

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Evaluación de riesgos por peligro sísmico y deslizamiento en el proyecto de
infraestructura de relleno sanitario, Distrito de Chacayán - Región Pasco**

2022

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Lucero Melani HINOJOSA GASPAR

Asesor:

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



T E S I S

**Evaluación de riesgos por peligro sísmico y deslizamiento en el proyecto de
infraestructura de relleno sanitario, Distrito de Chacayán - Región Pasco**

2022

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Julio Alejandro MARCELO AMES
PRESIDENTE

Dr. Reynaldo MEJÍA CÁCERES
MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 153-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Evaluación de Riesgos por Peligro Sísmico y Deslizamiento en el Proyecto de Infraestructura de Relleno Sanitario, Distrito de Chacayán -Región

Pasco 2022

Apellidos y nombres de los tesistas

Bach. HINOJOSA GASPAR, Lucero Melani

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Apellidos y nombres del Asesor

Dr. MENA OSORIO Favio Máximo

Índice de Similitud

16 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 25 de octubre del 2023

UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villa Requis Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A las ciencias de la tierra que nos permite entender la dinámica de nuestro planeta, interpretar su pasado, tal vez predecir su futuro y brindar soluciones a los diversos problemas de la sociedad.

A mi familia, por el apoyo brindado en cada decisión tomada y por ser el soporte emocional en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y darme la sabiduría y fuerza en cada momento de mi vida.

Al Instituto Nacional de Defensa Civil, por permitirme conocer muy de cerca la geología, geografía y la realidad social y económica de nuestro país.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar el nivel del riesgo al cual se encuentra expuesta la construcción de la infraestructura de relleno sanitario, en el distrito de Chacayán, Provincia de Daniel Alcides Carrión, Región Pasco, y como objetivos específicos, evaluar el nivel de peligrosidad sísmica al que puede estar expuesto la futura infraestructura de relleno sanitario. Evaluar el nivel de peligrosidad de deslizamiento al que puede estar expuesto la futura infraestructura. Evaluar el nivel de vulnerabilidad al que puede estar expuesto la futura infraestructura. Respecto a los materiales y herramientas, se utilizó un plano topográfico base donde se registraron las características litológicas, estructurales, geomecánicas y otros. Para el cálculo del peligro sísmico en cuanto a información se utilizaron los registros históricos del IGP y parámetros de la Norma técnica E.030. Para el cálculo del peligro deslizamiento se recolectó información brindada a través del GEOCATMIN, e información de las precipitaciones históricas del SENAMHI. Referente al cálculo de la vulnerabilidad, para las dimensiones física y ambiental, se utilizaron los parámetros de diseño de la futura infraestructura. La metodología, la información recopilada en el presente trabajo fue llevada a matrices, los cuales fueron sometidos a un proceso de análisis jerárquico, dándoles un valor numérico de acuerdo a la escala de Saaty (1980) con la finalidad de estratificar los peligros, la vulnerabilidad y riesgo, este procesamiento se realizó utilizando el software EXCEL y ArcGIS. Teniendo como resultados, respecto al sismo: Riesgo bajo, y deslizamiento: Riesgo bajo y medio. El peligro sísmico dio como resultado nivel medio, y peligro deslizamiento es también nivel medio. La Vulnerabilidad para la infraestructura del Relleno Sanitario es en nivel bajo.

Palabras clave: Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastres, Evaluación de Riesgo.

ABSTRACT

This investigation has as principal objective to determine the level of risk to which the build of the landfill infrastructure is exposed, in the district of Chacayán, Province of Daniel Alcides Carrión, located in Pasco Region, for which a hazard and vulnerability analysis was carried out.

For the hazard analysis, in this thesis, the seismic and gradual hazard have already been considered, because it is the most relevant and predisposed in the study area, however, the analysis of other hazards in the area can be carried out in complementary investigations.

Regarding the vulnerability analysis, according to the applied methodology, the three (03) primary factors (Exposure, Fragility and Resilience), taking into consideration the objective of this thesis, the dimensions selected were Economic and Project environment. By applying the methodology, it was also possible to identify the parameters and their respective descriptors, which were carefully analyzed for hazards and vulnerabilities, giving them a numerical value according to the Saaty scale (1980) and subsequently obtaining a final calculation for the stratification of levels of danger and vulnerability. In the investigation, the Qualitative method was applied, of a descriptive-explanatory type, in that context, the results obtained from the risk assessment due to seismic danger and gradually allowed us to know the level of risk due to these dangers to which it is found. Once the construction of the landfill has been exposed, this interpretation finally also allows us to propose risk control measures for the good work of the construction and minimization of consequences due to disaster.

Keywords: Hazard, Vulnerability, Risk, Disasters, Evaluation of risk.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación corresponde a la evaluación del riesgo por peligro sísmico y deslizamiento, el mismo que en términos de Gestión de Riesgo abarca el componente prospectivo por la naturaleza del proyecto, el cual se encuentra en etapa de prefactibilidad para la construcción del Relleno Sanitario en el distrito de Chacayán, provincia y región Pasco, determinado en identificar las consecuencias de los movimientos telúricos y presencia de fallas activas, así como determinar el riesgo por deslizamientos aledaños a la zona del proyecto, la evaluación se enfoca más a la exposición propia del proyecto. Para el desarrollo de esta evaluación se aplicó la metodología del “Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales”, 2da Versión - Resolución Jefatural N° 058-2020– CENEPRED/J, así como, aspectos técnicos del Ministerio del Ambiente-Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Ley General de Residuos Sólidos, LEY N° 27314, 2009), y los criterios técnicos del profesional evaluador acreditado, que permite: analizar parámetros de evaluación y el análisis de la susceptibilidad con los factores condicionantes y factores desencadenantes, para determinar el nivel de peligrosidad y cuantificar los elementos expuestos; la que prosigue con el análisis de vulnerabilidad social, económico y ambiental de dichos elementos expuestos a los peligros lluvias intensas, en función a la exposición, fragilidad y resiliencia; para culminar en la determinación del cálculo y niveles de riesgos, control del riesgo y la formulación de propuestas estructurales y no estructurales finalizando con la conclusiones y recomendaciones vinculadas a la prevención y/o reducción de riesgos en las áreas objeto de evaluación. Todo ello establecido en el marco de la Ley N°29664 del SINAGERD (2011) y su reglamento aprobado mediante D.S. N° 048-2011-PCM(Reglamento de La Ley N°29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión Del

Riesgo de Desastres (SINAGERD), 2011), dentro del proceso de estimación del riesgo. Se enmarca en la búsqueda de antecedentes, el que se incide en información existente de entidades técnicas científicas, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), Instituto Geofísico del Perú (IGP) y SENAMHI.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Planteamiento del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	4
1.3.	Formulación del problema.....	4
1.3.1.	Problema general.....	4
1.3.2.	Problemas específicos.....	4
1.4.	Formulación de objetivos	5
1.4.1.	Objetivo general	5
1.4.2.	Objetivos específicos	5
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	7
------	-------------------------------	---

2.2.	Bases teóricas - científicas.....	11
2.3.	Definición de términos conceptuales.....	24
2.4.	Enfoque filosófico - epistémico.....	31

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	32
3.2.	Nivel de Investigación.....	32
3.3.	Característica de la investigación	33
3.4.	Método de investigación.....	33
3.5.	Diseño de la Investigación.....	33
3.6.	Procedimiento del muestreo	33
3.7.	Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos.....	34
3.8.	Técnicas de procesamiento y Análisis de Datos.....	34
3.9.	Orientación ética.....	39

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	40
4.1.1.	Aspectos Generales	40
4.2.	Discusión de resultados	167

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	Resumen de Infraestructura y equipamiento necesario de un relleno sanitario	22
Tabla 2.	Limites Geopolíticos	41
Tabla 3.	Clasificación peruana de los perfiles del suelo.....	52
Tabla 4.	Resumen de calicatas realizadas en la zona del proyecto.....	53
Tabla 5.	Periodos de Retorno	72
Tabla 6.	Zonificación sísmica del área del Proyecto	74
Tabla 7.	Factores de Zona.....	74
Tabla 8.	Parámetros hipocentrales de los grandes sismos en el borde oeste de Perú desde el año 1500	78
Tabla 9.	Sismos registrados en distritos aledaños a la zona del proyecto	79
Tabla 10.	Parámetros del escenario de riesgo sísmico para el proyecto.....	80
Tabla 11.	Caracterización de extremos de precipitación	83
Tabla 12.	Umbrales de precipitación para la estación de Yanahuanca	84
Tabla 13.	Precipitaciones máximas de su serie históricas en la estación de Yanahuanca	84
Tabla 14.	Unidades Geomorfológicas de la zona de estudio.....	85
Tabla 15.	Estratificación de pendientes	88
Tabla 16.	Factores Condicionantes.....	95
Tabla 17.	Factores condicionantes del sismo y su ponderación.....	96
Tabla 18.	Normalización de factores condicionantes del sismo y su ponderación	96
Tabla 19.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de los factores condicionantes de sismo	96
Tabla 20.	Descriptor del factor condicionante “Tipo de suelo”	96
Tabla 21.	Descriptor del factor condicionante tipo de suelo y su ponderación ..	98

Tabla 22.	Normalización de los descriptores del factor condicionante tipo de suelo	98
Tabla 23.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-Factor tipo de suelo	99
Tabla 24.	Descriptores del factor condicionante “Distancia al Epicentro”	99
Tabla 25.	Descriptores del factor condicionante distancia al epicentro y su ponderación	99
Tabla 26.	Normalización de los descriptores del factor condicionante distancia al epicentro	99
Tabla 27.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-factor distancia al epicentro	100
Tabla 28.	Descriptores del factor condicionante “Hipocentro”	100
Tabla 29.	Descriptores del factor condicionante “Hipocentro” y su ponderación	100
Tabla 30.	Normalización de los descriptores del factor condicionante “Hipocentro”	100
Tabla 31.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- factor Hipocentro	101
Tabla 32.	Descriptores del Factor Desencadenante “Ruptura de Placas”	102
Tabla 33.	Descriptores del factor desencadenante ruptura de placas y su ponderación	102
Tabla 34.	Normalización de los Descriptores del factor desencadenante ruptura de placas	102
Tabla 35.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-factor ruptura de placas	102
Tabla 36.	Parámetros de evaluación del sismo	103
Tabla 37.	Parámetros de evaluación del sismo y su ponderación	103
Tabla 38.	Normalización de parámetros de evaluación del sismo y su ponderación.	104

Tabla 39.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-parámetros de evaluación del sismo	104
Tabla 40.	Descriptores del parámetro “magnitud” del sismo.....	104
Tabla 41.	Descriptores del parámetro “magnitud” del sismo y su ponderación...	104
Tabla 42.	Normalización de los descriptores del parámetro “magnitud” del sismo... ..	104
Tabla 43.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-Parámetro magnitud	105
Tabla 44.	Descriptores del parámetro “intensidad del sismo”.....	105
Tabla 45.	Descriptores del parámetro “intensidad del sismo” y su ponderación .	105
Tabla 46.	Normalización de descriptores del parámetro “intensidad del sismo” .	106
Tabla 47.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-parámetro intensidad del sismo	106
Tabla 48.	Descriptores del parámetro “aceleración máxima del suelo”.....	106
Tabla 49.	Descriptores del parámetro “aceleración máxima del suelo” y su ponderación	106
Tabla 50.	Normalización de descriptores del parámetro “aceleración máxima del suelo”	107
Tabla 51.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-parámetro aceleración máxima del suelo	107
Tabla 52.	Nivel de peligrosidad por sismo	107
Tabla 53.	Estratificación del Nivel de Peligrosidad por Sismo	108
Tabla 54.	Factores Condicionantes.....	112
Tabla 55.	Factores condicionantes del deslizamiento y su ponderación	112
Tabla 56.	Normalización de factores condicionantes del deslizamiento y su ponderación	112

Tabla 57.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de los factores condicionantes deslizamiento	112
Tabla 58.	Descriptores del factor condicionante “Geología”	113
Tabla 59.	Descriptores del factor condicionante “geología” y su ponderación....	113
Tabla 60.	Normalización de los descriptores del factor condicionante “geología”....	113
Tabla 61.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-Factor “geología”	113
Tabla 62.	Descriptores del factor condicionante “Pendiente”	114
Tabla 63.	Descriptores del factor condicionante “pendiente” y su ponderación..	114
Tabla 64.	Normalización de los descriptores del factor condicionante “pendiente”..	114
Tabla 65.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-factor “pendiente”	114
Tabla 66.	Descriptores del factor condicionante “Geomorfología”	114
Tabla 67.	Descriptores del factor condicionante “Geomorfología” y su ponderación	115
Tabla 68.	Normalización de los descriptores del factor condicionante “Geomorfología”	115
Tabla 69.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- factor “Geomorfología”	116
Tabla 70.	Descriptores del Factor Desencadenante “Precipitación”	117
Tabla 71.	Descriptores del factor desencadenante “precipitación” y su ponderación	117
Tabla 72.	Normalización de los Descriptores del factor desencadenante “precipitación”	117
Tabla 73.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-factor “precipitación” ...	117

Tabla 74.	Parámetros de evaluación del deslizamiento	118
Tabla 75.	Descriptores del parámetro “tipo del suelo” del deslizamiento.....	118
Tabla 76.	Descriptores del parámetro “tipo del suelo” y su ponderación	120
Tabla 77.	Normalización de los descriptores del parámetro “tipo de suelo” del sismo	120
Tabla 78.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-Parámetro “tipo de suelo”	121
Tabla 79.	Descriptores del parámetro “erosión”	121
Tabla 80.	Descriptores del parámetro “erosión” y su ponderación	122
Tabla 81.	Normalización de descriptores del parámetro “erosión”	123
Tabla 82.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-parámetro “erosión”	123
Tabla 83.	Nivel de peligrosidad por deslizamiento de suelos	123
Tabla 84.	Estratificación de nivel de peligrosidad de deslizamiento	124
Tabla 85.	Parámetros de la Evaluación “Física” y “Ambiental”	130
Tabla 86.	Descriptor del Factor Exposición Física.....	130
Tabla 87.	Descriptores de “infraestructura de relleno sanitario”.....	130
Tabla 88.	Descriptores de “infraestructura de relleno sanitario” y su ponderación	131
Tabla 89.	Normalización de los descriptores de “infraestructura de relleno sanitario”	132
Tabla 90.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- infraestructura del relleno sanitario	133
Tabla 91.	Descriptores del Factor Fragilidad física.....	133
Tabla 92.	Descriptores del Factor Fragilidad física y su ponderación	133
Tabla 93.	Normalización de los descriptores del Factor Fragilidad física	134

Tabla 94.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-descriptores del factor fragilidad física	134
Tabla 95.	Descriptores de “Asesoramiento técnico en la edificación”.....	134
Tabla 96.	Descriptores de “asesoramiento técnico en la edificación” y su ponderación	135
Tabla 97.	Normalización de los descriptores de “asesoramiento técnico en la edificación”	136
Tabla 98.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- asesoramiento técnico en la edificación.....	137
Tabla 99.	Descriptores de “Impermeabilización del suelo”	138
Tabla 100.	Descriptores de “impermeabilización de suelo” y su ponderación	138
Tabla 101.	Normalización de los descriptores de “impermeabilización del suelo”	139
Tabla 102.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- impermeabilización del suelo	139
Tabla 103.	Descriptores de “Sistema de control de lixiviados”	139
Tabla 104.	Descriptores de “Sistema de control de lixiviados” y su ponderación.	140
Tabla 105.	Normalización de los descriptores de “Sistema de control de lixiviados”.	140
Tabla 106.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Sistema de control de lixiviados	141
Tabla 107.	Descriptor del Factor Resiliencia física.....	141
Tabla 108.	Descriptores de “Antigüedad de la construcción”	141
Tabla 109.	Descriptores de “Antigüedad de la construcción” y su ponderación ...	141
Tabla 110.	Normalización de los descriptores de “Antigüedad de la construcción”	142

Tabla 111.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Antigüedad de la construcción.....	142
Tabla 112.	Descriptor del Factor Exposición Ambiental	142
Tabla 113.	Descriptores de “Residuos sólidos”.....	142
Tabla 114.	Descriptores de “Residuos sólidos” y su ponderación	143
Tabla 115.	Normalización de los descriptores de “Residuos sólidos”	144
Tabla 116.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Antigüedad de la construcción.....	144
Tabla 117.	Descriptores del Factor Fragilidad ambiental.....	145
Tabla 118.	Descriptores del Factor Fragilidad ambiental y su ponderación	145
Tabla 119.	Normalización de los descriptores del Factor Fragilidad ambiental	145
Tabla 120.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-descriptores del factor fragilidad ambiental	145
Tabla 121.	Descriptores de “Cercado Perimetral”	146
Tabla 122.	Descriptores de “Cercado perimetral” y su ponderación	146
Tabla 123.	Normalización de los descriptores de “Cercado perimetral”	146
Tabla 124.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Cercado perimetral	147
Tabla 125.	Descriptores de “Cobertura diaria de los residuos sólidos”	147
Tabla 126.	Descriptores de “Cobertura diaria de los residuos sólidos” y su ponderación	147
Tabla 127.	Normalización de los descriptores de “Cobertura diaria de los residuos sólidos”	148
Tabla 128.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Cobertura diaria de los residuos sólidos.....	148
Tabla 129.	Descriptores de “Cobertura perimetral arbórea”	148

Tabla 130.	Descriptor de “Cobertura perimetral arbórea” y su ponderación.....	149
Tabla 131.	Normalización de los descriptores de “Cobertura perimetral arbórea”	149
Tabla 132.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Sistema de control de lixiviados	149
Tabla 133.	Descriptor del Factor Resiliencia Ambiental	150
Tabla 134.	Descriptor de “Perturbación del ecosistema”.....	150
Tabla 135.	Normalización de los descriptores de “Perturbación del ecosistema” .	150
Tabla 136.	Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Perturbación al ecosistema	151
Tabla 137.	Nivel de Vulnerabilidad	151
Tabla 138.	Estratificación del nivel de vulnerabilidad	152
Tabla 139.	Costo estimado de la afectación por deslizamiento.....	163

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Clasificación de peligros generados por fenómenos de Geodinámica Interna	16
Figura 2.	Clasificación de Peligros generados por fenómenos de Geodinámica Externa, Hidrometereológicos y Oceanográficos	18
Figura 3.	Principales Factores Condicionantes del Peligro.	25
Figura 4.	Principales Factores Desencadenantes del Peligro.....	26
Figura 5.	Movimiento de las Ondas Primarias.....	28
Figura 6.	Movimiento de las Ondas Secundarias.....	29
Figura 7.	Movimiento de las Ondas Love.....	29
Figura 8.	Movimiento de las Ondas Rayleigh	30
Figura 9.	Escala de Saaty para el Proceso de Análisis Jerárquico	35
Figura 10.	Flujograma de la Evaluación de Riesgos.....	36
Figura 11.	Mapa de Ubicación.....	41
Figura 12.	Vista satelital del área de investigación.....	42
Figura 13.	Acceso a la zona de estudio vía terrestre.....	42
Figura 14.	Población por genero	43
Figura 15.	Características de la Zanja anual y celdas diarias	45
Figura 16.	Área total, con zanjas prospectadas para 10 años.....	46
Figura 17.	Cuenca del Rio Ushugoyo y localización de Área de Proyecto	47
Figura 18.	Vista de la flora predominante en la zona de estudio.....	48
Figura 19.	Vista de la fauna predominante en la zona de estudio.....	48
Figura 20.	Textura del suelo	50
Figura 21.	Perfil del suelo- Arcillas compactas	51
Figura 22.	Meteorización en areniscas del grupo Goyllarisquizga.....	54
Figura 23.	Clasificación del Índice de Esfuerzo Geológico para rocas	55

Figura 24.	Muestra del conglomerado polimítico	60
Figura 25.	Grupo Goyllarisquizga, tomada en la zona del proyecto, donde se observan areniscas bastante meteorizadas y cubierto por material orgánico.	61
Figura 26.	Grupo Pucara, tomada hacia el NW de la zona del proyecto	62
Figura 27.	Rocas Metamórficas, tomada en la vía hacia Chacayán, fuera del área de la influencia de la investigación.	64
Figura 28.	Columna Estratigráfica Regional	65
Figura 29.	Mapa Geológico Regional	66
Figura 30.	Areniscas en la zona del proyecto	68
Figura 31.	Geología Local	69
Figura 32.	Geología estructura.....	70
Figura 33.	Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en 50 años .	72
Figura 34.	Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en 100 año.	73
Figura 35.	Zonas Sísmicas	75
Figura 36.	Grandes sismos históricos en Perú	76
Figura 37.	Grandes sismos ocurridos en el borde oeste del Perú, en función de su ubicación en latitud, fecha de ocurrencia y longitud de ruptura.....	78
Figura 38.	Escenario Sísmico histórico para el área del proyecto	81
Figura 39.	Mapa Geomorfológico.....	87
Figura 40.	Mapa de pendientes de la zona de influencia	90
Figura 41.	Metodología para Determinar los Niveles de Peligro para Sismo	91
Figura 42.	Metodología para Determinar los Niveles de Peligro para deslizamiento	92
Figura 43.	Clasificación de Peligros	94
Figura 44.	Clasificación de peligros generados por fenómenos de origen natural ..	94

Figura 45.	Factores condicionantes para peligro sísmico	95
Figura 46.	Factores desencadenantes	101
Figura 47.	Parámetros de Evaluación del sismo	103
Figura 48.	Mapa de peligro Sísmico	110
Figura 49.	Factores condicionantes para peligro deslizamiento	111
Figura 50.	Fatores desencadenantes.....	116
Figura 51.	Parámetros de Evaluación del deslizamiento	118
Figura 52.	Mapa de peligro de deslizamiento en el ámbito de estudio.....	126
Figura 53.	Población Vulnerable	128
Figura 54.	Parámetros de Evaluación	130
Figura 55.	Mapa de Vulnerabilidad	154
Figura 56.	Metodología para el cálculo del riesgo.....	156
Figura 57.	Niveles del Riesgo sísmico.....	157
Figura 58.	Matriz de Riesgo vs Vulnerabilidad (Sismo)	157
Figura 59.	Niveles del Riesgo deslizamiento.....	157
Figura 60.	Matriz de Riesgo Vs Vulnerabilidad (Deslizamiento)	157
Figura 61.	Estrato nivel del Riesgo sísmico.....	158
Figura 62.	Estrato nivel del riesgo deslizamiento.....	159
Figura 63.	Mapa de Riesgo Sísmico	161
Figura 64.	Mapa de Riesgo Deslizamiento	162
Figura 65.	Matriz de valorización de consecuencias para Sismo	164
Figura 66.	Matriz de valorización de consecuencias para Deslizamiento	165
Figura 67.	Matriz de niveles de frecuencia de ocurrencia para sismo	165
Figura 68.	Matriz de niveles de frecuencia de ocurrencia para deslizamiento	166
Figura 69.	Matriz consecuencia vs frecuencia para establecer los daños	166

Figura 70.	Matriz de aceptabilidad y tolerancia.....	167
Figura 71.	Matriz de priorización	167
Figura 72.....		167
Figura 73.....		167
Figura 74.....		167
Figura 75.....		167

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Los riesgos de desastre por fenómenos naturales a nivel mundial se hacen cada vez más frecuentes, estos tienen un nexo directo con el actual cambio climático cuyas implicancias son cada vez más severas (Maximillian Ashwill, 2014), así mismo, los procesos tectónicos que ocasionan súbitos movimientos telúricos son importantes causantes de desastres que afectan tanto a la población, como a las infraestructuras.

En la última década más del 80% de desastres han sido ocasionados por fenómenos hidrometereológicos producto del fuerte cambio climático que viene sufriendo el planeta tierra, estos desastres han ocasionado la pérdida de más de 400 mil vidas humanas en estos últimos 10 años y así mismo en este tiempo alrededor de 1.5 millones de personas han sido afectados por fenómenos hidrometereológicos al rededor del mundo (Organización Metereologica Mundial, 2021).

Según la información proveniente de EM-DAT (Data Base Internacional de Desastres, 2014) en primer lugar las tormentas e inundaciones son las que han ocasionado el mayor número de desastres, seguidos de los deslizamientos o movimientos en masa originados por causa de precipitaciones pluviales. Según, esta misma fuente de información, los desastres producidos por terremotos ocupan el séptimo lugar de importancia a nivel mundial, en este contexto, según Tavera (2019), el Perú es uno de los países con alto potencial sísmico ya que se encuentra ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, espacio donde es liberado más del 85% de la energía acumulada en el interior de la tierra, a causa de procesos convectivos en el manto.

En nuestro país la actividad sísmica se genera debido a diversos procesos de convergencia de placas con velocidades de hasta 8 cm/año, en ese sentido, es cuestión de tiempo para que ocurra un gran sismo, el cual puede tener un hipocentro a diferentes niveles de profundidad y epicentro en cualquier espacio geográfico. Sin embargo, el crecimiento sin planificación de las ciudades sobre suelos no aptos, muestran que el principal problema no es en esencia el sismo, sino las condiciones el gran desconocimiento del riesgo expuesto.

El registro de sismos por el IGP durante más de 60 años, ha permitido identificar y definir la existencia de importantes fuentes sismogénicas, y para ello, ha sido necesario clasificar a los sismos en función de la profundidad a la cual ocurren, en sismos de foco superficial (profundidad menor a 60 km), de foco intermedio (profundidad entre 61 y 300 km) y de foco profundo (profundidad mayor a 351 km).

Pero, los riesgos de desastres no solo dependen de factores naturales, sino que también están directamente relacionados a los niveles de vulnerabilidad de

las áreas urbanas y centros rurales, es decir que la ubicación de estos que pueden estar en o cerca de la faja marginal de los ríos, ubicados sobre fallas geológicas o sobre suelos expansivos, debajo o sobre laderas inestables, sus infraestructuras mal construidas, es decir no cumplen con las especificaciones técnicas sísmos resistentes. Además, aspectos socioeconómicos también son factores importantes de vulnerabilidad, tal es el caso de la falta de hospitales o centros médicos de atención primaria que en caso de desastres son sumamente importantes, y la falta de estos servicios hacen mucho más vulnerables a la población, otros aspectos como el nivel de ingreso económico incide fuertemente en el tema de la vulnerabilidad porque de este aspecto dependen muchos otros, como por ejemplo, la capacidad de cubrir el costo de buena construcción de viviendas. Otros parámetros como el grupo etario de la población expuesta también son sumamente importantes a la hora de establecer los niveles de vulnerabilidad.

Todos los aspectos mencionados hasta acá se suscriben dentro del marco de lo que se ha denominado “evaluación del riesgo” que finalmente es un proceso preventivo dentro de la gestión de riesgos (Ley que crea El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres LEY No 29664, 2011).

La población de Chacayán ubicado en la provincia de Daniel Alcides Carrión del departamento de Pasco, es un distrito que en estos últimos años viene teniendo un desarrollo acelerado en los diferentes campos, como una de las consecuencias de este proceso social se vienen incrementando los residuos sólidos que necesariamente deberán depositarse en rellenos sanitarios debidamente diseñados y construidos. Conocer cuál es el riesgo de desastre al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario para la disposición segura de los residuos sólidos en el distrito de

Chacayán es un problema que requiere ser estudiado a fin de que en caso exista riesgo se pueda identificar medidas de protección y reducción del riesgo o decidir la construcción de la infraestructura en otro lugar mucho más seguro.

1.2. Delimitación de la investigación

El espacio que abarca la investigación tiene una superficie de 122 hectáreas y se ubica aproximadamente a 8 kilómetros al sur del distrito de Chacayán, provincia de Daniel A. Carrión, región Pasco.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el riesgo por peligro sísmico y deslizamiento al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es el nivel de peligrosidad sísmica al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán?
2. ¿Cuál es el nivel de peligrosidad de deslizamiento al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán?
3. ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el riesgo sísmico y deslizamiento al que puede estar expuesto la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Evaluar el nivel de peligrosidad sísmica al que puede estar expuesto la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán.
2. Evaluar el nivel de peligrosidad de deslizamiento al que puede estar expuesto la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán.
3. Evaluar el nivel de vulnerabilidad al que puede estar expuesto la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán.

1.5. Justificación de la investigación

Los motivos que justifican este proyecto de investigación son:

- Salvaguardar la vida de los trabajadores de la futura infraestructura del relleno sanitario.
- Proteger la infraestructura del relleno sanitario que involucra inversión económica-técnica-operativa del estado.
- Impulsar la cultura de prevención fomentando la realización de construcciones en zonas con evaluación de riesgos.

- El conocimiento de los peligros, vulnerabilidades y riesgo contribuirá a la planificación urbana y desarrollo socioeconómico en el distrito, departamento y país.

1.6. Limitaciones de la investigación

Los resultados del presente proyecto de investigación se limitan únicamente al área de estudio no pudiendo ser aplicados en otras zonas o áreas debido a que las características geológicas, físicas y socioeconómicas son situaciones particulares y únicas de cada espacio geográfico. Sin embargo, desde el punto de vista académico la metodología empleada si es aplicable en trabajos parecidos o similares.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

A nivel internacional

Sarricolea, (2004), en su tesis *“Niveles de vulnerabilidad a amenazas naturales en una ciudad intermedia y sus áreas de expansión: el caso de la Serena, IV región de Coquimbo”* efectúa una evaluación de los niveles de vulnerabilidad y su relación con el riesgo de desastre al que se encuentran expuestos los habitantes e infraestructura de la costa urbana de La Serena – Chile, en el análisis que realiza hace intervenir factores de exposición, vulnerabilidad y factores de peligro al que él denomina amenaza.

Como resultado de su investigación encuentra que el riesgo por fenómeno sísmico y tsunami son muy altos seguido de un riesgo medio por fenómeno de licuefacción.

Parga (2012), realizan su trabajo de investigación al que titula *“Evaluación de la construcción social del riesgo frente a amenazas de tsunami en el área urbana de la Comuna de Caldera, III Región de Atacama”*, como

resultado de sus investigaciones menciona que el riesgo es un proceso que las sociedades se encargan de construir, es decir que las poblaciones humana que por diferentes circunstancias se asientan en áreas geográficas peligrosas son los causantes del riesgo de desastres, cuyos niveles estarán en función de la vulnerabilidad socio-económica. Sin embargo, menciona que también existen poblaciones menos vulnerables desde el punto de vista económico que por situaciones paisajista y de estética se ubican en zonas peligrosas generando diferentes niveles de riesgo de desastre como sucede en la comuna de caldera – Chile que por construir sus viviendas en áreas cercanas al mar se ven muy expuestas a una eventual ocurrencia de movimientos sísmicos y tsunami.

A nivel nacional

Atalaya(2018), presenta el Informe de “*Evaluación de Riesgo por Deslizamiento del Centro Poblado de Chango del Distrito Chacayán Provincia Daniel Alcides Carrión Departamento de Pasco*”, donde usa la Metodología de Manual de Evaluación de Riesgos originado por fenómenos naturales. Versión 02, mediante el cual analiza el peligro del fenómeno de deslizamiento y las respectivas vulnerabilidades frente a este peligro, para finalmente obtener el riesgo, los resultados son mostrados de manera interactiva a través de mapas temáticos concluyendo que el riesgo es muy alto-con nivel de tolerancia Inadmisibles, planteando como medida de control prioritaria el reasentamiento.

CENEPRED (2018), presenta el estudio “*Evaluación de riesgo por lluvias intensas en el sector norte del distrito de Lircay, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica*”; se trata de un estudio cuantitativo no experimental descriptivo y predictivo, en donde el autor identifica el peligro hidrometeorológico por precipitación pluvial intensa. Luego hace un análisis de

la vulnerabilidad en sus tres dimensiones: social, económica y social. Finalmente, realiza la evaluación del riesgo de desastre por lluvias intensas cuyos resultados indican que el distrito de Lircay se encuentra en una zona de riesgo de alto a muy alto por lluvias intensas y estima que el impacto económico en pérdidas estaría por encima de los siete millones de soles (S/7000,000.00).

Hilario (2020), en su trabajo de tesis *“Evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales en el distrito de Los Olivos utilizando el método multicriterio empleado por CENEPRED”* indica que el método que utiliza para su investigación es el método multicriterio que viene a ser un método cualitativo, el autor establece varios criterios de comparación para ir decidiendo cuál es la mejor opción que ayuda a tomar o establecer un modelo jerárquico es decir niveles, a saber muy alto, alto, medio bajo y muy bajo.

Los resultados a los que llega el mencionado autor de la tesis indican que en los Olivos la peligrosidad sísmica es de un nivel alto, así mismo establece que los deslizamientos tienen un nivel medio mientras que para las inundaciones indica una peligrosidad muy alta.

En cuanto a las vulnerabilidades obtiene como resultado que tiene un nivel medio. Finalmente, los resultados de riesgo al que llega para más del 61% del área y población de los Olivos señalan que el riesgo sísmico es alto mientras que menos del 40% presentan un nivel de riesgo medio y esto debido a la falta de edificios públicos y buen estado en cuanto a la construcción de viviendas.

Castro (2014), realizó una investigación al que intituló *“Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de Punta Hermosa”*, en este trabajo utilizó el método AHP o multicriterio.

Su estudio se enfatiza en la evaluación del riesgo sísmico a partir de fenómenos de geodinámica interna, más específicamente tectónicos.

Menciona que Punta Hermosa hasta entonces no contaba con ningún tipo de estudio o evaluación de riesgos no obstante haber sufrido en años anteriores sismos de gran intensidad y tener viviendas que datan en su gran mayoría de la década de los 60.

Los resultados de su trabajo indican que en primer lugar identifica cuatro peligros naturales originados naturalmente, entre ellos el peligro sísmico, el peligro de tsunami, el peligro de erosión por aguas marinas. Además, indica que de más de 2000 viviendas urbanas ubicadas en el distrito de Punta Hermosa 70 presentan un nivel de riesgo muy alto, 700 presentan riesgo alto, entre 1000 y 1400 se encuentran en un nivel de riesgo medio y de 1 a 400 viviendas tienen un nivel de riesgo bajo.

Lauro (2021), en su informe de *“Evaluación Riesgo por Sismo para el mejoramiento y ampliación del Establecimiento de Salud de Choccollo De Categoría I-2 en la comunidad de Choccollo Distrito de Challhuahuacho - Provincia de Cotabambas - Departamento de Apurímac”* aplicó como guía principal la metodología del “Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales”, 2da Versión, y para los aspectos técnicos del proyecto la Norma Técnica de Salud NTS N° 113-MINSA/DGIEM-V.01, “Infraestructura y Equipamiento de los Establecimientos de Salud del Segundo Nivel de Atención”, se realizó el análisis de los parámetros de evaluación y susceptibilidad, así como, los factores condicionantes, seguidamente se realizó el análisis de vulnerabilidad social, económico y ambiental de los elementos

expuestos. El resultado de los análisis mencionados concluyó que en la zona de estudio existe riesgo medio-tolerable.

2.2. Bases teóricas - científicas

Evaluación de riesgos.

Existen varios autores que definen la Evaluación de Riesgos, la (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, 2009) la define como una metodología que halla la naturaleza y el nivel de peligro por medio del estudio de probables amenazas y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que de manera conjunta podrían dañar potencialmente a la población, la propiedad, los servicios y los medios de vida, al igual que el ámbito del cual dependen.

Así también, en la Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres- Marco de Acción de Hyogo (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, 2005), se definió que “la evaluación de riesgos es un proceso que ayuda a determinar la naturaleza y el alcance de ese riesgo, una evaluación en toda la magnitud de los riesgos no sólo conlleva a evaluar la magnitud y la probabilidad de pérdidas potenciales, también, puede explicar las causas y el impacto de las ya mencionadas pérdidas. La evaluación de riesgos es, entonces, parte fundamental de los procesos de toma de importantes decisiones y adopción de políticas públicas, pero ello requiere de una estrecha colaboración entre las distintas partes (estado, entidades técnico científicas, entidades privadas y sociedad civil) de una sociedad.

En el Perú, actualmente se cuenta con un Manual específico para las evaluaciones de riesgo, la cual está dada por el Manual de Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales (R.J. N°058-2013-CENEPRED/J, n.d.),

este describe el proceso de la evaluación de riesgos, en específico aquella originada por fenómenos naturales de la siguiente manera: Se inicia con la identificación de peligros, ya sean estos por geodinámica externa (exógenos) o interna (endógenos). Luego, se efectúa una caracterización de los peligros en función a ciertos parámetros denominados como condicionantes y desencadenantes, que son propios de cada tipo de peligro y mediante el proceso de análisis jerárquico de Saaty (1980) puede ser perfectamente ponderado posibilitando estratificar el peligro en niveles. Una vez, establecido la estratificación del peligro se procede a efectuar un análisis de los elementos expuestos, esto quiere decir que se debe cuantificar la posible afectación de los elementos expuestos que se encuentran dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, para esto se debe calcular las posibles pérdidas en tres dimensiones: social, económica y ambiental.

Establecido los aspectos mencionados se procede a realizar un análisis de las vulnerabilidades, es decir que se procede al análisis de la susceptibilidad de los elementos expuestos a los fenómenos naturales.

Finalmente, se procede al cálculo y determinación de los niveles de riesgos. Considerándose que: “el riesgo es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociados a uno o varios fenómenos peligrosos; cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada” (Cardona et al., 2004)

Desastre.

Los fenómenos naturales tales como los sismos, los tsunamis, los eventos volcánicos, las precipitaciones pluviales intensas y otros, siempre han existido, muchos de ellos son cogenéticos con otros acontecimientos como los movimientos convectivos de calor que desde la existencia del protoplaneta tierra han contribuido a la actual configuración de nuestro planeta.

En esa medida de acuerdo al INGEMMET (2018), algunos fenómenos naturales se originan en el interior de la tierra tomando entonces el nombre de fenómenos de geodinámica interna, otros fenómenos naturales se producen sobre la superficie del planeta tierra y entonces toman el nombre de fenómenos por geodinámica externa.

Sin embargo, según CEPAL (2014), estos fenómenos de por sí no determinan la ocurrencia del desastre. Hay otro factor mucho más importante que incide directamente en la ocurrencia y magnitud de un desastre, este viene a ser la vulnerabilidad de los grupos sociales ubicados en el área de influencia de los fenómenos o peligros naturales a los cuales también se suele llamar amenazas. Luego de muchos análisis respecto a la vulnerabilidad como factor principal en la ocurrencia de un desastre se ha podido determinar que hay aspectos que componen la vulnerabilidad como son la exposición, la fragilidad y la resiliencia, estos componentes deberán ser analizados en diferentes dimensiones tanto económica, social y ambiental.

Se debe entender que, la naturaleza no se hace daño así mismo solo cumple su ciclo una y otra vez desde hace millones de años (4800 Ma); los desastres ocurren en la medida en que las poblaciones humanas se asientan en lugares con alto riesgo de ocurrencia de fenómenos naturales.

Peligro por geodinámica interna.

Según Gutiérrez (2008), los movimientos en el interior de la tierra están casi siempre provocados por movimientos de celdas convectivas de calor. Estos movimientos convectivos se generan como resultado de un proceso de transferencia de calor tanto en el núcleo líquido como en la astenosfera sólida del planeta tierra.

En el núcleo líquido de la tierra el promedio de temperatura estaría entre los 6800 °C, calor que estaría siendo transferido desde las zonas más profundas hacia las zonas más frías cercanas a la astenosfera inferior desde donde nuevamente el fluido enfriado desciende a zonas profundas cercanas al núcleo sólido generándose así un ciclo o celda convectiva en el interior del núcleo líquido.

La astenosfera sólida en realidad no se encuentra rígida como cualquier otro material sólido conocido comúnmente si no que, se encuentra en un estado muy viscoso cuya temperatura viene siendo incrementado por el calor proveniente de las zonas profundas del núcleo líquido debido a los movimientos convectivos generados por la transferencia de calor. En este nuevo medio viscoso también se generan celdas convectivas posiblemente con mayor velocidad de transferencia de calor desde la astenosfera inferior hacia el manto líquido que se encontraría a 4700 °C en su zona más profunda, es esta diferencia de temperaturas la que aceleraría la transferencia de calor ocasionando así celdas convectivas muy activas y potentes capaces de generar movimientos de placas tectónicas en la corteza terrestre.

Así, se han podido reconocer centros volcánicos profundos que son zonas de emersión de magmas y coinciden con lugares de transferencia y ascenso del

calor hacia la superficie y zonas de inmersión de placas tectónicas que coinciden con lugares por donde descienden fluidos enfriados para calentarse nuevamente en zonas profundas.

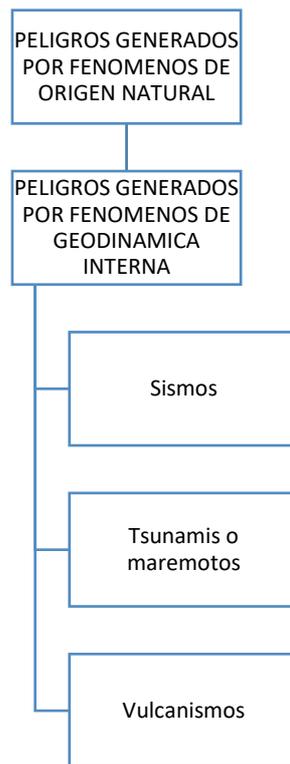
Estos movimientos en el interior de la tierra generan a su vez vulcanismo, sismos tanto superficiales, intermedios como profundos; consecuentemente estos movimientos sísmicos por geodinámica interna ocasionan también deslizamientos o caída de rocas de laderas o taludes precarios, represamientos de ríos y posteriores inundaciones, los fenómenos volcánicos por geodinámica interna de la tierra ocasionan a su vez flujos de lava en grandes superficies afectando lo que encuentra a su paso, destrucción de pastizales, fuentes de agua, instalaciones y diferentes tipos de afectaciones.

El peligro sísmico aparece como consecuencia del movimiento de las placas tectónicas, aunque también el vulcanismo, los hundimientos de suelos y explosiones provocados por el hombre pueden ocasionar temblores; generalmente cuando una de las placas se desliza o subducta por debajo de la otra, en este caso la corteza marina que viene a ser la de mayor densidad se desliza por debajo de la corteza continental que viene a ser la más liviana o de menor densidad. El concepto de deslizamiento en este caso no se debe tomar literalmente si no que debe entenderse que no es un movimiento continuo, siendo que hay ocasiones en que el contacto entre las superficies de estas dos placas en la denominada zona de Benioff es tan fuerte que el deslizamiento se detiene ocasionando que las placas no resbalen una sobre la otra provocando una fuerte acumulación de energía hasta que los contactos entre las placas se rompen provocando una súbita liberación de energía y una respuesta elástica de los átomos, iones o moléculas componentes de las celdas cristalográficas presentes

en los materiales, algo así como el efecto contrario que produce un esfuerzo que comprime un resorte, provocando un sismo cuya magnitud dependerá del tamaño de la ruptura y tiempo de acumulación de energía.

Estos focos sísmicos ubicados en el interior de la tierra llamados también epicentros, general ondas elásticas que se transmiten hasta la superficie provocando daños en la propiedad y población cuyos resultados dependerán del nivel de vulnerabilidad de estos (Gutiérrez et al., 2008).

Figura 1. Clasificación de peligros generados por fenómenos de Geodinámica Interna



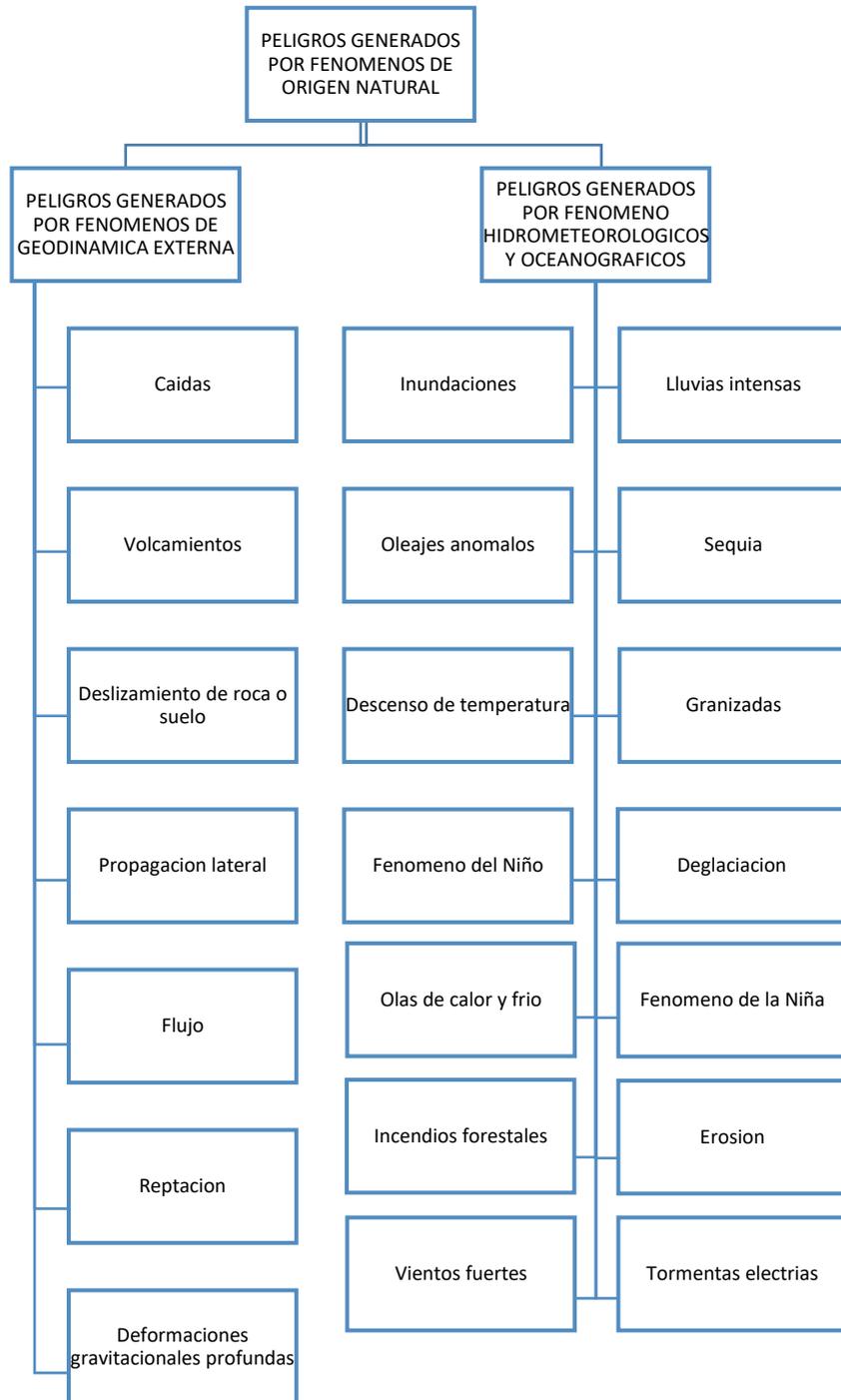
Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 22), por CENEPRED, 2014.

Peligro por geodinámica externa

La geodinámica externa comprende los movimientos ocasionados por agentes meteóricos como la lluvia, los vientos, que provocan deslizamientos o

movimiento de masas de tierra, huaycos o aluviones, inundaciones, etc. también están comprendidos dentro de la geodinámica externa las insolaciones, friajes, heladas, incendios forestales, avalanchas de nieve, desglaciaciones, erosión de terrazas marinas y terrazas fluviales. Todos ellos tienen relación directa con el clima, tanto así que en estos últimos tiempos el cambio climático incide directamente en la severidad y recurrencia de estos fenómenos, provocando desastres en lugares donde los grupos humanos son vulnerables (Jaen & Taype, 1976).

Figura 2. Clasificación de Peligros generados por fenómenos de Geodinámica Externa, Hidrometeorológicos y Oceanográficos



Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 22), por CENEPRED, 2014.

Evaluación del nivel de peligrosidad.

Según el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED (2014): “Evaluar el peligro es estimar o valorar la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o registro de sucesos en el tiempo y ámbito geográfico determinado”.

Las características tectonoestructurales regionales son los que determinan el tipo de peligro por geodinámica interna en el área de influencia del fenómeno natural, por ejemplo, la peligrosidad de un evento sísmico en un determinado lugar dependerá de la cercanía a la trinchera de subducción cuando las características tectonoestructurales corresponden a una zona de convergencia de placas tectónicas con subducción de la corteza oceánica, esta peligrosidad irá disminuyendo en la medida en que el lugar a evaluar se encuentre más alejada de la zona de subducción. Esto ocurre debido a que como se mencionó líneas arriba, las placas tectónicas se encuentran en constante movimiento llegando en ocasiones a trabarse el deslizamiento natural provocando que gran cantidad de energía que movilizan las placas se acumulen hasta ser capaces de romper la zona trabada, provocando así un sismo que será de gran magnitud e intensidad en zonas cercanas a la fosa e irá disminuyendo conforme los lugares se encuentre más alejados. Sin embargo, no todo depende de la magnitud e intensidad del sismo, sino que también los factores condicionantes como tipo de suelo, presencia de fallas geológicas, vulnerabilidad de las edificaciones; todas ellas son condiciones que de alguna forma atenúan o magnifican los efectos de las ondas sísmicas.

En el caso de peligros por geodinámica externa las características geomorfológicas y de las unidades tectonoestratigráficas que afloran en la

superficie del lugar a evaluar son los factores condicionantes muy importantes a considerar. Por ejemplo, en el caso de un deslizamiento las características de la pendiente de las laderas del valle pueden constituirse en factor condicionante importante de ocurrir una prolongada precipitación pluvial, sin embargo, este aspecto geomorfológico no es el único que interviene si no que el tipo de estrato rocoso, suelo y condiciones hidrogeológicas incidirán a la hora de evaluar el nivel de la peligrosidad por deslizamiento; lo mismo ocurre con los otros tipos de peligros por geodinámica externa (CENEPRED, 2014).

Disposición segura de residuos sólidos.

Es un proceso que consiste en generar las condiciones óptimas para depositar residuos sólidos para que no se liberen productos o subproductos contaminantes del medio ambiente. Abarca las condiciones geotécnicas, infraestructurales, estructurales, medioambientales, organizacionales, económicas y otros (Rondon, T. et al., 2016).

Operación de un relleno sanitario.

Para la ejecución de un proyecto de relleno sanitario, será indispensable un buen diseño previo, es importante señalar que la óptima construcción de un relleno sanitario es de vital importancia en comparación de cualquier otra obra pública, debido a la duración de su ejecución y al permanente mantenimiento que este requerirá.

Previo a la construcción del relleno sanitario, es conveniente contar con una serie de planos, tales como:

1. Diseño del proyecto.
2. Planta general de localización de las obras.
3. Modificaciones del terreno (configuración inicial del sitio).

4. Detalles de las obras de infraestructura.
5. Planta y perfiles de las zanjas o terraplenes, que indican la forma de excavación.

Estos planos guiarán el programa de trabajo y su avance, ayudando al cálculo de los volúmenes ocupados y las alturas en concordancia con el diseño (Jaramillo, 2002).

Requerimientos de infraestructura y equipamiento de un relleno sanitario

Tabla 1. Resumen de Infraestructura y equipamiento necesario de un relleno sanitario

Aspecto	Infraestructura/Equipamiento	Utilidad
1. Control de la contaminación de aguas	Canaletas de captación de aguas de escorrentía superficial.	Evita la penetración de agua superficial al sitio del relleno sanitario, reduciendo la producción de lixiviados ^a .
	Drenes de recolección y evacuación de lixiviados.	Limita la infiltración de los lixiviados hacia las aguas subterráneas y reduce el riesgo de afloramiento de los lixiviados.
	Planta de tratamiento de lixiviados o estación de bombeo ^b .	Reduce el poder contaminante del lixiviado para disponerlo en algún cuerpo receptor.
	Pozo de monitoreo.	Facilita el monitoreo de la calidad del agua subterránea para detectar posibles fallas en el sistema
2. Controles de olores y gases	Chimeneas de gases.	Permite evacuar controladamente los gases evitando riesgos de incendios, explosiones o afloramientos de gas en zonas vecinas
	Enterramiento y compactación con la maquinaria adecuada (compactador, tractor, etc.) o en el caso de la operación manual, rodillo y pisones	Es la esencia del método de relleno sanitario; permite confinar los residuos sólidos.

3. Reducción del impacto paisajístico	Cerco perimetral, de preferencia con vegetación nativa.	Aísla y delimita el sitio; reduce la diseminación de olores; atrapa RSM que se pueden desplazar por la acción del viento.
4. Seguridad e higiene laboral	Caseta de control. Almacén, vestuario y servicios higiénicos. Equipo de seguridad e higiene ocupacional (guantes, mascarilla, etc.)	Ayuda a controlar la cantidad y el tipo de residuos que ingresan al sitio. Facilita la higiene de los trabajadores y el almacenamiento de ropa de trabajo, equipos y herramientas Protege al personal de enfermedades y minimiza los impactos de accidentes ocupacionales.

^a Lixiviado: líquido que se infiltra por los residuos sólidos capturando contaminación, que luego puede aflorar en la superficie o infiltrarse hacia capas más profundas y contaminar las aguas subterráneas.

^b También se puede rebombear (recircular) el lixiviado al mismo relleno sanitario para que este funcione como un filtro.

Nota. Tomado de Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales (p. 136), por Jaramillo, 2002.

2.3. Definición de términos conceptuales

Deslizamiento

Desde el punto de vista geotécnico un deslizamiento es el movimiento de masas de tierra que ocurre generalmente en lugares donde la pendiente del terreno es pronunciada o mayor de 45° . Se produce cuando la masa de suelo cambia sus condiciones físicas e hidrogeológicas como producto de variaciones en el clima (Servicio Geológico Colombiano & [SGC], 2016).

Según Jaen & Taype (1976), los deslizamientos ocurren como procesos de degradación de Remoción en Masa, lo cual está caracterizado por movimientos de grandes volúmenes de tierra/roca, que tiene pendiente bajo, en este caso ocurre un fenómeno interesante respecto al agua, pues esta puede actuar como lubricante en superficies deslizantes o sobresaturando, sin embargo, este no acciona como elemento de transporte.

De acuerdo a Sharpe (1938), existen 4 tipos de remoción en masa:

Flujo lento: Este es muy poco percibido, salvo mediante reiteradas mediciones de control o cuando ya se muestra expuesto causando un riesgo. Dentro de este tipo, también podemos a los fenómenos de reptación (suelos, escombros, rocas, glaciares de piedra) y soliflucción.

Flujo rápido: Dentro de este tipo, se pueden mencionar a las corrientes terrosas y derrumbamientos de detritos.

Deslizamiento: Los deslizamientos son mucho más perceptibles e involucran masas de detritos rocosos generalmente secos. Aquí encontramos a los desmoronamientos, deslizamientos de detritos, deslizamientos de rocas y alud de rocas.

Hundimiento: Este fenómeno se describe como el desplazamiento con dirección vertical o semivertical hacia la superficie del terreno, sin una superficie libre y sin ningún tipo de desplazamiento horizontal o rotacional.

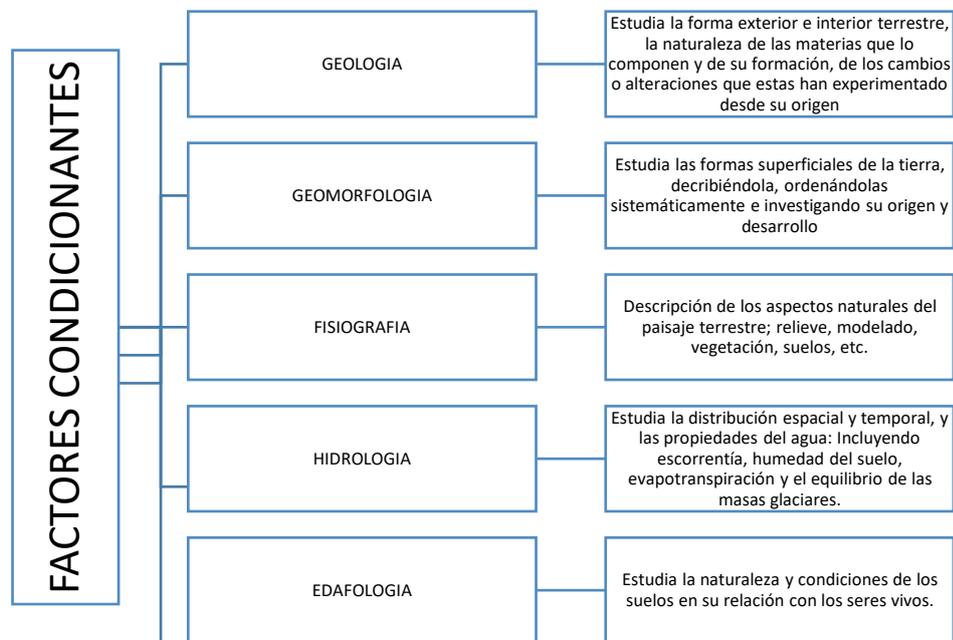
Cabe mencionar que, respecto a los flujos mencionados líneas arriba, estos están referido a flujos secos, por cuanto no involucra a aquellos fenómenos hidrometereológicos.

Factor condicionante

Es una condición o situación que presenta características favorables para el desarrollo de un determinado evento o fenómeno (Hilario, 2020).

Por otro lado, CENEPRED (2014), menciona que son parámetros únicos de la zona donde se localizara el estudio, y este puede contribuir de manera favorable o no, a la magnitud e intensidad del fenómeno de origen natural.

Figura 3. Principales Factores Condicionantes del Peligro.



Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 106), por CENEPRED, 2014.

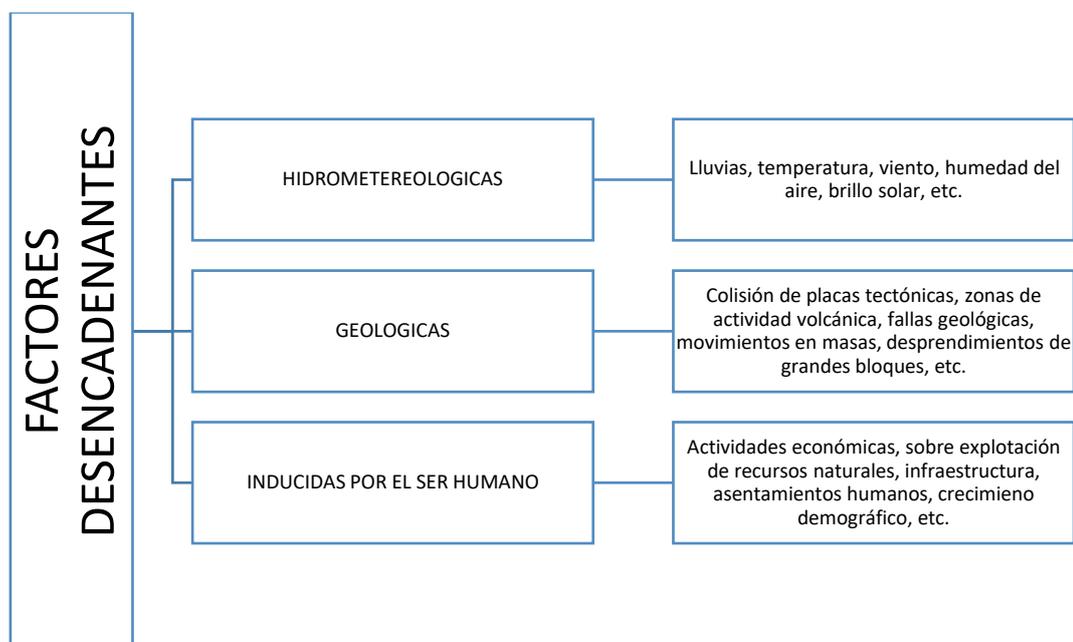
Factor desencadenante

Es cualquier evento o fenómeno que quita un estado de equilibrio cuando las condiciones así se lo permiten (Hilario, 2020).

Así mismo, el CENEPRED (2014), señala que estos factores son parámetros que coadyuvan al desarrollo de eventos y/o sucesos, que podrían originar peligros en un espacio geográfico específico.

En ese sentido, se plantea el siguiente ejemplo: las precipitaciones intensas pueden generar deslizamientos o huaycos de materiales sueltos.

Figura 4. Principales Factores Desencadenantes del Peligro.



Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 107), por CENEPRED, 2014.

Sismo

Es un movimiento paulatino, súbito y rápido de la corteza terrestre o marina provocado por ondas provenientes de un foco o epicentro ubicado en el interior de la corteza terrestre, estas ondas se originan al liberarse una gran cantidad de energía acumulada entre dos placas tectónicas que dejan de deslizarse una debajo

de la otra. También los sismos pueden provocarse por erupciones volcánicas, hundimientos o colapsos en el subsuelo y presencia de fallas geológicas (CENEPRED, 2014).

Según Crisafulli (2002), la zona donde se originan las ondas sísmicas se denomina hipocentro, estas ondas se propagan hacia la superficie terrestre generando el movimiento oscilatorio irregular del suelo. Se denomina epicentro, al punto teórico proyectado sobre la superficie, y este se determina por el radio terrestre que pasa por el mismo hipocentro. Sobre el hipocentro, podemos decir que es la idealización de un foco de ondas, pues este es sólo el reflejo de una aproximación real. Puesto que, el desplazamiento relativo de la falla se produce a lo largo de esta misma, la cual puede ser bastante extensa. Un ejemplo muy claro, es la falla de San Andrés, en Estados Unidos, este se desplaza a lo largo de una línea de aprox. de 400 km, originando terremotos.

En esa línea, en relación a la profundidad del hipocentro los sismos pueden clasificarse en cuatro tipos:

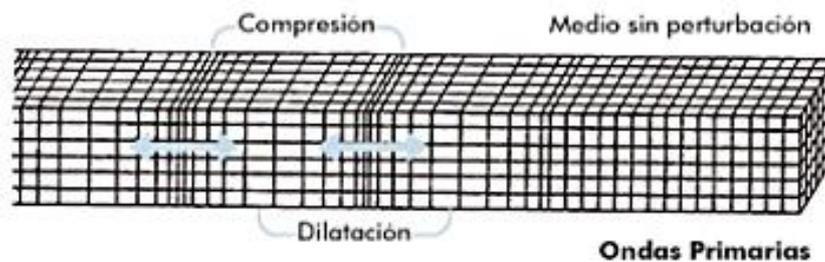
- (1) superficiales, con profundidades menores de 20 km. (Son los más dañinos y destructivos, al año representan el 75% del total de la energía sísmica liberada).
- (2) someros, entre 20 y 70 km.
- (3) intermedios, entre 70 y 300km.
- (4) profundos, con profundidades mayores de 300 km.

Al producirse el desplazamiento de rocas en forma brusca, por acción de las fuerzas tectónicas, se libera de manera repentina una gran cantidad de energía. Esta energía es disipada principalmente en forma de calor, y por otra parte se

irradia formando ondas sísmicas, Estas se dividen de acuerdo al medio por el cual se propagan (ondas internas de la tierra o de cuerpo, y ondas superficiales):

Ondas primarias u ondas P (Ondas de Compresión): Se caracterizan por hacer vibrar una partícula en el mismo sentido de propagación de la onda, el cual origina compresiones y dilataciones del medio por el cual se están transmitiendo. Al alcanzar la superficie, parte de estas ondas se transmiten a la atmósfera como ondas sonoras, por ello pueden ser percibidas por animales o personas (Crisafulli, 2002).

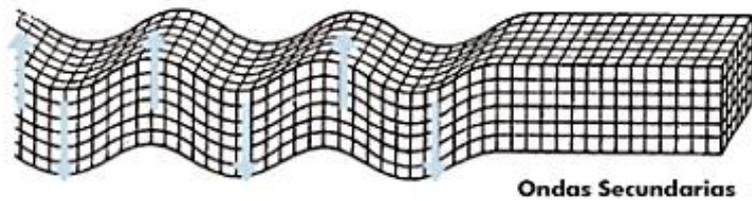
Figura 5. Movimiento de las Ondas Primarias



Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 35), por CENEPRED, 2014.

Ondas secundarias u ondas S: Estas ondas se caracterizan, debido a que hacen vibrar una partícula de forma horizontal, en sentido perpendicular a la dirección de propagación, lo que produce esfuerzos de corte en el medio en el que se transmiten. Debido a sus únicas características, este no puede propagarse en medios líquidos tales como el agua de los océanos o a través del núcleo externo de la Tierra (Crisafulli, 2002).

Figura 6. Movimiento de las Ondas Secundarias



Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 36), por CENEPRED, 2014.

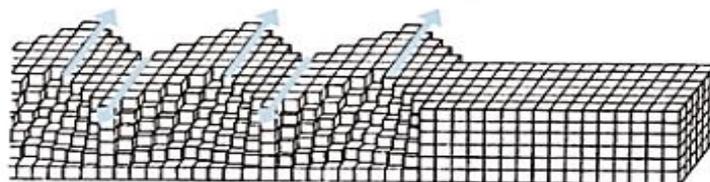
Cabe resaltar que, las ondas P se propagan mucho más velozmente que las ondas S originadas por el mismo sismo.

En el caso de la Ondas de superficie, estas se propagan solamente en la superficie terrestre, pudiendo alcanzar un máximo de 30 km de profundidad. Estas ondas son aquellas responsables del daño que ocasionan los sismos sobre las construcciones.

Pueden distinguirse dos tipos de ondas superficiales, de acuerdo al movimiento que originan:

- a. **Ondas Love:** Este presenta un movimiento similar al de las ondas S, haciendo que el terreno se desplace en sentido perpendicular a la dirección de propagación, se caracteriza por no presentar movimiento vertical (Crisafulli, 2002).

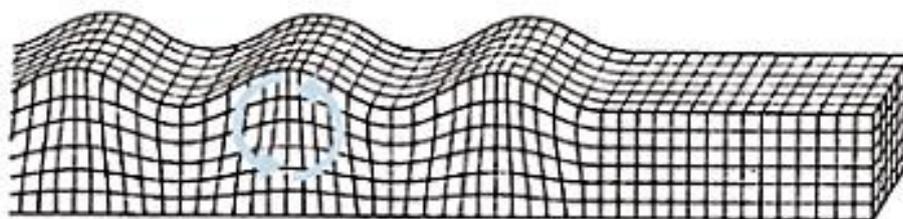
Figura 7. Movimiento de las Ondas Love



Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 36), por CENEPRED, 2014.

- b. Ondas Rayleigh:** Cuyo movimiento es similar al de las ondas en la superficie del agua (olas), esto es desplazando una partícula sobre un plano que apunta en dirección de la trayectoria de las ondas con un movimiento elíptico horizontal y vertical simultáneamente (Crisafulli, 2002).

Figura 8. Movimiento de las Ondas Rayleigh



Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 36), por CENEPRED, 2014.

Riesgo

Según EIRD (2009), el Riesgo es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

Evaluación

Es un proceso mediante el cual se determina el valor o calidad de una situación, proceso o cosa.

De acuerdo a Concepto.pe (2010), la evaluación, contempla tres propósitos fundamentales:

1. Se debe iniciar recopilando la información acerca del proceso que se está evaluado.
2. Continuar analizando dicha información ya obtenida en el proceso anterior para establecer las conclusiones.
3. Finalmente, se debe definir los logros que se alcanzaron y los que no, para poder mejorar el proceso.

Relleno Sanitario: Es el espacio que cuenta con la instalación óptima para la disposición sanitaria y ambiental segura (en superficie o bajo tierra) de los residuos sólidos, estos deben cumplir los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental (Decreto Legislativo N° 1278 Que Prueba La Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016).

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

La necesidad de profundizar en el conocimiento del riesgo en zona donde se encuentra ubicado el proyecto del relleno sanitario, surge de la necesidad que tiene la Municipalidad distrital y el investigador en conocer el nivel del riesgo desastres que, así como podría dar como resultado un área apta para la construcción de esta infraestructura, también podría suceder todo lo contrario, llevando inclusive a replantear la ubicación del proyecto y generando mayores estudios entorno a ello.

Es por ello, que (Popper, 1934, p. 8) refiere para el desarrollo de la mayoría de los estudios, es recomendable que se pueda considerar aquellas propuestas brindadas por otros estudiosos que permitan entender la ocurrencia de determinados hechos, que se manifiestan de acuerdo al contexto en el cual se encuentra, dando por origen a una serie de confrontaciones que el investigador debe superar al elegir las teorías que tengan desde una concepción panorámica hasta una aproximación específica más sobre aquello que pretende demostrar.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

De acuerdo a Quecedo (2002), las investigaciones cualitativas tratan de describir de forma sistemática las características de las variables y sus fenómenos, cuyo objetivo es generar y mejorar categorías conceptuales, encontrar y validar las conexiones, en ese sentido, la presente investigación corresponde a un tipo de investigación cualitativa en tanto estudia las cualidades de los suelos y rocas en el área susceptible a un peligro, asignándoles niveles. Así mismo por el nivel de profundización corresponde a un tipo de investigación descriptiva-explicativa porque se describe los fenómenos capaces de generar desastres y explica las implicancias de cada uno de ellos.

3.2. Nivel de Investigación

Se trata de una investigación descriptiva -explicativa, debido a que se busca especificar las principales características de los peligros evaluados (sismo y deslizamiento), analizando como son y como se manifiestan en un determinado

espacio geográfico, por otro lado, a través de ello, se pretende explicar las razones que causan riesgos, a través del análisis del peligro y vulnerabilidad.

3.3. Característica de la investigación

Este estudio se caracteriza por ser un trabajo sistemático ya que no es posible llegar a las conclusiones si no se sigue un orden que permita ir avanzando paso a paso para obtener los resultados.

3.4. Método de investigación

El presente estudio corresponde al método científico cualitativo, por cuanto se sigue un método constructivista, centrándose en el descubrimiento de constructos (Quecedo, R., y Castaño, 2002).

3.5. Diseño de la Investigación

Se clasifica como diseño cualitativo-no experimental longitudinal, pues no se manipulará de manera experimental ninguna de las variables, solo se observarán en su ambiente natural y se analizarán asignándoles ponderaciones, está centrado en estudiar cómo cambian las variables de acuerdo a las relaciones entre unas y otras (Hernández, Fernández, Baptista, 2006).

3.6. Procedimiento del muestreo

Cuando: “la población por el número de unidades resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra” Rojas (2013).

En ese sentido al ser una investigación efectuado en un lugar específico donde es necesario la caracterización de toda el área de estudio cuyas características son irrepetibles en otros sectores porque los suelos y rocas presentan particularidades específicas para cada lugar, resultando que el tamaño de la población es igual al tamaño de la muestra, por lo, tanto la población conformada por suelos y rocas en 122 Ha de superficie, será también la muestra.

3.7. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos

Para la presente investigación se utilizó la técnica de la observación, la observación es: “una técnica de investigación que consiste en observar personas, fenómenos, hechos, casos, objetos, acciones, situaciones, etc., con el fin de obtener determinada información necesaria para una investigación” (Castellanos, 2017).

En cuanto a los instrumentos de recolección de datos, según señala Arias (2006): “los instrumentos de recolección de datos son cualquier recurso, dispositivo o formato (papel o digital) que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”, en ese sentido para la recolección de la información se utilizó un plano topográfico base donde de manera abierta se registraron las características litológicas, estructurales, geomecánicas y otros del terreno en estudio.

En el caso de la recolección de datos y establecimiento de parámetros apropiados para el análisis del peligro se usarán matrices en el programa Excel (Anexo 2), donde también se realizaron los cálculos necesarios, del mismo modo, para el caso de datos del análisis de vulnerabilidades se utilizaron matrices en el programa Excel (Anexo 3), en el cual se establecerían los parámetros e indicadores más adecuados y los respectivos cálculos.

3.8. Técnicas de procesamiento y Análisis de Datos

Las características y parámetros de los fenómenos naturales estudiados en el presente trabajo fueron llevados a matrices, los cuales fueron sometidos a un proceso de análisis jerárquico (PAJ), para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurrió a una metodología de comparación de pares (Saaty, 1990), con la finalidad de estratificar los peligros,

las vulnerabilidades y riesgos, este procesamiento se realizó utilizando el software EXCEL y ArcGIS actualizados. Los resultados fueron analizados con la finalidad de establecer los niveles de riesgo de desastre por fenómenos de origen natural y proveer medidas tendientes a una segura disposición de los residuos sólidos en la localidad de Chacayán.

Es importante resaltar que esta investigación está orientada por el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos Naturales” (CENEPRED, 2014), a continuación, se muestra el procedimiento para la evaluación de riesgos por Sismo y Deslizamiento en el distrito de Chacayán.

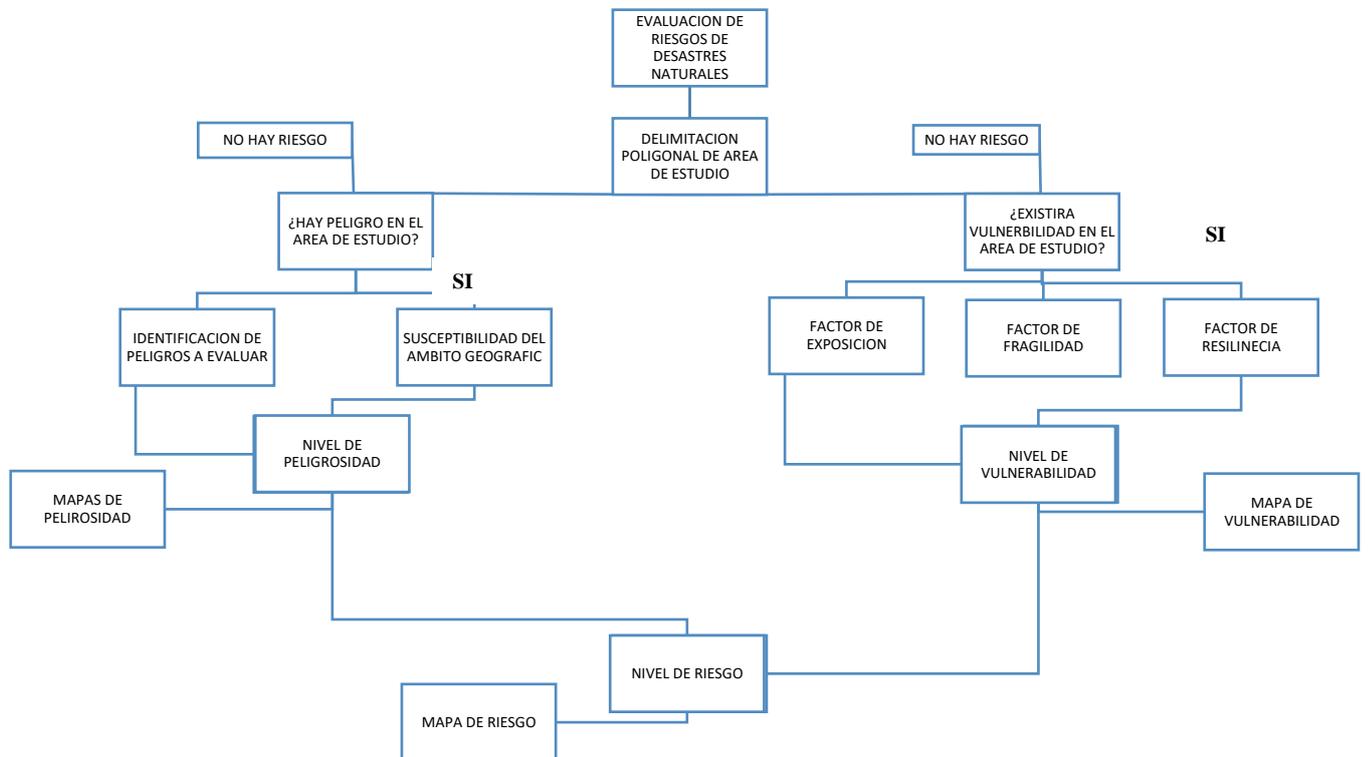
Figura 9. Escala de Saaty para el Proceso de Análisis Jerárquico

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Nota. Tomado de *Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales en el Distrito de Los Olivos utilizando el Método Multicriterio empleado por CENEPRED* (p. 207), Hilario, 2020.

En el siguiente flujograma, se puede observar el proceso general utilizado para la obtención del nivel de riesgo.

Figura 10. Flujograma de la Evaluación de Riesgos



Nota. Tomado de Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales en el Distrito de Los Olivos utilizando el Método Multicriterio empleado por CENEPRED (p. 7), Hilario, 2020.

Describiendo el proceso:

1. Primero es importante delimitar el área de estudio (espacio donde se desarrollará el proyecto para la disposición segura de residuos sólidos, tomando en cuenta aspectos importantes que pueden observarse aledaños al área).

ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD:

2. Seguidamente, se realizará el análisis del grado del peligro, identificando principalmente los peligros por los cuales se realizará la evaluación, que para esta investigación se encuentra centrada en el peligro sísmico y de deslizamiento, así como sus características propias.
3. Luego, se definirán los parámetros y el peso numérico (peso ponderado) para cada uno de los peligros ya mencionados, mediante el método multicriterio (Saaty, 1980), con el cual se le asignara un mayor peso (más importante) para los parámetros donde se haya encontrado la mayor información necesaria o se hayan validado datos estadísticos de relevancia. Se sumará los valores numéricos (peso ponderado) de cada parámetro, el cual debe igualar a la unidad. Entonces, para el del peligro sísmico tendremos por ejemplo los parámetros: Magnitud, intensidad y aceleración del suelo.
4. Dentro de los parámetros ya definidos, existen los llamados “descriptores”, estos conforman los parámetros, y la suma de cada descriptor igualara también la unidad. Entonces, para el parámetro Magnitud visto en el ejemplo del ítem 3, se ha encontrado un escenario de peligro histórico en la zona, el cual nos da los parámetros de la magnitud.

ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD:

5. Para este análisis será necesario identificar los factores condicionantes y desencadenantes de la zona de estudio, al igual que en el análisis previo se definirán los parámetros para cada factor de susceptibilidad, así como el peso ponderado de este mismo, asignándole un mayor peso al que se considere más importante, continuaremos con los descriptores de estos

parámetros, igualándolos a la unidad. Entonces, como factores condicionantes para el peligro sísmico, tendremos: tipo de suelo, distancia al epicentro, entre otros; y así mismo para el parámetro tipo de suelo podemos tener los siguientes descriptores: suelos muy rígidos, suelos rígidos, etc.

6. Luego, se determinará un único valor de susceptibilidad, asignándole una ponderación a criterio al factor desencadenante y otra ponderación restante al factor condicionante, y luego se sumará el valor final.
7. Finalmente se calculó el nivel de peligrosidad por cada peligro y se elaboró el mapa de nivel de peligrosidad.

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

8. Para este análisis será necesario identificar la dimensión económica/física y ambiental, cada dimensión mencionada cuenta con componentes y estos a su vez cuentan con parámetros y su respectivo valor numérico, la suma de estos valores de cada uno de los parámetros deberá igualarse a la unidad.
9. Después de realizar esta identificación, en el caso del presente proyecto de investigación solo serán contemplados las dimensiones ambientales y físicas; debido a que en la zona del proyecto no existe población aledaña, por lo tanto, no encontramos vulnerabilidad en estas dimensiones tales como social, económica u otros.
10. Para cada dimensión se deberán determinar tres componentes de estudio: exposición, fragilidad y resiliencia, seguidamente se definirán los parámetros para cada uno de los componentes y su respectivo valor numérico mediante el método de Saaty, la suma de estos valores numéricos de los parámetros se igualará a la unidad y se determinara un valor numérico

a cada uno de los descriptores que conforman un parámetro, quienes también se igualaran a la unidad.

11. Por ejemplo, para el componente fragilidad física se tomó como parámetro el siguiente: Asesoramiento técnico en la construcción, impermeabilización del suelo y sistema de control de líquidos de lixiviado. Para el caso del parámetro asesoramiento técnico en la construcción sus descriptores fueron los siguientes: Sin asesoramiento técnico de un profesional durante todo el proceso, con la dirección de un maestro de obras, con asesoramiento técnico de un profesional.
12. De esta forma se determinan los valores para cada componente y sus descriptores.
13. Finalmente se determinó el nivel de la vulnerabilidad y el mapa del nivel de vulnerabilidad.

CALCULO DEL NIVEL DE RIESGO

14. El cálculo del riesgo se realizará mediante una multiplicación simple entre el nivel de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad, luego de ello se elaboró el mapa de nivel de riesgo.

3.9. Orientación ética

La presente investigación será realizado bajo estricta orientación ética tendiente a respetar la autoría de investigaciones de otros autores para lo cual en diversos casos se utilizaron citas. Así también los resultados fueron obtenidos luego de un procedimiento rigurosamente constructivista en ningún caso los resultados fueron forzados. De requerirse información confidencial estas serán previo consentimiento informado.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Aspectos Generales

El área de estudio se encuentra al sur del Distrito de Chacayán, en la Provincia de Daniel A. Carrión, Región Pasco; el área de estudio consta de una extensión territorial de 122 Ha. y el área de construcción para la infraestructura del relleno sanitario presenta un área de 3.1 Ha.

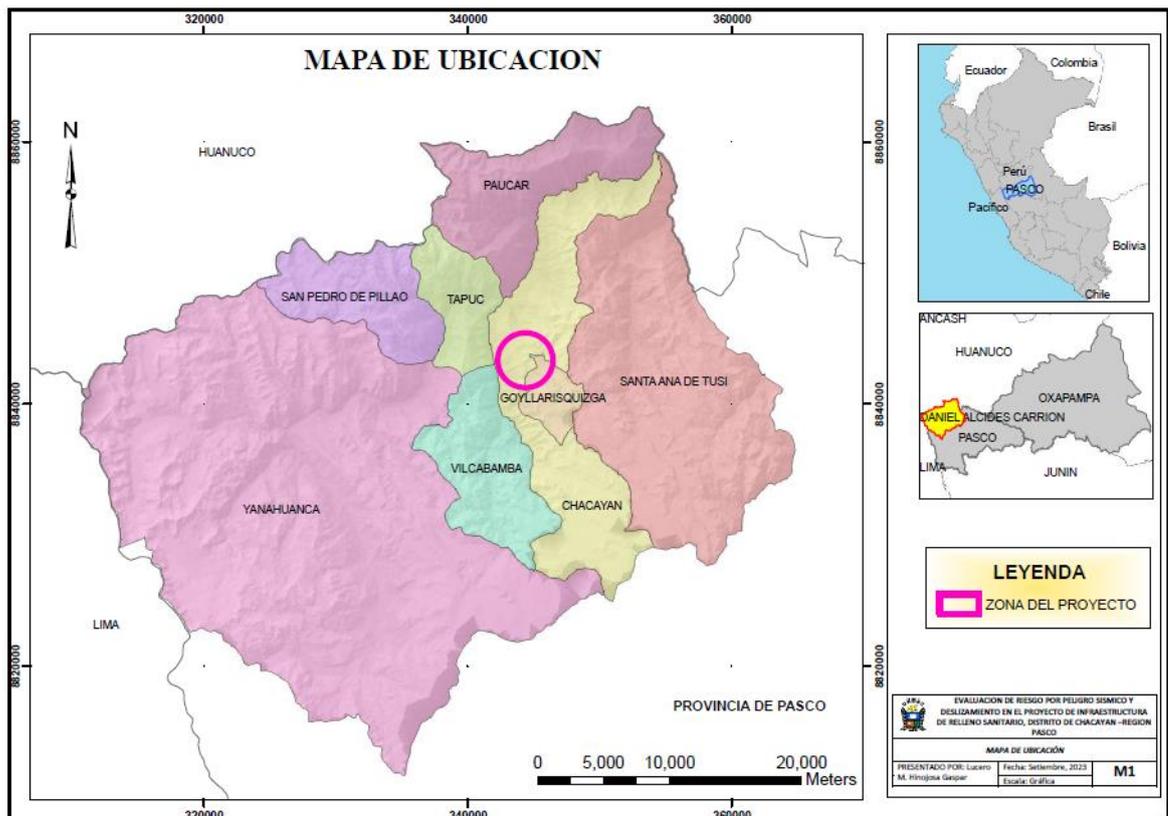
➤ Ubicación

✓ Ubicación Geográfica

Ubicado en las coordenadas UTM (WGS 84-Zona 18 Sur)

- Este: 342654.6732 metros.
- Norte: 8846200.5457 metros.
- Altitud: 4170 msnm.

Figura 11. Mapa de Ubicación



Nota. Elaboración propia.

✓ **Ubicación Geopolítica**

Tabla 2. Límites Geopolíticos

Límites	
Por el Norte	Anexo de Chango
Por el Sur	Anexo de Vilcabamba
Por el Este	Distrito Goyllarisquizga
Por el Oeste	Anexo de Chaupimarca

Nota. Elaboración propia

Figura 12. Vista satelital del área de investigación

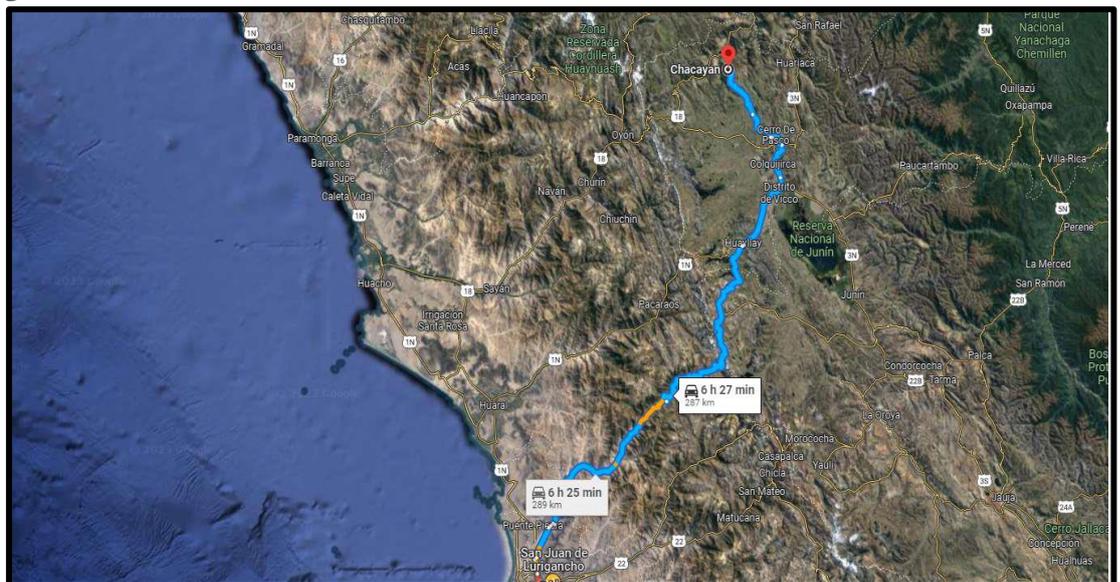


Nota. Tomado de Google Earth.

✓ **Vías de acceso**

El acceso al área de investigación, suele ser desde Lima por vía terrestre, para ello se debe seguir la siguiente ruta: Lima -Cerro de Pasco-Chacayán por un estimado de 6hrs y 30min a través de 287 km aproximadamente.

Figura 13. Acceso a la zona de estudio vía terrestre

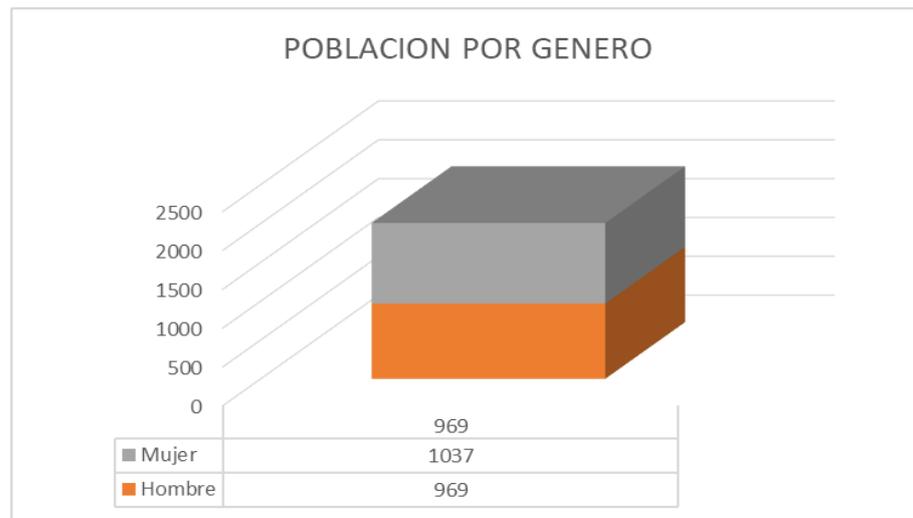


Nota. Tomado de Google Maps-recorrido.

✓ **Características sociales**

Población: El distrito de Chacayán cuenta con una población total de 2006 de habitantes, y cuenta con una población de 968 hombres y 1037 mujeres, según INEI(2018b), los mismos que serán beneficiados con la infraestructura del relleno sanitario.

Figura 14. Población por genero



Nota. Procesado de los datos brindados en Tomo V Cuadros estadístico, población, vivienda y hogar, por INEI, 2018.

- **Servicios Básicos:** Según INEI (2018a), El distrito de Chacayán, cuenta con servicios esenciales de agua potable, alcantarillado por red pública, energía eléctrica, en ese sentido la infraestructura proyectada contara con dichos servicios para su optima operatividad.

✓ **Sobre el proyecto de la infraestructura del Relleno Sanitario**

De los estudio realizados para el diseño del relleno sanitario, se resume lo siguiente, la infraestructura cuenta con un área aproximada de 3.1 Ha el mismo que se encontrara completamente cercado con material noble recubiertos de cemento en su interior y fachada, aledaño al cerco

perimetral se plantaran árboles o arbustos propios de la zona, estos ayudaran a disipar olores y a mejorar el aspecto interno del diseño, respecto a las zanjas, se han planteado 10 zanjas con unas medidas totales de 57 metros de largo y 40 metros de ancho y una profundidad de 3 metros. Asimismo, contará con 365 celdas las cuales serán dispuestas y cubiertas de manera diaria, con dimensiones de 6 metros de largo por 1.20 de ancho, una profundidad de 3 metros y una vida útil de 10 años, La vida útil de la infraestructura son los años que durará como sitio para la disposición final de los residuos, el tiempo (en años) de duración depende principalmente del método para la operación, del volumen disponible del sitio y de la cantidad de los residuos que se dispondrán.

El método seleccionado para este proyecto es el de trinchera o zanja. Considerando que este método es utilizado en terrenos planos con poca pendiente, y además el área debe contar con una buena profundidad del nivel freático. Para las excavaciones de las zanjas que tendrán una vida útil de 12 meses, se utilizará maquinaria pesada.

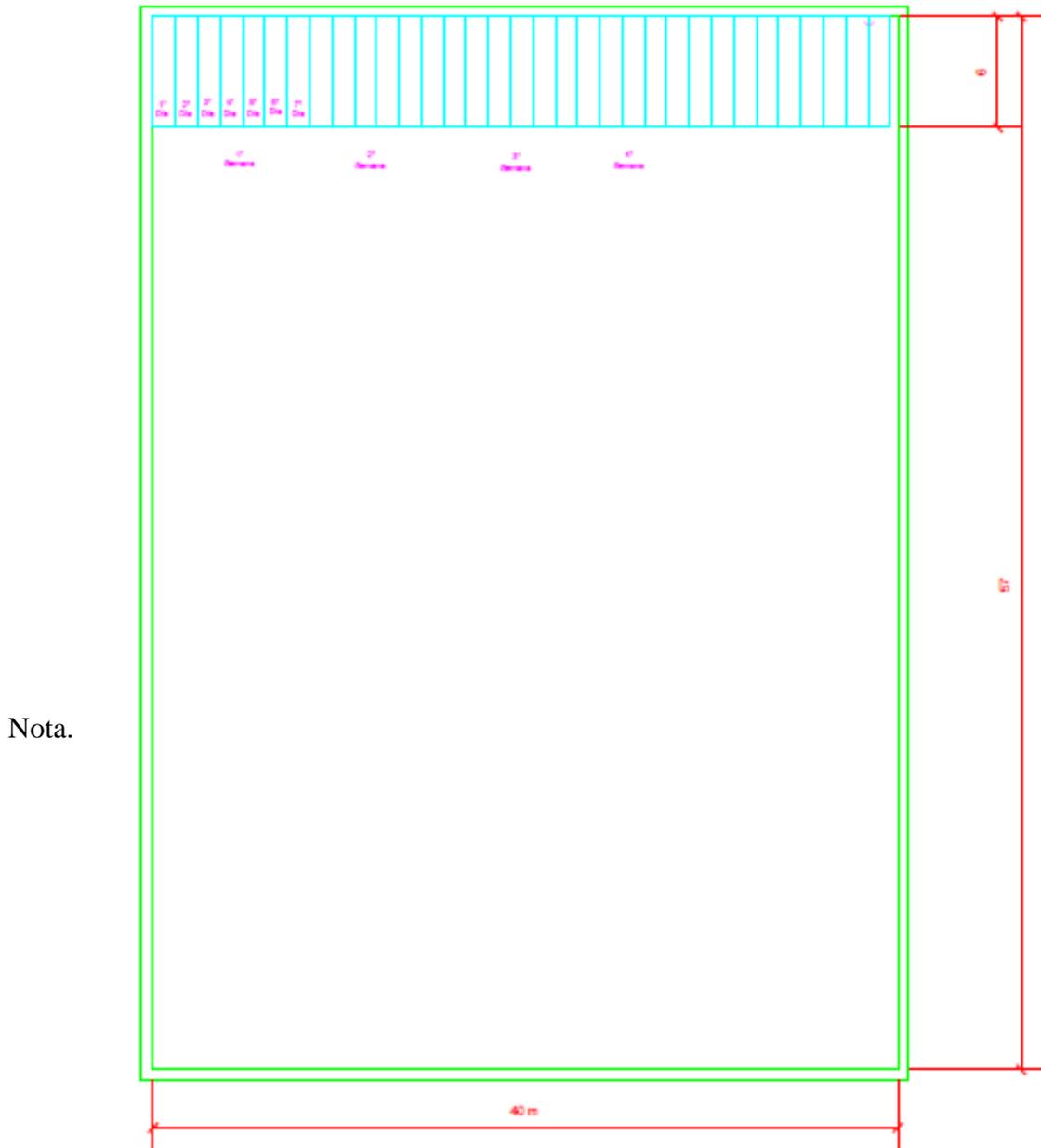
Antes de completar el tiempo de vida de una zanja en uso, se deberá de disponer de una

nueva para poder continuar con una adecuada disposición final y así mitigar los impactos ambientales negativos hacia el medio ambiente.

Respecto a la permeabilización de las zanjas estas serán tratadas con geomembrana y tendrán un anclaje sencillo en puntos singulares extremos.

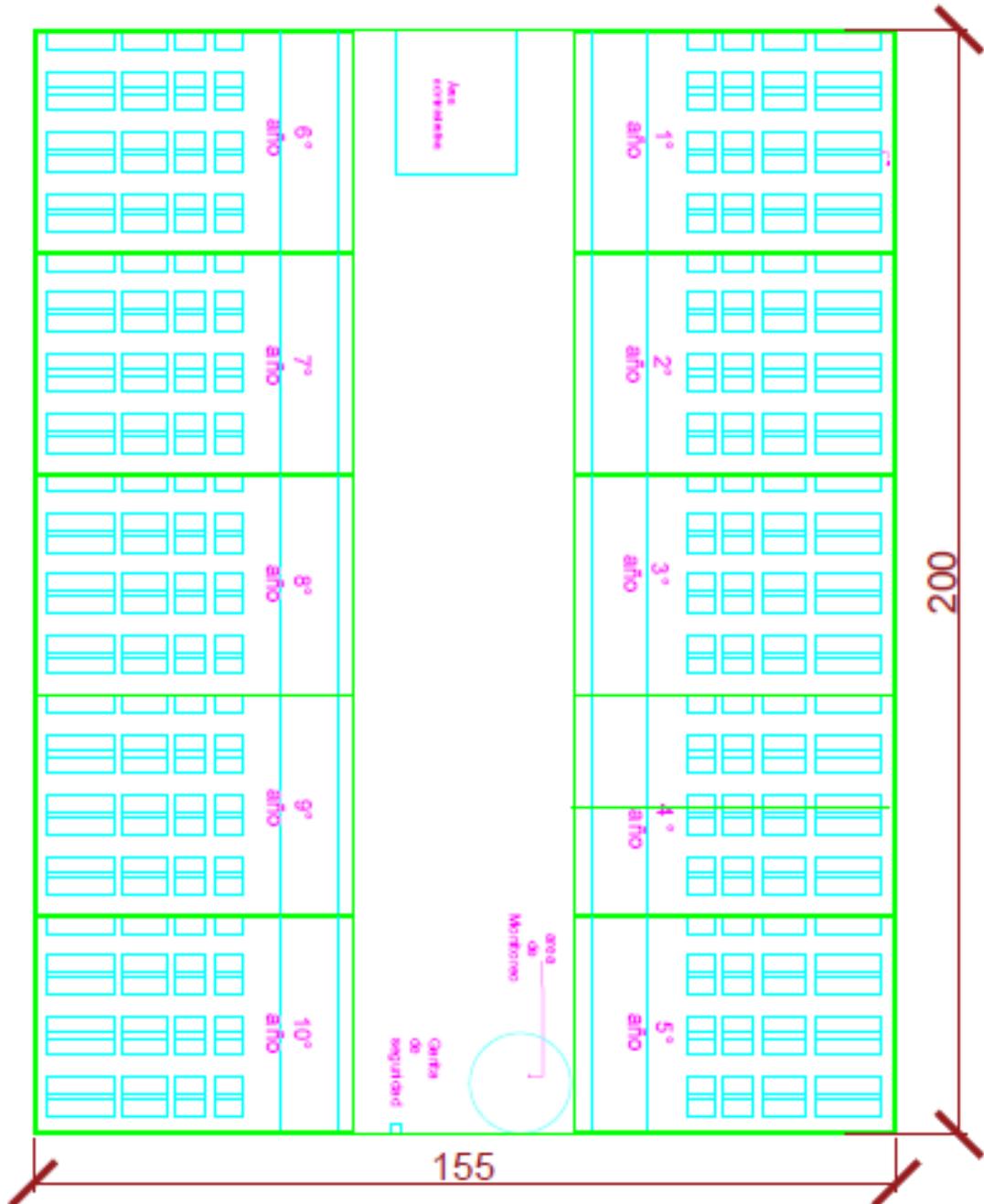
Se contará con una zona de monitoreo de lixiviados, en los cuales se instalará pozos que permitan obtener data de las aguas subterráneas y otro superficial para observar posibles filtraciones superficiales.

Figura 15. Características de la Zanja anual y celdas diarias



Tomado de los estudios preliminares de diseño realizados

Figura 16. Área total, con zanjas prospectadas para 10 años



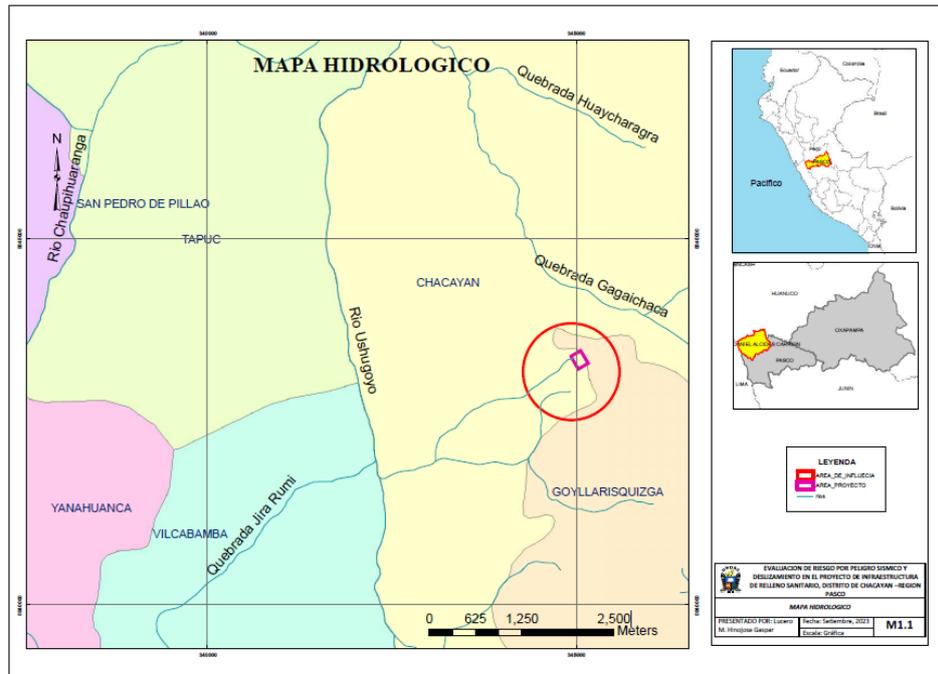
Nota. Tomado de los estudios preliminares de diseño realizados

- ✓ **Condiciones Físicas del Territorio**
 - **Hidrología**

Este presente estudio de evaluación de riesgos se encuentra en el distrito de Chacayán colindante con el distrito de Goyllarisquizga, en

la parte alta de la cuenca del Rio de Ushugoyo; específicamente en el flanco derecho sobre sedimentos de areniscas del Grupo Goyllarisquizga, ubicado en la región Sierra.

Figura 17. Cuenca del Rio Ushugoyo y localización de Área de Proyecto



Nota. Elaboración propia

- **Flora**

La flora local del distrito de Chacayán es diverso, sin embargo, en la zona específica del proyecto, está caracterizado por especies complejas y adaptadas al clima típico de la zona Puna, está conformada mayormente por especies de crecimiento bajo, formando lo que llamaríamos, césped de puna y especies de mayor altura que forman los pajonales, este se generaliza con el nombre de “ichu”, es característica la presencia de la “yareta”, de crecimiento almohadiforme y compacta.

Figura 18. Vista de la flora predominante en la zona de estudio



- **Fauna**

El proyecto se encuentra ubicado en la zona alta del distrito de Chacayán, donde fundamentalmente se puede observar la crianza de ganado ovino y camélidos como las llamas, alpacas y ovejas.

Figura 19. Vista de la fauna predominante en la zona de estudio



- **Condiciones climáticas**

Debido a la altitud en la cual se encuentra ubicado la zona del proyecto, el clima es frío en extremo, la temperatura media anual

oscila entre los 6°C y 7°C, las temperaturas máximas se registran los meses de setiembre y abril donde se registran alrededor de 15°C a 22°C, y las mínimas se encuentran en los meses de mayo y agosto que llega a 9°C hasta menos. Por las noches la temperatura desciende a menos de 4°C INGEMMET(2012).

Hay presencia de lluvias durante las estaciones de otoño, primavera y verano, siendo más intensas en los meses de noviembre a marzo. Los meses más lluviosos, pueden llegar a exceder los 200 mm y durante un fuerte periodo de lluvias puede caer en una hora hasta 41 mm hasta más. Para describir a detalle las precipitaciones mensuales y el uso del factor precipitación se puede revisar el ítem i.

- **Condiciones geotécnicas**

Suelos:

La zona de estudios presenta suelos desarrollados a partir de la acción de erosión física, Coluvial y por gravedad in situ. Estos suelos mayormente son de relieve moderadamente inclinados a moderadamente empinados, de morfología estratificada, textura media a moderadamente fina.

Suelos Coluviales: Como se detalla líneas arriba, el área de estudio presenta suelos coluviales cuya potencia aproximada hasta llegar a la matriz rocosa es de 2.00 metros a 2:30 metros, estos suelos son de origen local provenientes de meteorización por gelifracción (hielo-deshielo).

Figura 20. Textura del suelo



De acuerdo a lo observado en campo, se puede mencionar que el suelo en esta zona tiene aproximadamente 2:30 metros de potencia, encontrando subyacente a este mismo roca madre (areniscas), de lo evidenciado se ha concluido que se trata de arcillas gradadas que varían desde compactas a muy compactas, las mismas que de acuerdo a norma no requerirían estudio de suelos específico, obteniendo de acuerdo a la clasificación Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” Del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) (Figura 20.), un suelo tipo S1, con velocidades de propagación de ondas de corte (V_s) de 500 m/s a 1500m/s y con resistencia al corte en condición no drenada (S_u) mayor a 100 KPa.

Figura 21. Perfil del suelo- Arcillas compactas



Tabla 3. Clasificación peruana de los perfiles del suelo

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO				
PERFIL	Vs	N60	Su	TIPO DE SUELO
S0	>1500m/s	-	-	Roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas Arena muy densa, grava arenosa densa o Arcilla muy compacta (de espesor menor que 20 m) (SC, GC, CH, CL, OH)
S1	500 m/s a 1500 m/s	>50	>100 kPa	Roca fracturada, Arena densa, gruesa a media (SM, GM, MH, ML OL)
S2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50kPa a 100kPa	grava arenosa medianamente densa (GW, SW)
S3	<180 m/s	<15	25kPa a 50Kpa	Arena media a fina, o grava arenosa, o Cualquier perfil que no correspondan al tipo S ₄ (GP, SP)
S4	Clasificación basada en el EMS			

Nota. Adaptado de la Norma E030, 2016 y SUCS, 1981

Tabla 4. Resumen de calicatas realizadas en la zona del proyecto

COORDENADAS		MUESTRAS	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm3)		SUCS	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN
E	N				DH	DS			
CALICATA 1		M-01IRS1	0.00-1.20				OL	Limo arcilloso, color naranja húmeda media, con clastos menores a 1cm	
345058.45	8843270.68	M-01IRS2	1.20- 2.30	1.70	1.70	1.6	SC	Arena arcillosa de color naranja de humedad media	No se continuo con la excavación debido a que se encontró roca madre.
CALICATA 2		M-02IRS1	0.00-1.00				ML	Limo inorgánico, material con raíces	
344969.18	8843380.46	M-02IRS2	1.00-2.50	1.70	1.66	1.42	SC	Arena arcillosa mal gradada con presencia de clastos subredondeados de menos de 1cm, color naranja, humedad media.	
CALICATA 3		M-03IRS1	0.00-0.80				OL	Limo arcilla, color naranja, presencia de raíces y humedad media.	
345063.36	8843317	M-03IRS2	0.80-2.50	17.1	1.80	1.38	SC	Arena arcillosa, color marrón-naranja, presencia de clastos subredondeados de 2cm.	
CALICATA 4		M-04IRS1	0.00-0.90				OL	Limo arcilla, color naranja, presencia de raíces y humedad media.	
345063.36	884341.81	M-04IRS2	0.90-2.30	1.8	1.60	1.44	SC	Arena arcillosa, color naranja, presencia de raíces y clastos de 2cm.	No se continuo con la excavación debido a que se encontró roca madre.

Nota. Tomado de los cuadros entregados por los profesionales que realizaron el estudio preliminar del proyecto

Rocas:

Referente a la geomecánica de rocas en la zona, se ha realizado la clasificación del Índice de esfuerzo Geológico (GSI), obteniendo como resultado un GSI de 50 a 70 para las características de roca fracturada con intersecciones menores a 3 sistemas de discontinuidades, las mismas que no son muy compactas a más de 2 golpes de picota y que se encuentran con moderado grado de meteorización, producto de gelifracción intensa en la zona, estas se encuentran asociadas a las areniscas del Grupo Goyllarisquizga. Mas al norte oeste del proyecto, se pueden evidenciar rocas con un GSI de 70 a más, debido a que estas presentan discontinuidades amplias y superficies ligeramente meteorizadas, asociadas a rocas del Grupo Pucara.

Figura 22. Meteorización en areniscas del grupo Goyllarisquizga



Figura 23. Clasificación del Índice de Esfuerzo Geológico para rocas

INDICE DE ESFUERZO GEOLOGICO PARA ROCAS UNIDAS (HOEK & MARINOS, 2000)		CONDICIONES DE SUPERFICIE				
<p>Desde la litología, estructura y condiciones de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio del GSI. No intentar ser muy preciso. Un rango de 33 a 37 es mas real que tomar un GSI de 35. Note que la tabla no aplica a fallas controladas estructuralmente. Donde planos estructurales debiles estan presentes en una direccion desfavorable con respecto a la excavacion, estos dominaran el comportamiento del macizo rocoso. Las zonas de falla son propensas a la alteracion como resultado de cambios de humedad que puede reducirse cuando el agua esta presente. Cuando trabajamos en roca regular o mala calidad cambian las condiciones por el cambio de humedad. La presion del agua es tratada por analisis de esfuerzos efectivos.</p>		MUY BUENA	BUENA	REGULAR	POBRE	MUY POBRE
		Superficie muy rugosas, no meteorizadas, frescas	Superficies rugosas, ligeramente meteorizadas, manchadas con hierro	Superficie lisa, moderadamente meteorizadas y alteradas	Superficie con espejos de falla, alto grado de meteorizacion y rellenos compactos.	Superficie con espejos de falla, alto grado de meteorizacion y rellenos de arcillas suaves.
ESTRUCTURA		DECRECE LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE →				
	INTACTA O MASIVA Rocas intactas o masivas in-situ, rocas con discontinuidades amplias y espaciadas	90	80	70	N/A	N/A
	FRACTURADA Macizo rocos con bloques enclavados, bloques cubicos formados tres intersecciones de sistemas de discontinuidades	80	70	60	50	40
	MUY FRACTURADA Macizo perturbado con bloques entrelazados y angulares formados por la interseccion de 4 o mas sistemas	70	60	50	40	30
	FRACTURADA/PERTURBADA/SORDIDA Macizo plegado formado por bloques angulares productos de la interseccion de varios sistemas de discontinuidades. Persistencia de los planos de estratificacion	60	50	40	30	20
	DISGREGADO Pobremente enclavado, macizo altamente fracturado con mezcla de fragmentos angulares y redondeados	50	40	30	20	10
	LAMINADA/FOLIADA Se carece de bloques debido al debil material en los planos de esquistocidad y cizalla	N/A	N/A	10		
		DECRECE EL ENCLAVAMIENTO DE LOS BLOQUES ↓				

Nota. Tomado de A geologically friendly tool for rock mass strength estimation (Marinos & Hoek, 2000)

- **Geología Regional**

De acuerdo al INGEMMET (1996), y las verificaciones de campo respectivas, la litología regional de la zona está conformada por rocas metamórficas tales como esquistos y filitas del Complejo Maraón, así como rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados), y volcánicas de color rojo pertenecientes al Grupo Mitu), finalmente se tienen también depósitos Cuaternarios (coluvio-deluvial).

Referente a la Geología estructural, de acuerdo a (Dalmayrac & Office de la Recherche Scientifique et technique outre mer (O.R.S.T.O.M), 1973), los plegamientos de tendencia andina se originaron por la deformación incaica, que afectaron a los sedimentos cretáceos; reconociendo que los esquistos pueden haber sido afectados por esta deformación, esto debió suceder durante las orogenias tempranas; específicamente cercana a la ubicación del proyecto (al norte), se puede observar que los esquistos presentan una dirección NO-SE, evidenciando la discordancia entre el Grupo Mitu y el Neoproterozoico (carretera Chacayán -Goyllarisquizga)

Estratigrafía: Para la clasificación regional se tomó la información ya levantada en el Informe Técnico N°A6602 del INGEMMET (2012).

Depósitos no consolidados:

Se trata de depósitos poco o nada coherentes y consolidados con edad reciente, de extensión y grosor variable, conformados por materiales de litología heterogénea y heterométrica, depositados desde el Pleistoceno hasta la actualidad, agrupados por su grado de compactación. Se han determinado cuatro tipos de sedimentos modernos, que son producto de la meteorización, erosión y acumulación; presentan morfologías que van desde planas, plano-onduladas a algo inclinadas, como en el caso de las acumulaciones de piedemonte.

Dentro de esta unidad se tienen depósitos aluviales, fluviales y glaciares.

Depósitos Aluviales: Los depósitos mejor desarrollados se encuentran en las estribaciones andinas de la Cordillera Occidental y en los flancos

de los grandes cursos fluviales, los materiales que los constituyen son detritos de roca de diversa génesis, con una matriz arenosa o limo-arcillosa.

Depósitos fluviales: Este depósito corresponde a la acumulación de material a lo largo de valles y en llanuras de inundación por corrientes fluviales, están constituidos por conglomerados, arenas, limo-arcillas.

Depósitos Glaciares: Estos depósitos se encuentran por encima de los 4300 msnm. Están representados principalmente por morrenas que forman lagunas, estos depósitos están constituidos por clastos angulosos, englobados dentro de en matriz limo-arcillosa, puede ser afectada por deslizamientos, derrumbes y caída de rocas en los bordes de los depósitos, cuando forman acantilados; también por flujos de detritos (huaycos) o lodo, procesos de erosión fluvial e inundaciones.

Depósitos Glacio-fluviales: Conformados por materiales de morrenas que han sufrido removilización por acción fluvial o por gravedad, generalmente compuestas por material heterométrico, de gravas subredondeadas, en matriz arenolimoso, de profundidad y permeabilidad variable, medianamente compactos. Se encuentran ocupando las laderas de montaña en zonas glaciares y rellenando los valles glaciares, frentes de montañas, algunas veces en forma de taludes de detritos.

Depósitos Coluvio-deluviales: Agrupa depósitos de piedemonte de diferente origen (gravitacional y fluvio-gravitacional), que se acumulan en vertientes o márgenes de los valles como también en laderas superiores; en muchos casos son resultado de una mezcla de ambos. En

conjunto, por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (chorreras y huaycos), y cuando son el resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones, al realizar modificaciones en sus taludes naturales. Geomorfológicamente están asociados a las unidades de depósitos de vertiente, depósitos de deslizamientos y abanicos deluvio/coluviales.

Rocas Intrusivas: Se encuentran rocas intrusivas de tipo granodioritas y dioritas. Las rocas plutónicas de esta región corresponden al emplazamiento batolítico en un lineamiento plutónico principal hacia el Oeste que participo en la edificación y cratonización de la cordillera occidental.

Granodioritas: Afloramientos de topografía moderada a fuerte, distribuidos principalmente en la zona oriental de la provincia, a manera de plutones y stocks. Se encuentran afectados por deslizamientos, derrumbes y procesos de erosión en cárcavas los cuales acarrear flujos de detritos. Destacan:

Plutón Azul Huanca: Es el plutón más importante y de mayor distribución geográfica en la provincia Daniel A. Carrión, se le encuentra en las cercanías de Yanagaga, Rangia, margen derecha del río Chuapihuaranga.

Pórfidos: Constituida por intrusivos de composición dacita-cuarzo-latita, conformando cuerpos subvolcánicos se caracteriza por su modo porfirítico, morfológicamente aparecen como montañas de moderada pendiente y colinas.

Dioritas: Constituyen intrusiones de dimensiones menores con relación a los anteriormente descritos, aflorando manera aislada y dispersa. Dentro de esta subunidad destaca las dioritas de Vilcabamba.

Rocas volcánicas: Presenta algunos afloramientos muy alterados, está constituida por lavas andesíticas, andesitas piroclásticas, tobas andesíticas y riolíticas. Se diferencian los siguientes:

Volcánico Calipuy: constituido por rocas piroclásticas gruesas, lavas ácidas e ignimbritas dacíticas, lavas andesíticas púrpuras, piroclastos gruesos, tufos finamente estratificados, basaltos, riolíticas y dacitas

Rocas volcánico-sedimentarias: Esta unidad tiene una reducida distribución en la zona oriental de la provincia, está constituida por secuencias clásticas volcánicas donde se tienen: tufos, aglomerados andesíticos, tobas, ignimbritas. Los peligros geológicos de más recurrencia son los derrumbes, caída de rocas, erosión de laderas, destaca la siguiente formación:

Grupo Mitu: Constituido por una intercalación de areniscas de color rojo ladrillo a púrpura, conglomerados polimícticos y estratos delgados de lutitas gris a rojizas con clara estratificación laminar. Las intercalaciones volcánicas son reducidas en la parte occidental representadas por andesitas.

Figura 24. Muestra del conglomerado polimíctico



Rocas sedimentarias:

Conglomerados, areniscas y lutitas: Está conformada por rocas clásticas constituidas por intercalaciones de areniscas y conglomerados. Se presentan principalmente flujos de lodo, flujos de detritos, y algunas ocurrencias locales de deslizamientos, caídas y erosión fluvial. Está representado principalmente por los siguientes:

Formación Pocobamba: Constituida por conglomerados polimícticos, con clastos subangulosos a subredondeados de calizas.

Formación Casapalca: Areniscas, lutitas, conglomerados, calizas de colores rojizos.

Areniscas y lutitas: En esta subunidad predominan los derrumbes, escasos flujos de detritos, avalancha de rocas y movimientos complejos.

Grupo Goyllarisquizga (indiviso): Areniscas blanquecinas, blancas, amarillentas. La textura es sacaroide por lo general presenta granos medios a gruesos, subangulosos a redondeados de origen netamente fluvial; el cemento puede ser sílice, limonita, calcita o solamente arcilla en pequeñas cantidades de manera que la roca presenta compacticidad incipiente. Los granos son siempre de cuarzo lechoso que es lo más abundante a veces, hialino, rosado, ahumado y amarillento. Presenta buena porosidad y permeabilidad.

Figura 25. Grupo Goyllarisquizga, tomada en la zona del proyecto, donde se observan areniscas bastante meteorizadas y cubierto por material orgánico.



Formación Farrat: Compuesta por areniscas cuarcíticas blanquecinas de grano medio a grueso. Esporádicamente capas delgadas de lutitas gris oscuras.

Formación Chimú: Compuesta por cuarcitas y lutitas.

Grupo Ambo: Constituido de areniscas y lutitas carbonosas.

Calizas y calizas margosas: Dentro de estos no se han identificado grandes eventos de movimientos en masa, pero no se descarta la ocurrencia de pequeños eventos locales, está representado por el Grupo Pucara.

Figura 26. Grupo Pucara, tomada hacia el NW de la zona del proyecto



Formación Celendín: Constituido por margas grises a pardo amarillentas con delgadas intercalaciones de caliza en capas delgadas.

Formación Jumasha: Consiste de calizas gris a gris parduscas masivas, en bancos medios a gruesos, muy resistentes a la erosión.

Formación Pariatambo: Calizas y margas bituminosas de color negro con intercalaciones de calizas oscuras tabulares que se rompen a manera de lajas.

Formación Chulec: Constituida por calizas grises en capas medianas a delgadas con intercalaciones de calizas margosas y margas de color pardo grisáceo

Formación Pariahuanca: conformadas por calizas masivas en capas gruesas.

Formación Condorsinga: Constituido de caliza gris clara en banco medio con esporádicos niveles de caliza nodular.

Formación Aramachay: Calizas negras bituminosas en capas delgadas de abundantes fósiles.

Formación Chambará: Conformada por calizas gris masiva con intercalaciones de caliza nodular, niveles de lutita calcárea.

Domo de yeso: Este pequeño afloramiento es parte de un domo yeso que aflora en la margen izquierda del río Chaupihuaranga y puede aparecer afectada por derrumbes locales y flujos de detritos.

Rocas metamórficas: Esta unidad está representada por rocas de tipo esquistos, gneis, pizarras, filitas y cuarcitas, por lo que ha sido dividido en cuatro subunidades. Esquistos, filitas y gneis

Complejo Maraón: constituido por esquistos de color verde con lentes de cuarzo, esporádicamente con presencia de gneis bandeados, se ha encontrado la predominancia de deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos, movimientos complejos y procesos de erosión de laderas.

Figura 27. Rocas Metamórficas, tomada en la vía hacia Chacayán, fuera del área de la influencia de la investigación.



Figura 28.

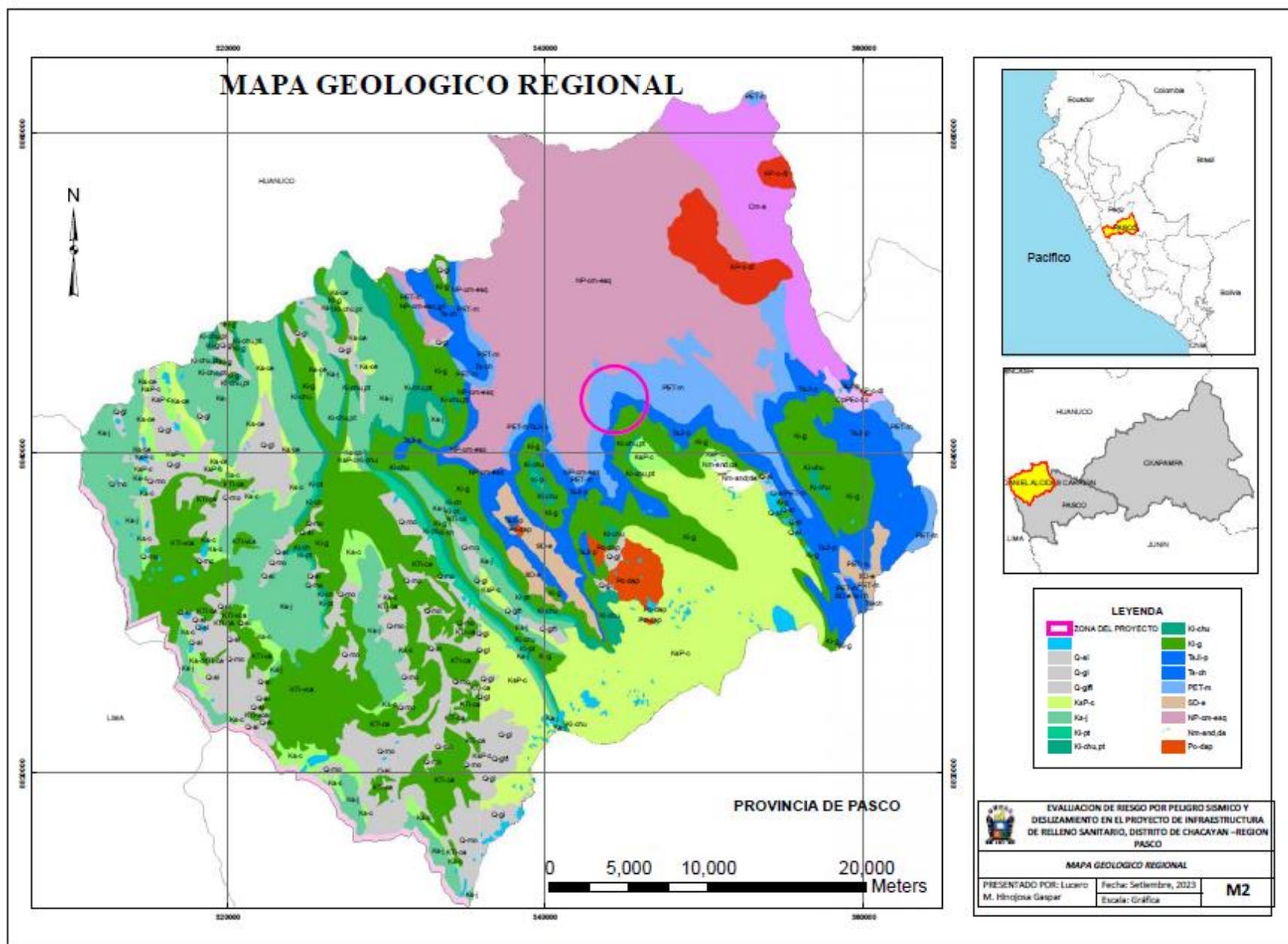
Columna Estratigráfica Regional

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DE LOS CUADRANGULOS DE AMBO, CERRO DE PASCO Y ONDORES

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	GROSOR Mts.	COLUMNA	DESCRIPCION LITOLOGICA	
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Depósitos Aluviales			Gravas con clastos polimicticos redondeados con matriz arena - limosa Inconsolidado	
			Depósitos Coluviales			Gravas polimicticas con matriz arena - limosa	
			Depósitos Bofedales			Arenas, limolitas y gujarros en suelos fangosos y pantanosos	
			Depósitos Fluvioglaciares			Gravas con clastos polimicticos subangulares matriz limo - arenosa	
			Depósitos Morrénicos			Clastos de tamaño variable distribuido irregularmente en matriz arenosa	
	Neógeno	Plioceno	Formación Huayllay	120		Tufos de composición riolítica de color blanco con figuras caprichosas	
			Volc. Pacococha	150		Derrames andesíticos basálticos intercalados con flujos de brecha	
			Volc. Rumillana	150		Aglomerado, lavas andesíticas, tufos	
	Paleógeno	Oligoceno	Volcánico Millotingo	180		Derrames andesíticos, rioladíticos ocasionalmente traqueandesitas	
			Volcánico Colqui	200		Derrames andesíticos, intercalaciones de tobas, limos ocasionalmente arenisca tobáceas, limo y calizas	
		Paleoceno	Volcánico Carlos Francisco	400 a 1000		Lavas andesíticas en estratos medios a gruesos	
			Fm. Yantac	60 a 150		Volcánico sedimentario constituido por areniscas, lutitas, calizas, con niveles de lavas andesíticas a dacíticas, colores abigarrados	
			Fm. Casapalca	1000		Areniscas, lutitas, conglomerados, calizas de colores rojizos	
	MESOZOICO	Cretácico	Superior	Fm. Celendín	70		Margas y calizas con intercalaciones de lutitas de color gris
Fm. Jumasha				400		Caliza masivas gris claras en capas medias a gruesas	
Fm. Pariatambo				80		Caliza margosa negra bituminosa, capas delgadas	
Fm. Chúlec				110		Caliza gris, margas y lutitas calcáreas	
Inferior			Fm. Pariahuanca	100		Caliza gris clara a pardo amarillento, estratos delgados	
			Gpo. Goyllarisquizga	Fm. Farrat	80		Arenisca cuarzosa en estrato medio
				Fm. Carhuaz	110		Lutita intercalada con areniscas y ocasionalmente calizas
				Fm. Santa	40		Caliza gris con niveles de lutitas margosas
Gpo. Pucará		Fm. Chimú	150		Arenisca cuarzosa con lutitas y mantos de carbón en la base		
		Inferior	Fm. Condorsinga	500 a 1500		Caliza gris clara en banco medio con esporádicos niveles de caliza nodular	
Fm. Aramachay			50		Calizas negras bituminosas en capas delgadas con abundante fósiles		
Triásico		Superior	Gpo. Pucará	Fm. Chamberá	700		Caliza gris masiva con intercalaciones de caliza nodular, niveles de lutita calcárea
				Gpo. Mitu	2000		Arenisca color rojo púrpura esporádicamente y niveles de lutitas y conglomerados
PALEOZOICO		Pérmico	Inferior	Gpo. Tarma - Copacabana	300		Calizas claras con abundante fusilínidos, en la base lutitas con intercalaciones de arenisca
	Gpo. Ambo			1000		Arenisca, lutitas carbonosas, con presencia de plantas fósiles	
	Devónico	Inferior	Gpo. Excelsior	1000		Pizarras con intercalaciones de cuarzitas y lutitas esquistosas, bastante replegados	
			Fm. Cortaya	400 a 1000		Lutitas gris a negras, intercaladas con capas finas de areniscas, contiene abundante fauna de graptolites	
NEO PROTEROZOICO			Complejo del Marañón			Esquistos de color verde con lentes de cuarzo, esporádicamente presencia de gneis bandeados	

Nota. Tomado de Boletín N°77 Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores (p. 24), por INGEMMET, 1996

Figura 29. Mapa Geológico Regional



- **Geología Local**

La zona de evaluación fue caracterizada en base a las visitas de campo y aportes de boletines del INGEMMET, para el cual se consideró un área de influencia a partir del proyecto de aproximadamente 122 Ha, a partir de ello, se visualizó el afloramiento de formaciones geológicas correspondientes al Mesozoico conformado por calizas y areniscas, pertenecientes a los Grupos Pucara y Goyllarisquizga respectivamente.

En cuanto a la litología propia de la zona del proyecto, afloran areniscas blanco parduzcas de grano fino a medio, subangulosos y cuarcíticos, característicos del Grupo Goyllarisquizga indiviso, los mismo que se extienden desde el sur del proyecto donde se ubica el distrito con el mismo nombre.

Mas al norte-oeste del área de investigación, podemos encontrar calizas del grupo Pucara, caracterizado por una caliza uniforme de color gris claro, brunácea y arenosa.

Respecto a la geología estructural local en toda el área de influencia, solo se ha evidenciado sistemas de diaclasas menores muy espaciadas y sin apertura.

Figura 30. Areniscas en la zona del proyecto



Figura 31. Geología Local

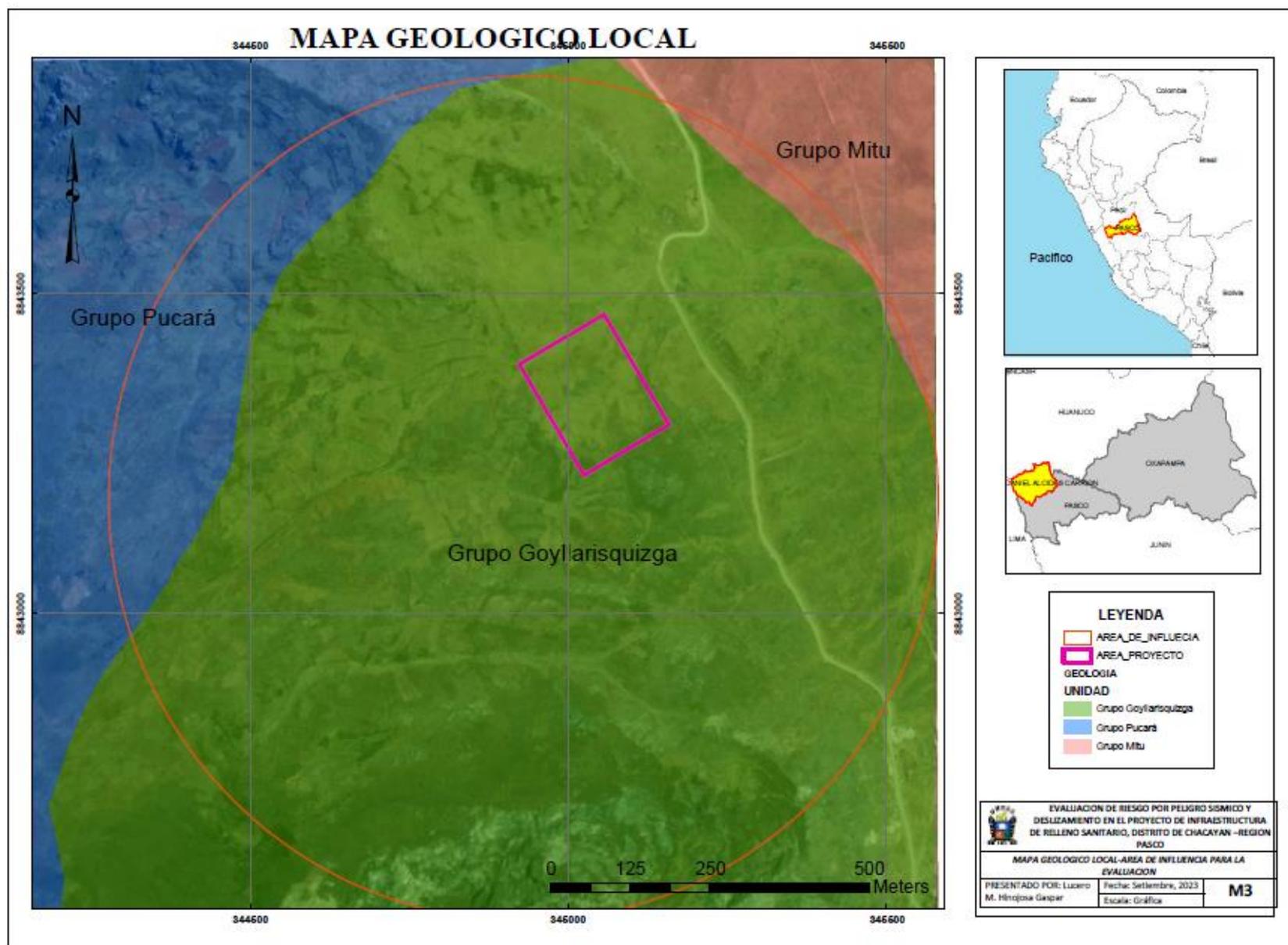
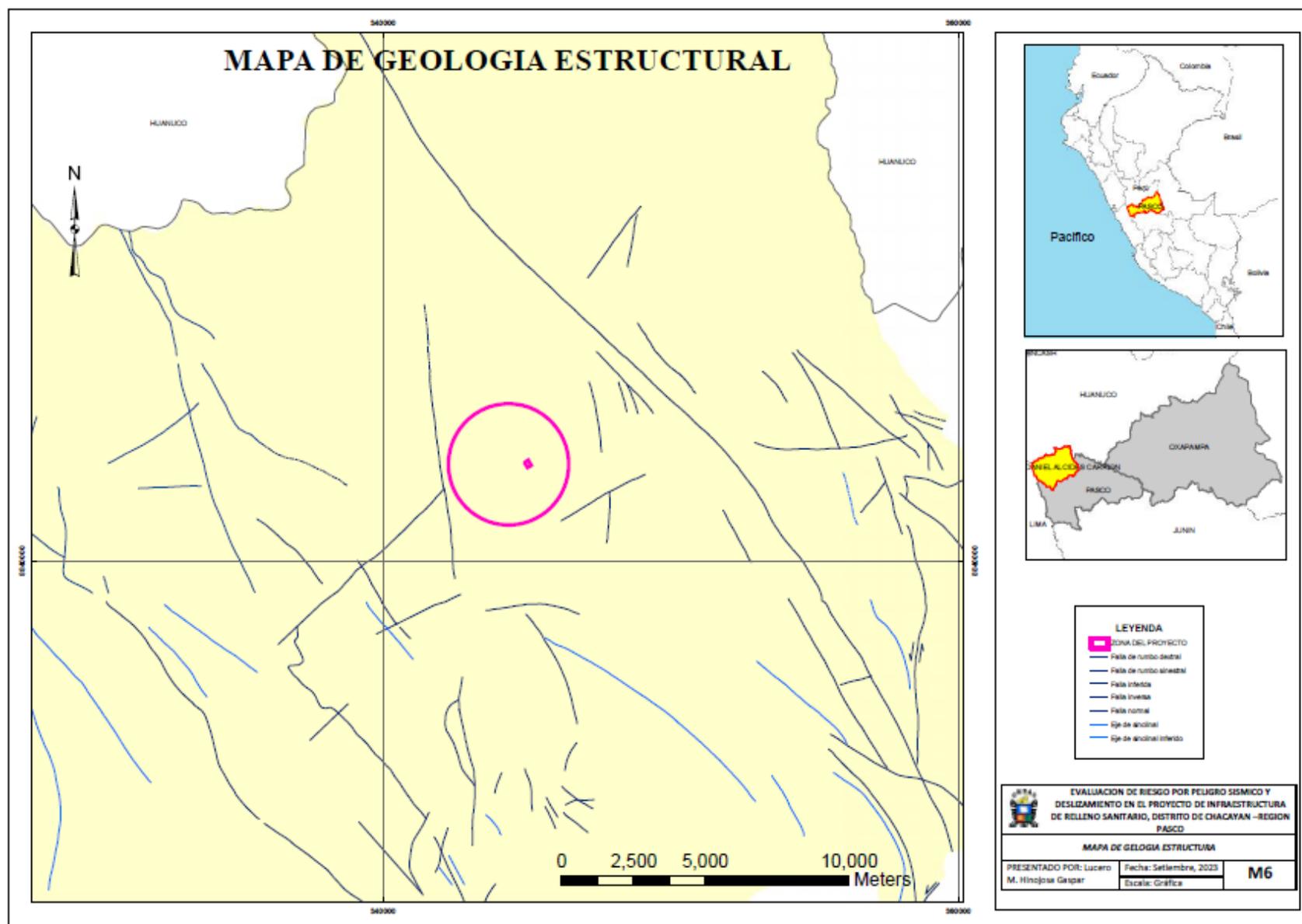


Figura 32. Geología estructural



- **Geodinámica Interna**

En el territorio peruano la geodinámica interna consta principalmente de peligros sísmicos ligados a procesos geotectónicos de subducción de placas, así como peligros vulcanológicos ubicados más frecuentemente al sur del país.

En la zona de estudio, ubicado en el centro del Perú, (Tavera et al., 2005) podemos hablar de sismicidad asociada a sistemas de fallas regionales y locales, los epicentros en esta área son mayormente continentales, por su ubicación con respecto a la cordillera, por lo tanto no se descartaría la presencia de sismos en la zona del proyecto, llevándonos a evaluar los parámetros de este mismo (magnitud del evento, intensidad) y sobre todo la resiliencia de la estructura del relleno sanitario (Vulnerabilidad), referente a los diversos valores de aceleración a los que podría exponerse cuando ocurra un sismo.

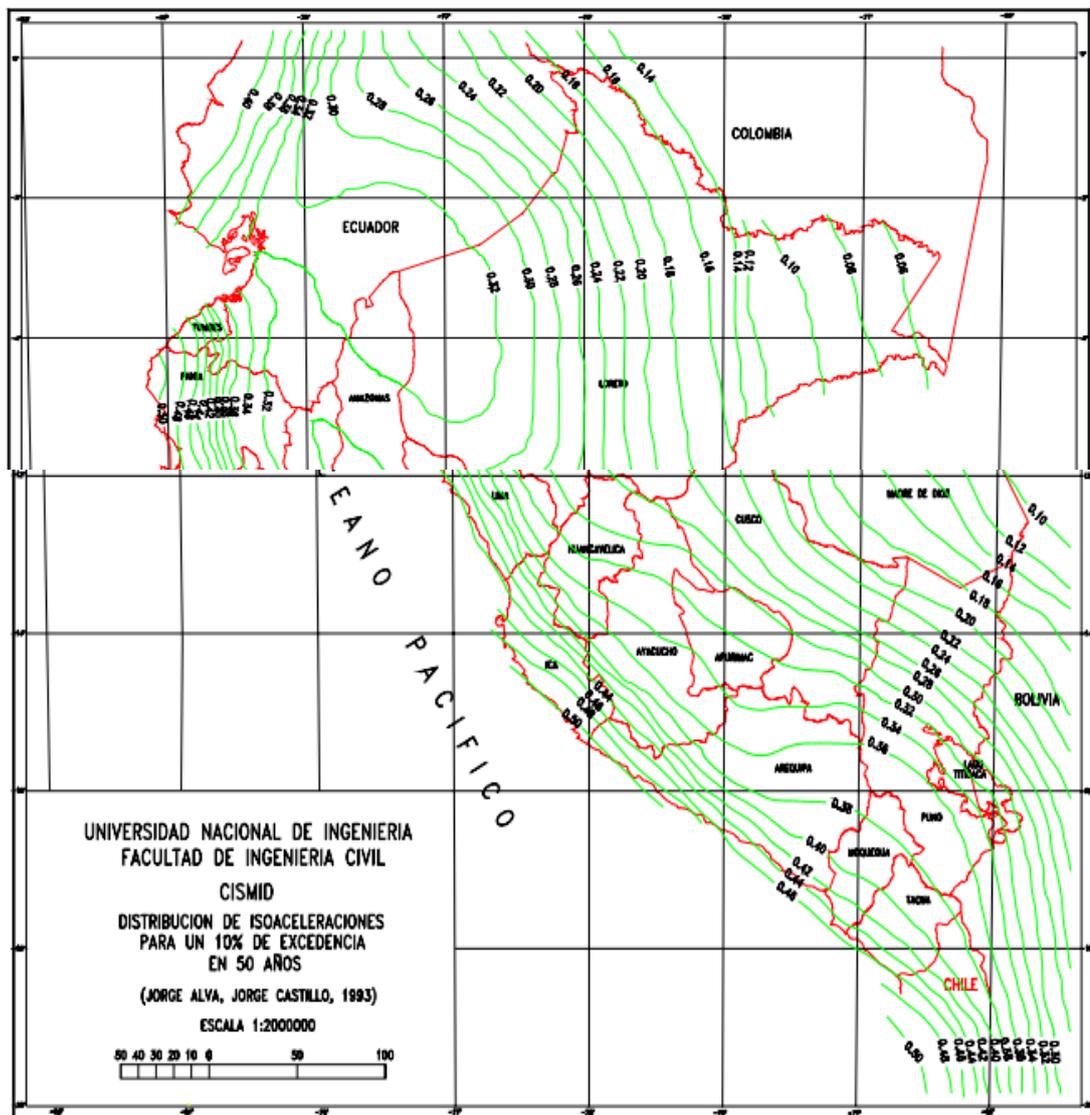
De acuerdo al mapa de isoaceleraciones generadas por Castillo - Alva (1993) (Figura 33), en un periodo de 50 años de vida útil con 10% de probabilidad de excedencia, en la zona de estudio se tendría un valor de aceleración cercana a 0.3g. En ese sentido, de acuerdo a Estrella (2019) el análisis del riesgo sísmico para este territorio, se evalúa en tres escenarios para diferentes sismos:

Tabla 5. Periodos de Retorno

SISMO	Vida útil	Probabilidad de Excedencia	Periodo de retorno	Aceleración máxima esperada en roca
Frecuente	50 años	50%	75 años	0.175
Raro	50 años	10%	475 años	0.30g
Muy raro	100 años	10%	950 años	0.36g

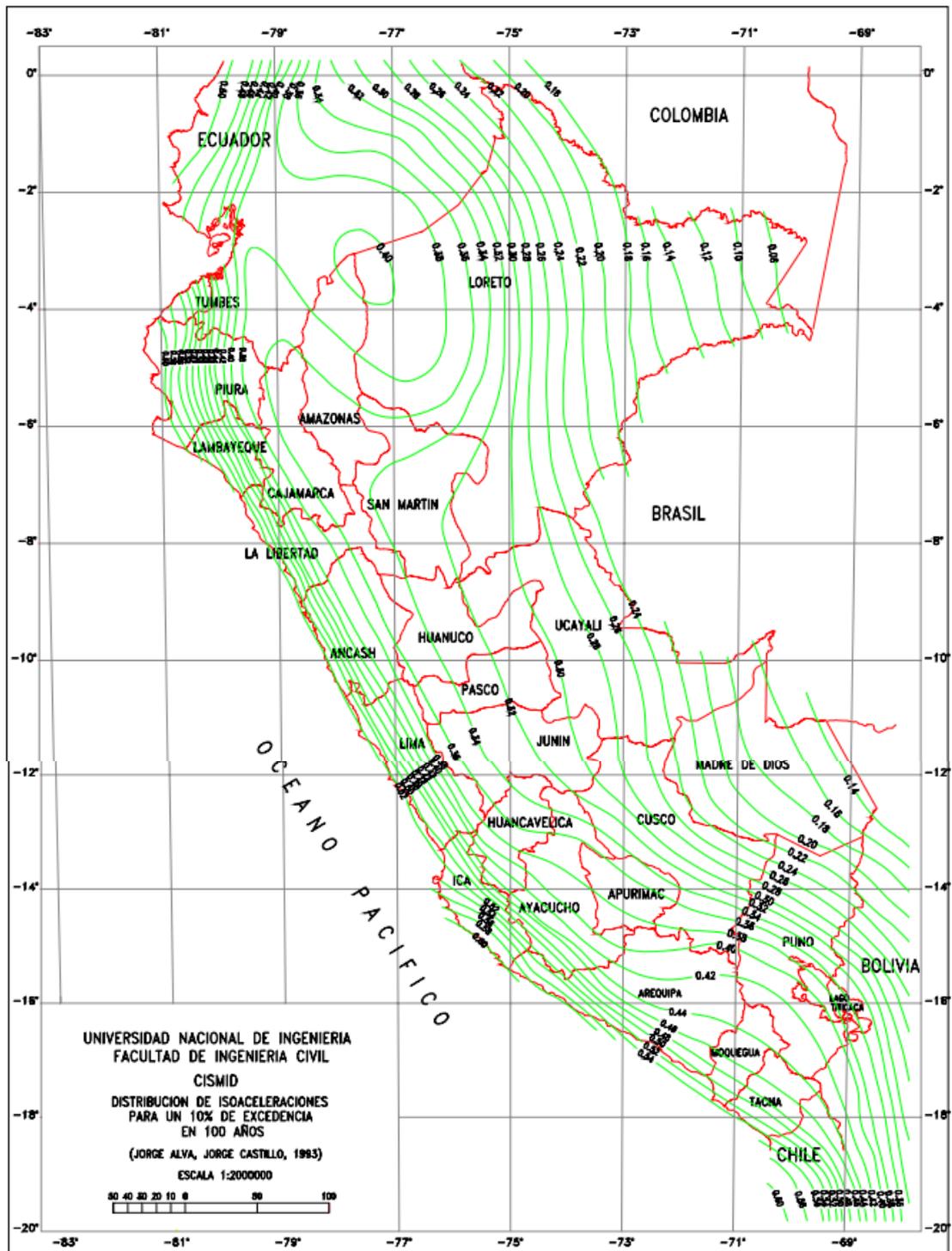
Nota. Tomado de Estrella (2019), (p. 71).

Figura 33. Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en 50 años



Nota. Tomado de Peligro Sísmico en el Perú (1993), por Alva y Castillo.

Figura 34. Distribución de Isoaceleraciones para 10% de Excedencia en



100 año

Nota. Tomado de Peligro Sísmico en el Perú (1993), por Alva y Castillo.

Así mismo, de la zonificación Sísmica Nacional E030 (figura 35), de acuerdo a la división en cuatro zonas, donde a cada zona se asigna un

factor según se indica en las tablas que se presenta. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Tabla 6. Zonificación sísmica del área del Proyecto

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
PASCO	DANIEL A. CARRIÓN	CHACAYÁN	3	TODOS LOS DISTRITOS

Nota. Elaboración propia

Tabla 7. Factores de Zona

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nota. Elaboración Propia, adaptado de la Norma E. 030

Acorde a esta información el área de estudio se encuentra ubicado en la Zona Sísmica III, correspondiéndole un factor de zona Z de 0.35.

Figura 35. Zonas Sísmicas



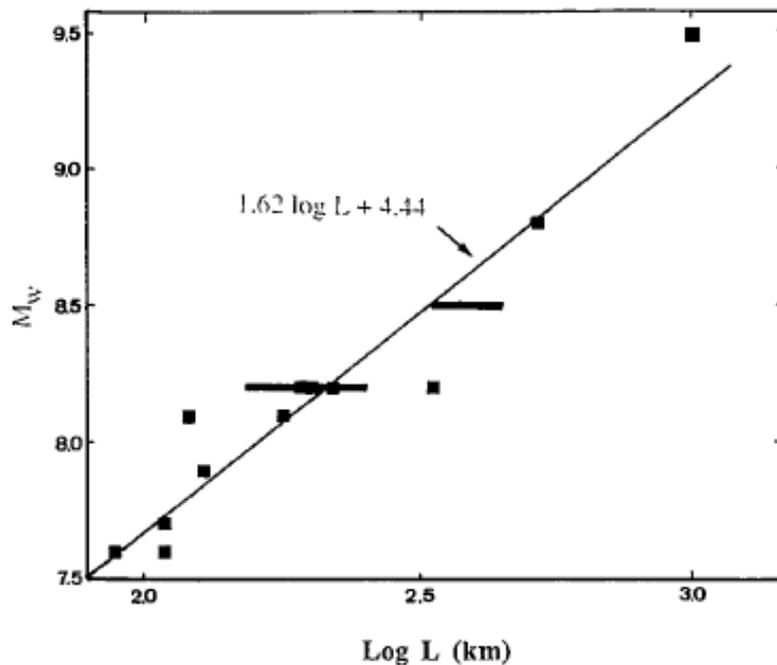
Nota. Tomado de la NORMA E. 030 “Diseño Sismorresistente”, 2016

Ruptura de placas

Según Dorbat (1990), la introducción de la longitud de ruptura permitirá una estimación más objetiva de M_w , ya que, después de diversos estudios realizados para los terremotos de América del Sur, existe relación directa entre la Magnitud Momento (M_w), y la longitud de ruptura (L), ello obtenido a través de los sismos históricos registrados en nuestro país. En el siguiente gráfico, representamos M_w frente a $\log L$, donde se observa una relación lineal entre estas cantidades, por lo tanto, es posible una estimación M_w [M_w] cuando se conoce L , a través de la relación y viceversa:

$$[M_w]=1.62 \text{ Log } L+4.44$$

Figura 36. Grandes sismos históricos en Perú



Nota.
of the
and

in Peru
Dorbat, 1990.

Tomado de
Assessment
size of large
great
historical
earthquakes
(p. 557), por

La importancia del conocimiento de la longitud de ruptura nos permite definir las características del contacto de las placas y la Magnitud Momento final del sismo, cuando las fuerzas que movilizan a las placas

son mayores al total de las fuerzas que se oponen, entonces el deslizamiento de una de las placas se realizará de manera violenta produciendo lo que se conoce como sismo y cuyo tamaño dependerá de la longitud de dicho deslizamiento “ruptura” y de las dimensiones del área afectada.

Según Tavera y Bernal (2005), el proceso de fricción entre las placas de Nazca y Sudamericana se realiza a lo largo de toda su superficie de contacto; es decir, estimado aproximadamente con una longitud de 500 km, pero los deslizamientos que dan origen a los sismos solamente involucran segmentos de longitud menor permitiendo considerar áreas pequeñas de ruptura.

Entonces, debido a las características heterogéneas de la superficie de ambas placas, la distribución espacial de las áreas involucradas en la ruptura no se da a través de un avance lineal, ya que esta no es aleatoria. Para la presente investigación se ha considerado los datos obtenidos por Tavera y Bernal, respecto a los datos históricos de sismos y sus longitudes de ruptura, como demostración de lo ya mencionado previamente:

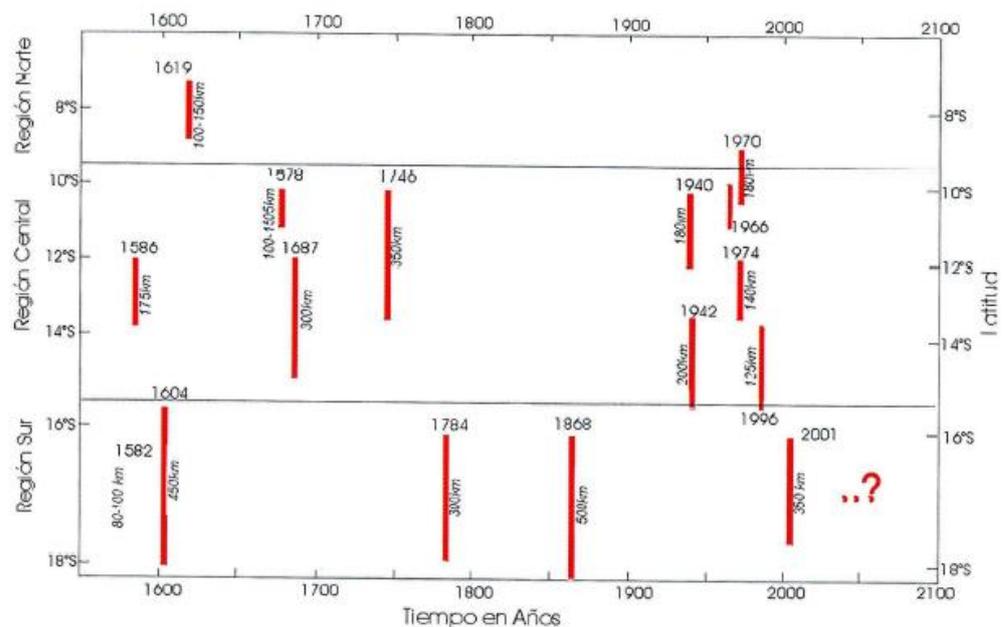
Tabla 8. Parámetros hipocentrales de los grandes sismos en el borde oeste de Perú desde el año 1500

Fecha dd:mm:aa	Latitud (S°)	Longitud (W°)	Prof. (km)	Magnitud Mw	Lr (km)
22:01:1582	16.6	71.6		7.5	80
10:07:1586	12.1	72.0		8.1	175
24:11:1604	17.0	70.9		8.4-8.7	450
14:02:1619	7.9	79.0		7.8-8.0	100-150
12:05:1664	14.1	75.8		7.5	75
16:06:1678	12.3	77.8		8.0	100-150
20:10:1687	13.2	76.5		8.2-8.4	300
21:10:1687	16.4	71.6		8.0	150
23:08:1715	17.3	70.8		7.5	75
07:01:1725	9.2	79.3		7.5	75
29:10:1746	11.9	77.1		8.5-8.6	350
13:05:1784	16.5	72.0		8.0	300
18:09:1833	18.2	71.0		7.7	50-100
13:08:1868	18.2	70.5	25	9.0	500
24:05:1940	11.2	77.7	50	8.1-8.2	180
24:08:1942	15.5	74.7	33	8.2	200
17:10:1966	10.3	78.6	37	7.7-8.1	100
31:05:1970	9.2	78.8	42	7.9	130
03:10:1974	12.2	77.5	21	7.9-8.1	140
12:11:1996	15.3	76.4	18	7.7	150
23:06:2001	16.2	73.7	29	8.2	350

Lr = Longitud de ruptura Mw = Magnitud momento

Nota. Tomado de Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmica en el borde oeste del Perú, basado en datos de Silgado (1978) y Dorbat et al. (1990), (p. 95), por Tavera y Bernal.

Figura 37. Grandes sismos ocurridos en el borde oeste del Perú, en función de su ubicación en latitud, fecha de ocurrencia y longitud de ruptura.



Nota. Tomado de Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmica en el borde oeste del Perú, modificado de Dorbat et al. (1990), (p. 95), por Tavera y Bernal.

En ese sentido, se ha utilizado el repositorio de sismos en línea del Instituto Geofísico del Perú (<https://ultimosismo.igp.gob.pe/descargar-datos-sismicos>), obteniendo que, para zona de influencia del proyecto, no se han registrado sismos desde al año 1960 hasta la fecha, sin embargo, dentro de los distritos aledaños a la zona del proyecto se ha obtenido los siguientes resultados:

Tabla 9. Sismos registrados en distritos aledaños a la zona del proyecto

Fecha UTC	Hora UTC	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (km)	Magnitud Momento (Mm)	Intensidad
23/07/1985	05:15:44.00	-10.47	-76.08	112	4.9	V
10/01/1987	10:53:03.00	-10.63	-76.56	134	4.5	V
03/08/1994	18:51:40.00	-10.55	-76.43	139	5.1	V
13/03/2001	03:27:55.00	-10.4138	-76.1595	39	4.6	V
25/05/2002	17:41:20.00	-10.3504	-76.165	130	4.8	V
22/04/2003	04:41:59.00	-10.348	-76.5469	42	4.7	V
05/12/2012	00:23:35.00	-10.3491	-76.4979	118	4.9	V
05/03/2015	16:02:02.00	-10.4684	-76.2324	126	4.5	V
14/09/2016	15:01:43.00	-10.4474	-76.1916	140	4.9	V
25/11/2016	03:34:49.00	-10.4236	-76.2213	135	4.7	V
22/08/2017	21:54:14.00	-10.3733	-76.2955	136	4.5	V
27/08/2020	21:09:58	-10.554	-76.5424	117	4.1	IV
30/12/2021	02:31:21	-10.6212	-76.1615	12	3.4	IV

Nota. Elaboración propia, basado en los datos del Centro Sismológico Nacional.

De la tabla, se ha podido comprobar que el sismo histórico registrado con mayor cercanía y magnitud momento ocurrió el 03/08/2023, para calcular la longitud de ruptura, se utilizó la ecuación ya mencionada en los párrafos previos, obteniendo como resultado:

$$M_w = 1.62 \log L + 4.44$$

$$5.1 = 1.62 \log L + 4.44$$

$$L = 2.55 \text{ km}$$

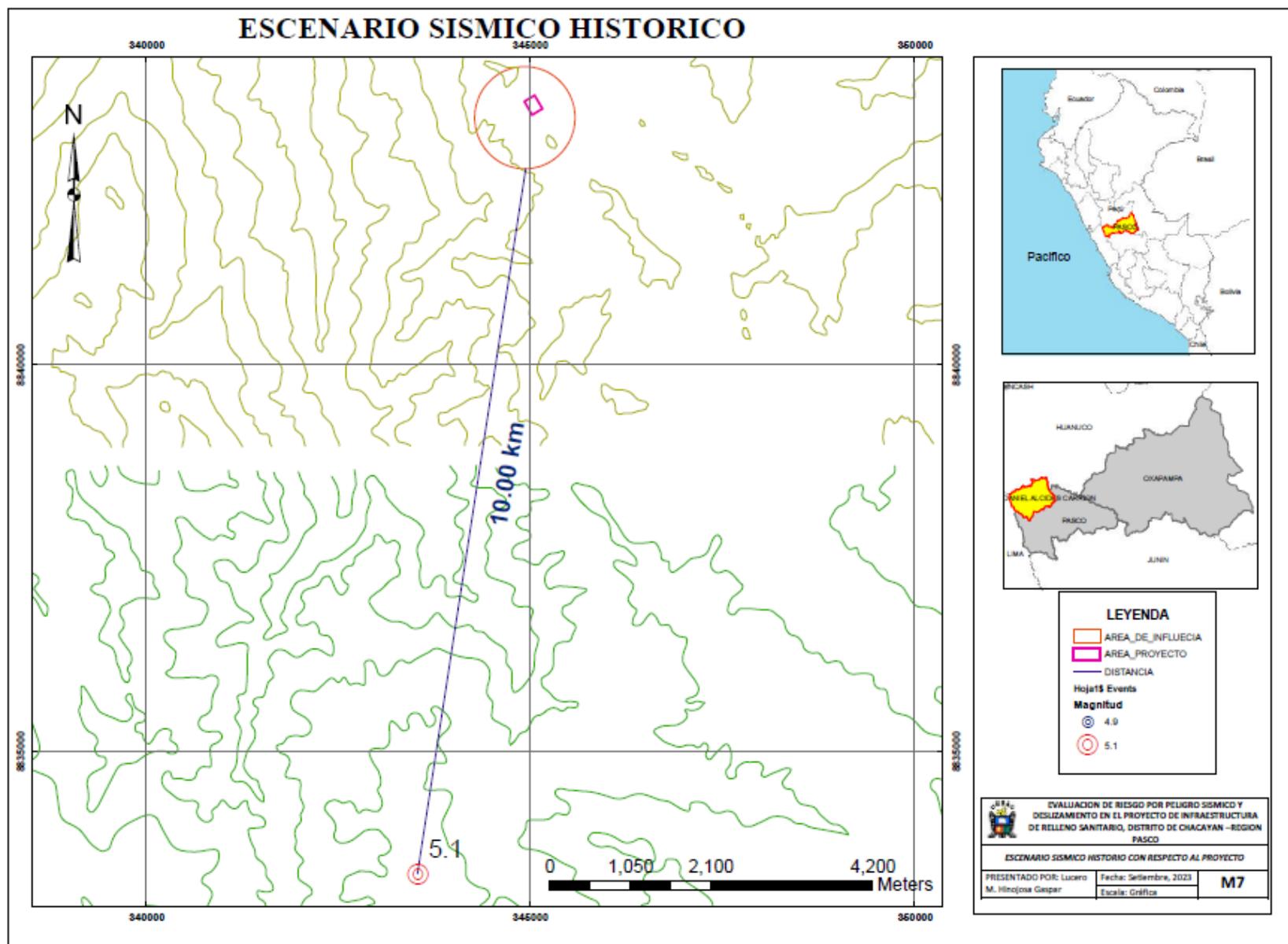
Teniendo finalmente un escenario sísmico histórico. para la zona del proyecto con los siguientes parámetros:

Tabla 10. Parámetros del escenario de riesgo sísmico para el proyecto

Ubicación	Referencia	Magnitud (Mm)	Profundidad (m)	Intensidad (IM)	Longitud Ruptura (L)	Periodo de retorno
Latitud: -10.55 Longitud: -76.43	Continentes, a 10 km al S del área del proyecto	5.1	139	V	2.55 Km	475 años

Nota. Elaboración propia.

Figura 38. Escenario Sísmico histórico para el área del proyecto



- **Geodinámica externa**

Respecto a la geodinámica externa, se abordará principalmente la dinámica de los movimientos en masa.

Los peligros geológicos de geodinámica externa, reconocidos en la zona de la investigación, podrían estar relacionados a movimientos en masa de tipo deslizamiento; estos son originados por la combinación de factores condicionantes y desencadenantes.

Se ha identificado como factores condicionantes (intrínsecos) la Pendiente, Geología y Geomorfología, estos factores ya vienen siendo analizados en el presente capítulo, como parte de la caracterización general del terreno en estudio; referente a otros peligros geológicos reconocidos en la zona, que también corresponden a los de tipo movimientos en masa (caídas de roca, movimientos complejos, reptación y flujo de detritos) y geohidrológicos (inundación pluvial), no serán analizados en el presente trabajo por no considerarse de suma relevancia para esta tesis, sin embargo, se debe tener en consideración para próximas evaluaciones de riesgo de la zona.

Los factores condicionantes combinados con los factores desencadenantes (extrínsecos) generaran el peligro en toda su magnitud, esto podría conocerse también como el “detonante”, para el presente proyecto se ha considerado a la precipitación o lluvias intensas como el factor desencadenante.

De acuerdo al (Group I to the fourth Assessment Report of the IPCC, 2007), un fenómeno meteorológico extremo es un evento “raro” en un espacio y momento determinado. Las definiciones de raro varían, pero

en general hay consenso de que un fenómeno meteorológico extremo normalmente puede ser más “raro” que el percentil 10 o 90 de la función de densidad de probabilidad observada, constituyendo así un índice climático de lluvias extremas.

Bajo estas consideraciones el SENAMHI (2014), después de un análisis, ha tomado el criterio de considerar “lluvia diaria” a las precipitaciones acumuladas en 24 horas mayores a 0.1 mm, ($RR > 0.1$ mm) para todos los cálculos realizados. Sin embargo, se detalla que no se pretende establecer normales para datos diarios de lluvia, como sabemos, es conceptualmente errado tratar una variable discreta como si fuera continua. Cabe agregar que la utilización de estos índices también se justifica porque hay disponible más información de acumulados de precipitación en 24 horas que intensidades de precipitación, lo que facilita la tarea de establecer umbrales.

Tabla 11. Caracterización de extremos de precipitación

Umbrales de precipitación	Caracterización de lluvias extremas
RR/día > 99p	Extremadamente lluvioso
95p < RR/día ≤ 99p	Muy lluvioso
90p < RR/día ≤ 95p	Lluvioso
75p < RR/día ≤ 90p	Moderadamente lluvioso

Nota. Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos, (p. 4), por SENAMHI.

Para el caso del área en investigación donde no se encontraron data diaria o mensual registrada a través de estaciones meteorológicas físicas del SENAMHI aledañas a la zona, provincia o región, en ese sentido se utilizaron los datos de umbrales y precipitaciones absolutas calculados por el SENAMHI a partir del programa PISCO (Peruvian

Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), el mismo que cuenta información de precipitaciones diarias estables desde el año 1964 hasta el 2014, obtenido de manera interpolada de la estación Yanahuanca.

Tabla 12. Umbrales de precipitación para la estación de Yanahuanca

Umbrales de precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la Estación: Yanahuanca
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR>23,6mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	17,0mm<RR≤23,6mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	13,8mm<RR≤17,0mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	9,3mm<RR≤13,8mm
RR<75p	Lluvias normales	RR≤9,3mm

Nota. Elaboración propia, basado en Umbrales y precipitaciones absolutas del SENAMHI.

Tabla 13. Precipitaciones máximas de su serie históricas en la estación de Yanahuanca

Máximas precipitaciones (mm)	Fecha
54.8	20/11/2003

Nota. Elaboración propia, basado en Umbrales y precipitaciones absolutas del SENAMHI.

Por lo que se puede decir que, en la zona de estudio las precipitaciones diarias (RR/día) anuales se encuentran por encima del percentil 99, extremadamente lluvioso.

- **Geomorfología**

El proyecto se encuentra ubicado entre dos pliegues, por lo que aguas superficiales provenientes de lluvias han aprovechado esta morfología formando así pequeños valles aluviales.

La zona es muy variante ya que con el tiempo ha sido expuesta a distintos eventos, al Noreste se presencia valle glaciar y microcuencas hidrográficas.

En la zona del proyecto de manera detallada, se pueden distinguir las siguientes unidades geomorfológicas:

Tabla 14. Unidades Geomorfológicas de la zona de estudio

Unidades geomorfológicas de carácter tectónico degradacional y erosional		
Unidad	Subunidad	Símbolo
Montañas	Relieve montañoso en rocas sedimentarias	RM-rs
Montañas y Colinas	Relieve montañoso y colinas estructurales en rocas sedimentarias	RMCE-rs

Nota. Elaboración propia

Geoformas de carácter tectónico – degradacional y erosional

De acuerdo al INGEMMET (2019), se dan en relieves originados por la tectónica o sobre paisajes que resultan de procesos exógenos agradacionales, por efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes.

Unidad de montañas

En esta unidad se encuentran las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 metros (respecto al nivel de su base local), se generan a partir de deformaciones producida por la erosión y otros de carácter tectónico.

En el contexto del área de investigación, se encuentran conformadas por alineamientos alargados de roca sedimentaria, con un fuerte estado

de meteorización. Dentro de esta unidad se ha identificado la siguiente subunidad:

Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs)

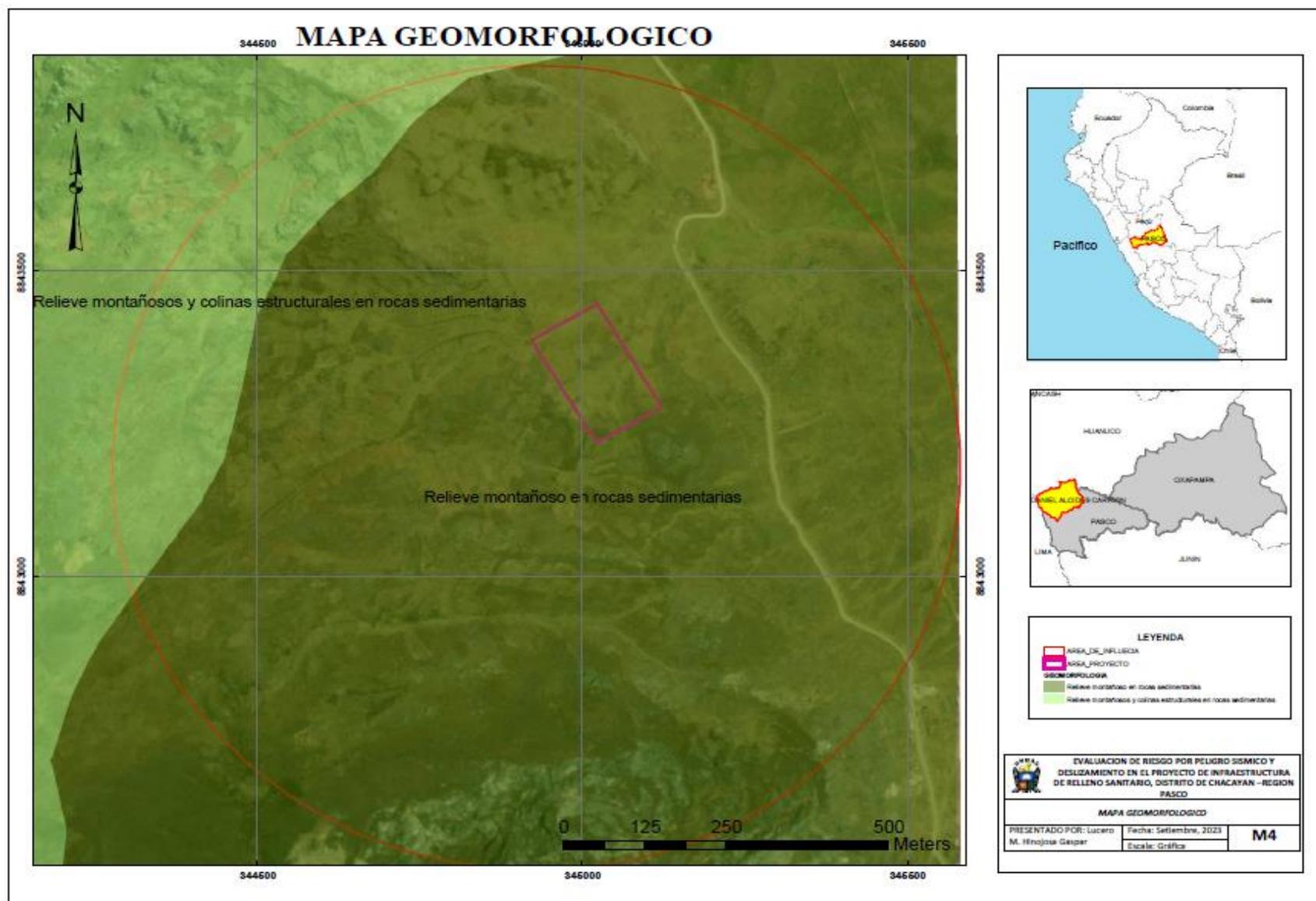
Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria del tipo areniscas con intercalaciones de edad Cretácica. Se observan laderas con pendientes llanas a fuertes. Geodinámicamente no se encuentran asociados a flujos de detritos ni a deslizamientos de gran magnitud, sin embargo, se observa una fuerte meteorización física por gelifracción en todos los afloramientos.

Unidad de colinas

Relieve montañoso y colinas estructurales (RMCE-RS)

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria; se presenta en los afloramientos de roca caliza, estructuralmente como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas que controlan la pendiente de las laderas, que le dan una característica particular en las imágenes satelitales, varían en pendiente desde moderada a muy fuerte.

Figura 39. Mapa Geomorfológico



- **Pendientes**

Según INGEMMET (2012), respecto a la pendiente, de manera general podemos decir que el escenario más idóneo para que ocurran movimientos en masa en laderas y cauces de pendiente media a fuerte ($> 30^\circ$), también es más probable la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, debido a que mientras se tenga mayor pendiente, es más fácil y rápido el escurrimiento superficial, y por ende la erosión hídrica o pluvial.

Por otro lado, los procesos lentos como la reptación de suelos y algunos deslizamientos, ocurren con una pendiente mínima.

Bajo este concepto, se elaboró el siguiente cuadro, al cual se le asigno rangos o grados de pendiente:

Tabla 15. Estratificación de pendientes

Pendiente	Inclinación	Descripción
Muy baja o llanas	Menores a 5°	Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de las zonas de planicies, también conforman los depósitos de piedemonte y fondos de valle.
Pendiente baja	Entre $5^\circ - 20^\circ$	Terrenos de pendiente moderada, presentan buena distribución en la zona de montañas y colinas, en las altiplanices por encima de los 4350 msnm.
Pendiente media	Entre $20^\circ - 35^\circ$	Pendientes con amplia distribución en la zona de montañas, también conformando laderas superiores.
Pendiente fuerte	Entre $35^\circ - 50^\circ$	Distribuidos principalmente en las laderas de montañas de la

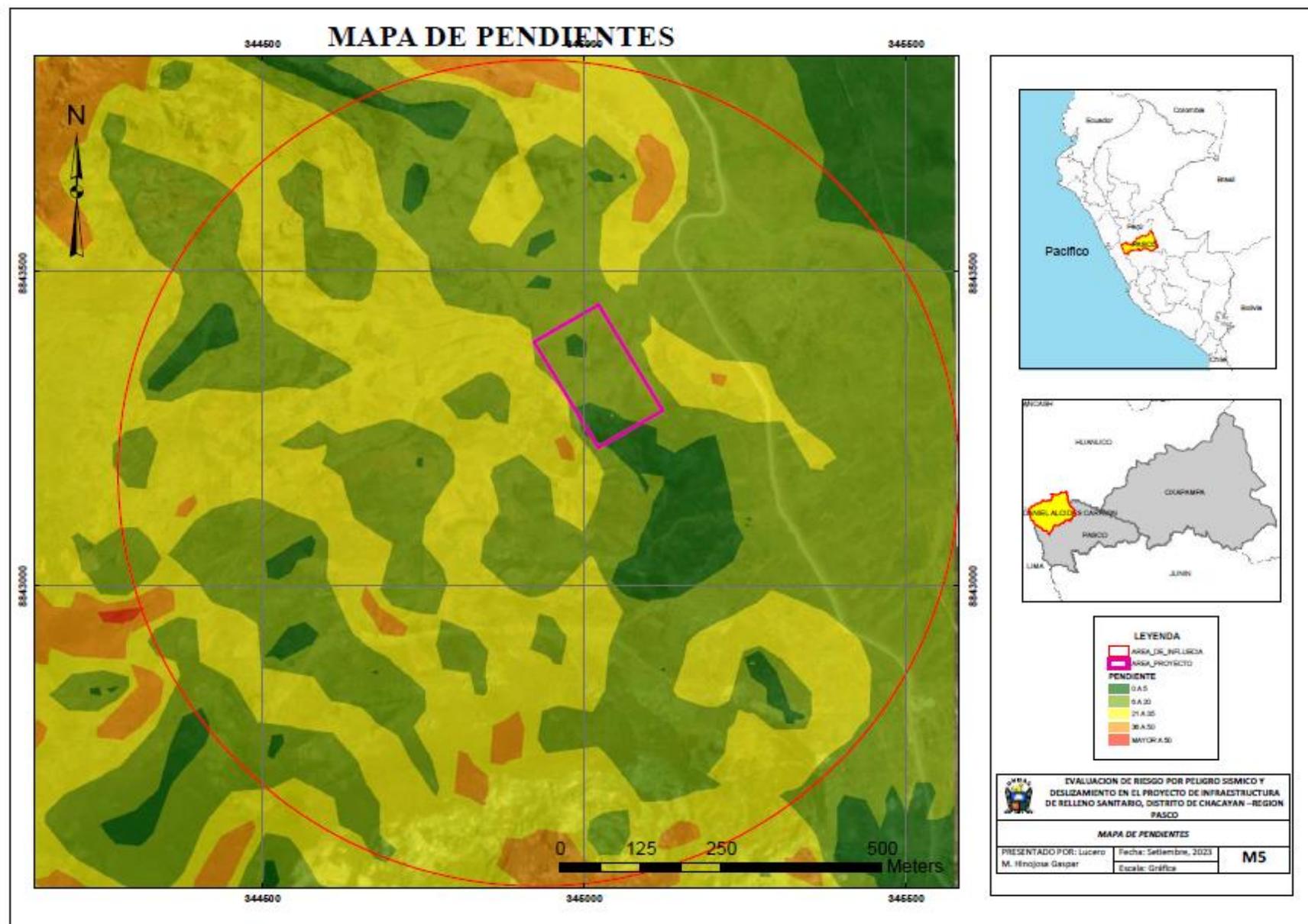
		Cordillera Occidental, se extienden por sectores.
Pendiente muy fuerte	Mayores de 50°	Presentan una distribución reducida a lo largo de laderas de valles encañonados.

Nota. Elaboración propia.

La zona de influencia comprende de un relieve variado, este presenta diversas características de elevaciones o inclinaciones en su superficie, para el área de estudio e inmediaciones se tienen superficies topográficas clasificadas desde pendiente baja hasta pendiente muy fuerte.

El mapa de pendientes, se realizó en base al Modelo de elevación digital descargado del programa ALOS Palsar, utilizándose para su procesamiento el software ArcGIS, obteniendo posterior a ello las áreas que presentan pendiente o inclinación en la zona de estudio.

Figura 40. Mapa de pendientes de la zona de influencia

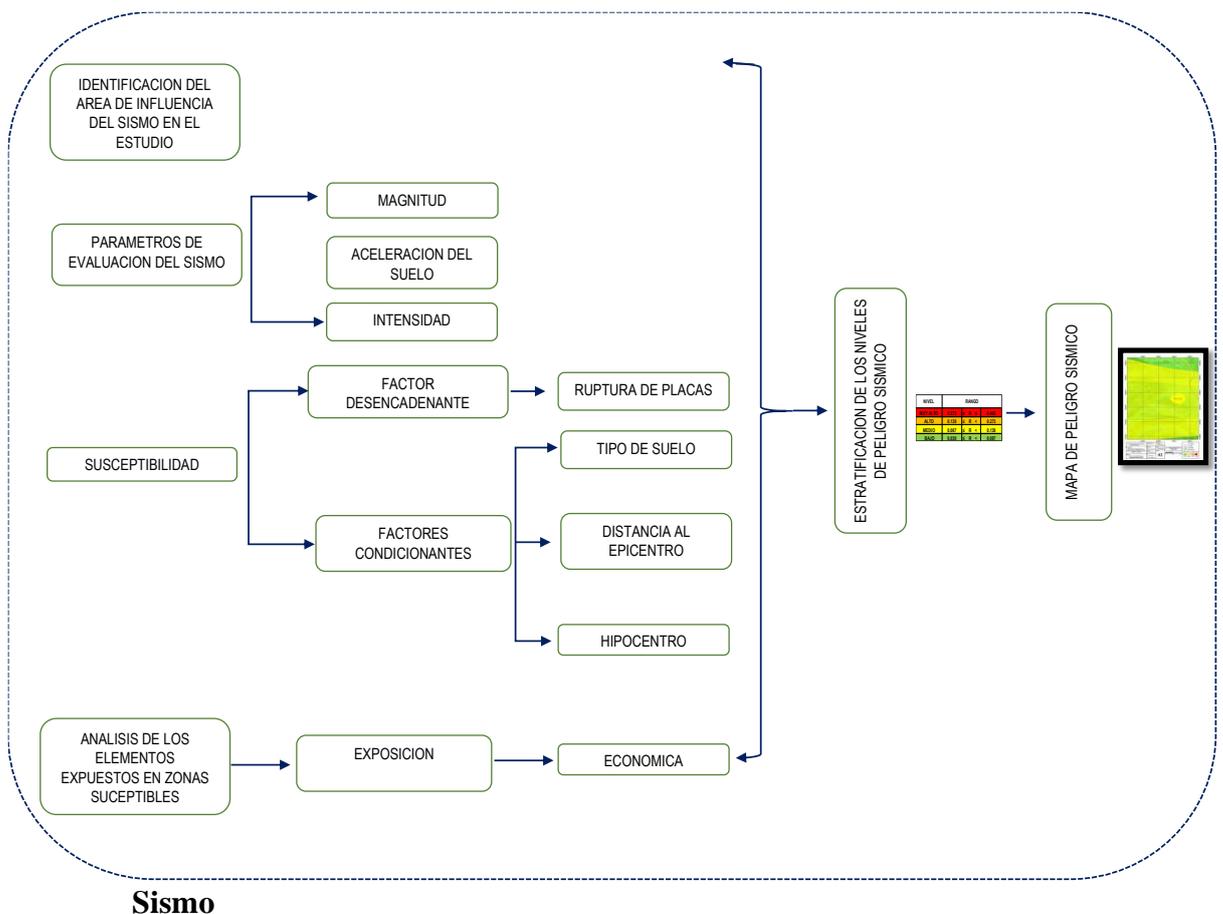


➤ **Determinación del nivel de peligrosidad**

✓ **Metodología para la determinación del peligro Sísmico:**

Para determinar el nivel de peligrosidad por sismo, se utilizó como factores condicionantes el tipo de suelo, el epicentro y el hipocentro, y la ruptura de placas como factor desencadenante; para el parámetro de evaluación se consideró la magnitud momento del sismo, aceleración máxima esperada e intensidad, seguido de la cuantificación de los elementos expuestos y sus respectivos descriptores, los mismos que finalmente permitieron la estratificación de los niveles de peligro y la elaboración del mapa.

Figura 41. Metodología para Determinar los Niveles de Peligro para

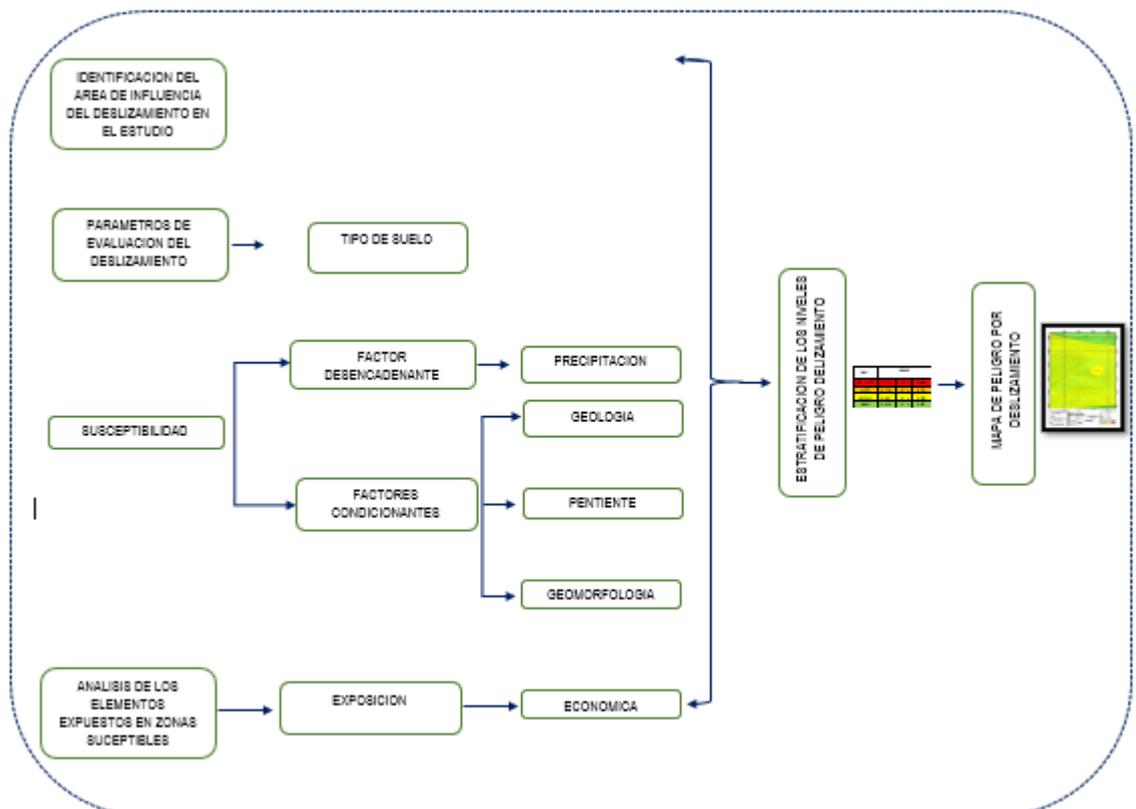


Nota. Elaboración propia

- **Deslizamiento:**

Para determinar el nivel de peligrosidad por deslizamiento, se utilizó como factores condicionantes la geología, pendiente y geomorfología, y la precipitación como factor desencadenante; para el parámetro de evaluación se consideró solo un parámetro general relacionado a la tipo de suelo, seguido nuevamente de la cuantificación de los elementos expuestos, los mismos que finalmente permitieron la estratificación de los niveles de peligro y la elaboración del mapa para peligro por deslizamiento.

Figura 42. Metodología para Determinar los Niveles de Peligro para deslizamiento



Nota. Elaboración propia

- **Recopilación y Análisis de Información**

La recopilación de información ha sido dada por la disponibilidad de estudios publicados por entidades técnico científicas competentes (INGEMMET, INEI, SENAMHI, ANA, MINAM, IGP), información histórica, estudio de peligros, cartografía, topografía, hidrografía, climatología, geología y geomorfología del área de influencia del fenómeno por sismo y deslizamiento. Así también, se ha realizado el análisis de la información proporcionada de entidades públicas y estudios publicados cercanos a las zonas evaluada, y de información en las plataformas GEOCATMIN y SIGRID.

- **Identificación del fenómeno y el peligro**

Basado principalmente en las observaciones de visita a campo (mapeos de peligros), entrevistas a los pobladores sobre peligros, consultando imágenes del Sistema Google Earth y analizando la topografía, meteorización, población cercana, quebradas, también consultando los descriptores del manual del CENEPRED (2014).

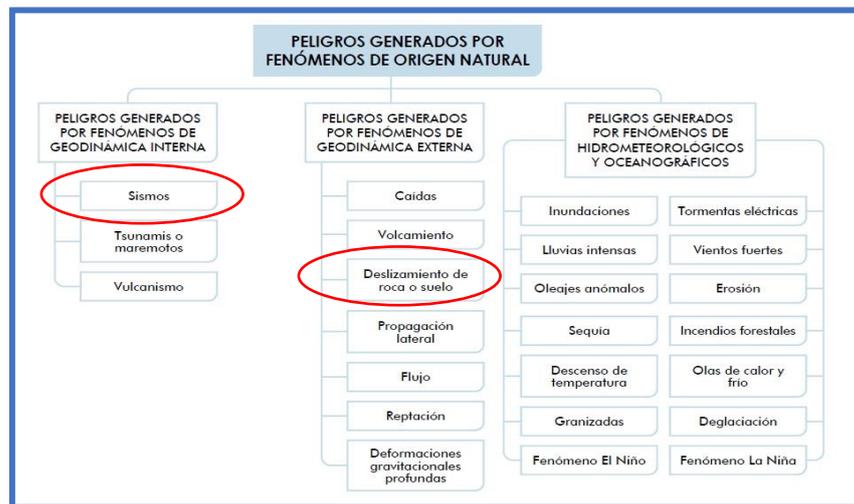
De acuerdo al CENEPRED (2014), los peligros se clasifican en; peligros generados por fenómenos de origen natural y peligros inducidos por acción humana, y este a su vez se clasifican en peligros generados por fenómenos de geodinámica interna peligros generados por fenómenos de geodinámica externa y peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos y oceanográficos. También están los peligros inducidos por acción humana como peligros físicos, peligros químicos, y peligros biológicos. Estos peligros no serán tratados en el presente estudio.

Figura 43. Clasificación de Peligros



Nota. Tomado de Evaluación de Riesgos-Versión 02(p.21), por CENEPRED, 2014.

Figura 44. Clasificación de peligros generados por fenómenos de origen natural



De lo descrito, para la presente investigación se identificaron los siguientes peligros:

- Peligro generados por Sismo.
- Peligro por Deslizamiento.

Identificación del ámbito de Influencia

El ámbito de estudio presenta una extensión territorial de 122 Ha. Identificadas de acuerdo al número de elementos expuestos en principal infraestructura vial, así como la posible influencia de los peligros geológicos de acuerdo a la geomorfología, que pudiesen encontrarse aledaños a la zona del proyecto.

Cabe detallar que, para la identificación del ámbito de influencia del presente estudio, se ha realizado un mapeo general de la zona, en la cual se han podido observar que si bien existe zonas de peligros de geodinámica externa en el distrito al cual corresponde este proyecto (Chacayán), estos no influyen ni de manera indirecta al espacio donde se encuentra ubicado la zona del proyecto.

- **Susceptibilidad del territorio para peligro sísmico**

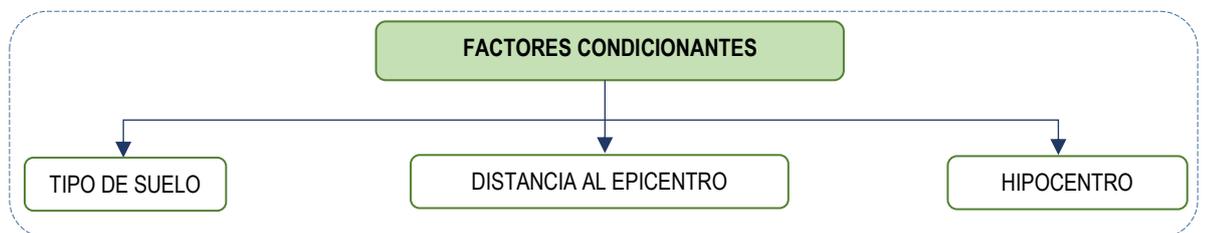
- **Análisis de los Factores condicionantes**

Básicamente se hace referencia a los factores físico-geográficos, que se han identificado en la zona de estudio, estos factores son analizados para evaluar el grado de implicancia para el desarrollo del peligro sísmico en la zona de estudio.

Cada parámetro está descrito en el ítem h del subtítulo 4.1.1.4 de la presente tesis.

La elección del descriptor representativo para cada uno de los parámetros se detalla líneas abajo en el análisis de cada factor.

Figura 45. Factores condicionantes para peligro sísmico



Nota. Elaboración propia.

Tabla 16. Factores Condicionantes

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	Nº DE PARÁMETROS	Vector Priorización
TIPO DE SUELO	F1	3	0.633
DISTANCIA AL EPICENTRO	F2		0.260
HIPOCENTRO	F3		0.106

Nota. Elaboración propia

Tabla 17. Factores condicionantes del sismo y su ponderación

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO	DISTANCIA AL EPICENTRO	HIPOCENTRO	Vector Priorización
TIPO DE SUELO	1.000	3.000	5.000	0.633
DISTANCIA AL EPICENTRO	0.333	1.000	3.000	0.260
HIPOCENTRO	0.200	0.333	1.000	0.106

Nota. Elaboración propia

Tabla 18. Normalización de factores condicionantes del sismo y su ponderación

PARÁMETRO	TIPO DE SUELO	DISTANCIA AL EPICENTRO	HIPOCENTRO	Vector Priorización
TIPO DE SUELO	0.652	0.692	0.556	0.633
DISTANCIA AL EPICENTRO	0.217	0.231	0.333	0.260
HIPOCENTRO	0.130	0.077	0.111	0.106

Nota. Elaboración propia

Tabla 19. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de los factores condicionantes de sismo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.037

Nota. Elaboración propia

Tabla 20. Descriptores del factor condicionante “Tipo de suelo”

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS/ROCAS	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización	
DESCRIPTORES	S 4	Condiciones Excepcionales	SE REFIERE A LOS SUELOS EXCEPCIONALMENTE FLEXIBLES Y LOS SITIOS DONDE LAS CONDICIONES GEOLÓGICA Y/O TOPOGRÁFICAS SON PARTICULARMENTE DESFAVORABLES, EN LOS CUALES ES NECESARIO UN ESTUDIO ESPECIFICO PARA EL SITIO.	0.444
	S 3	Suelos Blandos	SE TRATA DE SUELOS FLEXIBLES CON VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DE ONDA DE CORTE	0.315

		MENOR O IGUAL A 180m/s (ARENA MEDIA A FINA, O GRAVA ARENOSA, SUELO COHESIVO BLANDO O CUALQUIER PERFIL QUE NO CORRESPONDA AL TIPO S4.	
S 2	Rocas muy fracturadas o Suelos Intermedios	ROCAS PERTURBADAS EN BLOQUES ENTRABADOS Y ANGULARES, POR LA INTERSECCIÓN DE 4 O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES O SUELOS MEDIANAMENTE RÍGIDOS CON VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DE ONDA DE CORTE ENTRE 180 m/s y 500m/s (ARENA DENSA, GRUESA A MEDIA O GRAVA ARENOSA MEDIANAMENTE DENSA).	0.148
S 1	Roca fracturada o Suelos Rígidos	ROCAS FRACTURADAS EN BLOQUES CÚBICOS FORMANDO TRES INTERSECCIONES DE SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES O SUELOS CON VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DE ONDA DE CORTE ENTRE 500 m/s y 1500 m/s (ARENA MUY DENSA, GRAVA ARENOSA DENSA, ARCILLAS GRADADAS COMPACTAS)	0.062
S	Roca Dura o suelos muy rígidos	ROCA INTACTA, QUE PRESENTA DISCONTINUIDADES AMPLIAS Y ESPACIADAS, SUPERFICIES NO RUGOSAS, SIN EVIDENCIA DE METEORIZACIÓN, NI	0.031

ALTERACIONES, NI
HUMEDAD,
ARCILLAS MUY
COMPACTAS

1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 21. Descriptores del factor condicionante tipo de suelo y su ponderación

TIPO DE SUELO	S4 - Condiciones Excepcionales	S3 - Suelos Blandos	S2 - Suelos Intermedios	S1 - Roca o Suelos Rígidos	S0 - Roca Dura o suelos muy rígidos	Vector Priorización
S4 - Condiciones Excepcionales	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00	0.444
S3 - Suelos Blandos	0.50	1.00	3.00	7.00	9.00	0.315
S2 - Suelos Intermedios	0.25	0.33	1.00	3.00	7.00	0.148
S1 - Roca o Suelos Rígidos	0.14	0.14	0.33	1.00	3.00	0.062
S0 - Roca Dura o suelos muy rígidos	0.11	0.11	0.14	0.33	1.00	0.031

Nota. Elaboración propia

Tabla 22. Normalización de los descriptores del factor condicionante tipo de suelo

TIPO DE SUELO	S4 - Condiciones Excepcionales	S3 - Suelos Blandos	S2 - Suelos Intermedios	S1 - Roca o Suelos Rígidos	S0 - Roca Dura o suelos muy rígidos	Vector Priorización
S4 - Condiciones Excepcionales	0.499	0.558	0.472	0.382	0.310	0.444
S3 - Suelos Blandos	0.250	0.279	0.354	0.382	0.310	0.315
S2 - Suelos Intermedios	0.125	0.093	0.118	0.164	0.241	0.148
S1 - Roca o Suelos Rígidos	0.071	0.040	0.039	0.055	0.103	0.062
S0 - Roca Dura o suelos muy rígidos	0.055	0.031	0.017	0.018	0.034	0.031

Nota. Elaboración propia

Tabla 23. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-Factor tipo de suelo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.052
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.046

Nota. Elaboración propia

Tabla 24. Descriptores del factor condicionante “Distancia al Epicentro”

EPICENTRO	DISTANCIA CON RESPECTO AL EPICENTRO	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización
DESCRIPTORES	E 1 0 a 40 km	ZONA DE EPICENTRO	0.503
	E 2 40 a 80 km	BASTANTE CERCANO AL EPICENTRO	0.260
	E 3 80 a 150 Km	CERCANO AL EPICENTRO	0.134
	E 4 150 a 300 Km	LEJANO AL EPICENTRO	0.068
	E 5 300 km a Mas	EXTREMADAMENTE AL EPICENTRO	0.035
			1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 25. Descriptores del factor condicionante distancia al epicentro y su ponderación

DISTANCIA AL EPICENTRO	0 a 40 km	40 a 80 km	80 a 150 Km	150 a 300 Km	300 km a Mas	Vector Priorización
0 a 40 km	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
40 a 80 km	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
80 a 150 Km	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
150 a 300 Km	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
300 km a Mas	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 26. Normalización de los descriptores del factor condicionante distancia al epicentro

DISTANCIA AL EPICENTRO	0 a 40 km	40 a 80 km	80 a 150 Km	150 a 300 Km	300 km a Mas	Vector Priorización
0 a 40 km	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
40 a 80 km	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
80 a 150 Km	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
150 a 300 Km	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
300Km a Mas	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 27. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-factor distancia al epicentro

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Nota. Elaboración propia

Tabla 28. Descriptores del factor condicionante “Hipocentro”

HIPOCENTRO	RANGO MAGNITUD DE SISMO	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización	
DESCRPTORES	H1	0 a 33 km	SISMOS SUPERFICIALES	0.468
	H2	33 a 70 km	SISMOS SUPERFICIALES	0.268
	H3	70 a 150 km	SISMOS INTERMEDIOS	0.144
	H4	150 a 300 km	SISMOS INTERMEDIOS	0.076
	H5	300 km a mas	SISMO PROFUNDOS	0.044
				1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 29. Descriptores del factor condicionante “Hipocentro” y su

ponderación

HIPOCENTRO	0 a 33 km	33 a 70 km	70 a 150 km	150 a 300 km	300 km a mas	Vector Priorización
0 a 33 km	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00	0.468
33 a 70 km	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	0.268
70 a 150 km	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.144
150 a 300 km	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	0.076
300 km a mas	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00	0.044

Nota. Elaboración propia

Tabla 30. Normalización de los descriptores del factor condicionante

“Hipocentro”

HIPOCENTRO	0 a 33 km	33 a 70 km	70 a 150 km	150 a 300 km	300 km a mas	Vector Priorización
0 a 33 km	0.490	0.511	0.516	0.444	0.381	0.468
33 a 70 km	0.245	0.255	0.258	0.296	0.286	0.268
70 a 150 km	0.122	0.128	0.129	0.148	0.190	0.144
150 a 300 km	0.082	0.064	0.065	0.074	0.095	0.076
300 km a mas	0.061	0.043	0.032	0.037	0.048	0.044

Nota. Elaboración propia

Tabla 31. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- factor Hipocentro

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.012
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.010

Nota. Elaboración propia

▪ **Análisis del Factor desencadenante**

Referente al análisis del factor desencadenante para la ocurrencia de un deslizamiento en la zona del proyecto, se ha considerado a la precipitación como factor detonante y que a la vez es medible, el mismo que de acuerdo a sus características ya descritas en el ítem (h) del subtítulo 4.1.1.4, conforma el parámetro principal para la determinación de la magnitud momento de un sismo.

Figura 46. Factores desencadenantes



Nota. Elaboración propia.

La susceptibilidad de los elementos expuestos se refiere a la mayor o menor predisposición que el evento sísmico ocurra en la zona del Proyecto, dependiendo de los factores condicionantes y desencadenantes del sismo y el respectivo ámbito geográfico.

Tabla 32. Descriptores del Factor Desencadenante “Ruptura de Placas”

RUPTURA DE PLACAS (LONGITUD KM)	LONGITUD DE RUPTURA	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización	
DESCRPTORES	H1	DE 200 A 500 KM	MUY FUERTE RUPTURA	0.503
	H2	100 a 200 KM	FUERTE RUPTURA	0.260
	H3	50 a 100 KM	RUPTURA INTERMEDIA	0.134
	H4	25 a 50 KM	BAJA RUPTURA	0.068
	H5	0 a 25 KM	NULA O MUY BAJA RUPTURA	0.035
			1.000	

Nota. Elaboración propia

Tabla 33. Descriptores del factor desencadenante ruptura de placas y su ponderación

RUPTURA DE PLACAS (LONGITUD KM)	DE 200 A 500 KM	100 a 200 KM	50 a 100 KM	25 a 50 KM	0 a 50 KM	Vector Priorización
DE 200 A 500 KM	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
100 a 200 KM	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
50 a 100 KM	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
25 a 50 KM	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
0 a 25 KM	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 34. Normalización de los Descriptores del factor desencadenante

RUPTURA DE PLACAS (LONGITUD KM)	DE 200 A 500 KM	100 a 200 KM	50 a 100 KM	25 a 50 KM	0 a 50 KM	Vector Priorización
DE 200 A 500 KM	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
100 a 200 KM	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
50 a 100 KM	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
25 a 50 KM	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
0 a 50 KM	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 35. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-factor ruptura de placas

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Nota. Elaboración propia

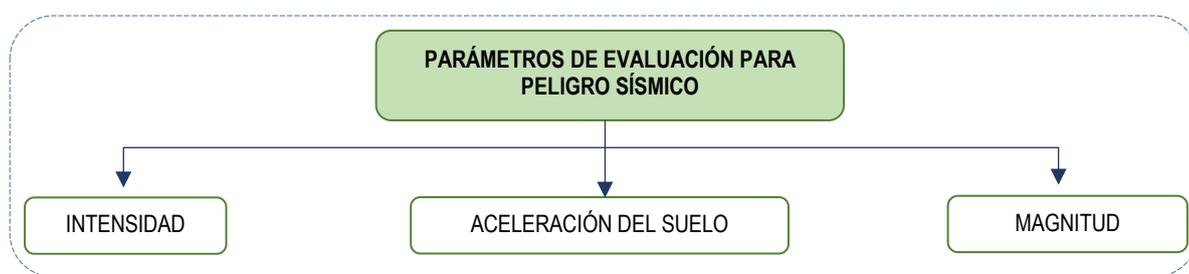
- **Parámetro de evaluación para peligro sísmico**

Para el presente trabajo se han considerado los siguientes parámetros de evaluación de la peligrosidad del sismo en la zona del proyecto.

Se indican los parámetros considerados como parte importante en el cálculo del nivel de peligrosidad sísmica:

- Intensidad
- Aceleración del suelo
- Magnitud

Figura 47. Parámetros de Evaluación del sismo



Nota. Elaboración propia.

Tabla 36. Parámetros de evaluación del sismo

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	Nº DE PARÁMETROS	Vector Priorización
MAGNITUD	P1	3	0.544
ACELERACIÓN DEL SUELO	P2		0.346
INTENSIDAD	P3		0.110

Nota. Elaboración propia

Tabla 37. Parámetros de evaluación del sismo y su ponderación

PARÁMETRO	MAGNITUD	ACELERACIÓN DEL SUELO	INTENSIDAD	Vector Priorización
MAGNITUD	1.00	2.00	4.00	0.544
ACELERACIÓN DEL SUELO	0.50	1.00	4.00	0.346
INTENSIDAD	0.25	0.25	1.00	0.110

Nota. Elaboración propia

Tabla 38. Normalización de parámetros de evaluación del sismo y su ponderación

PARÁMETRO	MAGNITUD	ACELERACIÓN DEL SUELO	INTENSIDAD	Vector Priorización
MAGNITUD	0.571	0.615	0.444	0.544
ACELERACIÓN DEL SUELO	0.286	0.308	0.444	0.346
INTENSIDAD	0.143	0.077	0.111	0.110

Nota. Elaboración propia

Tabla 39. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-parámetros de evaluación del sismo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.027
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.051

Nota. Elaboración propia

Los descriptores de los parámetros y su ponderación se señalan a continuación:

Tabla 40. Descriptores del parámetro “magnitud” del sismo

MAGNITUD	RANGO MAGNITUD DE SISMO	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización	
DESCRIPTORES	M1	MAYOR A 8.0	GRANDES TERREMOTOS	0.527
	M1	6.0 A 7.9	SISMO MAYOR	0.252
	M3	4.5 A 5.9	PUEDEN CAUSAR DAÑOS MENORES EN LA LOCALIDAD	0.114
	M4	3.5 A 4.4	SENTIDO POR MUCHA GENTE	0.067
	M5	MENOR A 3.4	NO ES SENTIDO EN GENERAL, PERO ES REGISTRADO EN SISMO	0.039
			1.000	

Nota. Elaboración propia

Tabla 41. Descriptores del parámetro “magnitud” del sismo y su ponderación

MAGNITUD	MAYOR A 8.0	6.0 A 7.9	4.5 A 5.9	3.5 A 4.4	MENOR A 3.4	Vector Priorización
MAYOR A 8.0	1.00	3.00	6.00	7.00	9.00	0.527
6.0 A 7.9	0.33	1.00	3.00	4.00	7.00	0.252
4.5 A 5.9	0.17	0.33	1.00	2.00	4.00	0.114
3.5 A 4.4	0.14	0.25	0.50	1.00	2.00	0.067
MENOR A 3.4	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00	0.039

Nota. Elaboración propia

Tabla 42. Normalización de los descriptores del parámetro “magnitud” del sismo

MAGNITUD	MAYOR A 8.0	6.0 A 7.9	4.5 A 5.9	3.5 A 4.4	MENOR A 3.4	Vector Priorización
----------	-------------	-----------	-----------	-----------	-------------	---------------------

MAYOR A 8.0	0.570	0.635	0.558	0.483	0.391	0.527
6.0 A 7.9	0.190	0.212	0.279	0.276	0.304	0.252
4.5 A 5.9	0.095	0.071	0.093	0.138	0.174	0.114
3.5 A 4.4	0.081	0.053	0.047	0.069	0.087	0.067
MENOR A 3.4	0.063	0.030	0.023	0.034	0.043	0.039

Nota. Elaboración propia

Tabla 43. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-Parámetro magnitud

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.032
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.028

Nota. Elaboración propia

Tabla 44. Descriptores del parámetro “intensidad del sismo”

INTENSIDAD	RANGO INTENSIDAD DE SISMO	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización	
DESCRIPTORES	INT1	XI y XII.	Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire	0.503
	INT2	IX y X.	Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado	0.260
	INT3	VI, VII y VIII.	Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en estructuras de buen diseño.	0.134
	INT4	III, IV y V.	Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean	0.068
	INT5	I y II.	Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.	0.035
			1.000	

Nota. Elaboración propia

Tabla 45. Descriptores del parámetro “intensidad del sismo” y su ponderación

INTENSIDAD	XI y XII.	IX y X.	VI, VII y VIII.	III, IV y V.	I y II.	Vector Priorización
XI y XII.	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
IX y X.	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
VI, VII y VIII.	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
III, IV y V.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
I y II.	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 46. Normalización de descriptores del parámetro “intensidad del sismo”

INTENSIDAD	XI y XII.	IX y X.	VI, VII y VIII.	III, IV y V.	I y II.	Vector Priorización
XI y XII.	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
IX y X.	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
VI, VII y VIII.	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
III, IV y V.	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
I y II.	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 47. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-parámetro intensidad del sismo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Nota. Elaboración propia

Tabla 48. Descriptores del parámetro “aceleración máxima del suelo”

ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (PGA) - NORMA TÉCNICA E030	RANGO DE ACELERACIÓN	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización	
DESCRPTORES	AS1	PGA \geq 0.45 g	ZONA 4	0.503
	AS2	0.35 g \leq PGA < 0.45g	ZONA 3	0.260
	AS3	0.25 g \leq PGA < 0.35g	ZONA 2	0.134
	AS4	0.10 g \leq PGA < 0.25g	ZONA 1	0.068
	AS5	PGA < 0.10g	ZONA 1	0.035
1.000				

Nota. Elaboración propia

Tabla 49. Descriptores del parámetro “aceleración máxima del suelo” y su ponderación

ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (PGA) - NORMA TÉCNICA E30	PGA \geq 0.45 g	0.35 g \leq PGA < 0.45g	0.25 g \leq PGA < 0.35g	0.10 g \leq PGA < 0.25g	PGA < 0.10g	Vector Priorización
PGA \geq 0.45 g	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
0.35 g \leq PGA < 0.45g	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
0.25 g \leq PGA < 0.35g	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
0.10 g \leq PGA < 0.25g	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
PGA < 0.10g	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 50. Normalización de descriptores del parámetro “aceleración máxima del suelo”

ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO (PGA) - NORMA TÉCNICA E30	PGA ≥ 0.45 g	0.35 g ≤ PGA < 0.45g	0.25 g ≤ PGA < 0.35g	0.10 g ≤ PGA < 0.25g	PGA < 0.10g	Vector Priorización
PGA ≥ 0.45 g	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
0.35 g ≤ PGA < 0.45g	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
0.25 g ≤ PGA < 0.35g	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
0.10 g ≤ PGA < 0.25g	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
PGA < 0.10g	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 51. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-parámetro aceleración máxima del suelo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Nota. Elaboración propia

▪ **Niveles de Peligro para peligro sísmico**

En el siguiente cuadro, se muestran los niveles de peligro y sus respectivos rangos obtenidos a través del Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 52. Nivel de peligrosidad por sismo

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.203	≤	R	≤	0.237
ALTO	0.158	≤	R	<	0.203
MEDIO	0.129	≤	R	<	0.158
BAJO	0.127	≤	R	<	0.129

Nota. Elaboración propia.

- Estrato nivel de peligrosidad para peligro sísmico

Tabla 53. Estratificación del Nivel de Peligrosidad por Sismo

MATRIZ NIVEL DE PELIGROSIDAD POR SISMO		
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Para el escenario de riesgo de sismo ubicado en la zona del epicentro con magnitudes momento de 5.1 y de intensidad V, con profundidad intermedia (139 km), por lo tanto, la longitud de ruptura del sismo es clasificada como muy baja o está por debajo de los 25 km, con un PGA igual a 0.35 y ubicados en suelos excepcionales que requieren de un análisis más detallado de laboratorio hasta suelos blandos (arenas, gravas arenosas y suelos cohesivos).	De 0.203 a 0.273
ALTO	Para el escenario de riesgo de sismo ubicado en la zona del epicentro con magnitudes momento de 5.1 y de intensidad V, con profundidad intermedia (139 km), por lo tanto, la longitud de ruptura del sismo es clasificada como muy baja o está por debajo de los 25 km, con un PGA igual a 0.35 y ubicados en suelos intermedios (arenas densas, gravas arenosas medianamente densas) o rocas perturbadas en bloques entrabados y angulares con más 4 discontinuidades intersectadas.	De 0.158 a 0.203
MEDIO	Para el escenario de riesgo de sismo ubicado en la zona del epicentro con magnitudes momento de 5.1 y de intensidad V, con profundidad intermedia (139 km), por lo tanto, la longitud de ruptura del sismo es clasificada como muy baja o está por debajo de los 25 km, con un PGA igual a 0.35 y ubicados en suelos rígidos (arenas densas o arcillas compactas gradadas) o rocas fracturadas con menos de 3 discontinuidades intersectadas, sin presencia de humedad ni alteraciones.	De 0.129 a 0.158
BAJO	Para el escenario de riesgo de sismo ubicado en la zona del epicentro con magnitudes momento de 5.1 y de intensidad V, con profundidad intermedia (139 km), por lo tanto, la longitud de ruptura del sismo es clasificada como muy baja o está por debajo de los 25 km, con un PGA igual a 0.35 y ubicado en áreas de suelos muy rígidos (arcillas muy compactas), o en roca intacta con discontinuidades espaciadas, leve meteorización y sin evidencia de humedad.	De 0.127 a 0.129

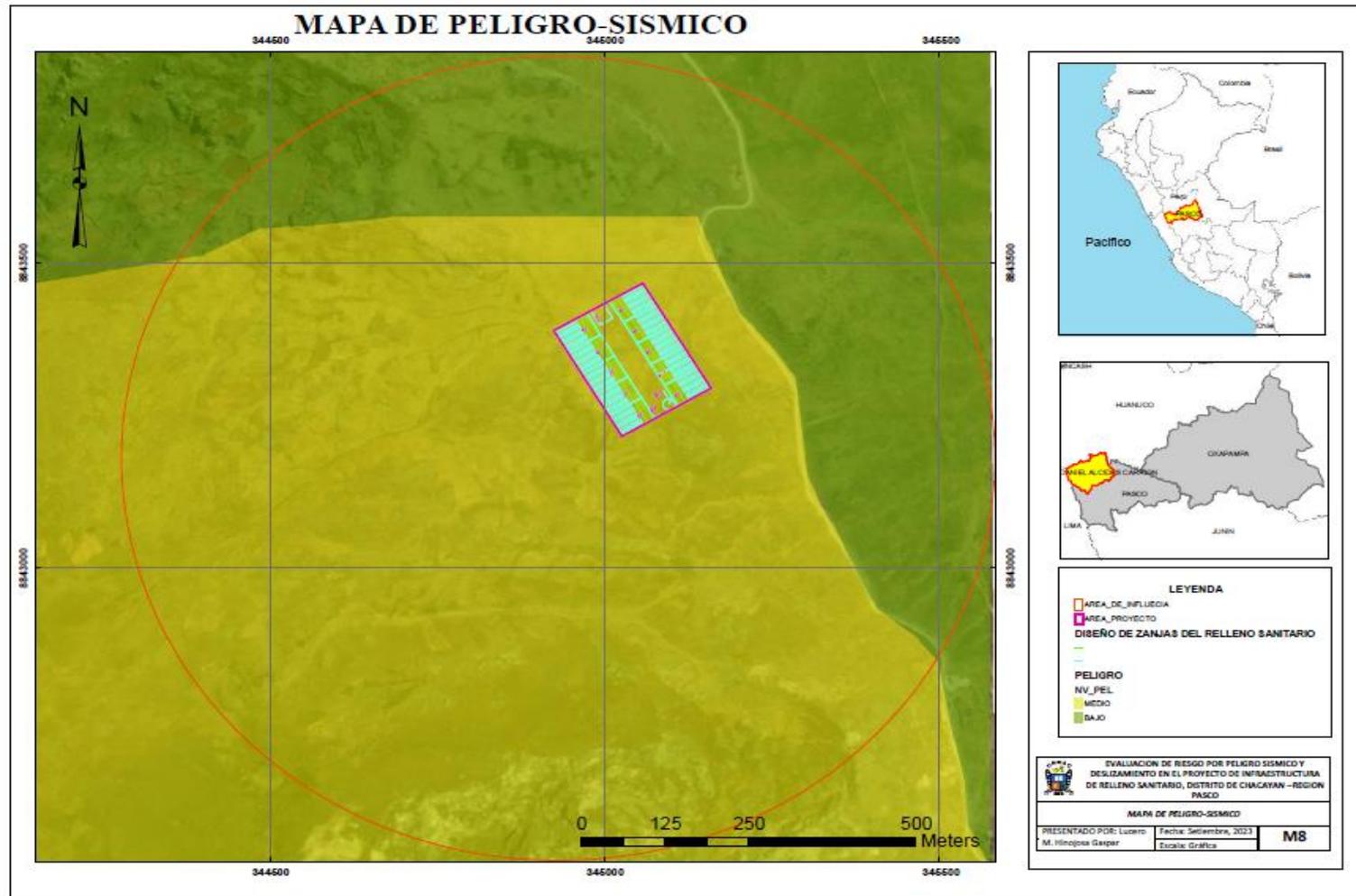
Nota. Elaboración propia.

- **Elementos expuestos para peligro sísmico**

Básicamente la Infraestructura de Residuos Sólidos será el único elemento expuesto ubicado dentro del área de influencia, debido a que es la única infraestructura que se encontrara en esta zona, no habiendo viviendas, puentes u otras infraestructuras aledañas al proyecto.

- Mapa de peligro por sismo en el ámbito de estudio

Figura 48. Mapa de peligro Sísmico



- **Definición de escenario para peligro sísmico**

De acuerdo a la evaluación realizada líneas arriba el nivel de peligro sísmico, para **la infraestructura del Relleno Sanitario del distrito de Chacayán es en su totalidad de nivel medio**, de la misma forma el área circundante, presenta peligro medio a bajo, condicionados por el tipo de suelo y roca propia de la zona, desencadenado con un sismo de 5.1 grados de magnitud momento, con intensidad de Mercalli de V, con un epicentro de 10 km al S del proyecto e hipocentro de 137km.

- **Susceptibilidad del territorio para peligro de deslizamiento**

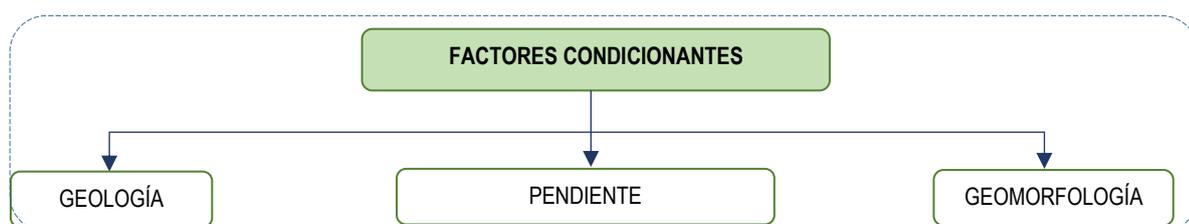
La **susceptibilidad** de los elementos expuestos se refiere a la mayor o menor predisposición que el evento de deslizamiento ocurra en la zona del Proyecto, dependiendo de los factores condicionantes y desencadenantes de este proceso respectivo ámbito geográfico. Para la **presente** evaluación se establecieron los siguientes Factores Condicionantes y Desencadenantes.

- **Factores Condicionantes**

Cada parámetro está descrito en el ítem i del subtítulo 4.1.1.4 de la presente tesis.

La elección del descriptor representativo para cada uno de los parámetros se detalla líneas abajo en el análisis para cada factor.

Figura 49. Factores condicionantes para peligro deslizamiento



Nota. Elaboración propia.

Tabla 54. Factores Condicionantes

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	Nº DE PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización
GEOLOGÍA	P1	3	Aspectos geológicos (litología) de la zona.	0.581
PENDIENTE	P2		Inclinaciones del relieve de la zona, que varía de acuerdo al espacio de ubicación.	0.309
GEOMORFOLOGÍA	P3		Principales geformas encontradas en la zona, que pudiesen influir en el deslizamiento u otros movimientos en masa.	0.110

Nota. Elaboración propia

Tabla 55. Factores condicionantes del deslizamiento y su ponderación

PARÁMETRO	GEOLOGÍA	PENDIENTE	GEOMORFOLOGÍA	Vector de priorización
GEOLOGÍA	1.000	2.00	5.00	0.581
PENDIENTE	0.50	1.000	3.00	0.309
GEOMORFOLOGÍA	0.20	0.33	1.000	0.110
SUMA	1.70	3.33	9.00	1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 56. Normalización de factores condicionantes del deslizamiento y su ponderación

PARÁMETRO	GEOLOGÍA	PENDIENTE	GEOMORFOLOGÍA	Vector Priorización
GEOLOGÍA	0.588	0.600	0.556	0.581
PENDIENTE	0.294	0.300	0.333	0.309
GEOMORFOLOGÍA	0.118	0.100	0.111	0.110

Nota. Elaboración propia

Tabla 57. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) de los factores condicionantes deslizamiento

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.002
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	RC	0.004

Nota. Elaboración propia

Tabla 58. Descriptores del factor condicionante “Geología”

GEOLOGÍA		LITOLOGÍA	Vector Priorización
DESCRIPTORES	G1	Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd)	0.503
	G2	Complejo Marañón (Pe-cme)	0.260
	G3	Grupo Mitu (Ps-m)	0.134
	G4	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.068
	G5	Grupo Pucara (TsJi-pu)	0.035
			1.000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 59. Descriptores del factor condicionante “geología” y su ponderación

GEOLOGÍA	Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd)	Complejo Marañón (Pe-cme)	Grupo Mitu (Ps-m)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Grupo Pucara (TsJi-pu)	Vector priorización
Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
Complejo Marañón (Pe-cme)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
Grupo Mitu (Ps-m)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
Grupo Pucara (TsJi-pu)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 60. Normalización de los descriptores del factor condicionante

“geología”

GEOLOGÍA	Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd)	Complejo Marañón (Pe-cme)	Grupo Mitu (Ps-m)	Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	Grupo Pucara (TsJi-pu)	Vector priorización
Depósitos coluvio-deluvial (Q-cd)	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Complejo Marañón (Pe-cme)	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Grupo Mitu (Ps-m)	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Grupo Pucara (TsJi-pu)	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 61. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-Factor “geología”

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Nota. Elaboración propia

Tabla 62. Descriptores del factor condicionante “Pendiente”

PENDIENTE		RANGO DE INCLINACIÓN	Vector Priorización
DESCRIPTORES	PN1	Mayor a 50°	0.430
	PN2	Entre 35° a 50°	0.278
	PN3	Entre 20° a 35°	0.166
	PN4	Entre 5° a 20°	0.081
	PN5	Menor a 5°	0.045
			1.000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 63. Descriptores del factor condicionante “pendiente” y su ponderación

PENDIENTE	Mayor a 50°	Entre 35° a 50°	Entre 20° a 35°	Entre 5° a 20°	Menor a 5°	Vector priorización
Mayor a 50°	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00	0.430
Entre 35° a 50°	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00	0.278
Entre 20° a 35°	0.33	0.50	1.00	2.00	5.00	0.166
Entre 5° a 20°	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00	0.081
Menor a 5°	0.14	0.17	0.20	0.50	1.00	0.045

Nota. Elaboración propia

Tabla 64. Normalización de los descriptores del factor condicionante

“pendiente”

PENDIENTE	Mayor a 50°	Entre 35° a 50°	Entre 20° a 35°	Entre 5° a 20°	Menor a 5°	Vector priorización
Mayor a 50°	0.460	0.511	0.448	0.400	0.333	0.430
Entre 35° a 50°	0.230	0.255	0.299	0.320	0.286	0.278
Entre 20° a 35°	0.153	0.128	0.149	0.160	0.238	0.166
Entre 5° a 20°	0.092	0.064	0.075	0.080	0.095	0.081
Menor a 5°	0.066	0.043	0.030	0.040	0.048	0.045

Nota. Elaboración propia

Tabla 65. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-factor “pendiente”

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.018
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.016

Nota. Elaboración propia

Tabla 66. Descriptores del factor condicionante “Geomorfología”

GEOMORFOLOGÍA	DISTANCIA CON RESPECTO AL EPICENTRO		Vector Priorización
DESCRIPTORES	GM1	Vertiente o pie de monte coluvio-deluvial (V-cd)	0.503
	GM2	Relieve montañoso en rocas metamórficas (RM-rm)	0.260
	GM3	Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs)	0.134

GM4	Relieve montañoso y Colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	0.068
GM5	Relieve de Colina en roca intrusiva (RC-ri)	0.035

Nota. Elaboración propia.

Tabla 67. Descriptores del factor condicionante “Geomorfología” y su ponderación

GEOMORFOLOGÍA	Vertiente o pie de monte coluvio-deluvial (V-cd)	Relieve montañoso en rocas metamórficas (RM-rm)	Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs)	Relieve montañoso y Colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	Relieve de Colina en roca intrusiva (RC-ri)	Vector Priorización
Vertiente o pie de monte coluvio-deluvial (V-cd)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
Relieve montañoso en rocas metamórficas (RM-rm)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
Relieve montañoso y Colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
Relieve de Colina en roca intrusiva (RC-ri)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 68. Normalización de los descriptores del factor condicionante “Geomorfología”

GEOMORFOLOGÍA	Vertiente o pie de monte coluvio-deluvial (V-cd)	Relieve montañoso en rocas metamórficas (RM-rm)	Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs)	Relieve montañoso y Colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	Relieve de Colina en roca intrusiva (RC-ri)	Vector priorización
Vertiente o pie de monte coluvio-deluvial (V-cd)	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Relieve montañoso en rocas metamórficas	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260

(RM-
rm)

Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs)	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Relieve montañoso y Colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Relieve de Colina en roca intrusiva (RC-ri)	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 69. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- factor

“Geomorfología”

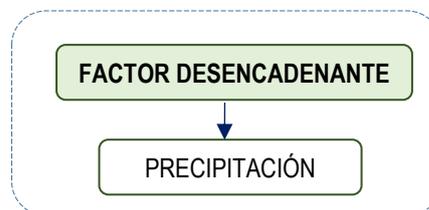
ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Nota. Elaboración propia

- **Análisis del Factor desencadenante**

Referente al factor desencadenante para la ocurrencia de un sismo en la zona del proyecto, se ha evaluado a la ruptura de placas como factor detonante y medible, el mismo que de acuerdo a sus características ya descritas en el ítem (i) del subtítulo 4.1.1.4, siendo el factor más predominante en la zona de estudio, que pudiese desencadenar un posible deslizamiento.

Figura 50. Factores desencadenantes



Nota. Elaboración propia.

Tabla 70. Descriptores del Factor Desencadenante “Precipitación”

PRECIPITACIÓN	PERCENTILES	DESCRIPCIÓN	Vector priorización	
DESCRIPTORES	PR1	Mayor P99	Extremadamente lluvioso	0.503
	PR2	P95-P99	Muy lluvioso	0.260
	PR3	P90-P95	Lluvioso	0.134
	PR4	P75-P90	Moderadamente lluvioso	0.068
	PR5	Menor a P75	Nula o lloviznas que se consideren normales por la temporada	0.035
			1.000	

Nota. Elaboración propia

Tabla 71. Descriptores del factor desencadenante “precipitación” y su ponderación

PERCENTILES	Mayor P99	P95-P9	P90-P95	P75-P90	Menor a P75	Vector priorización
Mayor P99	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
P95-P9	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
P90-P95	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
P75-P90	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
Menor a P75	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 72. Normalización de los Descriptores del factor desencadenante “precipitación”

PERCENTILES	Mayor P99	P95-P9	P90-P95	P75-P90	Menor a P75	Vector priorización
Mayor P99	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
P95-P9	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
P90-P95	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
P75-P90	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a P75	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 73. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-factor “precipitación”

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Nota. Elaboración propia

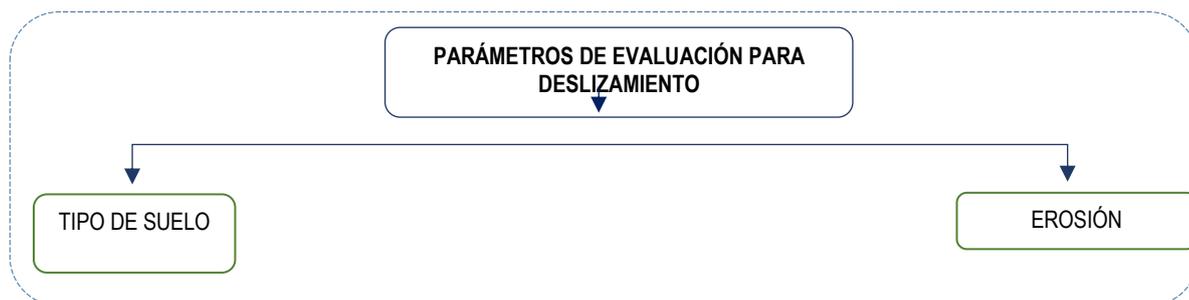
- **Parámetro de evaluación para peligro de deslizamiento**

De acuerdo a las condiciones del ámbito geográfico de estudio, se ha tomado en consideración dos parámetros para la evaluación de deslizamientos en la zona, los mismos que guardan relación con lo

evidenciado in situ y que representan de manera preponderante parámetros de deslizamiento específico en la zona, estos son los siguientes:

- Textura del suelo
- Erosión

Figura 51. Parámetros de Evaluación del deslizamiento



Nota. Elaboración propia.

Tabla 74. Parámetros de evaluación del deslizamiento

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	Nº DE PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización
TIPO DE SUELO	P1	2	Características de los suelos	0.550
EROSIÓN	P2		Estado y tipo de erosión	0.450

Nota. Elaboración propia

Los descriptores de los parámetros y su ponderación se señalan a continuación:

Tabla 75. Descriptores del parámetro “tipo del suelo” del deslizamiento

TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS/ROCAS	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización
DESCRIPTORE S S	S 4	CONDICIONES EXCEPCIONALES SE REFIERE A LOS SUELOS EXCEPCIONALMENTE FLEXIBLES Y LOS SITIOS DONDE LAS CONDICIONES GEOLÓGICA Y/O TOPOGRÁFICAS SON PARTICULARMENTE DESFAVORABLES, EN LOS CUALES ES NECESARIO UN ESTUDIO	0.444

ESPECIFICO PARA EL SITIO.			
S 3	Suelos Blandos	SE TRATA DE SUELOS FLEXIBLES CON VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DE ONDA DE CORTE MENOR O IGUAL A 180m/s (ARENA MEDIA A FINA, O GRAVA ARENOSA, SUELO COHESIVO BLANDO O CUALQUIER PERFIL QUE NO CORRESPONDA AL TIPO S4.	0.315
S 2	Rocas muy fracturadas o Suelos Intermedios	ROCAS PERTURBADAS EN BLOQUES ENTRABADOS Y ANGULARES, POR LA INTERSECCIÓN DE 4 O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES O SUELOS MEDIANAMENTE RÍGIDOS CON VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DE ONDA DE CORTE ENTRE 180 m/s y 500m/s (ARENA DENSA, GRUESA A MEDIA O GRAVA ARENOSA MEDIAMENTE DENSA).	0.148
S 1	Roca fracturada o Suelos Rígidos	ROCAS FRACTURADAS EN BLOQUES CÚBICOS FORMANDO TRES INTERSECCIONES DE SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES O SUELOS CON VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DE ONDA DE CORTE ENTRE 500 m/s y 1500 m/s (ARENA MUY	0.062

		DENSA, GRAVA ARENOSA DENSA, ARCILLAS GRADADAS DE COMPACTAS)	
S	Roca Dura o Suelos muy rígidos	ROCA INTACTA, QUE PRESENTA DISCONTINUIDADES AMPLIAS Y ESPACIADAS, SUPERFICIES NO RUGOSAS, SIN EVIDENCIA DE METEORIZACIÓN, NI ALTERACIONES, NI HUMEDAD, ARCILLAS MUY COMPACTAS	0.031
			1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 76. Descriptores del parámetro “tipo del suelo” y su ponderación

TIPO DE SUELO	S4 - Condiciones Excepcionales	S3 - Suelos Blandos	S2 - Suelos Intermedios	S1 - Roca o Suelos Muy Rígidos	S0 - Roca Dura	Vector priorización
S4 - Condiciones Excepcionales	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00	0.444
S3 - Suelos Blandos	0.50	1.00	3.00	7.00	9.00	0.315
S2 - Suelos Intermedios	0.25	0.33	1.00	3.00	7.00	0.148
S1 - Roca o Suelos Muy Rígidos	0.14	0.14	0.33	1.00	3.00	0.062
S0 - Roca Dura	0.11	0.11	0.14	0.33	1.00	0.031

Nota. Elaboración propia

Tabla 77. Normalización de los descriptores del parámetro “tipo de suelo” del sismo

TIPO DE SUELO	S4 - Condiciones Excepcionales	S3 - Suelos Blandos	S2 - Suelos Intermedios	S1 - Roca o Suelos Muy Rígidos	S0 - Roca Dura	Vector priorización
S4 - Condiciones Excepcionales	0.499	0.558	0.472	0.382	0.310	0.444

S3 - Suelos Blandos	0.250	0.279	0.354	0.382	0.310	0.315
S2 - Suelos Intermedios	0.125	0.093	0.118	0.164	0.241	0.148
S1 - Roca o Suelos Muy Rígidos	0.071	0.040	0.039	0.055	0.103	0.062
S0 - Roca Dura	0.055	0.031	0.017	0.018	0.034	0.031

Nota. Elaboración propia

Tabla 78. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-Parámetro “tipo de suelo”

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.052
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.046

Nota. Elaboración propia

Tabla 79. Descriptores del parámetro “erosión”

EROSIÓN	ZONAS DE METEORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización
DESCRIPTORES	E1	ZONAS MUY INESTABLES Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas).	0.503
	E2	ZONAS INESTABLES macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.260
	E3	ZONAS DE ESTABILIDAD MARGINAL Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	0.134

E4	LADERAS CON SUBSTRATO ROCOSO METEORIZADAS	Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturadas.	0.068
E5	LADERAS CON SUBSTRATO ROCOSO NO METEORIZADO	Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamiento y erosión.	0.035
			1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 80. Descriptores del parámetro “erosión” y su ponderación

FRECUENCIA	ZONAS MUY INESTABLES	ZONAS INESTABLES	ZONAS DE ESTABILIDAD MARGINAL	LADERAS CON MATERIAL POCO FRACTURADO	LADERAS CON SUBSTRATO ROCOSO NO METEORIZADO	Vector priorización
ZONAS MUY INESTABLES	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
ZONAS INESTABLES	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
ZONAS DE ESTABILIDAD MARGINAL	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
LADERAS CON MATERIAL POCO FRACTURADO	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
LADERAS CON SUBSTRATO ROCOSO NO METEORIZADO	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 81. Normalización de descriptores del parámetro “erosión”

FRECUENCIA	ZONAS MUY INESTABLES	ZONAS INESTABLES	ZONAS DE ESTABILIDAD MARGINAL	LADERAS CON MATERIAL POCO FRACTURADO	LADERAS CON SUBSTRATO ROCOSO NO METEORIZADO	Vector priorización
ZONAS MUY INESTABLES	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
ZONAS INESTABLES	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
ZONAS DE ESTABILIDAD MARGINAL	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
LADERAS CON MATERIAL POCO FRACTURADO	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
LADERAS CON SUBSTRATO ROCOSO NO METEORIZADO	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 82. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-parámetro “erosión”

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.059
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.053

Nota. Elaboración propia

• Niveles de Peligro para peligro de deslizamiento

Tabla 83. Nivel de peligrosidad por deslizamiento de suelos

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.349	≤	R	≤	0.475
ALTO	0.263	≤	R	<	0.349
MEDIO	0.210	≤	R	<	0.263
BAJO	0.187	≤	R	<	0.210

Nota. Elaboración propia

- Estrato nivel de peligrosidad para peligro de deslizamiento

Tabla 84. Estratificación de nivel de peligrosidad de deslizamiento

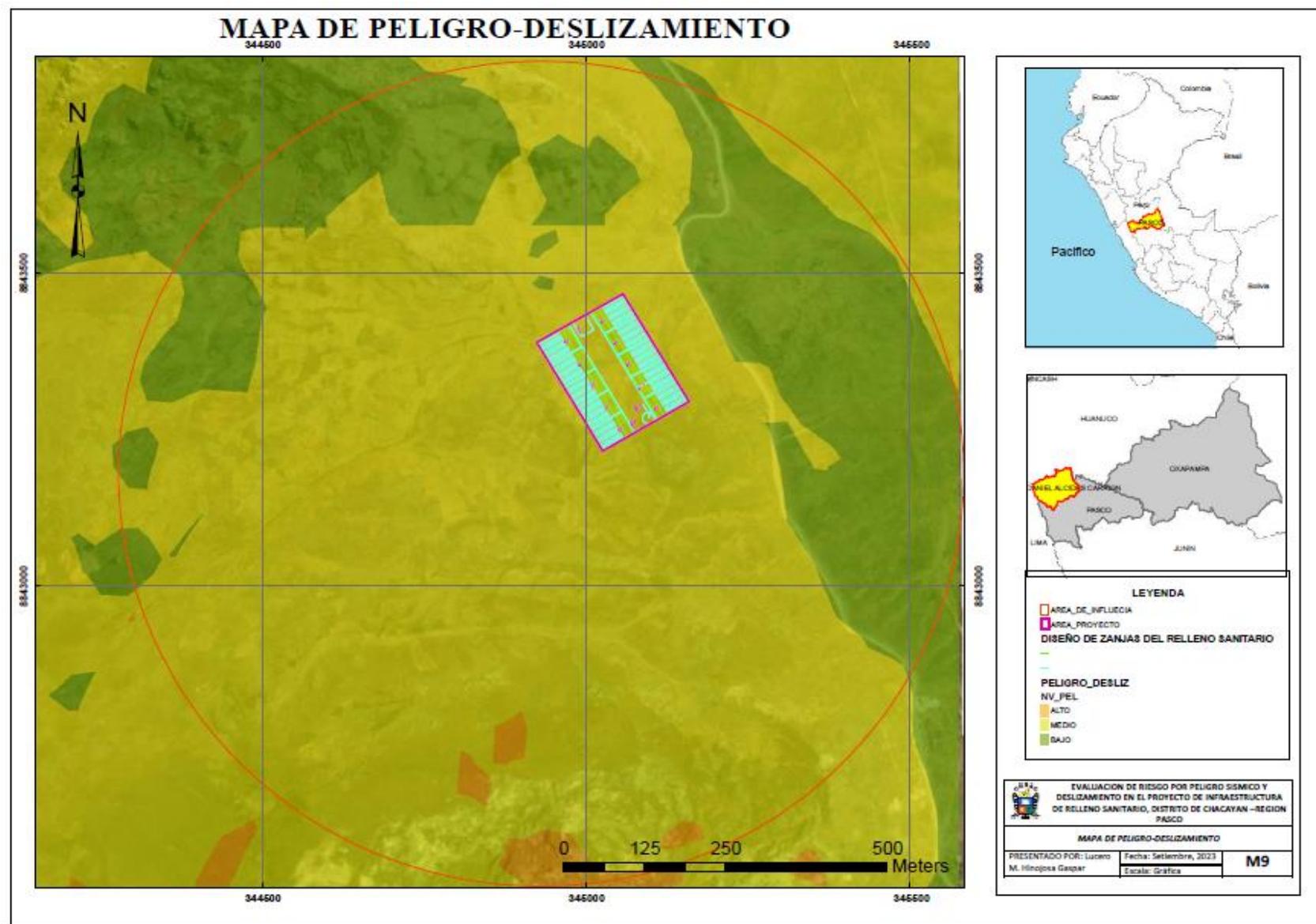
MATRIZ NIVEL DE PELIGROSIDAD POR DESLIZAMIENTO		
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Suelos con condiciones excepcionales, excepcionalmente flexibles y con condiciones topográficas particulares, zonas de falla o intensamente meteorizadas y/o alteradas y saturadas, con pendientes que van desde los 35° a más de 50°, ubicados en depósitos coluvio-deluviales o relieves montañosos en rocas metamórficas desencadenados por lluvias de 54.8 mm por día.	De 0.349 a 0.475
ALTO	De suelos blandos a suelos intermedios (arenas medias a gravas arenosas, suelos cohesivos) o rocas muy fracturadas (bloques de rocas formados por más de 4 discontinuidades), y con meteorización d intensa a moderada, parcialmente saturados, con pendientes que van desde los 20° a más de 35°, ubicados en rocas metamórficas del complejo marañón o del Grupo Mitu, desencadenados por lluvias de 54.8 mm por día.	De 0.263 a 0.349
MEDIO	Suelos rígidos como arenas muy densas o arcillas compactas, rocas con bloques formados por menos de 3 discontinuidades, zonas con meteorización de moderada a débil, no se encuentran alteradas ni saturadas, con pendientes que van desde los 5° a más de 20°, ubicados en rocas del Grupo Goyllarisquizga o Mitu, en relieves montañosos o colinas en rocas sedimentarias desencadenados por lluvias de 54.8 mm por día.	De 0.210 a 0.263
BAJO	Suelos muy rígidos – arcillas muy compactas o rocas intactas con discontinuidades muy amplias, zonas con meteorización débil o no presentan meteorización, no se encuentran alteradas ni saturadas, con pendientes menores a 5° a más, ubicados en rocas del Grupo Goyllarisquizga o Pucara, en relieves montañosos o colinas en rocas sedimentarias, desencadenados por lluvias de 54.8 mm por día.	De 0.187 a 0.210

Nota. Elaboración propia.

- **Elementos expuestos para peligro de deslizamiento**

De la misma forma que para el análisis del peligro por sismo, la Infraestructura de Residuos Sólidos será el único elemento expuesto ubicado dentro del área de influencia, debido a que es el objetivo principal de la presente tesis.

Figura 52. Mapa de peligro de deslizamiento en el ámbito de estudio



- **Definición de escenario para peligro de deslizamiento**

De acuerdo a la evaluación realizada líneas arriba el nivel de peligro de deslizamiento, para **la infraestructura del Relleno Sanitario del distrito de Chacayán es en su totalidad de nivel medio**, sin embargo, el área circundante presenta peligros bajos y altos, condicionados por el tipo de suelo y roca propia de la zona, meteorización, precipitación, geomorfología y desencadenado por lluvias que sobrepasan el percentil 99.

- **Análisis de la Vulnerabilidad**

- ✓ **Análisis de Vulnerabilidad**

La Ley N° 29664 que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su reglamento (D.S. N° 048-2011-PCM), indica que la vulnerabilidad es la susceptibilidad de la población, la **estructura física** u otras actividades socioeconómicas, de sufrir daños por la concretización de un peligro o amenaza.

La ocupación descontrolada en nuestro territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población y el desconocimiento sobre los peligros, incrementan la vulnerabilidad a una amplia diversidad de fenómenos de origen natural.

Cuando la vulnerabilidad no es identificada o no es controlada, es imposible actuar sobre el peligro o amenaza cuando está ya se ha presentado; bajo este enfoque es necesario identificar las vulnerabilidades en la zona de investigación para lograr instaurar medidas de reducción del riesgo para el relleno sanitario expuesto.

Para analizar la vulnerabilidad, de acuerdo a CENEPRED (2014) es necesario caracterizar e identificar los parámetros de las dimensiones tales como Economía, Social y Ambiental, siempre en cuando estos se encuentren presentes en la zona a evaluar, debido a que la presente tesis abarca una evaluación de riesgos para una infraestructura (Relleno Sanitario), solo se ha considerado la Dimensión Ambiental y Dimensión Física; esta última implementada concretamente para el análisis de vulnerabilidad física de la infraestructura, así mismo, debido a que en el área de influencia tomada para la presente tesis no existe población aledaña comprometida no encontramos vulnerabilidad en las dimensiones social, económica u otros.

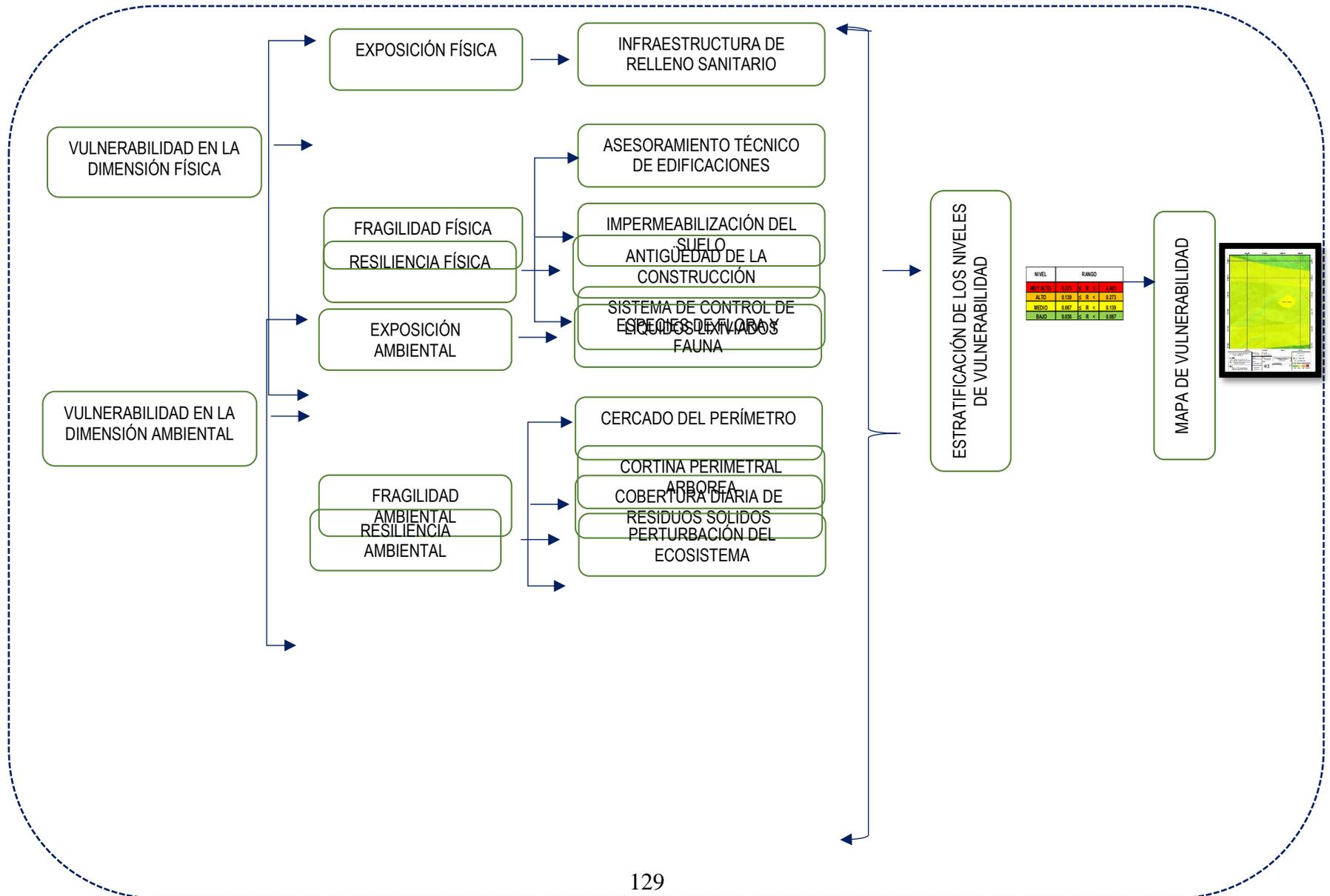
La vulnerabilidad se analiza considerando los factores de exposición, fragilidad y resiliencia, y dentro de estos sus respectivos descriptores, que serán detallados en el análisis correspondiente.

Figura 53. Población Vulnerable



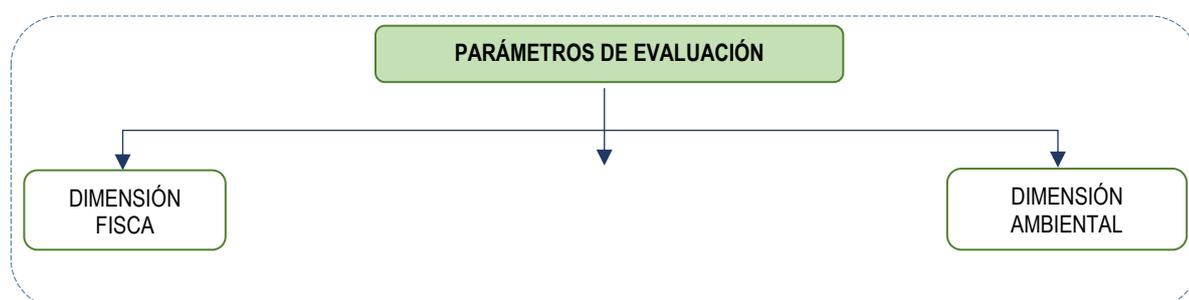
Nota. Tomado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p. 123), por CENEPRED, 2014.

• **Metodología para la determinación del nivel de vulnerabilidad**



- **Parámetros para el análisis de la Vulnerabilidad**

Figura 54. Parámetros de Evaluación



Nota. Elaboración propia.

Tabla 85. Parámetros de la Evaluación “Física” y “Ambiental”

DIMENSIONES	PARÁMETRO	Vector priorización
		Física
	Ambiental	0.400

Nota. Elaboración propia.

- **Vulnerabilidad en la dimensión física**

- **Exposición física**

Tabla 86. Descriptor del Factor Exposición Física

PARÁMETRO EXPOSICIÓN FÍSICA	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN	Nº DE PARÁMETROS	Vector priorización
	Infraestructura de relleno sanitario	SRS	1	1.000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 87. Descriptores de “infraestructura de relleno sanitario”

INFRAESTRUCTURA DE RELLENO SANITARIO	PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN	DESCRIPCIÓN	Vector priorización
DESCRIPTORES	SR S1	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro muy alto	0.503
	SR S2	infraestructura del	0.260

Rangos del porcentaje del relleno sanitario expuesto, en relación a la vulnerabilidad que representa.

		relleno sanitario expuesto a peligro alto				
SR S3		infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro medio				0.134
SR S4		solo un % de la infraestructura de relleno sanitario expuesto a peligro bajo				0.068
SR S5		infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro bajo				0.035
						1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 88. Descriptores de “infraestructura de relleno sanitario” y su ponderación

Infraestructura de relleno sanitario	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro muy alto	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro alto	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro medio	solo un % de la infraestructura de relleno sanitario expuesto a peligro bajo	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro bajo	Vector priorización
infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro muy alto	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro alto	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260

infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro medio	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
solo un % de la infraestructura de relleno sanitario expuesto a peligro bajo	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro bajo	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 89. Normalización de los descriptores de “infraestructura de relleno sanitario”

Infraestructura de relleno sanitario	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro muy alto	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro alto	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro medio	solo un % de la infraestructura de relleno sanitario expuesto a peligro bajo	infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro bajo	Vector Priorización
infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro muy alto	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro alto	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro medio	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
solo un % de la infraestructura de relleno sanitario	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068

expuesto a
peligro bajo

infraestructura del relleno sanitario expuesto a peligro bajo	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
---	-------	-------	-------	-------	-------	--------------

Nota. Elaboración propia.

Tabla 90. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- infraestructura del relleno sanitario

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Nota. Elaboración propia.

- **Fragilidad física**

Tabla 91. Descriptores del Factor Fragilidad física

	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN	Nº DE PARÁMETROS	Vector priorización
PARÁMETRO	Asesoramiento técnico en la edificación	AT	3	0.619
	Impermeabilización del suelo	IS		0.284
	Sistema de control de líquidos lixiviados	SCL		0.096

Nota. Elaboración propia.

Tabla 92. Descriptores del Factor Fragilidad física y su ponderación

Parámetros Fragilidad Física	Asesoramiento técnico en la edificación	Impermeabilización del suelo	Sistema de control de líquidos lixiviados	Vector priorización
Asesoramiento técnico en la edificación	1.00	3.00	5.00	0.619
Impermeabilización del suelo	0.33	1.00	4.00	0.284
Sistema de control de líquidos lixiviados	0.20	0.25	1.00	0.096

Nota. Elaboración propia

Tabla 93. Normalización de los descriptores del Factor Fragilidad física

Parámetros Fragilidad Física	Asesoramiento técnico en la edificación	Impermeabilización del suelo	Sistema de control de líquidos lixiviados	Vector Priorización
Asesoramiento técnico en la edificación	0.652	0.706	0.500	0.619
Impermeabilización del suelo	0.217	0.235	0.400	0.284
Sistema de control de líquidos lixiviados	0.130	0.059	0.100	0.096

Nota. Elaboración propia

Tabla 94. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-descriptores del factor fragilidad física

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.043
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.083

Nota. Elaboración propia.

Tabla 95. Descriptores de “Asesoramiento técnico en la edificación”

ASESORAMIENTO TÉCNICO EN LA EDIFICACIÓN	CONDICIÓN DEL ASESORAMIENTO	DESCRIPCIÓN	Vector priorización
DESCRIPTO RES	AT1	Sin asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación	0.495
	AT2	Sin asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación, pero con asesoría de un maestro de obras en la construcción	0.259
	AT3	Con la dirección de un maestro de obra durante la construcción	0.137
	AT4	Con asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección, pero con dirección de un maestro de obras en la construcción	0.072
	AT5	Con asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación.	0.037

Nota. Elaboración propia

Tabla 96. Descriptores de “asesoramiento técnico en la edificación” y su ponderación

Asesoramiento técnico en la edificación	Sin asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación	Sin asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación, pero con asesoría de un maestro de obras en la construcción	Con la dirección de un maestro de obra durante la construcción	Con asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección, pero con dirección de un maestro de obras en la construcción	Con asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación.	Vector priorización
Sin asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00	0.495
Sin asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación, pero con asesoría de un maestro de obras en la construcción	0.33	1.00	3.00	4.00	7.00	0.259
Con la dirección de un maestro de obra	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00	0.137

durante la construcción						
Con asesoramiento o técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección, pero con dirección de un maestro de obras en la construcción	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00	0.072
Con asesoramiento o técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación.	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00	0.037

Nota. Elaboración propia

Tabla 97. Normalización de los descriptores de “asesoramiento técnico en la edificación”

Asesoramiento o técnico en la edificación	Sin asesoramiento o técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación	Sin asesoramiento o técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación, pero con asesoría de un maestro de obras en la construcción	Con la dirección de un maestro de obra durante la construcción	Con asesoramiento o técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección, pero con dirección de un maestro de obras en la construcción	Con asesoramiento o técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación.	Vector prioritario
Sin asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y	0.544	0.635	0.466	0.457	0.375	0.495

construcción de la edificación						
Sin asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación, pero con asesoría de un maestro de obras en la construcción	0.181	0.212	0.350	0.261	0.292	0.259
Con la dirección de un maestro de obra durante la construcción	0.136	0.071	0.117	0.196	0.167	0.137
Con asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección, pero con dirección de un maestro de obras en la construcción	0.078	0.053	0.039	0.065	0.125	0.072
Con asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todo el proceso de proyección y construcción de la edificación.	0.060	0.030	0.029	0.022	0.042	0.037

Nota. Elaboración propia.

Tabla 98. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- asesoramiento técnico en la edificación

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.050
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.045

Nota. Elaboración propia.

Tabla 99. Descriptores de “Impermeabilización del suelo”

IMPERMEABILIZACIÓN DEL SUELO	CONDICIÓN DE LA IMPERMEABILIZACIÓN	DESCRIPCIÓN	Vector priorización	
DESCRIPTORES	IS1	Sin Impermeabilizar	Esta referido a los materiales que son utilizados de manera técnica para lograr la óptima impermeabilización del suelo en el área donde se construirá la infraestructura, ya que, al ser un Relleno Sanitario para depósitos de Residuos Sólidos, se necesitará protección del suelo por alguna posible filtración de agua el cual podría debilitar el suelo.	0.449
	IS2	Impermeabilizado con arcilla		0.301
	IS3	Impermeabilizado con polietileno		0.144
	IS4	Impermeabilizado con arcilla y polietileno		0.071
	IS5	Geomembrana		0.035
			1.000	

Nota. Elaboración propia

Tabla 100. Descriptores de “impermeabilización de suelo” y su ponderación

Impermeabilización del suelo	Sin Impermeabilizar	Impermeabilizado con arcilla	Impermeabilizado con polietileno	Impermeabilizado con arcilla y polietileno	Geomembrana	Vector priorización
Sin Impermeabilizar	1.00	2.00	4.00	6.00	9.00	0.449
Impermeabilizado con arcilla	0.50	1.00	3.00	5.00	8.00	0.301
Impermeabilizado con polietileno	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00	0.144
Impermeabilizado con arcilla y polietileno	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00	0.071
Geomembrana	0.11	0.13	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 101. Normalización de los descriptores de “impermeabilización del suelo”

Impermeabilización del suelo	Sin Impermeabilizar	Impermeabilizado con arcilla	Impermeabilizado con polietileno	Impermeabilizado con arcilla y polietileno	Geomembrana	Vector priorización
Sin Impermeabilizar	0.493	0.547	0.469	0.391	0.346	0.449
Impermeabilizado con arcilla	0.247	0.273	0.352	0.326	0.308	0.301
Impermeabilizado con polietileno	0.123	0.091	0.117	0.196	0.192	0.144
Impermeabilizado con arcilla y polietileno	0.082	0.055	0.039	0.065	0.115	0.071
Geomembrana	0.055	0.034	0.023	0.022	0.038	0.035

Nota. Elaboración propia.

Tabla 102. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- impermeabilización del suelo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.039
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.035

Nota. Elaboración propia.

Tabla 103. Descriptores de “Sistema de control de lixiviados”

SISTEMA DE CONTROL DE LÍQUIDOS LIXIVIADOS	CONDICIÓN DEL ASESORAMIENTO	DESCRIPCIÓN	Vector priorización	
DESCRIPTORES	SCL1	Sin pozos de monitoreo	Esta referido a los controles para el monitoreo de la contaminación que podría darse debido a los líquidos lixiviados generados por a partir de la filtración del agua por gravedad dentro del proyecto. Por lo que será importante el monitoreo mediante Pozos de Control, los mismos que son definidos como indicadores	0.451
	SCL2	Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo superficial		0.303
	SCL3	Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo profundo		0.137
	SCL4	Cuenta con 1 pozo de monitoreo superficial y otro profundo		0.072
	SCL5	Cuenta con 2 pozos de monitoreo profundos		0.036

Nota. Elaboración propia

Tabla 104. Descriptores de “Sistema de control de lixiviados” y su ponderación

Sistema de control de líquidos lixiviados	Sin pozos de monitoreo	Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo superficial	Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo profundo	Cuenta con 1 pozo de monitoreo superficial y otro profundo	Cuenta con 2 pozos de monitoreo profundos	Vector priorización
Sin pozos de monitoreo	1.00	2.00	4.00	6.00	9.00	0.451
Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo superficial	0.50	1.00	3.00	5.00	8.00	0.303
Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo profundo	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00	0.137
Cuenta con 1 pozo de monitoreo superficial y otro profundo	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00	0.072
Cuenta con 2 pozos de monitoreo profundos	0.11	0.13	0.25	0.33	1.00	0.036

Nota. Elaboración propia

Tabla 105. Normalización de los descriptores de “Sistema de control de lixiviados”

Sistema de control de líquidos lixiviados	Sin pozos de monitoreo	Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo superficial	Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo profundo	Cuenta con 1 pozo de monitoreo superficial y otro profundo	Cuenta con 2 pozos de monitoreo profundos	Vector priorización
Sin pozos de monitoreo	0.493	0.547	0.466	0.391	0.360	0.451
Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo superficial	0.247	0.273	0.350	0.326	0.320	0.303
Cuenta con 1 solo pozo de monitoreo profundo	0.123	0.091	0.117	0.196	0.160	0.137

Cuenta con 1 pozo de monitoreo superficial y otro profundo	0.082	0.055	0.039	0.065	0.120	0.072
Cuenta con 2 pozos de monitoreo profundos	0.055	0.034	0.029	0.022	0.040	0.036

Tabla 106. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Sistema de control de lixiviados

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.037
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.033

Nota. Elaboración propia.

- **Resiliencia física**

Tabla 107. Descriptor del Factor Resiliencia física

PARÁMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN	Nº DE PARÁMETROS	Vector priorización
	Antigüedad de la Construcción	AC	1	1.000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 108. Descriptores de “Antigüedad de la construcción”

ANTIGÜEDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	AÑOS DE ANTIGÜEDAD	DESCRIPCIÓN	Vector priorización
AC1	> A 20 Años	Esta referido a los años de antigüedad que posee la infraestructura, en el entendido que para un determinado año se asocia el nivel de vulnerabilidad o resiliencia. En el diseño se fijan rangos descriptores que reflejan una mayor vulnerabilidad o menor resiliencia en la infraestructura.	0.467
AC2	< 20 Años y > A 10 años		0.314
AC3	< A 10 años y > A 5 años		0.119
AC4	< A 5 años y > a 1 año		0.065
AC5	<1 año		0.035
DESCRIPTORES			1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 109. Descriptores de “Antigüedad de la construcción” y su ponderación

Antigüedad de la Construcción	> A 20 Años	< 20 Años y > A 10 años	< A 10 años y > A 5 años	< A 5 años y > a 1 año	<1 año	Vector priorización
> A 20 Años	1.00	2.00	6.00	7.00	9.00	0.467

< 20 Años y > A 10 años	0.50	1.00	5.00	6.00	7.00	0.314
< A 10 años y > A 5 años	0.17	0.20	1.00	3.00	5.00	0.119
< A 5 años y > a 1 año	0.14	0.17	0.33	1.00	3.00	0.065
<1 año	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 110. Normalización de los descriptores de “Antigüedad de la construcción”

Antigüedad de la Construcción	> A 20 Años	< 20 Años y > A 10 años	< A 10 años y > A 5 años	< A 5 años y > a 1 año	<1 año	Vector priorización
> A 20 Años	0.521	0.570	0.479	0.404	0.360	0.467
< 20 Años y > A 10 años	0.260	0.285	0.399	0.346	0.280	0.314
< A 10 años y > A 5 años	0.087	0.057	0.080	0.173	0.200	0.119
< A 5 años y > a 1 año	0.074	0.047	0.027	0.058	0.120	0.065
<1 año	0.058	0.041	0.016	0.019	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia.

Tabla 111. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Antigüedad de la construcción

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.080
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.072

Nota. Elaboración propia.

- **Vulnerabilidad en la dimensión ambiental**
- **Exposición Ambiental**

Tabla 112. Descriptor del Factor Exposición Ambiental

PARÁMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN	Nº DE PARÁMETROS	Vector priorización
	Residuos Sólidos	P	1	1.000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 113. Descriptores de “Residuos sólidos”

RESIDUOS SÓLIDOS	PORCENTAJE RESIDUOS SÓLIDOS EXPUESTOS	DESCRIPCIÓN	Vector priorización

DESCRIPTORES	R S 1	Disposición de los residuos expuestos a peligro muy alto	Se refiere a la cantidad (en porcentajes) de la exposición de los residuos sólidos, que serán dispuestos en el relleno sanitario, debido a que este por sí mismo, frente a un eventual peligro podría generar otros riesgos ambientales.	0.503
	R S 2	Disposición de los residuos expuestos a peligro alto		0.260
	R S 3	Disposición de los residuos expuestos a peligro medio		0.134
	R S 4	Solo un % de la disposición de residuos expuestos a peligro bajo		0.068
	R S 5	Disposición de los residuos expuestos a peligro bajo		0.035
				1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 114. Descriptores de “Residuos sólidos” y su ponderación

RESIDUOS SOLIDOS	Disposición de los residuos expuestos a peligro muy alto	Disposición de los residuos expuestos a peligro alto	Disposición de los residuos expuestos a peligro medio	Solo un % de la disposición de residuos expuestos a peligro bajo	Disposición de los residuos expuestos a peligro bajo	Vector priorización
Disposición de los residuos expuestos a peligro muy alto	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.503
Disposición de los residuos expuestos a peligro alto	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00	0.260
Disposición de los residuos expuestos a peligro medio	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00	0.134
Solo un % de la disposición de residuos expuestos a peligro bajo	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00	0.068
Disposición de los residuos expuestos a peligro bajo	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00	0.035

Nota. Elaboración propia

Tabla 115. Normalización de los descriptores de “Residuos sólidos”

Residuos Sólidos	Disposición de los residuos expuestos a peligro muy alto	Disposición de los residuos expuestos a peligro alto	Disposición de los residuos expuestos a peligro medio	Solo un % de la disposición de residuos expuestos a peligro bajo	Disposición de los residuos expuestos a peligro bajo	Vector priorización
Disposición de los residuos expuestos a peligro muy alto	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Disposición de los residuos expuestos a peligro alto	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Disposición de los residuos expuestos a peligro medio	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Solo un % de la disposición de residuos expuestos a peligro bajo	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Disposición de los residuos expuestos a peligro bajo	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Elaboración propia.

Tabla 116. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Antigüedad de la construcción

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

-
-
-
-

- **Fragilidad Ambiental**

Tabla 117. Descriptores del Factor Fragilidad ambiental

	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN	Nº DE PARÁMETROS	Vector priorización
PARÁMETRO	Cercado Perimetral	CP	3	0.665
	Cobertura diaria de los Residuos Solidos	CRA		0.231
	Cortina Perimetral Arborea	CD		0.104

Nota. Elaboración propia.

Tabla 118. Descriptores del Factor Fragilidad ambiental y su ponderación

Parámetros Fragilidad (Dimensión Ambiental)	Cercado Perimetral	Cobertura diaria de los Residuos Solidos	Cortina Perimetral Arborea	Vector Priorización
Cercado Perimetral	1.00	4.00	5.00	0.665
Cobertura diaria de los Residuos Solidos	0.25	1.00	3.00	0.231
Cortina Perimetral Arborea	0.20	0.33	1.00	0.104

Nota. Elaboración propia

Tabla 119. Normalización de los descriptores del Factor Fragilidad ambiental

Parámetros Fragilidad (Dimensión Ambiental)	Cercado Perimetral	Cobertura diaria de los Residuos Solidos	Cortina Perimetral Arborea	Vector Priorización
Cercado Perimetral	0.690	0.750	0.556	0.665
Cobertura diaria de los Residuos Solidos	0.172	0.188	0.333	0.231
Cortina Perimetral Arborea	0.138	0.063	0.111	0.104

Nota. Elaboración propia

Tabla 120. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)-descriptores del factor fragilidad ambiental

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.043
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)	RC	0.083

Nota. Elaboración propia.

Tabla 121. Descriptores de “Cercado Perimetral”

CERCO PERIMETRAL	CARACTERÍSTICA DEL CERCO PERIMETRAL	DESCRIPCIÓN	Vector priorización
DESCRPTORES	CP1	Sin Cerco	0.511
	CP2	Cerco alambrado en su totalidad	0.258
	CP3	Cerco de adobe o tapial	0.130
	CP4	Cerco con malla en algunas paredes y ladrillos en otras	0.062
	CP5	Cerco de ladrillo en su totalidad	0.040
			1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 122. Descriptores de “Cercado perimetral” y su ponderación

Cercado Perimetral	Sin Cerco	Cerco alambrado en su totalidad	Cerco de adobe o tapial	Cerco con malla en algunas paredes y ladrillos en otras	Cerco de ladrillo en su totalidad	Vector priorización
Sin Cerco	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	0.511
Cerco alambrado en su totalidad	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00	0.258
Cerco de adobe o tapial	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00	0.130
Cerco con malla en algunas paredes y ladrillos en otras	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00	0.062
Cerco de ladrillo en su totalidad	0.11	0.17	0.25	0.50	1.00	0.040

Nota. Elaboración propia

Tabla 123. Normalización de los descriptores de “Cercado perimetral”

Cercado Perimetral	Sin Cerco	Cerco alambrado en su totalidad	Cerco de adobe o tapial	Cerco con malla en algunas paredes y ladrillos en otras	Cerco de ladrillo en su totalidad	Vector priorización
Sin Cerco	0.560	0.638	0.522	0.424	0.409	0.511
Cerco alambrado en su totalidad	0.187	0.213	0.313	0.303	0.273	0.258
Cerco de adobe o tapial	0.112	0.071	0.104	0.182	0.182	0.130
Cerco con malla en algunas paredes y ladrillos en otras	0.080	0.043	0.035	0.061	0.091	0.062

Cero de ladrillo en su totalidad	0.062	0.035	0.026	0.030	0.045	0.040
----------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	--------------

Nota. Elaboración propia.

Tabla 124. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Cercado perimetral

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.042
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.037

Nota. Elaboración propia.

Tabla 125. Descriptores de “Cobertura diaria de los residuos sólidos”

COBERTURA DIARIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS	TIEMPO DE LA COBERTURA	DESCRIPCIÓN	Vector priorización
DESCRPTORES	CRA1	Cobertura cada 30 días	0.450
	CRA2	Cobertura cada 15 días	0.284
	CRA3	Cobertura cada semana	0.153
	CRA4	Cobertura interdiaria	0.073
	CRA5	Cobertura diaria	0.040
Está referido a la frecuencia en la que deberán ser cubiertos los Residuos sólidos que serán depositados en esta zona. Teniendo en consideración que lo más apropiado será la Cobertura diaria y que una cobertura mensual (30 días) indicaría alta fragilidad para el medio ambiente en esta zona.			1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 126. Descriptores de “Cobertura diaria de los residuos sólidos” y su ponderación

Cobertura diaria de los Residuos Solidos	Cobertura cada 30 días	Cobertura cada 15 días	Cobertura cada semana	Cobertura interdiaria	Cobertura diaria	Vector priorización
Cobertura cada 30 días	1.00	2.00	4.00	5.00	9.00	0.450
Cobertura cada 15 días	0.50	1.00	3.00	4.00	6.00	0.284
Cobertura cada semana	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00	0.153
Cobertura interdiaria	0.20	0.25	0.33	1.00	2.00	0.073
Cobertura diaria	0.11	0.17	0.20	0.50	1.00	0.040

Nota. Elaboración propia

Tabla 127. Normalización de los descriptores de “Cobertura diaria de los residuos sólidos”

Cobertura diaria de los Residuos Sólidos	Cobertura cada 30 días	Cobertura cada 15 días	Cobertura cada semana	Cobertura interdiaria	Cobertura diaria	Vector priorización
Cobertura cada 30 días	0.485	0.533	0.469	0.370	0.391	0.450
Cobertura cada 15 días	0.243	0.267	0.352	0.296	0.261	0.284
Cobertura cada semana	0.121	0.089	0.117	0.222	0.217	0.153
Cobertura interdiaria	0.097	0.067	0.039	0.074	0.087	0.073
Cobertura diaria	0.054	0.044	0.023	0.037	0.043	0.040

Nota. Elaboración propia.

Tabla 128. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Cobertura diaria de los residuos sólidos

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.036
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.032

Nota. Elaboración propia.

Tabla 129. Descriptores de “Cobertura perimetral arbórea”

CORTINA PERIMETRAL ARBOREA	CARACTERÍSTICA DE LA CORTINA PERIMETRAL	DESCRIPCIÓN	Vector priorización
DESCRITORES	CRA1	Sin Cortina Perimetral Arborea	0.516
	CRA2	Solo área verde	0.254
	CRA3	Cortina Perimetral con arbustos	0.121
	CRA4	Cortina Perimetral con arbustos tupidos	0.072
	CRA5	Cortina Perimetral con árboles adecuados	0.037
			1.000

Nota. Elaboración propia

Tabla 130. Descriptores de “Cobertura perimetral arbórea” y su ponderación

Cortina Perimetral Arborea	Sin Cortina Perimetral Arborea	Solo área Verde	Cortina Perimetral con arbustos	Cortina Perimetral con arbustos tupidos	Cortina Perimetral con árboles adecuados	Vector priorización
Sin Cortina Perimetral Arborea	1.00	3.00	6.00	7.00	9.00	0.516
Solo área verde	0.33	1.00	4.00	4.00	6.00	0.254
Cortina Perimetral con arbustos	0.17	0.25	1.00	3.00	4.00	0.121
Cortina Perimetral con arbustos tupidos	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00	0.072
Cortina Perimetral con árboles adecuados	0.11	0.17	0.25	0.33	1.00	0.037

Nota. Elaboración propia

Tabla 131. Normalización de los descriptores de “Cobertura perimetral arbórea”

Cortina Perimetral Arborea	Sin Cortina Perimetral Arborea	Solo área verde	Cortina Perimetral con arbustos	Cortina Perimetral con arbustos tupidos	Cortina Perimetral con árboles adecuados	Vector priorización
Sin Cortina Perimetral Arborea	0.570	0.643	0.518	0.457	0.391	0.516
Solo área verde	0.190	0.214	0.345	0.261	0.261	0.254
Cortina Perimetral con arbustos	0.095	0.054	0.086	0.196	0.174	0.121
Cortina Perimetral con arbustos tupidos	0.081	0.054	0.029	0.065	0.130	0.072
Cortina Perimetral con árboles adecuados	0.063	0.036	0.022	0.022	0.043	0.037

Nota. Elaboración propia.

Tabla 132. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Sistema de control de lixiviados

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.075
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.068

Nota. Elaboración propia.

- Resiliencia Ambiental

Tabla 133. Descriptor del Factor Resiliencia Ambiental

PARÁMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN	Nº DE PARÁMETROS	Vector priorización
	Perturbación del ecosistema	P	1	1.000

Nota. Elaboración propia.

Tabla 134. Descriptores de “Perturbación del ecosistema”

PERTURBACIÓN DEL ECOSISTEMA	IMPACTO	DESCRIPCIÓN	Vector Priorización	
DESCRIPTORES	CRA1	Muy Alto Impacto, por no contar con la asesoría de un especialista ambiental	Relacionado al impacto de un sistema ambiental y la capacidad de recuperar sus propiedades después de verse alterado por una perturbación	0.441
	CRA2	Alto Impacto, por incumplimiento de las normas		0.326
	CRA3	Impacto medio, por cumplimiento parcial de las normas		0.140
	CRA4	Bajo Impacto, por cumplimiento de la mayoría de aspectos de la norma		0.056
	CRA5	Sin Impacto, por cumplimiento al 100% de las normas		0.037
			1.000	

Nota. Elaboración propia

Tabla 135. Normalización de los descriptores de “Perturbación del ecosistema”

Perturbación del ecosistema	Muy Alto Impacto, por no contar con la asesoría de un especialista ambiental	Alto Impacto, por incumplimiento de las normas	Impacto medio, por cumplimiento parcial de las normas	Bajo Impacto, por cumplimiento de la mayoría de aspectos de las normas	Sin Impacto, por cumplimiento al 100% de las normas	Vector Priorización
Muy Alto Impacto, por no contar con la asesoría de un	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00	0.441

especialista ambiental						
Alto Impacto, por incumplimiento de las normas	0.50	1.00	5.00	6.00	7.00	0.326
Impacto medio, por cumplimiento o parcial de las normas	0.25	0.20	1.00	4.00	5.00	0.140
Bajo Impacto, por cumplimiento de la mayoría de aspectos de las normas	0.14	0.17	0.25	1.00	2.00	0.056
Sin Impacto, por cumplimiento o al 100% de las normas	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00	0.037

Nota. Elaboración propia.

Tabla 136. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)- Perturbación al ecosistema

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.068
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.061

Nota. Elaboración propia.

- **Niveles de Vulnerabilidad**

En el siguiente cuadro, se muestran los niveles de vulnerabilidad y sus respectivos rangos obtenidos a través del Proceso de Análisis Jerárquico.

Tabla 137. Nivel de Vulnerabilidad

NIVEL		RANGO		
MUY ALTO	0.288	≤	V	≤ 0.473
ALTO	0.136	≤	V	< 0.288
MEDIO	0.066	≤	V	< 0.136
BAJO	0.036	≤	V	< 0.066

Nota. Elaboración propia.

- **Estratificación del Nivel de Vulnerabilidad**

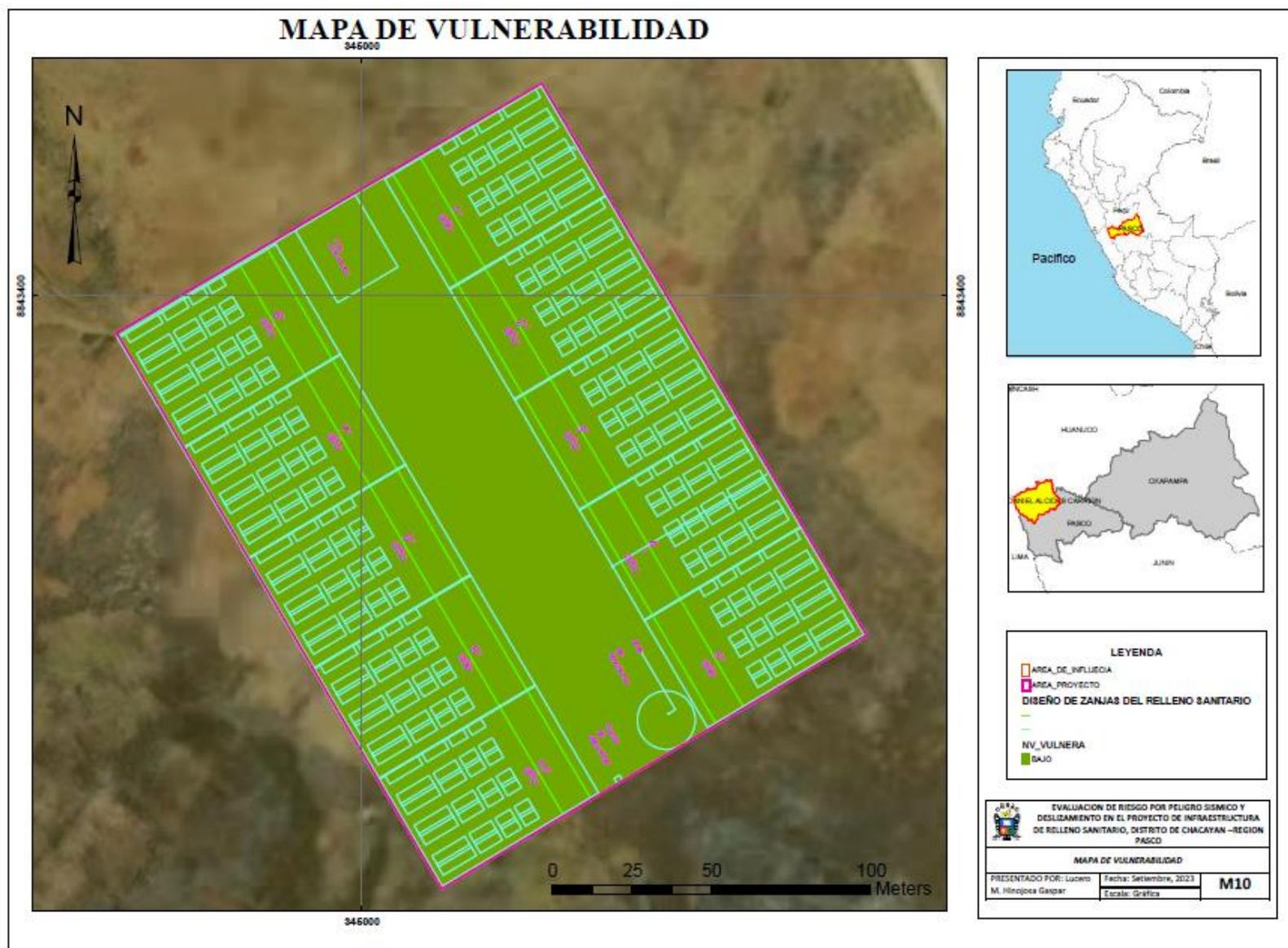
Tabla 138. Estratificación del nivel de vulnerabilidad

MATRIZ DE VULNERABILIDAD		
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	<p>Infraestructura del Proyecto se encuentra expuesta de peligro muy alto a alto.</p> <p>La construcción será desarrollará sin asesoramiento técnico de un profesional Ingeniero durante el proceso de la edificación, suelo sin impermeabilizar, infraestructura que no contará con monitoreo de lixiviados, sin un sistema adecuado de protección hacia el medio ambiente, infraestructura con un tiempo de vida útil de 10 años y con cambios de alto impacto al medio ambiente por no contar la asesoría de un especialista ambiental.</p>	De 0.288 a 0.473
ALTO	<p>Infraestructura del Proyecto expuesto desde peligro muy alto a peligro alto, se encuentra expuesta, así como los residuos sólidos expuestos.</p> <p>El proceso de edificación será realizado con asesoría de un maestro de obras, con impermeabilización del suelo con métodos pocos fiables, construcción de la infraestructura con monitoreo de lixiviados superficiales y con sistema de cuidado ambiental deficiente, infraestructura con vida útil de 10 años y con Alto Impacto al medio ambiente, por incumplimiento de las normas.</p>	De 0.136 a 0.288
MEDIO	<p>Infraestructura del Proyecto se encuentra expuesta a peligro medio o un porcentaje expuesto a peligro bajo, así como los residuos sólidos expuestos.</p> <p>Infraestructura del proyecto realizada con asesoramiento técnico de un profesional Ingeniero durante la etapa de proyección, impermeabilización del suelo del proyecto combinando métodos, presenta algunos monitoreos de lixiviados. Con un sistema de cuidado ambiental en vías de adecuación, con una vida útil de 10 años e impacto medio a bajo al medio ambiente por cumplir parcialmente con las normas ambientales.</p>	De 0.066 a 0.136
BAJO	<p>Infraestructura del Proyecto se encuentra expuesta a peligro bajo, así como los residuos sólidos expuestos.</p> <p>Infraestructura del proyecto realizada con asesoramiento técnico de un profesional ingeniero durante todas las etapas del proyecto, impermeabilización del suelo con métodos</p>	De 0.036 a 0.066

adecuados, así mismo presenta adecuado monitoreo de lixiviados. Con un sistema medio ambiental adecuado para el proyecto y vida útil de 10 años con bajo impacto al medio ambiente por cumplimiento de todas las normas

Nota. Elaboración propia.

Figura 55. Mapa de Vulnerabilidad



- **Definición de escenario para la vulnerabilidad**

De acuerdo a la evaluación realizada líneas arriba respecto a la vulnerabilidad, para **la infraestructura del Relleno Sanitario del distrito de Chacayán es en su totalidad de nivel bajo**, teniendo en consideración que se han analizado las dimensiones física y ambiental al tratarse únicamente de una infraestructura.

➤ **Cálculo del Riesgo**

Una vez identificados y analizados los peligros a los que estará expuesto la infraestructura del Relleno Sanitario, mediante el nivel de susceptibilidad ante sismo y deslizamiento con sus respectivos parámetros de evaluación, se ha identificado la exposición ante el peligro y realizado el respectivo análisis de las dimensiones que inciden en la vulnerabilidad con sus componentes de exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, finalmente se procede a la intersección de todos éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio.

- **Metodología para el cálculo del Riesgo**

Para el cálculo del riesgo se ha utilizado la siguiente formula, propuesta por CENEPRED:

$$R_{ie} | t = f(P_i, V_e) | t$$

Dónde:

R= Riesgo.

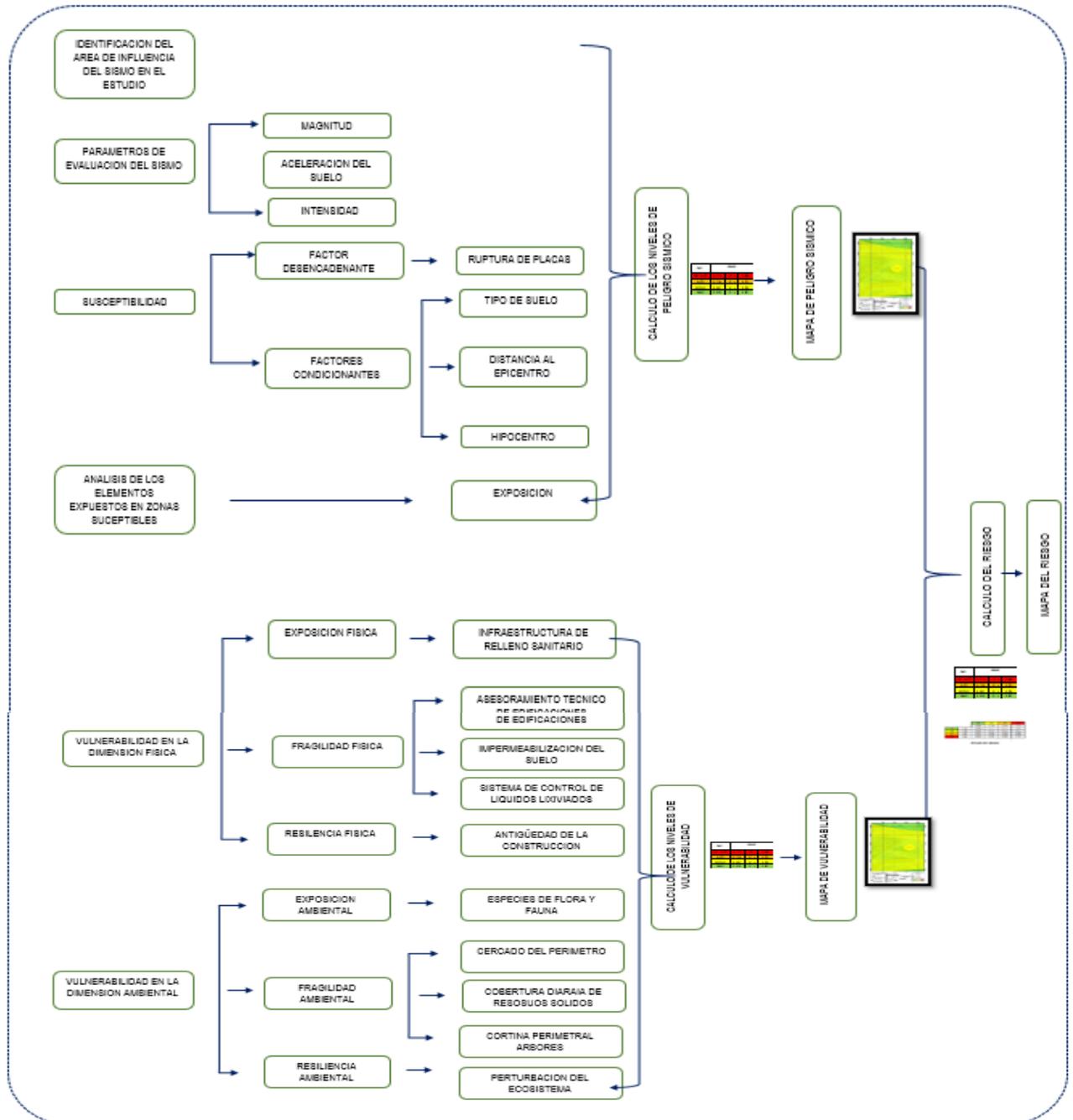
f= En función

P_i =Peligro con la intensidad mayor o igual a *i* durante un período de exposición *t*

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto e

En función a ello, se ha calculado el riesgo para todos los valores del peligro y de la vulnerabilidad ya calculados.

Figura 56. Metodología para el cálculo del riesgo



Nota. Elaboración propia

- Niveles del Riesgo

Figura 57. Niveles del Riesgo sísmico

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.058	≤	P	≤	0.112
ALTO	0.021	≤	P	<	0.058
MEDIO	0.009	≤	P	<	0.021
BAJO	0.005	≤	P	<	0.009

Nota. Elaboración propia

Figura 58. Matriz de Riesgo vs Vulnerabilidad (Sismo)

PMA	0.483	0.032	0.066	0.139	0.229
PA	0.273	0.018	0.037	0.079	0.129
PM	0.139	0.009	0.019	0.040	0.066
PB	0.067	0.004	0.009	0.019	0.031
		0.066	0.136	0.288	0.473
		VB	VM	VA	VMA

Figura 59. Niveles del Riesgo deslizamiento

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.101	≤	P	≤	0.226
ALTO	0.036	≤	P	<	0.101
MEDIO	0.014	≤	P	<	0.036
BAJO	0.007	≤	P	<	0.014

Nota. Elaboración propia

Figura 60. Matriz de Riesgo Vs Vulnerabilidad (Deslizamiento)

PMA	0.483	0.032	0.066	0.139	0.229
PA	0.273	0.018	0.037	0.079	0.129
PM	0.139	0.009	0.019	0.040	0.066
PB	0.067	0.004	0.009	0.019	0.031
		0.066	0.136	0.288	0.473
		VB	VM	VA	VMA

Nota. Elaboración propia

- Estrato Niveles del Riesgo

Figura 61. Estrato nivel del Riesgo sísmico

MATRIZ DE RIESGO SÍSMICO		
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	<p>Este nivel representa, el escenario de riesgo de sismo ubicado en la zona del epicentro con magnitudes momento de 5.1 y de intensidad V, con profundidad intermedia (139 km), con un PGA igual a 0.35 y ubicados en suelos excepcionales hasta suelos blandos.</p> <p>Respecto a la infraestructura, perdida completa de la infraestructura y colapso de los sistemas de control, llegando a contaminar suelos o aguas subterráneas y personas que pudiesen encontrarse laborando.</p>	De 0.058 a 0.112
ALTO	<p>Este nivel corresponde a un escenario de riesgo de sismo ubicado en la zona del epicentro con magnitudes momento de 5.1 y de intensidad V, con profundidad intermedia (139 km), con un PGA igual a 0.35 y ubicados en suelos intermedios) o rocas perturbadas en bloques con más 4 discontinuidades intersectadas.</p> <p>Respecto a la infraestructura, perdida parcial de la infraestructura con colapso de algunas zanjas y cerco perimetral, afectando suelos o personas que se pudiesen encontrar laborando</p>	De 0.021 a 0.058
MEDIO	<p>Este nivel representa al escenario de riesgo de sismo ubicado en la zona del epicentro con magnitudes momento de 5.1 y de intensidad V, con profundidad intermedia (139 km, con un PGA igual a 0.35 y ubicados en suelos rígidos o rocas fracturadas con menos de 3 discontinuidades intersectadas, sin presencia de humedad ni alteraciones.</p> <p>Respecto a la infraestructura, no se evidencia perdida o colapso de los componentes de la infraestructura, sin embargo, podría haber algunas afectaciones en el cerco perimetral o en las áreas administrativas, sin mayores afectaciones a personas que pudiesen encontrarse laborando.</p>	De 0.009 a 0.021
BAJO	<p>Este nivel representa al escenario de riesgo de sismo ubicado en la zona del epicentro con magnitudes momento de 5.1 y de intensidad V, con profundidad intermedia (139 km), con un PGA igual a 0.35 y ubicado en áreas de suelos muy rígidos o en roca intacta con discontinuidades espaciadas, leve meteorización y sin evidencia de humedad.</p>	De 0.005 a 0.009

Respecto a la infraestructura, no se evidencia daño alguno ni afectación a la infraestructura ni personas que podrían encontrarse laborando en el interior del relleno sanitario.

Figura 62. Estrato nivel del riesgo deslizamiento

MATRIZ DE RIESGO DESLIZAMIENTO		
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	<p>Este nivel representa suelos con condiciones excepcionalmente flexibles y topografía particular, zonas de falla o intensamente meteorizadas y/o alteradas y saturadas, con pendientes bastante fuertes, ubicados en depósitos coluvio-deluviales y relieves montañosos en rocas metamórficas desencadenados por lluvias de 54.8 mm por día.</p> <p>Respecto a la infraestructura, pérdida completa del relleno sanitarios y colapso de las zanjas, contaminando el suelo y las aguas subterráneas, con asentamientos laterales pronunciados que causarían pérdida de personas que pudiesen encontrarse laborando en el lugar.</p>	De 0.101 a 0.226
ALTO	<p>Este nivel representa, suelos blandos a suelos intermedios o rocas muy fracturadas, con meteorización intensa a moderada y parcialmente saturados, las pendientes van desde los 20° a 35°, ubicados en rocas metamórficas. desencadenados por lluvias de 54.8 mm por día.</p> <p>Respecto a la infraestructura, pérdida parcial de áreas correspondiente a la infraestructura, con colapso de algunas zanjas que contaminaría suelos y aguas subterráneas, exponiendo a personas que pudiesen encontrarse laborando en el lugar.</p>	De 0.036 a 0.101
MEDIO	<p>Este nivel representa, Suelos rígidos o rocas con bloques formados por menos de 3 discontinuidades, zonas con meteorización de moderada a débil, no se encuentran alteradas ni saturadas, con pendientes de 5° a más de 20°, ubicados en rocas del sedimentarias, en relieves montañosos o colinas desencadenados por lluvias de 54.8 mm por día.</p> <p>Respecto a la infraestructura, no se evidencia pérdida o colapso de los componentes principales de la infraestructura, sin embargo, podría haber algunas leves afectaciones en el cerco perimetral o aledaño a las zanjas, sin mayores afectaciones a las personas que pudiesen encontrarse laborando.</p>	De 0.014 a 0.036
BAJO	<p>Este nivel corresponde a suelos muy rígidos o rocas intactas con discontinuidades muy amplias, meteorización débil o no presentan meteorización, no se encuentran alteradas ni saturadas, y</p>	De 0.007 a 0.014

pendientes menores a 5°, ubicados en rocas del sedimentarias, en relieves montañosos o colinas, desencadenados por lluvias de 54.8 mm por día. Respecto a la infraestructura, sin daños absolutos, conservación de todas las zanjas de manera óptima y sin ningún tipo de daño a las personas que pudiesen encontrarse laborando en el lugar.

Nota. Elaboración propia.

- **Mapas de Riesgo**

Figura 63.

Mapa de Riesgo Sísmico

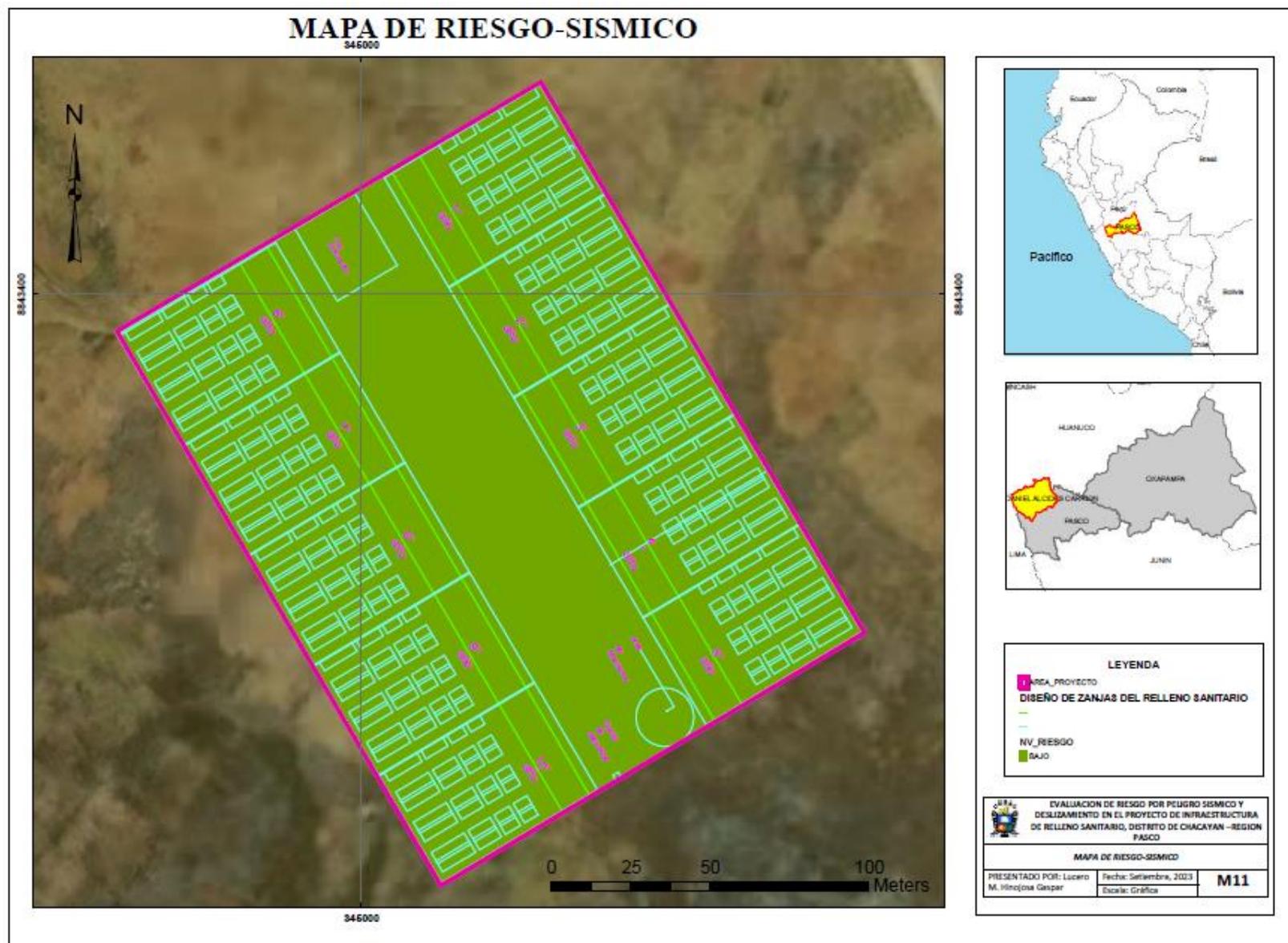
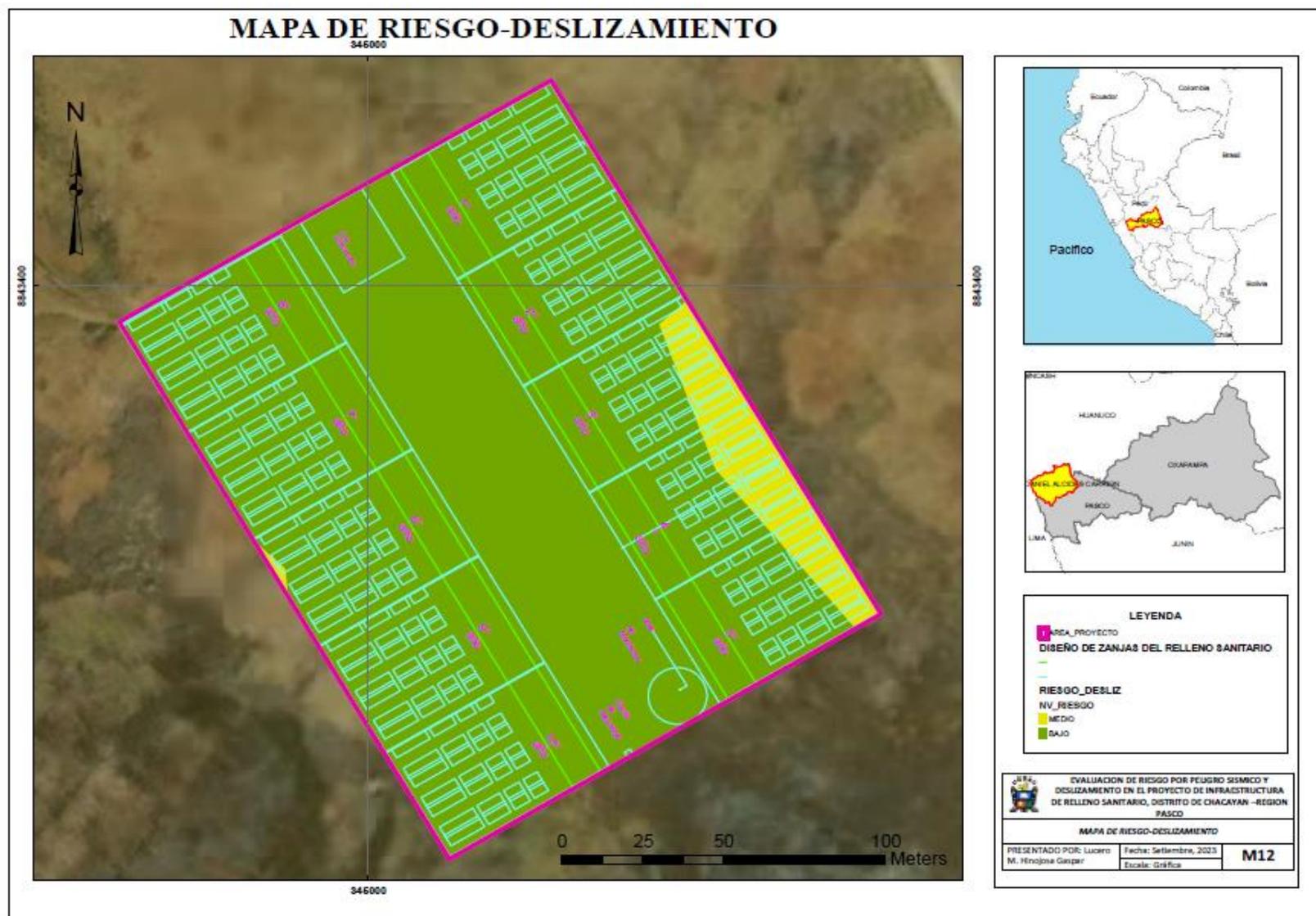


Figura 64. Mapa de Riesgo Deslizamiento



➤ **Control del riesgo**

• **Cálculo de efectos probables**

De acuerdo a la evaluación realizada, se ha podido observar que en el área del relleno sanitario se tiene la predominancia de riesgo bajo y por extremos riesgo medio, en ese sentido se puede concluir mencionando:

Respecto al sismo: **Riesgo bajo, sin efectos probables de pérdida en toda la infraestructura.**

Respecto al deslizamiento: **Riesgo bajo y medio, podría encontrarse el debilitamiento mínimo del cerco perimetral y parte de las zanjas.**

Tabla 139. Costo estimado de la afectación por deslizamiento

Bienes	Total, Edificaciones	Área de Terreno (m ²)	Área de riesgo medio (m ²)	Precio Unitario Terreno S/.	Precio Unitario por m ² de la construcción S/.	Costo de la pérdida total frente a un posible impacto S/.	Descripción del estado del debilitamiento
Cerco perimetral	1	31,000	1774	S/.1,00	S/.80,38	S/.204,684.12	Leve
TOTAL, ESTIMADO EN INFRAESTRUCTURA						S/.204,684.12	

Nota. Elaboración propia.

• **Control del Riesgo**

Debido a que el estado de debilitamiento es leve se, el control de riesgo para la infraestructura deberá estar orientado a tomar medidas de

ingeniería civil en el área del peligro medio, estas principalmente podrían ser:

1. Realizar trabajos previos de relleno, nivelación y reforzar la compactación específica en esta área.
2. Establecer un canal de drenajes superficiales específicos que puedan servir para drenar correctamente las aguas provenientes de las precipitaciones.

- **Valorización de las consecuencias**

En consideración a lo expuesto:

El peligro por sismo que está asociado a fenómenos de Geodinámica interna, no afectara para este caso el área donde encontrara asentada la infraestructura del relleno sanitario, teniendo una valorización de consecuencias baja.

Figura 65. Matriz de valorización de consecuencias para Sismo

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural son catastróficas
3	alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	media	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenomeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Nota. Elaboración propia, adaptado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p.167), por CENEPRED.

El peligro por deslizamiento que está asociado a fenómenos de Geodinámica externa, afectara de manera leve y parcial el área donde encontrara asentada la infraestructura del relleno sanitario, teniendo una valorización de consecuencias de baja.

Figura 66. Matriz de valorización de consecuencias para Deslizamiento

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas
3	alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	media	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Según la evaluación la frecuencia de la recurrencia del fenómeno mínima, el escenario de riesgo planteado para el peligro sísmico tiene un periodo de retorno aproximado de 475 años, por lo que la valoración de la frecuencia de recurrencia en la zona *Puede ocurrir en circunstancias excepcionales*, la que esta descrita en la siguiente matriz.

Figura 67. Matriz de niveles de frecuencia de ocurrencia para sismo

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos segun circunstancias
2	media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos segun las circunstancias
1	bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Nota. Elaboración propia, adaptado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p.167), por CENEPRED.

Referente al escenario de riesgo planteado para el peligro por deslizamiento está asociada a las precipitaciones teniendo como soporte la vida útil de 10 años del relleno sanitario y la resiliencia del proyecto, por lo que la valoración de la frecuencia de recurrencia en la zona *Puede ocurrir en circunstancias excepcionales*.

Figura 68. Matriz de niveles de frecuencia de ocurrencia para

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según circunstancias
2	media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Nota. Elaboración propia, adaptado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p.168), por CENEPRED.

- **Nivel de consecuencia y daño**

Para hallar el nivel de consecuencia y daños se interceptaron la frecuencia y las consecuencias, para los casos de sismo y deslizamiento se obtiene la siguiente matriz:

Figura 69. Matriz consecuencia vs frecuencia para establecer los daños

CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
Muy alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Medio	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Medio	Medio	Alta	Alta
Bajo	1	Bajo	Medio	Medio	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Bajo	Medio	Alta	Muy Alta

Nota. Elaboración propia, adaptado de Manual de Evaluación de Riesgos-Versión 02 (p.168), por CENEPRED.

- **Aceptabilidad y Tolerancia**

Del análisis realizado a las consecuencia y daño que corresponde al nivel BAJO, este se proyecta en la matriz de aceptabilidad y tolerancia, obteniendo el valor 1 como nivel “ACEPTABLE” o donde el *riesgo no presenta un peligro significativo*, según CENEPRED (2014) esto permite al Gobierno Local, asumirlo, ya que el riesgo se encuentra en un nivel que puede ser

aceptado, sin la necesidad de tomar otras medidas adicionales a las que ya se poseen.

Figura 70. Matriz de aceptabilidad y tolerancia

VALOR	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos.
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

Finalmente, de acuerdo a todo el análisis establecido se ha determinado que el riesgo es **ACEPTABLE**, por el cual la priorización para la intervención será de **NIVEL DE PRIORIZACIÓN IV**.

Figura 71. Matriz de priorización

VALOR	DESCRIPTOR	NIVEL DE PRIORIZACIÓN
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

NOTA. ELABORACION PROPIA, ADAPTADO DE MANUAL DE EVALUACION DE RIESGOS- VERSION 02 (p.168), por CENEPRED.

4.2. Discusión de resultados

Esta investigación tuvo como objetivo identificar el riesgo por peligro sísmico y deslizamiento al que puede estar expuesto la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán, Región Pasco. Así mismo, evaluar el peligro sísmico y deslizamiento, y analizar las vulnerabilidades existentes en la mencionada infraestructura. Además, se identificaron los factores condicionantes y desencadenantes y sus descriptores de cada uno de los peligros evaluados, y por el lado de la vulnerabilidad se analizaron las dimensiones físicas

y ambientales con sus respectivos factores de exposición, fragilidad y resiliencia. A continuación, se estarán discutiendo los principales resultados de esta investigación.

De los hallazgos obtenidos en esta investigación, se puede decir que la futura infraestructura del relleno sanitario se encuentra asentada en una zona que presenta peligro medio, para los escenarios de riesgos más extremos históricos planteados para la zona, respecto a sismo ([figura 48, ítem 4.1.4.10](#)) y deslizamiento ([figura 52, ítem 4.1.4.16](#)).

Así mismo, de acuerdo al planteamiento actual para la infraestructura del relleno sanitario, se ha obtenido una vulnerabilidad bastante baja ([figura 55, ítem 4.1.5.7](#)), dando como resultado finalmente un riesgo en su totalidad bajo para sismo ([figura 63, ítem 4.1.7](#)), y para deslizamiento riesgo bajo y medio ([figura 64, ítem 4.1.7](#)), este último asociado al tipo de suelo y pendiente.

Estos resultados, finalmente indican la alta posibilidad de la ejecución de este proyecto en la zona evaluada, dando únicamente mayor importancia para el control de riesgos a las zonas identificadas como riesgo medio con algunas intervenciones más específicas que pudiesen o no ser ejecutadas en el periodo de vida útil de este relleno sanitario y teniendo la plena confianza de que la infraestructura no se encontrara en una zona de riesgo y tampoco representara un riesgo futuro para la población o el medio ambiente.

CONCLUSIONES

La evaluación de riesgos indica que el total del área del proyecto se encuentra en **BAJO NIVEL DE RIESGO POR SISMO**, esto debido a que la profundidad y longitud de ruptura del peligro sísmico sumados a la vulnerabilidad baja, no resultan un potencial riesgo de desastre, así mismo, se encontró un **NIVEL DE RIESGO BAJO Y MEDIO POR DESLIZAMIENTO** debido a una menor vulnerabilidad por el cumplimiento de los estándares y su ubicación en zonas de pendientes bajas con litología y tipo de suelo que no brindan las condiciones para el desarrollo de un deslizamiento.

La peligrosidad por fenómeno sísmico presente en la infraestructura del relleno sanitario, cuenta con un **NIVEL MEDIO**, debido a que en el análisis de peligrosidad se trabajó con una magnitud de 5.1 en la escalada de Richter y con intensidades de V, con epicentro ubicado a 10 km al Sur del proyecto y profundidad de 139 km.

La peligrosidad por deslizamiento cuenta con un **NIVEL MEDIO** debido a que el análisis de peligrosidad se trabajó con precipitación histórica mayor al percentil 99 y en la zona de influencia se tiene cambio de pendientes muy variados.

La vulnerabilidad en el futuro proyecto de relleno sanitario cuenta con un **NIVEL BAJO**. Ya que, se ha planteado la edificación de la estructura con todos los elementos estandarizados bajo normas ambientales y civiles, y el tiempo de vida del relleno es relativamente corto (10 años).

RECOMENDACIONES

De carácter estructural para protección de la obra

Una vez construido el relleno sanitario, se recomienda realizar pruebas de resistencia a la compresión simple del concreto, ello de acuerdo a las consideraciones sísmicas de la zona.

A pesar de no ser una medida obligatoria, se debe considerar realizar un sistema de drenaje y cunetas alrededor de la futura infraestructura, las mismas que deberán contar con programas de limpiezas y descolmatación para asegurar su funcionalidad permanente.

Es importante que para mantener los niveles actuales de riesgo (BAJO Y MEDIO), se cumpla con lo planificado respecto al diseño de la infraestructura, esto asegurara el estado de la vulnerabilidad calculada y su resiliencia optima.

De carácter no estructural

Una vez culminada la ejecución, se deben identificar las zonas seguras, zonas de reunión, vías de evacuación para usarlas en caso de sismos, y así mismo se debe preparar al personal que laborara en el relleno sanitario para su correcta evacuación y aplicación de los planes de contingencia.

Fomentar una cultura y modo de vida en relación a la prevención y preparación ante eventos naturales que puedan producirse en la zona o áreas aledañas, promoviendo el conocimiento, la participación y el respeto sobre las normas y recomendaciones ante riesgos de desastres.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Arias, F. (2006). Introducción a la Técnica de Investigación en ciencias de la Administración y del Comportamiento, 3ª. ed., Ed. Trillas, México.
- Atalaya, E. (2018). Informe de Evaluacion de Riesgo por Deslizamiento del Centro Poblado de Chango del Distrito Chacayan Provincia Daniel Alcides Carrion Departamento de Pasco.
- Cardona, O. D., Carreño, M., & Barbat, A. (2004). *Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo* (Issue January 2015). <https://doi.org/10.13140/2.1.3886.6240>
- Castro, R. (2014). Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de Punta Hermosa. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Castellanos, L. (2017, March 2). Técnica de Observación. *Metodología de La Investigación*.
- CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, 2da versión* (No. 01).
- CENEPRED. (2018). *Informe de Evaluacion de Riesgo por lluvias intensas en el sector A norte del Distrito de Lircay , Provincia de Angaraes , Departamento de Huancavelica*.
- Comisión Económica para América Latina [CEPAL]. (2014). *Manual para la Evaluacion de Desastres* (p. 322).
- Crisafulli, F. (2002). Nociones de sismología. *Ingenieria Sismorresistente*, 1–17.
- Datos informativos, entregados por los profesionales encargados de los estudios preliminares.
- Dalmayrac, B., & Office de la Recherche Scientifique et technique outre mer

- (O.R.S.T.O.M). (1973). Estudio Geologico Preliminar de la Cordillera Oriental. *Estudio Geologico Del Bloque A*.
- Decreto Legislativo N° 1278 que prueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 17 (2016). <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-de-gestion-integral-d-decreto-legislativo-n-1278-1466666-4>
- Dorbat, L. (1990). *Assessment of the size of large and great historical earthquakes un Peru*. 80(3), 551–576.
- Estrategia Internacional para la Reduccion de Desastres de las Naciones Unidas. (2005). Conferencia Mundial sobre la Reduccion de los Desastres-Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015. *Conferencia Mundial Sobre La Reduccion de Los Desastres*, 25. www.unisdr.org
- Estrategia Internacional para la Reduccion de Desastres de las Naciones Unidas. (2009). *Terminologia sobre Reducción del Riesgo*. www.unisdr.org/publications
- EM-DAT (2014). EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain, Brussels. <http://www.emdat.be/>
- Group I to the fourth Assessment Report of the IPCC. (2007). *Climate Change 2007, the Physical Science Basis*.
- Gutierrez, G., Brendan, J., & J, F. (2008). Pliegos de Yuste. *El Año Del Planeta Tierra: Lo Que Conocemos y Lo Que Desconocemos de Nuestro Planeta*, 13.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4th ed.). México: McGraw-Hill.
- Hilario, D. (2020). *Evaluacion de Riesgos Originados por Fenomenos Naturales en el Distrito de Los Olivos utilizando el Metodo Multicriterio empleado por CENEPRED*. Pontificia Universidad Catolica del Perú.
- Instituto Geologico, M. y M. [INGEMMET]. (1996). *Geologia e los cuadrangulos de*

- Ambo, Cerro de Pasco y Ondores. *Boletín N°77, Serie A:Ca*, 233.
- Instituto Geológico, M. y M. [INGEMMET]. (2012). Evaluación de peligros geológicos en la provincia Daniel A. Carrion, Región Pasco. *Informe Técnico N°A6602*.
- Instituto Geológico, M. y M. [INGEMMET]. (2018). *Los Peligros Geológicos en el Perú*. 36.
- Instituto Geológico, M. y M. [INGEMMET]. (2019). Evaluación de Peligros Geológicos del Poblado Chacayan. *Informe Técnico N°A6972*, 0–28.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018a). *Características de las viviendas particulares y los hogares Acceso a servicios básicos*.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018b). Pasco, resultados definitivos. *Cuadros Estadísticos de Población, Vivienda y Hogar, Tomo V*.
- Jaen, H. D., & Taype, V. (1976). Ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa en el Perú. *Boletín de La Sociedad Geológica Del Perú*, 52, 27–38.
- Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente*, 287. <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128200240.pdf>
- Marinos, P., & Hoek, E. (2000). *GSI: A GEOLOGICALLY FRIENDLY TOOL FOR ROCK MASS STRENGTH ESTIMATION*.
- Maximillian Ashwill, L. A. (2014). Climate Change and IDB: Building Resilience and Reducing Emissions. *Office of Evaluation and Oversight, November*, 90. http://www.iadb.org/es/banco-interamericano-de-desarrollo,2837.html#UjG_uRYi3sA
- Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, (2016).
- Organización Meteorológica Mundial. (2021). Los desastres de índole meteorológica han

aumentado en los últimos 50 años y han causado más daños , pero menos muertes.

OMM.

Parga Urenes, V. (2012). *Evaluacion de la Construccion social del riesgo frente a amenazas de Tsunami en el area urbana de la Comuna de Calder, III Region de Atacama.* Universidad de Chile.

Popper K.R. (1985). *La lógica de la Investigación Científica.*

Lauro, E. (2021). Informe de Evaluación de Riesgo por Sismo para el mejoramiento y ampliación del Establecimiento de Salud de Choccollo De Categoría I-2 en la comunidad de Choccollo Distrito de Challhuahuacho - Provincia de Cotabambas - Departamento de Apurímac.

Ley General de Residuos Solidos, LEY N° 27314, Journal of Real Estate Finance and Economics 77 (2009).

<https://doi.org/10.1016/j.qref.2017.01.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>

Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) LEY N° 29664, (2011).

Reglamento de la Ley N°29664, que crea el Sistema Nacional de Gestion del Riesgo de Desastres (SINAGERD), 1 (2011).

Quecedo, R., y Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, 14, 5–39.

Rojas Soriano, R. (2013). *Guía para realizar investigaciones sociales.* www.raulojassoriano.com

Rondon, T., E., Szantó, N. M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & A., G. (2016). Guía

- general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *Manuales de La CEPAL*, 209. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40407>
- Saaty, T. (1980). Marketing Applications of the Analytic. *Management Science*, 26.
- Sarricolea, P. (2004). *NIVELES DE VULNERABILIDAD A AMENAZAS NATURALES*.
Universidad de Chile.
- Servicio Geologico Colombiano, & [SGC]. (2016). *Clasificaciones de Movimientos en Masa y su Distribucion en terrenos Geologicos de Colombia*. 15(2), 1–23.
- Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia del Perú. (2014). *METEOROLÓGICOS Precipitaciones Extremas Para la Emisión de Avisos Meteorológicos*. 1–11.
- Sharpe, C.F.S., 1938, *Landslides and Related Phenomena*: New York, Columbia University Press, 137 p.
- Tavera, H., Bernal, I., & Peru, I. G. del. (2005). *Distribucion espacial de areas de ruptura y lagunas sismicas en el borde oeste del Perú*. N°6, 89–102.
- Tavera Ayala Hernando. (2019). PERÚ , UN PAÍS ALTAMENTE SISMICO. *Geonoticias*, 6.

ANEXOS

Anexo 3. Matriz de cálculo final de la Vulnerabilidad

DIMENSIÓN FÍSICA																		
EXPOSICION FISICA				FRAGILIDAD FISICA							RESILIENCIA FISICA				VALOR DIMENSIÓN FISICA	PESO DIMENSIÓN FISICA		
SRS		Valor Exposicion	Peso Exposicion	AT		IS		SCL		Valor Fragilidad	Peso Fragilidad	AC		Valor Resiliencia			Peso Resiliencia	
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc		Ppar	Pdesc		
1.00	0.503	0.503	0.09	0.62	0.495	0.28	0.449	0.10	0.451	0.478	0.69	1.00	0.467	0.467	0.22	0.478	0.60	
	0.260	0.260	0.09		0.259		0.301		0.303	0.275			0.69	0.314	0.314	0.22	0.282	0.60
	0.134	0.134	0.09		0.137		0.144		0.137	0.139			0.69	0.119	0.119	0.22	0.134	0.60
	0.068	0.068	0.09		0.072		0.071		0.072	0.072			0.69	0.065	0.065	0.22	0.070	0.60
	0.035	0.035	0.09		0.037		0.035		0.036	0.036			0.69	0.035	0.035	0.22	0.036	0.60

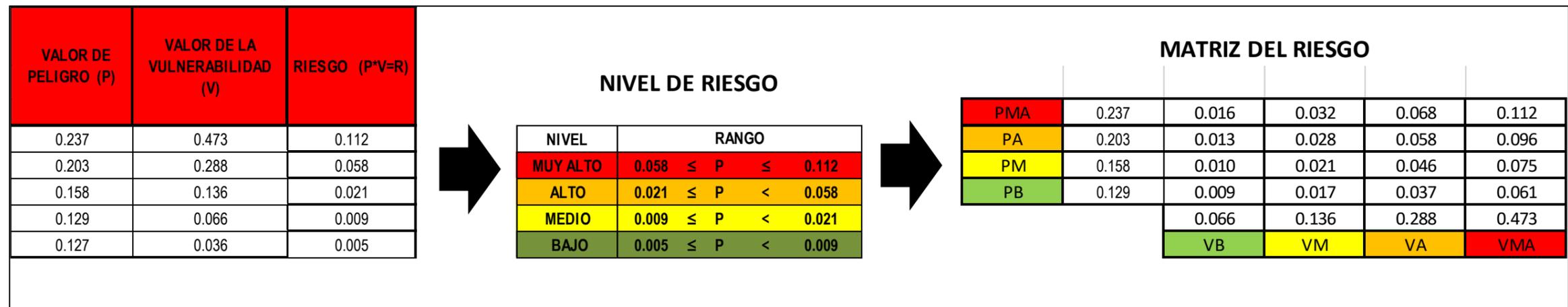
DIMENSIÓN AMBIENTAL																		
EXPOSICION AMBIENTAL				FRAGILIDAD AMBIENTAL							RESILIENCIA AMBIENTAL				VALOR DIMENSIÓN AMBIENTAL	PESO DIMENSIÓN AMBIENTAL		
Residuos Solidos		Valor Exposicion	Peso Exposicion	Cercado Perimetral		Cobertura diaria de los Residuos Solidos		Cortina Perimetral Arborea		Valor Fragilidad	Peso Fragilidad	Perturbacion del ecosistema		Valor Resiliencia			Peso Resiliencia	
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc		Ppar	Pdesc		
1.00	0.503	0.503	0.12	0.67	0.511	0.23	0.450	0.10	0.516	0.497	0.32	1.00	0.441	0.441	0.56	0.467	0.40	
	0.260	0.260	0.12		0.258		0.284		0.254	0.263			0.32	0.326	0.326	0.56	0.298	0.40
	0.134	0.134	0.12		0.130		0.153		0.121	0.135			0.32	0.140	0.140	0.56	0.138	0.40
	0.068	0.068	0.12		0.062		0.073		0.072	0.065			0.32	0.056	0.056	0.56	0.060	0.40
	0.035	0.035	0.12		0.040		0.040		0.037	0.040			0.32	0.037	0.037	0.56	0.037	0.40

Anexo 4.

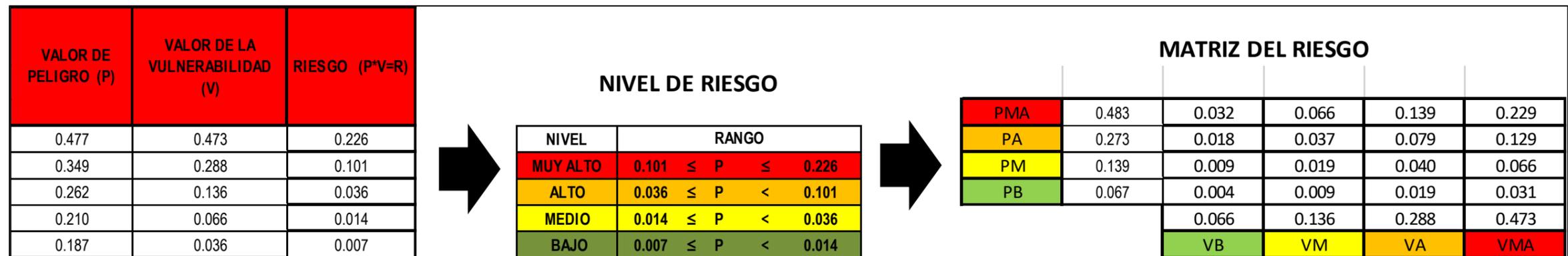
VALOR DE LA VULNERABILIDAD	NIVEL	RANGO		
	0.473	MUY ALTO	0.288	≤ V ≤
0.288	ALTO	0.136	≤ V <	0.288
0.136	MEDIO	0.066	≤ V <	0.136
0.066	BAJO	0.036	≤ V <	0.066
0.036				

Anexo 5. Matriz de cálculo final del Riesgo Sísmico y Deslizamiento

RIESGO SÍSMICO



RIESGO DESLIZAMIENTO



Anexo 6. Fotografías



1. Vista al Norte desde el proyecto



2. Vista al Sur desde el proyecto



3. Vista al Este desde el proyecto



4. Vista al Oeste desde el proyecto



5. Visita de campo, para la determinación de los factores condicionantes



6. Suelo arcilloso, correspondiente a la calicata realizada en el área



7. Repicado de la calicata para observar la profundidad del suelo en la zona



8. Verificación de las propiedades de las rocas en el área



9. Mapeo de la geomorfología en el área de influencia



10. Verificación de la extensión y ubicación de los elementos del diseño de la infraestructura



11. prueba del golpe de la picota para la verificación de la resistencia in situ

Anexo 7. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA			
TITULO: Evaluación de Riesgos por Peligro Sísmico y Deslizamiento en el Proyecto de Infraestructura de Relleno Sanitario, Distrito de Chacayán - Región Pasco 2022			
Problema (Formulación del problema)	Objetivo	VARIABLES	Metodología
<p>Problema General: ¿Cuál es el riesgo por peligro sísmico y deslizamiento al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán?</p> <p>Problemas Específicos: 1. ¿Cuál es el nivel de peligrosidad sísmica al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán? 2. ¿Cuál es el nivel de peligrosidad de deslizamiento al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán? 3. ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar el riesgo Sísmico y Deslizamiento al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán</p> <p>Objetivos Específicos: 1. Evaluar el nivel de peligrosidad sísmica al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán 2. Evaluar el nivel de peligrosidad de deslizamiento al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán. 3. Evaluar el nivel de vulnerabilidad al que puede estar expuesta la futura construcción de la infraestructura de relleno sanitario en el distrito de Chacayán.</p>	<p>Independiente: Evaluación de Peligro Sísmico y Deslizamiento.</p> <p>Dependiente: Evaluación de Riesgos.</p>	<p>1. Tipo de investigación: La presente investigación corresponde a un tipo de investigación cualitativa en tanto estudia las cualidades de los suelos y rocas en el área susceptible a un peligro, asignándoles niveles. Así mismo por el nivel de profundización corresponde a un tipo de investigación descriptiva-explicativa porque se describe los fenómenos capaces de generar desastres y explica las implicancias de cada uno de ellos.</p> <p>2. Característica de la Investigación: Este estudio se caracteriza por ser un trabajo sistemático ya que no es posible llegar a las conclusiones si no se sigue un orden que permita ir avanzando paso a paso para obtener los resultados.</p> <p>3. Método de investigación: El presente estudio corresponde al método científico por cuanto se sigue un método constructivista.</p> <p>4. Población y muestra: Cuando: “la población por el número de unidades resulta accesible en su totalidad, no será necesario extraer una muestra” (Rojas, 2013). En ese sentido al ser una investigación efectuado en un lugar específico donde es necesario la caracterización de toda el área de estudio cuyas características son irrepetibles en otros sectores porque los suelos y rocas presentan particularidades específicas para cada lugar, resultando que el tamaño de la población es igual al tamaño de la muestra, por lo, tanto la población conformada por suelos y rocas en 122 ha de superficie, será también la muestra.</p> <p>5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Para la presente investigación se utilizará la técnica de la observación, en cuanto a los instrumentos de recolección de datos, se utilizará un plano topográfico base donde de manera abierta se registraran las características litológicas, estructurales, geomecánicas, hidrogeológicas y otros del terreno en estudio. En el caso de la recolección de datos y establecimiento de parámetros apropiados para el análisis del peligro se usaran matrices en el programa Excel, donde también se realizaran los cálculos necesarios, del mismo modo, para el caso de datos del análisis de vulnerabilidades se utilizarán las respectivas matrices en el programa Excel.</p> <p>6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos: Las características y parámetros de los fenómenos naturales estudiados en el presente trabajo serán llevados a matrices los cuales serán sometidos a un proceso de análisis jerárquico con la finalidad de estratificar los peligros, las vulnerabilidades y riesgos, este procesamiento se realizará utilizando el software EXCEL y ArcGIS actualizados. Los resultados serán analizados con la finalidad de establecer los niveles de riesgo de desastre por fenómenos de origen natural y proveer medidas tendientes a una segura disposición de los residuos sólidos en la localidad de Chacayán. Es importante resaltar que esta investigación está orientada por el “Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos Naturales” (CENEPRED, 2014).</p>