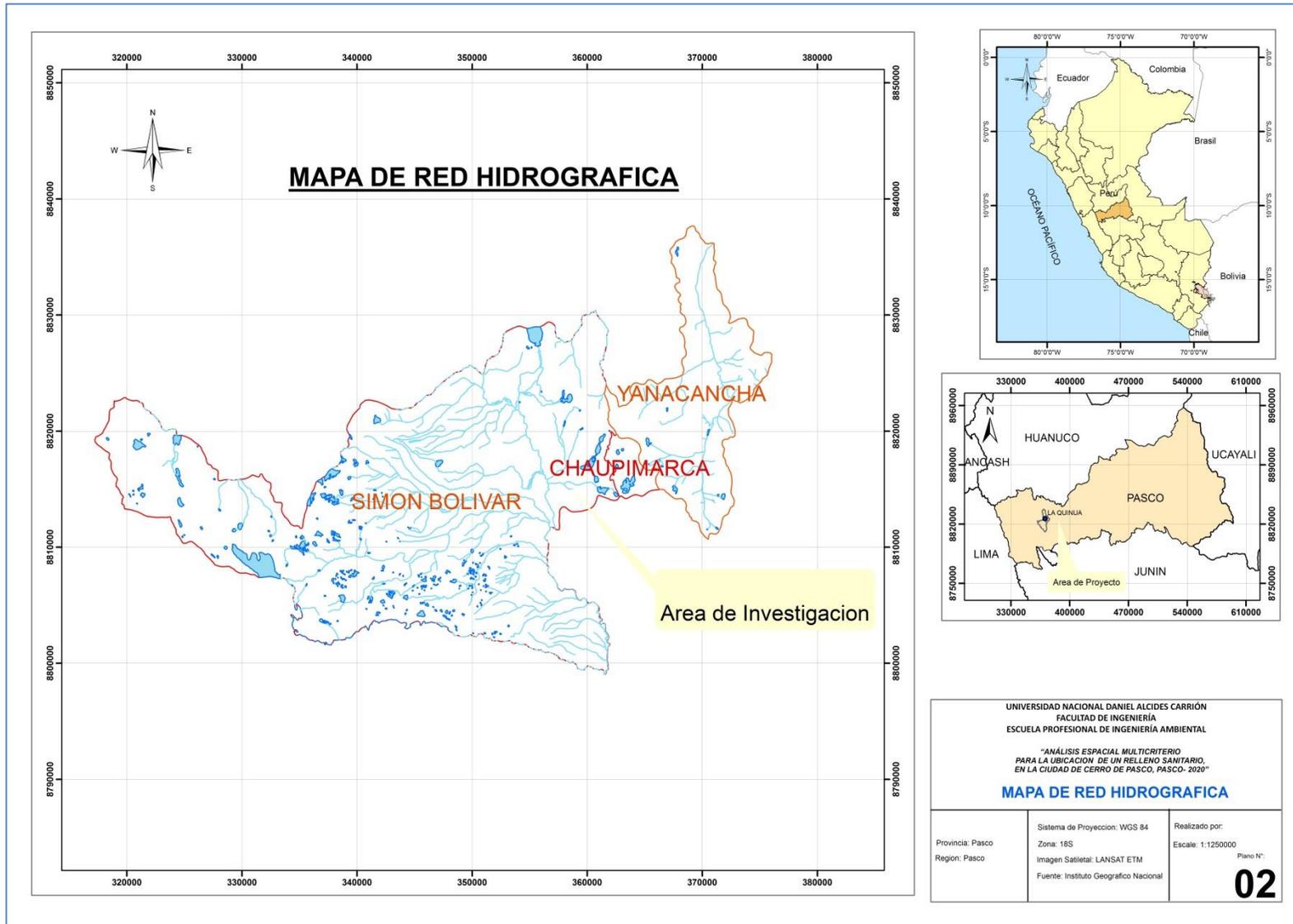
Fuente: Elaboración propia

Anexo II

Mapa de Ubicación



Mapa de Red Hidrográfica



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"ANÁLISIS ESPACIAL MULTICRITERIO
PARA LA UBICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO,
EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO, PASCO- 2020"

MAPA DE RED HIDROGRAFICA

Provincia: Pasco
Region: Pasco

Sistema de Proyeccion: WGS 84
Zona: 18S
Imagen Satelital: LANSAT ETM
Fuente: Instituto Geografico Nacional

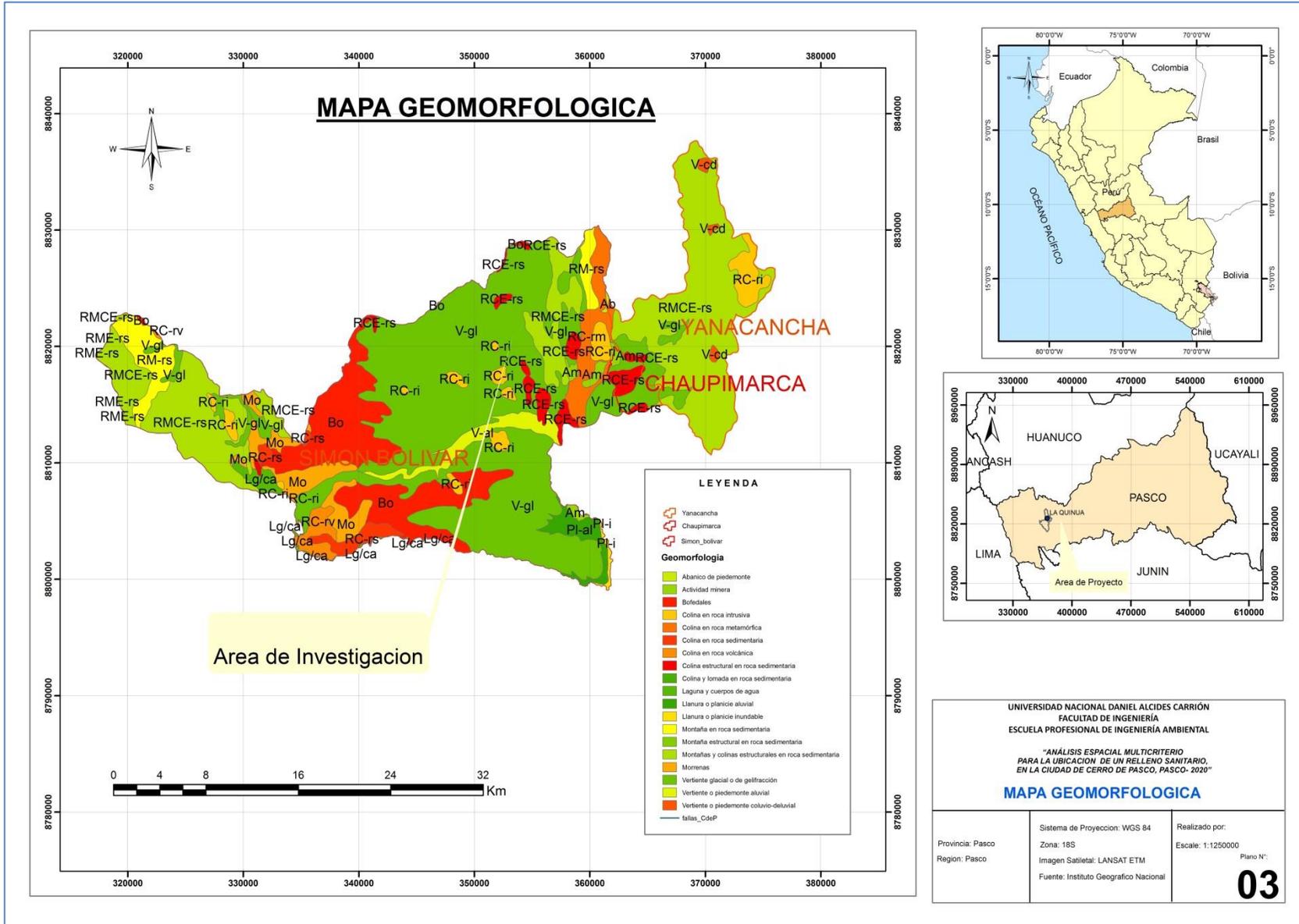
Realizado por:

Escala: 1:1250000

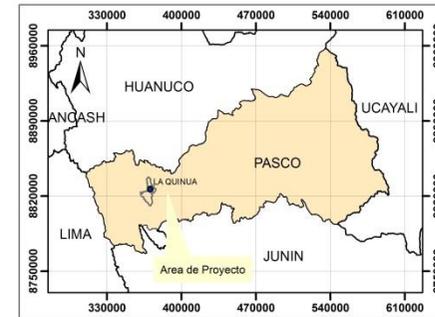
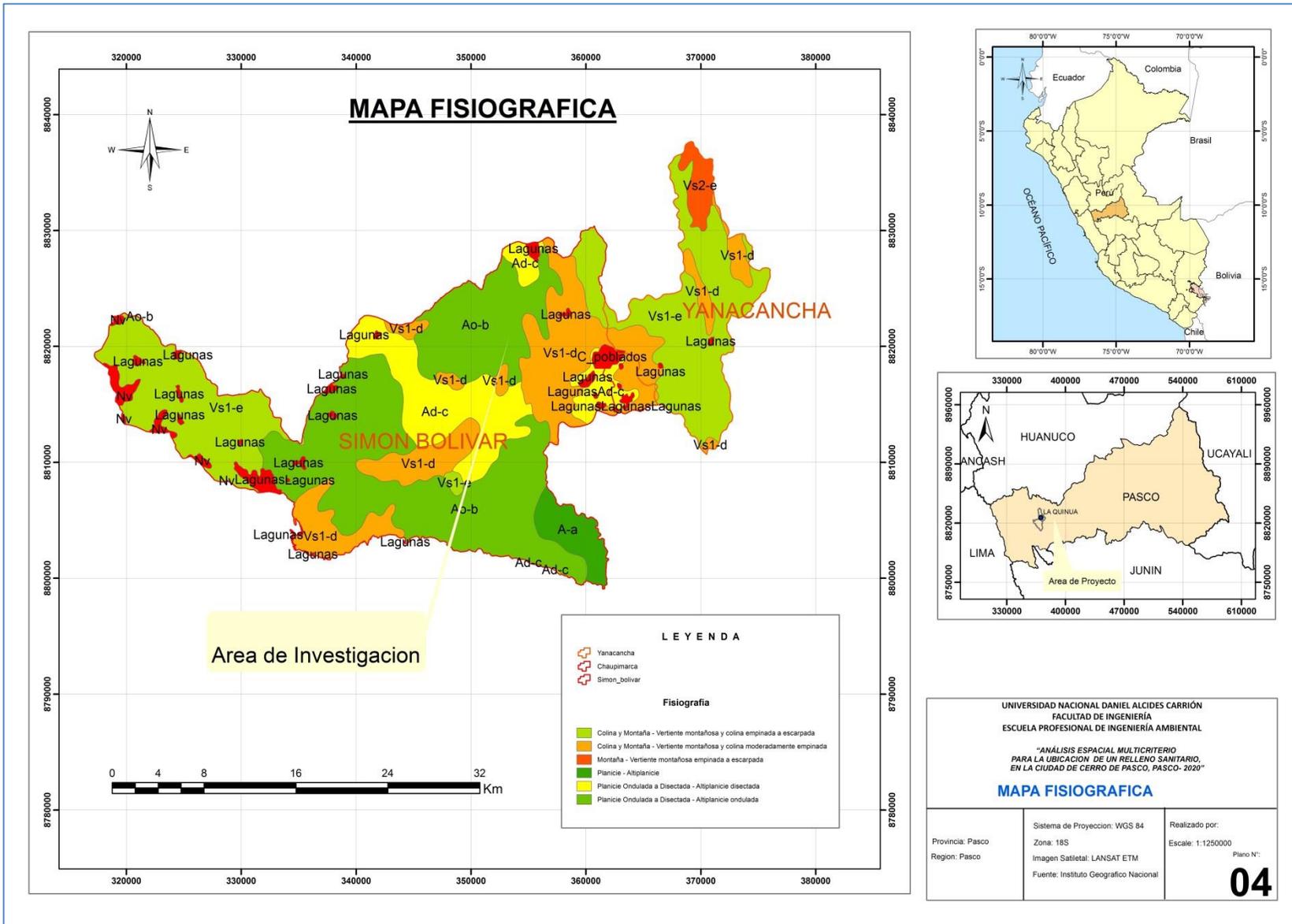
Plano N°:

02

Mapa Geomorfológico



Mapa Fisiográfica



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"ANÁLISIS ESPACIAL MULTICRITERIO
PARA LA UBICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO,
EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO, PASCO- 2020"

MAPA FISIOGRAFICA		
Provincia: Pasco Region: Pasco	Sistema de Proyeccion: WGS 84 Zona: 18S Imagen Satietal: LANSAT ETM Fuente: Instituto Geografico Nacional	Realizado por: Escala: 1:1250000 Plano N°:
		04

ANEXO III

INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN Y PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA							
TEM	CRITERIOS DE SELECCIÓN	REGLAMENTO DEL DL 1278 D.S. 014-17- MINAM	AREAS ALTERNATIVAS (PUNTAJE ASIGNADO) (*)				
			ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3	ÁREA 4	ÁREA 5
1	Distancia a la Población más cercana (m)	>500					
2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	>500					
3	Distancia a aeropuertos o pistas de aterrizaje (m)	>13000					
4	Área del terreno o superficie disponible para rellenar (m ²)						
5	Vida útil (años)	>5					
6	Uso actual del suelo y del área de influencia						
7	Propiedad del terreno						
8	Accesibilidad al área (distancia a vía de acceso principal km)						
9	Pendiente del terreno (Topografía)						
10	Posibilidad del material de cobertura						
11	Profundidad de la napa freática (m)						
12	Distancia a fuentes de agua superficiales (m)						
13	Geología del suelo (permeabilidad)						
14	Opinión Publica						
15	Área natural protegida por el estado						
16	Área arqueológica						
17	Vulnerabilidad a desastres naturales (inundaciones, deslizamientos)						
18	Dirección predominante del viento (contraria a la población más cercana)						
19	Cuenta con barrera sanitaria natural						
		Total					
		Min					
		Max					
		Prom					
		Desv_standar					

Parámetros de evaluación selección de área

Ítem	Parámetro	Valores límite o de referencia y Puntaje	Puntaje máximo	Importancia del	Puntaje máximo	Puntaje Máximo del
1.1	Distancia a la población más cercana (m)	> 500 (1) < 500 (-1)				
1.2	Distancia a granjas crianza de animales (m)	> 500 (1) , < 500 (-1)				
1.3	Distancia a límites de un aeropuerto o pista de aterrizaje (m)	> 3.0 (1), < 3.0 (-1)				
1.4	Distancia a fuentes de aguas superficiales (m)	> 500 m quebrada seca una parte del año (2), >500 m de río principal (1), < 500 m de río principal (-2) <de 500 m de quebrada seca una parte del año (-1)				
1.5	Distancia con respecto a la Ciudad (km)	> 16 km (1), entre 1 y 16 km (2)				
1.6	Accesibilidad al área (Distancia a vía de acceso principal Km)	Acceso en buen estado (2) Acceso en Mal estado (1) , sin acceso (-2)				
1.7	Uso actual del suelo y del área de influencia	Cultivo en Limpio (1) Cultivo seco (2), pastos cultivados (3) Pastos naturales (4) , forestal de sierra (5) Eriazo (6)				
1.8	Compatibilidad con la capacidad de uso mayor del suelo y planes de desarrollo Urbano	Uso compatible (1) uso no compatible (-1)				
1.9	Propiedad del terreno	Saneado (1) no saneado (-1)				
1.10	Vida útil del proyecto en función del área del terreno	> 10 años (2) < 10 años (-2)				
1.11	Topografía pendiente promedio del terreno (%)	Plano a ligeramente inclinado 0 - 7% (4), Inclinado 7-12% (3), empinado 12-25% (2), muy empinado >25% (1)				
1.12	Cuenta con barrera sanitaria natural	Presenta Barrera sanitaria natural (2) Presencia de barrera sanitaria parcial (1) sin barrera sanitaria natural (-2)				
1.13	Posibilidad del material de cobertura	Material de cobertura adecuado para operación total del proyecto (2), material de cobertura parcialmente adecuado (1), sin material de cobertura (-2)				
1.14	Profundidad de la napa freática (m)	Profundidad < 10 metros (-1), Profundidad > 10 m (1)				
1.15	Permeabilidad de suelo	Impermeabilidad es < a 1x10-6 (arcilla) (1), impermeabilidad > a 10-6 (-1)				
1.16	Dirección predominante del viento	Contrario a la población más cercana (1), a favor de la población más cercana (-1)				
1.17	Pasivos ambientales	No existe pasivo ambiental (1) existe pasivo (-1)				
1.18	Área natural protegida por el estado	Fuera de área natural (1), Dentro del área natural (-1)				
1.19	Área con restos arqueológicos	Inexistencia de restos (1) Existencia de restos (-1)				
1.20	Vulnerabilidad por peligro geológico	Baja vulnerabilidad (3), Mediana Vulnerabilidad (2) Alta Vulnerabilidad (1)				

2.1	Opinión	Desfavorable (-1) poco Favorable(1) Regular (2) Altamente favorable (3)				
2.2	Interés en el proyecto	Sin interés (-1), Bajo interés (1) Mediano Interés (2) Alto interés (3)				
2.3	Creencias	Negativas (-1) positivas (1)				
2.4	Actitud	Favorable (1) Desfavorable (-1) Incierta (0)				
2.5	Participación	Participación de rechazo (-2) No haría nada (0) Participación favorable (2)				

ANEXO V
CURRICULUM VITAE EN ESPAÑOL

INGENIERO AMBIENTAL

Zandro Elmer Villavicencio Cárhuaz

CIP 116293 – Habilitado

D.N.I.: 42520935

Calle Oxapampa Mz 25 Lt.17 – Cerro de Pasco

Nº Licencia: N42520935 Clase y Categoría: AII-B

Teléfono: (063) 423131 / Móvil 963919938

e-mail: z.villavicencio.c@gmail.com



OBJETIVO

Asesorar en la gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente brindando diferentes metodologías para un eficiente manejo en los diferentes procesos de las organizaciones, brindar lineamientos para un óptimo desempeño priorizando el cuidado del medio ambiente y la integridad de los trabajadores.

FORTALEZAS PROFESIONALES

Motivar el trabajo en equipo a todo nivel.

Liderar con el ejemplo el cumplimiento de los lineamientos en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

Responsable y disciplinado en los trabajos encomendados.

EXPERIENCIA LABORAL

UNICON S.A. / NEXA RESOURCES – EL PORVENIR

2017 - 2022

Líder de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

Liderar la Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

Liderar las auditorías internas y externas en normas ISO 14001 e ISO 45001.

Implementar las mejores prácticas de la metodología DUPONT en el sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

Supervisar trabajos de alto riesgo (Trabajos en Altura, Trabajos en Caliente, Espacios Confinados, Trabajos con Bloqueo y Etiquetado, Etc.)

Participación en fiscalizaciones y levantamiento de observaciones de las entidades gubernamentales como (OEFA, MEM, OSINERGMIN, etc.)

Supervisión en interior mina el proceso de sostenimiento con shotcrete.

INCIMMET S.A. / NEXA RESOURCES – EL PORVENIR

2016 - 2017

Coordinador SGI

Liderar la implementación y certificación del Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad) SSOMAC alineados a los modelos de gestión de las Normas ISO 14001:2015, ISO 9001:2015 y OHSAS 18001:2007, LEY 29783, D.S. 005-2012-TR, D.S. 024-2016-EM

Asesorar en la gestión de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y Calidad alineados a los riesgos críticos de MILPO.

Realizar inspecciones opinadas e inopinadas en interior mina y superficie, identificando condiciones de riesgos y actos sub estándares.

Reconocimiento: Certificación en las Normas Internacionales ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007 en la U.M. El Porvenir

UNICON S.A. / MINERA LAS BAMBAS / MINERA CHINALCO

2012 - 2015

Líder de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente

Liderar la Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente en: MINERA LAS BAMBAS, MINERA CHINALCO PERU S.A., XSTRATA COPPER, GLENCORE, MMG LIMITED, BECHTEL.

Liderar la implementación y certificación del sistema de gestión de SSO alineados al modelo de gestión de la Norma OHSAS 18001:2007, LEY 29783, D.S. 005-2012-TR, D.S. 055-2010-EM con SGS DEL PERÚ (Certificado de acreditación PE 14/17538)

Reuniones con la Gerencia del SGI y las Jefaturas de las distintas áreas dando cumplimiento a los compromisos los Instrumentos de Gestión Ambiental.

Liderar las auditorías internas y externas alineados a los modelos de gestión de las normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001.

Participación en fiscalizaciones y levantamiento de observaciones de las entidades gubernamentales como (OEFA, MEM, DREM, ANA, ALA, OSINERGMIN, etc.)

Manejo de indicadores de desempeño de la gestión HSE

Manejo de pozas de sedimentación de lodos y reutilización de agua industrial para el proceso de fabricación de concreto.

Participación en los monitoreos ambientales de calidad de agua, aire, suelo, ruido ambiental y ocupacional en las Plantas de Agregados y Concreto.

Revisión y elaboración de los informes de los monitoreos ambientales y ocupacionales.

Reconocimientos: Certificación en la Norma Internacional OHSAS 18001:2007

Excelencia en la Gestión HSE 2014 – 2015 - Minera Las Bambas

E.C.M. CONGEMIN J.H. S.A.C. / CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.
2009 - 2011

Coordinador Corporativo del SIG / Jefe de Medio Ambiente

Liderar la implementación y certificación del Sistema de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente en las Unidades Mineras Antapite y Uchucchacua, alineados a las Normas (ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007) con la acreditación Bureau Veritas.

Liderar las auditorías Internas del SIG en las Unidades de Antapite y Uchucchacua (Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.), Unidad Parcoy y Culebrillas (Consortio Minero Horizonte).

Supervisar las labores en interior mina y verificar el cumplimiento de los PETS y estándares.

Realizar inspecciones opinadas e inopinadas en interior mina y superficie,

Elaboración, revisión y gestión de los instrumentos de gestión ambiental (EVAP, DIA, EIA, CIRA, COM, etc.) para los diferentes proyectos mineros.

Participación en fiscalizaciones y levantamiento de observaciones de las entidades gubernamentales como (OEFA, MEM, DREM, ANA, ALA, OSINERGMIN, etc.)

Elaboración de PETS e Instructivos corporativos.

Elaboración de IPER en las diferentes unidades de producción.

Reconocimiento: Mejor “Performance de la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente” CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.

HABILIDADES

Ofimática: Microsoft Power Point, Word, Excel, Corel Draw.

IDIOMAS

Inglés Intermedio.

EDUCACIÓN

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) FIGMM

Maestría: “Minería y Medio Ambiente”, 2011 – 2013

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC)

Facultad de Ingeniería: Ingeniería Ambiental, 2002 - 2006

Facultad de Ingeniería: Estudiante Ingeniería de Minas, 2018-2021

DESARROLLO PROFESIONAL

10/2019 - 10/2019 **ISEM (INSTITUTO DE SEGURIDAD MINERA)**
Entrenando al Entrenador – Entrenador Acreditado por ISEM

09/2019 - 10/2019 **ZM CONSULTING E.I.R.L.**

- Trabajos en Espacios Confinados
- Excavaciones Subterráneas
- Uso de Escaleras y Andamios
- Higiene Ocupacional
- Manipulación de Herramientas y Equipos de Poder

05/2019 - 05/2019 **AENOR - ACREDITACION INTERNACIONAL IQNet**
Auditor Interno ISO 45001:2018, Registro Nro. AEN/2019/329

03/2019 - 03/2019	3M PERU S.A. Protección Respiratoria
10/2018 - 10/2018	UNIVERSIDAD ESAN Taller Flexibilidad: Rapidez para Adaptarnos a los Nuevos Desafíos
10/2017 - 10/2017	DIRECCION REGIONAL DE ENERGÍA Y MINAS - PASCO Curso Análisis del D.S. 024-2016-EM VS D.S. 023-2017-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
12/2016 - 12/2016	ISEM (INSTITUTO DE SEGURIDAD MINERA) Curso de Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería Decreto Supremo N° 024-2016-EM
06/2016 - 06/2016	MURAZZO CONSULTORES Interpretación de la Norma ISO 9001:2015 “Análisis de Contexto, Liderazgo y Planificación”
	RIMAC (PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES) Liderazgo en Seguridad y Salud en el Trabajo
04/2016 - 04/2016	BUREAU VERITAS Formación de Auditor Interno (Normas ISO 14001:2015 – OHSAS 18001:2007)
03/2015 - 03/2015	PACIFICO Ley 29783: Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
01/2014 - 01/2014	ABS CONSULTING - Reporte e Investigación de Incidentes - Identificación de Peligros Evaluación de Riesgos y Controles - Requisitos Legales y Otros Requisitos - Preparación y Respuesta Ante Emergencias
12/2013 - 12/2013	CIBERTEC Curso Excel 2010 a la medida
12/2013 - 12/2013	SGS DEL PERU S.A.C. Taller de Técnicas Aceleradas de Aprendizaje
11/2013 - 11/2013	CREAR MEDIA Seguridad y Salud en el Trabajo - UNICON
05/2013 - 05/2013	TOMASGENSA S.R.L. Capacitación en manejo y operación de equipos contra incendio (extintores)

04/2013 - 04/2013	ISEM (INSTITUTO DE SEGURIDAD MINERA) XVII Seminario internacional de Seguridad Minera
04/2013 - 04/2013	SGS DEL PERU S.A.C. Interpretación y Formación de Auditor Interno Trinorma (Normas ISO 9001:2008 – ISO 14001:2004 – OHSAS 18001:2007)
09/2011 - 09/2011	CONOCIMIENTO Y CAPACITACIÓN S.A.C. Legislación en Seguridad Minera
12/2010 - 12/2010	SGS DEL PERU S.A.C. Formación de Auditor Interno Tri-norma (Normas ISO 9001:2008 – ISO 14001:2004 – OHSAS 18001:2007)
05/2010 - 05/2010	BUREAU VERITAS Interpretación de la Norma OHSAS 18001:2007 (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional)
09/2008 - 09/2008	INSTITUTO DE CAPACITACIÓN MINERA Curso Internacional de Seguridad Minera e Industrial
02/2008 - 02/2008	INSTITUTO DE CAPACITACIÓN MINERA ISO 14001:2004 Sistema de Gestión Ambiental
06/2006 - 06/2006	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión I Simposium Nacional Minería – Petróleo Sociedad y Ambiente.

LOGROS

Reconocimiento de MINERA NEXA RESOURCES S.A.C. como mejor gestión de SSOMA en los años 2019 – 2020 en la U.M. El Porvenir.

Certificación en las Normas Internacionales OHSAS 18001 e ISO 14001 en la empresa INCIMMET S.A.

Reconocimiento a la excelencia en la Gestión HSE 2014 – 2015 a la empresa UNICON S.A. por MINERA LAS BAMBAS.

Certificación en la Norma Internacional OHSAS 18001:2007 en la empresa UNICON S.A

Mejor “Performance de la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente” CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.

CURRICULUM VITAE IN ENGLISH

ENVIRONMENTAL ENGINEER

Zandro Elmer Villavicencio Cárhuaz

CIP 116293 – Enabled

I.D. 42520935

Oxapampa Streed Mz 25 Lt.17 – Cerro de Pasco

N° License: N42520935 Class and Category: AII-B

Telephone: (063) 423131 / Mobile 963919938

e-mail: z.villavicencio.c@gmail.com



OBJECTIVE

Advise on the management of safety, occupational health and the environment, providing different methodologies for efficient management in the different processes of organizations, providing guidelines for optimal performance prioritizing the care of the environment and the integrity of the workers.

PROFESSIONAL STRENGTHS

Motivate teamwork at all levels.

Lead by example compliance with the safety, occupational health and environment guidelines.

Responsible and disciplined in the work entrusted.

WORK EXPERIENCE

UNICON S.A. / NEXA RESOURCES – EL PORVENIR

2017 - 2022

Safety, Occupational Health and Environment Leader

Lead Safety, Occupational Health and Environment Management.

Lead internal and external audits in ISO 14001 and ISO 45001 standards.

Implement the best practices of the DUPONT methodology in the safety, occupational health and environment management system.

Supervise high-risk jobs (Work at Height, Hot Work, Confined Spaces, Lock-and-Tag Jobs, Etc.)

Participation in audits and raising of observations from government entities such as (OEFA, MEM, OSINERGMIN, etc.)

Indoor monitoring of the shotcrete holding process.

INCIMMET S.A. / NEXA RESOURCES – EL PORVENIR
2016 - 2017

Coordinator SGI

Lead the implementation and certification of the Integrated Safety, Occupational Health, Environment and Quality Management System) SSOMAC aligned to the management models of the ISO 14001: 2015, ISO 9001: 2015 and OHSAS 18001: 2007, LAW 29783, D.S. 005-2012-TR, D.S. 024-2016-EM

Advise on the management of Safety, Occupational Health, Environment and Quality aligned to the critical risks of MILPO.

Carry out opinionated and unexpected inspections inside the mine and on the surface, identifying risk conditions and sub-standard acts.

Recognition: Certification in International Standards ISO 14001: 2015 and OHSAS 18001: 2007 at the U.M. El Porvenir

UNICON S.A. / MINING LAS BAMBAS / MINING CHINALCO
2012 - 2015

Safety, Occupational Health and Environment Leader

Lead Safety, Occupational Health and Environmental Management in: MINING LAS BAMBAS, MINING CHINALCO PERU S.A., XSTRATA COPPER, GLENCORE, MMG LIMITED, BECHTEL.

Lead the implementation and certification of the OHS management system aligned to the management model of the OHSAS 18001: 2007 Standard, LAW 29783, D.S. 005-2012-TR, D.S. 055-2010-EM with SGS DEL PERÚ (Certificate of accreditation PE 14/17538)

Meetings with the Management of the SGI and the Headquarters of the different areas, fulfilling the commitments of the Environmental Management Instruments.

Lead internal and external audits aligned to the management models of the ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001 standards.

Participation in audits and survey of observations of government entities such as (OEFA, MEM, DREM, ANA, ALA, OSINERGMIN, etc.)

Management of HSE management performance indicators

Management of sludge sedimentation ponds and reuse of industrial water for the concrete manufacturing process.

Participation in environmental monitoring of quality of water, air, soil, environmental and occupational noise in the Aggregates and Concrete Plants.

Review and preparation of reports on environmental and occupational monitoring.

Acknowledgments: Certification in the International Standard OHSAS 18001: 2007

Excellence in HSE Management 2014 - 2015 - Mining Las Bambas

E.C.M. CONGEMIN J.H. S.A.C. / CIA. DE MINES BUENAVENTURA S.A.A.
2009 - 2011

Corporate Coordinator of the SIG / Head of Environment

Lead the implementation and certification of the Safety, Occupational Health and Environment Management System in the Antapite and Uchucchacua Mining Units, aligned with the Standards (ISO 14001: 2004 and OHSAS 18001: 2007) with Bureau Veritas accreditation.

Lead the Internal audits of the SIG in the Antapite and Uchucchacua Units (Compañía de Minas Buenaventura S.A.A.), Parcoy and Culebrillas Unit (Consorcio Minero Horizonte).

Supervise the work inside the mine and verify compliance with PETS and standards.

Carry out opinionated and unexpected inspections inside the mine and on the surface,

Preparation, review and management of environmental management instruments (EVAP, DIA, EIA, CIRA, COM, etc.) for the different mining projects.

Participation in audits and survey of observations of government entities such as (OEFA, MEM, DREM, ANA, ALA, OSINERGMIN, etc.)

Preparation of PETS and corporate instructions.

Preparation of IPER in the different production units.

Recognition: Best "Performance of Occupational Health and Safety Management and Environment" CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.

ABILITIES

Office automation: Microsoft Power Point, Word, Excel, Corel Draw.

LANGUAGES

Intermediate English

EDUCATION

National University of Engineering (UNI) FIGMM

Master: "Mining and Environment", 2011 – 2013

Daniel Alcides Carrión National University (UNDAC)

Faculty of Engineering: Environmental Engineering, 2002 - 2006

Faculty of Engineering: Mining Engineering Student, 2018-2021

PROFESSIONAL DEVELOPMENT

10/2019 - 10/2019 **ISEM (MINING SAFETY INSTITUTE)**
Training the Trainer – Accredited Trainer ISEM

09/2019 - 10/2019 **ZM CONSULTING E.I.R.L.**

- Work in Confined Spaces
- Underground Excavations
- Use of Ladders and Scaffolds
- Occupational Hygiene
- Handling of Power Tools and Equipment

05/2019 - 05/2019 **AENOR – INTERNATIONAL ACCREDITATION IQNet**
Internal Auditor ISO 45001:2018, Record Nro. AEN/2019/329

03/2019 - 03/2019 **3M PERU S.A.**
Respiratory Protection

10/2018 - 10/2018	ESAN UNIVERSITY Flexibility Workshop: Quickness to Adapt to New Challenges
10/2017 - 10/2017	REGIONAL DIRECTORATE OF ENERGY AND MINES - PASCO Course Analysis of D.S. 024-2016-EM VS D.S. 023-2017-EM, Regulation of Occupational Safety and Health in Mining.
12/2016 - 12/2016	ISEM (MINING SAFETY INSTITUTE) Course on Occupational Health and Safety Regulations in Mining Supreme Decree N° 024-2016-EM
06/2016 - 06/2016	MURAZZO CONSULTANTS Interpretation of the ISO 9001:2015 Standard "Context Analysis, Leadership and Planning"
	RIMAC (PREVENTION OF OCCUPATIONAL HAZARDS) Leadership in Occupational Safety and Health
04/2016 - 04/2016	BUREAU VERITAS Internal Auditor Training (ISO 14001:2015 – OHSAS 18001:2007 Standards)
03/2015 - 03/2015	PEACEFUL Law 29783: Law on Safety and Health at Work
01/2014 - 01/2014	ABS CONSULTING - Incident Reporting and Investigation - Hazard Identification Risk Assessment and Controls - Legal Requirements and Other Requirements - Emergency Preparedness and Response
12/2013 - 12/2013	CIBERTEC Custom Excel 2010 course
12/2013 - 12/2013	SGS DEL PERU S.A.C. Accelerated Learning Techniques Workshop
11/2013 - 11/2013	CREATE MEDIA Occupational Health and Safety - UNICON
05/2013 - 05/2013	TOMASGENSA S.R.L. Training in handling and operation of fire fighting equipment (extinguishers)
04/2013 - 04/2013	ISEM (MINING SAFETY INSTITUTE) XVII International Mine Safety Seminar

04/2013 - 04/2013	SGS DEL PERU S.A.C. Interpretation and Training of Trinorma Internal Auditor (ISO 9001:2008 – ISO 14001:2004 – OHSAS 18001:2007)
09/2011 - 09/2011	KNOWLEDGE AND TRAINING S.A.C. Mining Safety Legislation
12/2010 - 12/2010	SGS DEL PERU S.A.C. Tri-standard Internal Auditor Training (ISO 9001:2008 – ISO 14001:2004 – OHSAS 18001:2007)
05/2010 - 05/2010	BUREAU VERITAS Interpretation of the Standard OHSAS 18001:2007 (Occupational Health and Safety Management System)
09/2008 - 09/2008	MINING TRAINING INSTITUTE International Course on Mining and Industrial Safety
02/2008 - 02/2008	MINING TRAINING INSTITUTE ISO 14001:2004 Environmental Management System
06/2006 - 06/2006	National University Daniel Alcides Carrión I National Symposium Mining – Oil Society and Environment

ACHIEVEMENTS

Recognition of MINING NEXA RESOURCES S.A.C. as the best management of SSOMA in the years 2019 - 2020 at the U.M. El Porvenir

Certification in the International Standards OHSAS 18001 and ISO 14001 in the company INCIMMET S.A.

Recognition of excellence in HSE Management 2014 - 2015 to the company UNICON S.A. by MINING LAS BAMBAS.

Certification in the International Standard OHSAS 18001: 2007 in the company UNICON S.A

Best "Performance of Occupational Health and Safety Management and Environment" CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.