

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Georreferenciación y planificación de rellenos sanitarios
para la gestión sostenible de residuos sólidos urbanos
del distrito de Combapata**

Katherine Miriam Cabrera Quispe
Alfredo Valencia Villavicencio

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Cusco, 2024

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ma. Yamil Zevallos Luque
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 18 de Noviembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

GEORREFERENCIACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO DE COMBAPATA

Autores:

1. Katherine Miriam Cabrera Quispe-EAP. Ingeniería Ambiental
2. Alfredo Valencia Villavicencio-EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el *software* dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (10): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos-RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

RESUMEN

Este estudio tuvo lugar en el distrito de Combapata de la provincia de Canchis del departamento de Cusco. El objetivo general consiste en identificar áreas para rellenos sanitarios empleando herramientas de georreferenciación, mediante los criterios de exclusión y restricción señalados en la “Guía para la identificación de zonas potenciales para infraestructura de disposición final de residuos sólidos municipales” (1). Por lo que se desarrolló una propuesta fundamentada en los resultados de una estructura que albergue los residuos sólidos.

Con este fin, se realizó el diseño de 12 mapas temáticos, sometidos a análisis multicriterio y una ponderación binaria, que dio como resultado un área de extensión de 768.71 ha como zonas potenciales, lo que representa al 4.43 % de todo el distrito. De esta manera se seleccionaron tres áreas, destacando entre estas la alternativa 03 con un área de 45.86 ha. Asimismo, se desarrolló el diseño de un relleno sanitario manual y se empleó la técnica de zanjas o trincheras para una operabilidad de dos décadas, se diseñaron dos trincheras trapezoidales con medidas en la parte superior de largo 110 m y ancho de 65 m, en la parte inferior de largo 104 m y ancho 59 m, altura de 3 m, conteniendo 19910 m³ y con un área superior total de 1.43 ha.

Palabras clave: georreferenciación, residuos sólidos, análisis multicriterio, relleno sanitario.

ABSTRACT

This study took place in the Combapata district, Canchis province of the Cusco department. The general objective is to identify areas for sanitary landfills using georeferencing tools, applying the exclusion and restriction criteria outlined in the “Guide for the Identification of Potential Areas for Municipal Solid Waste Final Disposal Infrastructure” (1), a proposal was developed based on the results of a structure to accommodate solid waste.

To achieve this, the design of 12 thematic maps was carried out, subjected to multicriteria analysis and binary weighting, resulting in a potential area of 768.71 hectares, which represents 4.43 % of the entire district. Three areas were selected, with alternative 03 standing out, covering an area of 45.86 hectares. The design of a manual landfill was developed, employing trench techniques for operational functionality over two decades. Two trapezoidal trenches were designed, measuring 110 meters long and 65 meters wide at the top, and 104 meters long and 59 meters wide at the bottom, with a height of 3 meters, containing 19,910 m³ and a total upper area of 1.43 hectares.

Keywords: georeferencing, solid waste, multicriteria analysis, sanitary landfill.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	18
1.1. Planteamiento y formulación del problema	18
<i>1.1.1. Problema general</i>	19
<i>1.1.2. Problemas específicos</i>	19
1.2. Objetivos	19
<i>1.2.1. Objetivo general</i>	19
<i>1.2.2. Objetivo específico</i>	19
1.3. Justificación e importancia	20
<i>1.3.1. Justificación social</i>	20
<i>1.3.2. Justificación ambiental</i>	20
<i>1.3.3. Justificación tecnológica</i>	20
<i>1.3.4. Implicancias prácticas</i>	20
<i>1.3.5. Valor teórico</i>	21
<i>1.3.6. Utilidad metodológica</i>	21
<i>1.3.7. Viabilidad o factibilidad</i>	21
1.4. Delimitación del proyecto	21
<i>1.4.1. Delimitación temporal</i>	21
<i>1.4.2. Delimitación espacial</i>	21
<i>1.4.3. Delimitación conceptual</i>	22
1.5. Hipótesis y variables	22
<i>1.5.1. Hipótesis general</i>	22
<i>1.5.2. Hipótesis específicas</i>	22
<i>1.5.3. Variables</i>	23

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	25
2.1. Antecedentes de la investigación	25
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	25
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i>	26
2.1.3. <i>Antecedentes locales</i>	27
2.2. Base teórica	29
2.2.1. <i>Introducción a la gestión de residuos y rellenos sanitarios</i>	29
2.2.2. <i>Fundamentos de georreferenciación y sistemas de información geográfica</i>	31
2.2.3. <i>Aspectos legales y regulaciones ambientales</i>	33
2.2.4. <i>Herramientas tecnológicas y software para la georreferenciación y evaluación de sitio</i>	34
2.2.5. <i>Disposición final de residuos sólidos</i>	34
2.3. Glosario de términos	38
2.3.1. <i>Residuos sólidos</i>	38
2.3.2. <i>Relleno sanitario</i>	39
2.3.3. <i>Herramientas SIG</i>	39
2.3.4. <i>Cartografía</i>	39
2.3.5. <i>Proyección cartográfica</i>	39
2.3.6. <i>Georreferenciación</i>	39
2.3.7. <i>Análisis espacial</i>	39
2.3.8. <i>Evaluación multicriterio</i>	39
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	41
3.1. Método, tipo y alcance de la investigación	41
3.1.1. <i>Método</i>	41
3.1.2. <i>Tipo y nivel</i>	41
3.1.3. <i>Diseño de la investigación</i>	41
3.2. Población y muestras	42
3.3. Materiales	42
3.3.1. <i>Equipos</i>	42
3.4. Recolección de información	42
3.4.1. <i>Instrumentos</i>	42

3.5. Procedimiento	42
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES	52
4.1. Resultados	52
<i>4.1.1. Criterios de restricción</i>	52
<i>4.1.2. Criterios de exclusión</i>	60
<i>4.1.3. Análisis multicriterio con ponderación binaria</i>	66
<i>4.1.4. Selección de área</i>	79
<i>4.1.5. Propuesta relleno sanitario</i>	84
4.2. Discusión de resultados	100
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
5.1. Conclusiones	105
5.2. Recomendaciones	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
ANEXOS	112
Anexo 01: Matriz de Consistencia	113
Anexo 02: Panel Fotográfico	114
Anexo 03: Mapa de ubicación	117

ÍNDICE MAPAS

<i>Mapa 1: Distribución de los centros poblados del distrito.....</i>	<i>54</i>
<i>Mapa 2: Mapa hidrográfico del distrito de Combapata.....</i>	<i>55</i>
<i>Mapa 3: Mapa de lagos y lagunas del distrito de Combapata</i>	<i>56</i>
<i>Mapa 4: Mapa granjas de crianza de animales menos del distrito de Combapata.....</i>	<i>57</i>
<i>Mapa 5: Mapa de extensión del área agrícola del distrito de Combapata</i>	<i>58</i>
<i>Mapa 6: Mapa de fallas geológicas del distrito de Combapata.....</i>	<i>59</i>
<i>Mapa 7: Mapa de Análisis de pendientes del distrito de Combapata</i>	<i>60</i>
<i>Mapa 8: Mapa de probabilidad de inundaciones</i>	<i>61</i>
<i>Mapa 9: Mapa de movimiento de masas del distrito de Combapata.....</i>	<i>62</i>
<i>Mapa 10: Mapa faja marginal en el distrito de Combapata</i>	<i>64</i>
<i>Mapa 11: Mapa de zonas arqueológicas del distrito de Combapata</i>	<i>65</i>
<i>Mapa 12: Mapa de concesiones mineras en el distrito de Combapata</i>	<i>66</i>
<i>Mapa 13: Mapa Criterio Centros Poblados</i>	<i>67</i>
<i>Mapa 14: Mapa criterio red hídrica.....</i>	<i>68</i>
<i>Mapa 15: Mapa criterio lago y lagunas</i>	<i>69</i>
<i>Mapa 16: Mapa criterio granjas animales menores.....</i>	<i>70</i>
<i>Mapa 17: Mapa criterios actividades económicas</i>	<i>71</i>
<i>Mapa 18: Mapa criterio fallas geológicas</i>	<i>72</i>
<i>Mapa 19: Mapa criterio pendientes.....</i>	<i>73</i>
<i>Mapa 20: Mapa criterios inundaciones.....</i>	<i>74</i>
<i>Mapa 21: Mapa criterio movimiento de masas</i>	<i>75</i>
<i>Mapa 22: Mapa Criterio faja marginal</i>	<i>76</i>
<i>Mapa 23: Mapa Criterio sitios arqueológicos</i>	<i>77</i>
<i>Mapa 24: Mapa criterio concesiones mineras</i>	<i>78</i>
<i>Mapa 25: Mapa distribución áreas potenciales para relleno sanitario</i>	<i>79</i>
<i>Mapa 26: Mapa Ubicación del área seleccionada</i>	<i>84</i>

Mapa 27: Mapa del área del relleno sanitario95

ÍNDICE TABLAS

<i>Tabla 1: Operacionalización de variable</i>	23
<i>Tabla 2: Clasificación de los residuos sólidos</i>	30
<i>Tabla 3: Rellenos sanitarios del Perú</i>	36
<i>Tabla 4: Selección de taludes de acuerdo con el tipo de suelo</i>	49
<i>Tabla 5: Capacidad útil de diseño</i>	49
<i>Tabla 6: Centros poblados presentes en el distrito de Combapata</i>	52
<i>Tabla 7: Hidrología del distrito de Combapata</i>	54
<i>Tabla 8: Lagos y Lagunas del distrito de Combapata</i>	55
<i>Tabla 9: Granjas del distrito de Combapata</i>	56
<i>Tabla 10: Zonas agrícolas del valle del Salcca</i>	57
<i>Tabla 11: Presencia de fallas geológicas en el distrito de Combapata</i>	58
<i>Tabla 12: Pendientes del distrito de Combapata</i>	59
<i>Tabla 13: Análisis de Probabilidad de inundaciones en el distrito de Combapata</i>	60
<i>Tabla 14: Análisis de probabilidad de movimientos de masa</i>	61
<i>Tabla 15: Faja marginales del distrito de Combapata</i>	63
<i>Tabla 16: Sitios arqueológicos del distrito de Combapata</i>	64
<i>Tabla 17: Presencia de concesiones mineras</i>	65
<i>Tabla 18: Análisis multicriterio centros poblados</i>	66
<i>Tabla 19: Criterio multicriterio red hídrica</i>	67
<i>Tabla 20: Criterio multicriterio lago y lagunas</i>	68
<i>Tabla 21: Criterio multicriterio granjas</i>	69
<i>Tabla 22: Criterio multicriterio áreas agrícolas</i>	70
<i>Tabla 23: Criterio multicriterio fallas geológicas</i>	71
<i>Tabla 24: Criterio multicriterio pendientes</i>	72
<i>Tabla 25: Criterio multicriterio inundaciones</i>	73
<i>Tabla 26: Criterio multicriterio movimientos de masa</i>	74

<i>Tabla 27: Criterio multicriterio faja marginal</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 28: Criterio multicriterio sitios arqueológicos.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 29: Criterio multicriterio concesiones mineras.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 30: Área potencial para albergar un relleno sanitario</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 31: Coordenadas de la alternativa 01</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 32: Coordenadas de la alternativa 02</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 33: Coordenadas de la alternativa 03</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 34: Escala de calificación</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 35: Calificación de las tres alternativas seleccionadas</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 36: Ponderado de las alternativas seleccionadas</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 37: Clasificación de las alternativas seleccionadas.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 38: Población beneficiaria</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 39: Generación per cápita por año</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 40: Generación de residuos sólidos totales del distrito</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 41: Densidades de los residuos en sus distintas etapas.....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 42: Volúmenes estabilizados de RR.SS. diario y anual</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 43: Volumen del relleno sanitario requerido</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 44: Matriz para la estimación del volumen y área del relleno sanitario</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 45: Volumen de trincheras.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 46: Área total del relleno sanitario</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 47: Calculo del volumen de lixiviados.....</i>	<i>95</i>

ÍNDICE FIGURAS

<i>Figura 1: Planta del relleno sanitario</i>	96
<i>Figura 2: Planta bloque administrativo</i>	97
<i>Figura 3: Planta de la trinchera</i>	98
<i>Figura 4: Detalle drenaje lixiviados</i>	99
<i>Figura 5: Detalle Caja de Colector</i>	99
<i>Figura 6: Detalle dren vertical</i>	100

ÍNDICE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1: Proceso de la investigación realizada</i>	<i>43</i>
<i>Gráfico 2: Elaboración mapa político del distrito de Combapata</i>	<i>43</i>
<i>Gráfico 3: Elaboración mapas temáticos</i>	<i>44</i>
<i>Gráfico 4: Elaboración mapa de áreas idóneas</i>	<i>46</i>