

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Niveles de riesgo y movimientos en masa en
la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Tipismana Zevallos, Roxana Katherine

ASESOR: Segura Ttito, Eric

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión de riesgos y desastres.

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería Civil

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44318249

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43453471

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7706-9722

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Aguilar Alcántara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Tuanama Lavi, José Wicley	Maestro en gerencia pública	05860064	0000-0002-5148-6384

H

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 10:00 horas del día **miércoles 21 de febrero de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|--------------------------------------|--------------|
| ❖ MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | - PRESIDENTE |
| ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA | - SECRETARIO |
| ❖ MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI | - VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 0271-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"NIVELES DE RIESGO Y MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA – SEDA HUÁNUCO 2023"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Roxana Katherine TIPISMANA ZEVALLOS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

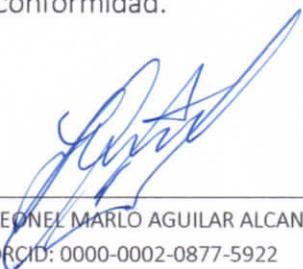
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Abonado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *14* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

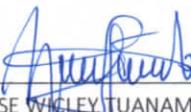
Siendo las *11:10* horas del día 21 del mes de febrero del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
ORCID: 0000-0001-7920-1304

Presidente
DNI: 40895876


MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA
ORCID: 0000-0002-0877-5922

Secretario
DNI: 43415813


MG. JOSE WICLEY TUANAMA LAVI
ORCID: 0000-0002-5148-6384

Vocal
DNI: 05860064



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Dr. Eric SEGURA TTITO,
Asesor(a) del PA Ingeniería Civil y designado(a)
mediante documento RESOLUCION N°1278-2022-D-FI-UDH del (los)
estudiante(s) TIPISMANA ZEVALLOS, ROXANA KATHERINE

....., de
la investigación titulada:

..... "NIVELES DE RIESGO Y MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LINEA DE CONDUCCIÓN
..... DE AGUA - SEDA HUÁNUCO 2023"

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del16.....%
verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante le Software
Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen
plagio y cumplen con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime
conveniente.

Huánuco, ..08..deMARZO.....de ..2024....



Dr. ERIC SEGURA TTITO
DNI N° 3453471
Código ORCID N° 0000-0002-7706-8722
Asesor de Tesis

VcB ASESOR(A)

Revisión I

ORIGINALITY REPORT

16% SIMILARITY INDEX	15% INTERNET SOURCES	4% PUBLICATIONS	5% STUDENT PAPERS
--------------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1	hdl.handle.net Internet Source	2%
2	repositorio.unfv.edu.pe Internet Source	1%
3	repositorio.udh.edu.pe Internet Source	1%
4	repositorio.unasam.edu.pe Internet Source	1%
5	sigrid.cenepred.gob.pe Internet Source	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	1%
7	repositorio.urp.edu.pe Internet Source	1%
8	www.scribd.com Internet Source	1%
9	www.sunass.gob.pe Internet Source	1%


Dr. ERIC SEGURA TTITO
Asesor de Tesis
DNI N° 43453471
Código ORCID N° 0000-0002-7706-9722

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, por ser siempre bondadoso y por haberme dado siempre la oportunidad de ser siempre un mejor ser humano.

A mi padre Raúl Tipismana Hinostroza, quien desde el cielo me observa y de seguro junto a Dios festejan conmigo este logro.

A mi madre Herminia Zevallos Rojas; timón y fuerza de mi vida, ejemplo de dedicación y superación, y sobre todo fuente de inspiración para que mis metas se cumplan.

A mis hermanos por siempre darme una mano, cuando más lo necesitaba.

Y finalmente a las personas que confían en mi de forma particular; muchísimas gracias por el apoyo incondicional, por el tiempo donado y sobre todo por el conocimiento brindado.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación viene realizado gracias al apoyo directo e indirecto de muchas personas, quienes por el cariño y por el profesionalismo que los caracteriza se han hecho siempre presentes.

En primer lugar, agradecer a mi alma mater, la Universidad de Huánuco, por haberme brindado durante los años de estudio su máximo potencial por medio de sus docentes a los cuales recordaré con gran añoranza debido a que muchos de ellos nos han donado durante esos años de estudios, enseñanzas basadas en sus propias experiencias profesionales, haciendo que, con sus vivencias, podamos temer, amar y sobre todo asumir los retos que nuestra carrera exigía.

Un sincero agradecimiento a mi asesor de tesis el Dr. Eric Segura Ttito, quien con el profesionalismo que lo caracteriza, supo guiar y brindar apoyo con aquello nuevo y siempre desconocido en el mundo de la investigación, este trabajo también es parte de su alto conocimiento brindado.

Un agradecimiento sincero e incondicional a mis seres queridos, en especial a mi madre y hermanos, quienes hicieron tanto por este momento, sacrificando muchas veces su tiempo y confiando en que sí se podía. Y porque no, agradecer a mi padre quien desde el cielo mando su granito de arena cuando la desesperanza asomaba.

Y por último un sincero agradecimiento a las personas que, de forma indirecta aportaron para la realización del presente estudio, Dios los bendiga.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
CAPÍTULO I.....	18
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	23
1.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS	23
1.3. OBJETIVOS.....	23
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	24
1.4.2. JUSTIFICACION PRÁCTICA.....	25
1.4.3. JUSTIFICACION METODOLOGICA	25
1.5. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	25
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	26
CAPÍTULO II.....	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	27
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	29
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	31
2.2. BASES TEÓRICAS.....	33
2.2.1. MOVIMIENTOS EN MASAS.....	33
2.2.2. ANÁLISIS DEL RIESGO.....	37
2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.....	45

2.2.4. MECÁNICA DE SUELOS	47
2.2.5. COBERTURA VEGETAL.....	47
2.2.6. PROCESOS ANTRÓPICOS.....	48
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	50
2.3.1. SUSCEPTIBILIDAD.....	50
2.3.2. PELIGRO.....	50
2.3.3. VULNERABILIDAD.....	50
2.3.4. RIESGO.....	50
2.3.5. ANTRÓPICO	50
2.3.6. TALUD.....	51
2.3.7. EROSIÓN	51
2.3.8. DESLIZAMIENTO.....	51
2.3.9. EXPOSICIÓN	52
2.4. HIPÓTESIS.....	52
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	52
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	52
2.5. VARIABLES.....	53
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	53
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	53
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	53
2.7. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES.	53
2.7.1. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	55
CAPÍTULO III.....	57
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	57
3.1.1. ENFOQUE.....	57
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	57
3.1.3. DISEÑO	57
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	58
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	61
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.	64
CAPÍTULO IV.....	66
RESULTADOS.....	66
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.	66
4.1.1. DETERMINACIÓN DEL PELIGRO O AMENAZA.....	71
4.1.2. DETERMINACIÓN DEL RIESGO.....	154
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	159
4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	159
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	171
CAPÍTULO V.....	198
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	198
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.	198
CONCLUSIONES	203
RECOMENDACIONES.....	207
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	210
ANEXOS... ..	214

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Característica de los deslizamientos y sus velocidades.....	36
Tabla 2	Sistema de clasificación geotécnica para el uso del suelo en pendientes	46
Tabla 3	“Niveles de riesgo y movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023”	55
Tabla 4	Matriz de Saaty para la presentación y cálculo de nuestras variables.....	62
Tabla 5	Ficha de recolección de datos - I	63
Tabla 6	Ficha de recolección de datos - II.	63
Tabla 7	Escala numérica para la determinar del nivel de intensidad de los parámetros.....	74
Tabla 8	Índices aleatorios (IA) según “n”.	76
Tabla 9	Matriz de comparación para Suelos, Pendientes y cobertura vegetal.....	76
Tabla 10	Matriz de normalización para Suelos, Pendientes y cobertura vegetal.....	77
Tabla 11	Vector de Priorización – parámetros generales.	77
Tabla 12	Identificación de las características de los suelos.....	90
Tabla 13	Matriz de comparación para el parámetro Suelos.....	91
Tabla 14	Matriz de normalización para el parámetro Suelos.	91
Tabla 15	Vector de Priorización – Suelos.	93
Tabla 16	Matriz de comparación para el parámetro Pendientes.....	98
Tabla 17	Matriz de normalización para el parámetro Pendientes.	99
Tabla 18	Vector de Priorización – Pendientes.	99
Tabla 19	Matriz de comparación para el parámetro Cobertura Vegetal....	111
Tabla 20	Matriz de comparación para el parámetro Cobertura Vegetal....	112
Tabla 21	Vector de Priorización – Cobertura vegetal.....	112
Tabla 22	Calculo del volumen para Erosión antrópica.....	118
Tabla 23	Matriz de comparación para Erosión Antrópica.	118
Tabla 24	Matriz de normalización para Erosión Antrópica.....	119
Tabla 25	Vector de Priorización – Erosión antrópica.	119

Tabla 26 Niveles de Susceptibilidad en la Línea de Conducción- Seda Huánuco S. A.....	124
Tabla 27 Cuadro descriptivo para el fenómeno.	128
Tabla 28 Matriz de comparación para el fenómeno Potencial destructivo.....	129
Tabla 29 Matriz de normalización para el fenómeno potencial destructivo.....	130
Tabla 30 Vector de Priorización – Potencial destructivo.	130
Tabla 31 Calculo de la Susceptibilidad para la línea de conducción Seda Huánuco o S. A.....	132
Tabla 32 Cálculo del Peligro para la línea de conducción Seda Huánuco S. A.....	132
Tabla 33 Matriz de niveles de Peligro para la línea de conducción Seda Huánuco S. A.....	134
Tabla 34 Matriz de comparación para Exposición, Fragilidad y Resiliencia.....	135
Tabla 35 Matriz de normalización para Exposición, Fragilidad y Resiliencia.....	136
Tabla 36 Vector de Priorización – Exposición, Fragilidad y Resiliencia. ...	136
Tabla 37 Matriz de comparación de pares para la Exposición física.	137
Tabla 38 Matriz de normalización para la Exposición física.....	138
Tabla 39 Vector de Priorización – Exposición física.	138
Tabla 40 Cuadro descriptivo para la Fragilidad Física.	140
Tabla 41 Matriz de comparación de pares para la Fragilidad Física.	140
Tabla 42 Matriz de normalización para la Fragilidad Física.	141
Tabla 43 Vector de Priorización – Fragilidad Física.....	141
Tabla 44 Cuadro descriptivo para la Resiliencia Física.	142
Tabla 45 Matriz de comparación de pares para la Resiliencia Física.	143
Tabla 46 Matriz de normalización para la Resiliencia Física.	143
Tabla 47 Vector de Priorización – Resiliencia Física.	144
Tabla 48 Cuadro descriptivo para la Resiliencia Física.	145
Tabla 49 Matriz de comparación de pares para la Exposición Social.	145
Tabla 50 Matriz de normalización para la Exposición Social.	146
Tabla 51 Vector de Priorización – Exposición Social.....	146

Tabla 52 Cuadro descriptivo para la Fragilidad Social.....	147
Tabla 53 Matriz de comparación de pares para la Fragilidad Social.....	147
Tabla 54 Matriz de normalización de pares para la Fragilidad Social.	148
Tabla 55 Vector de Priorización – Fragilidad Social.....	148
Tabla 56 Matriz de comparación de pares para la Resiliencia Social.	149
Tabla 57 Matriz de normalización de pares para la Resiliencia Social.	150
Tabla 58 Vector de Priorización – Resiliencia Social.	150
Tabla 59 Cuadro de cálculo de la vulnerabilidad.	152
Tabla 60 Niveles de vulnerabilidad para la línea d conducción Sed Huánuco S. A.....	152
Tabla 61 Descripción de los niveles de Riesgos identificados.	154
Tabla 62 Descripción de los niveles de Riesgos identificados.	157
Tabla 63 Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Suelos.....	161
Tabla 64 Resultados obtenidos de la prueba de normalidad - Suelos.....	161
Tabla 65 Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Pendientes.....	162
Tabla 66 Resultados obtenidos de la prueba de normalidad -Pendiente..	163
Tabla 67 Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Cobertura Vegetal.....	164
Tabla 68 Resultados obtenidos de la prueba de normalidad –Cobertura Vegetal...	164
Tabla 69 Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Erosión Antrópica.	165
Tabla 70 Resultados obtenidos de la prueba de normalidad –Erosión Antrópica.	166
Tabla 71 Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Peligro (Movimientos en masas).....	167
Tabla 72 Resultados obtenidos de la prueba de normalidad – Peligro (Movimientos en masas).....	167
Tabla 73 Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para los niveles de vulnerabilidad.	169
Tabla 74 Resultados obtenidos de la prueba de normalidad – Niveles de vulnerabilidad.....	169

Tabla 75	Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para los niveles de Riesgo.	170
Tabla 76	Resultados obtenidos de la prueba de normalidad – Niveles de Riesgo.....	171
Tabla 77	Calculo de la hipótesis Spearman para la hipótesis General.	172
Tabla 78	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis General.	173
Tabla 79	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis Especifica N°01.....	176
Tabla 80	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis N°01	177
Tabla 81	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis Especifica N°02.....	179
Tabla 82	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis N° 02	180
Tabla 83	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis Especifica N°03.....	183
Tabla 84	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis N° 03	184
Tabla 85	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis Especifica N°04.....	187
Tabla 86	Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis N° 04.	188

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representación de deslizamientos o movimientos de masas.....	35
Figura 2 Clasificación de los peligros.....	38
Figura 3 Clasificación de los peligros por fenómenos naturales	39
Figura 4 Mapa de zonificación de peligros.....	39
Figura 5 Factor Exposición	41
Figura 6 Factor Fragilidad.....	41
Figura 7 Factor Resiliencia	42
Figura 8 Vista de la construcción de viviendas en la parte baja de la línea de conducción.....	43
Figura 9 Vistas de la línea de conducción en riesgo	43
Figura 10 Efectos de la modificación de la topografía por cortes y relleno ..	49
Figura 11 Plataforma Geocatmin para determinar la geología existente	68
Figura 12 Plataforma Geocatmin para determinar la geomorfología existente	68
Figura 13 Mapa de Ubicación del tramo de la línea de conducción -Seda Huánuco.....	69
Figura 14 Diagrama para la identificación del riesgo	70
Figura 15 Topografía del tramo 00+133.00 Km	73
Figura 16 Ensayo de Corte Directo Calicata - 01.....	82
Figura 17 Diagrama de esfuerzo de corte para cada espécimen- Calicata N° 01.....	82
Figura 18 Diagrama de desplazamientos vs. Esfuerzo de corte - Calicata N° 01.....	84
Figura 19 Ensayo de Corte Directo Calicata - 02.....	85
Figura 20 Diagrama de esfuerzo de corte para cada espécimen- Calicata N° 02.....	86
Figura 21 Diagrama de desplazamientos vs. Esfuerzo de corte - Calicata N° 02.....	86
Figura 22 Ensayo de Corte Directo Calicata - 03.....	87
Figura 23 Diagrama de esfuerzo de corte para cada espécimen- Calicata N° 03.....	88

Figura 24 Diagrama de desplazamientos vs. Esfuerzo de corte - Calicata N° 03.....	89
Figura 25 Mapa de Suelos localizado tramo de 00+133.00 km – Punto Crítico.....	95
Figura 26 Mapa de Suelos– Línea de Conducción- Seda Huánuco.....	96
Figura 27 Imágenes de deslizamientos con fecha 10 de febrero 2022.....	100
Figura 28 Perfil topográfico de la muestra – 0+020.00	101
Figura 29 Perfil topográfico de la muestra – 0+030.00	102
Figura 30 Perfil topográfico de la muestra – 0+040.00	102
Figura 31 Perfil topográfico de la muestra – 0+100.00	104
Figura 32 Perfil topográfico de la muestra – 0+100.00	104
Figura 33 Mapa de pendientes localizado tramo de 00+133.00 km – Punto Crítico.....	107
Figura 34 Mapa de DEM localizado tramo de 00+133.00 km – Punto Crítico.....	108
Figura 35 Mapa de Pendientes– Línea de Conducción- Seda Huánuco. ..	109
Figura 36 Mapa de Cobertura Vegetal– Línea de Conducción- Seda Huánuco.....	115
Figura 37 Mapa de erosión – Línea de Conducción- Seda Huánuco.....	121
Figura 38 Mapa de elemento expuesto – Línea de conducción Seda Huánuco S. A.....	126
Figura 39 Mapa de Susceptibilidad – Línea de conducción Seda Huánuco S. A.....	127
Figura 40 Mapa de Peligro para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.....	133
Figura 41 Mapa de Vulnerabilidad para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.....	153
Figura 42 Mapa de los niveles de Riesgo para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.....	158
Figura 43 Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis general	174
Figura 44 Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis general.....	174
Figura 45 Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis N° 01	177

Figura 46 Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis Especifica N° 01	178
Figura 47 Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis N° 02	181
Figura 48 Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis N° 02.....	181
Figura 49 Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis N° 03	184
Figura 50 Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis N° 03.....	185
Figura 51 Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis N° 04	189
Figura 52 Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis N° 04.....	189
Figura 53 Mapa de los niveles de Riesgo para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m).....	191
Figura 54 Mapa de Suelos para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m)	192
Figura 55 Mapa de Pendientes para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m)	193
Figura 56 Mapa de Cobertura Vegetal para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m).....	194
Figura 57 Mapa de Erosión Antrópica para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m).....	195
Figura 58 Mapa de los niveles de Peligro para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m).....	196
Figura 59 Mapa de los niveles de Vulnerabilidad para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m).....	197

RESUMEN

El presente trabajo de investigación nace de una necesidad frente al peligro inminente por deslizamiento en masas en la línea de conducción Seda Huánuco S.A.; siendo este una de las estructuras hidráulicas pertenecientes a la empresa encargada de transporta el agua cruda desde la captación (Canchán) hasta la planta de tratamiento ubicada en Cabritopampa con una longitud aproximada de 5.6 km.

Es por ello que nace la pregunta sobre los movimientos de masas y sus niveles de riesgo con respecto a la zona de estudio, teniendo en cuenta además la gran necesidad de la población por dicho servicio ya que la ciudad de Huánuco se encuentra en constante crecimiento poblacional. Para ello la investigadora ha visto la necesidad de zonificar las zonas de riesgo y comunicarlo para las respectivas medidas de prevención y mitigación.

Para la investigación se utilizó la metodología de Saaty, según lo propone el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos CENEPRED (2014), además de hacer uso de la información primaria obtenida de los estudios geotécnicos y topográficos en uno de los puntos críticos ya identificados por la misma empresa, como también en base a la información recopilada en situ.

De los resultados obtenidos se pudo definir y zonificar los niveles de riesgo por movimientos en masa en la línea de conducción, además de concluir que dichas zonas, por los parámetros analizados, pueden ser controlados y mitigados con medidas de orden estructural como no estructural.

Palabras claves: Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo, erosión antrópica, movimientos en masa.

ABSTRACT

The present research work arises from a need in the face of the imminent danger due to mass landslides in the Seda Huánuco S.A. conduction line; This being one of the hydraulic structures belonging to the company in charge of transporting raw water from the catchment (Canchán) to the treatment plant located in Cabritopampa with an approximate length of 5.6 km.

This is why the question arises about mass movements and their risk levels with respect to the study area, also taking into account the great need of the population for this service since the city of Huánuco is in constant population growth. For this, the researcher has seen the need to zone the risk areas and communicate it for the respective prevention and mitigation measures.

For the investigation, the Saaty methodology was used, as proposed in the manual for the evaluation of risks caused by CENEPRED phenomena (2014), in addition to making use of the primary information obtained from the geotechnical and topographic studies in one of the critical points already identified by the company itself, as well as based on information collected on site.

From the results obtained, it was possible to define and zone the risk levels due to mass movements on the conduction line, in addition to concluding that these zones, due to the parameters analyzed, can be controlled and mitigated with structural and non-structural measures.

Keywords: Danger, Vulnerability, Risk, anthropogenic erosion, mass movements.

INTRODUCCIÓN

El estudio realizado está basado en la identificación, no solo del peligro o amenaza más incidente en la línea de conducción Seda Huánuco S.A. como son los movimientos en masa, sino que, también busca identificar los niveles de riesgos existentes en toda el área de estudio correspondiente al tramo II y III de la línea de conducción.

Es por ello que se busca identificar, a lo largo del tramo, el nivel de influencia de los parámetros: suelos y su capacidad de resistencia la corte; las variadas pendientes existentes; la cobertura vegetal y el actual uso del suelo, y sobre todo el determinante avance de la erosión antrópica en las laderas cercanas. Resultados que podrían incidir en la toma de decisiones para las entidades correspondientes.

La importancia de la presente investigación es debido a que se tiene poco conocimiento del tema de riesgos y que una vez identificados es posible encontrar las adecuadas medidas de mitigación y prevención, pudiendo así evitar incomodidad a largo plazo para la población huanuqueña.

Es por ello que el presente trabajo busca conocer y comunicar dicho riesgo por movimientos de masa, ya sea, por factores de geodinámica externa o por factores como: pendientes, cobertura vegetal, tipo de suelos o por erosión antrópica. Los cuáles serán procesados por medio del análisis multicriterio de SAATY y sobre todo por el análisis diferencial de Shapiro Wilks para el análisis de correlación.

Las fuentes de apoyo fueron los diversos aportes realizadas por parte de investigadores de orden internacional, nacional y local, los cuales permitieron fortalecer la presente investigación con sus conocimientos basados en sus experiencias profesionales y en base a sus resultados obtenidos.

Finalmente, de los resultados obtenidos se pudo comprobar el nivel de correlación alto con respecto a los movimientos en masa y los niveles de riesgos en toda la línea de conducción, pudiendo también concluir que, de los factores analizados, fue la erosión antrópica con mayor correlación entre los demás parámetros.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los procesos naturales más conocidos como “fenómenos naturales” y su impacto de forma directa en la sociedad, han comenzado a tener hoy una fuerza extraordinaria de cambios constantes y efectos drásticos incluso en un lenguaje de orden mundial.

Es por ello que en el presente trabajo de investigación, se buscó entre uno de los fenómenos de más afectación y de más frecuencia en nuestro país, estamos hablando de los “*movimientos en masa*” en sus diversas manifestaciones como se pudo constatar a lo largo de los últimos años, no solo en Perú, sino a nivel mundial; y para ello, es necesario considerar también los posibles factores que puedan influir en dichos procesos, es por eso que de los eventos mencionados a continuación se tienen algunos factores comunes como es el caso del tipo de *suelos*, las *pendientes* características de las zonas afectadas, una indiscriminada degradación de la *cobertura vegetal* dando inicio a diversos usos de suelos y sobre todo un agresivo y exponencial crecimiento urbano, ocasionando muchas veces lo que desde este momento llamaremos *erosión antrópica*.

Así, tenemos por ejemplo la localidad de Bussoleno, provincia de Turín – Italia en el año 2018, donde se da un gran *deslizamiento en masa* en las zonas alpinas del país, la afectación consistió en de 200 personas desalojadas y diversas viviendas reubicadas; este hecho se da en el período de lluvias y en áreas tomadas para habilitación urbana, las posibles causas se relacionan a las precipitaciones de la época, a la presencia de montañas con pendientes considerables y/o al tipo de suelos existente, las cuales al absorber las aguas pluviales aumentaron su peso y perdieron el equilibrio entre sus partículas y cedieron a la gravedad cayendo a favor de las laderas. RUPTLY (2018)

De lo mencionado con anterioridad nos lleva a considerar ciertos factores entre los “fenómenos naturales” y el constante crecimiento urbano; incluyendo en ello los diversos proyectos ingenieriles como viviendas, carreteras, canales, puentes u otras estructuras con fines de desarrollo social y económico. Es por ello nace la necesidad de analizar los efectos de dichos eventos en áreas urbanas y a su vez la importancia de la identificación de un nivel de riesgo que puede ser mitigable y/o amigable a largo o corto plazo, para las zonas evaluadas.

En América Latina según la ONU (2020) nos menciona que dos de los países más afectados a partir del año 2000 son Guatemala y Colombia con diversos deslizamientos, entre ellos los flujos de lodos o detritos, los cuales han cobrado casi 3,000 vidas en un período de 17 años; tomando como un factor de suma importancia las fuertes “*precipitaciones*” en períodos de lluvias o épocas de invierno y resaltando también “*la actividad humana*” como parte o pieza clave de influencia desfavorable ante eventos naturales.

Uno de los deslizamientos más recientes además de catastrófico a nivel América Latina es el de la Paz en Bolivia. Dicho evento data del 30 de abril del 2019 donde según los medios de comunicación y autoridades locales describen un gran *movimiento de masas* que abarcó grandes hectáreas utilizadas como *zonas urbanas*, las pérdidas materiales fueron innumerables y un aproximado de 400 personas afectadas las cuales fueron evacuadas hacia áreas de refugio según el diario La Vanguardia (2019); las causas posibles son las precipitaciones, el *mal uso del suelo* por parte de los habitantes quienes permitieron la infiltración de aguas (saneamiento y alcantarillado) en el área afectada y el asentamiento de viviendas en un área poco seguro por ser *suelos* con material de botadero, además agregar la presencia de *pendientes* de leves a extremas. Para el 2020, un año después del evento, las condiciones de vida para los habitantes de la zona eran aún precarias según la opinión de las personas damnificadas en la Paz- Bolivia.

Dichos eventos han llamado mucho la atención de especialistas dedicados a la investigación en las diferentes ramas profesionales, entre las cuales también la ingeniería civil se hace presente con el análisis de forma

cuantitativa y en la aplicación de metodologías para una adecuada identificación y respuesta a las diversas necesidades de parte de las poblaciones en constante crecimiento.

A nivel nacional, el Perú cuenta con fenómenos por *movimientos en masa* en casi toda su superficie territorial esto debido a que nuestro país presenta condiciones geográficas y/o geomorfológicas de particular atención, claro está que, dichos acontecimientos se evidencian también por factores externos como las precipitaciones o movimientos telúricos y sumado a ello la *actividad humana* en su constante crecimiento como sociedad.

Cabe resaltar uno de los eventos más recientes relacionado a *deslizamientos o movimientos en masas*, donde nuevamente se pueden identificar los factores estudiados: suelos, con la presencia de material altamente erosionable como es la grava, bolonería y limos; las pendientes características de laderas andinas del tipo muy pronunciadas y cobertura vegetal modificada por la erosión antrópica.

El 15 de marzo del año 2022, a horas 8:30 am, se desliza parte del talud perteneciente al cerro la esperanza, ubicado al margen derecho del centro poblado de Retamas, perteneciente al distrito de Parcoy, provincia de Pataz - La Libertad. Las consecuencias son graves y las pérdidas son incontables, tanto vidas humanas como bienes materiales se ven comprometidos en gran magnitud para el pesar de la población presente; según el diario GESTIÓN (2022) nos menciona que: “El alud ha dejado, hasta el momento, 6 personas fallecidas, 7 personas heridas, dos desaparecidos (niño y adulto), 53 damnificados, 45 afectados, 6 viviendas destruidas, 12 viviendas inhabitables, 13 viviendas afectadas, 1 establecimiento comercial destruido y más de 100 metros de tuberías de agua potable destruida”. Información confirmada hasta el 19 de marzo del 2022. Dejando a su paso un gran dolor para el país entero debido a la magnitud y a las condiciones de las pérdidas humanas dejando toda una población en luto.

Finalmente, nuestra ciudad de Huánuco (distrito) forma parte, como una de las regiones con más eventos por deslizamientos y flujos de detritos, como por ejemplo aquellos sucedidos en épocas de invierno en la carretera central colindante a la localidad de San Rafael, zonas de una geología del tipo complejo Marañón pero a su vez con la presencia de gravas y limos de forma superficial, material altamente deslizante ante el contacto del agua o aquellas zonas con altos índices de riesgo por antecedentes debido al mismo peligro, como son: Llicua, las Moras y Jactay, este último con presencia de grietas o fisuras debido al deslizamiento o desplazamiento del suelo como parte de la geodinámica externa existente; por último también se aprecia como en todos los casos mencionados anteriormente en el presente informe de investigación, un posible causante “antrópico”, es decir: por la intervención de la mano del hombre, así se tienen los proyectos de inversión pública y/o privada sin un adecuado estudio de riesgo, asentamiento de viviendas de forma desordenada y sin ningún tipo de criterio urbanístico que sumado a la naturaleza, se tenga posibles niveles de riesgos altos en nuestra zona de estudio, donde se encuentra ubicada actualmente la línea de conducción de agua potable - Seda Huánuco S. A.

La línea de conducción de agua potable viene siendo gestionada por la empresa Seda Huánuco S.A., dicha empresa de estado como personería jurídica de derecho privado como lo menciona el plan maestro optimizado 2014-2044 (2015, p. 1), tiene la principal función de brindar los servicios de saneamiento a las localidades de Huánuco, Amarilis, hoy también parte de Pillco Marca, y también a las zonas de Aucayacu y Tingo María, además de brindar servicios de alcantarillado y drenaje pluvial para la ciudad de Huánuco

La importancia del servicio prestado determina a su vez un cierto grado de preocupación por parte de los pobladores (siendo la principal proveedora del servicio), ya que se crea una gran problemática sobre la alta demanda del servicio de agua potable, además de considerarse de suma importancia debido a las crecientes necesidades de una población también en crecimiento constante; crece la población y crece también las exigencias de

parte de la población Huanuqueña. Y esto se puede visualizar cuando por diversos motivos ya sea por contaminación, turbidez o disminución del caudal de las tomas de agua, se priva del líquido elemento a más de 200,000.00 personas por períodos indefinidos, ocasionando histeria poblacional y sobre todo indignación debido a la falta de planes de contingencia o medidas alternativas para brindar soluciones rápidas,

Una de las más grandes preocupaciones por parte de las autoridades de paso y de la misma empresa se da por la situación actual de la línea de conducción de agua potable Seda Huánuco S.A.; esta es una estructura de tipo canal, de forma rectangular, de concreto ubicada a lo largo de la ladera o taludes al margen izquierdo del río Higuera la cual tiene por principal función la de transportar el agua cruda hacia la planta de tratamiento ubicada en Cabritopampa en tramo aproximado de 5 km; la preocupación nace debido a su ubicación vulnerable en las laderas expuesta no solo a deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, como parte de la geodinámica externa, sino que también, se tiene que someter al constante cambio de las laderas por el asentamiento de viviendas, las cuales erosionan la parte baja de las laderas volviendo aún más vulnerables la estructura existente.

Dicha línea de conducción en la actualidad como se menciona en el plan maestro optimizado 2014-2044, cuenta con más de 50 años de antigüedad y con más de 5 km de longitud; es de suma importancia para toda la población huanuqueña ya que esta abasteció a casi 267,068.00 beneficiarios hasta el 2014 según el plan maestro optimizado 2014-2044 (2015) y hoy se tiene a más de 334,675.00 beneficiarios según Seda Huánuco (2020), la población está conformada por los distritos de Huánuco, Amarilis y Pillco Marca de forma directa o ámbito político para la empresa, incluyendo a la provincia de Leoncio Prado.

En la actualidad el servicio se da de forma regular y con miras a posibles mejoras, pero el riesgo de un evento desfavorable debido a la presencia de remoción de taludes con fines de habilitación urbana, esto hace que el escenario frente a un deslizamiento de masas pueda dañar la línea de conducción existente y tener consecuencias con altos índices de daños y

pérdidas, además de afectación indefinida de alarmante preocupación en especial para el sector salud y educación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera los movimientos en masa se relacionan con los niveles de riesgo en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿En qué medida la pendiente influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023?

¿De qué manera el tipo de suelo influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023?

¿En qué medida se relaciona la cobertura vegetal y la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023?

¿De qué manera la erosión antrópica influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar si los movimientos en masa se relacionan con los niveles de riesgos en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar si la pendiente influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.

Analizar si el tipo de suelo influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.

Identificar si la cobertura vegetal se relaciona con la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.

Analizar si la erosión antrópica influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El presente trabajo de investigación tiene como Justificación Teórica identificar los niveles de riesgo de la línea de conducción de agua – Seda Huánuco; estructura que viene amenazada por erosión de taludes debido a la construcción de viviendas en la parte baja de dicho componente sanitario, la cual tiene como función conducir el agua cruda hasta la planta de tratamiento (PTAP) de Cabrito Pampa en la ciudad de Huánuco con la finalidad de ser procesada para el consumo humano.

Es por ello que es necesario identificar las potenciales causas de un posible evento y en consecuencia calcular los niveles de riesgo en el área de estudio ya que esto nos permitirá cuantificar pérdidas, daños y hasta una posible paralización del servicio de agua potable en nuestra ciudad de Huánuco a corto o en el peor de los casos a largo plazo.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Como respecto a la justificación práctica se considera que el presente instrumento de investigación sea o sirva de apoyo técnico a las autoridades o entidades correspondientes de la ciudad de Huánuco ya que de los resultados obtenidos a partir de la recolección de datos en situ nos permitirá tener una visión más amplia de los niveles de riesgos existentes y de las posibles causas ya sean externas, internas o antrópicas para poder intervenir de forma proactiva con normativas o en el peor de los casos con la implementación de planes de contingencia ante un posible evento.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Identificar los niveles de riesgo es el primer paso ante una problemática de gran preocupación como es el servicio continuo del agua potable en la ciudad de Huánuco; servicio de precarias condiciones en diversos ámbitos y hoy también por un mal manejo de los suelos. La presente investigación se basa en los recursos existentes en la zona: suelos, topografía característica de la zona, precipitaciones y sobre todo el desordenado crecimiento poblacional que conlleva a daños en paralelo en las diversas zonas de nuestra ciudad con situaciones parecidas, aunque con otro tipo de daños, pero con respuestas planificadas y/o con acciones de prevención de similar condición

Finalmente podemos decir que uno de los objetivos fundamentales es el de dar a conocer el nivel de riesgo de la línea de conducción existente en la actualidad y que el aporte sea un paso para futuras investigaciones en tramos con situaciones parecidas y/o con efectos de similares.

1.5. LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las limitaciones podría ser el aporte de información primaria por parte de los propietarios de terrenos existentes en las zonas de

investigación, ya que se pueden sentir perjudicados ante la información que nos puedan brindar. Para ello se procurará guardar la discreción del caso.

Como segunda limitación se tiene un determinado o limitado número de muestras de suelos debido a los posibles costos elevados que pueda sobre pasar nuestro presupuesto es por ello que se buscará de dar más énfasis a los puntos críticos más afectados.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación es viable debido a la condición de conveniencia en la que se encuentra la autora, ya que en la actualidad se encuentra trabajando con un especialista en el tema de riesgos y los accesos a la zona a investigar se encuentran libres para las visitas correspondientes. Con respecto a nivel personal se cuenta con el apoyo humano y tiempo necesario para que la investigación siga el curso programado según este lo requiera en campo, de igual forma se buscará los últimos datos de parte de Seda Huánuco, como datos estadísticos de los servicios que brindan, información técnica como el funcionamiento de la línea de conducción, caudales, tiempo u otras características necesarias para el cálculo de efectos que puedan inducir al logro de nuestros objetivos y por último el apoyo de las entidades técnico científicas como CENEPRED, INGEMMET, SENAMHI, INDECI, DEFENSA CIVIL, etc. Los cuales brindan la información necesaria a favor de la investigación. Como también del SINAGERD, para la normativa vigente en la gestión de riesgos y desastres.

Así mismo la investigación cuenta con un presupuesto base para la elaboración del proyecto, la cual consta de un número específico de calicatas (puntos críticos con más amenaza), logística, pagos de personal, estudio de fotogrametría propuesta, trabajos y material de gabinete. Todo lo mencionado anteriormente para un periodo de 3 meses, tiempo necesario para considerar un análisis adecuado de la identificación de los niveles de riesgo en la zona.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para el autor Rojas (2018) mediante su trabajo de investigación: “Análisis de movimientos en masa mediante la aplicación de SIG en la ciudad de Villavicencio en el sector cerro de Buenavista” presentada a la universidad Santo Tomás, facultad de Ingeniería Civil para optar al grado de Ingeniero Civil. Nos menciona como objetivos principales, la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos considerando para ello tres variables fundamentales, es decir, el análisis y mapeo de la geomorfología, del índice topográfico de humedad y por último la cobertura vegetal la zona de Buenavista siendo analizadas por medio de imágenes satelitales; del cual este concluye en lo siguiente: 1) El autor mediante la técnica mencionada identificó las zonas con más susceptibilidad a movimientos en masa, estas mantienen características de pendientes muy pronunciadas, una geomorfología de tipo espolones y/o abanicos aluviales y finalmente zonas con muy poca vegetación. 2) la investigación realizada clasificó las zonas de susceptibilidad en tres niveles, bajo, medio y alto; estas últimas también muy relacionadas a la geología de la zona. 3) También se identificó en el área de estudio un cierto grado de humedad, lo cual favorece a la vegetación de la zona, pero el autor concluye que debido a la vegetación de tipo matorrales bajos este a corto plazo contribuye a flujos de masas. 4) El autor también concluye que las zonas susceptibles mantienen un 80.89% de material matorral y un 11.03% de zonas con bosques secos, incrementando los niveles de susceptibilidad ante deslizamientos. 5) Finalmente se concluye que las imágenes satelitales son material clave para la identificación de zonas susceptibles por diversas amenazas a grandes escalas, reforzando también la investigación con las debidas visitas a campo.

Sánchez Gomezjurado y Berrios Morales (2019) en su tesis titulada: “Análisis de susceptibilidad a movimientos de masa mediante la modelación con un SIG en la cuenca Río Blanco, La Calera” presentada a la Universidad de La Salle en la facultad de Ingeniería para optar al grado de Ingeniero Civil; tiene por objetivo analizar en base al nivel de incidencia de los parámetros básicos como: la pendiente, la geología, la precipitación y el uso de suelos dentro su área de estudio e identificar por medio de una escala grafica adecuada (mapas) los niveles de susceptibilidad por movimientos en masas ene estado de potencial inestabilidad. Para ello los autores realizan el análisis a partir del uso del sistema GIS y de las imágenes satelitales; la metodología usada consiste en la ponderación de los parámetros estudiados los cuales permitieron a los investigadores identificar el nivel de susceptibilidad por movimientos en masa de la zona, para finalmente obtener los mapas que serán usados como instrumentos para prevención o mitigación. Los autores llegan a las siguientes conclusiones: 1) A partir de ello los autores obtienen como resultado, a partir de la clasificación de los niveles de susceptibilidad (MUY BAJA, BAJA, MEDIA Y MUY ALTA), una clasificación de MEDIA – ALTA en más de un 60% para el área analizada, debido a que los parámetros inciden de forma negativa ante un posible evento de movimientos en masa. 2) Las pendientes superan los 26.6 grados, suelos fácilmente desplazables, geología con cotas propensas a deslizamientos, precipitaciones características de la zona por ser de mucha recurrencia y sobre todo por las actividades antrópicas que desestabilizan el área analizada, finalmente el autor por medio de su trabajo de investigación permitió identificar los niveles de susceptibilidad y en consecuencia un valioso instrumento de información primaria. Así también nuestra área de estudio ofrece la necesidad de un adecuado manejo de los parámetros existentes e identificar cuáles son los niveles de riesgos existentes y cuál de estos es de mayor incidencia, para así poder identificar posibles soluciones de prevención o mitigación según las normativas vigentes.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Los autores Polo Sarmiento y Polo Sarmiento (2020) y su tesis de investigación denominada: “Propuesta de guía de intervención ante deslizamientos para asegurar la transitabilidad en carreteras vecinales”, presentada a la universidad Ricardo Palma, facultad de Ingeniería Civil, para optar al título profesional de Ingeniero Civil, tiene por objetivo principal proponer una guía que permita la toma de decisiones adecuadas frente a un evento por deslizamientos en el área estudiada para ello el autor indica que es necesario determinar los factores que influyen ante deslizamiento, determinar los niveles de susceptibilidad existentes y finalmente considerar posibles medidas de respuesta ante los eventos futuros para evitar daños perdurables y por último aportar con una guía de intervención ante un posible movimiento en masa que pueda dañar el servicio existente, que, en este caso sería la transitabilidad vial debido a la presencia de una carretera. La metodología usada está basada en la observación y recolección de datos en situ los cuales permitieron un adecuado análisis con información primaria para la obtención de los niveles de incidencia de los parámetros o elementos usados como materia de evaluación. Entre sus resultados de más relevancia se tienen los siguientes: 1) Los autores lograron comprobar su tesis con un más de 80% de que el servicio analizado, en este caso la de la transitabilidad de la vía, viene controlada evitando cualquier paralización debido a la creación de la guía de mitigación basada en el IGEcc instituto mexicano propuesta en sus objetivos. 2) Así también es necesario reconocer las incidencias de algunos parámetros como las precipitaciones duraderas y frecuentes, la ausencia de vegetación y las alturas que influyen de forma directa a un evento de movimientos en masa con niveles altos. 3) Por último los autores consideran también una especial atención al control de las aguas superficiales y a aquellas subterráneas. El aporte principal que nos brinda la presente investigación en relación a nuestra área de estudio es que también se busca obtener un buen instrumento sustentatorio de defina los niveles de riesgos ante movimientos de

masa en nuestra área de estudio que pueda afectar la línea de conducción de agua para el consumo humano en la ciudad de Huánuco, paralizando dicho servicio para toda la población. Esto último sería de una consecuencia de un Nivel Muy alto, por lo cual es necesario conocer, identificar nuestros parámetros y nuestros puntos críticos para intervenir de forma adecuada.

Para la tesista Susanivar (2021) en su investigación presentada como: “Comparación del método Mora-Vahrson y morfométrico en la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos, Huancayo”, a la Universidad Peruana Los Andes, facultad de Ingeniería, para obtener el grado de Ingeniero Civil tiene como objetivo principal identificar los niveles de susceptibilidad por medio de métodos no convencionales, referido a aquellos métodos no aplicados en el Perú. El autor hacer referencia al Método de Mora Varhson característico por usar un tipo de metodología que comprende la combinación de diferentes factores y parámetros, estos últimos son analizados por medio de la observación y la medición de parámetros y el método morfométrico. Dentro de los resultados obtenidos se tiene: 1) El autor presenta una diferencia considerable en cuanto a las pendientes identificadas en el área de estudio y en cuanto a los resultados de la susceptibilidad. 2) Para ambos casos se superan un nivel de susceptibilidad ante movimientos en masa de tipo MODERADO – ALTO. Es por ello que el análisis desarrollado por el autor determina las diferencias en niveles de los resultados, pero dentro de lo técnicamente aceptable. Este estudio refuerza el objetivo principal de nuestro proyecto de investigación, donde el investigador propone obtener los niveles de riesgos ante movimientos en masa con la metodología confiable propuesta por el CENEPRED. Además, dicho fenómeno nos lleva a considerar que las metodologías pueden variar mínimamente, pero los resultados son de alta confiabilidad mientras la investigación sea desarrollada con criterios apegados a la realidad.

Para el autor Alex (2022) en su trabajo de investigación denominado: “Evaluación del nivel de riesgo a deslizamiento de taludes mediante los métodos de Taylor y Monte Carlo en el tramo peña de los loros, carretera 3N, Chota”, sustentada a la Universidad Nacional Autónoma de Chota, a la facultad de Ciencia e Ingeniería, para obtener al grado de ingeniero Civil, tiene por objetivos determinar de igual manera los niveles de riesgos ante deslizamientos por medio de los métodos de Taylor y Monte Carlo cercanas a una carretera con el único fin de verificar los factores de seguridad estáticos y dinámicos de la vía. La metodología está basada en el análisis del comportamiento físico – mecánico y del factor de seguridad de los suelos existentes por medio de los métodos de Taylor y Monte Carlos, es así como el autor realizar la comparación entre estos, concluyendo: 1) El área de estudio presenta en un 100%, un nivel muy alto de deslizamiento o movimientos en masa a consecuencia de los parámetros de precipitación y sismos. 2) Se confirma su hipótesis respecto a la comparación de datos de los métodos de Taylor y Monte Carlo para obtener los factores de seguridad de los suelos existentes en la zona. 3) Así mismos cabe recalcar que la diferencia entre ambos métodos es una variación de milésimas, lo cual nos permite considerar que el estudio de suelos, el cual está también considerado en nuestro estudio de investigación por la granulometría, es de considerable apoyo para identificar y analizar como parámetros de incidencia ante la susceptibilidad de movimientos en masa.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Evelyn (2020) sustenta su tesis de investigación: “Evaluación de la vulnerabilidad estructural por el fenómeno de flujo de detritos en viviendas de la localidad prolongación 16 de noviembre, distrito y provincia – Ambo – 2019”, en la Universidad de Huánuco, facultad de Ingeniería. Nos menciona dentro de sus objetivos la determinación de los niveles de vulnerabilidad de las viviendas existentes en la localidad de 16 de noviembre – Ambo. La metodología usada es aquella

propuesta por la entidad técnico científica CENEPRED, la cual consiste en la asignación de niveles de Vulnerabilidad a partir de un peligro identificado, en este caso el autor presenta el flujo de detritos. De la investigación se concluye a los siguiente: 1) El autor determina parámetros que pueden contribuir al desastre si el fenómeno aconteciera, en este caso las viviendas. 2) La investigación a su vez identifica en base a las normativas de construcción vigentes y al criterio de la capacidad profesional del investigador el nivel de vulnerabilidad de las viviendas en el área de estudio, desde el nivel de tipo BAJO hasta el nivel MUY ALTO. 3) Dentro los resultados obtenidos por la investigadora, determinó que debido al material de las viviendas como la cercanía de estas al flujo de detritos se tiene un total de 50% de viviendas vulnerables con un nivel de tipo MUY ALTA ante un posible evento de flujo de detritos, 4) También se tiene un 29.17% de viviendas vulnerables con un nivel de tipo ALTA ante un posible evento de flujo de detritos, 5) Un 16.67% de viviendas vulnerables con un nivel de tipo MEDIO ante un posible evento de flujo de detritos. 6) Y finalmente un 4.17 % de viviendas vulnerables con un nivel de tipo BAJO ante un posible evento de flujo de detritos. A todo esto, podemos considerar de suma importancia dicha información para la toma de decisiones en especial cuando se tiene antecedentes de dichos eventos de forma frecuente en el área de estudio. Nuestra investigación comparte la importancia de dichos resultados obtenidos ya que nos orienta en la necesidad de obtener también datos de la estructura existente como la línea de conducción de agua potable para la consideración de los niveles de vulnerabilidad.

El autor López (2021) nos ofrece su investigación: “La informalidad en la construcción de viviendas de tapial y la vulnerabilidad por deslizamientos en el C.P Acobamba – distrito de Huariaca – Pasco – 2021”, en la Universidad de Huánuco, facultad de Ingeniería para obtener el grado de Ingeniero Civil. Tiene los siguientes objetivos el determinar la relación que existe entre la informalidad de la construcción de viviendas ante los fenómenos por deslizamientos en la

localidad de Pasco. Efectivamente la investigación va enfocada directamente a la vulnerabilidad de las viviendas en el área determinada, para ello el autor analiza los parámetros como el asesoramiento técnico profesional, con el diseño estructural y por el control de la calidad de los materiales de las viviendas en el área de estudio, así el autor llega a las siguientes conclusiones: 1) El nivel de vulnerabilidad de las viviendas son de nivel alto si los parámetros evaluados influyen de forma negativa. 2) cuando el asesoramiento técnico no existe. 3) Cuando la calidad de diseño de la construcción es pésima. 4) Y finalmente cuando la calidad de los materiales es de baja calidad, entonces es cuando es mayor los niveles de vulnerabilidad. Es por ello que la presente investigación nos orienta al análisis de la estructura sanitaria existente para evaluar los niveles de vulnerabilidad de la línea de conducción una vez identificado el peligro inminente.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MOVIMIENTOS EN MASAS

Para algunos autores los conceptos relacionados a los movimientos en masa son aún más complejos; es por ello que estos vienen estudiados de forma analítica y cuantitativa sobre sus diversos comportamientos, así como también sus posibles causas y los componentes que estos comprenden, como es el suelo con sus características físico mecánicas y los factores externos que puedan intervenir. Así se menciona a continuación:

El término deslizamiento se conoce a una amplia variedad de movimientos cuesta abajo de suelos y rocas generados por acción de la gravedad en terrenos inclinados.

Los suelos y rocas se mantienen estables porque su resistencia al corte en la dirección de la pendiente es mayor que su componente de peso en esa dirección.

La resistencia al corte (s) de un suelo en pendiente, está dada por la siguiente fórmula:

$$s = C' + (\sigma - U_w) \tan \theta$$

Dónde: C' es la resistencia al corte dado por la cohesión del suelo.

$$\sigma - U_w = \text{Presión confinan} = \text{Presión confinan} - \text{Presión de poro del agua.}$$

$\theta = \text{Ángulo de fricción material}$

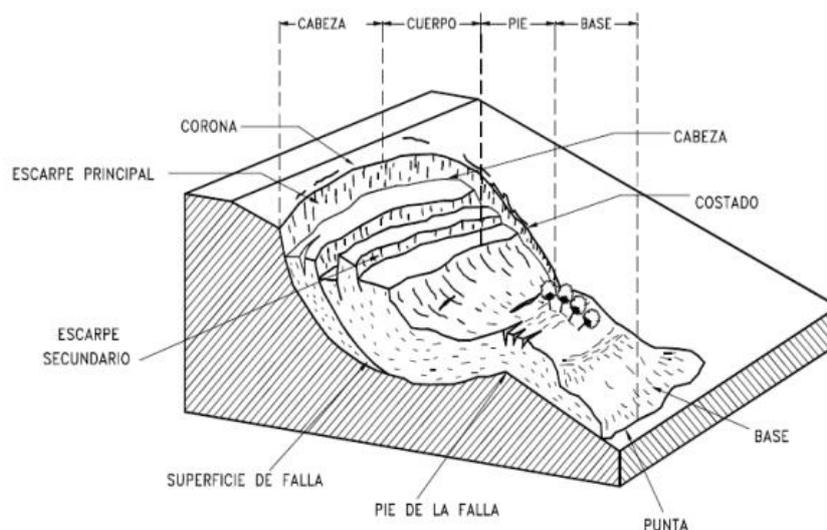
La resistencia al corte de un suelo depende, en primer término, de la liga de adherencia entre los suelos finos; y de la fricción entre las partículas granulares en segundo término. Si el suelo no contiene materiales finos, C' es cero. En ese caso, la resistencia al corte solo dependerá de la fricción entre los granos del suelo. (Kuroiwa, 2019, p. 422,423).

Pero de igual manera el autor da relevancia a uno de los factores muy importantes con respecto a los deslizamientos, factores ajenos a los ya mencionados anteriormente.

Hay también otras causas, como el paulatino debilitamiento de la resistencia al corte por descomposición de las rocas, que se llama intemperismo, **o la desestabilización de la pendiente por remoción de materiales en la parte baja**, bien sea de forma natural, como erosión marina o fluvial; **o causadas por actividades del hombre**, como el corte de la pendiente para la construcción de carreteras, canales u otras obras de ingeniería. (Kuroiwa, 2019, p. 423).

Figura 1

Representación de deslizamientos o movimientos de masas



Nota: Suarez Díaz, Jaime. "Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales 1998"

CLASIFICACIÓN SEGÚN LOS TIPOS DE MOVIMIENTOS. Para Kuroiwa (2019) los deslizamientos o movimientos en masa se pueden clasificar de la siguiente manera:

CAÍDAS. Estos vienen a ser aquellos movimientos, donde el material se desplaza a lo largo de la pendiente por gravedad en forma veloz y con rebotes.

VOLTEOS. Caracterizada por desplazamientos o giros en bloques rocosos.

DESLIZAMIENTO ROTACIONAL. Caracterizada por desplazamientos o giros en bloques masas.

DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL. Este tipo de movimientos es debido a la falla por corte y con antecedentes de fracturas o estratificaciones.

DESPLAZAMIENTO LATERAL. Son característicos de suelos licuados por movimientos sísmicos, estos se deslizan de 3m hasta 50m.

MOVIMIENTO DE FLUJOS. Los flujos son desplazamientos que general se dan en las quebradas existentes y con antecedentes de dichos flujos, para este tipo no es necesario constante de agua, sino que, un evento de precipitaciones máximas puede ser el desencadenante para dicho flujo.

Así también el autor hace mención a otros eventos conocidos como derrumbes, rocas separadas y reptaciones no menos peligrosas y con igual frecuencia.

CLASIFICACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL. En esta caracterización para el autor Kuroiwa (2019) menciona los siguientes tipos según el material deslizado:

- Deslizamientos de rocas
- Deslizamientos de suelos (finos y gruesos)

El autor Díaz J. S. (1998) hace mención en el siguiente cuadro las velocidades de los deslizamientos y su poder destructivo frente a dicho evento dependiendo de la velocidad y del tiempo.

Tabla 1

Característica de los deslizamientos y sus velocidades

Clase	Descripción	Velocidad (mm/s)	Desplazamiento	Poder destructor
7	Extremadam ente rápido			Catástrofe de violencia mayor; edificios destruidos por el impacto o el material desplazado, muchas muertes; escape improbable.
		5×10^3	5 m/seg.	
6	Muy rápido			Alguna pérdida de vidas; velocidad demasiado alta para permitir a todas las personas escapar.
		5×10^1	3 m/min	
5	Rápida			Escape posible; estructuras, propiedades y equipos

				destruidos
		5×10^{-1}	1.8 m/hora	
4	Moderada			Algunas estructuras temporales y poco sensibles pueden mantenerse temporalmente.
		5×10^{-3}	13 m/mes	
3	Lenta			Construcciones remediables pueden llevarse a cabo durante el movimiento. Algunas estructuras insensitivas pueden mantenerse con mantenimiento frecuente
		5×10^{-5}	1.6 m/año	
2	Muy lenta			Algunas estructuras permanentes no son dañadas por el movimiento.
		5×10^{-7}	16 mm/año	
1	Extremadamente lenta			Imperceptibles sin instrumentos; Construcción posible, pero deben tenerse precauciones.

Nota: Del libro de Suarez Díaz, Jaime. "Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales 1998"

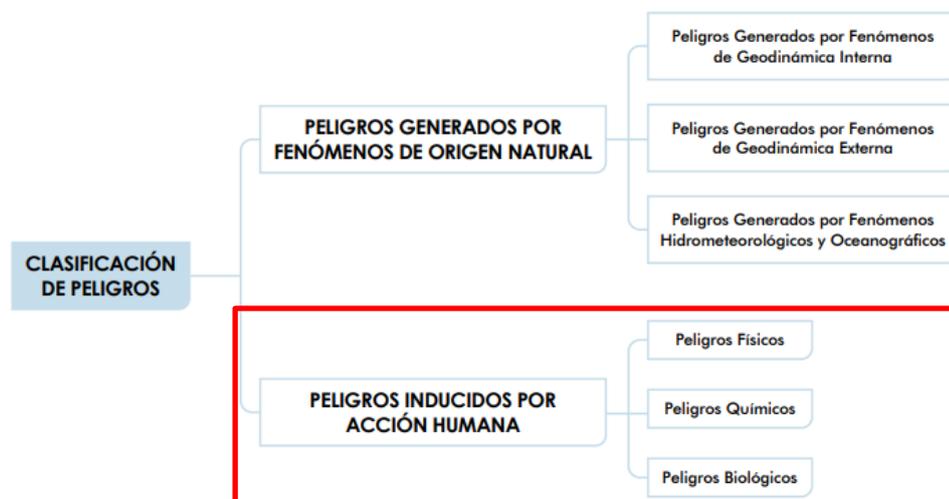
2.2.2. ANÁLISIS DEL RIESGO

Para poder hablar del análisis o cálculo del Riesgo es necesario mencionar el análisis de la peligrosidad o amenaza y de la vulnerabilidad existente en el área de estudio.

ANÁLISIS DEL PELIGRO. Teniendo en consideración lo aplicado por el manual del CENEPRED (2014) nos dice que para la identificación del peligro es necesario separar dos grandes grupos que son aquellos que se dan de forma natural y aquellos inducidos por el hombre, del cual tendremos una especial atención en el presente trabajo de investigación como se muestra en la figura 2 a continuación:

Figura 2

Clasificación de los peligros

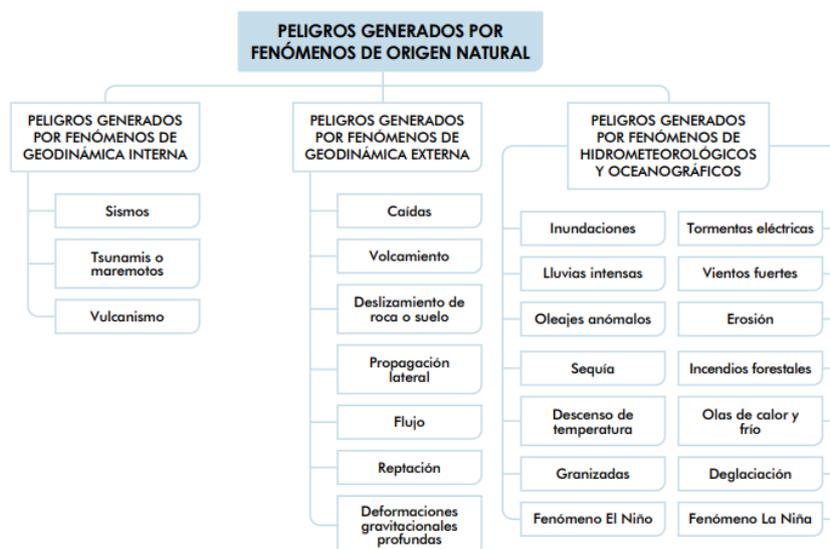


Nota: Clasificación del manual del Centro de Nacional de Estimación, Prevención y reducción del Riesgo de Desastres.

Los fenómenos naturales según el manual CENEPRED (2014) se dividen por la geodinámica interna; fenómenos ocasionados desde el interno de la tierra como son los sismos y terremotos. La geodinámica externa aquellos como los deslizamientos, flujo de detritos, licuación de suelos, etc. Y por último los fenómenos Hidrometeorológicos como las inundaciones, lluvias intensas, vientos fuertes, etc. Todos ellos con una fuerte influencia ante eventos de movimientos de masa. En la figura 3 se puede identificar dicha clasificación de forma más detallada y en la figura 4 se aprecia la zonificación por medio del mapeo de las áreas afectadas según la esterificación propuesta por el CENEPRED (2014) donde se puede apreciar la clasificación de: bajo, medio, alto, muy alto. (según los colores verde, amarillo, anaranjado y rojo respectivamente), estos últimos asignados por rangos según los cálculos de las matrices de Saaty.

Figura 3

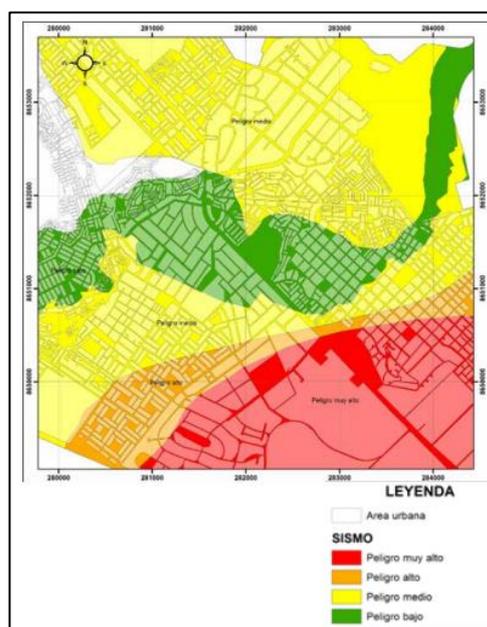
Clasificación de los peligros por fenómenos naturales



Nota: Gráfico perteneciente al manual del CENEPRED (2014).

Figura 4

Mapa de zonificación de peligros



Nota: CENEPRED (2014).

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD. Según el CENEPRED (2014) nos dice que la vulnerabilidad es la: “Susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenazas” (p. 121).

Efectivamente el SINAGERD (2011) hacen efectivo mediante el reglamento D.S. N° 048-2011-PCM, una de las más grandes problemáticas de nuestro entorno como sociedad, referido al crecimiento social y al dominio territorial de estos, acrecentando la vulnerabilidad de la población en general frente a los diversos peligros naturales de los cuales no somos ajenos.

La normativa vigente nos menciona que, frente a un peligro inminente (y muchas veces impredecible e inevitable), es necesario disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos (la línea de conducción de agua cruda para agua potable) y así al mismo tiempo reducir el riesgo; por medio de acciones posibles denominados como medidas prospectivas y correctivas como parte de las gestiones correspondientes.

FACTORES DE LA VULNERABILIDAD. Como factores para el análisis de la Vulnerabilidad se tienen los siguientes: Exposición, Fragilidad y la Resiliencia los cuales serán mostrados a continuación las figuras correspondientes:

En la figura 5 se aprecia la existencia de un pase vehicular aéreo donde se aprecia uno de los pilotes *expuestos*, debido a la erosión que se viene manifestando en su entorno, pueden ser muchos los factores, quizás el tipo de material del suelo o un mal estudio de tránsito, que hace que la estructura venga expuesta de manera constante. El riesgo es alto debido al tránsito activo de los vehículos y de las vibraciones constantes que estas emiten.

La figura 6 demuestra el factor *fragilidad* como también el factor *exposición*; la ubicación de las viviendas en una zona identificada a simple vista como una quebrada, expuestas a posibles flujos de detritos, derrumbes o deslizamientos. El factor *fragilidad* vendría definido por el tipo de materiales del cual están estructuradas dichas viviendas, volviéndose ante un posible evento, aún más vulnerable debido a que el triplay y/o madera vendría destruida muy rápidamente,

dejando muy poco tiempo a que las personas puedan tomar medidas de escape.

Figura 5

Factor Exposición



Nota: Fuente Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).

Figura 6

Factor Fragilidad



Nota: Fuente Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).

Finalmente, la figura 7 muestra un grupo de pobladores en la ciudad de México tomando medidas ante posibles eventos por inundaciones, esto debido a que la entidad Cruz Roja permite que la población se mantenga alerta y pueda responder rápidamente ante dichos posibles eventos, evitando así pérdidas mayores y respuestas rápidas de la misma población.

Figura 7

Factor Resiliencia



Nota: Cruz Roja México “Resiliencia ante inundaciones”

De la línea de conducción podemos verificar la presencia de dichos factores, faltando hasta el momento la Resiliencia, como, por ejemplo, aún no se tienen algún tipo de medidas de contingencia y/o preparación por parte de la población para prevenir un evento de esta magnitud. En la figura 8 se puede apreciar en la actualidad el factor *exposición* en la zona de estudio, la población viene construyendo viviendas en la parte baja de la estructura hidráulica y en la figura 9 se puede identificar el factor *fragilidad* a lo largo del tramo en estudio. La estructura a primera vista es de características rústicas, con un canal de concreto de perfil cuadrado, ubicada en la parte más alta o crestas de las laderas. La población aledaña con suma preocupación informa a las autoridades correspondientes del avistamiento de pequeños deslizamientos o derrumbes en la zona, poniendo en riesgo la

estructura existente (línea de conducción) y en consecuencia se pone riesgo a toda una población con una indefinida restricción de agua potable.

Figura 8

Vista de la construcción de viviendas en la parte baja de la línea de conducción



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A.

Figura 9

Vistas de la línea de conducción en riesgo



Nota: SEDA HUÁNUCO S.A.

Por último, es necesario zonificar los niveles de vulnerabilidad de forma gráfica, como viene propuesto por la entidad correspondiente.

Así finalmente el punto clave de nuestra investigación sería la identificación y zonificación del Riesgo existente.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO. Por último, el manual del CENEPRED (2014) nos indica que una vez evaluado el Peligro y la Vulnerabilidad podemos identificar el nivel del Riesgo en función de los indicadores antes mencionados.

Para ello tenemos la siguiente función:

$$R_{ie} = \int (P_i, V_e) / t$$

Donde:

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” (p. 147).

Para ello se nos menciona que el riesgo viene a ser el cálculo a partir del conocimiento del Peligro (vertical) y de la Vulnerabilidad (horizontal). La intersección de ambos nos permitirá identificar el nivel del Riesgo.

Y finalmente una vez identificado el nivel de riesgo se pueden cuantificar los posibles daños y pérdidas y zonificar los niveles identificados.

2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Para el análisis de riesgo en nuestra área de estudio será necesaria la identificación de las características generales del terreno, entre las cuales se tiene la pendiente como un factor de gran importancia para nuestra investigación.

El análisis de las características del terreno es de vital importancia ya que de las condiciones del área dependerá si es posible o no un evento por movimientos en masa, donde “los atributos de las partículas del suelo y de su material cementante, tales estructura composición, textura o espesor ... estas, están en directa relación con el intemperismo y propiedades como la resistencia mecánica” (Kuroiwa, 2019, p. 425), es por ello que es necesario tener consideración con las propiedades del terreno. Como segunda consideración se tiene que: “los accidentes del relieve como fracturas o algún otro particular de junta o discontinuidad ubicados de forma desfavorable respecto a la pendiente” (Kuroiwa, 2019, p. 425), esto último debido a que las fallas, por su propio peso, empiezan a ceder hacia las partes más bajas de los taludes.

A continuación, se presenta la tabla 2 donde se puede apreciar las consideraciones con respecto a las características geológicas, las pendientes existentes y el análisis con respecto a sus limitaciones geotécnicas, sus posibilidades de usos y costos para obras en desarrollo y por último los niveles de estudio a realizarse dependiendo de la complejidad del caso.

Tabla 2

Sistema de clasificación geotécnica para el uso del suelo en pendientes

CARACTERÍSTICAS	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
Características importantes del sitio	<ul style="list-style-type: none"> - Menos de 15° de pendiente . Poca erosión - Plataforma en corte - Corte de la pendiente <15°; y altura de corte <30m 	<ul style="list-style-type: none"> - Pendiente 15° - 30°. No desestabilizado, ni erosión severa. - Terreno Coluvial <15°, no inestable ni erosión severa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pendiente 30° - 60°. No estabilizado, o erosión severa. - Pendiente <15°; pero con antecedentes de deslizamientos - Terreno Coluvial <15°. <p>Inestabilidad general</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pendiente > 60° - Pendiente 30° y 60° inestables o erosión severa - Terrenos coluviales 30°-60° <15°, inestabilidad general.
Limitaciones geotécnicas	Baja	Moderada	Alta	Extremas
Posibilidad de uso para desarrollo	Alta	Moderada	Baja	Probablemente inadecuada
Costos de obras para desarrollo	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
Nivel de estudios requeridos	Normal	Normal	Intenso	Muy intenso

Nota: UNDRO, 1991

PENDIENTE. Las pendientes son las características de las laderas y taludes, estas pueden ser pronunciadas y variables.

Para Díaz J. S. (2009) nos menciona que la pendiente:

Es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m:1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: 45° = 100% = 1H:1V.

Los suelos o rocas más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos, tienden a formar laderas de baja pendiente. (p. 4)

2.2.4. MECÁNICA DE SUELOS

La mecánica de suelos ha sido desde siempre una fuente segura de información con respecto a las características y propiedades de los suelos. Esta por medio los diversos ensayos y estudios nos ayuda a comprender el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos como la Erosionabilidad, Granulometría (plasticidad - clasificación), Resistencia al corte (ángulo de fricción y Cohesión), Permeabilidad, Expansibilidad, etc. (Díaz J. S., 1998, p. 38).

2.2.5. COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal juega un papel muy importante en determinas áreas expuestas a movimientos en masa, en especial para este estudio ya que esta permite un equilibrio en las superficies de los suelos ante posibles erosiones. CENEPRED (2014) nos menciona que “la cobertura de suelo es la más grande defensa contra la erosión de suelo, pero un mantenimiento de variables de sistema de cultivos y manejo también influyen altamente en la habilidad de la superficie de suelo a resistir la erosión.” (p. 93). Por lo tanto, esta es una opción en cuanto a medidas de protección si esta no existiese en un área susceptible a movimientos en masa, lo mencionado por el autor no lleva a analizar en un buen plan de manejo del uso del suelo, además: “La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización y el consecuente desplazamiento mecánico del material por factores desencadenantes” (CENEPRED, 2014, p. 68). Bajo las consideraciones menciona, es necesario mantener la cobertura vegetal existente y/o darle un adecuado uso.

2.2.6. PROCESOS ANTRÓPICOS

Para el autor Díaz J. S. (1998) uno de los efectos ante deslizamientos es aquellos provocados por el hombre, donde el autor hace mención a los terremotos en Japón de 1995, de los cuales pudo observar más catástrofes por movimientos de masas en las zonas urbanas que en aquellas libres de poblaciones o ciudades, comprobando así que es el hombre al modificar estructuras geológicas naturales provoca la desestabilización de los taludes.

El autor considera que la mano del hombre tiene un papel muy importante en cuanto a estabilidad de taludes en áreas urbanizadas. A continuación, una lista de las modificaciones más recurrentes con fines urbanos:

- Cambios de la topografía y cargas del talud.
- Cambios de las condiciones de humedad.
- Vibraciones.
- Cambios en la cobertura vegetal.
- Otros factores antrópicos (p. 335-336).

Los procesos urbanos son parte del crecimiento de la sociedad, pero a la vez esto hace que las urbes establecidas en zonas con características poco estables sean aún más vulnerables, es por ello que Díaz J. S. (1998) nos menciona que “Existe una relación entre la ocurrencia de deslizamientos y la rapidez de los procesos de urbanización, en especial de los desarrollos desordenados (p. 336). Y es eso precisamente lo que sucede en nuestra ciudad; el crecimiento urbano de forma exponencial y de forma desordenada provoca ciertamente efectos negativos en nuestro entorno y hoy nuestro servicio de agua potable, o al menos el proceso, está siendo afectado por este crecimiento urbano, ya que se vienen edificando viviendas en la parte baja de los canales o línea de transporte del agua que debe ser procesada en el PTAP de Cabrito Pampa, debilitando los taludes y amenazando con un deslizamiento de tipo derrumbe a lo largo del

tramo en investigación. De la figura 13 podemos apreciar los efectos ante modificaciones topográficas, estos debilitan la base de los taludes que con el tiempo y sumada las precipitaciones aumentan los riesgos a deslizamientos.

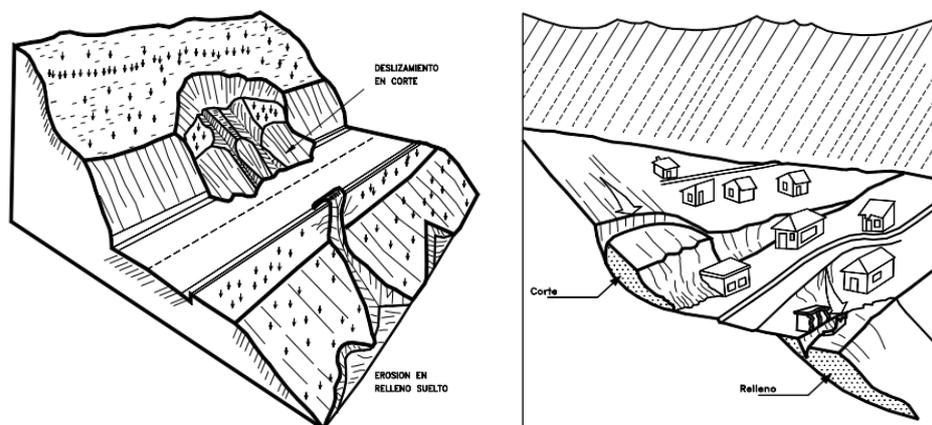
Para el autor Díaz J. S. (1998) las excavaciones generan cambios topográficos y concentración de esfuerzos de cortante y en ocasiones descubren superficies críticas para deslizamiento como estratificación, fracturas y planos de cambio de meteorización.

El fenómeno incluye una relajación de los niveles de esfuerzos a compresión y un aumento de los esfuerzos al corte, una exposición del material meteorizado al aire y a los cambios de humedad, alteración de propiedades por cambios físico - químicos causados por la exposición al aire y a la humedad, y modificación de las presiones negativas en el agua de los poros (p. 339).

La existencia de una estructura hidráulica en la parte superior de los taludes en estudio más los cortes de la parte inferior de la estructura hacen que nuestra área sea aún más vulnerable por un efecto irreversible de corte en el suelo.

Figura 10

Efectos de la modificación de la topografía por cortes y relleno



Nota: Suarez Díaz, Jaime. "Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales 1998"

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1. SUSCEPTIBILIDAD

Este concepto viene definido de la siguiente manera: “La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad”. (Díaz J. S., 1998, p. 358)

2.3.2. PELIGRO

Con palabras generales podemos decir que: “El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos”. (CENEPRED, 2014, p. 20)

2.3.3. VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad viene definida como: “El grado de probabilidad de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos dentro del área afectada por el deslizamiento (u otra amenaza)”. (Díaz J. S., 1998, p. 357)

2.3.4. RIESGO

Se puede decir que: “Siendo el riesgo 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 asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos”. (CENEPRED, 2014, p. 147)

2.3.5. ANTRÓPICO

Se denomina antrópico todo aquello que tiene intervención o cualquier tipo de modificación por parte de hombre en un área

determinada de terreno o suelos, así lo recalca el autor cuando dice que: “El hombre ha sido un permanente modificador de los elementos que conforman la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes ha sido el de agente desestabilizador” (Díaz J. S., 1998, p. 335).

2.3.6. TALUD

La terminología talud viene referida en el campo de la ingeniería como las laderas cercanas en especial a las carreteras y se caracterizan por tener una cierta inclinación; así también se dice que:

“Un *talud* o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se conformó artificialmente” (Díaz J. S., 2009, p. 3).

2.3.7. EROSIÓN

Una particularidad de las erosiones es que son procesos característicos para zonas con presencia de fuerzas hídricas como la presencia de ríos o fuertes precipitaciones y como también debido a las fuerzas de los vientos. Así también nos lo recalcan algunos autores diciendo que estos son un “proceso natural de movimiento de las partículas del suelo de un sitio a otro principalmente por medio de la acción del agua o del viento” (CENEPRED, 2014, p. 89).

Cabe recalcar que también se menciona un tipo de *erosión antrópica* o urbana del cual ya se hablaba desde anterioridad, “los procesos de erosión obedecen a fenómenos regidos por leyes naturales y puede considerarse normal que ocurran; sin embargo, la acción antrópica puede acelerarlos a tal punto de poner en peligro vidas humanas y construcciones” (Díaz J. S., 1998, p. 350)

2.3.8. DESLIZAMIENTO

Para el CENEPRED (2014):

“Los deslizamientos consisten en un descenso masivo o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad” (p. 68).

2.3.9. EXPOSICIÓN

Para el CENEPRED (2014) el ente técnico científico nos dice que:

“La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad”. (p. 124)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los movimientos en masa se relacionan significativamente con los niveles de riesgo en la línea de conducción de agua -Seda Huánuco 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

La pendiente influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua -Seda Huánuco 2023.

El tipo de suelo influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua -Seda Huánuco 2023.

La cobertura vegetal se relaciona significativamente con la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua -Seda Huánuco 2023.

La erosión antrópica influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua -Seda Huánuco 2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Niveles de riesgo

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Movimientos en masa

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

2.7. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES.

EL RIESGO. Este es la probabilidad de una catástrofe frente a la existencia de un peligro inminente y una vulnerabilidad encontrada. Podemos asumir que el riesgo no existiría si no hubiera ninguno o al menos uno de los factores anteriormente mencionados.

Así podemos hacer un ejemplo: La existencia de una isla con constantes tsunamis (el peligro), donde no existe población (la vulnerabilidad); la existencia de la isla y los tsunamis no es un riesgo debido a que no existe la vulnerabilidad; en este la caso la población, ya que no existiría pérdidas humanas ni económicas.

MOVIMIENTOS EN MASA. Para el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED (2014) estos fenómenos son la acción de caída de materiales existentes en las laderas o taludes, debido a muchos factores entre los cuales se menciona la fuerza gravitatoria de la tierra.

Para Díaz J. S. (1998) estos movimientos o deslizamientos de suelos son debido a cuatro elementos fundamentales, la topografía del terreno, la

sismicidad de las zonas afectadas, la meteorización de los materiales existentes y por último este considera las lluvias intensas.

2.7.1. CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Niveles de riesgo y movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD	TIPO DE VARIABLE	NIVELES Y RANGOS	INSTRUMENTO
Movimientos en masa de taludes (Independiente)	Los movimientos en masa es la acción de un determinado volumen de suelo que tiende a caer en la parte más baja de una ladera ya sea de forma natural o provocada por acción humana, muchas veces está arrasada todo aquello que se encuentre bajo, entre o sobre dicho talud en este caso se puede mencionar la línea de conducción de agua potable – Seda Huánuco	Tipo de suelos	<ul style="list-style-type: none"> • S₄ • S₃ y S₂ • S₁ • S₀ 	Resistencia al esfuerzo de corte (kg/cm ²)	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Muy Alto • Alto • Medio • bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometría • Fichas de observación
		Pendiente	<ul style="list-style-type: none"> • > 60° • 30° - 60° • 15° - 30° • 0° - 15° 	Grados (°)	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Muy Alto • Alto • Medio • bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Imágenes satelitales • Fichas de recolección de datos
		Cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas urbanas. • Áreas agrícolas. • Matorrales arbustivos. • Vegetación en zonas húmedas. 	m ²	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Muy Alto • Alto • Medio • bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara fotográfica • Fichas de observación
		Erosión antrópica	Modificación de la Topografía	ml, m ²	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Muy Alto • Alto • Medio • bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Flexómetro • Cámara fotográfica • Fichas de observación

Los niveles de riesgo (Dependiente)	Esta viene referida a los posibles niveles de riesgos existentes en la zona, debido a la presencia de erosión antrópica por el crecimiento poblacional y/o por geodinámica externa.	Vulnerabilidad	Rangos de Vulnerabilidad	m ²	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> • Muy alto • Alto • Medio • Bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Matrices de Saaty • Fichas de observación.
-------------------------------------	---	----------------	--------------------------	----------------	--------------	---	---

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

El presente estudio contó con un enfoque cuantitativo porque se basó en técnicas matemáticas para la identificación del riesgo, ya sea por la metodología de Saaty como también por los alcances de las diversas áreas multidisciplinarias relacionadas al estudio. Para el autor Sánchez (2020) “El objetivo de esta investigación es desarrollar y emplear modelos matemáticos, teorías y/o hipótesis relacionados con los fenómenos” (p. 23).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación presenta el nivel Correlacional positivo, ya que las variables tienen un efecto asociativo donde identificado la probabilidad de movimientos en masa, mayor será el nivel de riesgo debido a la exposición y fragilidad de los elementos expuestos, considerando también que nuestras variables no son manipulables. Así lo menciona el autor Supo (2022) para la investigación de nivel Correlacional: “No son estudios de causa y efecto; solo demuestran dependencia probabilística entre eventos: Ejm. Los estudios de asociación sin relación de dependencia” (p. 2).

3.1.3. DISEÑO

El estudio se basó en una investigación de diseño No experimental o también conocida como Observacional, de características de tipo transversal, debido a que los datos se recolectarán una sola vez en campo y las variables no se manipularán, sino que se analizarán una vez tomadas del área a investigar. Así también lo menciona el autor Supo (2022) “No existe intervención del

investigador; los datos reflejan la evolución natural de los eventos, ajena a la voluntad del investigador” (p. 1).

Por lo tanto, podemos mencionar que la investigación presenta las siguientes características:

- Según los resultados esta es de tipo cuantitativa.
- Según el propósito esta es de tipo descriptiva.
- Por la cronología de la observación se considerará de tipo prospectivo.
- Y por último según el número de mediciones esta se considerará de forma transversal.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se tomó como población la línea de conducción en estudio la cual comprende de un aproximado de 5,600 metros de longitud desde los presedimentadores ubicados a unos 500 m de distancia desde la misma captación ubicadas en Canchán como lo menciona el plan maestro optimizado 2014-2044 (2014). Este divide la línea de conducción en tres tramos principales, donde el presente estudio hará solo referencia al segundo y al tercer tramo, los cuales se encuentran expuestos a las acciones antrópicas sumadas a los eventos por geodinámica externa. Es decir, el primer tramo que consta de un aproximado de 925m, partiendo desde los presedimentadores hasta llegar a la caseta de repartición ubicada en la hacienda Pucuchinche de coordenadas E: 358018; N: 8902839. Esta se encuentra conformada por una caja de concreto de medidas aproximadas entre los 0.80 m x 1.00m. El caudal que transporta se encuentra entre los 600 l/s a más, siendo la capacidad límite del canal de 625 l/s.

De los habitantes se ha puede recopilar información de que el caudal supera en tramos dicho caudal de diseño ocasionando desborde del agua por tramos específicos, esto ha hecho que la empresa aumente de medidas las paredes del canal para evitar dichos desbordes que puedan ocasionar a corto o largo plazo infiltración y posteriores daños a la estructura o al talud que lo sostiene.

El tercer tramo inicia desde la caseta de repartición hasta la planta de tratamiento ubicado en Cabritopampa de coordenadas E: 361710 N: 8901378. Aquí estamos hablando de un tramo aproximado de 4,675m de medidas variables y con diversos problemas entre las cuales resaltan aumento de caudal, robo por parte de la población creando zonas de tomas de agua de forma clandestina, deterioro de la estructura existente, estructura de más de 50 años de existencia, superando así su vida útil, exposición a la geodinámica externa.

Para el estudio se tomó una muestra de uno de los puntos críticos identificados por la empresa Seda Huánuco S.A. con evidencia de deslizamientos, erosión antrópica, tomas de agua de forma clandestina para riego y sobre todo de pendientes pronunciadas. La muestra cercana a Kotosh con coordenadas E: 359232 N: 8902485, consta de un tramo de 130 metros de longitud con las condiciones ya mencionadas. Este punto cuenta con estudios topográficos y geotécnicos realizados por la misma empresa, los cuales se usaron para el presente trabajo de investigación, además de contar con la información primaria obtenida de la visita en campo por medio de la recopilación de datos y fichas de observación.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El siguiente paso a considerar fue las técnicas y los instrumentos para la recolección de datos, para ello mencionaremos las siguientes:

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos del presente trabajo de investigación buscó de recopilar información primaria, para ello nos basamos en lo siguiente:

TÉCNICA DEL ANÁLISIS DOCUMENTAL: Antes de dar inicio con el trabajo de campo se buscó la información necesaria existente en nuestra área de estudio, que nos permita ante todo, llegar con conocimientos previos de algunos antecedentes u otras evidencias relacionadas a nuestro trabajo de investigación, para ello se recurrió a

los ente técnico científicos como el CENEPRED, INGEMMET, SENHAMI, GEOCATMIN, para identificar a una escala mucho más grande por medio de sus plataformas libres, evidencias de desastres u otros indicios de afectación en la zona en años anteriores. Así mismo, fue necesario revisar las normativas y resoluciones vigentes como la ley de Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), ley N° 29664 para un adecuado tratamiento de la información de campo y de los resultados obtenidos.

Así también se pudo obtener información primaria de parte de la empresa con estudios ya realizados (topografía y geotecnia), con fines de la construcción de muros de protección en uno de los puntos críticos identificados por erosión antrópica.

TÉCNICA DE LA OBSERVACIÓN: Para lo cual una vez identificada el área de estudio en el cual se encuentra ubicada la línea de conducción de agua cruda hacia la planta de tratamiento de Cabrito pampa, se realizó el respectivo plan de trabajo, el cual permitió, además de otras actividades, identificar por medio de la observación el estado situacional de la zona y de los elementos en estudio, como es el caso de identificar los daños a la estructura existente y sus posibles causas, visualizar la posible erosión antrópica existente, identificar el tramo de estudio y verificar los niveles de susceptibilidad, etc. Para el trabajo mencionado se buscó en todo momento de recopilar información clara, verídica y siempre unida a la realidad para que pueda favorecer de forma correcta en los resultados del presente trabajo de investigación, así lo mencionaba el autor en referencia a lo mencionado con anterioridad: “La observación es científica cuando es sistemática, controlada y cuenta con mecanismos destinados a evitar errores de subjetividad, confusiones, etc. La observación no participante es cuando no perturba la acción o situación que se está investigando” (Supo, 2022, p. 19).

Con respecto a los instrumentos de recolección se tienen los siguientes casos usados durante la etapa de recolección de datos:

- **FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS (OBSERVACIÓN).** Instrumento que permitió recopilar la información necesaria con respecto a los parámetros de evaluación para el presente trabajo de investigación, como son: Estado actual de la línea de conducción (canal rectangular de asbesto), cuantificación de áreas afectadas por “erosión antrópica” ya sea en taludes como en la misma estructura existente, vegetación existente o uso de suelos, identificación de las pendientes existentes, identificación de puntos críticos mediante coordenadas, cuantificación de áreas y longitudes a lo largo del tramo, caracterización de los daños, etc.
- **CÁMARA FOTOGRÁFICA.** Instrumento que permitió recolectar de forma gráfica la evidencia encontrada en campo.
- **RPAS (DRONES).** Instrumento que obtuvo imágenes aéreas en zonas de difícil acceso, permitiendo tener una imagen más clara de la realidad en la zona.
- **FLEXÓMETRO.** Instrumento que permitió identificar las longitudes y/o medidas exactas de las zonas afectadas o de interés, para después realizar los cálculos de áreas o tramos.
- **MATRIZ DE SAATY.** Instrumento de recolección y ponderación de datos que permitió el análisis adecuado según la metodología del CENEPRED de los parámetros evaluados para la identificación del Riesgo.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.

La información procesada en el presente trabajo de investigación, se dio principalmente por medio de software, como el Excel y el ArcGIS, es por ello que los resultados obtenidos según la metodología del CENEPRED, se dará por medio de tablas o cuadros, gráficos y mapas. Siendo los mapas el resultado final para la determinación de los niveles de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo.

Tabla 4

Matriz de Saaty para la presentación y cálculo de nuestras variables

PARAMETRO	A	B	C	D	E
A	1.00	x	y	z	q
B	1/x	1.00	x	y	z
C	1/y	1/x	1.00	x	y
D	1/z	1/y	1/x	1.00	x
E	1/q	1/z	1/y	1/x	1.00
SUMA	-	-	-	-	-
1/SUMA	-	-	-	-	-

Nota: Fuente CENEPRED (2014).

Tabla 5*Ficha de recolección de datos - I*

IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS - I (Afectación directa de la estructura hidráulica)										
ITEM	PROGRESIVA	COORDENADAS		DESCRIPCION (Describir las áreas afectadas por construcción de viviendas)	LONGITUD (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)	AREA (m ²)	VOLUMEN (m ³)	EVIDENCIA FOTOGRAFICA
		X	Y							
01.00	00+000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6*Ficha de recolección de datos - II*

IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS - II (Para zonas afectadas por erosión antrópica)									
ITEM	PROGRESIVA	COORDENADAS		DESCRIPCION (Describir el estado situacional de la estructura hidráulica existente de forma más específica)	LONGITUD (m)	ESTADO DE LA LINEA DE CONDUCCIÓN			EVIDENCIA FOTOGRAFICA
		X	Y			BUENO	REGULAR	MALO	
01.00	00+000.00	-	-	-	-	-	-	-	-
02.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el análisis e interpretación de datos en el presente trabajo de investigación se está considerando sobre todo los siguientes puntos:

Se analizó las pendientes de la zona de estudio, ya sea en la parte superior e inferior con respecto a la ubicación de la línea de conducción. Tratándose de un riesgo por deslizamiento de masas se identificó los tramos del área de estudio con pendientes mayores a 30°, considerando dicho límite desfavorable. En este caso se hizo uso del software ArcGIS el cual permitió por medio de las curvas de nivel, elaborar un DEM y finalmente elaborar la cartografía de las pendientes de la zona de interés.

Se determinó la influencia de la cobertura vegetal existente por medio del software ArcGIS, cartografiando el estado situacional del área de estudio con información ya existente según estudios ya realizados, e información recopilada en campo por medio de la observación y de las imágenes obtenidas por los vuelos drone (RPAS) en el área de estudio.

De la información recopilada en campo y en base a las imágenes obtenidas con drone (RPAS), se mapeo las zonas afectadas por erosión antrópica a lo largo de nuestra zona de interés, ya sea por corte de taludes o por afectación a la estructura existente, la cual ocasiona en muchos casos fugas y filtración del agua.

Se analizó e identificó el tipo de suelos y sus propiedades por medio del estudio geotécnico, estos nos permitieron conocer cuantitativamente el estado del suelo, los esfuerzos a los cuales está sometido y sus posibles factores que puedan romper el equilibrio entre sus componentes.

Para la determinación del Peligro se analizó los parámetros o variables mencionados con anterioridad en base a la metodología establecida por el CENEPRED – Matrices de Saaty.

El análisis de la vulnerabilidad se dio en base a la información obtenida en campo por medio de las encuestas. Esto nos permitió cuantificar los daños y pérdidas con el análisis cuantitativo de la vulnerabilidad existente.

Finalmente, por medio de los mapas obtenidos se conoce no solo el Riesgo como valor final, sino que también, la identificación del peligro y la vulnerabilidad. Los rangos obtenidos para la interpretación de los mapas son los niveles de “Muy Alto”, “Alto”, “Medio” y “Bajo”. Siendo “Muy Alto” (con simbología de color rojo) el nivel de considerable preocupación y con miras a decisiones radicales con respecto a la variable o variables que puedan influenciar ante un evento por deslizamiento de masas; las autoridades y población en general deben tener acciones drásticas. “Alto” (con simbología de color anaranjado), es posible mitigar los daños. “Medio” (con simbología de color amarillo) donde se puede solucionar incluso con bajos presupuestos y por último “Bajo” (con simbología de color verde) donde el riesgo es casi nulo.

Para todo el cálculo es necesario utilizar medios de procesamiento como es el caso del ArcGIS, el Excel, etc.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En el presente capítulo se irá mostrando el trabajo desarrollado de forma progresiva para identificar los niveles de riesgo ante movimiento de masas en el tramo donde se encuentra ubicado la **línea de conducción de agua** hacia la planta de tratamiento para agua potable “Cabritopampa”, ubicado en el distrito de Huánuco, provincia de Huánuco, departamento de Huánuco.

Debido principalmente al desmesurado y desordenado crecimiento urbano en las periferias de la ciudad de Huánuco, asentándose con la construcción de viviendas en la parte baja de los taludes donde se encuentra ubicado la línea de conducción de agua hacia la planta de tratamiento.

La línea de conducción, según se menciona en el plan Estratégico Institucional del 2020 – 2024, HUÁNUCO (2020) representa una estructura hidráulica de tipo canal, de forma rectangular, de material de concreto y de medidas diversas a lo largo de los tramos analizados. Además, de la memoria descriptiva de la infraestructura de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la EPS "Seda Huánuco S.A." plan maestro optimizado 2014-2044, (2015) Indica que dicha línea de conducción consta de tres tramos como se menciona a continuación:

El primero de Caja de grava a Presedimentadores (Pre tratamiento): (TRAMO I)

El segundo del Presedimentador a la caseta de Repartición y (TRAMO II)

El tercero, de la caseta de repartición hasta la Planta de Tratamiento. (TRAMO III), (Seda Huánuco S.A., 2012, p. 2)

Donde se resalta, por parte del autor, que dichas estructuras de concreto cuentan con una topografía plana para el caso de los dos primeros tramos y relativamente pronunciadas para el tercer tramo versión que se pudo verificar de la visita realizada a campo y de la información recopilada por medio de imágenes.

El tramo en estudio correspondiente a la zona donde se encuentra ubicada dicha estructura recorre una longitud aproximada de 5.6 km desde la captación ubicada al margen izquierdo del río Higueras hasta la planta de tratamiento N° 02 (Cabrito pampa), cuya ubicación se mencionó con anterioridad. La ruta vial o carretera en referencia es del tipo “3N” desde la ciudad de Huánuco hacia La Unión distrito de Dos de Mayo perteneciente al departamento de Huánuco.

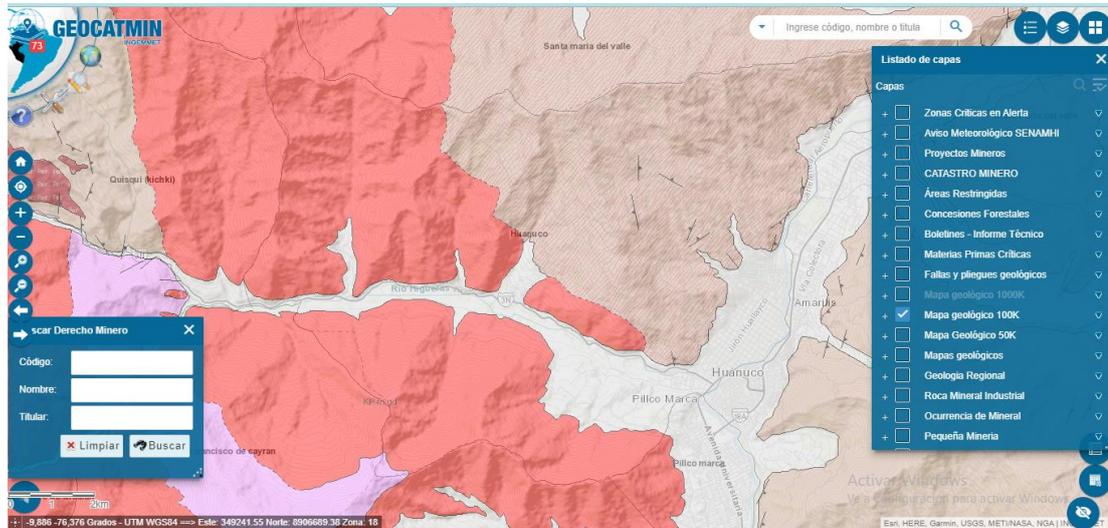
En el mapa 1 de lámina MU-01 anexado al presente estudio donde se puede apreciar la ubicación física y estructural de la línea de conducción con coordenadas iniciales de E: 357159.00, S: 8902995.00 desde su punto de salida, es decir, desde la captación – Canchán; y finalmente con coordenadas finales E: 361664.00 S: 8901320.00 o de ingreso a la planta de tratamiento Cabrito pampa en Huánuco.

La ruta cuenta con la presencia de la zona turística Kotosh y con áreas urbanas o centros poblados de diferentes denominaciones como Yacutoma, Pucuchinche, Canchán Huariaco y las áreas colindantes en constante crecimiento poblacional de forma horizontal

Para poder continuar con la presente investigación es necesario tener en cuenta en primera instancia las características geológicas y geomorfológicas del área o zona de estudio; así pues, se puede encontrar en la plataforma GEOCATMIN del organismo público técnico científico INGEMMET (2023) la siguiente información: para el aérea evaluada se tiene en mayor área una geología del tipo Tonalita, granodiorita (KP- tn, gd) perteneciente a las unidades intrusivas; así también se puede contar con la presencia de depósitos aluviales (Q-al).

Figura 11

Plataforma Geocatmin para determinar la geología existente

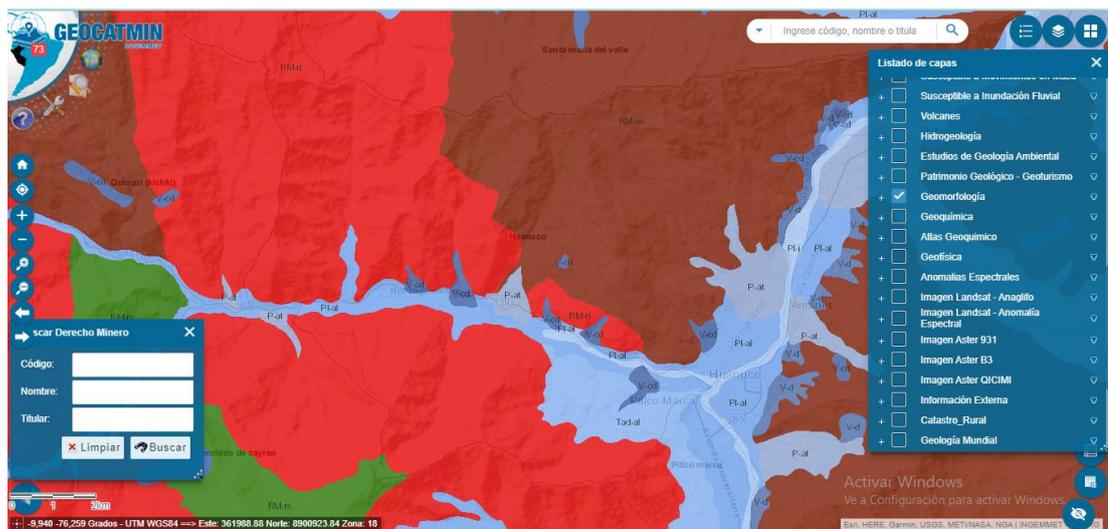


Nota: Fuente Geocatmin (INGEMMET).

Además, también debemos considerara los tipos de geomorfología del tipo Montaña de Rocas Intrusivas (RM-ri), zonas con Vertientes o piedemonte aluvio-torrencial (P-at) y Vertientes o piedemonte coluvio-deluvial.

Figura 12

Plataforma Geocatmin para determinar la geomorfología existente



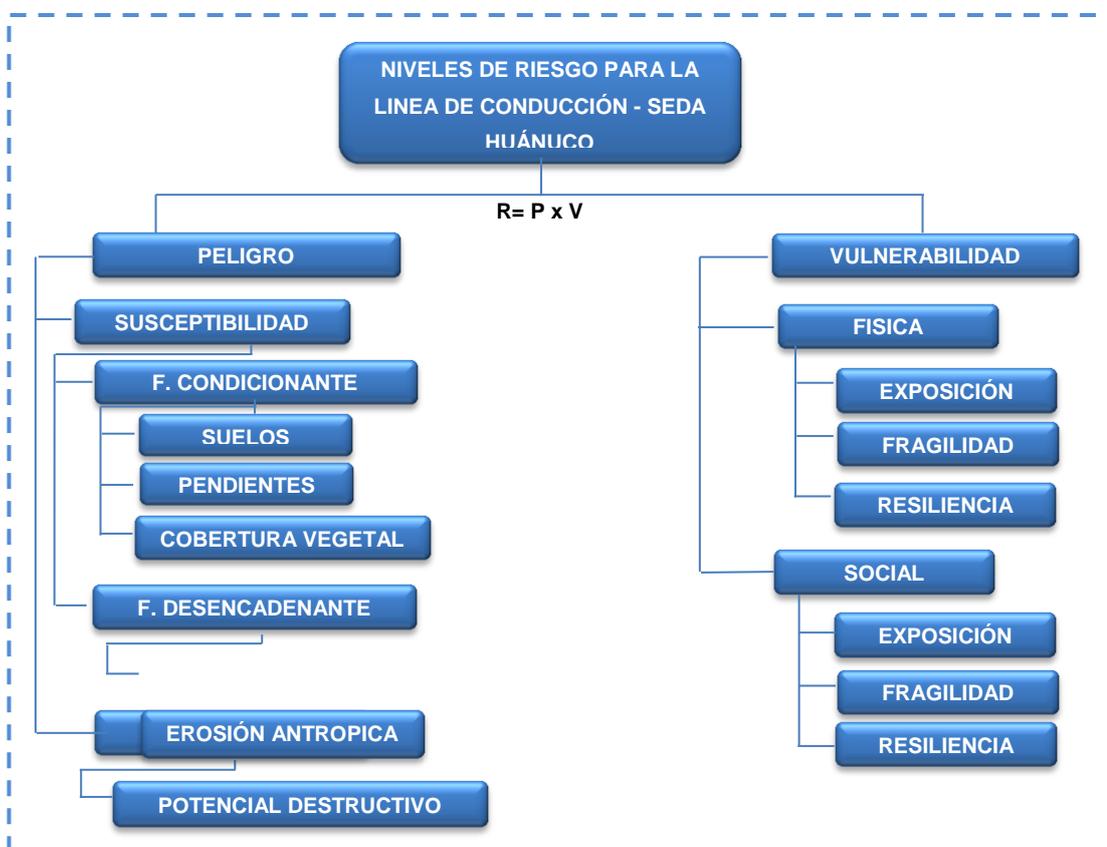
Nota: Fuente Geocatmin (INGEMMET).

El mapa representa la ubicación geográfica de la mencionada estructura hidráulica en el departamento de Huánuco, el cual reubicándolo en los mapas mostrados en las figuras 13 y 14 de la plataforma Geocatmin, podemos deducir que esta se encuentra lejos de sufrir inundaciones ya que geomorfológicamente se encuentra lejana a las zonas inundables, pero si en zonas de montañas o laderas y con la presencia de tramos aluvio – coluviales (Quebradas), dando así los primeros pasos para el análisis del peligro analizado: “movimientos en masas”. Además de contar con una geología del tipo rocas intrusivas de características poco compactas y de fácil desintegración como reacción química al contacto con la intemperie.

Para la identificación del Riesgo se hará un análisis minucioso de los componentes o factores a intervenir para dicho propósito, así lo podemos visualizar en el gráfico a continuación:

Figura 14

Diagrama para la identificación del riesgo



Nota: Fuente CENEPRED (2014).

4.1.1. DETERMINACIÓN DEL PELIGRO O AMENAZA

Para la determinación del peligro o también llamado “amenaza”, fue necesario el acceso a la zona evaluada y realizar el análisis correspondiente a los factores condicionantes considerados por el presente trabajo de investigación. Así se tiene los siguientes según el nivel de prioridad visualizado en el gráfico de la figura 15.

El procedimiento a realizar será la ponderación entre los parámetros de evaluación según el manual para la evaluación de Riesgos originados por fenómenos naturales 02 versión. CENEPRED (2014). Para lo cual se realizará el análisis por medio de las matrices de Saaty de los factores condicionantes para determinar primero el nivel de susceptibilidad ante movimientos en masas de la zona de estudio donde se encuentra ubicado la línea de conducción, así mismo se realizará el mismo procedimiento con el factor desencadenante para posteriormente determinar con el fenómeno evaluado el nivel de Peligrosidad o amenaza existe en la zona.

De las tablas anexadas en el presente trabajo de investigación se muestra la recolección de datos obtenidos por medio de la observación a lo largo de la línea de conducción desde la captación ubicada en Canchan hasta el ingreso de la planta de tratamiento Cabritopampa; de la información recopilada en situ se pudo identificar la susceptibilidad de la línea de conducción Seda Huánuco por diversos peligros ya sea de forma puntual como es el caso de “flujo de detritos” en quebradas existentes siendo la quebrada “Gaganani” una de las más grandes y con antecedentes por deslizamientos y flujo de detritos como también por deslizamientos debido a las características de físico mecánicas de la geología existente.

Además, es necesario mencionar la identificación de áreas urbanas muy cercanas a la línea de conducción; estructura con más de 50 años de antigüedad, esto nos permitió identificar también diversos puntos críticos, de los cuales cabe resaltar la construcción de viviendas

de forma muy peligrosa y cercana a los taludes donde se encuentra ubicada dicha estructura, ocasionando deslizamientos como consecuencia de la erosión antrópica. Así también, se pudo identificar el pase de la línea de conducción por medio de viviendas, centros recreacionales, áreas agrícolas, etc.

Algunas de las viviendas cercanas presentan signos de humedad en los muros colindantes con la línea de conducción, producto de algún tipo de infiltración de las aguas transportadas hacia la planta de tratamiento; los habitantes mencionan la existencia de dicho fenómeno en un período de casi 1 año a más.

La línea de conducción presenta puntos estratégicos como áreas urbanas (ubicación de viviendas en un radio de 100 metros a la estructura hidráulica), zonas agrícolas, etc., donde la población sustrae de forma irregular el agua, utilizando de forma “erosiva” o dañina para la estructura existente mangueras o tubos, los cuales canalizan el flujo hacia las zonas agrícolas, para el consumo propio o para la crianza de animales de granja. Dicho fenómeno ha ocasionado gran preocupación a los especialistas correspondientes debido a que el agua sustraída se expande sobre la superficie pudiendo ocasionar a corto o largo plazo el rompimiento del equilibrio sistemático de los taludes o el hundimiento de las áreas afectadas.

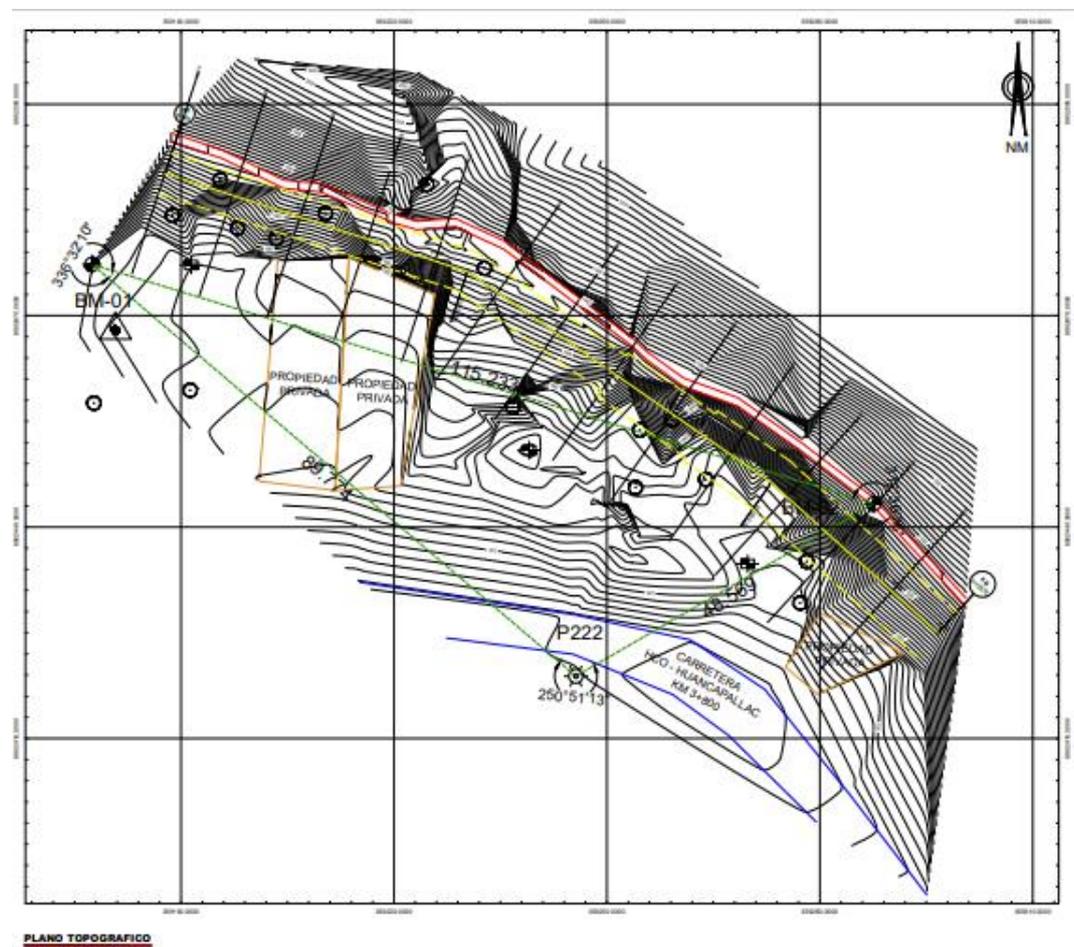
La presencia de forma residual del flujo sustraído en los suelos provoca en el caso de arcilla el hinchamiento de las mismas hasta la deformación de suelos, provocando a su vez un efecto negativo a la resistencia al corte del terreno existente.

Las áreas correspondientes a la línea de conducción cuentan con en la actualidad con un 80% de taludes superiores a 30° y con viviendas o terrenos correspondiente a terceros los cuales tienden a futuro a seguir con la construcción de viviendas en los taludes bajo la estructura en mención.

Así mismo es necesario tener en cuenta que el tramo consta con una longitud de 5.6 km del cual tomaremos como muestra un tramo de 130 metros; este cuenta con un estudio de mecánica de suelos y topografía realizado el año 2020 por parte de la empresa Seda Huánuco S.A. para la construcción de un muro de contención en el tramo con coordenadas iniciales E: 359186.38; N: 8902502.26 y con coordenadas finales E: 359301.56; N: 8902427.63 con alta evidencia de deslizamientos.

Figura 15

Topografía del tramo 00+133.00 Km



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos.

A continuación, se realizará la ponderación de los parámetros evaluados para determinar la susceptibilidad ante deslizamientos de masas en el área correspondiente a la línea de conducción - Seda Huánuco. Para ello se tendrá en cuenta la tabla 7, obtenida del Manual

para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 2da Versión. Esta nos ayudará a determinar por medio de la comparación de los valores 9 y 1/9 en la identificación del nivel de intensidad de las propiedades de los parámetros estudiados:

Tabla 7

Escala numérica para la determinar del nivel de intensidad de los parámetros

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	DESCRIPCIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el 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 el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el 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 el 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 el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido 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: Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 2da Versión - CENEPRED.

En base a la tabla 7 se elabora la tabla 9 y 10, es decir, por medio del “análisis jerárquico” se realiza los siguientes cálculos aritméticos visualizados en la matriz de comparación y normalización de pares de los cuales obtendremos los pesos necesarios para identificar el nivel de peligrosidad según los parámetros evaluados, es decir por las características físico mecánicas del suelo y demás propiedades, por los niveles o grados de pendientes existentes y finalmente por la cobertura vegetal.

Además, para determinar el nivel de consistencia, según lo menciona Saaty (2001) es necesario determinar el índice de consistencia (IC) para verificar si la comparación de pares es realmente consistente, buscando la tendencia a cero; así mismo se tiene además la relación de consistencia (RC), factor que con ayuda de un índice aleatorio (IA) obtenido a partir de matrices aleatorias de un número “n” de parámetros, los cuales intenta determinar los valores definitivos de la consistencia del IC. Todo esto para la toma de decisiones definitiva de los parámetros escogidos con respecto analizado, en este ante la erosión antrópica.

Para que esto se cumpla con respecto a los valores de consistencia es necesario obtener un valor de:

$$RC < 0.1$$

i. DETERMINACIÓN DEL IC

$$IC = (\lambda_{maxp} - n)/(n - 1)$$

Donde:

$$\lambda_{maxp} = \Sigma \lambda_{max}/n$$

n= números de parámetros utilizados

ii. DETERMINACIÓN DEL RC

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Para encontrar el valor de IA se tuvo en cuenta la tabla 8, tomada del CENEPRED (2014).

Tabla 8

Índices aleatorios (IA) según "n"

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.5	0.9	1.1	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6

Nota: Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, 2da Versión - CENEPRED.

Tabla 9

Matriz de comparación para Suelos, Pendientes y cobertura vegetal

PARAMETROS	SUELOS	PENDIENTE	COB. VEGETAL
SUELOS	1.00	3.00	7.00
PENDIENTE	0.33	1.00	3.00
COB. VEGETAL	0.14	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.34	6.20	13.00
1/SUMA (Σ)	0.74	0.16	0.08

La tabla 9 muestra el criterio mencionado con anterioridad, considerando el factor "suelos" como ligeramente más importante que el parámetro "pendientes" debido a que la influencia de las características físico mecánicas de los suelos, como también algunas propiedades del mismo ya sea cohesión (c) o fricción (ϕ), influyen directamente ante la amenaza analizada por deslizamiento de masas, sin importar muchas veces el grado de pendiente existente, es decir, ante un evento por deslizamientos mucho más influyente viene a ser la capacidad del suelo a la resistencia al corte que las condiciones topográficas.

Además, se consideró del mismo modo la relación entre el factor "pendientes" con respecto a la "cobertura vegetal", considerando que ante los antecedentes por deslizamientos las pendientes pronunciadas ceden ante el peso y la gravedad, no obstante, la existencia de vegetación de raíces profundas como arboles u otros, siendo estas últimas de suma importancia para pendientes no tan pronunciadas.

Tabla 10*Matriz de normalización para Suelos, Pendientes y cobertura vegetal*

PARAMETROS	SUELOS	PENDIENTE	COB. VEGETAL	Vector de Priorización
SUELOS	0.677	0.692	0.636	0.669
PENDIENTE	0.226	0.231	0.273	0.243
COB. VEGETAL	0.097	0.077	0.091	0.088

De la tabla 10 se puede apreciar la determinación de los pesos para cada uno de los parámetros por medio de a la matriz de normalización, los cuales serán utilizados en el software ArcGIS con la finalidad de obtener el mapa de peligro por movimientos en masa.

Tabla 11*Vector de Priorización – parámetros generales*

VALORES OBTENIDOS DEL VECTOR DE PRIORIZACIÓN			SUMA (Σ)	λ máx.	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.669	0.729	0.617	2.015	3.014	9.021	3.007
0.223	0.243	0.265	0.731	3.005		
0.096	0.081	0.088	0.265	3.002		

De la tabla 11 podemos apreciar el promedio de “ λ máx.” este nos permitirá realizar los cálculos finales para la determinación del índice de consistencia de los parámetros analizados:

❖ DETERMINACIÓN DEL IC

$$IC = (3.007 - 3)/(3 - 1)$$

$$IC = 0.004$$

❖ DETERMINACIÓN DEL RC

$$RC = \frac{0.004}{0.525}$$

$$RC = 0.007$$

Obteniendo un valor según lo requerido para la conformidad de la consistencia, teniendo en cuenta que el valor de IA= 0.525 según la tabla 8:

$$RC = 0.007 < 0.1$$

4.1.1.1. PONDERACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES: SUELOS.

De la línea de conducción Seda Huánuco, se menciona que debido a la magnitud del tramo se optó por realizar la recolección de datos en situ por medio de la observación, usando el criterio del especialista en suelos a lo largo del tramo, los cuales se ven reflejados en las fichas de recolección de datos (ver anexos) y en base a las cuales se realizó el mapeo correspondiente con información encontrada en campo y en la actualidad.

Cabe recalcar que para muestra del presente trabajo de investigación se consideró los resultados de un estudio previo con fines de la construcción de muros de protección en uno de los puntos críticos identificados por la misma empresa, de características donde se pueden encontrar todos los descriptores con valores máximos (el más crítico) para cada uno de los parámetros evaluados, es decir, pendientes extremadamente fuerte, presencia de cobertura vegetal casi nula, presencia de erosión antrópica agresiva, y sobre todo presencia de suelos poco estables como limos de baja de plasticidad, material orgánico y presencia de rocas de tamaño de hasta 20 cm de diámetro; este consta de un tramo de 130 metros de longitud y con coordenadas E: 359222 y N: 8902484, de los cuales se tiene información de geotécnica y topografía del terreno, esta información nos ayudó determinar con información base y actualizada el estado situacional de la línea de conducción respecto a su geodinámica externa y a la erosión antrópica existente.

Del tramo se pudo identificar a partir de las tres calicatas realizadas por la empresa Seda Huánuco S.A. como parte del estudio para la construcción de un muro de contención, una estratigrafía típica de tres estratos para dos de ellas y dos estratos

para una; es decir i) Un estrato de material de cobertura o material orgánico de hasta 1.00m, para las tres calicatas. ii) Un segundo estrato de grava arcillosa y con la presencia de bloques. iii) Y finalmente una de ellas cuenta con la presencia de roca a una altura aproximada de 1.70 m.

De la tabla 11 se puede interpretar la presencia de material de cobertura o también conocido como material orgánico en la parte más superficial de toda la zona, este comprende de un material altamente orgánico debido a la presencia de plantas en estado de descomposición que hacen de este un suelo rico para la agricultura, pero poco resistente al esfuerzo de corte. Seguidamente se puede identificar para los tres casos, la presencia de grava arcillosa, con la presencia de bloques o material que supera los 20 cm de diámetro, de sus características físico mecánicas se puede deducir que debido a su textura pueden llegar a ser un tipo de material de fácil compactación y de baja plasticidad, de alta erosionabilidad ante la presencia del agua y de fácil deformación y finalmente se encuentra la presencia de roca a una altura aproximada de 1.70 metros considerándose un suelo mucho más estable.

Para el análisis del parámetro suelos se realizará la comparación de pares con cuatro criterios tomando en base la norma técnica E. 0.30 diseño sismorresistente, donde se clasifica según se muestra a continuación:

i. PERFIL DE SUELO DE TIPO: ROCA DURA (S₀)

Además de tener en cuenta las características técnicas mencionadas por la normativa en mención, donde se sugiere rocas de continuidad o de profundidades ≥ 30 metros y con mínimas variación de fracturas o grados de intemperismo.

ii. PERFIL DE SUELO DE TIPO: ROCA O SUELOS MUY RÍGIDOS (S₁)

Con características típicas de Rocas fracturadas homogéneas, arenas o gravas arenosas muy densas, arcillas muy compactas con una resistencia al corte superior a 1 kg/cm² con características mecánicas en condiciones de incremento a mayor profundidad.

iii. PERFIL DE SUELO DE TIPO: SUELOS INTERMEDIOS (S₂)

Para arenas densas ya sea gruesa a media, gravas arenosas medianamente densas. Así también para suelos cohesivos con una resistencia al corte de entre 0.5 kg/cm² – 1 kg/cm²

iv. PERFIL DE SUELO DE TIPO: SUELOS BLANDOS (S₃)

Para arenas medias a finas, gravas arenosas, suelos cohesivos blandos con resistencia al corte de 0.25 kg/cm² a 0.50 kg/cm² y con progresivo aumento de sus propiedades mecánicas con respecto a su profundidad, además de considerar si las características superan los 3 metros con un IP>20, Contenido de humedad > 40% y una resistencia al corte menor a 0.25 kg/cm².

v. PERFIL DE SUELO DE TIPO: CONDICIONES EXCEPCIONALES (S₄)

Para suelos que superen sus características de flexibilidad, condiciones geológicas y topografía hacia las tendencias desfavorables. Estos pueden ser suelos con tendencia a licuación de suelos, fenómenos expansivos y/o suelos expuestos a reacciones químicas externas o internas. VIVIENDA (2020).

Para ello se consideró a criterio del tesista cuatro parámetros, uniendo los puntos ii y iii como parte de la comparación de pares analizados en el presente trabajo de investigación.

Basado en la información expuesta con anterioridad se tienen los siguientes datos por parte del estudio geotécnico realizado para uno de los puntos críticos identificados y de características extremas.

En la figura 16 se muestra el cuadro del ensayo de corte directo realizado a la muestra tomada de la calicata - 01; identificado los siguientes resultados basados en el ensayo realizado; i) Para el espécimen 01 se muestra una resistencia al esfuerzo de corte de 0.48 kg/cm². ii) para el espécimen N° 02 se tiene una resistencia al esfuerzo de corte de 0.88 kg/cm². iii) y finalmente para el espécimen N° 03 se muestra una resistencia al esfuerzo de corte de hasta 1.90 kg/ cm².

Eso no lleva a definir que para el punto crítico identificado y según la tabla 12, la zona cuenta con un aproximado de 1.70 m de altura o profundidad de un material con una resistencia al esfuerzo de corte, desde 0.88 kg/cm² hasta un 1.90 kg/cm². Es decir, y según la norma técnica E. 0.30 de diseño sismorresistente, se puede considerar este punto crítico entre los perfiles de suelos S1 Y S2. Información que se usó para el análisis de comparación de pares para el parámetro suelos en el presente trabajo de investigación.

Figura 16

Ensayo de Corte Directo Calicata - 01

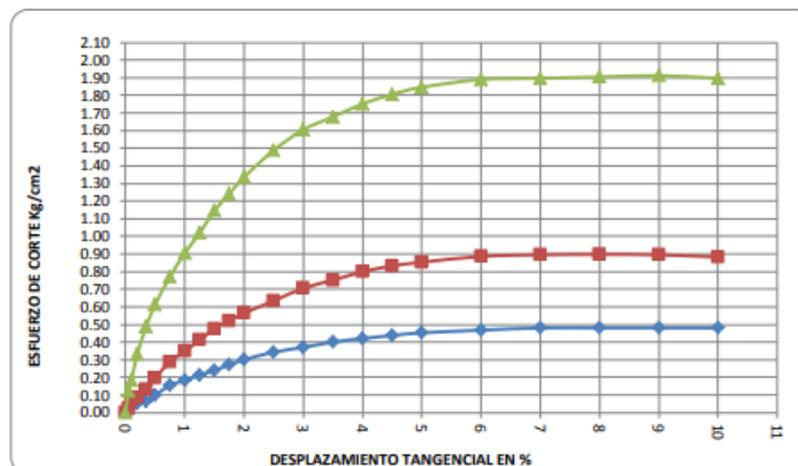
CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	Kg/cm ²		0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	cm		2.1	1.58	2.1	1.15	2.1	1.06
Diametro	cm		4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Humedad	%		3.40	3.02	3.40	2.10	3.40	1.05
Densidad Seca	g/cm ³		1.814	2.418	1.814	3.314	1.814	3.594
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.02	0.05	0.02	0.02	0.05	0.12	0.05
0.10	0.04	0.07	0.10	0.07	0.06	0.10	0.18	0.08
0.20	0.05	0.09	0.20	0.09	0.08	0.20	0.33	0.15
0.35	0.07	0.12	0.35	0.13	0.12	0.35	0.49	0.22
0.50	0.10	0.18	0.50	0.20	0.18	0.50	0.61	0.28
0.75	0.16	0.28	0.75	0.29	0.26	0.75	0.77	0.35
1.00	0.18	0.33	1.00	0.35	0.31	1.00	0.90	0.41
1.25	0.21	0.38	1.25	0.41	0.37	1.25	1.02	0.46
1.50	0.24	0.43	1.50	0.47	0.43	1.50	1.15	0.52
1.75	0.27	0.49	1.75	0.52	0.47	1.75	1.24	0.56
2.00	0.30	0.54	2.00	0.56	0.51	2.00	1.33	0.60
2.50	0.34	0.62	2.50	0.63	0.57	2.50	1.49	0.67
3.00	0.37	0.67	3.00	0.71	0.64	3.00	1.60	0.72
3.50	0.40	0.72	3.50	0.75	0.68	3.50	1.68	0.76
4.00	0.42	0.76	4.00	0.80	0.72	4.00	1.75	0.79
4.50	0.44	0.79	4.50	0.83	0.75	4.50	1.81	0.81
5.00	0.45	0.82	5.00	0.85	0.77	5.00	1.85	0.83
6.00	0.47	0.84	6.00	0.89	0.80	6.00	1.89	0.85
7.00	0.48	0.86	7.00	0.90	0.81	7.00	1.90	0.85
8.00	0.48	0.86	8.00	0.90	0.81	8.00	1.90	0.86
9.00	0.48	0.86	9.00	0.90	0.81	9.00	1.91	0.86
10.00	0.48	0.86	10.00	0.88	0.79	10.00	1.90	0.85

Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Figura 17

Diagrama de esfuerzo de corte para cada espécimen- Calicata N° 01



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

En la figura 17 se tiene el diagrama de la resistencia del esfuerzo al corte vs. desplazamiento tangencial (%), donde se aprecia gráficamente el comportamiento de la muestra a cada uno de los procesos realizados según norma, siendo el espécimen 01 de prueba con una presión de 0.56 kg/ cm² con una menor capacidad a la resistencia al esfuerzo de corte (línea de coloración azul), seguidamente del espécimen 02 de prueba con una presión de 1.11 kg/ cm² (línea de coloración roja) y finalmente el tercer espécimen de prueba con una presión de 2.22 kg/cm² con una resistencia al esfuerzo de corte de características más estables (línea de coloración verde).

Obteniendo finalmente a partir de la línea formada entre los esfuerzos de corte finales para cada uno de los especímenes sometidos a tres diversas presiones, V.S. el desplazamiento obtenido en porcentajes del esfuerzo normal al cual han sido sometidas, los resultados de $\phi = 27.66^\circ$ y $C = 0.046$ kg/cm² como se aprecia en la figura 19.

$$\text{Dónde: } \textit{Fricción} = \tan \phi$$

Es decir, la fricción obtenida es en base a los catetos opuestos y adyacentes del ángulo formado por la línea obtenida, es decir en base a los datos obtenidos del esfuerzo de corte y del esfuerzo normal (desplazamiento).

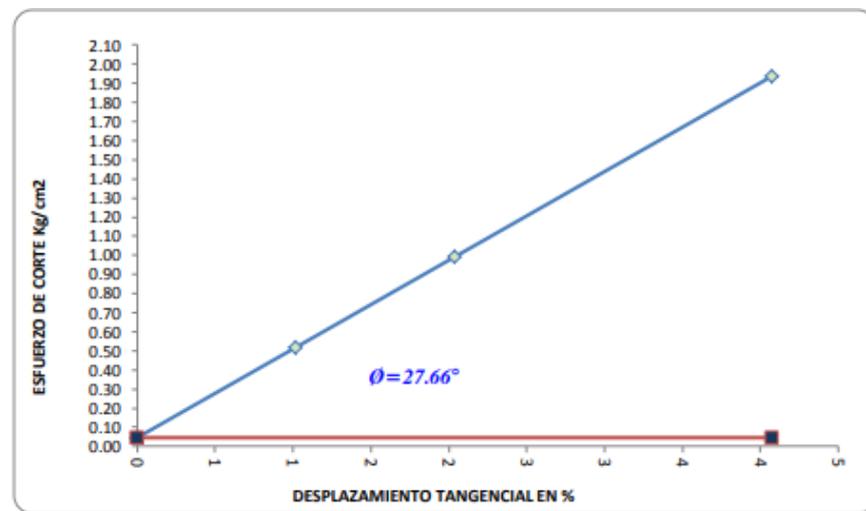
La cohesión está basada en el dato obtenido a partir de la prolongación de la línea hacia el eje de las "Y"; dicho dato es considerado como el valor de la cohesión para la muestra de la calicata N° 01, información que se dará uso para el presente trabajo de investigación, siendo este uno de los tramos críticos con antecedentes por deslizamientos y de notable afectación a la zona de estudio.

De la misma manera y bajo los mismos conceptos mencionados con anterioridad se tiene la figura 18, el cual define

la resistencia al esfuerzo de corte para la muestra tomada de la calicata - 02; identificado los siguientes resultados basados en el ensayo de corte directo; i) Para el espécimen 01 se muestra una resistencia al esfuerzo de corte de 0.46 kg/cm^2 . ii) para el espécimen N° 02 se tiene una resistencia al esfuerzo de corte de 0.95 kg/cm^2 . iii) y finalmente para el espécimen N° 03 se muestra una resistencia al esfuerzo de corte de hasta 1.87 kg/cm^2 .

Figura 18

Diagrama de desplazamientos vs. Esfuerzo de corte - Calicata N° 01



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

De la misma manera y con la ayuda de la tabla 12 podemos identificar una altura de hasta 3.00 metros para la calicata 02, obteniendo para la presente muestra un esfuerzo de resistencia de corte mínima de 0.46 kg/cm^2 hasta un 1.87 kg/cm^2 . Obteniendo bajo la norma técnica E. 0.30 de diseño sismorresistente, que para la siguiente calicata los perfiles a considerarse serán del tipo S1 Y S2. Información que se usó para el análisis de comparación de pares para el parámetro suelos en el presente trabajo de investigación.

La figura 18 nos muestra el diagrama de la resistencia del esfuerzo al corte vs. desplazamiento tangencial (%), donde se

aprecia gráficamente el comportamiento de la muestra a cada uno de los procesos realizados según norma, siendo el espécimen 01 de prueba con una presión de 0.56 kg/ cm² con una menor capacidad a la resistencia al esfuerzo de corte (línea de coloración azul), seguidamente del espécimen 02 de prueba con una presión de 1.11 kg/ cm² (línea de coloración roja) y finalmente el tercer espécimen de prueba con una presión de 2.22 kg/cm² con una resistencia al esfuerzo de corte de características más estables (línea de coloración verde).

Figura 19

Ensayo de Corte Directo Calicata - 02

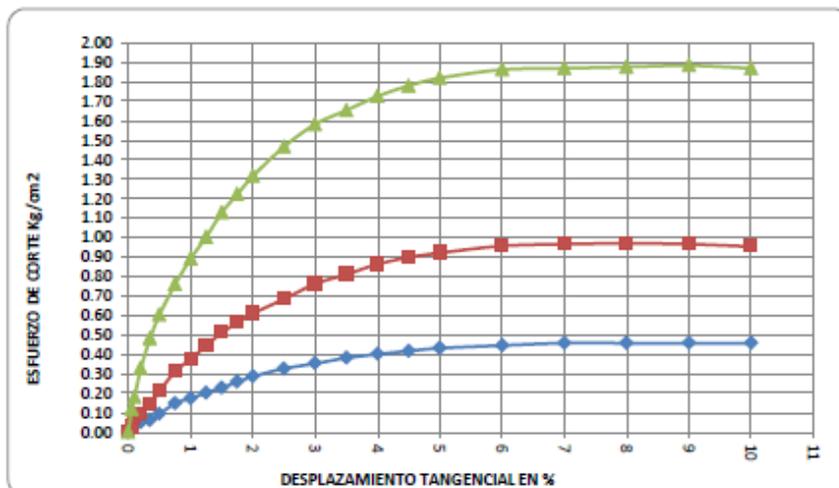
CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	Kg/cm ²		0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	cm		2.1	1.58	2.1	1.15	2.1	1.06
Diametro	cm		4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Humedad	%		8.48	6.54	8.48	5.21	8.48	3.25
Densidad Seca	g/cm ³		1.874	2.498	1.874	3.424	1.874	3.713
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.05	0.12	0.05
0.10	0.04	0.07	0.10	0.08	0.07	0.10	0.18	0.08
0.20	0.05	0.09	0.20	0.09	0.08	0.20	0.33	0.15
0.35	0.06	0.11	0.35	0.14	0.13	0.35	0.48	0.22
0.50	0.09	0.17	0.50	0.21	0.19	0.50	0.60	0.27
0.75	0.15	0.27	0.75	0.31	0.28	0.75	0.76	0.34
1.00	0.17	0.31	1.00	0.38	0.34	1.00	0.89	0.40
1.25	0.20	0.36	1.25	0.44	0.40	1.25	1.00	0.45
1.50	0.23	0.41	1.50	0.51	0.46	1.50	1.13	0.51
1.75	0.26	0.46	1.75	0.56	0.51	1.75	1.22	0.55
2.00	0.29	0.52	2.00	0.61	0.55	2.00	1.32	0.59
2.50	0.33	0.59	2.50	0.68	0.62	2.50	1.47	0.66
3.00	0.35	0.64	3.00	0.76	0.69	3.00	1.58	0.71
3.50	0.38	0.69	3.50	0.81	0.73	3.50	1.65	0.74
4.00	0.40	0.72	4.00	0.86	0.78	4.00	1.73	0.78
4.50	0.42	0.75	4.50	0.90	0.81	4.50	1.78	0.80
5.00	0.43	0.78	5.00	0.92	0.83	5.00	1.82	0.82
6.00	0.45	0.80	6.00	0.96	0.86	6.00	1.86	0.84
7.00	0.46	0.82	7.00	0.97	0.87	7.00	1.87	0.84
8.00	0.46	0.82	8.00	0.97	0.87	8.00	1.88	0.84
9.00	0.46	0.82	9.00	0.97	0.87	9.00	1.88	0.85
10.00	0.46	0.82	10.00	0.95	0.86	10.00	1.87	0.84

Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Figura 20

Diagrama de esfuerzo de corte para cada espécimen- Calicata N° 02

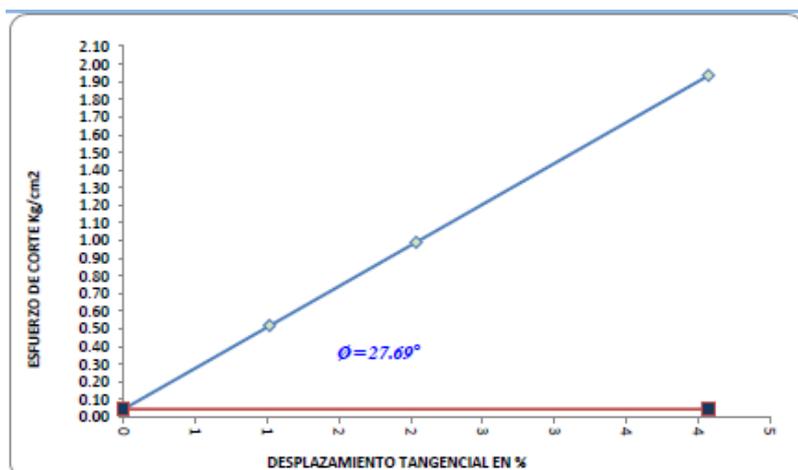


Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Finalmente se obtiene la figura 20, con el trazo para obtener el ángulo de fricción y la cohesión existente en la muestra para la calicata 02: $\phi = 27.69^\circ$ y $C = 0.044 \text{ kg/cm}^2$

Figura 21

Diagrama de desplazamientos vs. Esfuerzo de corte - Calicata N° 02



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

La figura 21 muestra los resultados del ensayo de corte directo para la calicata 03, obteniendo un resultado para la resistencia al esfuerzo de corte identificado los siguientes

resultados; i) Para el espécimen 01 se muestra una resistencia al esfuerzo de corte de 0.46 kg/cm². ii) para el espécimen N° 02 se tiene una resistencia al esfuerzo de corte de 0.90 kg/cm². iii) y finalmente para el espécimen N° 03 se muestra una resistencia al esfuerzo de corte de hasta 1.89 kg/cm².

De los resultados mencionados y de la tabla 12 se deduce que para la calicata 03 se tiene una altura de 2.00 metros con esfuerzos de resistencia al corte mínimas de 0.46 kg/cm² hasta 1.89 kg/cm². Ubicándose nuevamente entre los perfiles S₁ y S₂ de la norma técnica E. 0.30 de DISEÑO SISMORRESISTENTE. Dichos datos se utilizaron para el análisis respectivo para la comparación de pares del parámetro suelos.

Figura 22

Ensayo de Corte Directo Calicata - 03

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	Kg/cm ²		0.56		1.11		2.22	
Etapas			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	cm		2.1	1.58	2.1	1.15	2.1	1.06
Diametro	cm		4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Humedad	%		6.44	5.52	6.44	4.12	6.44	2.88
Densidad Seca	g/cm ³		1.855	2.473	1.855	3.889	1.855	3.673
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.02	0.05	0.02	0.02	0.05	0.12	0.05
0.10	0.04	0.07	0.10	0.07	0.07	0.10	0.18	0.08
0.20	0.05	0.09	0.20	0.09	0.08	0.20	0.33	0.15
0.35	0.06	0.11	0.35	0.13	0.12	0.35	0.49	0.22
0.50	0.09	0.17	0.50	0.20	0.18	0.50	0.61	0.27
0.75	0.15	0.27	0.75	0.29	0.26	0.75	0.77	0.34
1.00	0.18	0.32	1.00	0.36	0.32	1.00	0.90	0.40
1.25	0.20	0.37	1.25	0.42	0.38	1.25	1.01	0.46
1.50	0.23	0.42	1.50	0.48	0.44	1.50	1.14	0.51
1.75	0.26	0.47	1.75	0.53	0.46	1.75	1.23	0.55
2.00	0.29	0.52	2.00	0.58	0.52	2.00	1.33	0.60
2.50	0.33	0.59	2.50	0.65	0.58	2.50	1.48	0.67
3.00	0.36	0.64	3.00	0.72	0.65	3.00	1.60	0.72
3.50	0.38	0.69	3.50	0.77	0.69	3.50	1.67	0.75
4.00	0.40	0.73	4.00	0.82	0.73	4.00	1.74	0.78
4.50	0.42	0.76	4.50	0.85	0.76	4.50	1.80	0.81
5.00	0.44	0.78	5.00	0.87	0.78	5.00	1.84	0.83
6.00	0.45	0.81	6.00	0.90	0.81	6.00	1.88	0.85
7.00	0.46	0.83	7.00	0.91	0.82	7.00	1.89	0.85
8.00	0.46	0.83	8.00	0.92	0.82	8.00	1.89	0.85
9.00	0.46	0.83	9.00	0.91	0.82	9.00	1.90	0.86
10.00	0.46	0.83	10.00	0.90	0.81	10.00	1.89	0.85

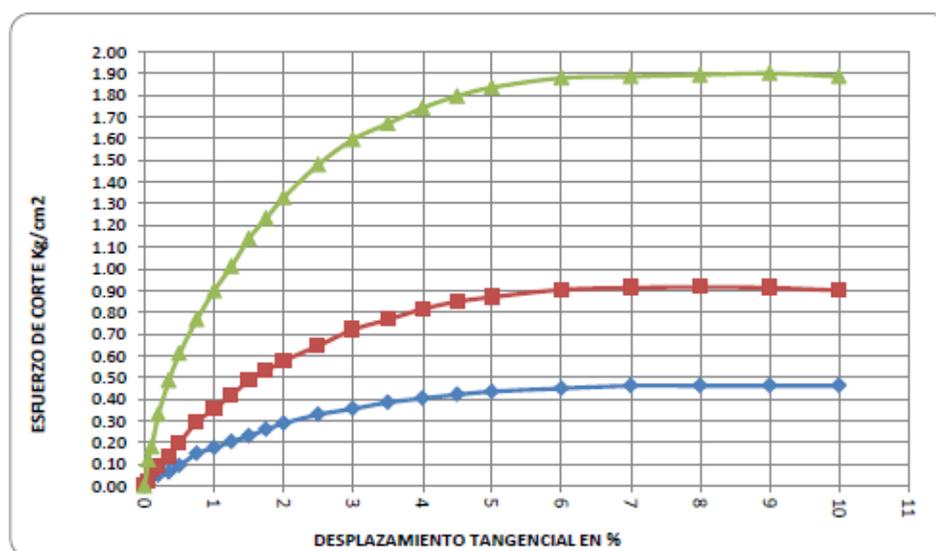
Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

La figura 22 muestra el comportamiento de la muestra bajo la presión expuesta para cada uno de los tres especímenes analizados siendo el espécimen 01 de prueba con una presión de 0.56 kg/cm² con una menor capacidad a la resistencia al esfuerzo de corte (línea de coloración azul), seguidamente del espécimen 02 de prueba con una presión de 1.11 kg/cm² (línea de coloración roja) y finalmente el tercer espécimen de prueba con una presión de 2.22 kg/cm² con una resistencia al esfuerzo de corte de características más estables (línea de coloración verde).

Para finalmente con cada uno de los esfuerzos de la resistencia al corte obtenidos se forma el diagrama mostrado en la figura 23, es decir con los valores de 0.46 kg/cm², 0.90 kg/cm² y 1.89 kg/cm² se realiza el trazo vs., el esfuerzo normal en porcentajes.

Figura 23

Diagrama de esfuerzo de corte para cada espécimen- Calicata N° 03



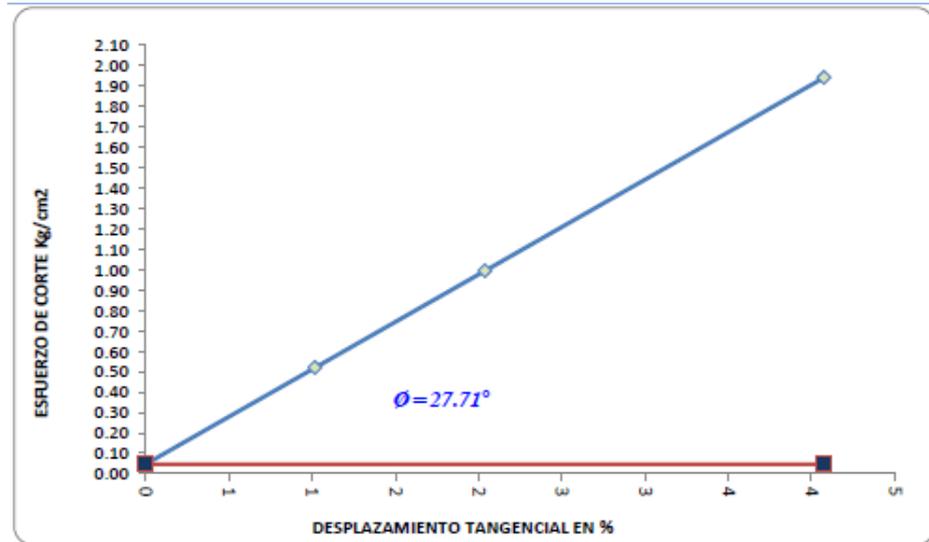
Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Esto permitió la determinación de la fricción y cohesión correspondiente para la calicata 03, por medio de la tangente del ángulo formado. $\phi = 27.71^\circ$ y $C = 0.047 \text{ kg/cm}^2$.

Toda la información obtenida por parte del estudio geotécnico permitió identificar información base de uno de los puntos críticos identificados.

Figura 24

Diagrama de desplazamientos vs. Esfuerzo de corte - Calicata N° 03



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Tabla 12

Identificación de las características de los suelos

ITEM	CAL.	COORDENADAS			ESTRATO I			ESTRATO II			ESTRATO III				
		X	Y	H(m) =	MAT.	SUCS	AASHTO	H(m) =	MAT.	SUCS	AASHTO	H(m) =	MAT.	SUCS	AASHTO
1	CAL - 01	359269	8902434	0.50	Material de cobertura	Pt	A-8	1.20	Grava arcillosa con bloques	GC	A-2-6 (0)	0.00	Roca	RC	-----
2	CAL - 02	359239	8902450	1.00	Material de cobertura	Pt	A-8	2.00	Grava arcillosa	GC	A-2-6 (0)	-----	-----	-----	-----
3	CAL - 03	359191	8902477	0.50	Material de cobertura	Pt	A-8	1.50	Grava arcillosa con bloques	GC	A-2-4 (0)	-----	-----	-----	-----

Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y geotecnia.

Tabla 13*Matriz de comparación para el parámetro Suelos*

SUELOS	Suelos de condiciones excepcionales (S ₄)	Suelos Intermedios (S ₂) y suelos blandos (S ₃)	Roca o suelo muy rígido (S ₁)	Roca dura (S ₀)
Suelos de condiciones excepcionales (S ₄)	1.00	2.00	3.00	5.00
Suelos Intermedios (S ₂) y suelos blandos (S ₃)	0.50	1.00	2.00	3.00
Roca o suelo muy rígido (S ₁)	0.33	0.50	1.00	2.00
Roca dura (S ₀)	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA (Σ)	2.03	3.83	6.50	11.00
1/SUMA (Σ)	0.49	0.26	0.15	0.09

Tabla 14*Matriz de normalización para el parámetro Suelos*

SUELOS	Suelos de condiciones excepcionales (S ₄)	Suelos Intermedios (S ₂) y suelos blandos (S ₃)	Roca o suelo muy rígido (S ₁)	Roca dura (S ₀)	Vector de Priorización
Suelos de condiciones excepcionales (S ₄)	0.492	0.522	0.462	0.455	0.482
Suelos Intermedios (S ₂) y suelos blandos (S ₃)	0.246	0.261	0.308	0.273	0.272
Roca o suelo muy rígido (S ₁)	0.164	0.130	0.154	0.182	0.158
Roca dura (S ₀)	0.098	0.087	0.077	0.091	0.088

De las tablas 13 y 14 se pueden apreciar el cálculo en la matriz de comparación y normalización de pares para el parámetro suelos, donde se considera en primer lugar o como criterio más crítico los suelos de condiciones excepcionales (S_4) como lo menciona la normativa E.030 los cuales son literalmente muy vulnerables debido a sus condiciones y/o características físicas, para lo cual se tendría serias consecuencias si estos existiesen en la zona de estudio, pudiendo incluso determinar evacuación de las áreas urbanas y de las estructura existentes ya que cualquier método de estabilidad para este tipo de materiales demandaría altos costos ya sea en estudio como en las medidas de ejecución. De la visita a campo no se pudo identificar este tipo de material e incluso de los estudios realizados por la empresa Seda Huánuco S.A. solo se pudo evidenciar material de arcilla, limo y rocas. En segundo lugar y no menos importante se encuentran los suelos de resistencia intermedia y los suelos blandos (S_2) y (S_3) respectivamente, estos suelen ser relativamente vulnerables ya que pueden ser estabilizados con un uso correcto de las propiedades de los materiales existentes, en tercer lugar se encuentran los suelos muy rígidos y/o rocas este tipo es uno de los suelos existentes debido a las características ya mencionadas especialmente de rocas de fisuras de variada contextura y por último se encuentran las rocas, material existente en toda el área bajo los taludes en un aproximado de 3 metros de profundidad, en conclusión podemos afirmar que la zona cuenta con suelos del tipo S_1 , S_2 , S_3 , es decir, en el caso más crítico para la zonificación del mapa de peligro se le asignará un valor de **0.272**. Las características mencionadas se recopilaron en campo y en base a la información obtenida de los estudios realizados en uno de los puntos críticos. Así pues, podemos encontrar en la tabla 15 el valor promedio del factor de priorización para la determinación correspondiente teniendo en cuenta que ahora se está trabajando con cuatro criterios por lo

que, para el cálculo de la razón de consistencia (RC) el IA cambiará con un valor de 0.882 según la tabla 8:

Tabla 15

Vector de Priorización – Suelos

VALORES OBTENIDOS DEL VECTOR DE PRIORIZACIÓN				SUMA (Σ)	Λ máx.	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.482	0.544	0.473	0.441	1.940	4.021	16.058	4.015
0.241	0.272	0.315	0.265	1.093	4.021		
0.161	0.136	0.158	0.177	0.631	4.005		
0.096	0.091	0.079	0.088	0.354	4.011		

❖ **DETERMINACIÓN DEL IC**

$$IC = (4.015 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.005$$

❖ **DETERMINACIÓN DEL RC**

$$RC = \frac{0.005}{0.882}$$

$$RC = 0.005$$

El valor obtenido para el parámetro suelos se encuentra según lo requerido para la conformidad de la consistencia.

$$RC = 0.005 < 0.1$$

A continuación, podemos apreciar el mapa 2 de suelos local, el cual está conformado por el punto crítico encontrado, este refleja el nivel la fricción determinada por el estudio de suelos las cuales son relativamente similares con valores entre los 27.66, 27.69, 27.71 al igual que las características geotécnicas identificadas y ya mencionadas en la tabla 12, es decir material de cobertura, grava arcillosa y presencia de bloques y roca.

De la figura 25 se puede apreciar una figura mucho más amplia en base a trabajo realizado en campo, donde por medio de

la observación y por medio de los instrumentos de recolección de datos como el dron (RPAS), se pudo determinar algunas características poco lejanas a lo ya mencionado en el punto crítico. Es así que se puede verificar la presencia además la presencia de rocas en taludes afectadas por el fenómeno de intemperismo y fisuras como parte de su proceso de geodinámica externa.

También es necesario mencionar el crecimiento urbano y el uso de suelo que viene recibiendo el área de estudio, es decir zonas destinadas a la agricultura, áreas destinadas al tránsito vehicular (carretera), etc. Todo esto viene influyendo de forma directa a las zonas con la presencia de taludes ya sea por la infiltración de agua usadas para el riego y el esfuerzo dinámico al cual viene sometido las áreas cercanas a dichos taludes por el paso de vehículos de índole pesado.

Figura 25

Mapa de Suelos localizado tramo de 00+133.00 km – Punto Crítico

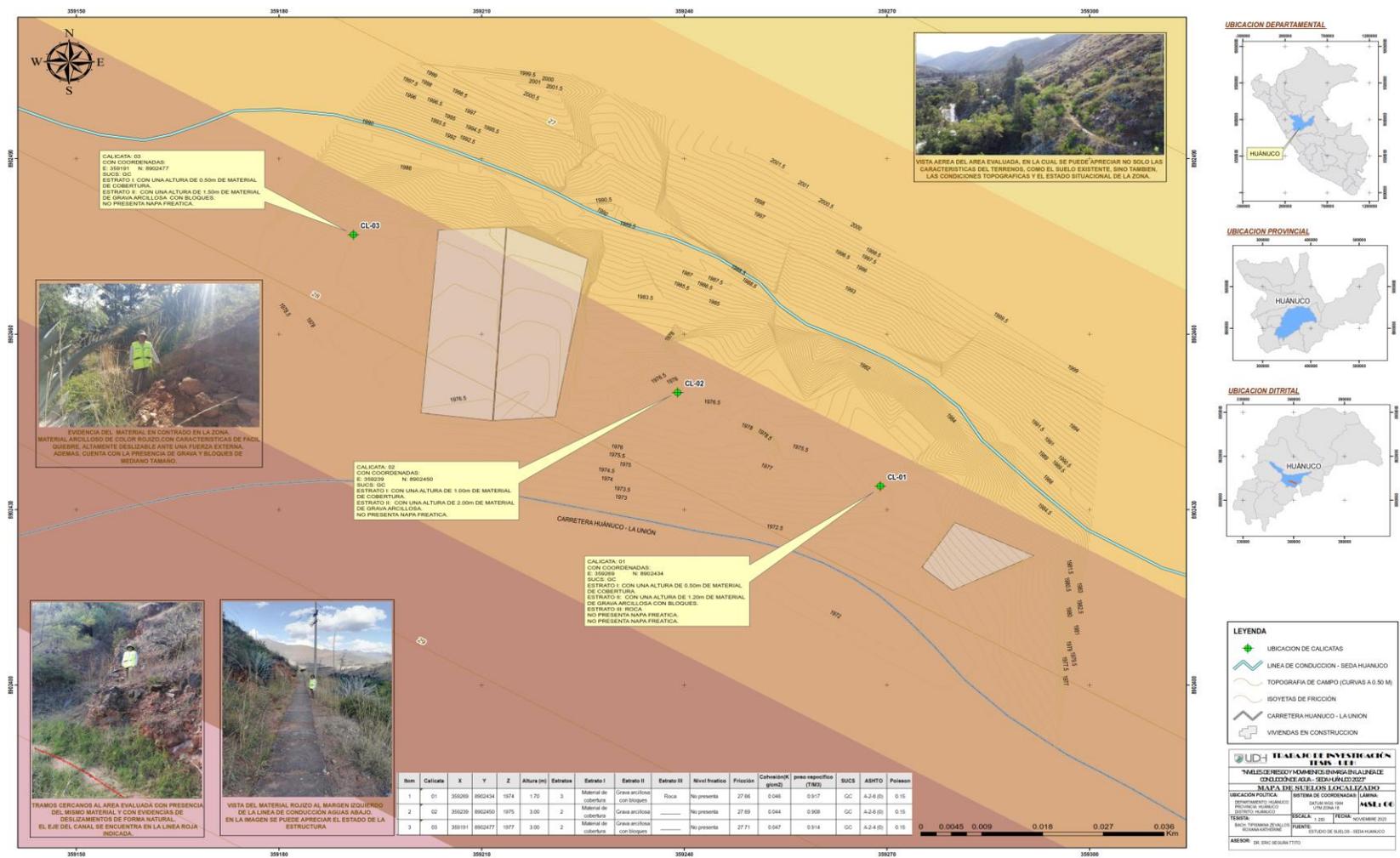


Figura 26

Mapa de Suelos- Línea de Conducción- Seda Huánuco



4.1.1.2. PONDERACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES: PENDIENTES

Las condiciones topográficas del área de estudio donde se encuentra ubicado la línea de conducción – Seda Huánuco S.A. son de características relativamente agrestes.

Desde la geomorfología mostrada al inicio del presente capítulo se puede apreciar la forma del valle perteneciente a la intercuenca del Huallaga con el paso del río Higueras en dirección Oeste – Este hacia la ciudad de Huánuco. Zonas de características encañonadas debido a la presencia de montañas estructurales que rodean el valle que se abre en dirección a la ciudad de Huánuco.

Del documento técnico Plan maestro optimizado 2014-2044, 2015 muestra tres tramos que conforman la estructura hidráulica, entre las cuales dos de ellas representan nuestro tramo de estudio, es decir el tramo que sale desde la captación en Canchan hasta la zona de repartición de agua para la planta de tratamiento como también para riego en Pucuchinche, este cuenta con un tramo aproximado de 925 metros ubicado a lo largo del talud existente al margen izquierdo del río Higueras, con pendientes de hasta 70° para después descender a zonas urbanas de pendientes suaves. Desde este punto de repartición; ya que de aquí sale una tubería de asbesto de 20” y un canal de riego para las zonas agrícolas de la localidad de Pucuchinche, la línea de conducción continúa en un tramo aproximado de 4, 675 metros entre zonas urbanas y áreas agrícolas volviéndose estos en un riesgo para la población como para la estructura hidráulica existente.

El resto del tramo se encuentra ubicado a lo largo del talud existente hasta llegar a la planta de tratamiento Cabrito pampa con pendientes mayores a 70 °.

En todo el tramo se encuentran identificados algunos puntos críticos ya sea por la presencia de quebradas como es el caso de la quebrada Gaganani ubicado en la localidad de Canchan Huariaco, otras dos quebradas sin nombre cercanas a Kotosh de menor magnitud, pero activas en épocas de lluvias, otras dos cercanas a Cundibamba y finalmente en las zonas cercanas a la planta de tratamiento.

Tabla 16

Matriz de comparación para el parámetro Pendientes

PENDIENTE	> 60°	30° - 60°	15° - 30°	0° - 15°
> 60°	1.00	3.00	5.00	9.00
30° - 60°	0.33	1.00	3.00	5.00
15° - 30°	0.20	0.33	1.00	3.00
0° - 15°	0.11	0.20	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.64	4.53	9.33	18.00
1/SUMA (Σ)	0.61	0.22	0.11	0.06

La tabla 16 cuenta con el análisis de comparación de pares para el parámetro Pendiente para lo cual se ha considerado cuatro criterios, para lo cual se tendrá en cuenta la tabla 2 del presente estudio, extraído del autor Kuroiwa (2019) donde menciona que para pendientes mayores a 60° y con características geotécnicas desfavorables sumada a ello la poca estabilidad por erosiones o fallas por otros factores, este vendría a ser las zonas más críticas; seguidamente para pendientes de 30° - 60° también con características geotécnicas y topográficas desfavorables, nos menciona el autor que, dichos procesos de altos costos y altos riesgos. Lo más óptimo sería para la ubicación de nuestra zona de estudio (ubicación de la línea de conducción), sería mantener pendientes de 0° hasta los 30° donde con moderada erosión los costos para la ejecución de proyectos y para la realización de estudios se dé también de forma moderada.

Para este caso tenemos a lo largo de nuestro tramo mayor existencia de pendientes superior a los 30°, con condiciones

geotécnicas regulares, pero si con puntos críticos donde se puede encontrar erosión antrópica.

Tabla 17

Matriz de normalización para el parámetro Pendientes

PENDIENTE	> 60°	30° - 60°	15° - 30°	0° - 15°	Vector de Priorización
> 60°	0.608	0.662	0.536	0.500	0.576
30° - 60°	0.203	0.221	0.321	0.278	0.256
15° - 30°	0.122	0.074	0.107	0.167	0.117
0° - 15°	0.068	0.044	0.036	0.056	0.051

De la tabla 17 podemos identificar o caracterizar nuestros puntos críticos con un valor máximo de **0.576**, esto para las áreas donde se encuentren quebradas activas y erosión antrópica severa.

Tabla 18

Vector de Priorización – Pendientes

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.576	0.767	0.586	0.457	2.386	4.140	16.308	4.077
0.192	0.256	0.352	0.254	1.053	4.120		
0.115	0.085	0.117	0.152	0.470	4.008		
0.064	0.051	0.039	0.051	0.205	4.040		

Para determinar la consistencia de nuestra matriz tomamos el promedio de **λ_{max}** y hallamos la RC.

❖ **DETERMINACIÓN DEL IC**

$$IC = (4.077 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.026$$

❖ **DETERMINACIÓN DEL RC**

$$RC = \frac{0.026}{0.882}$$

$$RC = 0.029$$

Así obtenemos para el parámetro pendiente la conformidad de la consistencia con el siguiente valor:

$$RC = 0.029 < 0.1$$

Las figuras mostradas a continuación son tomadas del estudio topográfico realizado en la zona, tramo que se tomó como muestra debido a la incidencia de los parámetros usados para el presente trabajo de investigación.

En la figura 27 se aprecia el deslizamiento acontecido en febrero del año 2022, cuando la vivienda se encontraba en proceso de construcción y escarificación del talud cercano, produciendo desestabilización del talud donde a pocos metros se encuentra ubicada la línea de conducción.

Figura 27

Imágenes de deslizamientos con fecha 10 de febrero 2022

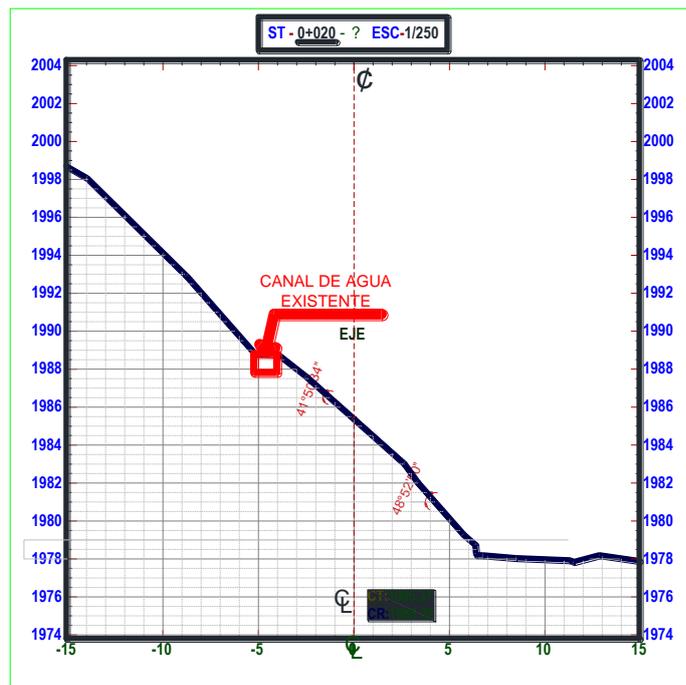


Las figuras 28, 29 y 30 a continuación representan el perfil donde se encuentra ubicada la vivienda en construcción, vivienda que ha ocasionado en su proceso constructivo erosión de las laderas. En la figura 27 se aprecia el corte en el tramo 00+020.00 según el plano topográfico del mismo estudio, se visualiza la línea de conducción y la vivienda ubicada a casi 10 metros en la

parte más baja, las pendientes de la zona oscilan entre 40° a 50° , así se pueden apreciar también en las figuras siguientes 28 y 29 con puntos de corte en los tramos 00+030.00 y 00+040.00 respectivamente donde se puede observar que la parte baja la ubicación de la vivienda y con taludes entre 50° a más de 60° , ubicando dicha zona en un área altamente vulnerable, especialmente para la estructura existente ya que pudo evidenciar afectadas por el rompimiento del equilibrio de los materiales existentes, cediendo por acción de la gravedad hacia la parte más baja y afectando de forma directa al talud que sostiene dicha estructura.

Figura 28

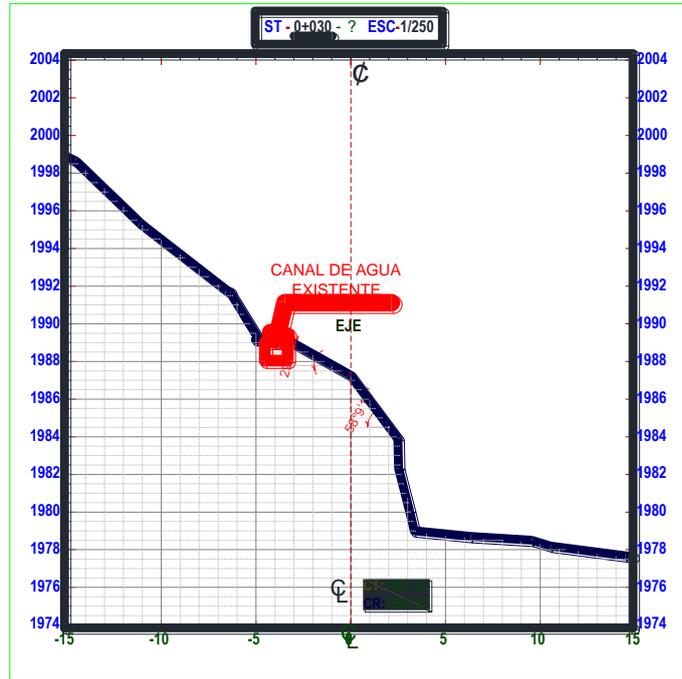
Perfil topográfico de la muestra – 0+020.00



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Figura 29

Perfil topográfico de la muestra – 0+030.00



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Figura 30

Perfil topográfico de la muestra – 0+040.00



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

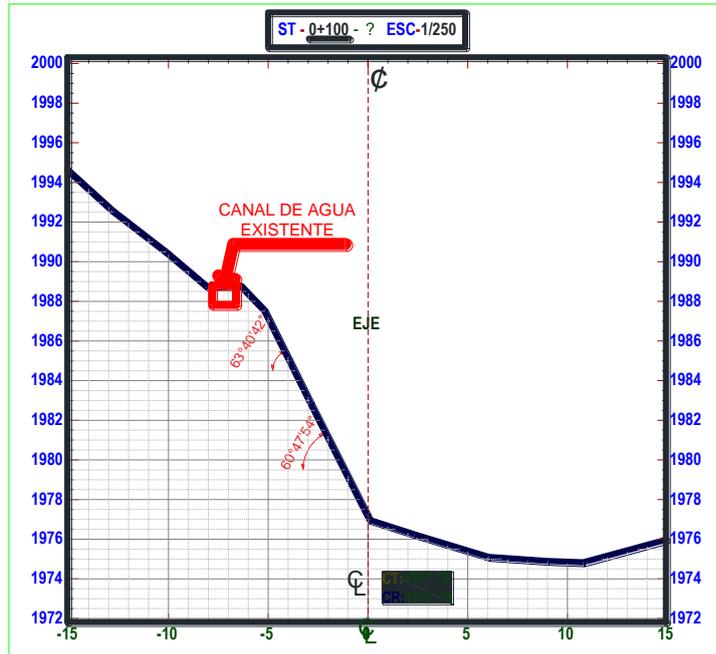
Sin embargo, la misma zona cuenta con espacio aun no utilizado para viviendas donde también se aprecia taludes con pendientes severamente pronuncia, alcanzando pendientes aproximadas de más de 60°, así se pueden apreciar en las figuras 31 y 32 donde no se cuenta con la presencia de viviendas, pero nos da a conocer el tipo de pendientes existentes; el corte 00+100.00 y 00+110.00 nos muestra los perfiles de las zonas mencionadas y con características de mucha cercanía al área evaluada.

Lo mencionado con anterioridad nos muestra claramente el escenario al cual se encuentra ubicada la estructura hidráulica en uno de los puntos más críticos, debido a la presencia de los parámetros analizados.

El resto de la línea de conducción; podemos afirmar debido a la visita y al levantamiento de información por medio de la observación; cuenta con características de similar condición ya sean por pendientes y a materiales existentes, encontrando en todo caso áreas con pendientes menores y/o condiciones de geodinámica externa similares.

Figura 31

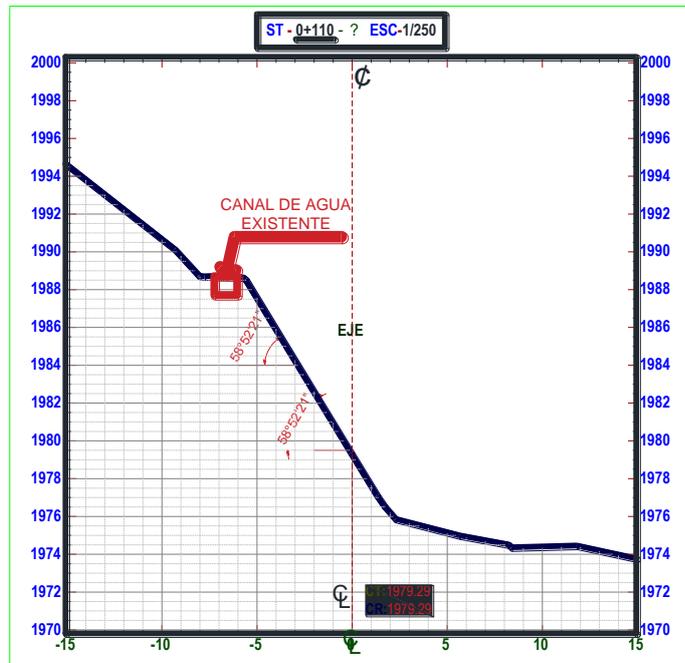
Perfil topográfico de la muestra – 0+100.00



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Figura 32

Perfil topográfico de la muestra – 0+100.00



Nota: Fuente SEDA HUÁNUCO S.A./ Estudio Topográfico y mecánica de suelos

Los mapas mostrados a continuación muestran los resultados de las pendientes identificadas haciendo uso de la topografía realizada en el punto crítico identificado.

En ella podemos constatar la ubicación de la estructura hidráulica, es decir la línea de conducción ubicada en áreas correspondientes al color anaranjado, ósea, entre los rangos de 30° - 60° , además de verificar la existencia de viviendas en la parte baja del talud los cuales para la construcción de dichas viviendas erosionaron las laderas arriesgando la línea de conducción que se encuentra en la parte alta del talud erosionado a una corta distancia de unos 8 metros. En el mapa se puede apreciar en la parte superior de la vivienda de mayor tamaño una zona de color rojo, esta representa pendientes mayores a 60° y esta se encuentra justamente ubicada en las zonas erosionadas con maquinaria para la construcción de dichas viviendas de albañilería confinada. Según algunos antecedentes se puede apreciar que dicha zona se encuentra en un estado de alerta debido a los deslizamientos espontáneos de los taludes cercanos, signo de cierto desequilibrio del material existente.

Con la ayuda de las imágenes satelitales se puede tener una vista mucho más amplia de la zona de estudio donde se puede apreciar de forma gráfica gracias a la información de las altitudes la formación de las montañas o cerros, con respecto al valle ubicado en la parte céntrica del mapa, la línea de conducción se encuentra ubicada físicamente en mayor parte sobre las laderas de las montañas al margen izquierdo del río Higuera con pendientes de entre 15° hasta los 60° . A esto cabe mencionar la ALTA susceptibilidad ante deslizamientos o movimientos en masa principalmente i) En quebradas con antecedentes por huaycos que han ocasionado en fechas anteriores la paralización del servicio de agua potable para la ciudad de Huánuco en un período aproximado de 20 días, y ii) En laderas o taludes que superan los

30° con presencia en la parte baja de áreas destinadas para la habilitación urbana, es decir terrenos que en la actualidad cuentan con propietarios que proyectan la construcción de sus viviendas de albañilería confinada y demás servicios básicos, afectando de forma directa a la estabilidad de los taludes y ocasionando desequilibrio a los esfuerzos de corte de los materiales existentes, además de considerar el soporte que el talud hace con respecto a la carga muerta (estructura hidráulica de concreto), y el soporte de la carga dinámica (flujo de agua), esfuerzos adicionales que produce la línea de conducción.

Figura 33

Mapa de pendientes localizado tramo de 00+133.00 km – Punto Crítico

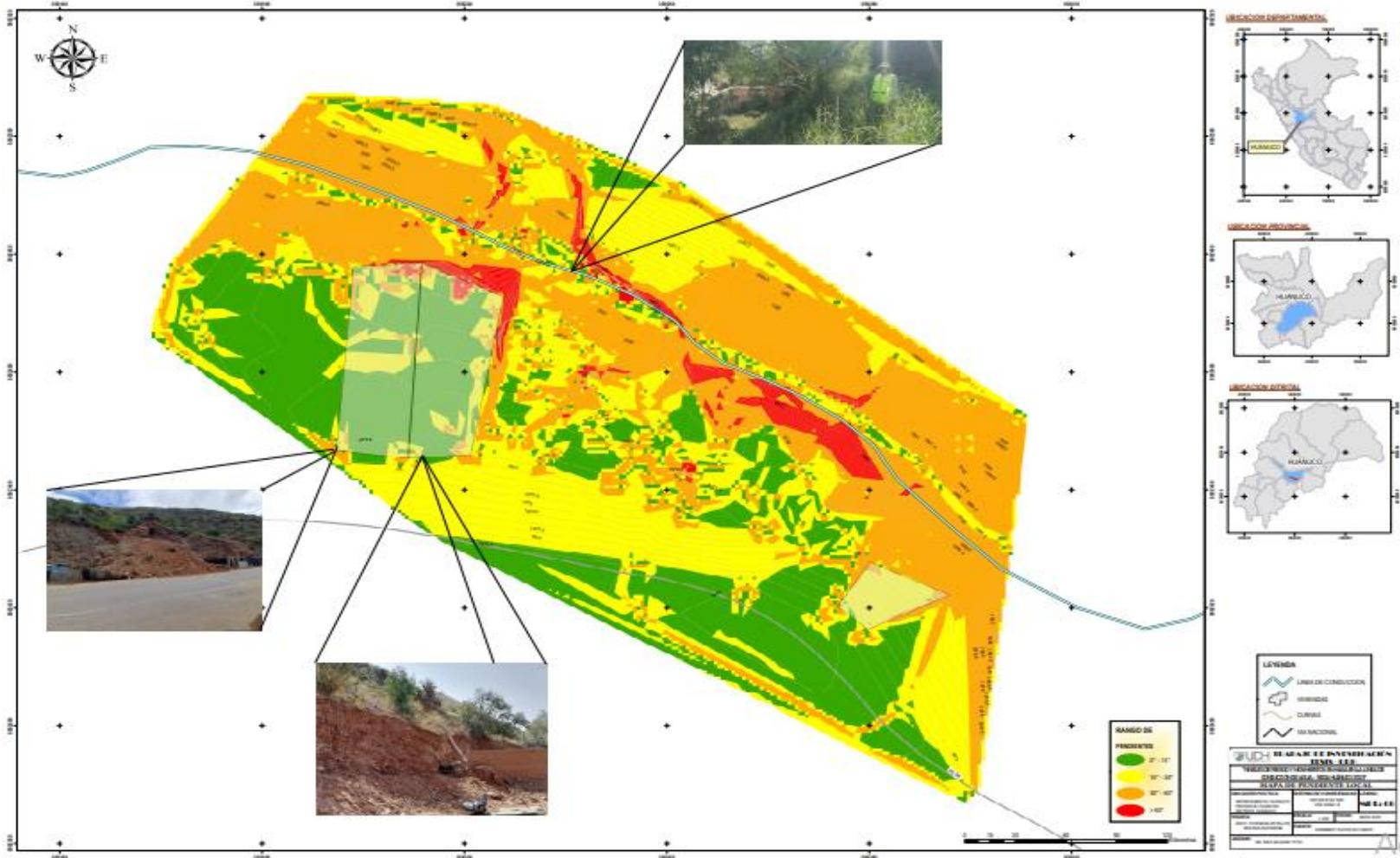
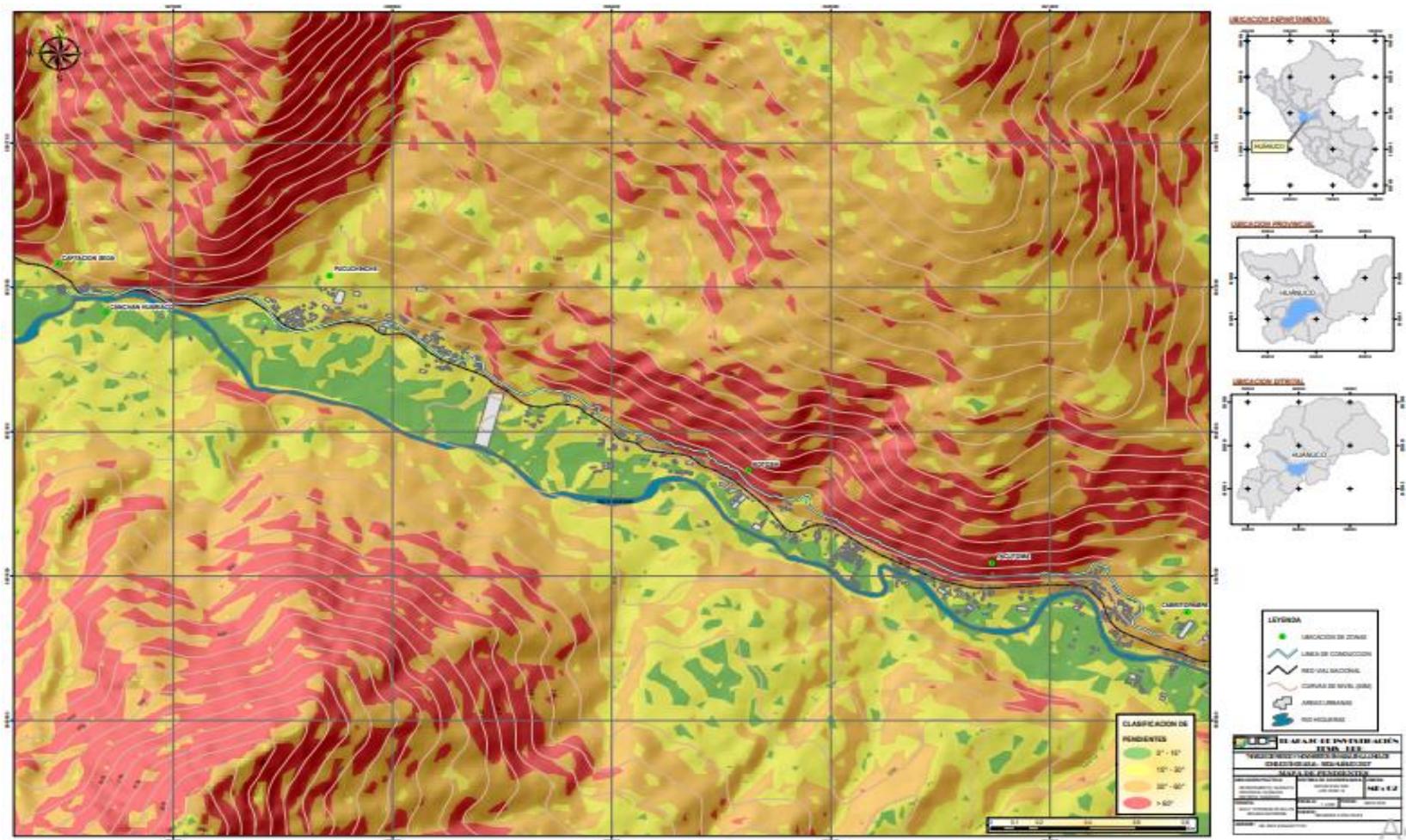


Figura 35

Mapa de Pendientes– Línea de Conducción- Seda Huánuco



4.1.1.3. PONDERACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES: COBERTURA VEGETAL

El análisis de la cobertura vegetal en el presente estudio de investigación se encuentra basado sobre todo en la importancia de la toma de decisiones con respecto al crecimiento demográfico en la ciudad de Huánuco, especialmente en los distritos de Huánuco, Amarilis y Pillco Marca en los últimos 5 años con un aproximado de 19% según la DIRESA HCO. Desde el año 2019, es decir con casi un 4% por año, esto conlleva a considerar que dicha población busca establecerse en nuestro territorio de forma horizontal, es decir, la población inicia a suplantar las áreas “vacías” con la construcción de nuevas viviendas y demás necesidades básicas como agua, alcantarillado, etc. Alterando de forma paulatina los territorios como taludes y fajas marginales colindante a ríos y quebradas debido a nuestra geomorfología encañonada y con presencia de valles. Ante todo, lo mencionado es necesario considerar un reordenamiento urbano y reforzamiento de nuestros recursos existentes, que nos permita a largo plazo un adecuado asentamiento sin dañar y sin asumir futuros riesgos.

Es por ello que el presente trabajo busca determinar mediante la cobertura vegetal existente y el crecimiento demográfico constante, cuanto este puede influir a futuros eventos por deslizamientos en las zonas analizadas.

Para nuestro territorio según el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (2015) muestra dos tipos principales de cobertura vegetal natural existentes: el Matorral Arbustivo (Ma) y su derivado como vegetación de zonas húmedas (VZH); además podemos encontrar cobertura vegetal del tipo antrópica como la agricultura costera o andina (Agri) y finalmente las áreas erosionadas para diversos usos como las áreas urbanas (U) donde la vegetación pasa a ser casi nulo.

A continuación, se aprecian a detalle la comparación y normalización de pares para el parámetro cobertura vegetal y el criterio según lo determinado en campo con respecto a la influencia de la cobertura vegetal y los deslizamientos en la zona de estudio.

Tabla 19

Matriz de comparación para el parámetro Cobertura Vegetal

COBERTURA VEGETAL	U	Agri	VZH	Ma
U	1.00	3.00	4.00	5.00
Agri	0.33	1.00	3.00	4.00
VZH	0.25	0.33	1.00	3.00
Ma	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.78	4.58	8.33	13.00
1/SUMA (Σ)	0.56	0.22	0.12	0.08

En cuanto a la tabla 19 se consideró las zonas urbanas y/o áreas tomadas para habilitación urbana como aquellas críticas debido a la erosión y al estado nulo de vegetación dejando desprotegido el área en especial las laderas, en segundo lugar segundo grado con una ligera diferencia de importancia se encuentra las zonas ocupadas por la agricultura, siendo estas de cierto grado e nocividad debido a la necesaria actividad de riego provocando cierta infiltración de agua que pueda originar erosión interna debido al tipo de material hasta el arrastre de masas por su propio peso a favor de la gravedad y con condiciones favorables como la pendiente fuerte.

En el cuarto y quinto lugar con asignación de pesos menores como se muestra en la tabla 20 se encuentran la vegetación existente del tipo Matorrales (Ma) y los de vegetación de zonas húmedas (VZH) los primeros existentes entre altitudes superiores a los 1500 m.s.n.m. con presencia de arbusto de tipo subhúmedos o húmedos, verdosos y de raíces poco profundas debido a la aridez del suelo es decir de poca humedad que podemos encontrar los captus o arbustos con espinas y con la presencia de algunos árboles característicos de las zonas las cuales se definen

por raíces profundas ya que estos tienen la capacidad de buscarla en las profundidades del suelo, así tenemos: el Molle, la Tara, el Nogal o el boliche. Para el segundo caso para altitudes superiores a 2,500 m.s.n.m. se encuentran los arbustos como el ichu u otros que conforman el grupo de vegetación con raíces relativamente profundas para suelos áridos característicos por su rigidez y cohesivos, pero de fácil desintegración.

La línea de conducción cuenta con la presencia de viviendas cercanas y zonas destinadas para la agricultura para lo cual se consideró el valor de 0.520 como la condición más crítica para nuestra zona de estudio donde existe dicho fenómeno por erosión antrópica.

Tabla 20

Matriz de comparación para el parámetro Cobertura Vegetal

COBERTURA VEGETAL	U	Agri	Ma	VZH	Vector de Priorización	%
U	0.561	0.655	0.480	0.385	0.520	51.998
Agri	0.187	0.218	0.360	0.308	0.268	26.820
Ma	0.140	0.073	0.120	0.231	0.141	14.092
VZH	0.112	0.055	0.040	0.077	0.071	7.090

Tabla 21

Vector de Priorización – Cobertura vegetal

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λmax	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.520	0.805	0.564	0.355	2.243	4.313	16.734	4.184
0.173	0.268	0.423	0.284	1.148	4.280		
0.130	0.089	0.141	0.213	0.573	4.066		
0.104	0.067	0.047	0.071	0.289	4.075		

De la tabla 21 podemos obtener finalmente el valor de la consistencia por medio del promedio de “λmax”.

❖ **DETERMINACIÓN DEL IC:**

$$IC = (4.184 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.061$$

❖ DETERMINACIÓN DEL RC:

$$RC = \frac{0.061}{0.882}$$

$$RC = 0.069$$

Así obtenemos para el parámetro pendiente la conformidad de la consistencia con el siguiente valor:

$$RC = 0.069 < 0.1$$

En el mapa 7 presentado a continuación se visualiza la ubicación de dichos pisos de cobertura vegetal entre los cuales predomina el tipo de vegetación denominada matorrales (Ma), en segundo lugar, la cobertura vegetal antrópica, es decir la agricultura (Agri) y para finalmente dar paso a las áreas urbanas (U) y vegetación de zonas húmedas (VZH).

De las imágenes podemos considerar que la línea de conducción se encuentra ubicada al 100% entre las áreas urbanas y las zonas de agricultura considerando un estado desfavorable debido a la presencia de factores antrópicos externos que puedan afectar a dicha estructura hidráulica. Cabe recalcar que de la visita realizada a campo se pudo identificar puntos de sustracción de agua de parte de los pobladores para sus diversas actividades diarias, ya sea para consumo y uso diario como para finalidades de riego.

La toma de dicho elemento se da por medio de mangueras, tubos o simplemente ocasionando un daño directo a la estructura de concreto, creando pequeñas cajas con caños de donde se pueda sustraer el agua en cualquier momento.

De la visita a campo se pudo identificar algunos puntos críticos como es el caso de humedad en las paredes de las viviendas cercanas a la línea de conducción con coordenadas E:

358758.00 Y N: 8902653.00, resaltando que dicha familia sustrae el agua para dar de beber a sus animales, para ello se creó un agujero a una de las paredes del canal ocasionando fugas del flujo y en consecuencia humedad que puede llegar a extenderse hasta las viviendas contiguas, este punto se encuentra en zonas planas.

Los siguientes puntos se encuentran en el tercer tramo de la línea de conducción, es decir en el tramo de laderas con pendientes de superiores a los 60°, donde los pobladores de las zonas bajas sustraen agua del canal o línea de conducción con tuberías de hasta 4" ocasionando fugas de agua a lo largo de la ladera de más de 20 metros de altura, ignorando el grado de peligrosidad debido a la infiltración y erosión que se pueda estar ocasionando. Este método usado por los pobladores se da forma continua en especial en esta zona hasta llegar al tramo final de la línea de conducción por lo cual no es un problema de pocos puntos identificados, sino, de un tramo completo de los cuales se debe procurar tomar las medidas correspondientes para evitar daños y pérdidas aún más grandes.

Debido a que nuestra zona no cuenta con movimientos sísmicos constantes y menos de grandes magnitudes no es un factor desencadenante para un deslizamiento, tampoco se cuenta con antecedentes de alarmante preocupación, aquello más peligroso hoy es el deterioro de nuestras estructuras existentes como ya se pudo apreciar en el punto crítico mencionado para pendientes y suelos donde la erosión por cortes está provocando a corto tiempo deslizamiento y derrumbes amenazando la integridad de la estructura hidráulica y la paralización del servicio de agua potable para los distritos beneficiarios.

4.1.1.4. PONDERACIÓN DEL FACTOR DESENCADENANTE: EROSIÓN ANTRÓPICA

La erosión viene a ser el fenómeno por el cual algunas zonas o superficies vienen afectadas en su integridad por fuerzas externas, así podemos encontrar algunos procesos que se dan por la fuerza del agua, el viento, u otros. Cuando el proceso de erosión se da, puede tardar años o cortos plazos de tiempos, muchas veces no importa la fuerza usada sino la constancia de dicha fuerza, como por ejemplo la erosión de una gota sobre una roca obteniendo resultados a largo plazo, o también la fuerza del flujo de agua que ejerce un río en un tramo meándrico de su ribera, determinando muchas veces los cauces variables.

El viento también juega un papel muy importante sobre la superficie de área como por ejemplo los desiertos y por último otro claro ejemplo se denotan en las lluvias las cuales erosionan laderas de forma laminar ayudando así al proceso de infiltración del agua pluvial.

Este estudio pretende identificar el término “erosión” también para la degradación de superficies por parte del ser humano. Es por ello que en base a información recopilada en campo se pudo determinar en los tramos mencionados los puntos más críticos por erosión antrópica, es decir, erosión por construcciones cercanas a la línea de conducción y por sustracción de del agua de forma irregular del canal de concreto, dañando la estructura existente y ocasionando infiltración en su entorno.

Esto ha ocasionado en los especialistas de la institución de Seda Huánuco S.A. gran preocupación debido a la posible afectación no solo por la estructura hidráulica sino también por su entorno ya que la erosión de taludes minimiza al esfuerzo de corte en los materiales existentes y la infiltración del agua constante produce un aumento del volumen de las masas, pudiendo

ocasionar el desequilibrio de las laderas y cediendo a favor de la gravedad por el aumento de su peso hacia las zonas más bajas.

Entre los posibles daños más críticos es la posibilidad de caída por arrastres de la estructura hidráulica o canal a favor de la ladera, ya que en la actualidad transporta el agua cruda hacia la planta de tratamiento para abastecer de agua potable a la ciudad de Huánuco, parte del distrito de Amarilis y Pillco Marca.

Esto significaría la paralización o racionalización de dicho servicio de forma indefinida, ya que en la actualidad no se encuentra otro plan de contingencia para abastecer de agua a la población beneficiaría. Creando una problemática más y molestias por el correcto abastecimiento del agua no solo de forma domiciliaría, sino que también se vería afectadas instituciones públicas, privadas, centro educativos y sobre todo centros de salud y hospitalarios. Frente a dicho evento es necesario identificar el peligro, los elementos expuestos (la línea de conducción), la vulnerabilidad y finalmente el riesgo. Esto nos ayudaría a cuantificar daños y pérdidas si un evento así sucediese y sobre todo nos ayudaría en la toma de decisiones para evitarlas.

A continuación, se muestra el cuadro que determina los parámetros en metros cúbicos (m³) de áreas erosionadas. En primer lugar, se aprecia la erosión identificada en el punto crítico tomado como muestra, con evidencias de deslizamientos en el año 2022. Tu diario (2022) considerando este un punto de colapso debido a la intervención del hombre por erosión de laderas. Los siguientes puntos se realizaron a criterio del tesista según lo encontrado en campo:

Tabla 22*Cálculo del volumen para Erosión antrópica*

Longitud de corte (tramo)(m)	Altura del talud (m)	Profundidad de la erosión (m)	VOLUMEN DE PÉRDIDA (m ³)
20	10	3	600.00
20	8	1	160.00
8	8	1	64.00
10	8	0.10	8.00

En la tabla 23 se puede apreciar la comparación de pares para el parámetro Erosión Antrópica con sus respectivos criterios de análisis determinando la erosión más compleja por el ser humano como socavación y con cantidad de volúmenes extraídos y/o removidos superiores a los 1,500 m³, y así progresivamente para los demás criterios. El área de estudio cuenta con tramos críticos en especial con laderas de pendientes abruptas y con indicios de erosión antrópica. Por lo tanto, en base a lo encontrado en campo se determinará los valores como lo indica la tabla 22.

Tabla 23*Matriz de comparación para Erosión Antrópica*

EROSIÓN ANTRÓPICA Forma/ Volumen	SOCAVACION N > 1,500 m ³	DEGRADACION DEL TALUD > 600m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	CARCAVAS O CURSOS DE AGUA > 40 m ³	LAMINAR > 10 m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte
SOCAVACION > 1,500 m ³	1.00	3.00	5.00	6.00
DEGRADACION DEL TALUD > 600m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	0.33	1.00	3.00	5.00
CARCAVAS O CURSOS DE AGUA > 40 m ³	0.20	0.33	1.00	3.00
LAMINAR > 10 m ³ y con filtración de agua por riego o por	0.17	0.20	0.33	1.00

transporte

SUMA (Σ)	1.70	4.53	9.33	15.00
1/SUMA (Σ)	0.59	0.22	0.11	0.07

En la tabla 24 se encuentran los valores que se asignarán en el software ArcGIS para el respectivo procesamiento y zonificación de áreas por erosión antrópica a lo largo de la línea de conducción.

Tabla 24

Matriz de normalización para Erosión Antrópica

EROSIÓN ANTRÓPICA Forma/ Volumen	SOCAVACION > 1500 m3	DEGRADACION DEL TALUD > 600m3 y con filtración de agua por riego o por transporte	CARCAVAS O CURSOS DE AGUA > 40 m3	LAMINAR > 10 m3 y con filtración de agua por riego o por transporte	Vector de Priorización
SOCAVACION > 1500 m3	0.588	0.662	0.536	0.400	0.546
DEGRADACION DEL TALUD > 600m3 y con filtración de agua por riego o por transporte	0.196	0.221	0.321	0.333	0.268
CARCAVAS O CURSOS DE AGUA > 40 m3	0.118	0.074	0.107	0.200	0.125
LAMINAR > 10 m3 y con filtración de agua por riego o por transporte	0.098	0.044	0.036	0.067	0.061

Tabla 25

Vector de Priorización – Erosión antrópica

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.546	0.804	0.623	0.367	2.340	4.282	16.610	4.152
0.182	0.268	0.374	0.306	1.129	4.216		
0.109	0.089	0.125	0.183	0.507	4.066		
0.091	0.054	0.042	0.061	0.247	4.045		

Finalmente, con la tabla 25 verificamos la razón de consistencia (RC) para el parámetro Erosión antrópica como factor desencadenante.

❖ **DETERMINACIÓN DEL IC**

$$IC = (4.152 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.051$$

❖ **DETERMINACIÓN DEL RC**

$$RC = \frac{0.051}{0.882}$$

$$RC = 0.058$$

Así obtenemos para el factor desencadenante: Erosión antrópica la conformidad de la consistencia con el siguiente valor:

$$RC = 0.058 < 0.1$$

Figura 37

Mapa de erosión – Línea de Conducción- Seda Huánuco



4.1.1.5. DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD

Para determinar el nivel de susceptibilidad existente en nuestra área de estudio es necesario conocer los factores condicionantes y los factores desencadenantes.

Nuestra área de estudio cuenta con dichos parámetros los cuales nos ayudaron a definir cuáles son las áreas más susceptibles a movimientos en masas, es decir, que áreas son más propensas a sufrir algún tipo de deslizamiento en masas como: derrumbes, deslizamientos, etc.

Una vez identificadas las áreas susceptibles por deslizamientos es necesario verificar también los elementos expuestos, para nuestro caso se tiene la línea de conducción – Seda Huánuco S.A. como el elemento de análisis para el presente estudio dicha estructura viene a ser de influencia directa y como influencia indirecta se tiene a la población o beneficiario todos.

La identificación de las zonas susceptibles es el primer paso para identificar los puntos críticos, los cuales nos permitirá finalmente ser partícipes en la toma de decisiones frente a posibles eventos por deslizamientos.

En el mapa 9, además de presentar las áreas identificadas por erosión antrópica y las áreas de erosión por geodinámica externa por quebradas y por caída de rocas; también se puede apreciar por medio de las fotografías tomadas en campo el estado actual del elemento expuesto: la línea de conducción Seda Huánuco S. A.

De las imágenes podemos verificar el estado situacional del canal a la fecha, evidenciando una estructura de concreto en estado de deterioro, con rastro de algunas medidas estructurales con fines de mejora; la estructura presenta tramos sin la existencia de sus tapas de concreto en algunos casos rotos o

desplazados, tramos cubiertos por grandes volúmenes de grava y limo, evidencia de daños estructurales por parte de la población cercana, tramos donde el flujo supera la capacidad del canal, por lo tanto existe fugas de agua por desborde y fugas de agua por la sustracción de la misma con mangueras y tubos, tramos con las tapas rotas y sobre todo un canal con falta de mantenimiento y limpieza.

A lo largo del tramo se pudo evidenciar i) la erosión antrópica resaltada en el mapa de forma achurada y de color amarillo esto se puede observar a lo largo de las áreas urbanas ya sea por la construcción de viviendas, por la toma de agua de forma irregular y también por las áreas agrícolas en pendientes superior a los 60°. ii) Así mismo se puede observar la erosión por geodinámica externa como parte del proceso geológico de la zona, con presencia de quebradas activas por flujos de detritos como es la quebrada Gaganani ubicada a la altura de la captación en Canchan, la cual se tiene antecedentes, según lo menciona el Plan maestro optimizado 2014-2044 (2015) los cuales paralizaron el servicio para la población beneficiaria, por el daño a la línea de conducción, por la alta turbidez del agua y sobre todo por la limpieza y rehabilitación del tramo que pasa justo en la parte baja de dicha quebrada. Así como la quebrada Gaganani se encuentra otros puntos identificados donde se puede observar en las zonas más altas de las montañas erosión y formación de cárcavas recientes, que a mediano o corto plazo darán paso a futuros deslizamientos en grandes magnitudes, en la actualidad se cuenta con un aproximado de 3 puntos donde el canal o línea de conducción se encuentra a varios metros bajo tierra coincidiendo en las zonas de quebradas y tramos con derrumbes, en el mapa se precia dichos puntos donde se evidencia deslizamientos y huaycos afectando de forma directa a la línea de conducción. La capa clara representa a dichos fenómenos que se dan de forma

natural pero que afectan a la estructura de concreto y a las viviendas aledañas.

La figura 38 representa los niveles de susceptibilidad con respecto a los movimientos en masas presentes en la zona, ya sea por flujo de detritos, derrumbes y por deslizamientos de masas; es por ello que lo largo del tramo de la línea de conducción Seda Huánuco S. A. se puede apreciar tramos con coloración roja, anaranjada y amarilla, representando estas los niveles de susceptibilidad siendo el rojo “Muy Alto”, anaranjado “Alto”, Amarillo “Medio” y Verde “Bajo”.

El mapa nos muestra el tramo II, que inicia desde Canchan hasta el punto de repartición en Pucuchinche áreas con niveles de susceptibilidad entre “Alta” y “Muy Alta” y para el tramo III, ósea, desde la caseta de repartición hasta la planta de tratamiento: Cabritopampa, zonas con niveles “Muy Altas”, “Altas” y “Medias”; muy altas especialmente en las zonas con altas pendientes, altas en las áreas cercanas a las viviendas y con presencia de pendientes abruptas y medias en las zonas con bajas pendientes. El punto crítico identificado cuenta con su tramo con niveles entre altas y Muy Altas.

A continuación, se muestra por medio de la tabla 26 los niveles de susceptibilidad calculados con la ayuda del Excel y de los pesos obtenidos de la matriz de comparación de pares y normalización de cada uno de los parámetros considerados para el presente trabajo de investigación.

Tabla 26

Niveles de Susceptibilidad en la Línea de Conducción- Seda Huánuco S. A.

NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD				
NIVEL	RANGO			
Muy Alto	0.268	≤	P	≤ 0.531
Alto	0.133	≤	P	< 0.268
Medio	0.068	≤	P	< 0.133
Bajo	0.000	≤	P	< 0.068

La fórmula a continuación nos ayudará en el cálculo ya sea de la susceptibilidad, el peligro, la vulnerabilidad y finalmente para el riesgo. Si cada uno de los ya mencionados cuenta con un número de parámetros, estos se suman entre sí, para obtener el valor final del proceso deseado.

$$\text{Valor} = \sum_{i=1}^n \text{Parametro } x \text{ descriptor}$$

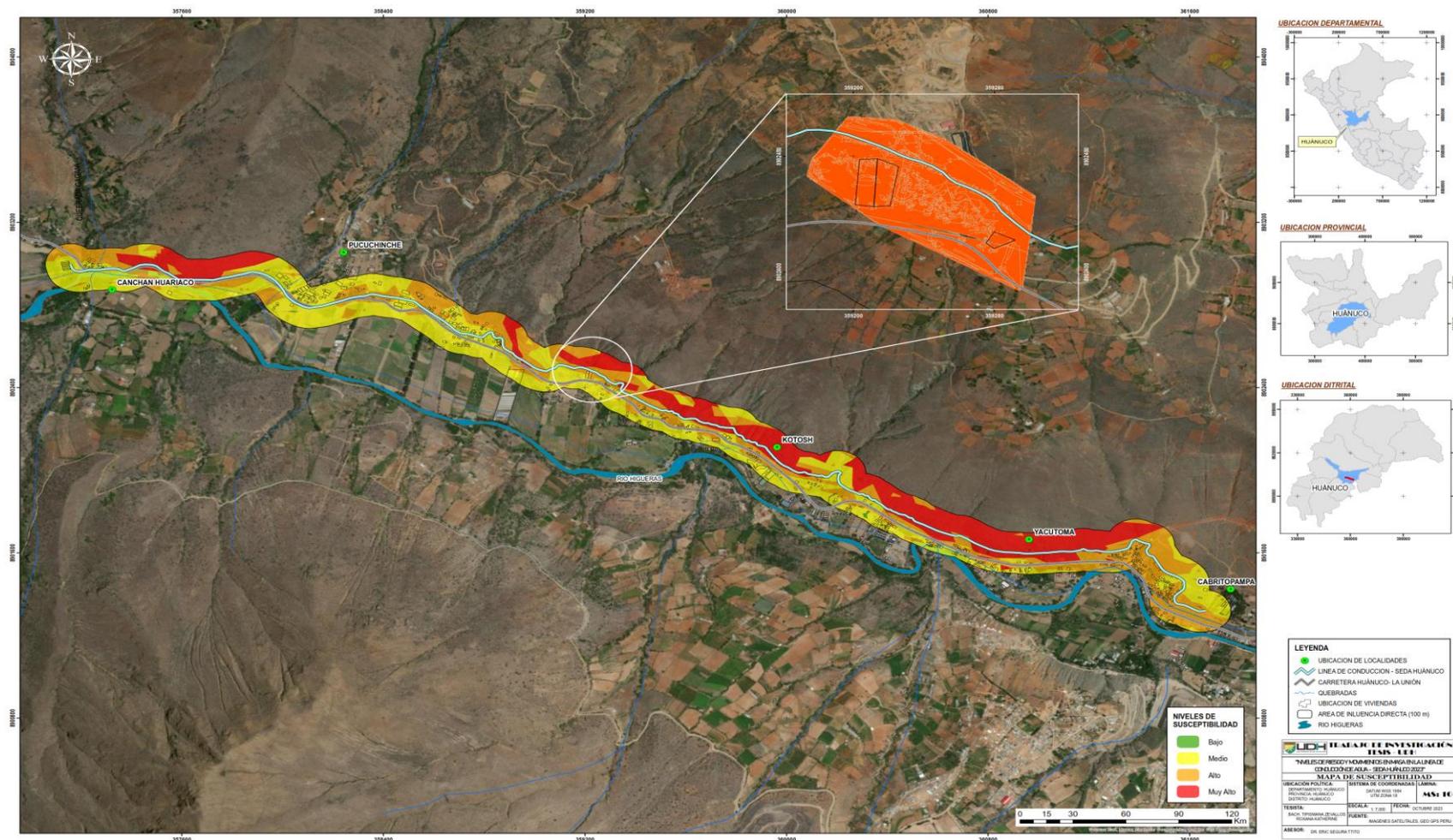
Figura 38

Mapa de elemento expuesto – Línea de conducción Seda Huánuco S. A.



Figura 39

Mapa de Susceptibilidad – Línea de conducción Seda Huánuco S. A.



4.1.1.6. CÁLCULO FINAL DEL PELIGRO

Para determinar el peligro se hizo uso de la susceptibilidad analizada en el ítem anterior, y realizar el cálculo para el parámetro de evaluación o fenómeno, siendo este último el parámetro que ayudará a definir por medio del software ArcGIS los niveles de peligro existentes bajo la misma metodología de análisis, es decir, determinando los rangos o niveles del peligro identificados a lo largo de la línea de conducción Seda Huánuco S. A.

Tabla 27

Cuadro descriptivo para el fenómeno

DESCRIPTORES	CARACTERÍSTICAS DEL DESCRIPTOR
SEVERAMENTE DESTRUCTIVO Costos/Daños a la estructura	Estudios Costosos, proyectos costosos/Estructura totalmente destruida con daños irreversibles, cambiar de ubicación y estructura nueva.
MUY DESTRUCTIVO Costos/Daños a la estructura	Estudios Costosos, proyectos costosos/Estructura destruida con daños que requiere reconstrucción.
MEDIANAMENTE DESTRUCTIVO Costos/Daños a la estructura	Estudios accesibles, proyectos accesibles/Estructura con posibilidad de reconstrucción o reparación de los daños.
DESTRUCTIVO Costos/Daños a la estructura	Estudios accesibles, proyectos accesibles/Estructura apta solo para reparar los daños.

La tabla 27 describe los criterios para el parámetro de evaluación o fenómeno: Potencial destructivo.

Estos intentan definir los cuatro criterios para la capacidad destructiva con respecto a la erosión antrópica a lo largo de la línea de conducción, para ello los criterios mencionados muestran cuatro posibles eventos desde el más complejo hasta lo más accesible.

Para nuestro caso y de forma conservadora se toma el criterio basado en lo que se ha podido identificar en campo; todo esto, considerando que el tramo se encuentra en las condiciones ya mencionadas por los parámetros de Suelos, Pendientes y

Cobertura Vegetal. Agregando a eso el factor desencadenante como la Erosión Antrópica. Se tomarán los valores MUY DESTRUCTIVO y SEVERAMENTE DESTRUCTIVO, dado que el factor desencadenante se da forma constante y creciente.

Tabla 28

Matriz de comparación para el fenómeno Potencial destructivo

POTENCIAL DESTRUCTIVO	SEVERAMENTE DESTRUCTIVO	MUY DESTRUCTIVO	MEDIANAMENTE DESTRUCTIVO	DESTRUCTIVO
SEVERAMENTE DESTRUCTIVO	1.00	2.00	5.00	7.00
MUY DESTRUCTIVO	0.50	1.00	2.00	5.00
MEDIANAMENTE DESTRUCTIVO	0.20	0.50	1.00	2.00
DESTRUCTIVO	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA (Σ)	1.84	3.70	8.50	15.00
1/SUMA (Σ)	0.54	0.27	0.12	0.07

Para las tablas 28 y 29 respectivamente se tiene la comparación de pares y la normalización de la matriz, para lo cual se consideró el evento más complejo: SEVERAMENTE DESTRUCTIVO, con el valor máximo de 0.535 y el criterio de menos complejidad con la denominación: DESTRUCTIVO con el valor mínimo de 0.064, reconociendo que en este último, aún mantiene la posibilidad que dicho evento (deslizamientos) se dé, ocasionando daños leves o severos pero con medios más accesibles para cualquier medida de prevención o recuperación de la estructura hidráulica.

Para el análisis se tendrá en cuenta el evento más crítico considerando que este sería lo más complejo de afrontar, conllevando a afrontar más tiempos, más recursos y sobre todo más resiliencia de parte de la población.

Tabla 29*Matriz de normalización para el fenómeno potencial destructivo*

VOLUMEN DE EROSION	SEVERAMENTE DESTRUCTIVO	MUY DESTRUCTIVO	MEDIANAMENTE DESTRUCTIVO	DESTRUCTIVO	Vector de Priorización
SEVERAMENTE DESTRUCTIVO	0.543	0.541	0.588	0.467	0.535
MUY DESTRUCTIVO	0.271	0.270	0.235	0.333	0.278
MEDIANAMENTE DESTRUCTIVO	0.109	0.135	0.118	0.133	0.124
DESTRUCTIVO	0.078	0.054	0.059	0.067	0.064

Tabla 30*Vector de Priorización – Potencial destructivo*

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.535	0.555	0.618	0.450	2.158	4.037	16.089	4.022
0.267	0.278	0.247	0.321	1.113	4.012		
0.107	0.139	0.124	0.129	0.498	4.026		
0.076	0.056	0.062	0.064	0.258	4.014		

La tabla 30 nos muestra el promedio de la matriz de normalización con fines de poder verificar el valor de la razón de consistencia y si esta cumple según los parámetros establecidos. Así verificamos lo siguiente:

❖ **DETERMINACIÓN DEL IC:**

$$IC = (4.022 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.007$$

❖ **DETERMINACIÓN DEL RC:**

$$RC = \frac{0.007}{0.882}$$

$$RC = 0.008$$

Así obtenemos para el parámetro de evaluación la conformidad de la consistencia con el siguiente valor:

$$RC = 0.008 < 0.1$$

La tabla 31 refleja los cálculos aritméticos de suma y multiplicación de los valores obtenidos para cada uno de los parámetros trabajados, de los cuales se tienen los factores condicionantes y desencadenantes, para la determinación de la Susceptibilidad y finalmente con la tabla 32 podemos identificar el parámetro de evaluación (fenómeno), los cuales con la misma metodología entre los valores de la susceptibilidad y el fenómeno se obtendrá los niveles de peligro por movimientos en masa a lo largo de nuestro tramo de estudio.

Tabla 31

Cálculo de la Susceptibilidad para la línea de conducción Seda Huánuco o S. A.

FACTORES CONDICIONANTES					FAC. DESENCADENATE		
SUELOS	PENDIENTE	COBERTURA VEGETAL	VALOR DE FACTOR CONDICIONANTE	PESO DE FACTOR CONDICIONANTE	EROSION ANTROPICA Forma/ Volumen	VALOR DE FACTOR DESENCADENANTE	PESO DE FACTOR DESENCADENANTE
0.669	0.243	0.088			1.00		
0.482	0.576	0.520	0.509		0.546	0.546	
0.272	0.256	0.268	0.268	0.400	0.268	0.268	0.600
0.158	0.117	0.141	0.146		0.125	0.125	
0.088	0.051	0.071	0.078		0.061	0.061	

Tabla 32

Cálculo del Peligro para la línea de conducción Seda Huánuco S. A.

SUSCEPTIBILIDAD		FENOMENO		PELIGRO
VALOR DE LA SUSCEPTIBILIDAD	PESO DE LA SUSCEPTIBILIDAD	POTENCIAL DESTRUCTIVO	PESO DEL FENOMENO	VALOR DEL PELIGRO
0.531		0.535		0.532
0.268	0.700	0.278	0.300	0.271
0.133		0.124		0.130
0.068		0.064		0.067

Figura 40

Mapa de Peligro para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.

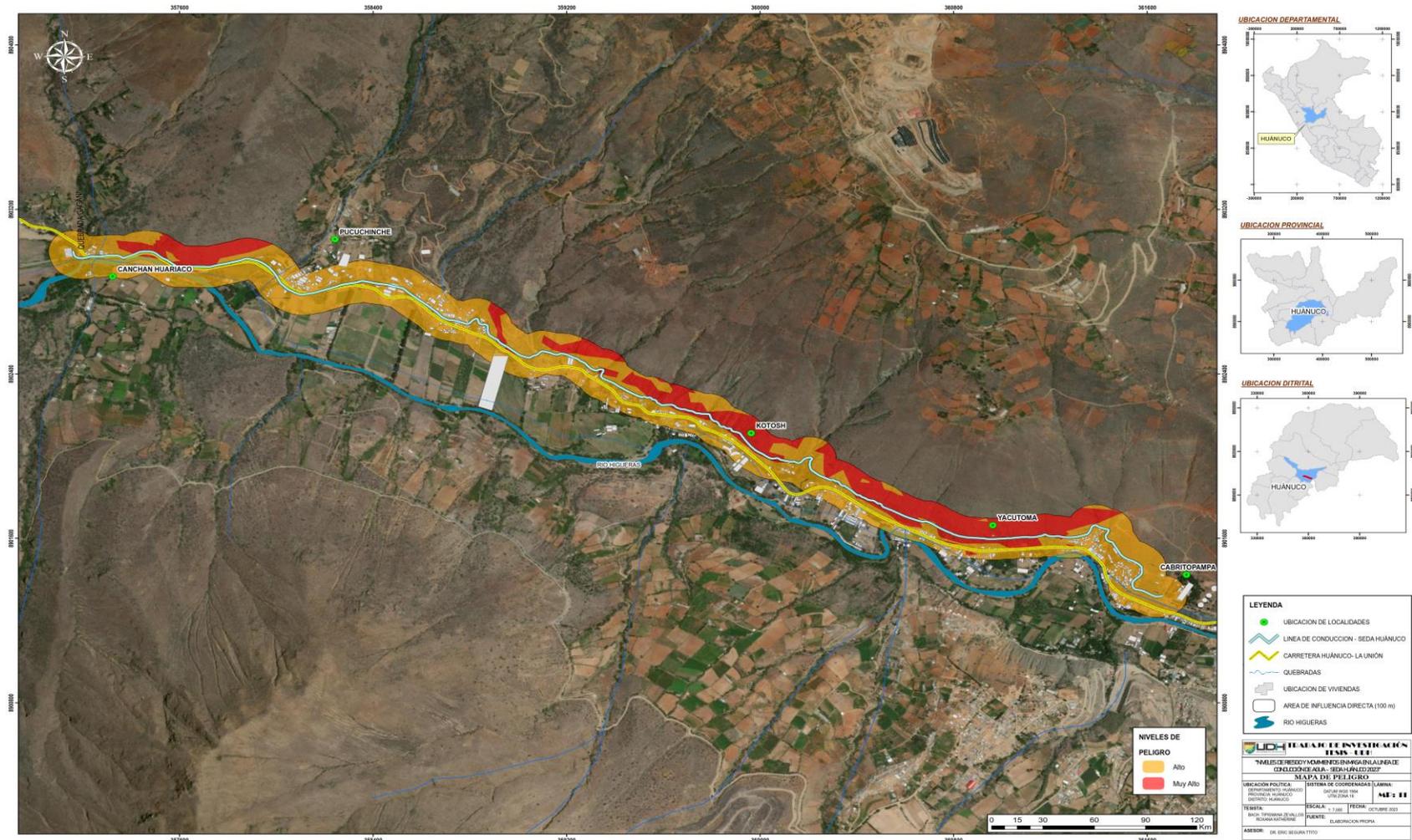


Tabla 33

Matriz de niveles de Peligro para la línea de conducción Seda Huánuco S. A.

NIVELES DE PELIGRO					
NIVEL	RANGO				
Muy Alto	0.271	≤	P	≤	0.532
Alto	0.130	≤	P	<	0.271
Medio	0.067	≤	P	<	0.130
Bajo	0.000	≤	P	<	0.067

De la tabla 33 podemos verificar los niveles de peligros obtenidos por medio de los cálculos realizados con la comparación de pares de los parámetros trabajados, además, que estos nos permitieron interpretar el mapa 11, donde se aprecia una franja de coloración anaranjada y roja a lo largo de la línea de conducción ubicada al margen izquierdo del río Higuerras. Dicha franja consta de un ancho de 200 metros como área de influencia directa con respecto a la estructura hidráulica en forma de canal; es decir, 100 metros hacia la derecha y 100 metros hacia la izquierda a partir del eje de la línea de conducción.

La coloración roja identificada en el área de influencia directa corresponde a un nivel “Muy Alta” especialmente en la parte superior a la línea de conducción y con una coloración anaranjada que corresponde a un nivel “Alto”; los niveles identificados corresponden a la zona directamente involucrada con la ubicación de la línea de la conducción Seda Huánuco S. A.; es decir el área con el cual la estructura hidráulica viene afectada de forma directa por los parámetros identificados en los capítulos correspondientes.

DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad es el análisis a los elementos expuestos con respecto al peligro existente; la línea de conducción viene a ser nuestro principal elemento expuesto y si esta viene afectada de forma parcial o total, de forma inmediata viene afectada también gran parte de la población beneficiaria de Huánuco.

Para ello se consideró dos principales parámetros o dimensiones de análisis que son los mostrados en la figura 14 en el presente trabajo de investigación: FÍSICA Y SOCIAL; donde el parámetro FÍSICA representa directamente la exposición y afectación de la estructura hidráulica con respecto a los factores condicionantes, desencadenantes y por el parámetro de evaluación, así mismo se tiene el aspecto SOCIAL.

Para determinar a dichos parámetros se tendrá además los criterios de exposición, fragilidad y resiliencia, los cuales no permitirá un análisis mucho más específico para el elemento expuesto analizado, así se especifica a continuación:

Tabla 34

Matriz de comparación para Exposición, Fragilidad y Resiliencia

	EXPOSICION	FRAGILIDAD	RESILIENCIA
EXPOSICION	1.00	3.00	6.00
FRAGILIDAD	0.33	1.00	3.00
RESILIENCIA	0.17	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.50	4.33	10.00
1/SUMA (Σ)	0.67	0.23	0.10

En la tabla 34 se aprecia la comparación de pares de los criterios Exposición Fragilidad y Resiliencia, considerando para la presente investigación la Exposición como el criterio con mayor valor debido a la cercanía existente de la población a la estructura hidráulica, seguido de la fragilidad con respecto al estado estructural en la que se encuentra la línea de conducción y finalmente y no menos importante se tiene la resiliencia como respuesta de parte de la población ante el cuidado y la conservación de la línea de conducción existente como un bien común.

Tabla 35*Matriz de normalización para Exposición, Fragilidad y Resiliencia*

	EXPOSICION	FRAGILIDAD	RESILIENCIA	Vector de Priorización
EXPOSICION	0.667	0.692	0.600	0.653
FRAGILIDAD	0.222	0.231	0.300	0.251
RESILIENCIA	0.111	0.077	0.100	0.096

La tabla 35 nos muestra la determinación de los pesos para cada uno de los criterios, los cuales serán ingresados al software ArcGIS para la zonificación de las zonas vulnerables para la línea de conducción.

Tabla 36*Vector de Priorización – Exposición, Fragilidad y Resiliencia*

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES			SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.653	0.753	0.576	1.982	3.035		
0.218	0.251	0.288	0.757	3.015	9.055	3.018
0.109	0.084	0.096	0.289	3.005		

Finalmente, en la tabla 36 se puede identificar el promedio de los cálculos realizados para la determinación del índice de consistencia para una matriz de doble entrada de orden 3:

❖ DETERMINACIÓN DEL IC

$$IC = (3.018 - 3)/(3 - 1)$$

$$IC = 0.009$$

❖ DETERMINACIÓN DEL RC

$$RC = \frac{0.009}{0.525}$$

$$RC = 0.017$$

Así obtenemos para la comparación de pares definidos un valor de consistencia dentro de lo establecido:

$$RC = 0.017 < 0.1$$

A continuación, se realizará el análisis con cada uno de las dimensiones mencionadas:

4.1.1.7. DIMENSIÓN FÍSICA

a) EXPOSICIÓN FÍSICA

Con respecto a la exposición física se analiza el parámetro: Cercanía de la línea de conducción a las áreas afectadas por erosión antrópica y/o geodinámica externa; nuestro análisis de Vulnerabilidad está principalmente dado a la línea de conducción, como estructura hidráulica existente en inminente peligro de colapso ante un posible evento de deslizamiento debido a la presencia de “erosión antrópica”, esto como consecuencia de un desordenado asentamiento de viviendas y áreas urbanas cercanas a la línea de conducción o sumado a ello también la geodinámica externa.

Las viviendas encontradas en el área de estudio tienen una distancia mínima, en algunos puntos estratégicos, de hasta 1.5 metros, vista desde planta e incluso algunas, como ya se mencionó con anterioridad, se encuentra en la parte baja del talud que sostiene dicha estructura provocando en la actualidad deslizamiento de masas como señal de que el talud está siendo degradado o erosionado y que por lo tanto va perdiendo su capacidad de resistencia al corte.

Tabla 37

Matriz de comparación de pares para la Exposición física

EXPOSICION FISICA	0m - 10m	10m - 30m	30m - 50m	50m - 100m
0m - 10m	1.00	3.00	7.00	8.00
10m - 30m	0.33	1.00	3.00	7.00
30m - 50m	0.14	0.33	1.00	3.00
50m - 100m	0.13	0.14	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.60	4.48	11.33	19.00
1/SUMA (Σ)	0.62	0.22	0.09	0.05

La tabla 37 muestra la comparación de pares para las distancias consideradas para el presente trabajo de investigación. Así pues, se tiene distancias de 0 m- 10 m como las más críticas (las más cercanas), dado que, de la visita a campo se pudo constatar que las viviendas ubicadas en distancias mínimas sustraen el agua de forma irregular para sus diversas actividades ya sea para riego, consumo propio, para el consumo de animales, etc. En el caso de la existencia de zonas agrícolas en la parte baja de los taludes, como es el caso del tramo III de la línea de conducción, los propietarios realizan maniobras para poder obtener el agua con mangueras y tubos de hasta 4", ocasionando muchas veces infiltración por el agua que sale de forma constante y dañando la estructura hidráulica aún en funcionamiento.

Tabla 38

Matriz de normalización para la Exposición física

EXPOSICION FISICA	0m - 10m	10m - 30m	30m - 50m	50m - 100m	Vector de Priorización
0m - 10m	0.625	0.670	0.618	0.421	0.583
10m - 30m	0.208	0.223	0.265	0.368	0.266
30m - 50m	0.089	0.074	0.088	0.158	0.102
50m - 100m	0.078	0.032	0.029	0.053	0.048

En las tablas 38 y 39 respectivamente se tiene el cálculo respectivo para obtener los pesos para la dimensión Física (Exposición), los cuales se utilizaron para el desarrollo de la zonificación respectiva de la vulnerabilidad existente en la zona de estudio por medio del software ArcGIS. Y finalmente se tiene el promedio que nos permitió verificar el índice de consistencia.

Tabla 39

Vector de Priorización – Exposición física

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.583	0.799	0.717	0.384	2.483	4.257	16.512	4.128
0.194	0.266	0.307	0.336	1.104	4.148		
0.083	0.089	0.102	0.144	0.419	4.085		
0.073	0.038	0.034	0.048	0.193	4.022		

Del análisis realizado se obtiene finalmente la conformidad del índice de consistencia.

❖ DETERMINACIÓN DEL IC

$$IC = (4.128 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.043$$

❖ DETERMINACIÓN DEL RC

$$RC = \frac{0.043}{0.882}$$

$$RC = 0.048$$

Así obtenemos para la comparación de pares definidos un valor de consistencia dentro de lo establecido:

$$RC = 0.048 < 0.1$$

b) FRAGILIDAD FÍSICA

La fragilidad Física viene referida a la: **Configuración estructural de la línea de conducción / antigüedad**, como se muestra en la tabla 40. La línea de conducción Seda Huánuco S. A. cuenta con un estado estructural poco estable, con ciertas patologías estructurales, sometido a ciertas exigencias de resistencia a la sobre cargas en tramos ubicados en la carretera, tramos cubiertos por material propio de la zona (derrumbes), ya sea rocas o terreno hasta en 4 metros de profundidad, con ciertas variaciones físicas (en paredes) debido al aumento del flujo hídrico en épocas de lluvias y con tramos expuestos debido a la ausencia de las tapas que cubren el agua en crudo además de contar con una antigüedad superior a los 50 años.

Tabla 40*Cuadro descriptivo para la Fragilidad Física*

PARAMETRO DESCRIPTORES	CONFIGURACION ESTRUCTURAL DE LA LINEA DE CONDUCCIÓN / ANTIGÜEDAD
A	Estructura hidráulica de concreto con graves daños estructurales / con más de 100 años de antigüedad
B	Estructura hidráulica de concreto con leves y visibles daños estructurales/ entre 50 a 100 años de antigüedad
C	Estructura hidráulica de concreto en condiciones estables/ entre 15 a 50 años de antigüedad
D	Estructura hidráulica de concreto en óptimas condiciones/ Con menos de 15 años de antigüedad

De la tabla 41 se puede apreciar la comparación de pares de los parámetros ya mencionados para los cual se tendrá en cuenta el inciso “B” para los tramos con dicho fenómeno de Erosión antrópica en especial para el tramo III y el inciso “C” para los tramos donde dicha afectación se da en menor intensidad como es el caso de zonas del tramo II, de donde, de la visita de campo se pudo constatar los tramos entre los rangos de daños severos hasta daños mínimos.

Tabla 41*Matriz de comparación de pares para la Fragilidad Física*

FRAGILIDAD FÍSICA	A	B	C	D
A	1.00	2.00	4.00	7.00
B	0.50	1.00	2.00	4.00
C	0.25	0.50	1.00	2.00
D	0.14	0.25	0.50	1.00
SUMA (Σ)	1.89	3.75	7.50	14.00
1/SUMA (Σ)	0.53	0.27	0.13	0.07

La tabla 42 nos muestra los valores obtenidos para la zonificación de las zonas más vulnerables por medio del ArcGIS para lo cual se tuvo mayor consideración en los incisos B y C, considerándose los tramos más críticos y con una necesaria toma de decisiones.

Tabla 42*Matriz de normalización para la Fragilidad Física*

FRAGILIDAD FÍSICA	A	B	C	D	Vector de Priorización
A	0.528	0.533	0.533	0.500	0.524
B	0.264	0.267	0.267	0.286	0.271
C	0.132	0.133	0.133	0.143	0.135
D	0.075	0.067	0.067	0.071	0.070

De la tabla 43 obtuvimos la determinación del valor promedio del análisis de la matriz Fragilidad Física para la verificación respectiva del índice de consistencia.

Tabla 43*Vector de Priorización – Fragilidad Física*

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.524	0.542	0.542	0.490	2.097	4.005	16.009	4.002
0.262	0.271	0.271	0.280	1.084	4.002		
0.131	0.135	0.135	0.140	0.542	4.002		
0.075	0.068	0.068	0.070	0.280	4.001		

Y finalmente obtuvimos lo valores de:

❖ DETERMINACIÓN DEL IC

$$IC = (4.002 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.001$$

❖ DETERMINACIÓN DEL RC

$$RC = \frac{0.001}{0.882}$$

$$RC = 0.001$$

Así obtenemos para la comparación de pares definidos un valor de consistencia dentro de lo establecido:

$$RC = 0.001 < 0.1$$

c) RESILIENCIA FÍSICA

La resiliencia física va referir principalmente a la capacidad física ya sea de la estructura pero sobre todo a la capacidad de respuesta de parte de la población y de la empresa a cargo, en este caso Sed Huánuco S.A., para mantener a buen recaudo dicho servicio, empezando por la conservación de la estructura existente y del reconocimiento de la gravedad si un evento por deslizamiento sucediese, ya sea por un fenómeno natural o a consecuencia de las constantes afectaciones ajenas a un proceso de geodinámica externa.

Así tenemos la tabla 44 donde podemos encontrar la definición de los descriptores analizados, información que se pudo constatar en campo y de la información brindada por la propia empresa en su página oficial para el servicio del consumidor en la web, donde se menciona sobre la constante labor que realiza la empresa Seda Huánuco S.A. para brindar un óptimo servicio por medio de actividades e iniciativas que favorezcan a la población.

Tabla 44

Cuadro descriptivo para la Resiliencia Física

PARAMETRO DESCRIPTORES	CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN POR PARTE DE LA POBLACIÓN/ CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN POR PARTE DE LA EMPRESA SEDA HUÁNUCO S. A.
A	La población no tiene en cuenta de la gravedad a la afectación directa de la estructura de concreto- línea de conducción. / La empresa Seda Huánuco no cuenta con un presupuesto adecuado para realizar mantenimiento periódico a la estructura hidráulica existente ni cuenta con medidas de protección a la misma.
B	La población no tiene en cuenta de la gravedad a la afectación directa de la estructura de concreto- línea de conducción. / La empresa Seda Huánuco cuenta con un presupuesto mínimo para realizar mantenimientos eventuales a la estructura hidráulica.
C	La población conoce de la gravedad a la afectación directa de la estructura de concreto- línea de conducción y hace uso de la línea solo en situaciones extremas / La empresa Seda Huánuco cuenta con presupuesto para realizar mantenimientos eventuales a la estructura hidráulica.

D	La población conoce de la gravedad a la afectación directa de la estructura de concreto- línea de conducción y evita dañar dicha estructura / La empresa Seda Huánuco cuenta con óptimo presupuesto para realizar mantenimiento periódico a la estructura hidráulica.
---	---

De la visita a campo se pudo constatar que existen tramos en una situación realmente preocupante por razones de exposición directa a cierto grado de erosión antrópica, evidenciando a lo largo de la línea de conducción daños irreversibles en contra de la estructura existente. Es decir, se pudo verificar que donde existe población o viviendas cercanas, existe daños por la sustracción del agua cruda a beneficio de los habitantes colindantes, verificando así muy poca capacidad de conservación por parte de los pobladores.

En la tabla 45 se aprecia la comparación de pares de los incisos analizados, para lo cual se consideró en los tramos correspondientes el inciso B y C y sus respectivos valores correspondientes visualizados en la tabla 46.

Tabla 45

Matriz de comparación de pares para la Resiliencia Física

RESILIENCIA FÍSICA	A	B	C	D
A	1.00	2.00	3.00	5.00
B	0.50	1.00	2.00	3.00
C	0.33	0.50	1.00	2.00
D	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA (Σ)	2.03	3.83	6.50	11.00
1/SUMA (Σ)	0.49	0.26	0.15	0.09

Tabla 46

Matriz de normalización para la Resiliencia Física

RESILIENCIA FÍSICA	A	B	C	D	Vector de Priorización
A	0.492	0.522	0.462	0.455	0.482
B	0.246	0.261	0.308	0.273	0.272
C	0.164	0.130	0.154	0.182	0.158
D	0.098	0.087	0.077	0.091	0.088

De la Tabla 47 se puede apreciar el proceso previo para determinar el nivel de consistencia.

Tabla 47*Vector de Priorización – Resiliencia Física*

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.482	0.544	0.473	0.441	1.940	4.021	16.058	4.015
0.241	0.272	0.315	0.265	1.093	4.021		
0.161	0.136	0.158	0.177	0.631	4.005		
0.096	0.091	0.079	0.088	0.354	4.011		

❖ **DETERMINACIÓN DEL IC**

$$IC = (4.015 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.005$$

❖ **DETERMINACIÓN DEL RC**

$$RC = \frac{0.005}{0.882}$$

$$RC = 0.006$$

Así obtenemos para la comparación de pares definidos un valor de consistencia dentro de lo establecido:

$$RC = 0.006 < 0.1$$

4.1.1.8. DIMENSIÓN SOCIAL**a) EXPOSICIÓN SOCIAL**

En cuanto a la exposición social se tiene en consideración la respuesta por la **interrupción del servicio de agua potable ante un posible evento**, hecho que podría darse en un período de días o tal vez en forma indefinida, ante ello la población beneficiaria se vería afectada de forma total o parcial por la falta del agua potable, a ello se sumarían las diversas instituciones públicas y privadas como hospitales, centros de salud colegios, etc. Ante ello en fechas pasadas la empresa Seda Huánuco S.A. no ha podido atender satisfactoriamente ante sucesos de contaminación del río Higuera, tomando un tiempo de hasta 4

días aproximados por sectores, abriendo el sistema solo para los servicios básicos de alcantarillado o lavado, pero no para el consumo humano, afectando a casi “120 mil habitantes entre los distritos de Huánuco amarillos y Pillco Marca” como lo menciona RPP (2021). Así se tiene eventos en los años 2020 y 2023.

Tabla 48

Cuadro descriptivo para la Resiliencia Física

PARAMETRO	INTERRUPCIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE ANTE UN POSIBLE EVENTO
DESCRIPTORES	
A	Interrupción del servicio de agua potable por tiempo indefinido.
B	Interrupción del agua potable por más de 20 días
C	Interrupción del agua potable por más de 10 días.
D	Interrupción del agua potable por más de 3 días.

Hasta la actualidad se ha podido verificar muy poca rapidez por parte de la empresa Seda Huánuco S. A. que no cuenta en la actualidad con un plan de contingencia más que con camiones cisternas para abastecer a la población por sectores, reduciendo el consumo de dicho elemento por horas.

En la tabla 49 se encuentra la comparación de pares para los incisos analizados, teniendo en cuenta que se tomó el inciso D para nuestra área de estudio.

Tabla 49

Matriz de comparación de pares para la Exposición Social

EXPOSICIÓN SOCIAL	A	B	C	D
A	1.00	3.00	5.00	7.00
B	0.33	1.00	3.00	5.00
C	0.20	0.33	1.00	3.00
D	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.68	4.53	9.33	16.00
1/SUMA (Σ)	0.60	0.22	0.11	0.06

De las tablas 50 y 51 se puede apreciar los valores que se hicieron uso para el cálculo de la vulnerabilidad en el software ArcGIS y para la determinación del valor del índice de consistencia, valor indispensable para poder verificar que las

matrices trabajadas se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Así podemos verificar la tabla 51 con el promedio de las matrices trabajadas.

Tabla 50

Matriz de normalización para la Exposición Social

EXPOSICIÓN SOCIAL	A	B	C	D	Vector de Priorización
A	0.597	0.662	0.536	0.438	0.558
B	0.199	0.221	0.321	0.313	0.263
C	0.119	0.074	0.107	0.188	0.122
D	0.085	0.044	0.036	0.063	0.057

Tabla 51

Vector de Priorización – Exposición Social

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λmax	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.558	0.790	0.609	0.398	2.356	4.222	16.474	4.118
0.186	0.263	0.366	0.284	1.099	4.175		
0.112	0.088	0.122	0.171	0.492	4.036		
0.080	0.053	0.041	0.057	0.230	4.041		

❖ **DETERMINACIÓN DEL IC**

$$IC = (4.118 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.039$$

❖ **DETERMINACIÓN DEL RC**

$$RC = \frac{0.039}{0.882}$$

$$RC = 0.045$$

Así obtenemos para la comparación de pares definidos un valor de consistencia dentro de lo establecido:

$$RC = 0.006 < 0.1$$

a) FRAGILIDAD SOCIAL

La fragilidad social viene referida a cuánto podría afectar la falta o corte servicio a causa de un posible daño a la línea de conducción por deslizamientos y daños estructurales de la misma, la cual requiera reparación en el caso más extremo, teniendo en cuenta que la empresa Seda Huánuco S. A. cuenta además con otra línea de conducción de material del tipo tubería en la parte baja, es decir a lo largo del margen izquierdo del río Higuera. Este también abastece de agua cruda a la planta de tratamiento, pero vendría reducida a casi un 50% del caudal necesario para abastecer del servicio de agua potable a la ciudad de Huánuco.

De los criterios analizados se tiene que la afectación ante un posible evento a parte de la población, se daría en un 50% de la población considerándose este un estado crítico especialmente si supera días de falta del servicio de agua potable, es por ello que de la tabla 52 se tomará como referencia dicho porcentaje para un estado crítico por el desabastecimiento del agua potable.

Tabla 52

Cuadro descriptivo para la Fragilidad Social

AFECTACIÓN ANTE UN POSIBLE EVENTO A PARTE DE LA POBLACIÓN	
A	Paralización del servicio de agua potable al 100% de la población
B	Paralización del servicio de agua potable al 80% de la población
C	Paralización del servicio de agua potable al 50% de la población
D	Paralización del servicio de agua potable al 10% de la población

Tabla 53

Matriz de comparación de pares para la Fragilidad Social

FRAGILIDAD SOCIAL	A	B	C	D
A	1.00	2.00	4.00	6.00
B	0.50	1.00	2.00	4.00
C	0.25	0.50	1.00	2.00
D	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA (Σ)	1.92	3.75	7.50	13.00
1/SUMA (Σ)	0.52	0.27	0.13	0.08

De las tablas 53 y 54 se obtuvieron los resultados para trabajar en la zonificación con el valor más probable con respecto a la afectación indirecta de la población beneficiaria.

Tabla 54

Matriz de normalización de pares para la Fragilidad Social

FRAGILIDAD SOCIAL	A	B	C	D	Vector de Priorización
A	0.522	0.533	0.533	0.462	0.512
B	0.261	0.267	0.267	0.308	0.275
C	0.130	0.133	0.133	0.154	0.138
D	0.087	0.067	0.067	0.077	0.074

Finalmente, la tabla 55 nos muestra el valor promedio para la identificación del índice de consistencia.

Tabla 55

Vector de Priorización – Fragilidad Social

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λmax	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.512	0.551	0.551	0.446	2.060	4.020	16.041	4.010
0.256	0.275	0.275	0.297	1.104	4.009		
0.128	0.138	0.138	0.149	0.552	4.009		
0.085	0.069	0.069	0.074	0.297	4.003		

❖ **DETERMINACIÓN DEL IC**

$$IC = (4.010 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.003$$

❖ **DETERMINACIÓN DEL RC**

$$RC = \frac{0.003}{0.882}$$

$$RC = 0.004$$

Así obtenemos para la comparación de pares definidos un valor de consistencia dentro de lo establecido:

$$RC = 0.004 < 0.1$$

b) RESILIENCIA SOCIAL

La resiliencia social está dada por la capacidad de resiliencia ante un posible evento de deslizamiento o derrumbe en la línea de conducción que pueda afectar de forma directa no solo la estructura existente, sino también, por una afectación de forma indirecta a la población que necesita del servicio de agua potable para el consumo humano de forma constante, dicha afectación ocasiona por lo general un cierto grado de molestia a toda la población debido a cortes intempestivos y sin fechas de retorno. Esto puede definirse como muestra la tabla 56 con niveles de resiliencia muy bajos para la población beneficiaria, en este caso la población Huanuqueña, debido a muchos eventos ya sucedidos ha demostrado siempre un bajo nivel de resiliencia debido a la inconformidad de los servicios prestados y por qué casi nunca se cuenta con plan de contingencia adecuado que abastezca las necesidades básicas en el menor tiempo posible.

Tabla 56

Matriz de comparación de pares para la Resiliencia Social

RESILIENCIA SOCIAL	Muy baja o no existe Resiliencia	Baja Resiliencia	Buena Resiliencia	Optima resiliencia
Muy baja o no existe Resiliencia	1.00	3.00	4.00	7.00
Baja Resiliencia	0.33	1.00	3.00	4.00
Buena Resiliencia	0.25	0.33	1.00	3.00
Optima resiliencia	0.14	0.25	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.73	4.58	8.33	15.00
1/SUMA (Σ)	0.58	0.22	0.12	0.07

Tabla 57*Matriz de normalización de pares para la Resiliencia Social*

RESILIENCIA SOCIAL	Muy baja o no existe Resiliencia	Baja Resiliencia	Buena Resiliencia	Optima resiliencia	Vector de Priorización
Muy baja o no existe Resiliencia	0.579	0.655	0.480	0.467	0.545
Baja Resiliencia	0.193	0.218	0.360	0.267	0.259
Buena Resiliencia	0.145	0.073	0.120	0.200	0.134
Optima resiliencia	0.083	0.055	0.040	0.067	0.061

Tabla 58*Vector de Priorización – Resiliencia Social*

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.545	0.778	0.538	0.427	2.288	4.197	16.486	4.121
0.182	0.259	0.403	0.244	1.088	4.194		
0.136	0.086	0.134	0.183	0.540	4.019		
0.078	0.065	0.045	0.061	0.249	4.075		

De las tablas 56 y 57 se puede apreciar los valores definitivos a partir de las matrices de comparación y normalización para la resiliencia social; de las cuales se considerará el criterio más crítico, es decir, “Muy baja Resiliencia o no existe resiliencia” para la zonificación de la vulnerabilidad y bajo dichas características sociales se dará los resultados para determinar el índice de consistencia de la tabla 58.

❖ DETERMINACIÓN DEL IC

$$IC = (4.121 - 4)/(4 - 1)$$

$$IC = 0.040$$

❖ DETERMINACIÓN DEL RC

$$RC = \frac{0.040}{0.882}$$

$$RC = 0.046$$

Así obtenemos para la comparación de pares definidos un valor de consistencia dentro de lo establecido:

$$RC = 0.046 < 0.1$$

Finalmente, una vez analizados los parámetros de la vulnerabilidad se obtiene los niveles de vulnerabilidad para la línea de conducción Seda Huánuco S. A.

Para ello se realizan los siguientes cálculos como se muestra en la tabla 59 a continuación, donde figuran los valores obtenidos como pesos, esta data se ingresa de forma sistemática al software ArcGIS para obtener a su vez se forma automática y de forma gráfica los respectivos mapas y sus niveles de vulnerabilidad.

Tabla 59

Cuadro de cálculo de la vulnerabilidad

DIMENSIÓN FÍSICA					DIMENSION SOCIAL					VALOR DE LA VULNERABILIDAD
EXPOSICIÓN FÍSICA	FRAGILIDAD FÍSICA	RESILIENCIA FÍSICA	VALOR DE LA DIMENSIÓN FÍSICA	PESO DE LA DIMENSIÓN FÍSICA	EXPOSICIÓN SOCIAL	FRAGILIDAD SOCIAL	RESILIENCIA SOCIAL	VALOR DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	
0.653	0.251	0.096			0.653	0.251	0.096			
0.583	0.524	0.482	0.559	0.600	0.558	0.512	0.545	0.545	0.400	0.553
0.266	0.271	0.272	0.268	0.600	0.263	0.275	0.259	0.266	0.400	0.267
0.102	0.135	0.158	0.116	0.600	0.122	0.138	0.134	0.127	0.400	0.120
0.048	0.070	0.088	0.057	0.600	0.057	0.074	0.061	0.062	0.400	0.059

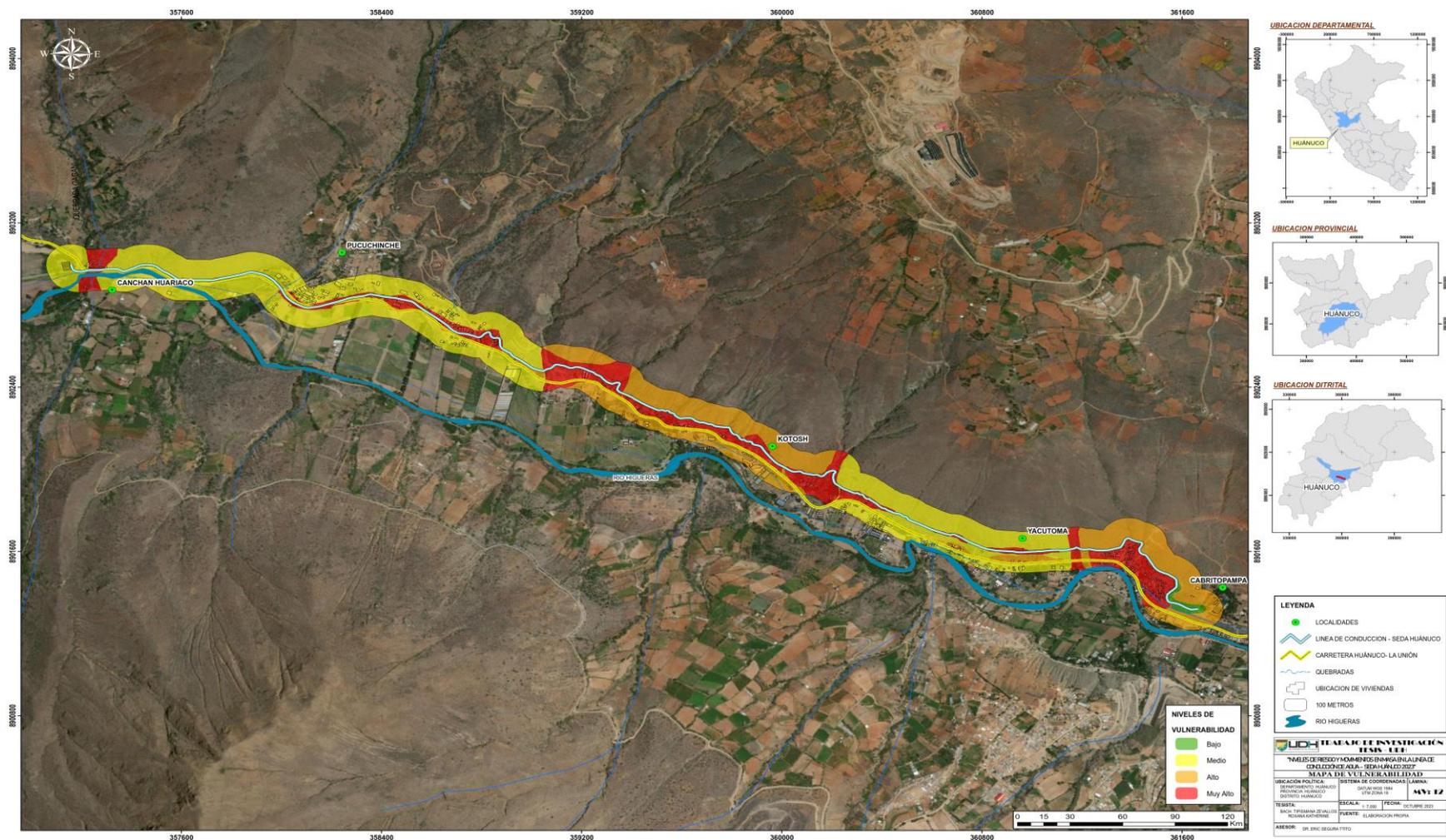
Tabla 60

Niveles de vulnerabilidad para la línea d conducción Sed Huánuco S. A.

Niveles de Vulnerabilidad			
NIVEL	RANGO		
Muy Alto	0.267	≤ V ≤	0.553
Alto	0.120	≤ V <	0.267
Medio	0.059	≤ V <	0.120
Bajo	0.000	≤ V <	0.059

Figura 41

Mapa de Vulnerabilidad para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.



Del mapa 12, se puede concluir que la vulnerabilidad efectivamente viene dada a lo largo de la ubicación de la línea de conducción siendo está el principal elemento expuesto, para ello se consideró un buffer de 100 metros hacia la parte superior e inferior de la línea d conducción, a partir de ello se verificó los tramos y se zonificó las áreas más críticas en base a los descriptores analizados para cada parámetro, obteniendo resultados de vulnerabilidad “muy alta” en el tramo inicial

4.1.2. DETERMINACIÓN DEL RIESGO

De los análisis realizados se obtuvo finalmente el mapa 13, donde se encuentra zonificado los niveles de riesgos ante deslizamientos o movimientos de masas a lo largo de la línea de conducción; así lo podemos verificar a continuación donde se aprecia en su mayoría tramos de coloración anaranjada, es decir, de un nivel de riesgo “alto” y áreas de coloración roja en menor porcentaje manifestando un nivel de peligro “Muy alto” coincidentemente en las áreas afectadas por erosión antrópica y las de nivel alto se encuentran afectadas en especial las áreas de tipología deslizamientos por geodinámica externa, es decir por la presencia de quebradas, pendientes abruptas y por el tipo de suelos muy poco favorable en algunos tramo en específico.

Tabla 61

Descripción de los niveles de Riesgos identificados

NIVELES DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES CON LOS PARÁMETROS TRABAJADOS	RANGOS
MUY ALTO	<p>Las características principales para la identificación del nivel de riesgo “Muy Alto” es por la coloración de tonalidad roja en los mapas gráficos, además de tener los siguientes parámetros del peligro (movimientos en masas) con sus respectivos valores procesados en el ArcGIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Parámetro condicionante: Tipo de suelo (S_4), de características excepcionales, es decir, con condiciones topográficas y geológicas muy desfavorables. ❖ Parámetro condicionante: De pendientes $>60^\circ$. Es decir, con pendientes en condiciones abruptas o accidentadas. ❖ Parámetro condicionante: De una cobertura vegetal del tipo “U”, es decir, sin la presencia de cobertura vegetal en el área de estudio, sino, que se cuenta con la presencia de áreas urbanas. ❖ Parámetro desencadenante: Erosión antrópica. Forma de 	$0.072 \leq R < 0.295$

	<p>degradación de los taludes de forma extrema del tipo Socavación y con nivel de movimiento de tierra de hasta 1500 m³</p> <p>Además de tener los valores de vulnerabilidad para el elemento expuesto, en este caso la "línea de conducción" de agua cruda. L= 5,600 m. aprox.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Con una Exposición Física: <i>Cercanía de la línea de conducción a las áreas afectadas por erosión antrópica y/o áreas de geodinámica externa, del tipo 0m a 10m.</i> ❖ Con una Fragilidad Física: <i>Configuración estructural y años de antigüedad de la estructura existente del tipo "A".</i> ❖ Con una Resiliencia Física: <i>Capacidad de conservación por parte de la población/ Estado de protección por parte de la empresa Seda Huánuco S. A. del tipo "A".</i> ❖ Con una Exposición Social: <i>Interrupción del suministro de agua potable al sector salud, educación y población vulnerable del tipo "A".</i> ❖ Con una Fragilidad Social: <i>Afectación ante un posible evento a parte de la población del tipo "A".</i> ❖ Con una Resiliencia Social: Actitud frente al riesgo del tipo Muy baja o no existe Resiliencia. 	
ALTO	<p>Las características principales para la identificación del nivel de riesgo "Alto" es por la coloración de tonalidad anaranjada en los mapas gráficos, además de tener los siguientes parámetros del peligro (movimientos en masas) con sus respectivos valores procesados en el ArcGIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Parámetro condicionante: Tipo de suelo (S₃ y S₂), de suelos blandos o suelos intermedios, es decir, para arenas finas o gravas arenosas con una resistencia al corte de entre 0.25kg/cm² – 0.5 kg/cm² o arenas gruesas a grava arenosa densa de 0.5 kg/cm² - 1 kg/cm² respectivamente. ❖ Parámetro condicionante: De pendientes entre los 30° y 60°. Es decir, con pendientes fuertes. ❖ Parámetro condicionante: De una cobertura vegetal del tipo "Agri", es decir, con la presencia de áreas usadas para la agricultura. ❖ Parámetro desencadenante: Erosión antrópica. Forma de degradación de los taludes y con nivel de movimiento de tierra mayor a 600 m³ <p>Además de tener los valores de vulnerabilidad para el elemento expuesto, en este caso la "línea de conducción" de agua cruda. L= 5,600 m. aprox.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Con una Exposición Física: <i>Cercanía de la línea de conducción a las áreas afectadas por erosión antrópica y/o áreas de geodinámica externa, del tipo 10m a 30m.</i> ❖ Con una Fragilidad Física: <i>Configuración estructural y años de antigüedad de la estructura existente del tipo "B".</i> ❖ Con una Resiliencia Física: <i>Capacidad de conservación por parte de la población/ Estado de protección por parte de la empresa Seda Huánuco S. A. del tipo "B".</i> ❖ Con una Exposición Social: <i>Interrupción del suministro de agua potable al sector salud, educación y población vulnerable del tipo "B".</i> ❖ Con una Fragilidad Social: <i>Afectación ante un posible evento a parte de la población del tipo "B".</i> ❖ Con una Resiliencia Social: Actitud frente al riesgo del tipo Baja. 	$0.016 \leq R$ < 0.072
MEDIO	<p>Las características principales para la identificación del nivel de riesgo "Medio" es por la coloración de tonalidad amarilla en los mapas gráficos, además de tener los siguientes parámetros del peligro (movimientos en masas) con sus respectivos valores procesados en el ArcGIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Parámetro condicionante: Tipo de suelo (S₁), de Rocas o suelos muy rígidos, es decir, rocas macizas arenas densas, grava arenosa densa, arcillas muy compactas con una resistencia al corte mayor a 1 kg/cm² y en el caso de las rocas mayor a 5 kg/cm². ❖ Parámetro condicionante: De pendientes entre los 15° y 30°. Es decir, con pendientes moderadas. ❖ Parámetro condicionante: De una cobertura vegetal del tipo "Ma", es decir, con la presencia de matorrales típicos de nuestra zona. ❖ Parámetro desencadenante: Erosión antrópica. Forma de degradación del tipo cárcavas y/o quebradas con nivel de movimiento de tierra mayor a 40 m³ 	$0.004 \leq R$ < 0.016

	<p>Además de tener los valores de vulnerabilidad para el elemento expuesto, en este caso la "línea de conducción" de agua cruda. L= 5,600 m. aprox.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Con una Exposición Física: <i>Cercanía de la línea de conducción a las áreas afectadas por erosión antrópica y/o áreas de geodinámica externa, del tipo 30m a 50m.</i> ❖ Con una Fragilidad Física: <i>Configuración estructural y años de antigüedad de la estructura existente del tipo "C".</i> ❖ Con una Resiliencia Física: <i>Capacidad de conservación por parte de la población/ Estado de protección por parte de la empresa Seda Huánuco S. A. del tipo "C".</i> ❖ Con una Exposición Social: <i>Interrupción del suministro de agua potable al sector salud, educación y población vulnerable del tipo "C".</i> ❖ Con una Fragilidad Social: <i>Afectación ante un posible evento a parte de la población del tipo "C".</i> ❖ Con una Resiliencia Social: <i>Actitud frente al riesgo del tipo Buena.</i> 	
	<p>Las características principales para la identificación del nivel de riesgo "Bajo" es por la coloración de tonalidad verde en los mapas gráficos, además de tener los siguientes parámetros del peligro (movimientos en masas) con sus respectivos valores procesados en el ArcGIS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Parámetro condicionante: Tipo de suelo (S₀), de Rocas dura, es decir, rocas continuas de hasta más de 30 metros de profundidad. ❖ Parámetro condicionante: De pendientes entre los 0° y 15°. Es decir, con pendientes bajas. ❖ Parámetro condicionante: De una cobertura vegetal del tipo "VZH", es decir, con la presencia de vegetación de zonas húmedas típicos de nuestra zona. ❖ Parámetro desencadenante: Erosión antrópica. Forma de degradación del tipo laminar con un nivel de movimiento de tierra mayor a 10 m³ 	
BAJO	<p>Además de tener los valores de vulnerabilidad para el elemento expuesto, en este caso la "línea de conducción" de agua cruda. L= 5,600 m. aprox.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Con una Exposición Física: <i>Cercanía de la línea de conducción a las áreas afectadas por erosión antrópica y/o áreas de geodinámica externa, del tipo 50m a 100m.</i> ❖ Con una Fragilidad Física: <i>Configuración estructural y años de antigüedad de la estructura existente del tipo "D".</i> ❖ Con una Resiliencia Física: <i>Capacidad de conservación por parte de la población/ Estado de protección por parte de la empresa Seda Huánuco S. A. del tipo "D".</i> ❖ Con una Exposición Social: <i>Interrupción del suministro de agua potable al sector salud, educación y población vulnerable del tipo "D".</i> ❖ Con una Fragilidad Social: <i>Afectación ante un posible evento a parte de la población del tipo "D".</i> ❖ Con una Resiliencia Social: <i>Actitud frente al riesgo del tipo Óptima.</i> 	$0.000 \leq R < 0.004$

De la tabla 61 se puede verificar los niveles de riesgos existentes de forma descriptiva considerando los parámetros ya sea para el peligro como para la vulnerabilidad de la línea de conducción Seda Huánuco S.A., además de poder interpretar el mapa 13 con respecto a los resultados obtenidos.

De la tabla 62 podemos visualizar los resultados del procesamiento realizado en el ArcGIS con respecto a la intersección de datos obtenidos ya sea en el peligro como en la vulnerabilidad,

información basada en la recopilación de los datos de campo como de los estudios geotécnicos y topográficos realizados en la zona.

Tabla 62

Descripción de los niveles de Riesgos identificados

NIVELES DE RIESGO			
NIVEL	RANGO		
Muy Alto	0.072	$\leq R \leq$	0.295
Alto	0.016	$\leq R <$	0.072
Medio	0.004	$\leq R <$	0.016
Bajo	0.000	$\leq R <$	0.004

Figura 42

Mapa de los niveles de Riesgo para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A



4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la contrastación de la hipótesis se procedió a identificar el criterio de normalidad en base a la subdivisión del tramo original, es decir, de la línea de conducción: Seda Huánuco con una longitud de $L = 5.6$ KM en 28 tramos, cada uno de 200 metros, a criterio del tesista y para la facilidad del análisis casi puntual de las zonas.

Para ello se hizo uso de la prueba de normalidad por Shapiro Wilks y tenido en cuenta los valores asignados según los resultados obtenidos en los mapas y de los datos recopilados de la visita campo. Donde los valores para cada una de las columnas se muestran a continuación:

Ítem: Número de elementos analizados.

X_i : Valor asignado en base de los resultados obtenidos de 1 a 4, siendo 1 de menor relevancia y 4 de extrema relevancia.

$(X_i - \text{med})^2$: Potencia de la diferencia entre el valor asignado y la media, todo al cuadrado

a_i : Valores de tabla (Shapiro Wilks)

X_i Inversa: Valor asignado en base de los resultados obtenidos de 1 al 4, siendo 1 de menor relevancia y 4 de extrema relevancia ubicada de forma inversa.

Df ($X_i - X_i$ Inversa): Diferencia entre X_i y X_i inversa.

$\sum (X_i - \text{med})^2$: Sumatoria de los valores de $(X_i - \text{med})^2$

SWc: Coeficiente de Shapiro Wilks calculado (nivel de correlación)

SWt: Valor del nivel de significancia para el contraste (de las tablas de Shapiro Wilks) – valor de significancia utilizada será de 0.05.

P-value: Valor de la significancia (de las tablas de Shapiro Wilks)

Para nuestro caso se tendrá en cuenta que de los valores obtenidos se cumplirá la siguiente condición:

Ho: Si p-valor > 0.05, podemos afirmar que el parámetro evaluado tiene una distribución normal.

Hi: Si p-valor < 0.05, podemos afirmar que el parámetro evaluado no tiene una distribución *normal*.

❖ PARÁMETRO SUELOS

Así se tiene la tabla 63 donde se analiza los valores para el criterio de normalización para el parámetro Suelos y se realiza los cálculos respectivos para la prueba de normalidad; determinando en la tabla 64 con la ayuda de las tablas para la determinación de normalidad de Shapiro Wilks anexadas al presente trabajo de investigación, donde se obtiene un valor de **SWc = 0.565** el cual es menor al **SWt = 0.924** para una muestra de 28 elementos, donde para un valor de SWt= 0.924 se obtiene un valor de significancia: **p-valor < 0.05**, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación la cual menciona que: *"Si existe influencia significativa del tipo de suelos en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción"*. Concluyendo que para el p-valor identificado no cumple con una distribución normal, por lo tanto, se consideró apto para una prueba no paramétrica.

Tabla 63*Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Suelos*

SUELOS					
ITEM	Xi	(Xi-med)2	ai	Xi INVERSA	Dif (Xi-Xi INVERSA)
1	2	0.51020408	0.4328	3	-1
2	2	0.51020408	0.2992	3	-1
3	2	0.51020408	0.2510	3	-1
4	2	0.51020408	0.2151	3	-1
5	2	0.51020408	0.1857	3	-1
6	2	0.51020408	0.1601	3	-1
7	2	0.51020408	0.1372	3	-1
8	2	0.51020408	0.1162	3	-1
9	3	0.08163265	0.0965	3	0
10	3	0.08163265	0.0778	3	0
11	3	0.08163265	0.0598	3	0
12	3	0.08163265			
13	3	0.08163265			
14	3	0.08163265			
15	3	0.08163265			
16	3	0.08163265			
17	3	0.08163265			
18	3	0.08163265			
19	3	0.08163265			
20	3	0.08163265			
21	3	0.08163265			
22	3	0.08163265			
23	3	0.08163265			
24	3	0.08163265			
25	3	0.08163265			
26	3	0.08163265			
27	3	0.08163265			
28	3	0.08163265			

Tabla 64*Resultados obtenidos de la prueba de normalidad - Suelos*

MEDIA	2.714286
VARIANZA (S2)	0.317063
$\sum(Xi - med)2$	5.714286
ai-dif	-1.7973
SWc	0.565
SWt	0.924
p-value	< 0.01

❖ PARÁMETRO PENDIENTES

Para el análisis del parámetro pendiente se realizó los mismos procedimientos con los valores asignados para cada uno de los tramos mostrados.

En la tabla 65 se aprecia los cálculos realizados con los valores asignados para el parámetro Pendiente y en la tabla 66 un valor calculado de **SWc = 0.715** y un valor de **SWt = 0.924** para una muestra de 28 elementos, obteniendo de la misma manera un valor de significancia de: **p-valor < 0.05**, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación la cual menciona que: *"Si existe influencia significativa de la pendiente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción"*. Concluyendo que para el p-valor identificado no cumple con una distribución normal, por lo tanto, se consideró apto para una prueba no paramétrica.

Tabla 65

Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Pendientes

PENDIENTES					
ITEM	Xi	(Xi-med) ²	ai	Xi INVERSA	Dif (Xi-Xi INVERSA)
1	2	1.94005102	0.4328	4	-2
2	2	1.94005102	0.2992	4	-2
3	3	0.15433673	0.251	4	-1
4	3	0.15433673	0.2151	4	-1
5	3	0.15433673	0.1857	4	-1
6	3	0.15433673	0.1601	4	-1
7	3	0.15433673	0.1372	4	-1
8	3	0.15433673	0.1162	4	-1
9	3	0.15433673	0.0965	4	-1
10	3	0.15433673	0.0778	4	-1
11	3	0.15433673	0.0598	4	-1
12	3	0.15433673			
13	3	0.15433673			
14	3	0.15433673			
15	3	0.15433673			
16	4	0.36862245			
17	4	0.36862245			
18	4	0.36862245			
19	4	0.36862245			

20	4	0.36862245
21	4	0.36862245
22	4	0.36862245
23	4	0.36862245
24	4	0.36862245
25	4	0.36862245
26	4	0.36862245
27	4	0.36862245
28	4	0.36862245

Tabla 66

Resultados obtenidos de la prueba de normalidad -Pendiente

MEDIA	3.392857
VARIANZA (S2)	0.354487
$\sum (Xi -med)^2$	10.678571
ai-dif	-2.7634
SWc	0.715
SWt	0.924
p-value	< 0.01

❖ PARÁMETRO COBERTURA VEGETAL

Para la cobertura vegetal se tiene los datos asignados para los 28 elementos o tramos en la tabla 67, donde se aprecia el cálculo respectivo para la prueba de Shapiro Wilks y en la tabla 68 se aprecia los valores obtenidos para un **SWc= 0.610** y un **SWt= 0.924**, donde se observa un valor $SWc < SWt$, es decir obteniendo un valor de significancia de: **p-valor < 0.05**, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación la cual menciona que: *"Si existe influencia significativa de la cobertura vegetal en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción"*. Concluyendo que para el p-valor identificado no cumple con una distribución normal, por lo tanto, se consideró apto para una prueba no paramétrica.

Tabla 67

Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Cobertura Vegetal

COBERTURA VEGETAL					
ITEM	Xi	(Xi-med)2	ai	Xi INVERSA	Dif (Xi-Xi INVERSA)
1	2	2.58290816	0.4328	4	-2
2	2	2.58290816	0.2992	4	-2
3	2	2.58290816	0.251	4	-2
4	3	0.36862245	0.2151	4	-1
5	3	0.36862245	0.1857	4	-1
6	3	0.36862245	0.1601	4	-1
7	3	0.36862245	0.1372	4	-1
8	3	0.36862245	0.1162	4	-1
9	4	0.15433673	0.0965	4	0
10	4	0.15433673	0.0778	4	0
11	4	0.15433673	0.0598	4	0
12	4	0.15433673			
13	4	0.15433673			
14	4	0.15433673			
15	4	0.15433673			
16	4	0.15433673			
17	4	0.15433673			
18	4	0.15433673			
19	4	0.15433673			
20	4	0.15433673			
21	4	0.15433673			
22	4	0.15433673			
23	4	0.15433673			
24	4	0.15433673			
25	4	0.15433673			
26	4	0.15433673			
27	4	0.15433673			
28	4	0.15433673			

Tabla 68

Resultados obtenidos de la prueba de normalidad –Cobertura Vegetal

MEDIA	3.607143
VARIANZA (S2)	0.365510
$\sum (Xi - med)2$	12.678571
ai-dif	-2.7803
SWc	0.610
SWt	0.924
p-value	< 0.01

❖ PARÁMETRO EROSIÓN ANTRÓPICA.

Para la erosión antrópica se tiene la tabla 69, donde se aprecia los cálculos realizados para la prueba de Shapiro Wilks,

teniendo en cuenta los valores asignados para el parámetro Erosión antrópica en base a la información obtenida del mapeo y de la información recopilada en campo.

En la tabla 70 se aprecia los valores obtenidos para **SWc= 0.538**, el cual a comparación del **SWt= 924**, se evidencia un $SWc < SWt$ donde nos ofrece según las tablas de prueba, un valor de significancia de: **p-valor < 0.05**, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación la cual menciona que: *“Si existe influencia significativa por la erosión antrópica en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción”*. Concluyendo que para el p-valor identificado no cumple con una distribución normal, por lo tanto, se consideró apto para una prueba no paramétrica.

Tabla 69

Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Erosión Antrópica

EROSION ANTROPICA					
ITEM	Xi	(Xi-med)2	ai	Xi INVERSA	Dif (Xi-Xi INVERSA)
1	1	5.0625	0.4328	4	-3
2	1	5.0625	0.2992	4	-3
3	1	5.0625	0.251	4	-3
4	1	5.0625	0.2151	4	-3
5	1	5.0625	0.1857	4	-3
6	1	5.0625	0.1601	4	-3
7	1	5.0625	0.1372	4	-3
8	4	0.5625	0.1162	4	0
9	4	0.5625	0.0965	4	0
10	4	0.5625	0.0778	4	0
11	4	0.5625	0.0598	4	0
12	4	0.5625		4	
13	4	0.5625		4	
14	4	0.5625		4	
15	4	0.5625		4	
16	4	0.5625		4	
17	4	0.5625		4	
18	4	0.5625		4	
19	4	0.5625		4	
20	4	0.5625		4	
21	4	0.5625		4	
22	4	0.5625		1	

23	4	0.5625	1
24	4	0.5625	1
25	4	0.5625	1
26	4	0.5625	1
27	4	0.5625	1
28	4	0.5625	1

Tabla 70

Resultados obtenidos de la prueba de normalidad –Erosión Antrópica

MEDIA	3.250000
VARIANZA (S2)	0.346944
$\sum (Xi -med)^2$	47.250000
ai-dif	-5.0433
SWc	0.538
SWt	0.924
p-value	< 0.01

❖ PELIGRO (MOVIMIENTOS EN MASAS)

El peligro viene a ser finalmente a identificación o caracterización del peligro existente en la zona, para nuestro caso los “movimientos de masas” ya sea por deslizamientos, derrumbes, huaycos (flujo de detritos) y en caso extremo por el volcamiento de rocas en estado de intemperismo presentes en la zona.

En la tabla 71 se aprecia los valores asignados para cada uno de los tramos evaluados, así se tienen los valores del 1 al 4, donde 1 se da para un nivel de peligro “Bajo”, 2 para un nivel de peligro “Medio”, 3 para un nivel de peligro “Alto” y 4 para un nivel de peligro “Muy Alto”. De acuerdo a lo mencionado con anterioridad se tienen los siguientes cálculos de la tabla 72, donde se obtuvo un valor de **SWc= 0.593** y **SWt= 0.924**, siendo este último el resultado máximo para una muestra de 28 elementos y un nivel de significancia de: $\alpha = 0.05$, donde $SWc < SWt$. Por lo tanto, podemos concluir que el valor de **p-valor < 0.05** obtenido, rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación la cual menciona que: “*Si se relacionan significativa los movimientos en masa con los niveles de riesgo en la línea de*

conducción de Seda Huánuco S.A". Concluyendo que para el p-valor identificado no cumple con una distribución normal, por lo tanto, se consideró apto para una prueba no paramétrica.

Tabla 71

Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para Peligro (Movimientos en masas)

PELIGRO (MOVIMIENTOS EN MASA)					
ITEM	Xi	(Xi-med) ²	ai	Xi INVERSA	Dif (Xi-Xi INVERSA)
1	3	0.21556122	0.4328	4	-1
2	3	0.21556122	0.2992	4	-1
3	3	0.21556122	0.251	4	-1
4	3	0.21556122	0.2151	4	-1
5	3	0.21556122	0.1857	4	-1
6	3	0.21556122	0.1601	4	-1
7	3	0.21556122	0.1372	4	-1
8	3	0.21556122	0.1162	4	-1
9	3	0.21556122	0.0965	4	-1
10	3	0.21556122	0.0778	4	-1
11	3	0.21556122	0.0598	4	-1
12	3	0.21556122		4	
13	3	0.21556122		4	
14	3	0.21556122		3	
15	3	0.21556122		3	
16	4	0.2869898		3	
17	4	0.2869898		3	
18	4	0.2869898		3	
19	4	0.2869898		3	
20	4	0.2869898		3	
21	4	0.2869898		3	
22	4	0.2869898		3	
23	4	0.2869898		3	
24	4	0.2869898		3	
25	4	0.2869898		3	
26	4	0.2869898		3	
27	4	0.2869898		3	
28	4	0.2869898		3	

Tabla 72

Resultados obtenidos de la prueba de normalidad – Peligro (Movimientos en masas)

MEDIA	3.464286
VARIANZA (S2)	0.358199
∑ (Xi -med)²	6.964286
ai-dif	-2.0314
SWc	0.593
SWt	0.924
p-value	< 0.01

❖ VULNERABILIDAD

La determinación de la vulnerabilidad está basada sencillamente en la existencia de la estructura hidráulica en uso y al servicio de gran parte de la población presente y usuaria del servicio de agua potable además de instituciones como centros educativos y hospitales. Esto nos lleva a pensar a la gran importancia de dicha estructura y a su vulnerabilidad ya sea por fenómenos de índice natural como también por el crecimiento desordenado de la población, ocasionando muchas veces el deterioro de la estructura.

La tabla 73 nos muestra los valores asignados para los valores de los niveles de vulnerabilidad identificados mediante el procesamiento en el ArcGIS y visualizados en el mapa de Vulnerabilidad anexados al presente trabajo de investigación, donde se le asignó el valor de 1 para niveles del tipo Bajo, 2 para niveles del tipo Medio, 3 para niveles del tipo Alto y 4 para niveles del tipo “Muy Alto”.

Finalmente, en la tabla 74 podemos apreciar los valores obtenidos para un $SW_c = 0.657$ calculado y para un $SW_t = 0.924$ de las tablas de la prueba de hipótesis de Shapiro Wilks, donde se tiene $SW_c < SW_t$, es decir se obtiene un valor de p-valor < 0.05 , por lo tanto, rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación la cual menciona que: “Si existe una correlación significativa en la vulnerabilidad por la línea de conducción de Seda Huánuco S.A”. Concluyendo que para el p-valor identificado no cumple con una distribución normal, por lo tanto, se consideró apto para una prueba no paramétrica.

Tabla 73

Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para los niveles de vulnerabilidad

VULNERABILIDAD					
ITEM	Xi	(Xi-med)2	ai	Xi INVERSA	Dif (Xi-Xi INVERSA)
1	1	6.42984694	0.4328	4	-3
2	2	2.35841837	0.2992	4	-2
3	3	0.2869898	0.251	4	-1
4	3	0.2869898	0.2151	4	-1
5	3	0.2869898	0.1857	4	-1
6	3	0.2869898	0.1601	4	-1
7	3	0.2869898	0.1372	4	-1
8	3	0.2869898	0.1162	4	-1
9	3	0.2869898	0.0965	4	-1
10	3	0.2869898	0.0778	4	-1
11	4	0.21556122	0.0598	4	0
12	4	0.21556122		4	
13	4	0.21556122		4	
14	4	0.21556122		4	
15	4	0.21556122		4	
16	4	0.21556122		4	
17	4	0.21556122		4	
18	4	0.21556122		4	
19	4	0.21556122		3	
20	4	0.21556122		3	
21	4	0.21556122		3	
22	4	0.21556122		3	
23	4	0.21556122		3	
24	4	0.21556122		3	
25	4	0.21556122		3	
26	4	0.21556122		3	
27	4	0.21556122		2	
28	4	0.21556122		1	

Tabla 74

Resultados obtenidos de la prueba de normalidad – Niveles de vulnerabilidad

MEDIA	3.535714
VARIANZA (S2)	0.361873
$\Sigma (Xi - med)2$	14.964286
ai-dif	-3.1364
SWc	0.657
SWt	0.924
p-value	< 0.01

❖ NIVELES DE RIESGO

Finalmente se tiene los niveles de riesgo donde se puede verificar por medio del procesamiento realizado por medio del Software ArcGIS los niveles de riesgos obtenidos para la línea de

conducción Seda Huánuco S.A. quienes a su vez se muestran gráficamente en los mapas obtenidos.

Donde se le asignó el valor de 1 para niveles del tipo Bajo, 2 para niveles del tipo Medio, 3 para niveles del tipo Alto y 4 para niveles del tipo “Muy Alto” y estos se muestran a continuación en la tabla 75.

Y en la tabla 76 se puede apreciar el valor de $SW_c = 0.602$ el cual resulta menor al $SW_t = 0.924$, confirmando así la significancia del p-valor < 0.05 , como nos muestra las tablas para la prueba de normalidad de Shapiro Wilks, por lo tanto rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación la cual menciona que: “Si existe una correlación significativa en los niveles de riesgo para la línea de conducción de Seda Huánuco S.A”. Concluyendo que para el p-valor identificado no cumple con una distribución normal, por lo tanto, se consideró apto para una prueba no paramétrica.

Tabla 75

Tabla de cálculo para la determinación del criterio de normalidad para los niveles de Riesgo

RIESGO					
ITEM	Xi	(Xi-med) ²	ai	Xi INVERSA	Dif (Xi-Xi INVERSA)
1	3	0.18367347	0.4328	4	-1
2	3	0.18367347	0.2992	4	-1
3	3	0.18367347	0.251	4	-1
4	3	0.18367347	0.2151	4	-1
5	3	0.18367347	0.1857	4	-1
6	3	0.18367347	0.1601	4	-1
7	3	0.18367347	0.1372	4	-1
8	3	0.18367347	0.1162	4	-1
9	3	0.18367347	0.0965	4	-1
10	3	0.18367347	0.0778	4	-1
11	3	0.18367347	0.0598	4	-1
12	3	0.18367347		4	
13	3	0.18367347		3	
14	3	0.18367347		3	
15	3	0.18367347		3	
16	3	0.18367347		3	
17	4	0.32653061		3	
18	4	0.32653061		3	
19	4	0.32653061		3	
20	4	0.32653061		3	

21	4	0.32653061	3
22	4	0.32653061	3
23	4	0.32653061	3
24	4	0.32653061	3
25	4	0.32653061	3
26	4	0.32653061	3
27	4	0.32653061	3
28	4	0.32653061	3

Tabla 76

Resultados obtenidos de la prueba de normalidad – Niveles de Riesgo

MEDIA	3.428571
VARIANZA (S2)	0.356348
$\sum (X_i - \text{med})^2$	6.857143
ai-dif	-2.0314
SWc	0.602
SWt	0.924
p-value	< 0.01

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

En base a la prueba de normalidad y verificando que no se encuentra una distribución normal para las variables y parámetros analizados se optó por realizar la contrastación de las hipótesis por medio de la prueba de correlación para datos ordinales con la prueba de **Rho de Spearman**, es decir para determinar el grado de relación entre las variables de valor ordinal del tipo no paramétrico.

a) CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Se presenta a continuación las variables para la hipótesis general:

X: Movimientos en masas.

Y: Niveles de riesgos en la línea de conducción Seda Huánuco S.A.

A partir de los datos encontrados en campo y de los datos obtenidos por medio de los mapas se tienen los siguientes resultados:

Dónde:

Ho: Si p-valor > 0.05, se acepta la hipótesis nula.

Hi: Si p-valor < 0.05, se acepta la hipótesis de investigación.

Tabla 77

Calculo de la hipótesis Spearman para la hipótesis General

TRAMOS	PELIGRO "Movimientos en masas" (X)	RIESGO (Y)	RANGO (X)	RANGO (Y)	Δ	Δ^2
1	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
2	4	3	22.00	8.5	13.50	182.25
3	4	3	22.00	8.5	13.50	182.25
4	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
5	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
6	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
7	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
8	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
9	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
10	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
11	4	3	22.00	8.5	13.50	182.25
12	3	4	8.00	22.5	-14.50	210.25
13	3	4	8.00	22.5	-14.50	210.25
14	4	3	22.00	8.5	13.50	182.25
15	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
16	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
17	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
18	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
19	3	4	8.00	22.5	-14.50	210.25
20	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
21	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
22	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
23	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
24	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
25	4	4	22.00	22.5	-0.50	0.25
26	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
27	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
28	3	3	8.00	8.5	-0.50	0.25
					$\Sigma=$	1,365.00

La tabla 77 muestra el cálculo para la prueba de Spearman, para una muestra de 28 elementos, los cuales representan los tramos de 200 metros cada uno a lo largo de la línea de conducción.

En primer lugar, a partir de la tabla 77 se determina el $\rho = r_{ho}$, el cual nos servirá también para determinar nuestro valor de significancia por medio del " ρ_t " de las tablas de la prueba de Spearman para un nivel de significancia 0.05 y para una muestra de 28 elementos; donde:

$$\rho_c \geq \rho_t$$

$$\rho_c = 1 - \frac{6 \sum \Delta^2}{n(n^2 - 1)}$$

Tabla 78

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis General

n	$\sum \Delta^2$	ρ_c	ρ_t ($\alpha = 0.05$)
28	1,365.00	0.62644	0.3749

Determinado finalmente que:

$$0.62644 \geq 0.3749$$

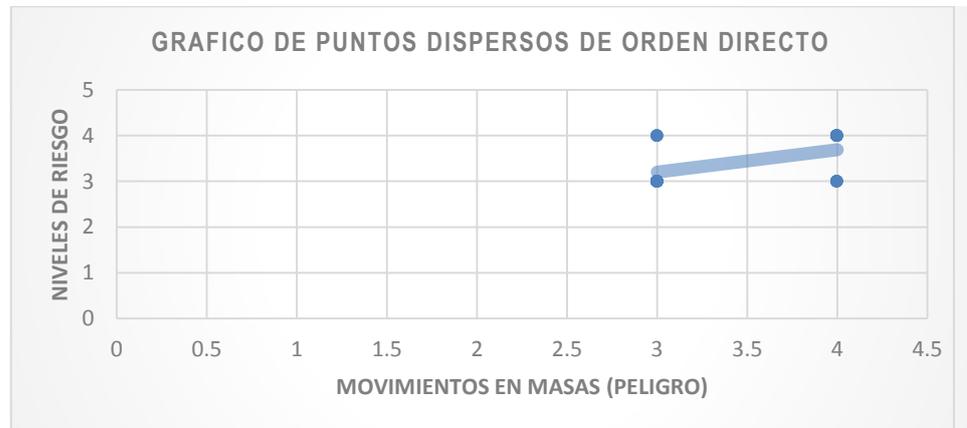
Es decir, se cumple que el "*rho calculado*" es mayor al "*rho de tablas*", cumpliendo así una correlación significativa ya que se determina un nivel de significancia del tipo **p-valor < 0.05**, por lo tanto:

Ho = Se rechaza la hipótesis nula definida como: "Los movimientos en masa no se relacionan significativamente con los niveles de riesgo en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023".

Hi = Se acepta la hipótesis de investigación definida como: "Los movimientos en masa se relacionan significativamente con los niveles de riesgo en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco

Figura 43

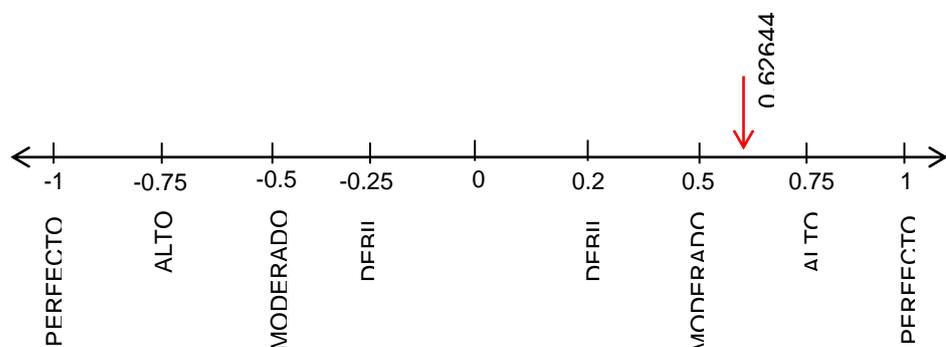
Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis general



De la figura 43 podemos evidenciar una correlación positiva de nivel ordinal debido a la dirección de la línea de tendencias, es decir, se cumple para la línea de conducción con un 95% de nivel de confianza, que si existe asociación correlacional entre los movimientos en masas y los niveles de riesgo para la zona de estudio, donde el rho calculado (ρ_c), con un valor de 0.62644 se puede apreciar en la imagen de la figura 43, donde se encuentra ubicado entre los niveles de moderado y alto, con tendencia hacia el 1 positivo y libre toda posibilidad de un fenómeno de causa y efecto Martínez Ortega (2009) afirmando así una relación moderada para movimientos en masa y su influencia sobre los niveles de riesgo identificados.

Figura 44

Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis general



b) CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HIPÓTESIS N° 01

Para la contrastación de la hipótesis específica N° 01 se tiene las variables:

X: El tipo de suelo

Y: Vulnerabilidad en la línea de conducción Seda Huánuco S.A.

Para ello se tuvo en consideración los resultados geotécnicos de uno de los puntos críticos con evidencia de deslizamientos y considerando el tipo de suelo existente, es decir: limo, grava arcillosa de baja plasticidad además de contar con la presencia de bloques de rocas y/o bolonería. También se tuvo en cuenta los valores de resistencia al corte de las muestras extraídas para el análisis geotécnico del punto crítico; obteniendo en el punto más crítico, profundidades de hasta 3 metros con valores de resistencia al esfuerzo de corte de hasta 1.90 kg/cm^2 .

De la tabla 79 se puede apreciar los valores asignados para cada tramo de 200 metros y bajo las consideraciones de la recopilación de datos en situ por medio de la observación, se asignó los valores del 1 al 4 considerando el valor de 1 para suelos del tipo S_0 de características mencionadas bajo la normativa E 0.30, para el valor de 2 suelos de la clasificación S_1 , para el valor de 3 suelos de la clasificación S_2 y S_3 y finalmente para el valor de 4 una clasificación del tipo S_4 .

Donde de los resultados obtenidos se consideró la siguiente condición:

H_0 : Si $p\text{-valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

H_1 : Si $p\text{-valor} < 0.05$, se acepta la hipótesis de investigación.

Tabla 79

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis Especifica N°01

TRAMOS	SUELOS (X)	VULNERABILIDAD (Y)	RANGO (X)	RANGO (Y)	Δ	Δ^2
1	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
2	2	2	4.50	2	2.50	6.25
3	3	3	18.50	6.5	12.00	144
4	3	3	18.50	6.5	12.00	144
5	3	3	18.50	6.5	12.00	144
6	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
7	3	3	18.50	6.5	12.00	144
8	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
9	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
10	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
11	3	3	18.50	6.5	12.00	144
12	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
13	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
14	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
15	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
16	3	3	18.50	6.5	12.00	144
17	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
18	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
19	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
20	2	4	4.50	19.5	15.00	225
21	2	4	4.50	19.5	15.00	225
22	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
23	3	4	18.50	19.5	-1.00	1
24	2	4	4.50	19.5	15.00	225
25	2	4	4.50	19.5	15.00	225
26	2	3	4.50	6.5	-2.00	4
27	2	3	4.50	6.5	-2.00	4
28	2	1	4.50	1	3.50	12.25
					$\Sigma =$	1,804.50

La tabla 80 nos muestra el rho *calculado* de la prueba de Spearman, donde se cumple la siguiente condición de: rho *calculado* mayor al rho *de tablas*, cumpliendo así el nivel de significancia de 0.05 y 28 elementos para la prueba de Spearman.

$$\rho_c \geq \rho_t$$

$$\rho_c = 1 - \frac{6 \sum \Delta^2}{n(n^2 - 1)}$$

Tabla 80

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis N°01

n	$\sum \Delta^2$	ρ_c	P_t ($\alpha = 0.05$)
28	1,804.50	0.50616	0.3749

Determinado finalmente que:

$$0.50616 \geq 0.3749$$

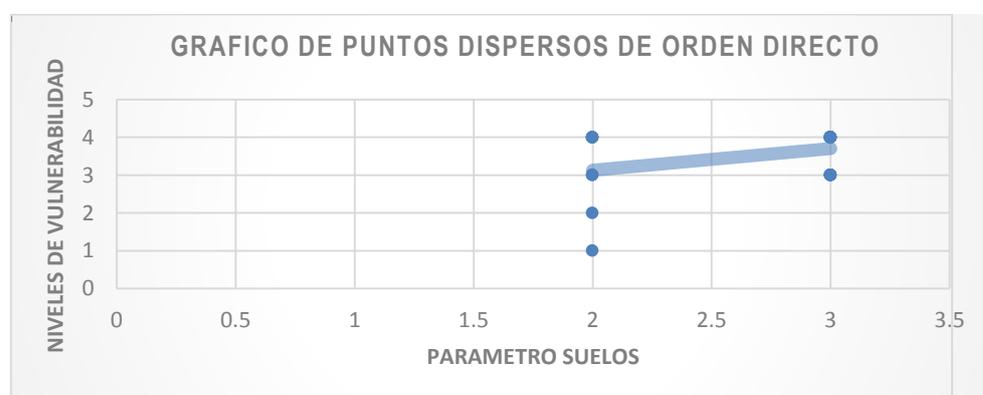
Es decir, se cumple que el “rho calculado” es mayor al “rho de tablas”, cumpliendo así una correlación significativa ya que se determina un nivel de significancia del tipo **p-valor < 0.05**, por lo tanto:

Ho = Se rechaza la hipótesis específica nula N° 01, definida como: “el tipo de suelo no influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua Seda Huánuco”.

Hi = Se acepta la hipótesis específica de investigación N° 01, definida como: “el tipo de suelo influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua Seda Huánuco”.

Figura 45

Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis N° 01



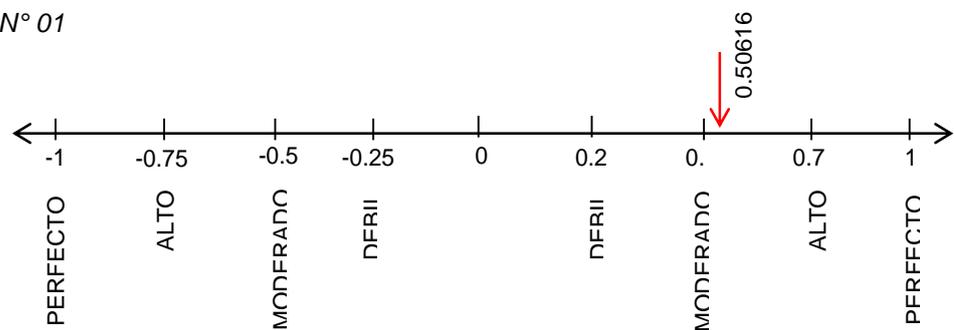
De la figura 45 podemos interpretar los valores a partir del gráfico de puntos dispersos, donde se aprecia un tipo de

correlación positiva debido a la posición de la línea de tendencias, obteniendo así un grado de correlación directa y más de un 95% del nivel de confianza para aceptar la hipótesis de investigación, es decir, aceptar el nivel de correlación positiva entre el parámetro tipo de suelos y los niveles de vulnerabilidad existentes por movimientos en masa a lo largo del tramo donde se encuentra ubicado la línea de conducción.

Para determinar la fuerza de la relación se muestra a continuación la Figura 46, donde el valor de rho calculado es de 0.50616 y ubicado en los rangos definidos se tiene un nivel de relación “Moderada”, del tipo no paramétrica y de un nivel ordinal para la hipótesis de investigación definida como: “el tipo de suelo influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de Seda Huánuco S.A.

Figura 46

Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis Especifica N° 01



HIPÓTESIS 02

Para la contrastación de la hipótesis específica N° 02 se tiene las variables:

X: Pendientes.

Y: Vulnerabilidad en la línea de conducción Seda Huánuco S.A.

Para la determinación de los valores del tipo de pendientes se consideró que la zona cuenta con pendientes extremas debido

a la geomorfología típica de los valles formados en la ciudad de Huánuco; del punto crítico, ubicado en el tramo III, se tiene pendientes superiores a los 60°, dato obtenido del levantamiento topográfico realizado en la zona por la misma empresa, siendo este un punto estratégico en el tramo ya mencionado ya que da inicio a más de 4 km de laderas hasta la planta de tratamiento en Cabritopampa con características similares, es decir, tramo de pendientes entre los 45° a más de 60°. Similar condición se tiene en el tramo II en una longitud aproximada de 400 metros, ubicado posterior al paso de la carretera hacia las laderas al margen izquierdo del río Higueras.

En la tabla 81 se aprecia los valores asignados por cada tramo de 200 metros, donde se asigna los valores de 1 para las pendientes bajas, 2 para las pendientes moderadas, 3 para pendientes fuertes y 4 para pendientes extremadamente fuertes. Posteriormente se realiza el cálculo respectivo para la prueba de Spearman, para ello se debe cumplir la condición de significancia para la variable analizada.

Ho: Si $p\text{-valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

Hi: Si $p\text{-valor} < 0.05$, se acepta la hipótesis de investigación.

Tabla 81

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis Especifica N°02

TRAMOS	PENDIENTES (X)	VULNERABILIDAD (Y)	RANGO (X)	RANGO (Y)	Δ	Δ^2
1	3	4	9.00	19.5	-10.50	110.25
2	4	2	22.00	2	-20.00	400
3	4	3	22.00	6.5	-15.50	240.25
4	3	3	9.00	6.5	-2.50	6.25
5	2	3	1.50	6.5	-5.00	25
6	2	4	1.50	19.5	-18.00	324
7	3	3	9.00	6.5	-2.50	6.25
8	3	4	9.00	19.5	-10.50	110.25
9	3	4	9.00	19.5	-10.50	110.25
10	3	4	9.00	19.5	-10.50	110.25

11	3	3	9.00	6.5	2.50	6.25
12	3	4	9.00	19.5	-	110.25
13	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
14	3	4	9.00	19.5	-	110.25
15	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
16	4	3	22.00	6.5	15.50	240.25
17	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
18	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
19	3	4	9.00	19.5	-	110.25
20	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
21	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
22	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
23	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
24	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
25	4	4	22.00	19.5	2.50	6.25
26	3	3	9.00	6.5	2.50	6.25
27	3	3	9.00	6.5	2.50	6.25
28	3	1	9.00	1	8.00	64
$\Sigma =$						2,159.00

Finalmente, para el parámetro Pendientes se tiene los valores de la tabla 82, donde se aprecia el valor de rho calculado (ρ_c) es igual a 0.40914, frente a un rho de tablas (ρ_t) de 0.3749, para 28 elementos y para un nivel de significancia de 0.05, siendo este último menor y por lo tanto cumpliendo con la condición de significancia para la prueba de Spearman.

$$\rho_c \geq \rho_t$$

$$\rho_c = 1 - \frac{6 \sum \Delta^2}{n(n^2 - 1)}$$

Tabla 82

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis N° 02

n	$\sum \Delta^2$	ρ_c	ρ_t ($\alpha = 0.05$)
28	2,159.00	0.40914	0.3749

Determinado finalmente que:

$$0.40914 \geq 0.3749$$

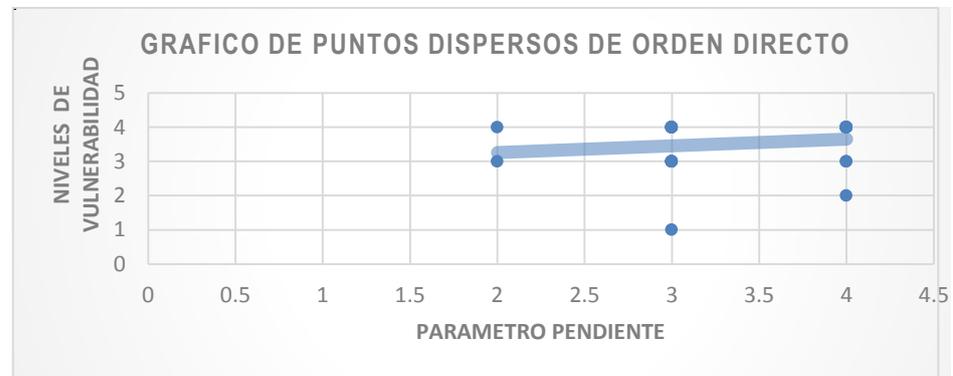
De lo mencionado y demostrado se puede deducir que se cumple la siguiente condición: **p-valor < 0.05**, por lo tanto:

H₀ = Se rechaza la hipótesis específica nula N° 02, definida como: “la pendiente no influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua Seda Huánuco”.

H_i = Se acepta la hipótesis específica de investigación N° 02, definida como: “la pendiente influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua Seda Huánuco”.

Figura 47

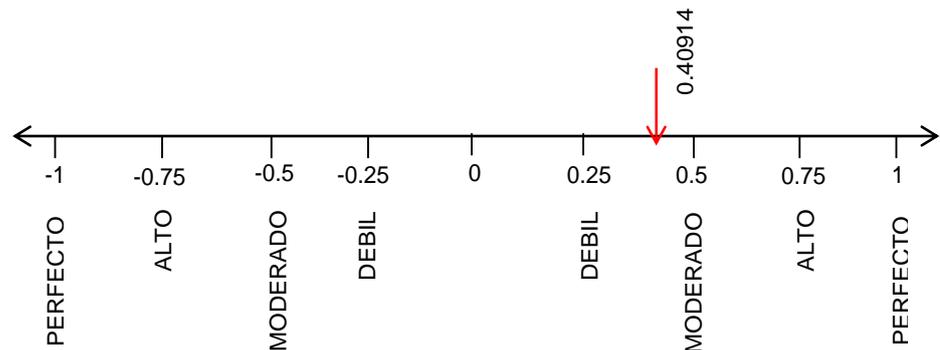
Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis N° 02



De la figura 47 se puede interpretar para la contrastación de hipótesis N° 02, que esta forma a partir de la línea de tendencias una correlación positiva de nivel ordinal, no paramétrica. Esto confirma la influencia de las pendientes sobre la línea de conducción en su vulnerabilidad, encontrándose pendientes de hasta más de 60° a lo largo del tramo III donde se encuentra ubicada la línea de conducción.

Figura 48

Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis N° 02



A partir de la figura 48 se puede verificar en el rango de intensidad con respecto a la prueba de Spearman donde el grado de asociación corresponde entre débil y moderado, para las pendientes y la vulnerabilidad existente, disminuyendo así su intensidad con respecto al tipo de suelos.

HIPÓTESIS N° 03

Para la contrastación de la hipótesis específica N° 03 se tiene las variables:

X: Cobertura Vegetal.

Y: Vulnerabilidad en la línea de conducción Seda Huánuco S.A.

Donde la cobertura vegetal asume un nivel de importancia debido a la toma de decisiones con respecto a la organización y clasificación de las zonas urbanas. Es por ello que de la información tomada en campo se pudo identificar áreas en condiciones degradadas debido al aumento de forma desordenada de las áreas urbanas incluso en cursos de quebradas y zonas de alta vulnerabilidad por pendientes pronunciadas.

En la tabla 83, se muestra los datos asignados para la variable cobertura vegetal donde se asigna los valores de 1 para las áreas que conservan una cobertura vegetal típica de las zonas más altas y con una funcionalidad de conservación de su hábitat, 2 para la cobertura vegetal típica de la zona de las zonas intermedias que ayudan a la estabilidad natural de las laderas, un valor de 3 para zonas tomadas para la agricultura, la cual asume la intervención en el área con el riego y manipulación del terreno y un valor de 4 para las áreas tomadas como áreas urbanas donde se pudo determinar un grado de agresión no solo al suelo, sino que, también a la estructura existente.

Para ello se debe cumplir lo siguiente para el nivel de significancia:

H₀: Si p-valor ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula.

H₁: Si p-valor < 0.05 , se acepta la hipótesis de investigación.

Tabla 83

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis Especifica N°03

TRAMOS	COBERTURA VEGETAL (X)	VULNERABILIDAD (Y)	RANG O (X)	RANG O (Y)	Δ	Δ^2
1	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
2	2	2	2.00	2	0.00	0
3	2	3	2.00	6.5	-4.50	20.25
4	2	3	2.00	6.5	-4.50	20.25
5	4	3	18.50	6.5	12.00	144
6	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
7	4	3	18.50	6.5	12.00	144
8	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
9	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
10	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
11	4	3	18.50	6.5	12.00	144
12	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
13	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
14	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
15	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
16	4	3	18.50	6.5	12.00	144
17	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
18	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
19	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
20	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
21	3	4	6.00	19.5	-13.50	182.25
22	3	4	6.00	19.5	-13.50	182.25
23	3	4	6.00	19.5	-13.50	182.25
24	3	4	6.00	19.5	-13.50	182.25
25	4	4	18.50	19.5	-1.00	1
26	4	3	18.50	6.5	12.00	144
27	4	3	18.50	6.5	12.00	144
28	3	1	6.00	1	5.00	25
					$\Sigma=$	1,672.50

Finalmente se obtiene el valor de un rho calculado de 0.54228 frente a un rho de tablas de 0.3749 para 28 elementos y asumiendo un nivel de significancia de 0.05, cumpliéndose así la condición de significancia para la prueba de Spearman.

$$\rho_c = 1 - \frac{6 \sum \Delta^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$\rho_c \geq \rho_t$$

Tabla 84

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis N° 03

n	$\sum \Delta^2$	ρ_c	ρ_t ($\alpha = 0.05$)
28	1,672.50	0.54228	0.3749

Determinado finalmente lo siguiente:

$$0.54228 \geq 0.3749$$

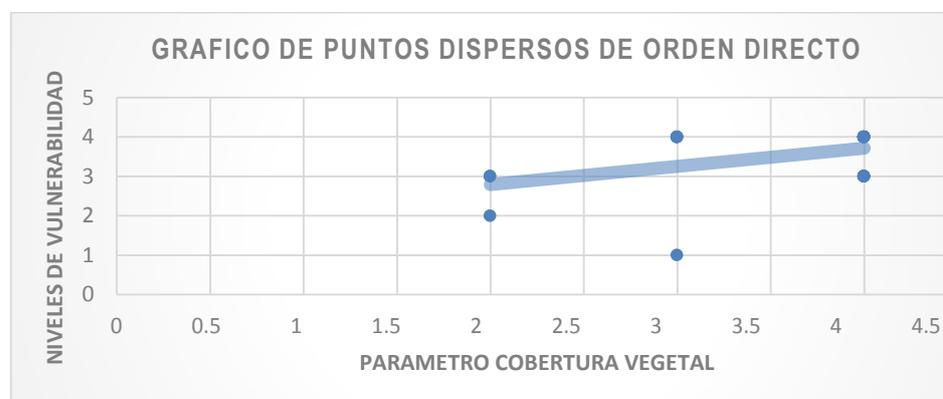
Y obteniendo un **p-valor < 0.05** donde:

Ho = Se rechaza la hipótesis específica nula N° 03, definida como: “la cobertura vegetal no influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua Seda Huánuco”.

Hi = Se acepta la hipótesis específica de investigación N° 03, definida como: “la cobertura vegetal influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua Seda Huánuco”.

Figura 49

Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis N° 03

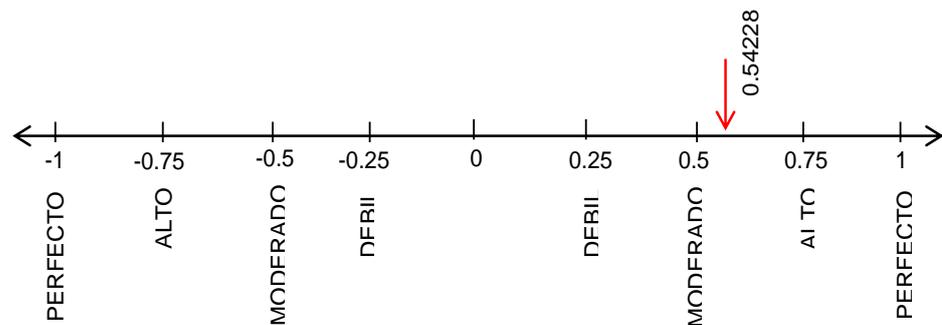


La figura 49 muestra los puntos dispersos para la prueba de Spearman y la tendencia de una correlación positiva para la cobertura vegetal. Afirmando con un nivel de confianza de 95% la influencia de la cobertura vegetal sobre la vulnerabilidad en la línea de conducción.

Esto debido a que en el área de influencia analizada para la línea de conducción no se encuentra hasta un 20% de áreas que aún conservan dicho factor, por lo tanto, la vulnerabilidad aumenta mientras la cobertura vegetal es eliminada.

Figura 50

Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis N° 03



De la figura 49 podemos interpretar la fuerza de la correlación con respecto a la cobertura vegetal y su influencia sobre la vulnerabilidad en la línea de conducción, afirmando un nivel de moderado a alto.

HIPÓTESIS N° 04

Para la contrastación de la hipótesis específica N° 04 se tiene las variables:

X: Erosión Antrópica.

Y: Vulnerabilidad en la línea de conducción Seda Huánuco S.A.

Donde se puede apreciar en la tabla 85, los valores asignados para la variable Erosión antrópica, donde se consideró

a partir de los resultados obtenidos del procesamiento en el ArcGIS y de la información recopilada en campo, las áreas erosionadas por las áreas urbanas.

A lo largo del tramo se pudo identificar diversas formas de erosión antrópica, siendo las más frecuentes la sustracción del agua cruda directamente de la línea de conducción y en algunos casos dañando la estructura hidráulica para dicha finalidad, es decir, ya sea riesgo, para la crianza de animales y/u otros fines, pero una misma capacidad agresiva de daño a la estructura. Esto ha ocasionados daños colaterales específicamente en las áreas urbanas, como la infiltración del agua en las zonas aledañas, dañando viviendas las cuales muestran señales de humedad en paredes y pisos pudiendo ocasionar la caída de dichos muros si no se da una solución adecuada. Si también un acto crítico por parte de la población es la de sustraer el líquido elemento de las partes más altas (tramo III) de donde se encuentra la línea de conducción, donde se pudo constatar la presencia de mangueras y hasta tuberías de 4" pulgadas las cuales sustraen el agua y la dejan caer hacia las partes más bajas erosionando las laderas a alturas superiores de hasta 10 metros. Esto puede ocasionar desestabilización de las laderas a corto o largo plazo.

En segundo lugar, se pudo evidenciar la construcción de viviendas en las laderas mismas donde se pudo constatar incluso el corte de taludes a 8 metros de altura de la línea de conducción y con una distancia transversal de apenas 5 metros; esto último ha ocasionado en el año 2022 deslizamientos de las laderas desplazamiento de grandes volúmenes de material propio, rompiendo el equilibrio natural de las laderas. También representando un alto nivel de vulnerabilidad para la línea de conducción.

De la misma manera se puede apreciar en la tabla 85 los valores que se asignó valores del 1 al 4 a los resultados obtenidos

del mapeo, del procesamiento realizado en el ArcGIS y de la información recopilada en campo, obteniendo un valor de 1 en las zonas donde no existe la presencia de áreas urbanas y donde tampoco se dará la instalación de viviendas en las faldas de las laderas, un valor de 2 para las zonas con moderada existencia de áreas urbanas, un valor de 3 para zonas con un crecimiento urbano rápido y de condiciones precarias donde se pudo evidenciar daños a la estructura existente y finalmente un valor de 4 para para áreas urbanas con áreas vulneradas y con presencia de geodinámica externa.

Así se tiene la siguiente condición para el nivel de significancia:

Ho: Si p-valor ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula.

Hi: Si p-valor < 0.05 , se acepta la hipótesis de investigación.

Tabla 85

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis Específica N°04

TRAMOS	EROSION ANTROPICA (X)	VULNERABILIDAD (Y)	RANGO (X)	RANGO (Y)	Δ	Δ^2
1	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
2	1	2	4.00	2	2.00	4
3	1	3	4.00	6.5	-2.50	6.25
4	1	3	4.00	6.5	-2.50	6.25
5	4	3	18.00	6.5	11.50	132.25
6	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
7	4	3	18.00	6.5	11.50	132.25
8	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
9	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
10	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
11	1	3	4.00	6.5	-2.50	6.25
12	1	4	4.00	19.5	15.50	240.25
13	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
14	1	4	4.00	19.5	15.50	240.25
15	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
16	4	3	18.00	6.5	11.50	132.25
17	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
18	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
19	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
20	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25

21	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
22	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
23	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
24	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
25	4	4	18.00	19.5	-1.50	2.25
26	4	3	18.00	6.5	11.50	132.25
27	4	3	18.00	6.5	11.50	132.25
28	1	1	4.00	1	3.00	9
						$\Sigma =$ 1,209.50

De la tabla 85 se obtiene la tabla 86 para la determinación del valor del rho calculado, obteniendo un valor de $\rho_c = 0.66899$ frente a un $\rho_t = 0.3749$, cumpliendo con la condición de significancia para la prueba de Spearman.

$$\rho_c \geq \rho_t$$

$$\rho_c = 1 - \frac{6 \sum \Delta^2}{n(n^2 - 1)}$$

Tabla 86

Prueba de hipótesis Spearman para la hipótesis N° 04

n	$\sum \Delta^2$	ρ_c	ρ_t ($\alpha = 0.05$)
28	1,209.50	0.66899	0.3749

Determinado finalmente que:

$$0.66899 \geq 0.3749$$

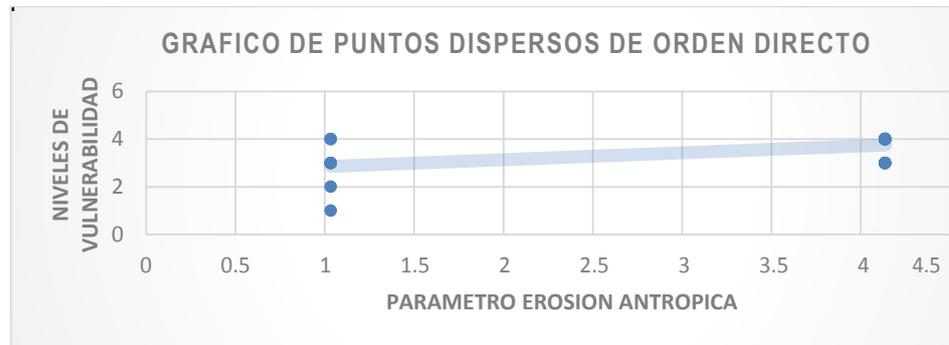
Por lo tanto, se obtuvo un valor de **p-valor < 0.05**, determinando lo siguiente:

Ho = Se rechaza la hipótesis específica nula N° 04, definida como: “la erosión antrópica no influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua Seda Huánuco”.

Hi = Se acepta la hipótesis específica de investigación N° 04, definida como: “la erosión antrópica influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua Seda Huánuco”.

Figura 51

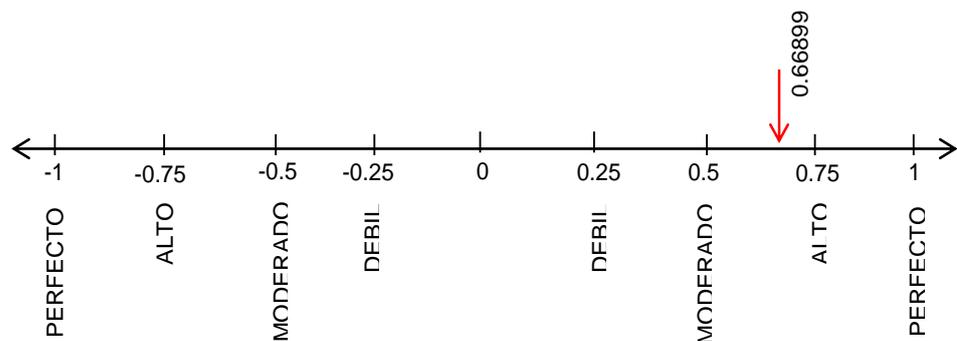
Gráfico de puntos dispersos para la hipótesis N° 04



De la figura 50 se puede determinar mediante el gráfico de puntos dispersos una correlación positiva para la erosión antrópica con respecto a la vulnerabilidad existente, donde se evidencia mediante la figura 41 una correlación entre moderada y alta, pero con una cierta tendencia hacia la zona alta. Es decir, la erosión antrópica influye significativamente en la vulnerabilidad de la línea de conducción existente.

Figura 52

Niveles de correlación para la prueba de Spearman para la hipótesis N° 04



A continuación, se tiene los mapas analizados para determinar la prueba de Spearman Wilks para cada una de las variables.

En la figura 53 se aprecia el mapa de riesgos con la división de los 28 tramos de 200 metros cada uno, a lo largo de los 5.6 km

de línea de conducción de agua cruda hacia la planta de tratamiento Cabritopampa. Así mismo y bajo las mismas condiciones se tiene en la figura 54 para el parámetro Tipo de Suelos, la figura 55 para el parámetro Pendientes, la figura 56 para el parámetro Cobertura Vegetal, la figura 57 para el mapa de Erosión antrópica y finalmente la figura 58 para la variable vulnerabilidad.

Dichos aportes calculados sirvieron para determinar el valor de significancia y por ende la correlación existente entre las variables principales.

Figura 53

Mapa de los niveles de Riesgo para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m)

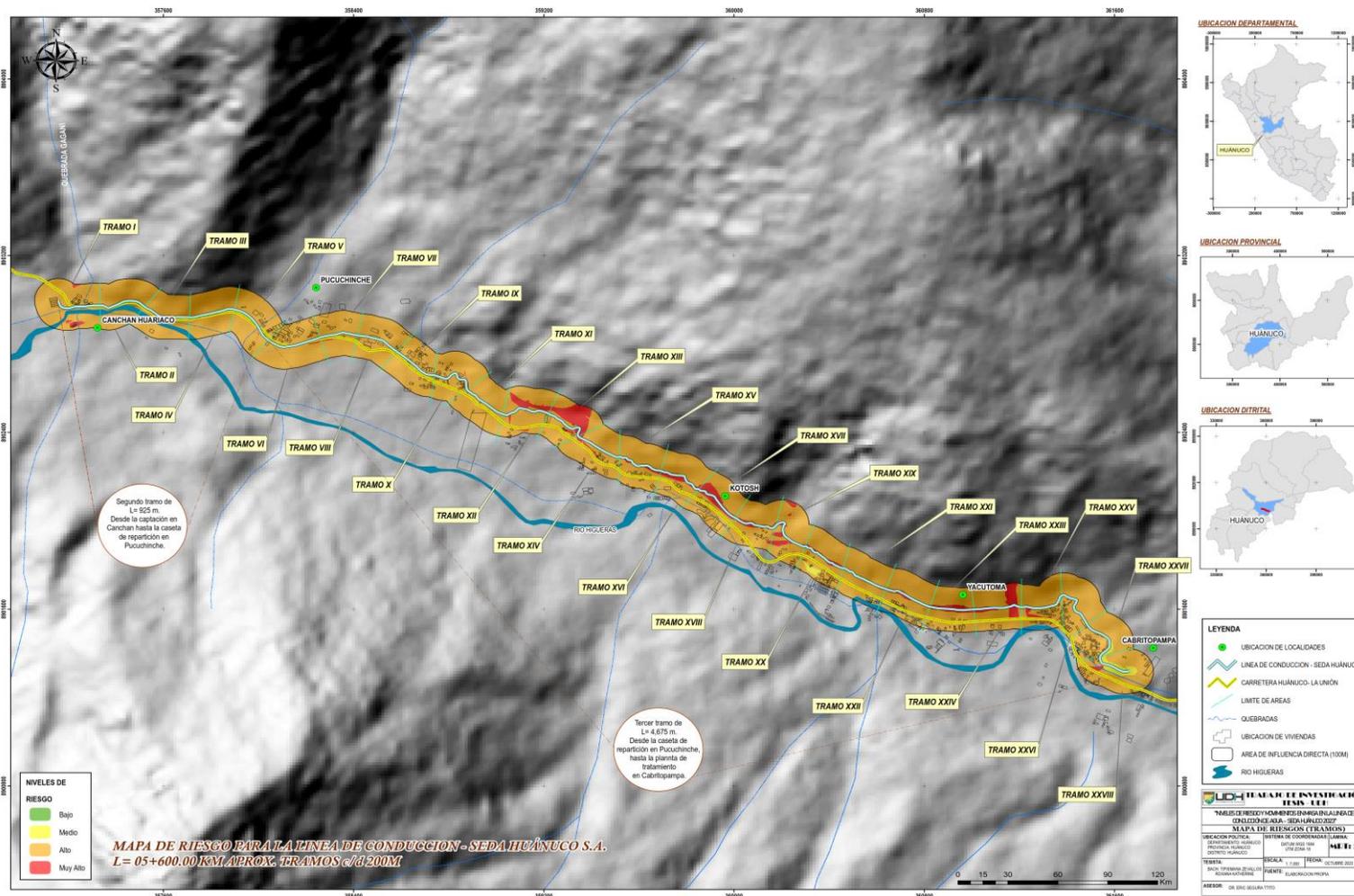


Figura 54

Mapa de Suelos para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m)

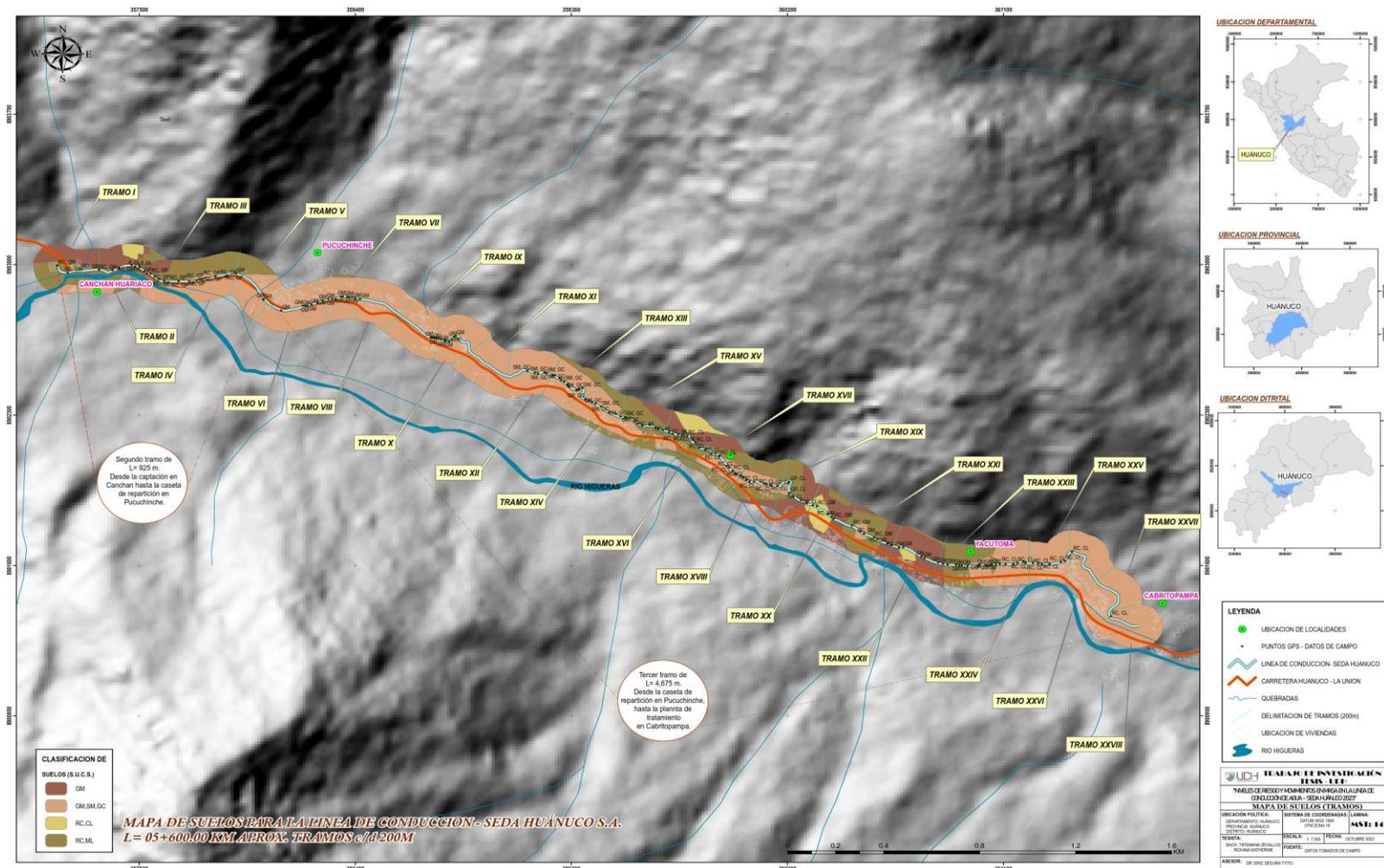
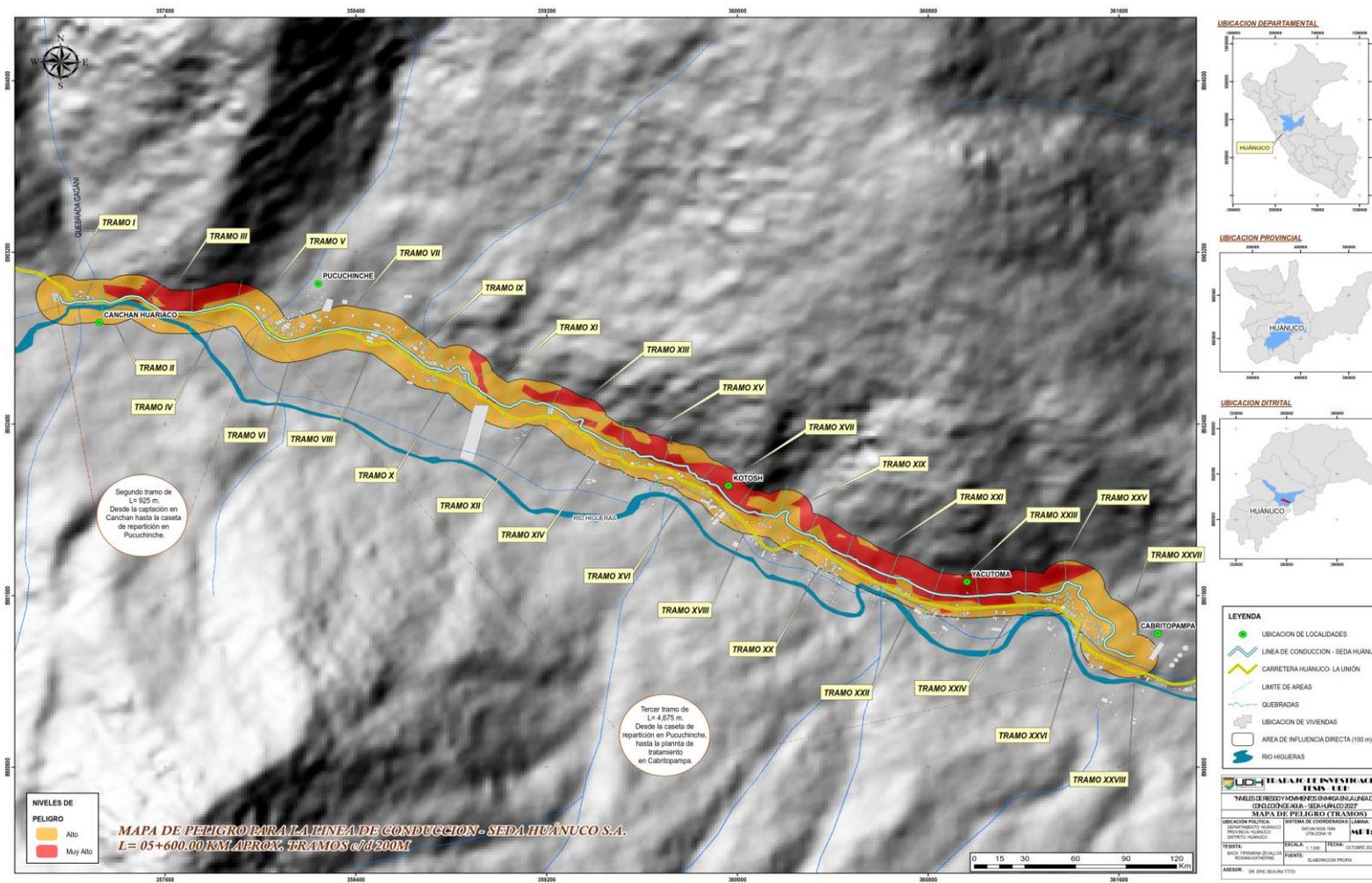


Figura 58

Mapa de los niveles de Peligro para la Línea de conducción Seda Huánuco S. A.- Análisis por tramos (200m)



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Finalmente, de los resultados obtenidos y aceptando la hipótesis de investigación general para el presente trabajo de investigación donde los movimientos de masa se relacionan de forma directa con los niveles de riesgos por deslizamientos en la línea de conducción Seda Huánuco S.A. se mencionan también los siguientes trabajos de investigación para fortalecer los resultados obtenidos, donde:

Sánchez Gomezjurado y Berrios Morales (2019) en su trabajo de investigación: “Análisis de susceptibilidad a movimientos de masa mediante la modelación con un SIG en la cuenca Rio Blanco, La Calera”; tiene como objetivo principal la identificación de la susceptibilidad por movimientos en masa en su área de estudio, las cuales fueron analizadas por medio de las variables: pendientes, precipitaciones, uso de suelos y de la geología existente, obteniendo valores finales del tipo “muy alto” para susceptibilidad por movimientos en masa con respecto al área estudiada. Nuestro trabajo de investigación pretende determinar dichos resultados bajo variables distintas, pero con criterios parecidos, por lo que la investigación es de considerable aporte para la presente investigación

Además se menciona en dos de sus conclusiones uno de los puntos principales también tomados para el presente trabajo de investigación, donde se concluye que no solo las condiciones externas como pendientes o tipos de suelos para la cuenca Rio Blanco generan un alto índice de susceptibilidad por movimientos en masa, sino que, la afectación humana y sus actividades económicas generan una cierta afectación con respecto a la estabilidad normal de las laderas; además, puntos más adelante recalca la posible afectación de parte de la población asentada en la parte central de la cuenca Rio Blanco, es más menciona el tipo de actividades que ocasionan

desestabilización en las laderas existentes, como son la agricultura y la ganadería.

En el presente trabajo de investigación se comparte la intención de los objetivos y se llega a las mismas conclusiones ya que del recorrido realizado en nuestra área de estudio, se pudo evidenciar la presencia de áreas urbanas donde la población se asienta a lo largo de la línea de conducción y es ahí donde la susceptibilidad y en consecuencia la vulnerabilidad viene más enfatizada, visualizando en los mapas obtenidos para la vulnerabilidad, niveles del tipo Medio, Alto y Muy Alto.

Para el autor Rojas (2018) en su trabajo de investigación: “Análisis de movimientos en masa mediante la aplicación de SIG en la ciudad de Villavicencio en el sector de Buenavista”, tiene por objetivo generar mapas que puedan zonificar las áreas de susceptibilidad por remoción en masa en base a imágenes satelitales y de las variables analizadas en este caso: Geomorfología, Índice topográfico de humedad y cobertura vegetal; la presente investigación demuestra la importancia de zonificar por medio del mapeo y el uso del software ArcGIS las zonas más susceptibles; dicho procesamiento se realizó también en el presente trabajo de investigación pudiendo visualizar de forma gráfica los tramos estudiados por medio de los mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgos para la línea de conducción Seda Huánuco S.A., además, el autor menciona que, por medio del procesamiento de datos obtenidos en campo en el software GIS, determinó la influencia de la morfología y geología de su área de estudio con respecto al fenómeno de movimientos en masa; donde estos aumentan incluso su fuerza y velocidad las condiciones externas aumentan. Además, se recalca que la muy poca densidad de vegetación en la zona ha desencadenado desplazamiento de masas.

El presente trabajo de investigación concluye de igual manera en la importancia de considerar un buen criterio para el levantamiento de información en campo y de la confiabilidad de los datos procesados en los GIS. De ello y de los mapas procesados se ha obtenido información precisa de las zonas afectadas por movimientos en masa coincidiendo con la

investigación del autor, donde podemos corroborar que las áreas determinadas con riesgo alto por deslizamientos mediante el mapeo gráfico son aquellas también donde la vegetación no existe en casi un 100% debido a la habilitación urbana, como es el caso de la zona conocida como Pucuchinche, en un tramo de más de 500 metros de línea de conducción.

Para los autores Polo Sarmiento y Polo Sarmiento (2020) y su trabajo de investigación denominado: “Propuesta de guía de intervención ante deslizamientos para asegurar la transitabilidad en carreteras vecinales”, tiene por objetivo principal el proponer una guía de intervención por deslizamientos, además de determinar factores que ocasionen dichos sucesos, analizar los niveles de riesgo existente y finalmente proponer medidas de mitigación; esto no lleva a considerar también nuevamente la importancia del conocimiento de la amenaza y la búsqueda de medidas adecuadas para evitar pérdidas ya sean materiales como vidas humanas, es por ello que el investigador comparte la misma preocupación teniendo como objetivo una guía, basada en las variables predominantes

Determina la importancia de la identificación de los niveles de riesgo por deslizamientos en carreteras vecinales con la finalidad de identificar de forma prioritaria las medidas de intervención y mitigación para las zonas más críticas. El presente trabajo de investigación también concluye que es necesario una vez identificados los niveles de riesgos sectorizar los de mayor prioridad e intervenir con medidas ya sean estructurales como también no estructurales; una de las finalidades también es de caracterizar el peligro y zonificar por medio del mapeo los niveles de riesgo después de identificados las vulnerabilidades y finalmente asumir por medio de la toma de decisiones con respuestas rápidas en la mitigación del peligro.

Para la tesista Susanivar (2021) y su tesis: “Comparación del método Mora - Vahrson y Morfométricos en la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos, Huancayo”, también nos muestra dentro sus objetivos la determinación de los niveles de susceptibilidad para Acopalca – Huancayo, esto por medio de métodos no convencionales, para ello realiza exclusivamente el análisis de las pendientes en el área estudiada,

coincidiendo de la misma manera con nuestro trabajo de investigación con respecto a la influencia de los niveles de susceptibilidad con las pendientes existentes. Además, menciona en sus conclusiones: la diferencia de resultados obtenidos en base a dos metodologías usadas para determinar la susceptibilidad por deslizamientos, concluyendo así en el nivel de confianza dado a las metodologías usadas, las cuales determinan los niveles de susceptibilidad para las áreas definidas y con diferencias mínimas.

Para nuestro caso se hizo uso de la metodología de identificación de riesgos definida por el CENEPRED, entidad técnico científico, que determina por medio de las matrices de Saaty los niveles de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo las cuales no servirán posteriormente poder cuantificar y materializar las medidas de mitigación que permitan disminuir y asumir el riesgo identificado.

Finalmente para el autor Herrera López (2021) y su tesis denominada: “La informalidad en la construcción de viviendas de tapial y la vulnerabilidad por deslizamientos en el C. P. Acobamba – distrito de Huarica – Pasco - 2021”, menciona de forma puntual para sus objetivos principales, la influencia de la informalidad en la construcción de las viviendas (vulnerabilidad), con tres aspectos básicos, es decir en base a un mal asesoramiento, a malos diseños y a controles de calidad no adecuados en el momento de la construcción de viviendas, la asociación de los factores condicionantes y desencadenantes con respecto a los niveles de peligros identificados por deslizamientos en la zona de estudio, además de agregar el factor vulnerabilidad, es decir, el factor elemento expuesto y sus diversas y sus diversas variables que determinan su nivel de vulnerabilidad, en este caso las viviendas y las formas y/o recursos usados para una edificación segura; todo esto usando la metodología de la ponderación de variables o parámetros y obteniendo un nivel de relación positivo para cada uno de ellos.

Nuestro trabajo de investigación además de considerar los parámetros condicionantes y desencadenantes también hace uso del factor Vulnerabilidad en este caso la línea de conducción, como estructura

hidráulica de suma importancia para la ciudad de Huánuco debido a que este provee de agua a la planta de tratamiento en Cabritopampa para el servicio de consumo de agua para gran parte de la población Huanuqueña. La vulnerabilidad analizada para la presente investigación se dio forma Física y Social considerándose estos dos de más relevancia y obteniendo los resultados necesarios para posteriormente calcular por medio del procesamiento en el ArcGIS los niveles de Riesgo para la línea de conducción Seda Huánuco S.A.

CONCLUSIONES

- Del estudio realizado se concluye la existencia de niveles de asociación del tipo MODERADO a ALTO de la variable peligro identificado como “*movimientos en masa*” y la variable “niveles de riesgo”, siendo los niveles de riesgos identificados del tipo “Alto” y “Muy Alto” para movimientos en masas ya sea por geodinámica externa y sobre todo por Erosión Antrópica a largo de la línea de conducción Seda Huánuco S.A.
- Se determina los niveles de asociación del tipo MODERADO a ALTO para el parámetro “*Suelos*” con respecto a la vulnerabilidad de la línea de conducción Seda Huánuco S. A., es decir, en base a la muestra de suelos (calicatas), tomadas en uno de los puntos críticos a lo largo del tramo III de la estructura hidráulica por parte de la misma empresa, se determinó a partir de los resultados de laboratorio, que dichas muestras se encuentran dentro de la clasificación del tipo S_2 y S_3 , según la normativa E 0.30 de VIVIENDA (2020), donde se pudo identificar de forma conservadora una resistencia al corte de entre los 0.25 kg/cm^2 y 1.00 kg/cm^2 y con la presencia de grava y arena arcillosa de baja plasticidad, para los tramos I, IV- XV y XVII, XVIII mostrado en el mapa MST N° 14 correspondiente para tipo de suelos anexado al presente trabajo de investigación. Los tramos restantes evidencian la presencia de rocas.
- Se concluye niveles de asociación del tipo DEBIL – MODERADO para el parámetro “*Pendientes*” con respecto a la vulnerabilidad de la línea de conducción Seda Huánuco S.A., es decir del estudio topográfico realizado por la empresa se determinó pendientes fuertes a lo largo del punto crítico identificado, en el caso de la vivienda cercana se evidencio pendientes de más de 60° y deslizamientos cercanos; como también áreas sin presencia de viviendas y con las mismas condiciones de pendientes de más de 60° pero sin evidencia de deslizamiento, es por ello que se deduce que las pendientes no tienen una influencia fuerte mientras no exista degradación de las mismas o factores externos que desestabilicen las laderas, en especial en zonas rocosas.

Del mapa MPT N° 15, se pueden visualizar los tramos II-IV, XII-XXVI con presencia de pendientes extremas y superiores a los 60°, seguidamente se encuentran los tramos VII- XI, XXVII, XXVIII con pendientes fuertes entre los 30° - 60° y finalmente los tramos restantes con pendientes moderadas, desde los 0° hasta los 30°.

- Se concluye que para la “cobertura vegetal” existe un nivel de relación MODERADO- ALTO, con respecto a la vulnerabilidad de la línea de conducción Seda Huánuco S.A., es decir, del reconocimiento del área de estudio y de las fuentes técnico científicas se pudo deducir una alta degradación de la cobertura vegetal la que viene relacionada a un equilibrio natural entre las especies típicas de nuestra región y las laderas, las cuales determinaban el proceso de estabilidad con el proceso natural entre el suelo y las lluvias. Determinar las áreas afectadas, las cuales a su vez fueron identificadas y cuantificadas por medio del ArcGIS, ayuda en la futura toma de decisiones en cuanto a la organización y clasificación de las áreas urbanas. Esta mantiene una relación moderada debido a la ausencia de la variable casi en un 100% a lo largo del tramo donde se encuentra ubicada la línea de conducción, pudiendo mencionar los tramos del mapa MCV- N° 16: II, III, parte del IV, XIX y los tramos XXI-XXIV como los únicos tramos que aún conservan parte de su cobertura vegetal, el resto de la línea de conducción o se encuentra viviendas o zonas agrícolas.
- Se concluye que para “Erosión antrópica” existe un nivel de relación MODERADO- ALTO, pero con una fuerte tendencia a ALTO con respecto a la vulnerabilidad de la línea de conducción Seda Huánuco S.A., es decir, del reconocimiento del área de estudio se pudo verificar el aumento progresivo de las zonas urbanas y un agresivo comportamiento con respecto a la línea de conducción ya sea de forma directa como indirecta. i) Existe daños estructurales a la línea de conducción por la extracción del elemento líquido con mangueras, tubos, etc. ii) Se evidencia filtración del agua en tramos colindantes a viviendas donde se evidencia muros con áreas considerables de humedad, iii) Se constató la sustracción del agua en las laderas con pendientes y alturas considerables, dejando caer el agua para riego a

lo largo del talud, pudiendo ocasionar a largo o corto plazo desestabilización de las laderas. iv) Se verificó áreas destinadas para la agricultura, sobre y bajo las laderas donde se encuentra ubicada la línea de conducción. Todo esto en los tramos del mapa EAT N° 17: I, VIII-X, XII, XIII, XVI -XVIII, XX- XXVIII.

- Del mapa de vulnerabilidad (MVT N° 19), efectivamente se muestra niveles altos para los tramos I, V, VI, VIII-X, XII-XV, XVII- XX, XII-XXVI, tramos donde efectivamente se muestran la presencia de materiales poco favorables como las arenas y arcillas por sus características típicas de ceder ante la presencia al agua (pérdida de equilibrio de los materiales presentes), por la capacidad de la arcilla de cohesión extrema de fácil quiebre y por niveles de resistencia al corte inferiores a los 0.5 kg/cm^2 . El resto de los tramos presentan rocas.
- Del mapa de vulnerabilidad (MVT N° 19), efectivamente muestra niveles altos para los tramos I, V, VI, VIII-X, XII-XV, XVII- XX, XII-XXVI, donde se puede verificar intersección de valores para pendientes extremas ($>60^\circ$) en los tramos XII – XV, XVII-XX y finalmente en los tramos XII-XXVI, y para pendientes fuertes (30° - 60°) solo en el tramo VIII-X. Evidenciando que la vulnerabilidad se muestra entre niveles “Muy Alto” y “Alto” incluso donde existe pendientes bajas y viceversa. Es por ello que el grado de asociación es de tipo correlacional evidentemente ante la falta del efecto causa- efecto.
- Del mapa de vulnerabilidad (MVT N° 19), efectivamente muestra niveles altos para los tramos I, V, VI, VIII-X, XII-XV, XVII- XX, XII-XXVI, concluyendo que para el parámetro Cobertura vegetal, los tramos no mencionados en el punto anterior, vienen a ser los tramos donde no existe o existe mínimamente la cobertura vegetal y efectivamente son los que se encuentran entre los tramos con niveles “Muy Alto” a “Alto” de los niveles de vulnerabilidad identificados.
- Del mapa de vulnerabilidad (MVT N° 19), efectivamente muestra niveles altos para los tramos I, V, VI, VIII-X, XII-XV, XVII- XX, XII-XXVI, concluyendo que para el parámetro Erosión antrópica efectivamente la influencia es al 100% sobre la vulnerabilidad en la línea de conducción Seda Huánuco S.A., ya que los tramos identificados de la información

de campo y visualizados en los mapas correspondientes corresponden en su totalidad a los tramos de Vulnerabilidad de nivel “Muy Alto” y “Alto” como se pueden verificar en los mapas correspondientes.

- Finalmente se concluye que los parámetros analizados para definir el nivel de influencia de forma significativa sobre la vulnerabilidad existente, debido a la existencia de la línea de conducción, se mantiene entre MODERADO y ALTO e incluso con una cierta tendencia al ALTO, definiendo finalmente un ALTO nivel de influencia del peligro identificado (Movimientos en masa) sobre los niveles de riesgo en la línea de conducción Seda Huánuco S.A.

RECOMENDACIONES

- Los niveles de peligro (movimientos en masa), se encuentran zonificadas según la metodología establecida por el CENEPRED, es por ello que se recomienda tener en cuenta la zonificación calculada en los mapas correspondientes, para la toma de decisiones con respecto a las zonas con MUY ALTA probabilidad de que un evento por deslizamiento o por movimiento en masa se dé.
- Los niveles de Vulnerabilidad se encuentran zonificadas según la metodología establecida por el CENEPRED, es por ello que se recomienda tener en cuenta la zonificación calculada y visualizada en los mapas correspondientes, donde se determina niveles de MUY ALTO para la estructura hidráulica existente, donde se encuentra además considerada los parámetros FISICO y SOCIAL. Es necesario considerar la información brindada para una toma de decisiones adecuada en las zonas o tramos más vulnerables.
- Los niveles de Riesgo se encuentran zonificadas según la metodología establecida por el CENEPRED, es por ello que se recomienda tener en consideración los niveles de riesgos calculados y visualizados en los mapas correspondientes, considerando que los niveles de riesgo se encuentran entre los niveles de “MUY ALTO” Y “ALTO”.
- Se recomienda un adecuado sistema de control con las viviendas cercanas a la línea de conducción, si es necesario realizar capacitaciones donde se pueda concientizar a las personas sobre la importancia de mantener la estructura en condiciones óptimas.
- Es necesario realizar estudios básicos de geotécnica de forma integral en toda la línea de conducción desde la salida de la captación en Canchán hasta la planta de tratamiento en Cabritopampa, teniendo en cuenta que la zona cuenta no solo con suelos del tipo gravas y arenas arcillosas, sino que, también de rocas con características diversas, desde intemperismo hasta con evidencia de fisuras pudiendo ocasionar a largo plazo volcamiento y derrumbes, es por ello que es necesario un

estudio integral ya sea para suelos como para determinar las fallas en rocas.

- La estructura hidráulica cuenta con más de 50 años de antigüedad y con diversas deficiencias a lo largo de todo el tramo, desde la superación de su capacidad de diseño generando variación de su estructura con el aumento de dimensiones en sus paredes, con partes deterioradas (tapas de concreto), áreas expuestas a la intemperie, zonas donde su funcionalidad es ineficiente, es decir, donde el agua no cursa de forma natural debido a asentamientos de la estructura o por la falta de limpieza en su interior, existen tramos donde pequeños y grandes derrumbes han enterrado la estructura, áreas expuestas a quebradas y al paso del flujo de detritos existentes, etc. A todo esto, viene sumada la cercanía de la línea de conducción a las viviendas. Es por ello que se recomienda a las autoridades competentes realizar prioritarias como limpieza por tramos de la línea de conducción de la parte externa e interna de la misma.
- Se recomienda, en base a los niveles de riesgos identificados, sectorizar las zonas por niveles de prioridad si se decide dar mantenimiento a la estructura en un área de influencia de 100 metros a la redonda aproximadamente.
- Se recomienda realizar un adecuado estudio de socialización con fines de poder establecer acuerdos de saneamientos físico legales con respecto a las áreas colindantes a la línea de conducción.
- Se recomienda realizar una delimitación entre la línea de conducción y el área urbana y crear medidas de protección como enmallado o muros perimétricos que no permitan el fácil ingreso de personas no autorizadas.
- Se recomienda según el mapa de pendientes y suelos determinar taludes donde sea necesario realizar trabajos de estabilidad de taludes.
- Se recomienda determinar medidas estructurales como recuperación de las zonas dañadas por la sustracción del agua de forma irregular y con la reposición e implementación de medidas de protección para las tapas faltantes y existentes.

- Es recomendable realizar de forma periódica el mantenimiento y limpieza de la línea de conducción, si es posible por tramos y por fechas específicas que permitan no solo la limpieza, sino que se tenga acceso a información de primera con respecto al estado situacional de la estructura hidráulica existente. Es decir, realizar un monitoreo constante que permita tener conocimiento de posibles fallas estructurales, con tiempos adecuados, que permitan tomar decisiones inmediatas, evitando tiempos prolongados e innecesarios por posibles reparaciones ante eventos repentinos.
- Finalmente, es también recomendable en última instancia el cambio de ubicación de la estructura hidráulica debido al entorno de exposición por deslizamientos y/o movimientos en masa ya sea por geodinámica externa y más aún por erosión antrópica, demostrado en el procesamiento del mapa de niveles de riesgo. Para ello se recomienda un estudio adecuado para la realización de estructuras mucho más adecuadas como puentes aéreos para el traslado del agua cruda con diseños adecuados de bombeo y con algunas cotas más arriba hasta la zona de la captación o con un aumento de la plataforma en la parte baja cercana a la carretera, que permita el traslado seguro y con menos riesgos del insumo para la población.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Martinez Ortega, R. M., Tuya Pendás, L.C., Martinez ortega,M., Perez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman Caracterización, 8-2.
- Alex, F. I. (2022). EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO A DESLIZAMIENTO DE TALUDES MEDIANTE LOS MÉTODOS DE TAYLOR Y MONTE CARLO EN EL TRAMO PEÑA DE LOS LOROS, CARRETERA 3N, CHOTA. Chota: Universidad Nacional Autónoma de Chota.
- Ambiente, M. d. (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. Lima: Ministerio del Ambiente.
- CENEPRED. (2014). CENTRO NACIONAL DE ESTIMACION, PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. Lima: CENEPRED.
- CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos originados por fenómenos naturales. 02 Versión. Lima: NEVA STUDIO SAC.
- Díaz, J. S. (1998). Deslizamiento y estabilidad de Taludes en zonas tropicales. Bucaramanga, Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Díaz, J. S. (2009). Deslizamientos. Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Evelyn, C. S. (2020). EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL POR EL FENOMENO DE FLUJO DE DETRITOS EN VIVIENDAS DE LA LOCALIDAD PROLONGACION 16 DE NOVIEMBRE, DISTRITO Y PROVINCIA – AMBO - 2019. Huánuco: Universidad de Huánuco.
- GESTIÓN. (18 de Marzo de 2022). <https://gestion.pe/peru/deslizamiento-en-retamas-la-libertad-6-muertos-2-desaparecidos-mas-de-50-damnificados-es-lo-que-va-dejando-el-desastre-pataz-parcoy-rmmn-noticia/?ref=gesr>. Obtenido de [https://gestion.pe/peru/deslizamiento-en-retamas-la-libertad-6-muertos-2-desaparecidos-mas-de-50-damnificados-es-lo-que-va-dejando-el-desastre-pataz-parcoy-rmmn-](https://gestion.pe/peru/deslizamiento-en-retamas-la-libertad-6-muertos-2-desaparecidos-mas-de-50-damnificados-es-lo-que-va-dejando-el-desastre-pataz-parcoy-rmmn)

- noticia/?ref=gesr: <https://gestion.pe/peru/deslizamiento-en-retamas-la-libertad-6-muertos-2-desaparecidos-mas-de-50-damnificados-es-lo-que-va-dejando-el-desastre-pataz-parcoy-rmmn-noticia/?ref=gesr>
- HUÁNUCO, S. (2020). Plan estratégico institucional 2020-2024. HUÁNUCO: SEDA HUÁNUCO S.A.
- INGEMMET. (15 de SEPTIEMBRE de 2023). GEOCATMIN. Obtenido de GEOCATMIN: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Kuroiwa, J. (2019). Gestión del Riesgo de Desastres en el siglo XXI. Lima: NSG SAC.
- La Vanguardia. (01 de Mayo de 2019). La Vanguardia . Obtenido de La Vanguardia: <https://www.lavanguardia.com/internacional/20190501/461984931202/deslizamiento-tierra-la-paz-derrumbe-edificios.html>
- Lopez, R. A. (2021). LA INFORMALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE TAPIAL Y LA VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTOS EN EL C.P ACOBAMBA – DISTRITO DE HUARIACA – PASCO – 2021”. Pasco: Universidad de Huánuco.
- Martinez Ortega, R. T. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. Revista Habanera de Ciencias Médicas, 8-2.
- Polo Sarmiento, B. R., & Polo Sarmiento, L. R. (2020). PROPUESTA DE GUÍA DE INTERVENCIÓN ANTE DESLIZAMIENTOS PARA ASEGURAR LA TRANSITABILIDAD EN CARRETERAS VECINALES. Lima - Perú: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA.
- Rojas, M. F. (2018). Analisis de movimientos en masa mediante la aplicación de SIG en la ciudad de Villavicencio en el sector Cerro de Buenavista. Villavicencio: Universidad Santo Tomás.
- RPP. (17 de NOVIEMBRE de 2021). RPP. Obtenido de RPP: <https://rpp.pe/peru/huanuco/huanuco-se-queda-sin-agua-18-horas-ante-posible-contaminacion-del-rio-higueras-que-sanciones-se-esperan-noticia-1369875#:~:text=Las%20m%C3%A1s%20de%20120%20mil,tratamiento%20de%20agua%20potable%2C%20seg%C3%BA>

- RUPTLY. (8 de Junio de 2018). RUPTLY. Obtenido de RUPTLY:
<https://actualidad.rt.com/actualidad/274876-deslizamiento-tierra-arrasar-poblacion-alpina-italia>
- S.A., S. H. (2015). PLAN MAESTRO OPTIMIZADO 2014-2044. HUÁNUCO: SEDA HUÁNUCO S.A.
- Saaty, T. L. (2001). The analytic Network Process. New York: Pittsburg University Press.
- Sánchez Gomezjurado, R. S., & Berrios Morales, C. F. (2019). Análisis de susceptibilidad a movimientos de masa mediante la modelación con un SIG en la cuenca Río Blanco, la Calera. Bogotá: Universidad de La Salle.
- Sánchez, Y. R. (2020). Metodología de la Investigación. Mexico: Soluciones educativas S. A.
- SEDA HUANUCO S.A. (01 de 01 de 2012). SEDA HUANUCO S.A. Obtenido de SEDA HUANUCO S.A.:
<https://sedahuanuco.com/pdf/MEMODES.pdf>
- SINAGERD. (2011). Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Lima: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Supo, D. J. (03 de Mayo de 2022). SeminariosDeInvestigacion.com v. 2011. Obtenido de SeminariosDeInvestigacion.com V. 2011:
kupdf.net_investigacion-cientifica-joseacute-supopdf.pdf
- Susanivar, N. P. (2021). “Comparación del método Mora - Vahrson y morfométrico en la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos, Huancayo. Huancayo: Universidad Peruana de los Andes.
- Tudiario. (10 de febrero de 2022). Tu Diario. Construcción de viviendas ponen en riesgo sistema de agua potable de Seda Huánuco, pág. 3.
- VIVIENDA, M. D. (29 de Julio de 2020). GOB.PE. Obtenido de GOB.PE:
<https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Tipismana Zevallos, R. (2024). *Niveles de riesgo y movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

Matriz de Consistencia

Tabla 87

“Niveles de riesgo y movimientos en masa en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
GENERAL:	GENERAL:	GENERAL:	INDEPENDIENTE:
¿De qué manera los movimientos en masa se relacionan con los niveles de riesgo en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023?	Determinar si los movimientos en masa se relacionan con los niveles de riesgos en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023	Los movimientos en masa se relacionan significativamente con los niveles de riesgo con en la línea de conducción de agua - Seda Huánuco 2023.	Movimientos en masa (Peligro)
ESPECÍFICOS:	ESPECÍFICOS:	ESPECÍFICOS:	DEPENDIENTE:
¿De qué manera el tipo de suelo influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023?	Analizar si el tipo de suelo influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.	El tipo de suelo influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua - Seda Huánuco 2023.	
¿En qué medida la pendiente influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023?	Identificar si la pendiente influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.	La pendiente influye significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua -Seda Huánuco 2023.	Niveles de riesgos en la línea de conducción Seda Huánuco 2023
¿En qué medida se relaciona la cobertura vegetal en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023?	Identificar si la cobertura vegetal se relaciona con la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.	La cobertura vegetal se relaciona significativamente con la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua -Seda Huánuco 2023.	
	Analizar si la erosión antrópica influye en la	La erosión antrópica influye	

¿De qué manera la erosión antrópica influye en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – Seda Huánuco 2023?

vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua – seda Huánuco 2023.

significativamente en la vulnerabilidad por movimientos en masa en la línea de conducción de agua -Seda Huánuco 2023.

ANEXO 2

Instrumento de recolección de datos

IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS - I
(Para zonas afectadas en la línea de conducción)

ITEM	COORDENADAS		DESCRIPCIÓN (Describir las áreas afectadas por construcción de viviendas, áreas agrícolas y/u otro fin)	MATERIAL DE SUELO	LONGITUD (m)	ALTO (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	VOLUMEN (m3)	EVIDENCIA FOTOGRAFICA
	X	Y								
01.00	357159	8902995	<p>El punto inicial del tramo esta conformada por el punto de captacion del agua desde el Rio Higueras. La zona viene denominada como Canchan Huariaco, jurisdicción del C.P. de Santo Domingo de Nauyan. En la actualidad dicho centro poblado cuenta con un aproximado de 270 empadronados, la zona urbana se extiende desde la quebrada Gaganani hasta la curva colindante con la localidad de Pucuchinche. El canal nace de los compartimientos o estructuras de forma rectangular ubicados en la zona los cuales ayudan al asentamiento del liquido elemento de materiales como lodo u otros, para salir después por el canal ubicado segun coordenadas presentadas, con un aproximado de 600 l/s. La estructura comprende de características de concreto de ancho 1.45 m y con paredes aproximadas de 10cm y con una profundidad de 1m.</p>	Con talud de Roca metereorizada y LIMO						
02.00	357202	8902962	<p>El presente punto representa el eje de quebrada, lugar donde se aprecia el paso del canal en estudio en forma de estructura de paso, el ancho del pase es de 7.50 metros de ancho un altura maxima del lecho de quebrada de hasta 1.50 metros. La exposicion es directa con respecto a la geodinamica externa de la zona ya que dicha quebrada se activa en determinadas épocas.</p>	Con talud de Roca metereorizada y LIMO	40.00	15.00	5.00	-	3,000.00	
03.00	357333	8902976	Pesencia de Hito ATOR -AH 1999	Con talud de Roca metereorizada y LIMO						
04.00	357389	8902973	Este punto representa el fin del tramo donde la estructura se encuentra ubicada bajo la carretera e Inicio de tramo rocoso	Con talud de Roca metereorizada y LIMO						
05.00	357416	8902982	El punto representa un tramo corto de caída de rocas, dicha zona muestra la presencia de rocas con características metereorizadas debido a su rápida desintegración,	Con talud de Roca metereorizada y LIMO						
06.00	357469	8902997	EJE DE CANAL	Con talud de Roca metereorizada y LIMO						
07.00	357483	8902991	Deslizamiento de tierra, quebrada existente	MATERIAL ORGANICO, LIMO Y ARCILLA	13.00	5.00	5.00		325.00	
08.00	357501	8902990	Caída de rocas diámetro de 1.50 metros	MATERIAL ORGANICO, LIMO Y ARCILLA						

30.00	358182	8902808	EJE DE CANAL. Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
31.00	358191	8902807	EJE DE CANAL. Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
32.00	358201	8902807	EJE DE CANAL. Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
33.00	358200	8902806	Presencia de derrumbe de material organico, limo gravoso. Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
34.00	358218	8902814	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
35.00	358242	8902822	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
36.00	358265	8902833	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
37.00	358288	8902839	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
38.00	358304	8902839	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
39.00	358318	8902840	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
40.00	358340	8902850	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
41.00	358348	8902851	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
42.00	358366	8902849	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche.	Grava y LIMO
43.00	358375	8902848	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche. Punto de robo de agua.	Grava y LIMO
44.00	358387	8902849	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche. Hacienda Pucuchinche	Grava y LIMO
45.00	358399	8902842	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche. Hacienda Pucuchinche	Grava y LIMO
46.00	358420	8902839	Zonas urbanas del caserio Pucuchinche. Hacienda Pucuchinche; la estructura de agua pasa por medio de la hacienda siendo esta de propiedad privada es dificil el acceso.	Grava y LIMO
47.00	358715	8902661	Areas urbanas. Los puto son tomadas en el eje del canal	Grava y LIMO
48.00	358715	8902663	Areas urbanas. Los puto son tomadas en el eje del canal	Grava y LIMO

1000.00 3.00 100.00 300,000.00



49.00	358723	8902661	Areas urbanas. Los puto son tomadas en el eje del canal	Grava y LIMO
50.00	358730	8902659	Areas urbanas. Los puto son tomadas en el eje del canal	Grava y LIMO
51.00	358739	8902658	Areas urbanas.	Grava y LIMO
52.00	358748	8902657	Areas urbanas.	Grava y LIMO
53.00	358758	8902653	en este punto las viviendas sufren de humedad en sus paredes. Signo de infiltracion de agua, las manchas de humedad llegan hasta 1.50 metros de altura y de hasta 2.00 metros de ancho	Grava y LIMO
54.00	358772	8902648	Areas urbanas.	Grava y LIMO
55.00	358778	8902645	Areas urbanas.	Grava y LIMO
56.00	358791	8902643	Areas urbanas.	Grava y LIMO
57.00	358802	8902650	Areas urbanas.	Grava y LIMO
58.00	358812	8902663	Areas urbanas.	Grava y LIMO
59.00	358818	8902667	Areas urbanas. Este punto cuenta cion un punto de robo de agua dañando la infraestructura	Grava y LIMO
60.00	359148	8902496	Areas urbanas.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
61.00	359117	8902506	Areas urbanas. Aqui se puede apreciar una gra acumulacion de material de cobertura que cubre gran parte del canal. Tramo cubierto 80 m aprox. Este cuenta con una en las partes altas de deslizamientos. Zona de agricultura.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
62.00	359160	8902493	Tramos donde se aprecia areas de cultivo . Este punto cuenta cion un punto de robo de agua dañando la infraestructura. Zona de agricultura.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
63.00	359188	8902498	Tramos donde se aprecia areas de cultivo .	Grava, LIMO y presencia de arcilla
64.00	359197	8902495	Tramo con presencia de derrumbes aproximadamente con 5 metros de tramo y una altura de 15 metros. Zona de agricultura.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
65.00	359222	8902484	Este tramo presenta alto nivel de deslizamientos o derrumbe de material existente debido a la presencia de la construccion de una vivienda de forma muy cercana al talud en la parte baja de la ubicacion del canal de conduccion. Zona de agricultura.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
66.00	359232	8902485	Punto de alta susceptibilidad por deslizamientos presencia de la vivienda mencionada con anterioridad. Zona de agricultura.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
67.00	359251	8902471	Punto con la presencia de derrumbes en un aproximado de 10 metros de longitud. Zona de agricultura.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
68.00	359258	8902462	Este punto cuenta con la presencia de un tubbbo que extrae agua del canal de forma clandestina dañando la estructura existente. Ademas de que toda esta cuenta con areas destinadas a la agricultura.	Grava, LIMO y presencia de arcilla



69.00	359270	8902456	Desde este punto se aprecia desborde del canal, signo de que el flujo supera la capacidad de la línea de conducción. Esta es una área de cultivo en la parte superior del talud.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
70.00	359284	8902442	Desborde del canal, signo de que el flujo supera la capacidad de la línea de conducción. Esta es una área de cultivo en la parte superior del talud.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
71.00	359289	8902433	Desborde del canal, signo de que el flujo supera la capacidad de la línea de conducción. Esta es una área de cultivo en la parte superior del talud y viviendas en la parte baja. Además de contar con punto de robo de agua.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
72.00	359291	8902429	Desborde del canal, signo de que el flujo supera la capacidad de la línea de conducción. Esta es una área de cultivo en la parte superior del talud y viviendas en la parte baja. Además de contar con punto de robo de agua.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
73.00	359321	8902416	Desborde del canal, signo de que el flujo supera la capacidad de la línea de conducción. Esta es una área de cultivo en la parte superior del talud y viviendas en la parte baja. Además de contar con punto de robo de agua.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
74.00	359328	8902418	Desborde del canal, signo de que el flujo supera la capacidad de la línea de conducción. Esta es una área de cultivo en la parte superior del talud y viviendas en la parte baja. Además de contar con punto de robo de agua.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
75.00	359333	8902421	Desborde del canal, signo de que el flujo supera la capacidad de la línea de conducción. Esta es una área de cultivo en la parte superior del talud y viviendas en la parte baja. Además de contar con punto de robo de agua.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
76.00	359334	8902421	Desborde del canal, signo de que el flujo supera la capacidad de la línea de conducción. Esta es una área de cultivo en la parte superior del talud y viviendas en la parte baja. Además de contar con punto de robo de agua.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
77.00	359347	8902425	esencia de quebrada, en la parte baja se encuentra presencia de vivienda	Grava, LIMO y presencia de arcilla
78.00	359358	8902373	ramo de considerable pendientes en la parte baja se encuentran vivienda	Grava, LIMO y presencia de arcilla
79.00	359373	8902366	ramo de considerable pendientes en la parte baja se encuentran vivienda	Grava, LIMO y presencia de arcilla
80.00	359386	8902360	ramo de considerable pendientes en la parte baja se encuentran vivienda	Grava, LIMO y presencia de arcilla
81.00	359400	8902352	Tramo de considerable pendientes en la parte baja se encuentran viviendas y áreas de cultivo	Grava, LIMO y presencia de arcilla
82.00	359424	8902339	Tramo de considerable pendientes en la parte baja se encuentran viviendas y áreas de cultivo	Grava, LIMO y presencia de arcilla
83.00	359457	8902311	Tramo de considerable pendientes en la parte baja se encuentran viviendas y áreas de cultivo	Grava, LIMO y presencia de arcilla

1000.00 100.00 5.00 500,000.00



84.00	359485	8902306	Punto con la presencia de robo del agua por medio de mangueras u otro dañando la estructura existente. Presencia de altas pendientes, viviendas en las partes bajas. Además de apreciarse en los taludes superiores el inicio de formación de ranuras o grietas como parte de la geodinamica externas de la zona en un tramo aproximado de 100 metros desde el presente punto. Así se puede apreciar en los puntos más adelante presencia de derrumbe y deslizamiento de suelos.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
85.00	359505	8902293	Presencia de derrumbe de material existente.	Grava, LIMO y presencia de arcilla
86.00	359524	8902290	Presencia de quebrada. Evidencia de deslizamientos y derrumbes	Grava, LIMO y presencia de arcilla
87.00	359532	8902286	Presencia de quebrada. Evidencia de deslizamientos y derrumbes	Grava, LIMO y presencia de arcilla
88.00	359545	8902285	Presencia de quebrada. Evidencia de deslizamientos y derrumbes	Grava, LIMO y presencia de arcilla
89.00	359567	8902272	resencia de quebrada aportante. Evidencia de deslizamientos y derrumbe	Grava, LIMO y presencia de arcilla
90.00	359575	8902261	ncia de presencia de material deslizable. Zona con pendientes consideri	Grava, LIMO y presencia de arcilla
91.00	359595	8902249	ncia de presencia de material deslizable. Zona con pendientes consideri	Grava, LIMO y presencia de arcilla
92.00	359625	8902254	ncia de presencia de material deslizable. Zona con pendientes consideri	Grava, LIMO y presencia de arcilla
93.00	359650	8902241	Altas pendientes y presencia de taludes con la presencia de rocas.	Limo y Rocas.
94.00	359661	8902235	Altas pendientes y presencia de taludes con la presencia de rocas.	Limo y Rocas.
95.00	359682	8902230	Altas pendientes y presencia de taludes con la presencia de rocas.	Limo y Rocas.
96.00	359708	8902220	Altas pendientes y presencia de taludes con la presencia de rocas.	Limo y Rocas.
97.00	359722	8902212	Altas pendientes y presencia de taludes con la presencia de rocas.	Limo y Rocas.
98.00	359746	8902209	Altas pendientes y presencia de taludes con la presencia de rocas.	Limo y Rocas.
99.00	359760	8902206	Altas pendientes y presencia de taludes con la presencia de rocas.	Limo y Rocas.

500.00 100.00 5.00 250,000.00



100.00	359770	8902206	Punto de robo de agua dañando la estructura de agua potable	Limo y Rocas.
101.00	359783	8902203	Eje de quebrada presencia de derrumbes	Roca, LIMO y presencia de arcilla
102.00	359817	8902170	Pendientes pronunciadas y vegetación de la zona	Roca, LIMO y presencia de arcilla
103.00	359825	8902162	Pendientes pronunciadas y vegetación de la zona	Roca, LIMO y presencia de arcilla
104.00	359833	8902149	Presencia de derrumbe en una longitud aproximada de 30 metros el canal se encuentra totalmente cubierto por material de limo y material de cobertura	Roca, LIMO y presencia de arcilla
105.00	359858	8902138	Presencia de postes de alta tensión y telefonía móvil. Pendientes pronunciadas y presencia de rocas	Roca, LIMO y presencia de arcilla
106.00	359884	8902121	Punto de pendientes pronunciadas y de presencia de rocas	Roca, LIMO y presencia de arcilla
107.00	359900	8902121	Punto se evidencia robo de agua dañando la estructura existente	Roca, LIMO y presencia de arcilla
108.00	359918	8902109	Presencia de caída de rocas en una longitud aproximada de 30 metros	Roca, LIMO y presencia de arcilla
109.00	359948	8902063	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
110.00	359957	8902056	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
111.00	359972	8902040	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
112.00	359981	8902028	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
113.00	359987	8902024	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
114.00	360004	8902015	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
115.00	360014	8902009	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
116.00	360029	8901997	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
117.00	360042	8901990	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla

500.00 100.00 5.00 250,000.00



118.00	360061	8901990	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
119.00	360104	8901980	Tramo con pendientes pronunciadas y predominante material rocoso	Roca, LIMO y presencia de arcilla
120.00	360114	8901976	Zona donde se puede encontrar viviendas en la parte baja del talud	Roca, LIMO y presencia de arcilla
121.00	360128	8901974	Zona donde se puede encontrar viviendas en la parte baja del talud	Roca, LIMO y presencia de arcilla
122.00	360134	8901973	Zona donde se puede encontrar viviendas en la parte baja del talud	Roca, LIMO y presencia de arcilla
123.00	360159	8901969	areas con pendiente muy pronunciadas	Bloques, LIMO y presencia de arcilla
124.00	360208	8901988	Presencia de quebrada de grande magnitud	Bloques, LIMO y presencia de arcilla
125.00	360210	8901937	Presencia de quebrada de grande magnitud	Bloques, LIMO y presencia de arcilla
126.00	360225	8901920	Punto donde se puede encontrar sustraccion de agua de la linea de conduccion con una tuberia de 4" hacia la parte baja del talud	Bloques, LIMO y presencia de arcilla
127.00	360257	8901903	Zona de considerable altura y pendientes fuertes	rocas, limo y arcilla
128.00	360281	8901889	Zona de considerable altura y pendientes fuertes	rocas, limo y arcilla
129.00	360306	8901880	Zona de considerable altura y pendientes fuertes	rocas, limo y arcilla
130.00	360323	8901876	Presencia de rocas de gran magnitud sobre la linea de coduccion.	rocas y grava limosa
131.00	360368	8901840	Zonas muy rocosas y de gran pendientes	rocas y grava limosa
132.00	360384	8901826	Zonas muy rocosas y de gran pendientes	rocas y grava limosa
133.00	360393	8901818	Zonas muy rocosas y de gran pendientes y punto de sustraccion de agua por medio de mangueras	rocas y grava limosa
134.00	360469	8901785	Zonas muy rocosas todo un tramo de casi 20 metros con rocas expuestas sobre y bajo la linea de conduccion ademas de fuertes pendientes	rocas y grava limosa
135.00	360504	8901758	Zonas muy rocosas y de gran pendientes	rocas y grava limosa

500.00 100.00 5.00 250,000.00



136.00	360519	8901748	Zonas muy rocosas y de gran pendientes	rocas y grava limosa				
137.00	360561	8901730	Zonas muy rocosas y de gran pendientes	rocas y grava limosa				
138.00	360575	8901722	Zonas muy rocosas y de gran pendientes	rocas y grava limosa				
139.00	360616	8901701	Zonas muy rocosas y de gran pendientes	rocas y grava limosa				
140.00	360633	8901694	Zonas muy rocosas y de gran pendientes	rocas y grava limosa				
141.00	360665	8901683	Evidencia de erosion de las laderas. Ademas se evidencia un nivel de deterioro de la linea de conduccion, las tapas se encuentran rotas con el agu expuesta	rocas y grava limosa				
142.00	360683	8901684	la linea de conduccion presenta danos estructurales con tapas rotas, la zona cuenta con un tipo de material erosionable	grava limosa				
143.00	360759	8901641	la linea de conduccion presenta danos estructurales con tapas rotas, la zona cuenta con un tipo de material erosionable	grava limosa				
144.00	360771	8901634	la linea de conduccion presenta danos estructurales con tapas rotas, la zona cuenta con un tipo de material erosionable	grava limosa				
145.00	360828	8901613	Punto de toma de agua de la linea de conduccion, dice ser autorizado sin embrago no se parecia una toma adecuada.	grava limosa				
146.00	360849	8901607	La zona presenta un material altamente erosinable	grava limosa				
147.00	360867	8901604	Punto de toma de agua de la linea de conduccion	grava limosa				
148.00	360903	8901602	La zona presenta un material altamente erosinable	grava limosa				
149.00	360915	8901600	Punto de toma de agua de la linea de conduccion	grava limosa				
150.00	360926	8901600	Punto de toma de agua de la linea de conduccion	grava limosa	200.00	100.00	5.00	100,000.00
151.00	360951	8901598	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava limosa				
152.00	360992	8901598	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava limosa				
153.00	361000	8901595	Punto de toma de agua de la linea de conduccion	grava limosa				



154.00	361001	8901604	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable. Aquí se inicio de muro existente	grava limosa
155.00	361025	8901601	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable. Aquí termina el muro existente	grava limosa
156.00	361034	8901599	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava limosa
157.00	361043	8901601	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable. Aquí se inicia el segundo muro existente	grava limosa
158.00	361052	8901603	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable. Aquí termina el segundo muro existente	grava limosa



159.00	361069	8901604	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
160.00	361085	8901606	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
161.00	361109	8901606	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
162.00	361142	8901607	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
163.00	361159	8901611	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
164.00	361183	8901617	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
165.00	361192	8901612	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
166.0	361223	8901611	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas	250.00	100.00	5.00	125,000.00
167.00	361245	8901608	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable. Inicio de areas urbanas en las zonas bajas del talud.	grava arcillosa con presencia de rocas				
168.00	361260	8901606	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable. Presencia de toma de agua dañando la estructura existente	grava arcillosa con presencia de rocas				
169.00	361293	8901605	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable. Presencia de toma de agua dañando la estructura existente	grava arcillosa con presencia de rocas				
170.00	361339	8901616	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
171.00	361355	8901621	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
172.00	361386	8901664	Areas de considerables pendientes, de material altamente erosinable	grava arcillosa con presencia de rocas				
173.00	361547	8901363	insiderables pendientes, de material altamente erosinable y fin de las zor	grava arcillosa con orencia de rocas				



ANEXO 3

Constancia de validación de instrumentos



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

Título de la Investigación: "Niveles de Riesgo y movimientos en masa en la línea de conducción - Seda Huánuco 2023"

Tesista: Bach. Tipismana Zevallos, Roxana Katherine. Asesor: Dr. Eric Segura Tito.

Facultad: Ingeniería Civil. Nombre del especialista y/o experto: Ing. Elfer Alonso Romero Bodadilla

Calificar con los valores de 1, 2, 3, 4 o 5 los ítems presentados a continuación

Variable Independiente (X):		Pertinente	Relevante	Coherente	Objetivo	Claridad	Total
Movimientos en masa de taludes	Suelos	4	5	5	5	5	4.80
	Pendientes	4	5	5	5	5	4.80
	Cobertura vegetal	3	4	4	4	5	4.00
	Erosión antrópica	5	5	5	5	5	5.00
						Promedio=	4.65
Variable Dependiente (Y):		Pertinente	Relevante	Coherente	Objetivo	Claridad	Total
Niveles de Riesgo en la línea de conducción Seda Huánuco	Vulnerabilidad	5	5	5	5	5	5.00
						Promedio=	5.00
						Promedio de los valores obtenidos=	4.83

Calificación descriptiva: 1= INSUFICIENTE 2= BAJO 3= MODERADO 4= ALTO 5= OPTIMO

En el caso de que alguna dimensión no ha sido evaluada mencionar: ¿Cuál de ellas es?

CALIFICACION OBTENIDA: 4.83

CALIFICACION DESCRIPTIVA: OPTIMO

¿El instrumento puede ser ejecutado según como viene elaborado?

SI (X)

NO ()

(Calificación del experto)

Huánuco, 17 de noviembre del 2023

(Sello y firma del especialista y/o experto) Ing. Elfer Alonso Romero Bodadilla Evaluador de Riesgo R. J. N° 033-2019- CENEPRED-J CIP: 160245



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

Título de la Investigación:

"Niveles de Riesgo y movimientos en masa en la línea de conducción - Seda Huánuco 2023"

Tesisista:

Bach. Tipismana Zevallos, Roxana Katherine.

Asesor:

Dr. Eric Segura Tito.

Facultad:

Ingeniería Civil

Nombre del especialista y/o
experto:

Ed Luis Flores Salas

Calificar con los valores de 1, 2, 3, 4 o 5 los ítems presentados a continuación

Variable Independiente (X):		Pertinente	Relevante	Coherente	Objetivo	Claridad	Total
Movimientos en masa de taludes	Suelos	4	5	5	5	4	4.60
	Pendientes	4	5	5	5	5	4.80
	Cobertura vegetal	4	5	5	5	4	4.60
	Erosión antrópica	5	5	5	5	5	5.00
<i>Promedio=</i>							4.75
Variable Dependiente (Y):		Pertinente	Relevante	Coherente	Objetivo	Claridad	Total
Niveles de Riesgo en la línea de conducción Seda Huánuco	Vulnerabilidad	4	5	5	5	4	4.60
<i>Promedio=</i>							4.60
<i>Promedio de los valores obtenidos=</i>							4.68
Calificación descriptiva:		1= INSUFICIENTE	2= BAJO	3= MODERADO	4= ALTO	5= OPTIMO	

En el caso de que alguna dimensión no ha sido evaluada mencionar: ¿Cuál de ellas es?

CALIFICACION OBTENIDA:

4.68

CALIFICACION DESCRIPTIVA:

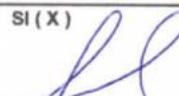
OPTIMO

¿El instrumento puede ser ejecutado según como viene elaborado?

SI (X)

NO ()

(Calificación del experto)


 Ed Luis Flores Salas
 INGENIERO CIVIL
 EVALUADOR DE RIESGO
 Acreditado con Resolución: 107-2017-CENEPRED-J

Huánuco, 15 de noviembre del 2023

(Sello y firma del especialista y/o experto)
 Ing. Ed Luis Flores Salas
 Evaluador de Riesgo
 R. J. N° 107-2017- CENEPRED-J
 CIP: 141581

ANEXO 4
Matrices de Saaty
(Análisis multicriterio)

PARÁMETRO: TIPO DE SUELOS

1.- MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

SUELOS	Suelos de condiciones excepcionales (S_4)	Suelos Intermedios (S_2) y suelos blandos (S_3)	Roca o suelo muy rígido (S_1)	Roca dura (S_0)
Suelos de condiciones excepcionales (S_4)	1.00	2.00	3.00	5.00
Suelos Intermedios (S_2) y suelos blandos (S_3)	0.50	1.00	2.00	3.00
Roca o suelo muy rígido (S_1)	0.33	0.50	1.00	2.00
Roca dura (S_0)	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA (Σ)	2.03	3.83	6.50	11.00
1/SUMA (Σ)	0.49	0.26	0.15	0.09

2.- MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

SUELOS	Suelos de condiciones excepcionales (S_4)	Suelos Intermedios (S_2) y suelos blandos (S_3)	Roca o suelo muy rígido (S_1)	Roca dura (S_0)	Vector de Priorización	%
Suelos de condiciones excepcionales (S_4)	0.492	0.522	0.462	0.455	0.482	48.241
Suelos Intermedios (S_2) y suelos blandos (S_3)	0.246	0.261	0.308	0.273	0.272	27.180
Roca o suelo muy rígido (S_1)	0.164	0.130	0.154	0.182	0.158	15.751
Roca dura (S_0)	0.098	0.087	0.077	0.091	0.088	8.829

3.- VECTOR DE PRIORIZACIÓN

VALORES OBTENIDOS DEL VECTOR DE PRIORIZACIÓN				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.482	0.544	0.473	0.441	1.940	4.021	16.058	4.015
0.241	0.272	0.315	0.265	1.093	4.021		
0.161	0.136	0.158	0.177	0.631	4.005		
0.096	0.091	0.079	0.088	0.354	4.011		

4.- RELACIÓN DE CONSISTENCIA

IC	0.005
RC	0.005

PARÁMETRO: PENDIENTES

1.- MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

PENDIENTE	> 60°	30° - 60°	15° - 30°	0° - 15°
> 60°	1.00	3.00	5.00	9.00
30° - 60°	0.33	1.00	3.00	5.00
15° - 30°	0.20	0.33	1.00	3.00
0° - 15°	0.11	0.20	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.64	4.53	9.33	18.00
1/SUMA (Σ)	0.61	0.22	0.11	0.06

2.- MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PENDIENTE	> 60°	30° - 60°	15° - 30°	0° - 15°	Vector de Priorización	%
> 60°	0.608	0.662	0.536	0.500	0.576	57.640
30° - 60°	0.203	0.221	0.321	0.278	0.256	25.562
15° - 30°	0.122	0.074	0.107	0.167	0.117	11.724
0° - 15°	0.068	0.044	0.036	0.056	0.051	5.074

3.- VECTOR DE PRIORIZACIÓN

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λmax	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.576	0.767	0.586	0.457	2.386	4.140	16.308	4.077
0.192	0.256	0.352	0.254	1.053	4.120		
0.115	0.085	0.117	0.152	0.470	4.008		
0.064	0.051	0.039	0.051	0.205	4.040		

4.- RELACIÓN DE CONSISTENCIA

IC	0.026
RC	0.029

PARÁMETRO: COBERTURA VEGETAL

1.- MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

COBERTURA VEGETAL	U	Agri	Ma	VZH
U	1.00	3.00	4.00	5.00
Agri	0.33	1.00	3.00	4.00
Ma	0.25	0.33	1.00	3.00
VZH	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.78	4.58	8.33	13.00
1/SUMA (Σ)	0.56	0.22	0.12	0.08

2.- MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

COBERTURA VEGETAL	U	Agri	Ma	VZH	Vector de Priorización	%
U	0.561	0.655	0.480	0.385	0.520	51.998
Agri	0.187	0.218	0.360	0.308	0.268	26.820
Ma	0.140	0.073	0.120	0.231	0.141	14.092
VZH	0.112	0.055	0.040	0.077	0.071	7.090

3.- VECTOR DE PRIORIZACIÓN

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.520	0.805	0.564	0.355	2.243	4.313	16.734	4.184
0.173	0.268	0.423	0.284	1.148	4.280		
0.130	0.089	0.141	0.213	0.573	4.066		
0.104	0.067	0.047	0.071	0.289	4.075		

4.- RELACIÓN DE CONSISTENCIA

IC	0.061
RC	0.069

PARÁMETRO: EROSIÓN ANTRÓPICA

1.- MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES

EROSIÓN ANTRÓPICA Forma/ Volumen	SOCAVACIÓN > 1500 m ³	DEGRADACIÓN DEL TALUD > 600m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	CARCAVAS O CURSOS DE AGUA > 40 m ³	LAMINAR > 10 m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte
SOCAVACION > 1500 m ³	1.00	3.00	5.00	6.00
DEGRADACION DEL TALUD > 600m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	0.33	1.00	3.00	5.00
CARCAVAS O CURSOS DE AGUA > 40 m ³	0.20	0.33	1.00	3.00
LAMINAR > 10 m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA (Σ)	1.70	4.53	9.33	15.00
1/SUMA (Σ)	0.59	0.22	0.11	0.07

2.- MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

EROSIÓN ANTRÓPICA Forma/ Volumen	SOCAVACIÓN > 1500 m ³	DEGRADACIÓN DEL TALUD > 600m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	CARCAVA S O CURSOS DE AGUA > 40 m ³	LAMINAR > 10 m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	Vector de Prioriza ción	%
SOCAVACION > 1500 m ³	0.588	0.662	0.536	0.400	0.546	54.6 43
DEGRADACION DEL TALUD > 600m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	0.196	0.221	0.321	0.333	0.268	26.7 86
CARCAVAS O CURSOS DE AGUA > 40 m ³	0.118	0.074	0.107	0.200	0.125	12.4 58
LAMINAR > 10 m ³ y con filtración de agua por riego o por transporte	0.098	0.044	0.036	0.067	0.061	6.11 3

3.- VECTOR DE PRIORIZACIÓN

VALORES OBTENIDOS POR LAS MATRICES				SUMA (Σ)	λ_{max}	SUMA (Σ)	PROMEDIO
0.546	0.804	0.623	0.367	2.340	4.282	16.610	4.152
0.182	0.268	0.374	0.306	1.129	4.216		
0.109	0.089	0.125	0.183	0.507	4.066		
0.091	0.054	0.042	0.061	0.247	4.045		

4.- RELACIÓN DE CONSISTENCIA

IC	0.051
RC	0.058

ANÁLISIS MULTICRITERIO DEL PELIGRO

FACTORES CONDICIONANTES					FAC. DESENCADENANTE		
SUELOS	PENDIENTE	COBERTURA VEGETAL	VALOR DE FACTOR CONDICIONANTE	PESO DE FACTOR CONDICIONANTE	EROSIÓN ANTRÓPICA Forma/ Volumen	VALOR DE FACTOR DESENCADENANTE	PESO DE FACTOR DESENCADENANTE
0.669	0.243	0.088			1.00		
0.482	0.576	0.520	0.509		0.546	0.546	
0.272	0.256	0.268	0.268	0.400	0.268	0.268	0.600
0.158	0.117	0.141	0.146		0.125	0.125	
0.088	0.051	0.071	0.078		0.061	0.061	

SUSCEPTIBILIDAD		FENÓMENO		PELIGRO
VALOR DE LA SUSCEPTIBILIDAD	PESO DE LA SUSCEPTIBILIDAD	POTENCIAL DESTRUCTIVO	PESO DEL FENÓMENO	VALOR DE LA PELIGROSIDAD
0.531		0.535		0.532
0.268	0.700	0.278	0.300	0.271
0.133		0.124		0.130
0.068		0.064		0.067

NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD				
NIVEL	RANGO			
Muy Alto	0.268	≤	P	≤ 0.531
Alto	0.133	≤	P	< 0.268
Medio	0.068	≤	P	< 0.133
Bajo	0.000	≤	P	< 0.068

NIVELES DE PELIGRO				
NIVEL	RANGO			
Muy Alto	0.271	≤	P	≤ 0.532
Alto	0.130	≤	P	< 0.271
Medio	0.067	≤	P	< 0.130
Bajo	0.000	≤	P	< 0.067

PELIGRO	0.532	0.031	0.064	0.142	0.295
	0.271	0.016	0.033	0.072	0.150
	0.130	0.008	0.016	0.035	0.072
	0.067	0.004	0.008	0.018	0.037
	0.059	0.120	0.267	0.553	
VULNERABILIDAD					

ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO

DIMENSION FÍSICA					DIMENSIÓN SOCIAL					VALOR DE LA VULNERABILIDAD
EXPOSICIÓN FÍSICA	FRAGILIDAD FÍSICA	RESILIENCIA FÍSICA	VALOR DE LA DIMENSIÓN FÍSICA	PESO DE LA DIMENSIÓN FÍSICA	EXPOSICIÓN SOCIAL	FRAGILIDAD SOCIAL	RESILIENCIA SOCIAL	VALOR DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	
0.653	0.251	0.096			0.653	0.251	0.096			
0.583	0.524	0.482	0.559	0.600	0.558	0.512	0.545	0.545	0.400	0.553
0.266	0.271	0.272	0.268	0.600	0.263	0.275	0.259	0.266	0.400	0.267
0.102	0.135	0.158	0.116	0.600	0.122	0.138	0.134	0.127	0.400	0.120
0.048	0.070	0.088	0.057	0.600	0.057	0.074	0.061	0.062	0.400	0.059

NIVELES DE VULNERABILIDAD			
NIVEL	RANGO		
Muy Alto	0.267	≤ V ≤	0.553
Alto	0.120	≤ V <	0.267
Medio	0.059	≤ V <	0.120
Bajo	0.000	≤ V <	0.059

NIVELES DE RIESGO			
NIVEL	RANGO		
Muy Alto	0.072	≤ R ≤	0.295
Alto	0.016	≤ R <	0.072
Medio	0.004	≤ R <	0.016
Bajo	0.000	≤ R <	0.004