

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL
PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL
SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE
CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS**

PRESENTADO POR:

Br. DANIEL ABED DAVALOS MANZANARES

Br. ALEXANDER NICOLAS SALAZAR HURTADO

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

ASESOR:

Mgt. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

CUSCO - PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA
 quien aplica el software de detección de similitud al
 trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA
PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL
SECTOR UYANICCAN, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO,
PROVINCIA DE COTABAMBAS

Presentado por: DANIEL ARED DAVALOS MANZANARES DNI N° 72918289;
 presentado por: ALEXANDER NICOLAS SALAZAR HURTADO DNI N°: 70171677
 Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO GEOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 28 de ABRIL de 20 26.



Firma

Post firma Ronald Luis Lopez Zapana

Nro. de DNI 23923900

ORCID del Asesor 0000-0003-0148-6535

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio. TURNITIN
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259 : 577974344

C.3 TESIS_RS_NS&DD_texto.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:577974344

314 páginas

Fecha de entrega

13 abr 2026, 9:41 a.m. GMT-5

82.856 palabras

Fecha de descarga

13 abr 2026, 9:52 a.m. GMT-5

453.875 caracteres

Nombre del archivo

C.3 TESIS_RS_NS&DD_texto.pdf

Tamaño del archivo

16.8 MB




9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
46 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



DEDICATORIA

A mis padres, Abel y Vilma, por su amor, sus consejos y su apoyo incondicional. Gracias a ustedes pude mantenerme firme y alcanzar cada uno de mis objetivos. Todo lo que he logrado también les pertenece.

A mis abuelitos que hoy descansan en el cielo, Cleofe y César, cuyo recuerdo ilumina mi camino y me da fuerza incluso en la distancia eterna.

A mis abuelos Gabriel y Yolanda, por sus palabras sabias, su guía constante y por enseñarme a enfrentar con valentía cada desafío de este proceso.

A mi hermano Gian Carlos, por ser un gran hermano, un compañero de vida y un apoyo constante en cada etapa. Gracias por tu compañía, tus palabras y por estar siempre presente.

A mi hermano menor César Gabriel, quien durante estos últimos 14 años ha llenado mis días de sonrisas. Este trabajo también es para ti, para que lo tomes como ejemplo y te inspires a mirar tu futuro con determinación y esperanza. Confío plenamente en todo lo que llegarás a lograr.

Y a mi enamorada Milagros, por acompañarme desde el inicio, por su apoyo en los momentos más exigentes y por creer en mí incluso cuando las dificultades parecían mayores. Gracias por ser mi fortaleza y mi motivación constante.

A cada uno de ustedes, con profundo cariño y gratitud, dedico este trabajo.

Atte. Alexander Nicolas Salazar Hurtado



A mis padres, gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo, la disciplina y la humildad. A mis hermanos, gracias por su alegría, por sus mensajes impulsándome a seguir y por recordarme siempre quién soy más allá de cualquier obstáculo académico o profesional.

Realizar esta investigación en una zona tan agreste, enfrentando largas jornadas de campo y el desafío constante del entorno, puso a prueba no solo mis conocimientos, sino también mi fortaleza personal. Hubo días de incertidumbre, de cansancio y de dudas, pero siempre los llevaba conmigo en pensamiento. Sus voces de ánimo, aunque a la distancia, fueron la energía que me permitió avanzar cuando el terreno era difícil y la meta parecía distante.

Este logro no es solo mío. Es el reflejo del amor, la unidad y el apoyo que me ha brindado mi familia toda la vida. A ustedes dedico cada página de esta tesis y cada paso que puedo dar.

Atte. Daniel Abed Davalos Manzanares



INDICE

RESUMEN	21
ABSTRACT	22
INTRODUCCIÓN	23
Capítulo I. Generalidades	26
1.1. Ubicación	26
1.1.1.Ubicación Política	26
1.1.2.Ubicación Geográfica.....	26
1.2. Accesibilidad.....	27
1.3. Planteamiento Del Problema	27
1.3.1.Descripción del Problema	27
1.3.2.Formulación del Problema General.....	29
1.3.3.Formulación de Problemas Específicos	29
1.4. Objetivos.....	30
1.4.1.Objetivo General	30
1.4.2.Objetivos Específicos.....	30
1.5. Hipótesis.....	30
1.5.1.Hipótesis General	30
1.5.2.Hipótesis Especificas	31
1.6. Importancia y Justificación	31
1.6.1.Conveniencia	32
1.6.2.Relevancia social	32
1.6.3.Implicaciones prácticas	32
1.6.4.Valor teórico.....	33
1.6.5.Utilidad metodológica.....	33
1.7. Identificación de Variables	33
1.7.1.Variables.....	33
1.7.2.Dimensiones	34
1.8. Tipo y Nivel de investigación.....	36
1.8.1.Tipo de Investigación	36
1.8.2.Nivel de investigación	36
1.9. Diseño de investigación	37
1.10. Población y muestra.....	37
1.10.1. Población	37



1.10.2. Muestra	37
1.11. Fases de Elaboración del Estudio	38
1.11.1. Fase de pre Campo.....	38
1.11.2. Fase de Campo	38
1.11.3. Fase de Gabinete	39
1.12. Recopilación y Análisis de Información Secundaria.....	40
1.13. Marco Normativo	44
Capítulo II. Fundamento Teórico.....	46
2.1. Marco Referencial.....	46
2.2.1. Antecedentes	46
2.2. Marco Teórico.....	50
2.2.2. Relleno Sanitario.....	50
2.2.3. Clasificación de relleno sanitario	51
2.2.4. Distribución general de la infraestructura de residuos sólidos	52
2.2.5. Estudios Preliminares para la construcción de rellenos sanitarios.....	52
2.3. Definición de términos básicos.....	54
2.3.1. Geodinámica o geología dinámica	54
2.3.2. Procesos Geodinámicos Externos	54
2.3.3. Movimientos de ladera	55
2.3.4. Tipos de movimiento	55
2.3.5. Capacidad de carga	57
2.3.6. Capacidad portante o resistencia de suelos	57
2.3.7. Peso Unitario de un Suelo.....	57
2.3.8. Permeabilidad hidráulica del suelo	57
2.3.9. Sistema de clasificación de suelos.....	58
2.3.10. Compresión Simple en Rocas	58
2.3.11. Peso Unitario de una Roca.....	58
2.3.12. Clasificaciones geomecánicas.....	58
2.4. Geofísica	59
2.4.1. Tomografía eléctrica	59
2.5. Hidrología	60
2.5.1. Umbrales de Precipitación	60
2.5.2. Outlier (Prueba de datos dudosos).....	61
2.5.3. Pruebas de Bondad de Ajuste (Kolmogorov Smirnov).....	61



2.5.4. Determinación de la Tormenta de Diseño	62
2.5.5. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia	63
2.5.6. Caudales Máximos de diseño por el Método Racional	64
2.5.7. El Coeficiente de escorrentía C	66
2.5.8. El tiempo de Concentración (Tc)	66
2.5.9. Cálculo de Intensidades (I)	66
2.5.10. Balance Hídrico	67
2.5.11. Método Thornthwaite (ETP)	68
2.5.12. Método Turc (ETR)	69
2.6. Geotecnia y geodinámica	69
2.6.1. Métodos de Equilibrio Limite	69
2.6.2. Método de Morgenstern y Price	72
2.6.3. Caída de Rocas	74
2.7. Estimación o cálculo del riesgo	75
Capítulo III. Geomorfología	76
3.1. Geomorfología Regional	76
3.1.1. Abanico de pie de monte (Ab)	77
3.1.2. Montaña sobre roca sedimentaria (RM-rs)	77
3.1.3. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)	77
3.2. Geomorfología Local	77
3.2.1. Cauce de drenaje (CdD)	78
3.2.2. Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	78
3.2.3. Terrazas Altas (Trzs-Al)	78
3.2.4. Pie de Monte (PdM)	78
3.2.5. Laderas de Montaña (LdM)	79
3.3. Pendientes	80
3.3.1. Pendiente Llano a inclinado de 0° a 5°	81
3.3.2. Pendiente Moderadamente Empinado de 5° a 15°	81
3.3.3. Pendiente Empinado de 15° a 25°	81
3.3.4. Pendiente Fuertemente Empinado de 25° a 45°	81
3.3.5. Pendiente Escarpado >45°	81
Capítulo IV. Geología	83
4.1. Geología Regional	83
4.1.1. Formación Hualhuani (Ki-hu)	84



4.1.2. Formación Murco (Ki-mu).....	84
4.1.3. Depósito Aluvial (Qh -al)	84
4.2. Geología Local.....	85
4.2.1. Afloramientos de Cuarzitas (Afl-Qrzs)	85
4.2.2. Depósitos Coluviales (Q-Co).....	87
4.2.3. Depósitos Aluviales (Q-al).....	87
4.2.4. Depósitos Lacustres (Q-lcs).....	88
4.2.5. Depósitos Fluviales (Q-flv)	89
4.3. Geología Estructural Regional	91
4.4. Geología Estructural Local.....	92
4.4.1. Estratificaciones (S)	92
4.4.2. Fallas	95
4.4.3. Fracturas.....	99
Capítulo V. Hidrología e Hidrogeología	111
5.1. Condiciones Climatológicas	111
5.1.1. Clima Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío	111
5.1.2. Ubicación Hidrográfica	111
5.1.3. Umbrales de Precipitación	111
5.2. Hidrología de Máximas Avenidas.....	112
5.2.1. Parámetros Morfométricos de las Cuencas de Estudio	112
5.2.2. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos.....	116
5.2.3. Determinación de la Tormenta de Diseño	141
5.2.4. Obtención de los Caudales Máximos de diseño por el Método Racional.....	161
5.2.5. Simulación Hidráulica.....	164
5.3. Balance hídrico superficial	164
5.3.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca Maquerwa	164
5.3.2. Precipitación	166
5.3.3. Temperatura	176
5.3.4. Evapotranspiración	182
5.3.5. Balance Hídrico.....	184
5.4. Hidrogeología	186
5.4.1. Registro de Fuentes Hídricas	186
Capítulo VI. Características Generales del Área de Estudio.....	198
6.1. Características Socioeconómicas	198



6.1.1. Características Sociales.....	198
6.1.2. Características Económicas.....	200
6.1.3. Características de los Servicios Básicos.....	202
6.2. Características Físicas de la Zona a Evaluar.....	203
6.2.1. Cobertura Vegetal.....	203
Capítulo VII. Análisis de Estabilidad de Taludes	205
7.1. Análisis de Estabilidad de Taludes Bajo Acción Sísmica.....	207
7.2. Propiedades Geotécnicas de las Litologías de los Taludes.....	209
7.3. Cálculos de Factores de Seguridad en los Taludes Analizados.....	215
7.4. Caída de Rocas.....	217
Capítulo VIII. Determinación del Peligro.....	223
8.1. Metodología para la Determinación del Peligro.....	223
8.2. Recopilación, Análisis y Sistematización de Información Recopilada.....	225
8.3. Identificación del Tipo de Peligro a Evaluar.....	225
8.4. Susceptibilidad del Ámbito Geográfico Ante Peligros.....	226
8.5. Ponderación de los Parámetros de Evaluación Inundación Pluvial.....	226
8.6. Factores Condicionantes Inundación Pluvial.....	228
8.6.1. Pendiente.....	229
8.6.2. Unidades Geomorfológicas.....	230
8.6.3. Unidades Geológicas.....	231
8.7. Factores Desencadenantes Inundación Pluvial.....	231
8.7.1. Umbrales de Precipitación.....	231
8.8. Definición de Escenarios por Inundación Pluvial.....	232
8.9. Definición y Estratificación del Nivel de Peligro por Inundación Pluvial.....	233
8.10. Jerarquización de las Dimensiones de Peligrosidad por Inundación Pluvial.....	234
8.11. Ponderación de los Parámetros de Evaluación Erosión Pluvial.....	236
8.12. Factores Condicionantes Erosión Pluvial.....	237
8.12.1. Cobertura Vegetal.....	238
8.12.2. Unidades Geomorfológicas.....	239
8.12.3. Unidades de Pendiente.....	240
8.13. Factores Desencadenantes Erosión Pluvial.....	241
8.13.1. Umbrales de Precipitación.....	241
8.14. Definición de Escenarios por Erosión Pluvial.....	242
8.15. Definición y Estratificación del Nivel de Peligro por Erosión Pluvial.....	242



8.16.	Jerarquización de las Dimensiones de Peligrosidad por Erosión Pluvial	243
8.17.	Estratificación del Nivel de Peligrosidad por Erosión Pluvial.....	244
8.18.	Ponderación de los Parámetros de Evaluación Deslizamiento	245
8.19.	Factores Condicionantes Deslizamientos	246
8.19.1.	Unidades Geológicas (Litológicas)	247
8.19.2.	Pendientes	248
8.19.3.	Geomorfología.....	249
8.20.	Factores Desencadenantes Deslizamiento.....	250
8.20.1.	Umbrales de Precipitación.....	250
8.21.	Definición de Escenarios por Deslizamiento.....	251
8.22.	Definición y Estratificación del Nivel de Peligro por Deslizamiento	252
8.23.	Jerarquización de las Dimensiones de Peligrosidad por Deslizamiento.....	253
8.24.	Análisis de Elementos Expuestos.....	255
Capítulo IX.	Análisis de Vulnerabilidad	256
9.1.	Metodología para el Análisis de la Vulnerabilidad	256
9.2.	Análisis de la Vulnerabilidad	257
9.2.1.	Análisis de la Dimensión Social.....	257
9.2.2.	Análisis de la Dimensión Económica.....	265
9.2.3.	Análisis de la Dimensión Ambiental	272
9.3.	Jerarquización de las Dimensiones de la Vulnerabilidad.....	281
9.4.	Definición de los Niveles de Vulnerabilidad.....	282
9.5.	Jerarquización de las Dimensiones de Vulnerabilidad	283
9.6.	Estratificación de los Niveles de Vulnerabilidad	285
Capítulo X.	Cálculo de los Niveles de Riesgo	286
10.1.	Metodología para el Cálculo de Riesgo	286
10.2.	Definición y Estratificación de los Niveles de Riesgo.....	286
10.3.	Estratificación del Nivel de Riesgo.....	288
10.4.	Cálculo de Pérdidas	292
10.4.1.	Cálculo de Pérdidas Probable	292
Capítulo XI.	Control de Riesgos.....	293
11.1.	Aceptabilidad y Tolerancia del Riesgo.....	293
11.1.1.	Valoración de las Consecuencias.....	293
11.1.2.	Valoración de la Frecuencia de Recurrencia	294
11.1.3.	Nivel de Consecuencia y Daño (matriz).....	294



11.1.4. Medidas Cualitativas de Consecuencia y Daño	295
11.1.5. Aceptabilidad y Tolerancia.....	296
11.1.6. Matriz de Aceptabilidad y Tolerancia	296
11.1.7. <i>Prioridad de la Intervención</i>	297
11.2. Medidas de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres	297
11.2.1. Medidas de Prevención de Riesgos de Desastres de Orden Estructural	297
CONCLUSIONES	304
RECOMENDACIONES	307
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	308
ANEXOS	311

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas Geográficas	26
Tabla 2 Accesibilidad	27
Tabla 3 Operacionalización de Variables.....	35
Tabla 4 Histograma de fenómenos Naturales registrados	41
Tabla 5 Coeficientes de escorrentía método racional	65
Tabla 6 Métodos de análisis de estabilidad de taludes características por equilibrio limite	71
Tabla 7 Unidades geomorfológicas del sector de estudio.....	78
Tabla 8 Clasificación de pendientes en grados con su respectiva descripción sector Uyanccany	80
Tabla 9 Litologías del sector de estudio.....	85
Tabla 10 Coordenadas y descripción estructural de las estratificaciones en cuarcitas.....	94
Tabla 11 Coordenadas y descripción estructural de fallas en cuarcita	96
Tabla 12 Datos estructurales de fracturas de campo procesado de estación geomecánica 01.....	99
Tabla 13 Datos estructurales de fracturas de campo procesado de estación geomecánica 02.....	102
Tabla 14 Datos estructurales de fracturas de campo procesado de estación geomecánica 03.....	105
Tabla 15 Datos estructurales de fracturas de campo procesado de estación geomecánica 04.....	108
Tabla 16 Umbrales de precipitación para la estación Tambobamba.....	112
Tabla 17 Parámetros geomorfológicos de la Cuenca 01-LP.....	113
Tabla 18 Parámetros geomorfológicos de la Cuenca 02-LP.....	115
Tabla 19 Precipitaciones máximas 24 horas Estación Curpahuasi.....	117
Tabla 20 Precipitaciones máximas 24 horas Estación Tambobamba.....	118
Tabla 21 Precipitaciones máximas 24 horas Estación Santo Tomas.....	119
Tabla 20 Análisis Outliers estaciones Curpahuasi/Tambobamba/Santo Tomas	121
Tabla 23 Análisis Outliers 2da Revisión estaciones Curpahuasi/Tambobamba/Santo Tomas	123
Tabla 24 Prueba SMIRNOV-KOLGOMOROV estación Curpahuasi	126
Tabla 25 Periodos de Retorno estación Curpahuasi.....	127
Tabla 26 Periodos de retorno con ajuste de la OMM estación Curpahuasi	129
Tabla 27 Prueba SMIRNOV-KOLGOMOROV estación Tambobamba	130



Tabla 28 Periodos de Retorno estación Tambobamba	132
Tabla 29 Periodos de retorno con ajuste de la OMM estación Tambobamba.....	133
Tabla 30 Prueba SMIRNOV-KOLGOMOROV estación Santo Tomas	135
Tabla 31 Periodos de Retorno estación Santo Tomas.....	137
Tabla 32 Periodos de retorno con ajuste de la OMM Estación Santo Tomas	138
Tabla 33 Precipitaciones máximas 24h (mm) para diferentes distribuciones de probabilidad de las estaciones del sector de estudio.....	139
Tabla 34 Precipitaciones máximas 24h (mm) en las cuencas del sector de estudio	140
Tabla 35 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 2 años Cuenca 01-LP.....	141
Tabla 36 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 5 años Cuenca 01-LP.....	142
Tabla 37 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 10 años Cuenca 01-LP.....	142
Tabla 38 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 20 años Cuenca 01-LP.....	143
Tabla 39 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 25 años Cuenca 01-LP.....	143
Tabla 40 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 30 años Cuenca 01-LP.....	144
Tabla 41 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 50 años Cuenca 01-LP.....	144
Tabla 42 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 100 años Cuenca 01-LP.....	145
Tabla 43 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 500 años Cuenca 01-LP.....	145
Tabla 44 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 1000 años Cuenca 01-LP.....	146
Tabla 45 Resumen de aplicación de regresión potencial Cuenca 01-LP	148
Tabla 46 Regresión Potencial Cuenca 01-LP	149
Tabla 47 Intensidad – Duración – Frecuencia Cuenca 01-LP	150
Tabla 48 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 2 años Cuenca 02-LP.....	151
Tabla 49 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 5 años Cuenca 02-LP.....	152
Tabla 50 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 10 años Cuenca 02-LP.....	152
Tabla 51 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 20 años Cuenca 02-LP.....	153
Tabla 52 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 25 años Cuenca 02-LP.....	153
Tabla 53 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 30 años Cuenca 02-LP.....	154
Tabla 54 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 50 años Cuenca 02-LP.....	154
Tabla 55 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 100 años Cuenca 02-LP.....	155
Tabla 56 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 500 años Cuenca 02-LP.....	155
Tabla 57 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 1000 años Cuenca 02-LP.....	156
Tabla 58 Resumen de aplicación de regresión potencial Cuenca 02-LP	158
Tabla 59 Regresión Potencial Cuenca 02-LP	159
Tabla 60 Intensidad – Duración – Frecuencia Cuenca 02-LP.....	160
Tabla 61 Coeficientes de escorrentía método racional CUENCA 01-LP.....	161
Tabla 62 Coeficientes de escorrentía método racional CUENCA 02-LP.....	161
Tabla 63 Cálculo de los tiempos de concentración	162
Tabla 64 Cálculo de los Intensidades	163
Tabla 65 Cálculo de los Caudales mediante el método Racional	163
Tabla 66 Parámetros Geomorfológicos Maquerwa	165
Tabla 67 Estaciones con precipitaciones medias mensuales	166
Tabla 68 Agrupación de Estaciones Meteorológicas para regionalización	171



Tabla 69 Precipitaciones mensuales promedio estaciones Meteorológicas	173
Tabla 70 Regionalización de precipitaciones Acumuladas Mensuales	174
Tabla 71 Regionalización de Temperatura Media.....	178
Tabla 72 Regionalización de Temperatura Máxima	179
Tabla 73 Regionalización de Temperatura Mínima	181
Tabla 74 Evapotranspiración por el Método Thornthwaite	182
Tabla 75 Resumen y Comparación de los Métodos de Evapotranspiración vs Precipitación	183
Tabla 76 Balance hidrológico mensual por el método de Thornthwaite	184
Tabla 77 Resumen del balance hídrico en la cuenca Maquerwa	185
Tabla 78 Inventario de fuentes hídricas en la Cuenca Maquerwa.....	186
Tabla 79 Inventario de fuentes hídricas de acuerdo al caudal en la Cuenca Maquerwa	187
Tabla 80 Aforo IRHS 03.05.06-MA-01	187
Tabla 81 Aforo IRHS 03.05.06-MA-02	188
Tabla 82 Aforo IRHS 03.05.06-MA-03	189
Tabla 83 Clasificación de la descarga de manantiales en la Cuenca Maquerwa.....	190
Tabla 84 Grupos etareos del distrito de Challhuahuacho	198
Tabla 85 Nivel educativo del distrito de Challhuahuacho.....	199
Tabla 86 Red pública domiciliaria del distrito de Challhuahuacho	202
Tabla 87 Sistema de eliminación de excretas del distrito de Challhuahuacho.....	203
Tabla 88 Alumbrado público del distrito de Challhuahuacho	203
Tabla 89 Cobertura Vegetal a Clasificación No Supervisada (Gridcode).....	204
Tabla 90 Factor de la zona	209
Tabla 91 Factores de seguridad según distinta normativa.....	209
Tabla 92 Propiedades Geotécnicas	210
Tabla 93 Propiedades Geotécnicas UT	210
Tabla 94 Propiedades Geotécnicas PI C-01	211
Tabla 95 Propiedades Geotécnicas PI C-02.....	212
Tabla 96 Propiedades Geotécnicas PI C-03.....	213
Tabla 97 Altura de Inundación, T=500 Años	227
Tabla 98 Matriz de comparación de pares del Parámetro de Evaluación Altura Inundación	227
Tabla 99 Matriz de Normalización de pares del Parámetro de Evaluación Altura Inundación	227
Tabla 100 Índice de consistencia y relación de consistencia de los parámetros de evaluación Altura Inundación... ..	227
Tabla 101 Matriz de comparación de pares de Parámetros de susceptibilidad por Inundación Pluvial	228
Tabla 102 Matriz de Normalización de pares de Parámetros de susceptibilidad por Inundación Pluvial	228
Tabla 103 Índice de consistencia y relación de consistencia de Parámetros de susceptibilidad por Inundación Pluvial	228
Tabla 104 Matriz de comparación de pares de parámetro Pendiente.....	229
Tabla 105 Matriz de Normalización de pares de parámetro Pendiente.....	229
Tabla 106 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Pendiente.....	229
Tabla 107 Matriz de comparación de pares de parámetro Geomorfología	230
Tabla 108 Matriz de Normalización de pares de parámetro Geomorfología	230
Tabla 109 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Geomorfología	230



Tabla 110 Matriz de comparación de pares de parámetro Geología	231
Tabla 111 Matriz de Normalización de pares de parámetro Geología	231
Tabla 112 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Geología	231
Tabla 113 Matriz de comparación de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación)	232
Tabla 114 Matriz de Normalización de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación).....	232
Tabla 115 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación).....	232
Tabla 116 Niveles de Peligro por Inundación Pluvial	233
Tabla 117 Estratificación del Nivel de Peligrosidad por Inundación Pluvial	235
Tabla 118 Velocidad de flujo.....	236
Tabla 119 Matriz de comparación de pares del Parámetro de Evaluación Velocidad del flujo	236
Tabla 120 Matriz de Normalización de pares del Parámetro de Evaluación Velocidad del flujo	236
Tabla 121 Índice de consistencia y relación de consistencia de los parámetros de evaluación Velocidad del flujo .	237
Tabla 122 Matriz de comparación de pares de Parámetros de susceptibilidad por Erosión Pluvial	237
Tabla 123 Matriz de Normalización de pares de Parámetros de susceptibilidad por Erosión Pluvial	237
Tabla 124 Índice de consistencia y relación de consistencia de Parámetros de susceptibilidad por Erosión Pluvial	237
Tabla 125 Matriz de comparación de pares de parámetro Cobertura Vegetal.....	238
Tabla 126 Matriz de Normalización de pares de parámetro Cobertura Vegetal.....	238
Tabla 127 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Cobertura Vegetal	238
Tabla 128 Matriz de comparación de pares de parámetro Geomorfología	239
Tabla 129 Matriz de Normalización de pares de parámetro Geomorfología	239
Tabla 130 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Geomorfología	239
Tabla 131 Matriz de comparación de pares de parámetro Pendiente.....	240
Tabla 132 Matriz de Normalización de pares de parámetro Pendiente.....	240
Tabla 133 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Pendiente.....	240
Tabla 134 Matriz de comparación de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación).....	241
Tabla 135 Matriz de Normalización de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación).....	241
Tabla 136 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación).....	241
Tabla 137 Niveles de Peligro por Erosión Pluvial	242
Tabla 138 Estratos nivel de peligros por Erosión Pluvial	244
Tabla 139 Factores de Seguridad.....	245
Tabla 140 Matriz de comparación de pares del Parámetro de Evaluación Factores de Seguridad	245
Tabla 141 Matriz de Normalización de pares del Parámetro de Evaluación Factores de Seguridad	246
Tabla 142 Índice de consistencia y relación de consistencia de los parámetros de evaluación Factores de Seguridad	246
Tabla 143 Matriz de comparación de pares de Parámetros de susceptibilidad por Deslizamiento.....	246
Tabla 144 Matriz de Normalización de pares de Parámetros de susceptibilidad por Deslizamiento.....	247
Tabla 145 Índice de consistencia y relación de consistencia de Parámetros de susceptibilidad por Deslizamiento.	247
Tabla 146 Matriz de comparación de pares de parámetro Unidades Geológicas (Litológicas).....	247
Tabla 147 Matriz de Normalización de pares de parámetro Unidades Geológicas (Litológicas)	248
Tabla 148 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Unidades Geológicas (Litológicas).....	248



Tabla 149 Matriz de comparación de pares de parámetro Pendientes	248
Tabla 150 Matriz de Normalización de pares de parámetro Pendientes	249
Tabla 151 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Pendientes	249
Tabla 152 Matriz de comparación de pares de parámetro Geomorfología	249
Tabla 153 Matriz de Normalización de pares de parámetro Geomorfología	250
Tabla 154 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Geomorfología	250
Tabla 155 Matriz de comparación de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación)	250
Tabla 156 Matriz de Normalización de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación)	251
Tabla 157 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación)	251
Tabla 158 Niveles de Peligro por Deslizamiento	252
Tabla 159 Estratos nivel de peligros por Deslizamiento	254
Tabla 160 Matriz de comparación de pares de los factores de dimensión social	258
Tabla 161 Matriz de normalización de pares de los factores de dimensión social	258
Tabla 162 Índice de consistencia y relación de consistencia de los factores de dimensión social	258
Tabla 163 Descriptores del parámetro Número de Afectados	258
Tabla 164 Matriz de comparación de pares del parámetro Número de Afectados	259
Tabla 165 Matriz de normalización de pares del parámetro Número de Afectados	259
Tabla 166 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Número de Afectados	259
Tabla 167 Descriptores del parámetro Grupo Etereo	260
Tabla 168 Matriz de comparación de pares del parámetro Grupo Etereo	260
Tabla 169 Matriz de normalización de pares del parámetro Grupo Etereo	261
Tabla 170 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Grupo Etereo	261
Tabla 171 Descriptores del parámetro Acceso a servicios básicos	261
Tabla 172 Matriz de comparación de pares del parámetro Acceso a servicios básicos	262
Tabla 173 Matriz de normalización de pares del parámetro Acceso a servicios básicos	262
Tabla 174 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Acceso a servicios básicos	262
Tabla 175 Descriptores del parámetro Conocimientos en temas GRD	263
Tabla 176 Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimientos en temas GRD	263
Tabla 177 Matriz de normalización de pares del parámetro Conocimientos en temas GRD	263
Tabla 178 Índice de consistencia y relación de consistencia parámetro Conocimientos en temas GRD	264
Tabla 179 Descriptores del parámetro Actitud frente al riesgo	264
Tabla 180 Matriz de comparación de pares del parámetro Actitud frente al riesgo	264
Tabla 181 Matriz de normalización de pares del parámetro Actitud frente al riesgo	265
Tabla 182 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Actitud frente al riesgo	265
Tabla 183 Matriz de comparación de pares de los factores de dimensión económica	266
Tabla 184 Matriz de normalización de pares de los factores de dimensión económica	266
Tabla 185 Índice de consistencia y relación de consistencia de los factores de dimensión económica	266
Tabla 186 Descriptores del parámetro Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro	266
Tabla 187 Matriz de comparación del parámetro Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro	267
Tabla 188 Matriz de normalización del parámetro Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro	267



Tabla 189 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro	267
Tabla 190 Descriptores del parámetro Infraestructuras afectadas.....	268
Tabla 191 Matriz de comparación del parámetro Infraestructuras afectadas.....	268
Tabla 192 Matriz de normalización del parámetro Infraestructuras afectadas	268
Tabla 193 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Infraestructuras afectadas	269
Tabla 194 Descriptores del parámetro Estado de conservación de la infraestructura	269
Tabla 195 Matriz de comparación del parámetro Estado de conservación de la infraestructura	269
Tabla 196 Matriz de normalización del parámetro Estado de conservación de la infraestructura.....	269
Tabla 197 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Estado de conservación de la infraestructura	270
Tabla 198 Descriptores del parámetro Ocupación de las personas.....	270
Tabla 199 Matriz de comparación del parámetro Ocupación de las personas.....	270
Tabla 200 Matriz de normalización del parámetro Ocupación de las personas	271
Tabla 201 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Ocupación de las personas	271
Tabla 202 Descriptores del parámetro Ingreso familiar promedio mensual	271
Tabla 203 Matriz de comparación del parámetro Ingreso familiar promedio mensual	272
Tabla 204 Matriz de normalización del parámetro Ingreso familiar promedio mensual.....	272
Tabla 205 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Ingreso familiar promedio mensual	272
Tabla 206 Matriz de comparación de pares de los factores de dimensión ambiental	273
Tabla 207 Matriz de normalización de pares de los factores de dimensión ambiental.....	273
Tabla 208 Índice de consistencia y relación de consistencia de los factores de dimensión ambiental	273
Tabla 209 Descriptores del parámetro Contaminación del aire	274
Tabla 210 Matriz de comparación del parámetro Contaminación del aire	274
Tabla 211 Matriz de normalización del parámetro Contaminación del aire.....	274
Tabla 212 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Contaminación del aire	275
Tabla 213 Descriptores del parámetro Contaminación y degradación del suelo	275
Tabla 214 Matriz de comparación del parámetro Contaminación y degradación del suelo	276
Tabla 215 Matriz de normalización del parámetro Contaminación y degradación del suelo.....	276
Tabla 216 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Contaminación y degradación del suelo	276
Tabla 217 Descriptores del parámetro Contaminación y degradación del agua subterránea	277
Tabla 218 Matriz de comparación del parámetro Contaminación y degradación del agua subterránea	277
Tabla 219 Matriz de normalización del parámetro Contaminación y degradación del agua subterránea	278
Tabla 220 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Contaminación y degradación del agua subterránea.....	278
Tabla 221 Descriptores del parámetro Conocimientos en temas ambientales	279
Tabla 222 Matriz de comparación del parámetro Conocimientos en temas ambientales	279
Tabla 223 Matriz de normalización del parámetro Conocimientos en temas ambientales	279
Tabla 224 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Conocimientos en temas ambientales	280
Tabla 225 Descriptores del parámetro Manejo de RRSS	280
Tabla 226 Matriz de comparación del parámetro Manejo de RRSS	280



Tabla 227 Matriz de normalización del parámetro Manejo de RRSS.....	281
Tabla 228 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Manejo de RRSS	281
Tabla 229 Matriz de comparación del parámetro de dimensiones de vulnerabilidad.....	281
Tabla 230 Matriz de normalización del parámetro de dimensiones de vulnerabilidad	281
Tabla 231 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro de dimensiones de vulnerabilidad	282
Tabla 232 Niveles de Vulnerabilidad.....	282
Tabla 233 Estratificación de los niveles de vulnerabilidad	285
Tabla 234 Cálculo de los Niveles de Riesgo por Deslizamiento	287
Tabla 235 Cálculo de los Niveles de Riesgo por Inundación	287
Tabla 236 Cálculo de los Niveles de Riesgo por Erosión.....	287
Tabla 237 Niveles de Riesgo por Deslizamiento.....	287
Tabla 238 Niveles de Riesgo por Inundación.....	288
Tabla 239 Niveles de Riesgo por Erosión	288
Tabla 240 Estratificación de los niveles de Riesgo por Deslizamiento.....	289
Tabla 241 Estratificación de los niveles de Riesgo por Inundación.....	290
Tabla 242 Estratificación de los niveles de Riesgo por Erosión	291
Tabla 243 Valoración De Consecuencias	293
Tabla 244 Valoración de la Frecuencia de Recurrencia.....	294
Tabla 245 Nivel de consecuencia y daño.....	295
Tabla 246 Medidas cualitativas de consecuencia y daño	295
Tabla 247 Aceptabilidad y/o tolerancia	296
Tabla 248 Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo	296
Tabla 249 Prioridad de intervención.....	297
Tabla 250 Tiempo de concentración área de zanjas de coronación	302
Tabla 251 Intensidades para el diseño de zanjas de coronación.....	302
Tabla 252 Caudal por periodo de retorno de 500 años para el diseño de zanjas de coronación.....	303

INDICE DE FIGURAS, FOTOGRAFÍAS Y MAPAS

Figura 1 Imagen satelital de la infraestructura de residuos sólidos proyectada	26
Figura 2 Acceso al sector de estudio en la C.C. Queuña.....	27
Figura 3 Histograma de fenómenos Naturales registrados	40
Figura 4 Histograma de fenómenos Naturales registrados	41
Figura 5 Cartografía de peligros - inundación	42
Figura 6 Cartografía de peligros – movimientos en masa.....	42
Figura 7 Cartografía de peligros – bajas temperaturas	43
Figura 8 Cartografía de peligros – lluvias intensas	43
Figura 9 Velocidad de los movimientos (Adaptado de Cruden, Varnes - 1996).....	56
Figura 10 Perfiles de ensayos ERT.....	60
Figura 11 Pruebas de Bondad de Ajuste Kolmogorov Smirnov	62
Figura 12 Métodos de análisis de estabilidad de taludes	72



Figura 13 Acciones en la i-ésima rebanada según las hipótesis de Morgenstern y Price y representación del conjunto	73
Figura 14 Esquemas de los tipos de movimientos de los bloques realizan sobre el talud dependiendo de su pendiente	74
Figura 15 Unidades geomorfológicas regionales del cuadrángulo del Santo Tomas 29-r.	76
Figura 16 Columna Estratigráfica del Cuadrángulo de Santo Tomas 29-r.	83
Figura 17 Modelo geológico 3D	90
Figura 18 Corte Geológico NW-SE del sector de estudio	90
Figura 19 Esquema estructural del cuadrángulo de Santo Tomas	91
Figura 20 Análisis estructural de estratificaciones mediante estereografía.....	93
Figura 21 Modelo 3D estructural de estratificaciones del sector de estudio	94
Figura 22 Modelo 3D estructural de fallas del sector de estudio.....	97
Figura 23 Diedros rectos calculados mediante el software Faultkin en el sector de estudio.....	97
Figura 24 Estereografía de 04 familias de fracturas, en la estación geomecánica 01.	100
Figura 25 Roseta de Fracturas en estación geomecánica 01.	100
Figura 26 Clasificación geomecánica 01 sobre un afloramiento rocoso de Cuarcita	101
Figura 27 Estereografía de 04 familias de fracturas y 01 falla, en la estación geomecánica 02	103
Figura 28 Roseta de Fracturas en estación geomecánica 02.	103
Figura 29 Clasificación geomecánica 02 sobre un afloramiento rocoso de Cuarcita	104
Figura 30 Estereografía de 03 familias de fracturas y 01 falla, en la estación geomecánica 03.	106
Figura 31 Roseta de Fracturas en estación geomecánica 03.	106
Figura 32 Clasificación geomecánica 03 sobre un afloramiento rocoso de Cuarcita	107
Figura 33 Estereografía de 04 familias de fracturas y 01 falla, en la estación geomecánica 04.	109
Figura 34 Roseta de Fracturas en estación geomecánica 04.	109
Figura 35 Clasificación geomecánica 04 sobre un afloramiento rocoso de Cuarcita	110
Figura 36 Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes Cuenca 01-LP.....	114
Figura 37 Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes Cuenca 02-LP.....	116
Figura 38 Ubicación de Estaciones Hidrometeorológicas	120
Figura 39 Serie histórica de Prec.Max 24hrs. Estación Curpahuasi	125
Figura 40 Comparación de distribuciones teóricas Estación Curpahuasi	127
Figura 41 Serie histórica de Prec.Max 24hrs. Estación Tambobamba.....	130
Figura 42 Comparación de distribuciones teóricas Estación Tambobamba.....	131
Figura 43 Serie histórica de Prec.Max 24hrs. Estación Santo Tomas	134
Figura 44 Comparación de distribuciones teóricas Estación Santo Tomas	136
Figura 45 Regionalización por diferentes periodos de retorno para las microcuencas de estudio.....	140
Figura 46 Regresión Potencial para el diferentes Periodos de Retorno Cuenca 01-LP.....	146
Figura 47 Regresión Potencial Cuenca 01-LP	149
Figura 48 Curva de Intensidad – Duración - Frecuencia Cuenca 01-LP.....	150
Figura 49 Regresión Potencial para el diferentes Periodos de Retorno Cuenca 02-LP.....	156
Figura 50 Regresión Potencial Cuenca 02-LP	159
Figura 51 Curva de Intensidad – Duración - Frecuencia Cuenca 02-LP.....	160
Figura 52 Simulación Hidráulica con Iber 2.5-Alturas de Inundación.....	164



Figura 53 Curva Hipsométrica y frecuencia de altitudes Cuenca Maquerwa	166
Figura 54 Hidrograma Estación Curpahuasi, Santo Tomas y Tambobamba	167
Figura 55 Diagramas de caja Estación Curpahuasi, Santo Tomas y Tambobamba	168
Figura 56 Análisis de saltos Estación Curpahuasi, Santo Tomas y Tambobamba	169
Figura 57 Análisis saltos Estación Santo Tomas corregido	170
Figura 58 Análisis de tendencias Estación Curpahuasi, Santo Tomas y Tambobamba	170
Figura 59 Ubicación de estaciones para regionalización	172
Figura 60 Completación de datos estación Curpahuasi.....	172
Figura 61 Regionalización mediante interpolación IDW Mensual-Isoyetas Mensuales.....	173
Figura 62 Precipitación Acumulada Mensual	174
Figura 63 Interpolación IDW Pp acumulada media anual	175
Figura 64 Isoyetas Acumuladas Anuales	176
Figura 65 Temperatura media mensual Vs elevación	178
Figura 66 Temperatura máxima mensual Vs elevación	180
Figura 67 Temperatura mínima mensual Vs elevación	181
Figura 68 ETP DE MET. THORNTHWAITE VS PRECIPITACIÓN	182
Figura 69 Evapotranspiración por el Método de Turc	183
Figura 70 ETR DE MET. TURC VS PRECIPITACIÓN.....	183
Figura 71 Comparación de los Métodos de Evapotranspiración vs Precipitación	184
Figura 72 Balance Hídrico Met. Thornthwaite	185
Figura 73 Imagen satelital Ubicación de Tomografías de Resistividad Eléctrica – Sector Uyanccany.	191
Figura 74 Secciones interpretadas de resistividades reales y potenciales espontáneos LINEA N°01.....	192
Figura 75 Secciones interpretadas de resistividades reales y potenciales espontáneos LINEA N°02.....	193
Figura 76 Secciones interpretadas de resistividades reales y potenciales espontáneos LINEA N°03.....	194
Figura 77 Secciones interpretadas de resistividades reales y potenciales espontáneos LINEA N°04.....	195
Figura 78 Interacción 3D de las secciones geoelectricas realizadas en el sector.....	196
Figura 79 Interacción 3D de las secciones de potencial espontaneo realizadas en el sector.....	196
Figura 80 Grupos etareo del distrito de Challhuahuacho	198
Figura 81 Material de deslizamiento antiguo con respecto al área de estudio.....	206
Figura 82 Material de deslizamiento antiguo con respecto al área de estudio.....	207
Figura 83 Mapa de zonificación sísmica	208
Figura 84 Localización de calicatas para ensayos geotécnicos	210
Figura 85 Valores utilizados en el análisis de estabilidad SLIDE. Dep. Aluvial (GM-GC)	214
Figura 86 Valores utilizados en el análisis de estabilidad SLIDE. Cuarcita.....	214
Figura 87 Corte 01 en condiciones pseudoestáticas saturadas	215
Figura 88 Corte 02 en condiciones pseudoestáticas saturadas	216
Figura 89 Corte 03 en condiciones pseudoestáticas saturadas	216
Figura 90 Corte 01 analizado en función a la caída de rocas	218
Figura 91 Corte 02 analizado en función a la caída de rocas	219
Figura 92 Corte 03 analizado en función a la caída de rocas	220
Figura 93 Determinación del mapa de peligros.....	224
Figura 94 Sistemización de información recopilada	225



Figura 95 Determinación de la susceptibilidad.....	226
Figura 96 MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS	255
Figura 97 Metodología del análisis de vulnerabilidad.....	257
Figura 98 Esquema del análisis de la dimensión social	257
Figura 99 Esquema del análisis de la dimensión económica	265
Figura 100 Esquema del análisis de la dimensión ambiental.....	273
Figura 101 Metodología del cálculo de Riesgo	286
Figura 102 Bosques ribereños	298
Figura 103 Trincho de piedra para cabecera de cárcava	299
Figura 104 Esquema de elementos de protección para mitigar el peligro por erosión con respecto a la infraestructura.	300
Figura 105 Esquema de zanjas de coronación para mitigar el peligro por deslizamiento con respecto a la infraestructura.	300
Figura 106 Esquema de zanjas de coronación o drenaje de deslizamiento	301
Figura 107 Área que genera el caudal de diseño para las zanjas de coronación	302
Figura 108 Diseño de zanjas de coronación preliminares.....	303
Fotografía 1 Unidades Geomorfológicas Locales parte alta Uyanccany.....	79
Fotografía 2 Unidades Geomorfológicas Locales parte baja Uyanccany	80
Fotografía 3 Pendientes del sector de estudio	82
Fotografía 4 Unidades Geológicas Regionales	85
Fotografía 5 Afloramientos de Cuarzitas en Uyanccany	86
Fotografía 6 Afloramientos de Cuarzitas con patinas de óxidos	86
Fotografía 7 Depósitos Coluviales en Uyanccany.....	87
Fotografía 8 Depósitos Aluviales en Uyanccany	88
Fotografía 9 Depósitos Lacustres en Uyanccany.....	88
Fotografía 10 Depósitos fluviales en Uyanccany	89
Fotografía 11 Estratificaciones de Cuarzitas.....	92
Fotografía 12 Estrías de falla Dextral Normal, así como fracturas Riedels y Antiriedels sobre cuarcita en el cerro Tajracucha	95
Fotografía 13 Estrías de falla Normal Dextral sobre una superficie de óxidos alterada en el cerro Connorchana.....	96
Fotografía 14 Unidades de Cobertura vegetal Uyanccany.....	204
Fotografía 15 Escarpe antiguo colindante al planteamiento de la infraestructura de residuos sólidos.	205
Fotografía 16 Rocas sueltas en las partes altas de las laderas en dirección SE hacia el cerro Connorchana	221
Mapa 1 Ubicación.....	348
Mapa 2 Base.....	349
Mapa 3 Geomorfológico Regional.....	350
Mapa 4 Geomorfológico Local.....	351
Mapa 5 Pendientes.....	352
Mapa 6 Geológico Regional.....	353



Mapa 7 Geológico Local.....	354
Mapa 8 Estructural Local.....	355
Mapa 9 Parámetros Geomorfológicos Cuenca 01-LP.....	356
Mapa 10 Parámetros Geomorfológicos Cuenca 02-LP.....	357
Mapa 11 Regionalización por Periodos de Retorno.....	358
Mapa 12 Análisis de Estabilidad de Taludes.....	359
Mapa 13 Ámbito de Estudio.....	360
Mapa 14 Alturas de Inundación.....	361
Mapa 15 Peligro por Inundación Pluvial.....	362
Mapa 16 Cobertura Vegetal.....	363
Mapa 17 Velocidades de Flujo.....	364
Mapa 18 Peligro por Erosión Pluvial.....	365
Mapa 19 Factores de Seguridad de Taludes.....	366
Mapa 20 Peligro por Deslizamiento.....	367
Mapa 21 Elementos Expuestos.....	368
Mapa 22 Vulnerabilidad por Deslizamiento.....	369
Mapa 23 Vulnerabilidad por Erosión Pluvial.....	370
Mapa 24 Vulnerabilidad por Inundación Pluvial.....	371
Mapa 25 Riesgo por Deslizamiento.....	372
Mapa 26 Riesgo por Erosión Pluvial.....	373
Mapa 27 Riesgo por Inundación.....	374



RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado “EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS”, tiene como objetivo determinar el nivel de riesgo al que estaría expuesta la infraestructura proyectada, aplicando la metodología CENEPRED y proponiendo medidas de mitigación.

Geomorfológicamente, el área se ubica en una altoplanicie tipo abanico de pie de monte, con presencia de terrazas y superficies de deslizamiento. Geológicamente predominan depósitos aluviales, unidades de cuarcitas y depósitos coluviales, lacustres y fluviales. A nivel estructural, se identifican pliegues regionales y fallas de diversa cinemática, así como lineamientos locales evidenciados en campo.

El análisis geomecánico indica macizos rocosos de calidad media a buena (RMR 57–64 y GSI 42.80–57.79). Los principales fenómenos de geodinámica externa identificados son inundaciones, erosión pluvial, caídas de rocas y deslizamientos, evaluados mediante software especializado (IBER, SLIDE y ROCKFALL), dando como resultado valores de velocidad de flujo, alturas de inundación, distancia de recorrido de caída de rocas y factores de seguridad.

Los resultados muestran niveles de peligrosidad entre medio, alto y muy alto, la vulnerabilidad oscila entre niveles altos y muy altos. En cuanto a los riesgos establecidos por inundación, erosión y deslizamiento se ha obtenido niveles de medios a muy altos. Finalmente, se proponen medidas estructurales como canales de derivación, zanjas de coronación y obras de protección contra erosión, las cuales deben diseñarse con criterios hidráulicos basados en estudios hidrológicos específicos.

Palabras Clave: *Evaluación de riesgos, Geodinámica externa, Deslizamiento, Inundación, Mitigación.*



ABSTRACT

This research study, entitled “RISK ASSESSMENT DUE TO EXTERNAL GEODYNAMICS FOR THE PLANNING OF SOLID WASTE INFRASTRUCTURE IN THE UYANCCANY SECTOR, QUEÑUA COMMUNITY, CHALHUAHUACHO DISTRICT, COTABAMBAS PROVINCE,” aims to determine the level of risk to which the proposed infrastructure would be exposed, applying the CENEPRED methodology and proposing mitigation measures.

From a geomorphological perspective, the area is located on a high plateau characterized as a piedmont alluvial fan, with the presence of terraces and landslide surfaces. Geologically, alluvial deposits predominate, along with quartzite units and colluvial, lacustrine, and fluvial deposits. Structurally, regional folds and faults with diverse kinematics are identified, as well as local structural lineaments observed in the field.

Geomechanical analysis indicates rock masses of fair to good quality (RMR 57–64 and GSI 42.80–57.79). The main external geodynamic hazards identified include flooding, pluvial erosion, rockfalls, and landslides, which were evaluated using specialized software (IBER, SLIDE, and ROCFALL), yielding results such as flow velocity, flood depths, rockfall runout distances, and safety factors.

The results show hazard levels ranging from medium to very high, while vulnerability ranges from high to very high. Regarding the risks associated with flooding, erosion, and landslides, levels range from medium to very high. Finally, structural mitigation measures are proposed, including diversion channels, crown ditches, and erosion control works, which must be designed based on hydraulic criteria supported by specific hydrological studies.

Keywords: *Risk assessment, External geodynamics, Landslide, Flooding, Mitigation.*



INTRODUCCIÓN

La planificación y localización de infraestructuras destinadas al manejo y disposición de residuos sólidos requiere una evaluación integral de las condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrológicas y geotécnicas del área donde se proyecta su implementación. En regiones andinas, las características del relieve, la dinámica de los procesos geomorfológicos y la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa pueden generar condiciones de riesgo que deben ser analizadas previamente para garantizar la estabilidad y seguridad de este tipo de infraestructuras.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar los riesgos asociados a procesos de geodinámica externa en el sector de Uyanccany, ubicado en la comunidad de Queñua, distrito de Chalhuahuacho, provincia de Cotabambas. Para ello, se realiza un análisis integrado de los factores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidrogeológicos que influyen en la ocurrencia de fenómenos como inundaciones pluviales, procesos erosivos, deslizamientos y caída de rocas.

La investigación comprende la identificación de peligros, el análisis de vulnerabilidad y la estimación de los niveles de riesgo mediante metodologías de evaluación aplicadas en el marco de la gestión del riesgo de desastres. Finalmente, se proponen medidas orientadas a la reducción del riesgo, con la finalidad de contribuir a una adecuada planificación territorial y a la implementación segura de la infraestructura proyectada.

Capítulo I: Generalidades, en este capítulo se presenta los aspectos generales del estudio, incluyendo la ubicación del área de investigación, el planteamiento del problema, los objetivos, la hipótesis y la justificación del estudio. Asimismo, se describe la metodología aplicada y los antecedentes relacionados con la investigación.



Capítulo II: Fundamento Teórico, este capítulo desarrolla el marco teórico que sustenta la investigación, abordando conceptos relacionados con la geodinámica externa, los movimientos en masa, los procesos erosivos y los principios básicos de geotecnia, hidrología y gestión de residuos sólidos.

Capítulo III: Geomorfología, en este capítulo se realiza el análisis geomorfológico del área de estudio a escala regional y local, identificando y caracterizando las principales unidades geomorfológicas presentes en el sector de Uyanccany. Se analizan los rasgos del relieve, los procesos morfogenéticos predominantes y la distribución de pendientes, factores que condicionan la dinámica de los procesos de geodinámica externa. La interpretación geomorfológica permite comprender la evolución del paisaje y su influencia en la susceptibilidad a fenómenos como erosión, deslizamientos e inestabilidad de laderas.

Capítulo IV: Geología, este capítulo desarrolla el análisis geológico del área de estudio, considerando la geología regional y local. Se describen las unidades litológicas presentes, su distribución espacial y sus características petrográficas y estructurales. Asimismo, se analizan los elementos estructurales del macizo rocoso, tales como fracturas, diaclasas y planos de estratificación, que influyen en el comportamiento mecánico del terreno. Esta caracterización geológica constituye un elemento fundamental para la evaluación de la estabilidad del terreno y la identificación de procesos geodinámicos potenciales.

Capítulo V: Hidrología e Hidrogeología, en este capítulo se analizan las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas del área de estudio, considerando variables climáticas como precipitación y temperatura, así como las características de las cuencas hidrográficas presentes en el sector. Se realiza el análisis de tormentas de diseño, el cálculo de caudales máximos mediante métodos hidrológicos y la evaluación del balance hídrico. Asimismo, se examinan las condiciones de circulación de aguas subterráneas y su interacción con el medio geológico, aspectos relevantes para la estabilidad del terreno y el diseño de sistemas de drenaje.



Capítulo VI: Características Generales del Área de Estudio, este capítulo describe las características físicas, ambientales y socioeconómicas del área de estudio, considerando aspectos poblacionales, actividades económicas y condiciones ambientales del distrito de Chalhuhuacho.

Capítulo VII: Análisis de Estabilidad de Taludes, en este capítulo se realiza la evaluación de estabilidad de taludes mediante el análisis de las propiedades geotécnicas de los materiales y el cálculo de factores de seguridad frente a posibles deslizamientos.

Capítulo VIII: Determinación del Peligro, este capítulo presenta la identificación y evaluación de los peligros asociados a procesos de geodinámica externa, considerando factores condicionantes y desencadenantes de fenómenos como inundaciones, erosión y deslizamientos.

Capítulo IX: Análisis de Vulnerabilidad, en este capítulo se evalúa la vulnerabilidad del área de estudio considerando componentes sociales, económicos y ambientales frente a los peligros identificados.

Capítulo X: Cálculo de los Niveles de Riesgo, este capítulo integra los resultados del análisis de peligro y vulnerabilidad para determinar los niveles de riesgo presentes en el área de estudio.

Capítulo XI: Control de Riesgos, en este capítulo se proponen medidas de prevención y mitigación orientadas a reducir los riesgos identificados y garantizar la seguridad de la infraestructura proyectada.

El presente trabajo de investigación culmina con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos que engloba fotografías, descripción de muestras macroscópicas, láminas y todos los mapas generados de la zona de estudio.



Capítulo I. Generalidades

1.1. Ubicación

1.1.1. Ubicación Política

La zona de estudio se sitúa el sector de Uyanccany en la comunidad de Queuña, distrito de Challhuahuacho, provincia de Cotabambas y departamento de Apurímac.

1.1.2. Ubicación Geográfica

La zona de estudio está ubicada geográficamente en la zona 18L, con datum WGS 1984, con las coordenadas geográficas y UTM siguientes:

Tabla 1 Coordenadas Geográficas

Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
Latitud Sur	Longitud Oeste	Este	Norte
14°09'29.0458"	72°16'21.3993"	794429.00	8433077.00

Figura 1 Imagen satelital de la infraestructura de residuos sólidos proyectada



Nota: Modificado de Google Earth



1.2. Accesibilidad

La zona de estudio es accesible desde la ciudad de Challhuahuacho al sector Uyanccany de la comunidad Queuña se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 2 Accesibilidad

Partida	Fin	Distancia	Tiempo	Tipo de Vía	Medio de Transporte
Challhuahuacho	Uyanccany - Queuña	10.000 km	30 min	Asfaltada y afirmada.	Combi, Camioneta.

Figura 2 Acceso al sector de estudio en la C.C. Queuña.



Nota: Modificado de Google Maps.

1.3. Planteamiento Del Problema

1.3.1. Descripción del Problema

A nivel mundial, la creciente generación de residuos sólidos urbanos constituye uno de los desafíos ambientales más críticos del siglo XXI. La urbanización acelerada, los patrones de consumo no sostenibles y la falta de infraestructura adecuada han llevado a un colapso parcial de los sistemas tradicionales de disposición de residuos. Aunque muchos países han apostado



por la construcción de plantas de tratamiento de residuos sólidos, ya sea para reciclaje, compostaje o valorización energética, estas infraestructuras frecuentemente enfrentan problemas relacionados con una localización inadecuada, falta de planificación geotécnica y riesgos por fenómenos naturales como inundaciones, sismos y deslizamientos. En regiones montañosas o costeras, donde la geodinámica externa es activa, las plantas mal ubicadas o sin estudios geológicos detallados sufren deterioro prematuro, inestabilidad estructural o incluso colapsos.

A nivel nacional, Perú enfrenta una situación aún más compleja. A pesar de los avances normativos como la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Ley N.º 1278), la infraestructura instalada sigue siendo insuficiente. De las más de 1,800 municipalidades, solo una fracción cuenta con plantas de tratamiento formalmente operativas, y muchas de estas presentan problemas de diseño, operación o abandono. Uno de los principales factores que incide en este fracaso es la ausencia de estudios geológicos y de riesgo en la etapa de preinversión. Las plantas suelen ubicarse en zonas vulnerables, sin considerar pendientes inestables, suelos no aptos, cercanía a cuerpos de agua o zonas de alta pluviosidad. Esto no solo genera impactos ambientales por la dispersión de contaminantes, sino también riesgos geotécnicos y geodinámicos que comprometen su seguridad y funcionalidad.

Asimismo, la mayoría de regiones del Perú —sobre todo en la sierra y selva— presentan condiciones geográficas y climáticas que incrementan la exposición al riesgo por geodinámica externa. No contar con infraestructuras resilientes ni evaluaciones geológicas rigurosas pone en evidencia una falla estructural en el modelo de gestión de residuos sólidos del país.

En la actualidad el distrito de Challhuahuacho cuenta con una población de 15 018 habitantes aproximadamente, para este nivel de población el actual sistema de recolección, manejo y disposición de residuos sólidos presenta deficiencias, siendo requerido con urgencia la reubicación e implementación de una nueva planta adecuada para el tratamiento y disposición de los mismos.



El año 2023 declaran en emergencia la gestión y el manejo de residuos sólidos en el distrito de Chalhuhuach, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac por resolución ministerial N° 100-2023-MINAM.

En ese entender la zona de emplazamiento de la infraestructura de residuos sólidos se ubicará al sur-este del centro poblado de Chalhuhuach, en el sector de Uyanccany, comunidad campesina de Queñua. La elección de esta ubicación obedeció estrictamente a factores sociales, que restringieron otras posibilidades.

Según el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos de Desastres (SIGRID) la zona donde se encuentra el proyecto (Infraestructura de Residuos Sólidos) está catalogada a escala regional con un nivel de peligro por fenómenos de geodinámica externa medio a alto, sin contar con información detallada a nivel local.

A razón que los fenómenos de geodinámica externa son un factor influyente para la ejecución del proyecto, ya que estos ponen en riesgo y generan daños importantes en la infraestructura y actividades económicas debido a la ausencia de conocimientos de planes de prevención y mitigación. Por lo cual consideramos necesario elaborar mapas temáticos, modelamientos hídricos y geológicos para la correcta determinación de zonas de peligro y así poder prever daños y plantear soluciones.

1.3.2. Formulación del Problema General

¿Cuáles son los niveles de riesgo por geodinámica externa a los que estaría expuesta una infraestructura de residuos sólidos en el sector de Uyanccany, distrito de Chalhuhuach?

1.3.3. Formulación de Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las zonas del sector de Uyanccany propensas a sufrir fenómenos de geodinámica externa?
- ¿De qué magnitud podría presentarse fenómenos geodinámica externa en el sector de Uyanccany?
- ¿Cuáles son los niveles de peligro por geodinámica externa en el sector Uyanccany?



- ¿Cuál sería el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura proyectada?
- ¿Cuál sería el nivel de riesgo de la infraestructura proyectada?
- ¿Cuáles serían las medidas de control de riesgos para la infraestructura de residuos sólidos?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el nivel de riesgo por geodinámica externa a los que estaría expuesta la infraestructura de residuos sólidos proyectada y proponer medidas de mitigación, en el sector de Uyanccany, comunidad campesina de Queuña, distrito de Chalhuhhuacho, provincia de Cotabambas, Departamento de Apurímac.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar zonas del sector de Uyanccany propensas a sufrir fenómenos de geodinámica externa.
- Determinar la magnitud de la ocurrencia de los fenómenos por geodinámica externa en el sector de Uyanccany
- Determinar los niveles de peligro, y elaborar el mapa de peligro del área de influencia.
- Analizar y determinar los niveles de vulnerabilidad, y elaborar el mapa de vulnerabilidad correspondiente.
- Establecer los niveles del riesgo y elaborar el mapa de riesgos, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo.
- Identificar las medidas de control del riesgo.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Los fenómenos de geodinámica externa permitirán determinar los niveles de riesgo para así proponer medidas de control de riesgo para la infraestructura de residuos sólidos en el sector



de Uyanccany, comunidad campesina de Queuña, distrito de Chalhuhhuacho, provincia de Cotabambas, Departamento de Apurímac.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Al analizar las condiciones geomorfológicas, geológicas y geodinámicas presentes en el área de influencia del proyecto permitirá identificar zonas del sector de Uyanccany propensas a sufrir fenómenos de geodinámica externa.
- Por medio del análisis de parámetros de evaluación se determinará la magnitud de la ocurrencia de los fenómenos por geodinámica externa en el sector de Uyanccany.
- Por medio de los niveles de peligro y mapa del área de influencia, se identificará los sectores más críticos a los fenómenos de geodinámica externa.
- Por medio de los niveles de vulnerabilidad y su mapa se identificará las infraestructuras más expuestas al peligro por fenómenos de geodinámica externa.
- Mediante el análisis de peligro y vulnerabilidad se logrará establecer los niveles del riesgo y mapa, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo.
- De acuerdo a los niveles de riesgo se propondrá y recomendará medidas de control del riesgo.

1.6. Importancia y Justificación

La presente investigación se justifica plenamente en virtud de la necesidad de contar con información técnica y científica que permita una adecuada toma de decisiones para la implementación de infraestructura destinada al manejo de residuos sólidos, en una región geográficamente compleja como Apurímac, Perú. Esta región andina presenta características particulares como pendientes pronunciadas, actividad tectónica, clima variable y procesos de remoción en masa, que deben ser considerados rigurosamente para evitar impactos ambientales y sociales negativos. La evaluación de riesgos por geodinámica externa se plantea, así como un



componente esencial en la fase de planificación territorial, ambiental y de ingeniería. A continuación, se detalla la justificación en cinco dimensiones clave:

1.6.1. Conveniencia

La ejecución de proyectos de infraestructura para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos requiere una base técnico-científica sólida que garantice su viabilidad en términos de seguridad y sostenibilidad. La identificación y evaluación de riesgos geodinámicos externos, tales como movimientos en masa, erosión e inundaciones, permite prevenir afectaciones estructurales, contaminación de suelos y agua, y daños a poblaciones cercanas (Flores & Huamán, 2019). Esta investigación resulta conveniente al aportar criterios técnicos indispensables para seleccionar sitios seguros, evitando fallas en el diseño o en la operación futura de la infraestructura de residuos sólidos. (INEI, 2021).

1.6.2. Relevancia social

En Chalhuahuacho, como en muchas zonas del país, existen deficiencias estructurales en la gestión de residuos sólidos, generando consecuencias graves en la salud pública, el ambiente y la calidad de vida de la población. La correcta implementación de una planta de tratamiento, representa un beneficio directo para las comunidades locales, al reducir riesgos asociados a la exposición a residuos, la contaminación de fuentes de agua y los desastres naturales inducidos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2020). Por tanto, el enfoque de esta tesis se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), especialmente en lo relativo a salud, ambiente y comunidades sostenibles (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015).

1.6.3. Implicaciones prácticas

La utilidad práctica de esta investigación se manifiesta en la generación de herramientas aplicables a la planificación y gestión del riesgo. El estudio contempla la elaboración de cartografía de peligros geodinámicos, el análisis de susceptibilidad del terreno y la propuesta de criterios de localización para infraestructura crítica, basados en variables físicas, geológicas e hidrometeorológicas (Chung, 2018). Esta información será de gran utilidad para los gobiernos



locales, consultoras ambientales, organismos de fiscalización y entidades técnicas responsables del ordenamiento territorial.

1.6.4. Valor teórico

Desde el punto de vista académico, esta tesis contribuye al desarrollo del conocimiento en la interacción entre geodinámica externa y planificación de proyectos ambientales en regiones de alta montaña. Permite integrar conceptos teóricos de geomorfología, geología, geotecnia y evaluación de riesgos en un estudio de caso concreto (Huggett, 2011). A su vez, fomenta un enfoque interdisciplinario para abordar problemas complejos del territorio, promoviendo el diálogo entre las ciencias naturales y las ciencias de la ingeniería ambiental (Bell, 2012).

1.6.5. Utilidad metodológica

La propuesta metodológica de esta investigación, basada en la integración de trabajo de campo, análisis geoespacial con Sistemas de Información Geográfica (SIG), modelamiento de amenazas y aplicación de índices de susceptibilidad, ofrece una herramienta replicable para otros contextos similares (Carrara et al., 1995). Esta metodología no solo permite caracterizar el riesgo de manera técnica, sino que también facilita la visualización y comunicación del riesgo a actores clave. Su valor metodológico radica en su aplicabilidad en zonas andinas con problemas similares, contribuyendo así a mejorar las prácticas de evaluación de riesgos en el país (CENEPRED, 2014).

1.7. Identificación de Variables

1.7.1. Variables

- Evaluación de riesgo geológico.
- Peligro por inundación pluvial, erosión pluvial y deslizamientos.
- Vulnerabilidad de los componentes de la infraestructura de residuos sólidos.



1.7.2. Dimensiones

- **Dimensiones del peligro por inundación pluvial, erosión pluvial y deslizamientos:** Geomorfología, geología, hidrología, hidrogeología, geotecnia y geodinámica.
- **Dimensiones de la vulnerabilidad:** Social, económica y ambiental.

Tabla 3 Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	INDICE	ITEMS	HERRAMIENTAS Y MÉTODOS
NIVEL DE RIESGO GEOLÓGICO	Geomorfología	- Parámetros geomorfológicos	Unidades	Cauce de Drenaje (CdD), Terraza baja (Tzrs-Ba), Terraza alta (Trzs-Al), Pie de Monte (PdM), Laderas de Montaña (LdM).	Fotogrametría, imágenes satelitales, ArcGis.
		- Pendientes	Niveles	Llano a inclinado (0°-5°), Moderadamente empinado (5°-15°), Empinado (15°-25°), Fuertemente empinado (25°-45°), Escarpado (>45°).	ArcGis, DEM's
	Geología	- Litología	Formaciones	Unidades geológicas	Imágenes satelitales, cartografía, ArcGis, Bing, columnas estratigráficas.
		- Estratigrafía	Potencias	m	
		- Geología estructural	Fallas, Diaclasas	Falla (Normal, inversa, sinistral, dextral y combinaciones, Familias de diaclasas.	
	Hidrología	- Escorrentía	Caudal	lt/seg	ArcGis, Datos de Senhami, Excel
		- Registro meteorológico	Intensidad	mm/hora	
		- Hidrogramas	Tiempo de concentración	min	
		- Máximas avenidas	Tiempo de retorno	años	
	Hidrogeología	- Simulación hidráulica	Alturas de inundación	m	Iber 2.0
			Velocidades de flujo	m/s	
		- Permeabilidad de suelos y rocas.	Niveles (Alta, media o baja)	cm/h	ArcGis, Rasters Satelitales, Ensayo de Lefranc (Tubo y cronómetro),
		- Clasificación de acuíferos.	Acuíferos, acuitardos, acuícludes, acuífugos.	Porosos, kársticos o fisurados	
	Geotecnia	- Parámetros físico-mecánicos.	Angulo de fricción interna	grados	Calicatas, Tamices, Carga puntual, Microtremores.
Cohesión			KN/m2		
Peso unitario		KN/m3			
	- Estabilidad de taludes	Modelos constitutivos de suelos y rocas	Factor de seguridad	SLIDE,DIPS,RocFall; Excel, ArcGis	
		Resistencia al esfuerzo cortante	Relación Mohr-Coulumb		
Geodinámica	- Erosión	Laminar, surcos, cárcavas		Imágenes satelitales, mapeo y observación en campo, ArcGis.	
	- Remoción en masa	Deslizamientos, derrumbes, reptación	Rotacionales, traslacionales, vuelcos, caídas		
NIVEL DE VULNERABILIDAD	Social	- Exposición Social	Acceso a servicios de limpieza.	Parámetros y niveles	Excel, encuestas, entrevistas, datos de CENEPRED, INDECI, ArcGis
		- Fragilidad Social	Grupo etario.	Parámetros y niveles	
		- Resiliencia Social	Conocimientos en temas ambientales.	Parámetros y niveles	
	Económica	- Exposición Económica	Cercanía a zonas de inundación, erosión y deslizamiento.	Parámetros y niveles	
		- Fragilidad Económica	Estado de conservación de la infraestructura.	Parámetros y niveles	
		- Resiliencia Económica	Ocupación de las personas	Parámetros y niveles	
	Ambiental	- Exposición Ambiental	Afectación medio ambiental.	Parámetros y niveles	
- Resiliencia Ambiental		Manejo de residuos sólidos.	Parámetros y niveles		

1.8. Tipo y Nivel de investigación

1.8.1. Tipo de Investigación

Investigación aplicada: adquisición, tratamiento, interrelación y análisis de datos aplicando el criterio geológico en la práctica, para la obtención de un modelo coherente.

La investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar o sistematizar la práctica basada en investigación.

Murillo, W. (2008). La Investigación Científica.

1.8.2. Nivel de investigación

- **Descriptiva:** Recolección de información de las diversas dimensiones.

La investigación descriptiva busca especificar las propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Se concentra en **describir cómo es una situación o un fenómeno**, sin explicar por qué ocurre. **Sampieri, R., Collado, C. & Lucio, P. (2014).** Metodología de la investigación. McGraw-Hill.

- **Analítica:** Necesaria para la determinación del tratamiento de datos.

Este tipo de investigación no se conforma con describir el fenómeno, sino que busca **explicar las causas y consecuencias** del mismo. Analiza las relaciones entre variables y pretende encontrar el porqué de los hechos. “Este nivel se orienta a explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da, o por qué dos o más variables están relacionadas.” **Balestrini, M. (2006).** Cómo se elabora el proyecto de investigación. BL Consultores.

- **Hipotética:** Para orientar a la investigación de manera eficiente, ahorrando recursos y tiempo.

Se basa en la formulación de hipótesis que luego son puestas a prueba mediante la observación y la experimentación. El objetivo es **comprobar o refutar una hipótesis** a



partir de datos empíricos. **Kerlinger, F. N. (2002)**. Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales. McGraw-Hill.

- **Deductiva:** Partirá del marco teórico y conceptual para llegar a la identificación de los niveles de riesgo dentro del sector Uyanccany.

Este enfoque parte de principios generales o teorías ya establecidas para **llegar a conclusiones particulares o específicas**. Es común en investigaciones que buscan aplicar teorías existentes a nuevos casos o contextos. **Hernández Sampieri, R. et al. (2014)**. *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

1.9. Diseño de investigación

No experimental: observación y análisis del medio físico en el que se desarrollan los fenómenos para obtener la información necesaria para desarrollar un modelo predictivo.

La investigación no experimental, consiste en estudios que se realizan sin la manipulación de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. **Hernández, Fernández y Baptista (2010)**. Metodología de la Investigación.

1.10. Población y muestra

1.10.1. Población

Área del sector de Uyanccany.

1.10.2. Muestra

- Geomorfología: Parámetros geomorfológicos, pendientes.
- Geología: Litología, estratigrafía y geología estructural.
- Hidrología: Escorrentía, registro meteorológico, hidrogramas, máximas avenidas, simulaciones hidráulicas.
- Hidrogeología: Permeabilidad de suelos y rocas, clasificación de acuíferos.
- Geotecnia: Parámetros físico-mecánicos, estabilidad de taludes.



- Geodinámica: Erosión, remoción en masa.

1.11. Fases de Elaboración del Estudio

Metodología para seguir es básicamente en tres etapas.

1.11.1. Fase de pre Campo

Esta etapa se realizará la recopilación, selección y evaluación de la información técnica y bibliográfica disponible del área de estudio, ya sea antecedentes u otros, como se detalla a continuación:

- Geología de los Cuadrángulo 29-r de Santo Tomas.
- Revisión de bibliografía relacionada básicamente a geología, geomorfología, hidrogeología, geotecnia, geodinámica y geofísica.
- Recopilación de mapas o cartas nacionales para ubicar el área de influencia del estudio.
- Elaboración de mapas topográficos del área de estudio, para los respectivos mapeos de campo.
- Revisión de fotografías aéreas del área del área de influencia.
- Reconocimiento de unidades geológicas que se encuentran en el área de influencia del estudio, en los mapeos realizados por el Instituto geológico, Minero y Metalúrgico del Perú a nivel regional.

1.11.2. Fase de Campo

Durante esta etapa del trabajo de investigación, se desarrolló un recorrido del área de influencia del estudio para así evaluar las características Geológico - Geotécnicas del sector de estudio que se detalla a continuación:

- Determinación de las unidades geológicas, geomorfológicas, estructurales, geodinámicas, etc.
- Mapeo de las condiciones estructurales (diaclasamiento), toma de datos de campo (buzamiento y dirección de buzamiento de las litologías aflorantes en el sector).



- Exploración del subsuelo mediante la ejecución de calicatas, para la caracterización geotécnica del subsuelo, así como geofísica aplicada (tomografía eléctrica).
- Toma de muestras de rocas para diferentes realizar la caracterización geomecánica.
- Levantamiento fotogramétrico y topográfico.

1.11.3. Fase de Gabinete

Esta etapa se contrasta toda la información registrada en campo, gabinete y laboratorio interpretando y determinando los fenómenos por geodinámica externa que se generarían en el área designada para la construcción de la infraestructura de residuos sólidos. Los trabajos realizados en esta etapa se detallan a continuación:

Ensayos para suelos:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422) MTC E 107
- Determinación del límite líquido (ASTM D 4318) MTC E 110
- Determinación del límite plástico MTC E 111
- Clasificación: SUCS ASTM D 2487
- Contenido de humedad MTC - E108
- Densidad Natural ASTM D 1556

Ensayos para rocas:

- Reconocimiento macroscópico y microscópico de rocas
- Mapeo geomecánico de acuerdo a los formatos RMR, GSI y RQD.

De acuerdo al análisis de datos de los ensayos de laboratorio como posterior procesamiento arrojó los resultados detallados a continuación:

- Interpretación de datos de campo, tanto geológicos, geomorfológicos, estructurales, geodinámicas e hidrológicos.
- Elaboración de planos geológico, geomorfológico, estructural, hidrológico, e hidráulicos del área de influencia del estudio.



- Elaboración de tablas, secciones, perfiles, cuadros comparativos, toma de imágenes de referencia, etc.

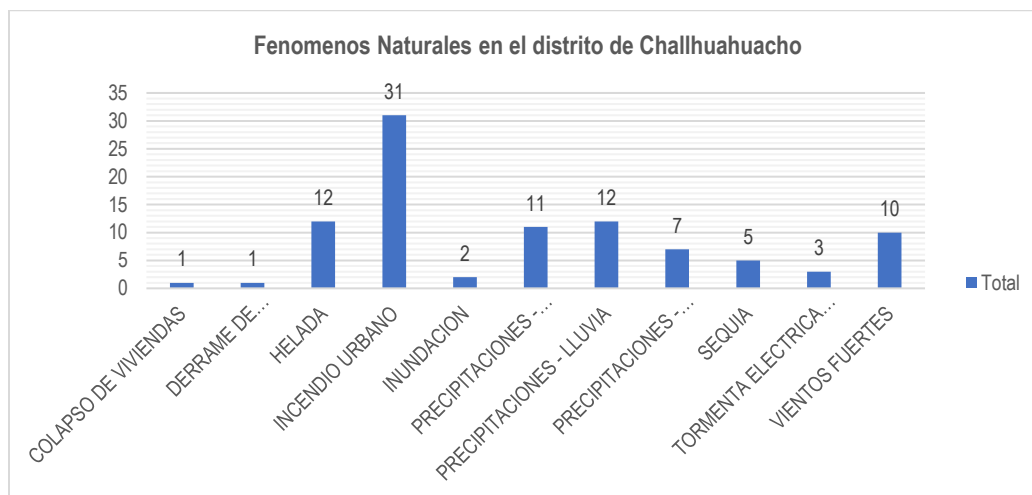
Una vez aglomerada toda la información tanto de campo, gabinete y laboratorio se procederá con la interpretación y análisis final la cual será registrada en planos, mapas gráficos, perfiles, cuadros comparativos, todo ello presentado en un informe final de riesgo por geodinámica externa con las conclusiones y recomendaciones necesarias para la adecuada construcción de la infraestructura de residuos sólidos.

1.12. Recopilación y Análisis de Información Secundaria

De acuerdo con la información registrada en el Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación – SINPAD los fenómenos naturales más recurrente que causaron emergencias entre el 2003 al 2021 en el distrito de Challhuahuacho:

- Incendio Urbano: 31 eventos
- Precipitaciones: 30 eventos
- Heladas: 12 eventos
- Otros fenómenos: 29 evento

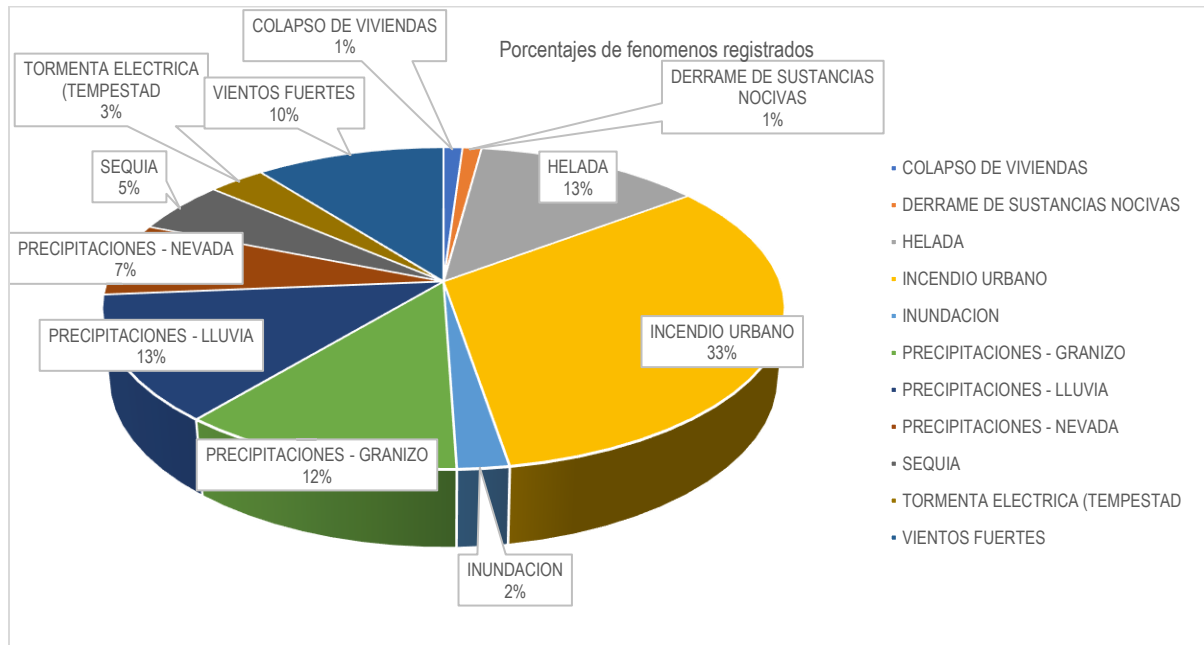
Figura 3 Histograma de fenómenos Naturales registrados



Nota: Elaboración con Información de INDECI-SINPADv2.



Figura 4 Histograma de fenómenos Naturales registrados



Nota: Elaboración con información de INDECI-SINPADv2.

En este caso particular para la infraestructura de residuos sólidos localizada en el sector de Uyanccany de la comunidad de Queuña, la emergencia registrada en la plataforma SINPAD fue de granizo ocasionando 150 afectados en la comunidad de Queuña. Por ello en un evento de máximas avenidas generaría una inundación del sector de la infraestructura planteada.

Tabla 4 Histograma de fenómenos Naturales registrados

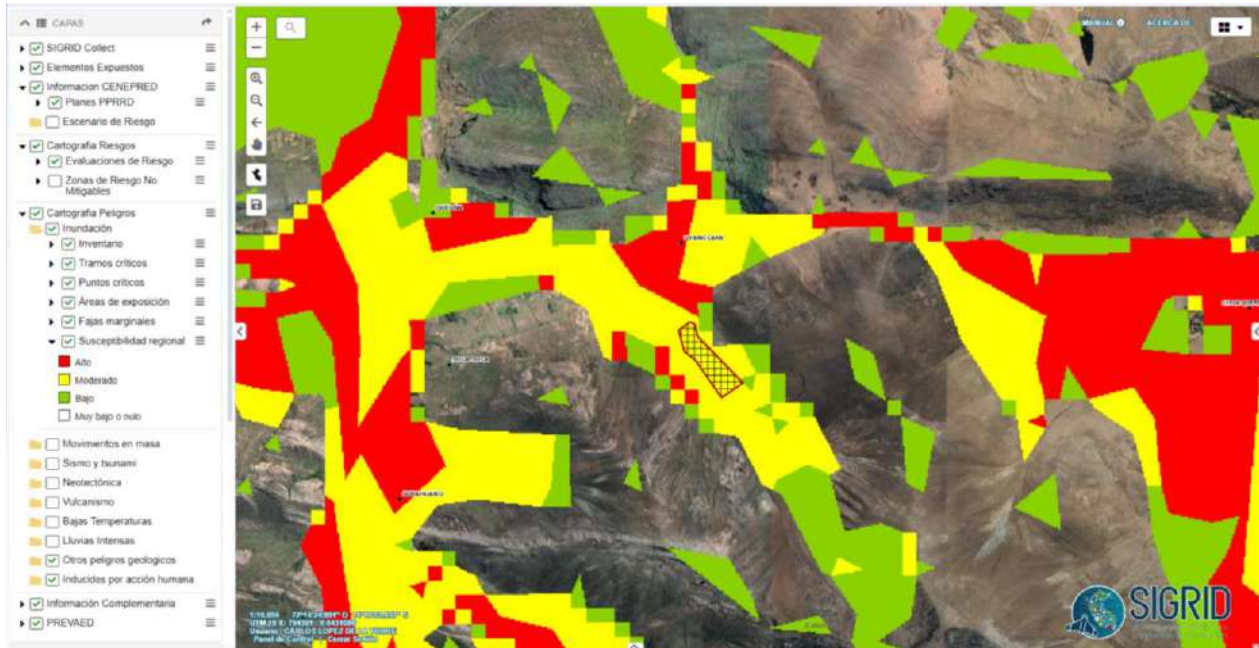
FECHA	CDPTO	CPROV	CDIST	CODIGO	EMERGENCIA	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	FENOMENO	FALLECIDOS	DESAPARECIDOS	HERIDOS	DAMNIFICADOS	AFFECTADOS
TOTAL										0	0	0	0	150
28/01/2007	03	0305	030506	00019492	GRANIZADA EN QUEUÑA CHALHUAHUACHO COTABAMBAS	APURIMAC	COTABAMBAS	CHALHUAHUACHO	PRECIPITACIONES - GRANIZO	0	0	0	0	150

Nota: Elaboración con información de INDECI-SINPADv2.



Mediante la plataforma SIGRID se ha identificado la susceptibilidad a los siguientes peligros:

Figura 5 Cartografía de peligros - inundación



Fuente: Plataforma SIGRID.

Figura 6 Cartografía de peligros – movimientos en masa



Fuente: Plataforma SIGRID.

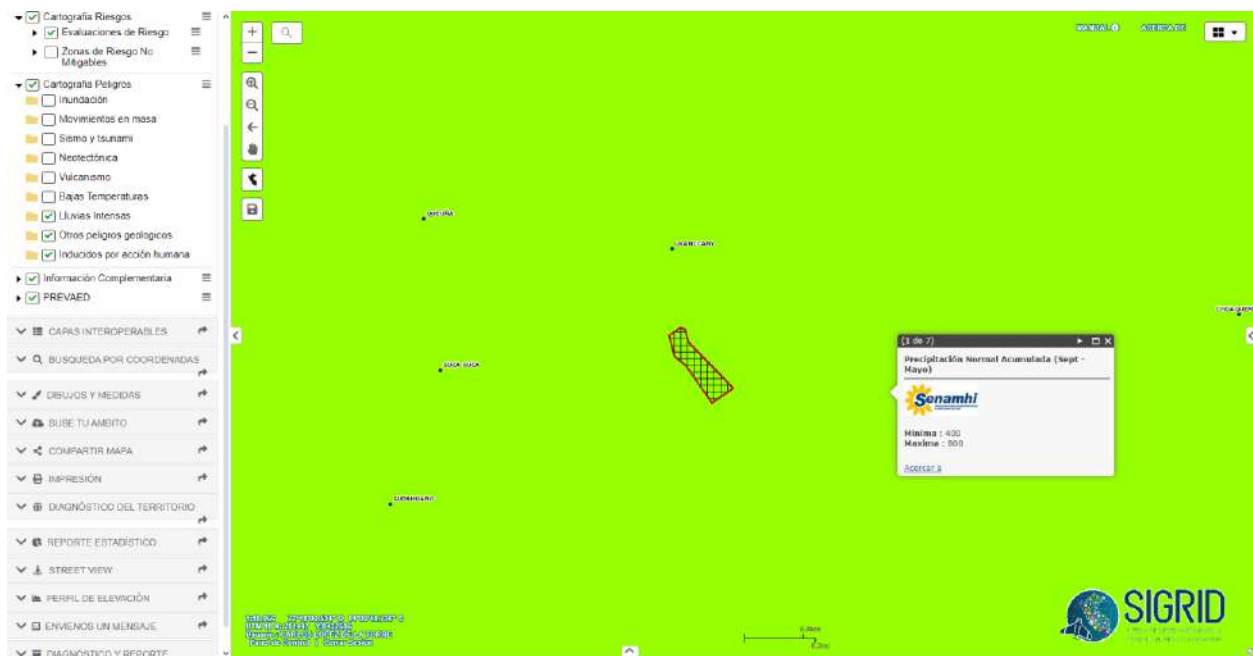


Figura 7 Cartografía de peligros – bajas temperaturas



Fuente: Plataforma SIGRID

Figura 8 Cartografía de peligros – lluvias intensas



Fuente: Plataforma SIGRID.



1.13. Marco Normativo

- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD, Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Ley N° 27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales y su modificatorias dispuesta por Ley N° 27902.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades y su modificatoria aprobada por Ley N° 28268.
- Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable.
- Ley N° 30556, Ley que aprueba disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del Gobierno Nacional frente a desastres y que dispone la creación de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios.
- Decreto Supremo N° 115-2013-PCM, aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869.
- Decreto Supremo N° 126-2013-PCM, modifica el Reglamento de la Ley N° 29869.
- Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, que aprueba el "Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales", 2da Versión.
- Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, Aprueba los Lineamientos Técnicos para el Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 111 – 2012 – PCM, de fecha 02 de noviembre de 2012, que aprueba la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres



- Resolución Ministerial N°147-2016-PCM, de fecha 18 de julio del 2016, que aprueba los Lineamientos para la Implementación del Proceso de Reconstrucción”.
- Resolución Jefatural N° 058-2020-CENEPRED/J, que “Lineamientos para la elaboración del Informe de Evaluación del Riesgo de Desastres en Proyectos de Infraestructura Educativa”
- Decreto Supremo N° 038-2021-PCM Política Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres al 2050.
- Decreto Supremo N° 115-2022-PCM, que aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – PLANAGERD 2022 – 2030.
- Decreto Supremo N° 035-2023-PCM. Declara el Estado de Emergencia en varios distritos de algunas provincias de los departamentos de Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Ica, Junín, Lima, Moquegua, Puno y Tacna; y de la Provincia Constitucional del Callao, por peligro inminente ante intensas precipitaciones pluviales.
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, que establece los requisitos para la ubicación, diseño, construcción, operación y monitoreo de las plantas, con el objetivo de asegurar la gestión ambientalmente segura de los residuos.
- Ley N° 1278, establece los principios generales de la gestión de residuos sólidos, incluyendo la gestión integral de los residuos sólidos municipales, no municipales y los residuos peligrosos.



Capítulo II. Fundamento Teórico

2.1. Marco Referencial

2.2.1. Antecedentes

A. Internacionales

Antecedente N°1: *López Camacho, S. (2018). “Planta de incineración de residuos sólidos urbanos a partir de una tecnología de parrilla” [Tesis de grado, Universidad de Sevilla].*

Cuyo objetivo fue estudiar y seleccionar las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) del documento BREF aplicables a la concepción de una planta de incineración, en función de residuos sólidos urbanos específicos, y presentar características de equipos del mercado, concluyendo que se desarrolló una propuesta técnica-económica completa y viable alineada con los estándares de eficiencia y control de emisiones, cuyos resultados incluyeron la selección fundamentada de las MTD, la definición del proceso y equipos, la realización de un balance de materia y energía y una estimación de costos asociados.

Este antecedente aportó criterios técnicos sobre la selección de tecnologías adecuadas para el tratamiento de residuos sólidos, lo cual sirvió como referencia para comprender los requerimientos técnicos en el planteamiento de infraestructuras de disposición final dentro del presente estudio.

Antecedente N°2: *Colomer, F. J., Gallardo, A., Bovea, M. D., & Carlos, M. (2009). “Evaluación del riesgo geotécnico en vertederos de residuos sólidos: Identificación de los principales peligros”. *Ingeniería Geológica*, 25(3), 215–227.*

Cuyo objetivo consistió en identificar los principales riesgos geotécnicos asociados a estos depósitos, como fase inicial para la evaluación del riesgo ambiental, los autores concluyen que una identificación sistemática de peligros resulta fundamental para una gestión proactiva del riesgo, permitiendo priorizar medidas preventivas y correctivas, e integrar esta evaluación a lo



largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura con el fin de prevenir fallas catastróficas y como resultado del análisis de casos de accidentes a nivel internacional, el estudio estableció una tipología detallada de peligros, entre los que destacan los deslizamientos de la masa de residuos y de los taludes de contención, las fallas en los sistemas de drenaje de lixiviados y biogás, así como los problemas derivados de asentamientos diferenciales.

Este estudio contribuyó a la investigación al proporcionar lineamientos para la identificación de riesgos geotécnicos en infraestructuras de residuos sólidos, permitiendo sustentar la importancia de evaluar los peligros asociados a la estabilidad del terreno en la zona de estudio.

Nacionales

Antecedente N°1: *Dávila Díaz, E. I. (2020). “Revisión de estudios sobre la falta de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos, años 2017-2020” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional UNMSM.*

Planteó como objetivo identificar propuestas de infraestructura viables para mejorar la disposición final en contextos con condiciones deficientes, concluyendo que la implementación de sistemas técnicos adecuados y políticas de gestión integral es urgente para mitigar los graves impactos documentados y como resultado del análisis de seis tesis peruanas, el estudio evidenció problemas recurrentes como la ubicación inadecuada de vertederos, la ausencia de sistemas de tratamiento y la falta de planificación ambiental que generan focos de contaminación.

Este antecedente permitió reconocer las limitaciones existentes en la disposición final de residuos sólidos en el contexto nacional, reforzando la necesidad de incorporar evaluaciones técnicas de riesgo geodinámico en el planteamiento de nuevas infraestructuras.



Antecedente N°2: *Ortiz Ruiz, L. M. (2022). “Eficiencia del tratamiento de los lixiviados en la infraestructura de tratamiento y disposición final de residuos sólidos de Cajamarca 2021” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional.*

Tuvo como objetivo determinar la eficacia del proceso de tratamiento en la planta localizada en el sector Palturo, concluyendo que el sistema presenta deficiencias significativas que limitan su capacidad para cumplir con los estándares ambientales requeridos y como resultado del monitoreo y análisis fisicoquímico realizado durante el periodo de estudio, se identificaron concentraciones residuales elevadas de contaminantes clave en los lixiviados tratados, evidenciando la necesidad urgente de optimizar la infraestructura existente y reforzar los protocolos operativos.

Este estudio aportó evidencia sobre las deficiencias en los sistemas de tratamiento de lixiviados en infraestructuras existentes, lo cual respaldó la importancia de considerar condiciones geológicas e hidrogeológicas adecuadas en el diseño de proyectos similares.

Antecedente N°3: *Chusden Delgado, Y. C. (2023). “Diseño de la infraestructura para el tratamiento de residuos sólidos del distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque” [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional.*

Planteó como objetivo principal diseñar una solución técnica ambiental para la gestión integral de residuos en un distrito carente de sistemas de segregación, compostaje, reciclaje y disposición final adecuada, concluyendo que el diseño propuesto es viable y urgente para sustituir el botadero a cielo abierto existente, el cual genera impactos ambientales y riesgos sanitarios significativos, y como resultado del estudio se presentó un proyecto técnico detallado que incluye la infraestructura necesaria para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final controlada de los residuos, aportando una alternativa sostenible para la problemática local.



Este antecedente contribuyó con criterios de diseño técnico para la implementación de infraestructura de tratamiento de residuos sólidos, sirviendo como referencia metodológica para la planificación de soluciones sostenibles en contextos distritales.

Locales

Antecedente N°1: *Municipalidad Distrital de Challhuahuacho & STRATA Copper. (2009).*

Expediente técnico: “Mejoramiento y ampliación de la gestión integral de residuos sólidos municipales para Challhuahuacho, distrito de Challhuahuacho, Cotabambas, Apurímac” [Documento técnico]. Municipalidad Distrital de Challhuahuacho.

Propuso como objetivo central implementar una infraestructura moderna para la gestión de residuos, el cual concluyó con el diseño de un relleno sanitario técnicamente controlado que incluye sistemas de impermeabilización, drenaje y tratamiento de lixiviados, así como el manejo de biogás, como resultado específico se estableció la adquisición de maquinaria y equipos especializados para la operación, un plan de cierre progresivo y la capacitación del personal municipal, sentando un precedente en la provincia para proyectos bajo estándares ambientales.

Este antecedente aportó información técnica relevante sobre propuestas previas de infraestructura para la gestión de residuos sólidos en el ámbito distrital, sirviendo como base de referencia para el análisis comparativo del planteamiento actual en el sector de Uyanccany.

Antecedente N°2: *Municipalidad Provincial de Aymaraes & Gobierno Regional de Apurímac. (2021). “Diseño para un relleno sanitario manual destinado a mejorar la gestión integral de residuos sólidos en el distrito de Tintay” [Documento de proyecto]. Gobierno Regional de Apurímac.*

Planteó el diseño de una infraestructura sostenible y escalable para comunidades de menor escala, el cual concluyó con un modelo técnicamente viable y de bajo costo operativo, adaptado a la topografía local y a la normativa del Ministerio de Vivienda (RM N° 211-2021-VIVIENDA), y



como resultado detallado se dimensionó una celda con una vida útil de 10 años, calculada para una población de 2,640 habitantes y una generación per cápita de 0.594 kg/hab/día, incluyendo especificaciones para sistemas de drenaje pluvial, control de lixiviados y un plan de monitoreo ambiental.

Este documento contribuyó con criterios técnicos aplicables al diseño de rellenos sanitarios manuales en contextos regionales similares, fortaleciendo el enfoque técnico adoptado en la evaluación del emplazamiento de la infraestructura propuesta.

2.2. Marco Teórico

2.2.2. Relleno Sanitario

Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental (Minam).

Jaramillo, J. et al., (2002), El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control.



2.2.3. Clasificación de relleno sanitario

De acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, el relleno sanitario es una infraestructura de disposición final, debidamente equipada y operada, que permite disponer sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos, generados por diversas actividades económicas.

Este tipo de infraestructura sanitaria es una técnica de disposición final de residuos sólidos en el suelo, mediante el uso de principios de ingeniería para confinar la basura en un área previamente implementada con estándares específicos para el control y manejo de las emisiones (líquidos y gases) que se genera producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos, con el objetivo de prevenir los riesgos a la salud pública y deterioro de la calidad ambiental.

Los rellenos sanitarios en base al tipo de operación se clasifican en tres tipos:

- I. **Relleno sanitario manual:** Realizan el esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, pisones manuales, entre otros y la capacidad de operación diaria no excede las 20 toneladas de residuos, cuya operación se restringe a horario nocturno.
- II. **Relleno sanitario semi mecanizado:** Poseen una capacidad máxima de operación diaria que no excede las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan con el apoyo de equipo mecánico, además del empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos.
- III. **Relleno sanitario mecanizado:** La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal y su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas.



2.2.4. Distribución general de la infraestructura de residuos sólidos

La distribución general debe poseer la ubicación y dimensiones de los componentes de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos, que se detalla a continuación:

- a) **Área para administración y control de ingreso de residuos;** definidos como ambientes para el almacén de herramientas, servicios higiénicos y una caseta o garita de control.
- b) **Vía de acceso interna;** definidas como estructuras de tránsito que poseen un mínimo de 3 m. de ancho cuyas características están diseñadas para el tránsito pesado, complementadas de cunetas laterales para zonas con condiciones de alta precipitación.
- c) **Sector de operación;** el cual es conformado por las celdas de disposición final en cualquiera de sus métodos (área, trinchera o mixta), drenes de recolección e instalación de almacenamiento de lixiviados.
- d) **Área para el abastecimiento y almacenamiento de material de cobertura;** es un área designada donde se extrae el material para su eliminación o donde se almacena el material tomado prestado de otras canteras.
- e) **Barrera sanitaria;** se define como el sector donde se instalarán barreras naturales o artificiales para ayudar a reducir los impactos negativos y proteger a las personas de posibles riesgos para la salud y el medio ambiente.
- f) **Zona de seguridad;** se definen como áreas libres dentro del terreno que no pertenecen a la barrera sanitaria y en donde no se implementará ninguna instalación, en la misma que el personal puede ubicarse en caso de emergencias.

2.2.5. Estudios Preliminares para la construcción de rellenos sanitarios

Los estudios básicos según a la “*Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*” del MINAM se detallan a continuación:

- **Estudio topográfico,** es un estudio que permite describir las características de los diferentes perfiles de terreno a fin de clasificarlo según su pendiente, identificar el sector apropiado para relleno y para material de cobertura y facilitar la definición del método de



disposición a utilizarse, el estudio concluye en un plano con curvas de nivel en escala adecuada para el diseño de detalle y con información anexa como: memoria descriptiva, planos de ubicación, plano perimétrico y la copia de libreta topográfica o de base de datos.

- **Estudio de mecánica de suelos - Geotecnia**, el objetivo de este estudio geotécnico es conocer el comportamiento mecánico del suelo en el que va a construirse el relleno, su resistencia, elasticidad, etc., mediante los resultados de los análisis de laboratorio de las siguientes características:
 - Contenido orgánico total.
 - Granulometría.
 - Capacidad e intercambio catiónico.
 - Límites de consistencia.
 - PH.
 - Clasificación de los suelos.
 - Porosidad.
 - Humedad.
 - Peso volumétrico.
 - Permeabilidad.
 - Capacidad de carga.
 - Compactación - proctor estándar.
 - Compresión triaxial.
- **Estudio geohidrológicos**, El objetivo principal del estudio geohidrológico es la localización de los mantos acuíferos, así como su gasto de escurrimiento, velocidad, dirección de movimiento y los cortes estratigráficos de los suelos, de tal manera que se cuente con información acerca de la disponibilidad de tierra para cobertura y sus características geológicas, las cuales nos ayudarán a conocer el volumen disponible de material de cubierta y la línea de máxima excavación en la operación del relleno sanitario.



- **Estudios geofísicos**, permite caracterizar el futuro terreno de disposición final, este permite conocer las condiciones estratigráficas y litológicas de la geometría del suelo y el nivel freático del suelo. Además, permite identificar los diferentes horizontes verticales del corte geoelectrico y correlacionarlos en forma bidimensional.
- **Estudio geológico**, se define como el estudio sistemático de los materiales, procesos, ambientes e historia de la tierra. Si bien los tres son complementarios, la naturaleza y la estructura de los materiales tienen mayor impacto en un relleno sanitario. Los terrenos identificados no deberán estar ubicados sobre o cerca de fallas geológicas ni en zonas con riesgos de estabilidad ni deben tener la posibilidad de ocurrencia de inundación por acumulación de aguas pluviales o avenidas.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Geodinámica o geología dinámica

Dávila, B. (2011), lo define como parte de la geología física o geomorfología que estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa).

Vallejo, G. et. al. (2002), Es la ciencia que estudia todos los procesos geológicos provocados por esfuerzos endógenos y exógenos. También se denomina geodinámica. A la geodinámica externa se le denomina geotecnia, cuando se aplican técnicas ingenieriles para controlar los procesos geodinámicos.

2.3.2. Procesos Geodinámicos Externos

Vallejo, G. et. al. (2002), Los procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diversas características, magnitud y velocidad. Los más frecuentes y extendidos son los movimientos de ladera, que engloban, en general, a los procesos gravitacionales que tienen lugar en las laderas.



2.3.3. Movimientos de ladera

Vallejo, G. et. al. (2002), Los procesos geológicos y climáticos que afectan a la superficie terrestre crean el relieve y definen la morfología de las laderas, que va modificándose a lo largo del tiempo para adaptarse a nuevas condiciones geológicas o climáticas. Por lo general, las laderas adoptan pendientes naturales cercanas al equilibrio; ante el cambio de condiciones, su morfología se modifica buscando de nuevo el equilibrio. En este contexto, los movimientos de ladera pueden entenderse como los reajustes del terreno para conseguir el equilibrio ante un cambio de condiciones.

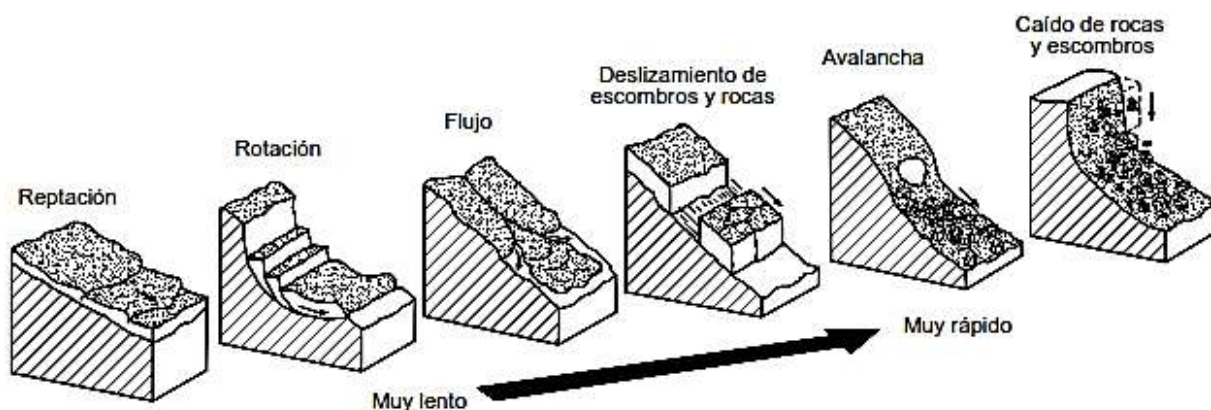
2.3.4. Tipos de movimiento

Vallejo, G. et. al. (2002), Las clasificaciones de los movimientos de ladera suelen referirse a los tipos de materiales involucrados, distinguiendo generalmente entre materiales rocosos, derrubios y suelos, y al mecanismo y tipo de la rotura, considerando también otros aspectos, como el contenido en agua del terreno y la velocidad y magnitud del movimiento. Algunas de las clasificaciones más extendidas (Varnes, 1984; Hutchinson, 1988; EPOCH, 1993; Dikau et al, 1996), con diversos criterios y fines, son de gran utilidad para abordar el estudio de los movimientos de laderas y el conocimiento del comportamiento de los materiales que sufren estos procesos.



Figura 9 Velocidad de los movimientos (Adaptado de Cruden, Varnes - 1996)

Clase	Descripción	Velocidad (mm/s.f.)	Desplazamiento	Poder Destructor
7	Extremadamente rápida	5×10^1	5 m/seg.	Catástrofe de violencia mayor; edificios destruidos por el impacto o el material desplazado, muchas muertes, escape improbable.
6	Muy rápida	5×10^1	3 m/min	Alguna pérdida de vidas; velocidad demasiado alta para permitir a todas las personas escapar.
5	Rápida	5×10^1	1.8 m/hora	Escape posible; estructuras, propiedades y equipos destruidos.
4	Moderada	5×10^{-3}	13 m/mes	Algunas estructuras temporales y poco sensibles pueden mantenerse temporalmente.
3	Lenta	5×10^{-5}	1.6 m/año	Construcciones remediales se pueden realizar durante el movimiento. Algunas estructuras insensitivas pueden mantenerse con mantenimiento frecuente.
2	Muy lenta	5×10^{-7}	16 mm/año	Algunas estructuras permanentes no son dañadas por el movimiento.
1	Extremadamente lenta			Movimientos imperceptibles sin instrumentos; posible construcción pero teniendo ciertas precauciones.



Fuente: Suarez, J. (2009). *Deslizamientos. Volumen I: Análisis geotécnico. Universidad industrial de Santander. Colombia.*



2.3.5. Capacidad de carga

Santana, R. (2013), La carga admisible en una cimentación es aquella que puede ser aplicada sin producir problemas en la estructura soportada, teniendo, además, un margen de seguridad dado por el llamado coeficiente de seguridad adoptado. La carga admisible no depende únicamente del terreno, sino también de la cimentación, características de la estructura y del coeficiente de seguridad que se adopte en cada caso.

2.3.6. Capacidad portante o resistencia de suelos

Santana, R. (2013), Como el diseño de cimentaciones consiste en encontrar un elemento que transmita la carga de la superestructura al suelo de apoyo sin que se produzca falla por corte, ni flujo plástico o desplazamiento lateral de la parte inferior de la cimentación, tampoco que se produzcan asentamientos exagerados o mayores que los permitidos; se hace necesario encontrar la capacidad portante del suelo por medio de sondajes a cargo de un especialista en mecánica de suelos.

2.3.7. Peso Unitario de un Suelo

Yepes, V. (2021), El “peso específico de un suelo”, como relación entre el peso y su volumen, es un valor dependiente de la humedad, de los huecos de aire y del peso específico de las partículas sólidas. Para evitar confusiones, las determinaciones de los ensayos de laboratorio facilitan por un lado el “peso específico seco” y por otro la humedad. Fijémonos que este término es diferente de la “densidad del suelo”, que establece una relación entre la masa y el volumen. También suele utilizarse un valor adimensional denominado, “peso específico relativo”, definido como el cociente entre el peso específico del suelo y el peso específico del agua a una temperatura determinada. Los valores típicos de gravedades específicas para los sólidos del suelo son entre 2.65 y 2.72.

2.3.8. Permeabilidad hidráulica del suelo

Braja M. Das (2012), Los espacios vacíos, o poros, entre granos del suelo permiten que el agua fluya a través de ellos. En mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones se debe



conocer cuánta agua fluye a través de un suelo por tiempo unitario. Este conocimiento se requiere para diseñar presas de tierra, para determinar la cantidad de filtraciones debajo de estructuras hidráulicas y para desaguar cimentaciones antes y después de su construcción.

2.3.9. Sistema de clasificación de suelos

Braja M. Das (2012), Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos con base en propiedades ingenieriles comunes como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son 1) el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y 2) el Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System (también es el sistema de la ASTM). El sistema de la AASHTO se emplea principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera. No se utiliza en la construcción de cimentaciones.

2.3.10. Compresión Simple en Rocas

González L. (2002), Es el máximo esfuerzo que soporta la roca sometida a compresión uniaxial, determinada sobre una probeta cilíndrica confinada en el laboratorio.

2.3.11. Peso Unitario de una Roca

González L. (2002), Depende de los componentes, y se define como el peso por unidad de volumen. Sus unidades son las de fuerza (kilopondio, newton, tonelada-fuerza, etc) por volumen.

2.3.12. Clasificaciones geomecánicas

(Geotecnia fácil, s.f. 2018), Las clasificaciones geomecánicas de rocas son un elemento fundamental en la caracterización de macizos rocosos ya sea mediante toma de datos de afloramientos o mediante sondeos con recuperación de testigo. Son fundamentales en estudios de túneles y taludes y permiten una clasificación rápida del macizo rocoso. Hoy nos centraremos en la más empleada de todas, la clasificación geomecánica RMR (Rock Mass Rating) o también llamada de Bieniawski por ser desarrollada por el profesor Z. T. Bieniawski en



1973 y actualizada en 1979 y 1989. Otras clasificaciones muy utilizadas son la Q de Barton utilizada casi en exclusiva para túneles y el SMR de Romana para su uso en taludes.

2.4. Geofísica

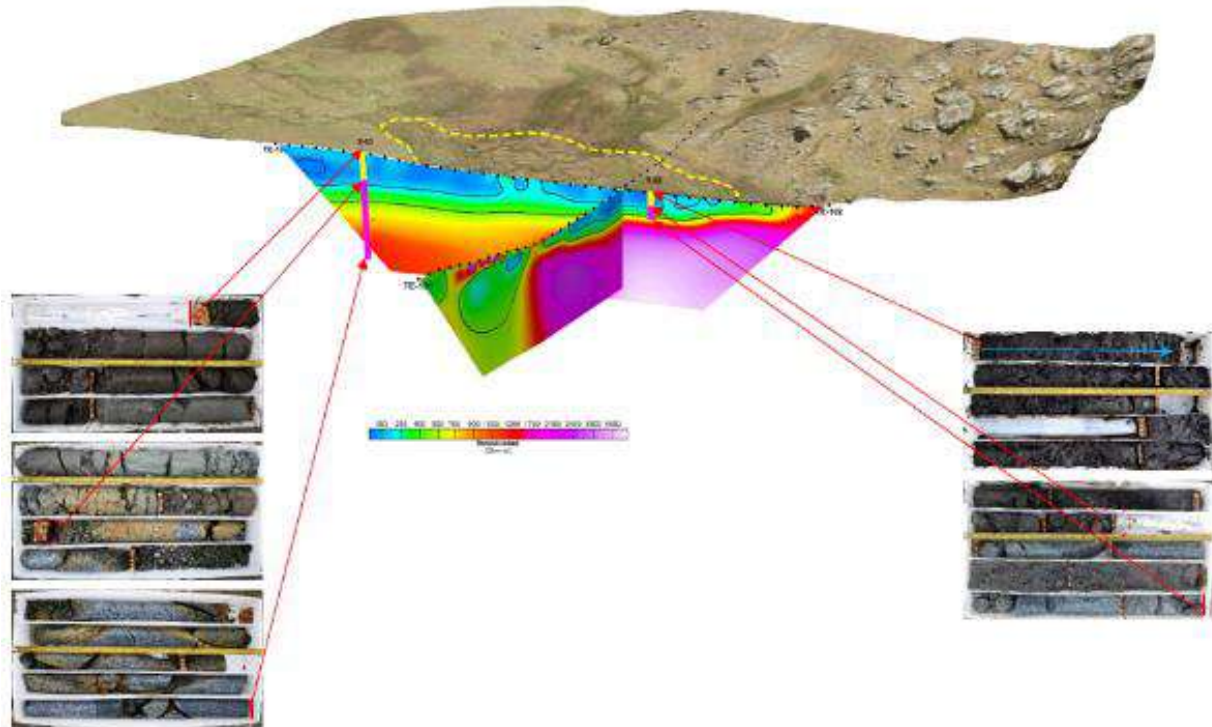
2.4.1. Tomografía eléctrica

Tejada K. (2021), La técnica de exploración por tomografía de resistividad eléctrica (ERT o electrical resistivity tomography) es un método eficaz, rápido, de bajo costo y no invasivo que permite modelar y visualizar la estructura interna de los materiales del subsuelo. Actualmente esta tecnología se aplica para solucionar problemas tales como fugas en presas de relaves y pads de lixiviación, monitoreo de deslizamientos, detección de cavidades, localización de acuíferos, delimitación de espesores de bofedales, definición del contacto entre suelo y roca, y que en muchos aspectos supera a otros métodos convencionales como la refracción sísmica que se ve limitado a investigar en profundidad en suelos blandos y/o saturados.

Tejada K. (2021), El método de ERT permite medir las variaciones de resistividad lateral del subsuelo siguiendo los procedimientos recomendados en la norma ASTM D6431.



Figura 10 Perfiles de ensayos ERT



Fuente: Tejada, K. (2021, febrero 24). Aplicaciones del ensayo de tomografía eléctrica a problemas de la ingeniería geotécnica en la minería.

2.5. Hidrología

2.5.1. Umbrales de Precipitación

De acuerdo al IPCC (Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis). Un fenómeno meteorológico extremo es un evento “Raro” en un lugar y momento determinado. Las definiciones de raro varían, pero en general hay consenso de que las precipitaciones que superan el percentil 90, calculado de los días con precipitación acumulada diaria mayor a un (1) mm ($RR > 1\text{mm}$) son considerados como días lluviosos; muy lluviosos las precipitaciones que superan el percentil 95. Mientras que extremadamente lluviosos (Extremadamente fuertes), los que superan el percentil 99. Esta clasificación es más de “abundancia” que, de intensidad orientada para tener un criterio común a la hora de clasificar un



total acumulado en 24 horas, más que de evaluar la intensidad de la precipitación, aunque indirectamente lo hace.

2.5.2. Outlier (Prueba de datos dudosos)

Se refiere a datos que se apartan significativamente de la tendencia de los datos restantes, la retención, modificación, eliminación de estos valores atípicos puede afectar significativamente a los parámetros estadísticos computados a partir de los datos, especialmente en el caso de muestras pequeñas, todos los procedimientos para tratar los valores atípicos requieren, en última instancia, un juicio que incluya consideraciones tanto matemáticas como hidrológicas.

La siguiente ecuación de frecuencias puede utilizarse para detectar datos dudosos altos:

$$X_H = \bar{X} + k_N \cdot S$$

La siguiente ecuación se utiliza para detectar valores atípicos bajos:

$$X_L = \bar{X} - k_N \cdot S$$

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Donde:

X_H = Alto umbral atípico en unidades de registro

\bar{X} = Logaritmo medio de los picos sistemáticos excluyendo los eventos de inundación cero, los picos por debajo de la base de medidor y los valores atípicos detectados.

S = Desviación estándar de X' s

k_N = Valor K del apéndice 4 para el tamaño de muestra N

2.5.3. Pruebas de Bondad de Ajuste (Kolmogorov Smirnov)

Son pruebas de hipótesis para verificar si los datos observados en una muestra aleatoria se ajustan con algún nivel de significancia a determinada distribución de probabilidad.

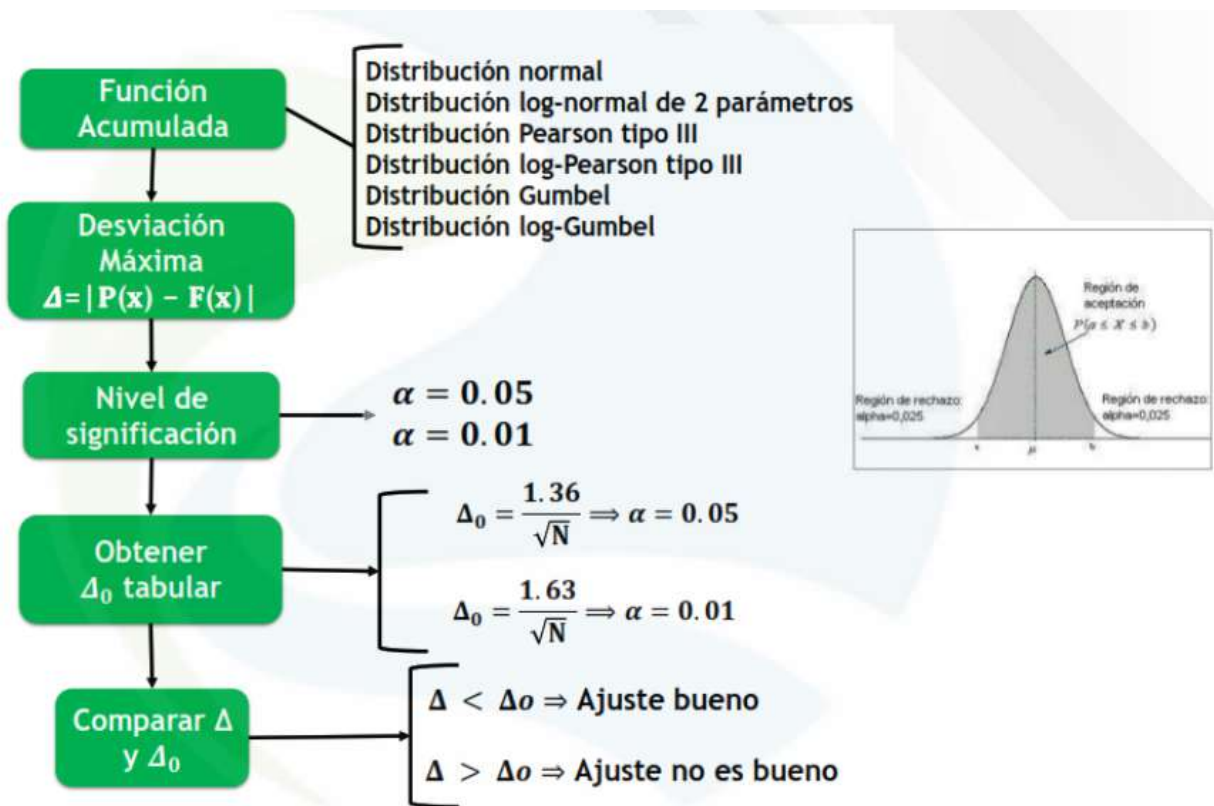


La hipótesis nula H_0 indica la distribución propuesta, mientras que la hipótesis alternativa H_1 , nos indica que la variable en estudio tiene una distribución que no se ajuste a la distribución propuesta.

$H_0: f(x)=f_0(x)$

$H_1: f(x)\neq f_0(x)$

Figura 11 Pruebas de Bondad de Ajuste Kolmogorov Smirnov



Fuente: HidroGis. Ing. Víctor Orlando Olivos Alvites (Ing. Agrícola). Pruebas de Bondad de ajuste Kolmogorov Smirnov

2.5.4. Determinación de la Tormenta de Diseño

Las tormentas de diseño pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación de las áreas cercanas o pueden basarse en la información histórica de la precipitación de una región.



La aplicación va desde el uso de valores puntuales de precipitación en el método racional para determinar los caudales picos en los alcantarillados de aguas lluvias en obras viales hasta el uso de hietogramas de tormenta como entradas para el análisis de lluvia-escorrentía en los embalses de detención de aguas en sectores puntuales, así como grandes cuencas.

2.5.5. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24h} \left[\frac{d}{1440} \right]^{0.25}$$

Donde:

P_d = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación P_d entre la duración.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio



T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Si se toman los logaritmos de las ecuaciones anterior se obtiene:

$$\text{Log}(I) = \text{Log}(K) + m \text{Log}(T) - n \text{Log}(t)$$

$$\text{Bien: } Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Donde:

$$Y = \text{Log}(I); a_0 = \text{Log} K$$

$$X_1 = \text{Log}(T); a_1 = m$$

$$X_2 = \text{Log}(t); a_2 = -n$$

Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de los datos existentes. El procedimiento se muestra en los cuadros adjuntos.

2.5.6. Caudales Máximos de diseño por el Método Racional

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente “c” (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, $A < 10 \text{ Km}^2$. Considerar que la duración de P es igual a t_c . El método Racional se recomienda en el Manual de carreteras, Hidráulica, Hidrología y drenaje. Para el presente estudio se utilizará el método racional, con los datos meteorológicos procesados, suministrados por SENAMHI, para un determinado tiempo de retorno.

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0.278CIA$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C: Coeficiente de escorrentía (Ver Cuadro N° 37)

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)



A: Área de la cuenca (Km²)

Los valores del coeficiente de escorrentía “C”, se calculan con el siguiente cuadro, extraído del Manual de Carreteras: Hidráulica, hidrología y drenaje, este valor depende de las características hidrológicas y geomorfológicas de las cuencas.

Tabla 5 Coeficientes de escorrentía método racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

El valor del coeficiente de escorrentía se establece de acuerdo con las características hidrológicas y geomorfológicas de las quebradas cuyos cursos interceptan el alineamiento de las cuencas en estudio. En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía variarán según dichas características.



2.5.7. El Coeficiente de escorrentía C

Para las Áreas de las zonas delimitadas en el área de estudio, se ha considerado un “C”, acorde a la tabla recomendada en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Se realiza un cálculo ponderado, debido a encontrarse diferentes pendientes en las cuencas y sub cuencas en estudio.

Se calculan los coeficientes de escorrentía ponderando las áreas con diferentes pendientes, para cada microcuenca con la expresión siguiente:

$$C = \frac{\sum(A_i \times C_i)}{\sum A_i}$$

Dónde:

A_i = Áreas que forman la cuenca (techos, veredas, césped)

C_i = Coeficientes de cada elemento

2.5.8. El tiempo de Concentración (Tc)

Para las áreas delimitadas, se cuenta con los siguientes parámetros geomorfológicos como son:

L: Longitud son variables en cada uno de las Áreas que escurren el agua.

S: Pendiente de igual manera variables en (m/m)

Reemplazando en la fórmula de Kirpich, en minutos.

Se tienen Tc = variables como se indican en el cuadro adjunto.

2.5.9. Cálculo de Intensidades (I)

Para el estudio hidrológico para el sector de estudio sumado a la importancia y costo de la infraestructura, la intensidad que se ha considerado para un periodo de retorno T=500 años es de la siguiente forma.

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$



Donde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

2.5.10. Balance Hídrico

El balance hídrico es una herramienta que permite estimar la disponibilidad y el uso del agua en una región o cuenca hidrográfica. Se basa en la comparación entre las entradas y las salidas de agua, considerando tanto los procesos naturales como las actividades humanas.

El método de Thornthwaite es uno de los más utilizados para calcular el balance hídrico, especialmente en zonas con clima templado y húmedo. Fue desarrollado por el climatólogo estadounidense Charles Warren Thornthwaite en 1948, y se basa en la evapotranspiración potencial (ETP), que es la cantidad de agua que se evapora de una superficie vegetada si no hay limitaciones de humedad en el suelo.

La ETP depende de la temperatura, la radiación solar, el viento y la humedad relativa del aire. Thornthwaite propuso una fórmula empírica para estimar la ETP a partir de la temperatura media mensual y un índice de aridez que depende de la latitud y la duración del día.

Para calcular el balance hídrico mensual según Thornthwaite, se necesita conocer la precipitación (P) y la ETP de cada mes. A partir de estos datos, se puede obtener el déficit o el exceso de agua, que se acumula en un almacén o reservorio que representa la capacidad de retención de agua del suelo. El balance hídrico anual se obtiene sumando los balances mensuales.



El método de Thornthwaite tiene algunas ventajas, como su sencillez, su bajo requerimiento de datos y su aplicabilidad a diferentes escalas espaciales. Sin embargo, también tiene algunas limitaciones, como su falta de precisión en zonas áridas o semiáridas, su sensibilidad a los cambios climáticos y su incapacidad para considerar otros factores que influyen en la evapotranspiración, como el tipo y el estado de la vegetación, el relieve o el riego.

2.5.11. Método Thornthwaite (ETP)

- a) Se calcula un “índice de calor mensual” (i) a partir de la temperatura media mensual (t):

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

- b) Se calcula el “índice de calor anual (I) sumando los 12 valores de i :

$$I = \sum i$$

- c) Se calcula la ETP mensual “sin corregir” mediante la fórmula:

$$ETP_{\text{sin corr.}} = 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I}\right)^a$$

Donde:

$ETP_{\text{sin corr.}}$ = ETP mensual en mm/mes para meses de 30 días y 12 horas de sol (teóricas)

t = temperatura media mensual °C

I = Índice de calor anual, obtenido en el punto 2°

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 1792 \times 10^{-5} I + 0.49239$$

- d) Corrección para el n° de días del mes y el n° de horas de sol:

$$ETP = ETP_{\text{sin corr.}} \cdot \frac{N}{12} \cdot \frac{d}{30}$$



Donde:

ETP = Evapotranspiración potencial corregida

N = número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud

d = número de días del mes

2.5.12. Método Turc (ETR)

Turc ha desarrollado diferentes fórmulas en función de la temperatura media y la altitud de precipitación media anual o mensual.

La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$Er = \frac{P}{\sqrt{(0.9 + \frac{P^2}{L^2})}}$$

Donde:

Er : Evapotranspiración real (mm)

P : Precipitación media anual (mm)

L : $300 + 25T + 0.05T^3$

T : Temperatura media anual (°C)

Esta es la fórmula en la que la T es la temperatura media anual del aire en °C, que expresa el poder evaporante de la atmósfera y es aplicable a todos los climas: áridos, húmedos, fríos y cálidos.

2.6. Geotecnia y geodinámica

2.6.1. Métodos de Equilibrio Limite

De acuerdo a Suarez, J. (2009), El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas. Cada día se han ido mejorando los sistemas de dovelas desarrollados por Petterson y



Fellenius (1936). Algunos métodos son precisos y otros, solamente aproximados. Los métodos de Bishop (1955) y Janbú (1954) han sido muy utilizados en los últimos 50 años y se han desarrollado métodos de análisis más precisos y complejos como los de Morgenstern y Price (1965) y Spencer (1967), ayudados por programas de software que permiten realizar análisis muy rigurosos. Generalmente, los métodos son de iteración y cada uno de éstos posee un cierto grado de precisión.



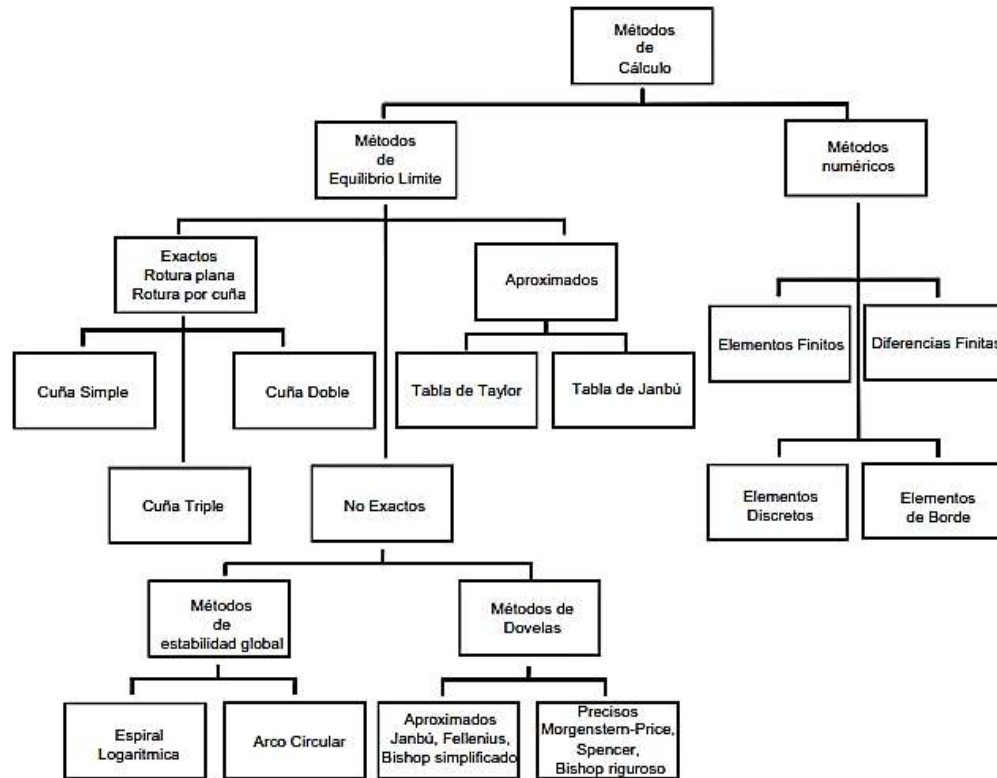
Tabla 6 Métodos de análisis de estabilidad de taludes característicos por equilibrio límite

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Bloque delgado con nivel freático, falla paralela a la superficie.
Bloques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas	Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos	Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos	Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ($\phi = 0$).
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas	No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas	Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

Fuente: Jaime Suarez. 2009. *Deslizamientos, Volumen I, Análisis Geotécnico. Universidad Industrial de Santander. Colombia. Pag 136.*



Figura 12 Métodos de análisis de estabilidad de taludes



Fuente: Jaime Suarez. 2009. *Deslizamientos, Volumen I, Análisis Geotécnico*. Universidad Industrial de Santander. Colombia. Pag 137.

2.6.2. Método de Morgenstern y Price

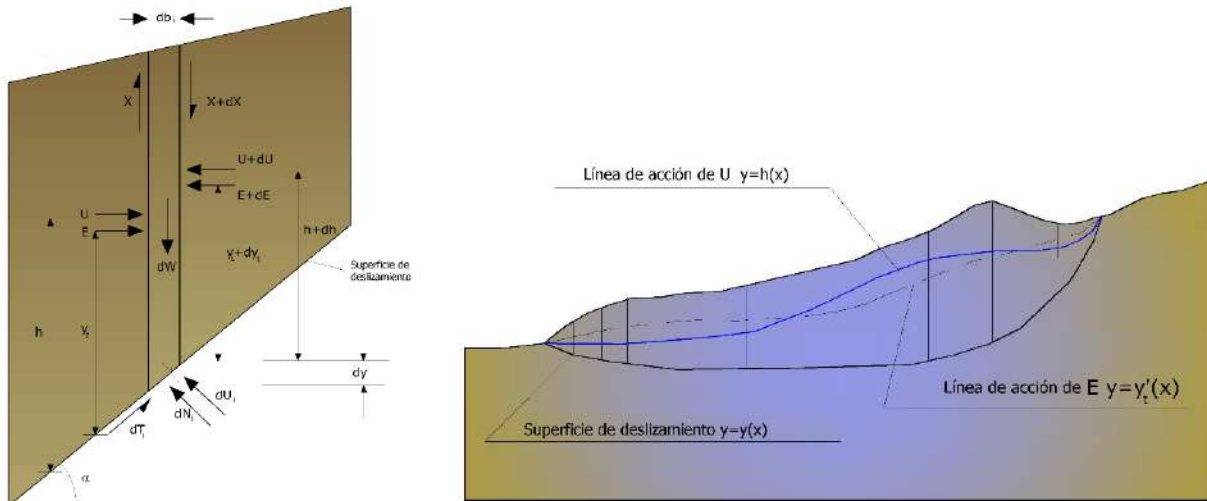
Se establece una relación, entre los componentes de las fuerzas de interconexión, de tipo $X = \lambda f(x) E$, donde λ es un factor de escala y $f(x)$, que está en función de la posición de E y de X, establece una relación entre las variaciones de la fuerza X y de la fuerza E en la masa deslizante. La función $f(x)$ se elige arbitrariamente (constante, senoide, semisenoide, trapecio, fraccionada) e influye poco sobre el resultado, pero se debe verificar que los valores obtenidos de las incógnitas sean físicamente aceptables.

La particularidad del método es que la masa se subdivide en franjas infinitesimales, a las cuales se aplican las ecuaciones de equilibrio en la traslación horizontal y vertical y de rotura en



la base de las franjas. Se llega a una primera ecuación diferencial que une las fuerzas de conexión incógnitas E , X , el coeficiente de seguridad F_s , el peso de la franja infinitésima dW y el resultado de las presiones neutras en la base dU . (Geostru Software).

Figura 13 Acciones en la i -ésima rebanada según las hipótesis de Morgenstern y Price y representación del conjunto



Fuente: Geostru Software

Se obtiene la llamada “ecuación de las fuerzas”:

$$c' \sec^2 \frac{\alpha}{F_s} + tg \phi' \left(\frac{dW}{dx} - \frac{dX}{dx} - tg \alpha \frac{dE}{dx} - \sec \alpha \frac{dU}{dx} \right) = \frac{dE}{dx} - tg \alpha \left(\frac{dX}{dx} - \frac{dW}{dx} \right)$$

Una segunda ecuación, llamada “ecuación de los momentos”, se escribe imponiendo la condición de equilibrio a la rotación respecto a la base:

$$X = \frac{d(E_\gamma)}{dx} - \gamma \frac{dE}{dx}$$

Estas dos ecuaciones se extienden por integración a toda la masa deslizante.

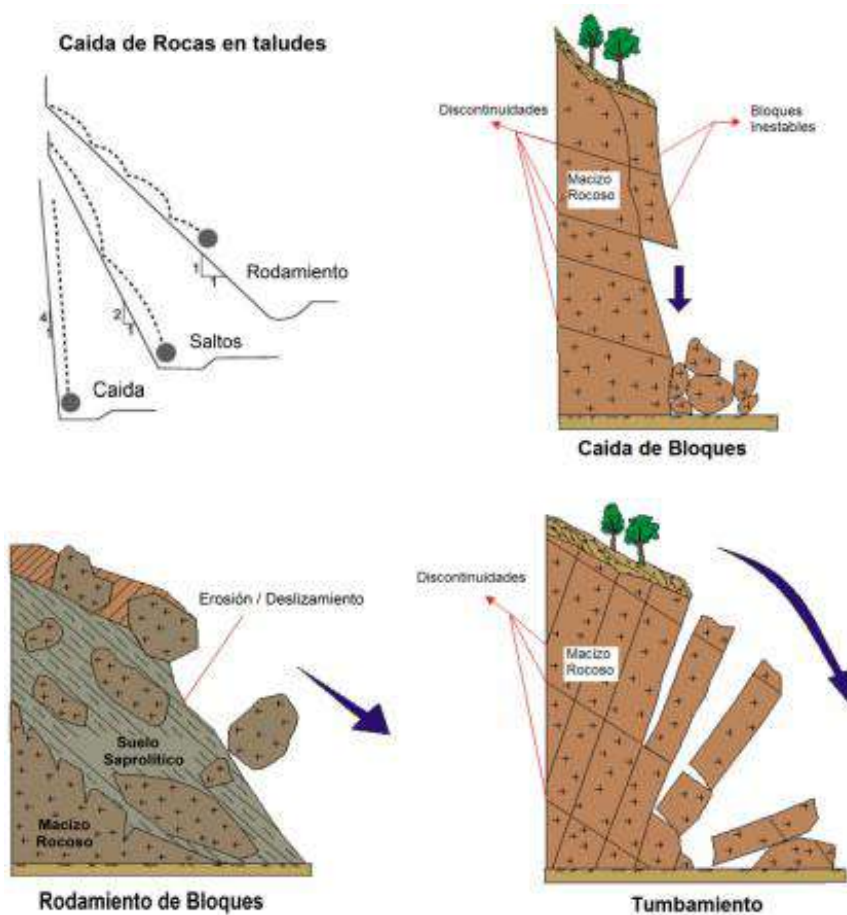


El método de cálculo satisface todas las ecuaciones de equilibrio y se aplica a superficies de cualquier forma, pero implica necesariamente el uso de un ordenador. (Geostru Software).

2.6.3. Caída de Rocas

Según Varnes (1978), son movimientos que consisten en el desplazamiento de bloques de roca por efecto de la gravedad a lo largo de pendientes empinadas, cuyos movimientos dependiendo de la pendiente del talud pueden ser del tipo caída libre, saltos, rodamiento.

Figura 14 Esquemas de los tipos de movimientos de los bloques realizan sobre el talud dependiendo de su pendiente



Fuente: Modificado Pimentel, 2011



2.7. Estimación o cálculo del riesgo

El expresar los conceptos de peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el campo técnico científico Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985b) y Coburn y Spence (1992), está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664 Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad.

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

Dónde:

R= Riesgo.

f = En función

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

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto



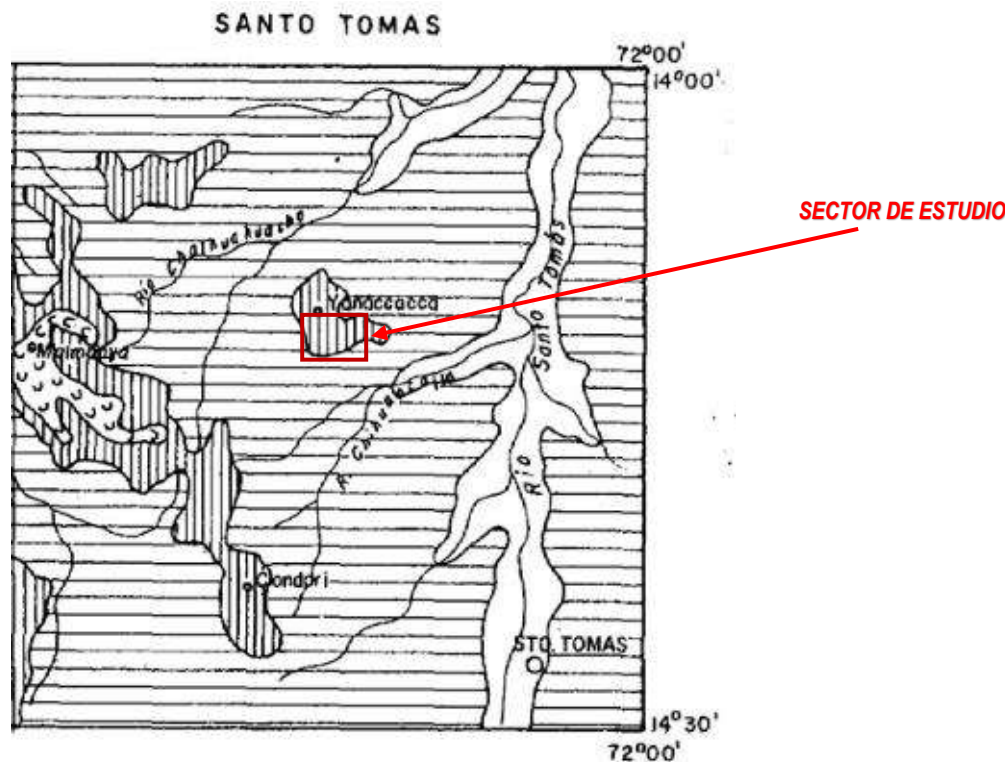
Capítulo III. Geomorfología

3.1. Geomorfología Regional

Acorde a Gutiérrez, V. (1981), el área de investigación se encuentra localizada geográficamente en la vertiente Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos, que a su vez es la condicionante principal para el resultado actual de las formas del relieve.

Posteriormente de acuerdo a criterios morfológicos, litológicos, pendientes y estructurales, se definieron las unidades geomorfológicas a nivel de unidades morfoestructurales, tomando en consideración la gran unidad geomorfológica macrorregional, que es la Cordillera Andina, acorde al cuadrángulo 29-r (santo tomas), geomorfológicamente a nivel regional se localiza sobre Relieves Montañosos con áreas glaciadas como se observa en la siguiente figura.

Figura 15 Unidades geomorfológicas regionales del cuadrángulo del Santo Tomas 29-r.



Fuente: Gutiérrez, V. (1981). *Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. Hojas :29-p, 29-q y 29-r. Boletín N°35 Serie A. Carta Geológica Nacional. Ingemmet. Lima-Perú. Pág. 10.*



Dentro de esta gran unidad geomorfológica a nivel regional se subclasifica en 3 unidades, de acuerdo al cartografiado del Ingemmet (Ver Mapa 03):

3.1.1. Abanico de pie de monte (Ab)

Se define como un depósito cuaternario generado por el movimiento en masa (deslizamiento-avalancha de detritos-flujo de detritos) que se canalizo por la quebrada Maquerwa, originando la planicie aluvial del sector, a forma de conos u terrazas aluviales.

3.1.2. Montaña sobre roca sedimentaria (RM-rs)

Se define como cadenas montañosas, las que a su vez poseen una gran elevación natural del terreno con de diverso origen, así como litologías, esta unidad puede poseer más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO,1968)

3.1.3. Vertiente Coluvio-deluvial (V-cd)

Esta unidad se formó por las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas), así como también por acumulación de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, los cuales se acumulan sucesivamente al pie de las laderas, cabe resaltar que no poseen mucha potencia o espesor en metros con respecto a sectores aluviales. (Ingemmet).

3.2. Geomorfología Local

Para un mejor detalle de las geoformas del sector de estudio se ha cartografiado las unidades geomorfológicas locales, se han reconocido 05 unidades geomorfológicas determinadas como descriptores, las cuales se describen por el nivel de importancia para nuestro análisis.



Tabla 7 Unidades geomorfológicas del sector de estudio

DESCRIPTORES	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	DESCRIPCIÓN
Descriptor 1	Cauce de drenaje (CdD)	Curso de la quebrada
Descriptor 2	Terraza baja (Trzs-Ba)	Plataformas sedimentarias en las partes bajas
Descriptor 3	Terraza alta (Trzs-Al)	Plataformas sedimentarias en las partes altas
Descriptor 4	Pie de Monte (PdM)	Zona con pendiente baja a moderada
Descriptor 5	Laderas de Montaña (LdM)	Zona con pendiente empinadas a escarpadas

3.2.1. Cauce de drenaje (CdD)

Representa una unidad geomorfológica, caracterizada por ser un sistema natural de transporte por gravedad de agua, sedimentos o contaminantes formada por ríos, lagos y corrientes de agua subterránea (proporcionada por agua de lluvia), esta geoforma corresponde a cursos de agua permanentes, así como temporales.

3.2.2. Terrazas Bajas (Trzs-Ba)

Corresponde a una superficie erosional, excavada bien sea sobre depósitos aluviales o bien sobre el sustrato rocoso. En la práctica se trata generalmente de varias terrazas situadas a cotas muy similares, esta unidad geomorfológica se desarrolla en la parte baja de la zona de estudio.

3.2.3. Terrazas Altas (Trzs-Al)

Se define como la unidad anterior, pero con la diferencia de la ubicación en la parte alta encima de la infraestructura planteada en dirección SE.

3.2.4. Pie de Monte (PdM)

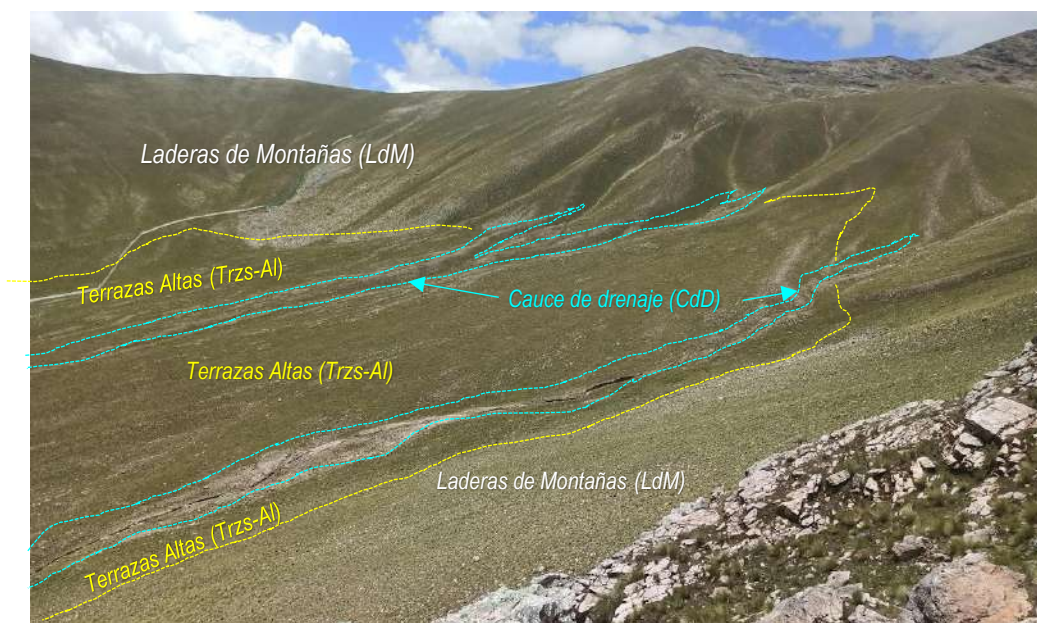
Es un tecnicismo usado para indicar el punto donde nace una montaña, así como a la llanura formada al pie de un macizo montañoso por los conos de aluviones. Es en este punto donde se dan aumentos graduales en elevación entre la llanura y la colina o cerro, una zona de transición ecológica entre las llanuras y los cerros. Frecuentemente las estribaciones constan de abanicos aluviales y mesetas diseccionadas.



3.2.5. Laderas de Montaña (LdM)

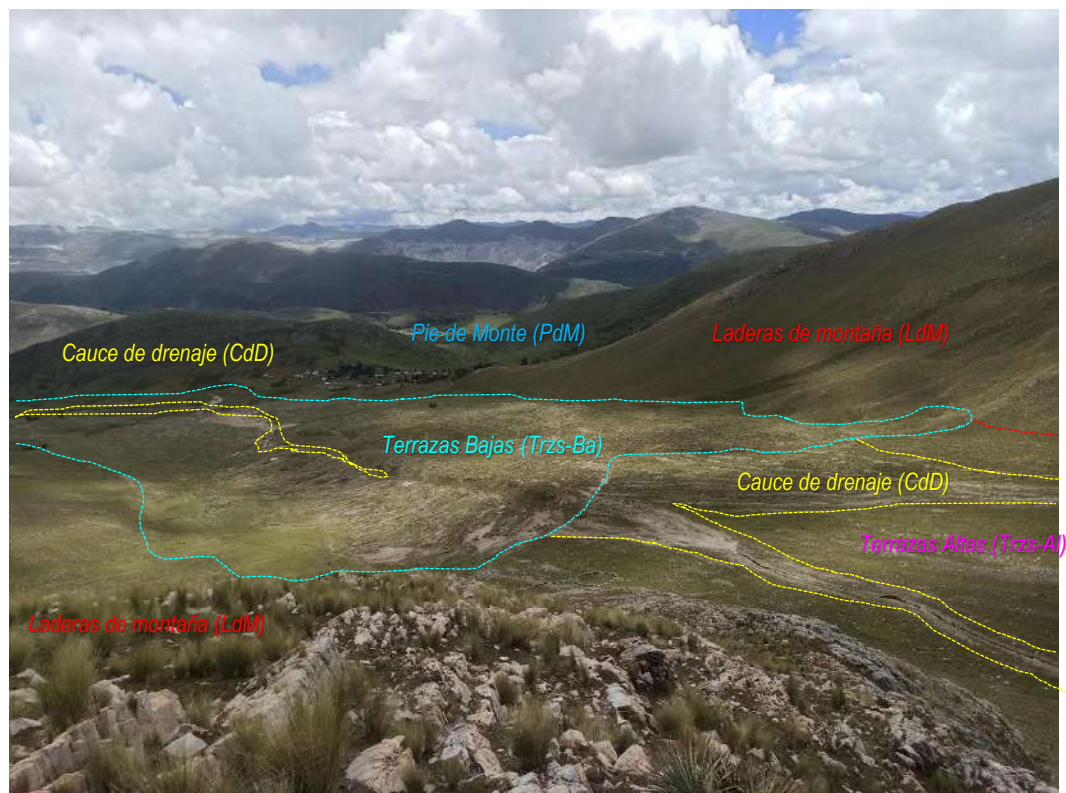
Una ladera es una superficie inclinada del terreno o un declive propio de las montañas, los cerros, las lomas o las sierras. La inestabilidad de laderas sucede por alguno o varios de los procesos señalados en la gráfica, por eso es importante conocerlos y estar preparados.

Fotografía 1 Unidades Geomorfológicas Locales parte alta Uyanccany





Fotografía 2 Unidades Geomorfológicas Locales parte baja Uyanccany.



3.3. Pendientes

En base al levantamiento topográfico realizado con dron, obteniendo curvas de 0.5 metros y modelos digitales de elevación con pixeles de 8 centímetros, se ha identificado y determinado las siguientes unidades de pendientes en función de grados:

Tabla 8 Clasificación de pendientes en grados con su respectiva descripción sector Uyanccany

DESCRIPTORES	PENDIENTES (Grados°)	DESCRIPCIÓN
Descriptor 1	De 0° a 5°	Llano a inclinado
Descriptor 2	De 5° a 15°	Moderadamente Empinado
Descriptor 3	De 15° a 25°	Empinado
Descriptor 4	De 25° a 45°	Fuertemente Empinado
Descriptor 5	Mayo a 45°	Escarpado



3.3.1. Pendiente Llano a inclinado de 0° a 5°

Corresponde a zonas con pendientes muy bajas sobre las que se localiza el planteamiento de la infraestructura de residuos sólidos.

3.3.2. Pendiente Moderadamente Empinado de 5° a 15°

Corresponde a zonas con pendientes bajas sobre partes bajas y en las faldas de las laderas, estas geoformas son de origen aluvial.

3.3.3. Pendiente Empinado de 15° a 25°

Corresponde a zonas con pendientes medias sobre laderas o vertientes de montaña las cuales corresponden a suelos de origen coluvial, formadas a partir de la meteorización de los afloramientos rocosos adyacentes.

3.3.4. Pendiente Fuertemente Empinado de 25° a 45°

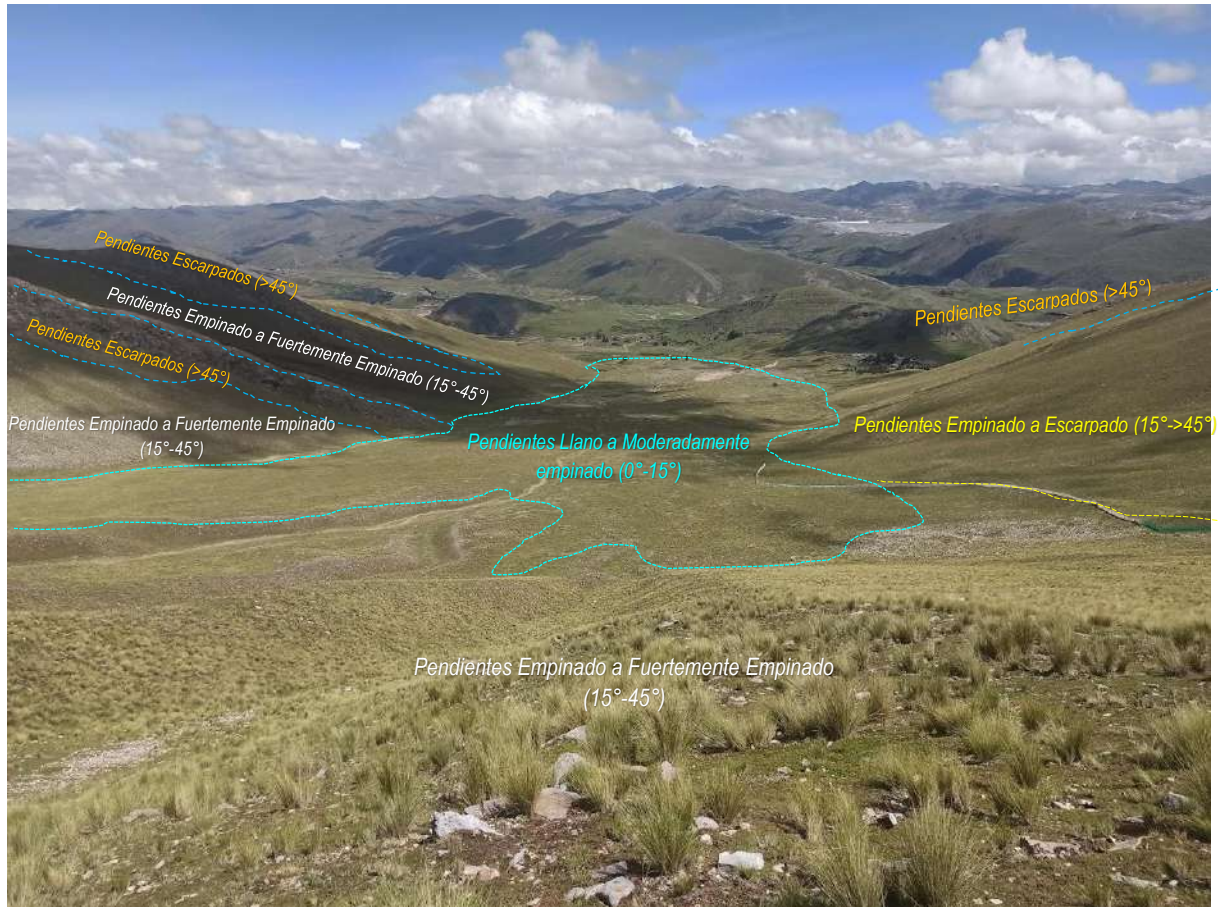
Corresponde a zonas con pendientes fuertes sobre laderas o vertientes de montaña las cuales corresponden a suelos de origen coluvial, así como algunos afloramientos rocosos adyacentes.

3.3.5. Pendiente Escarpado >45°

Corresponde a zonas con pendientes escarpadas y abruptas sobre laderas o vertientes de montaña las cuales corresponden a afloramientos rocosos del sector.



Fotografía 3 Pendientes del sector de estudio



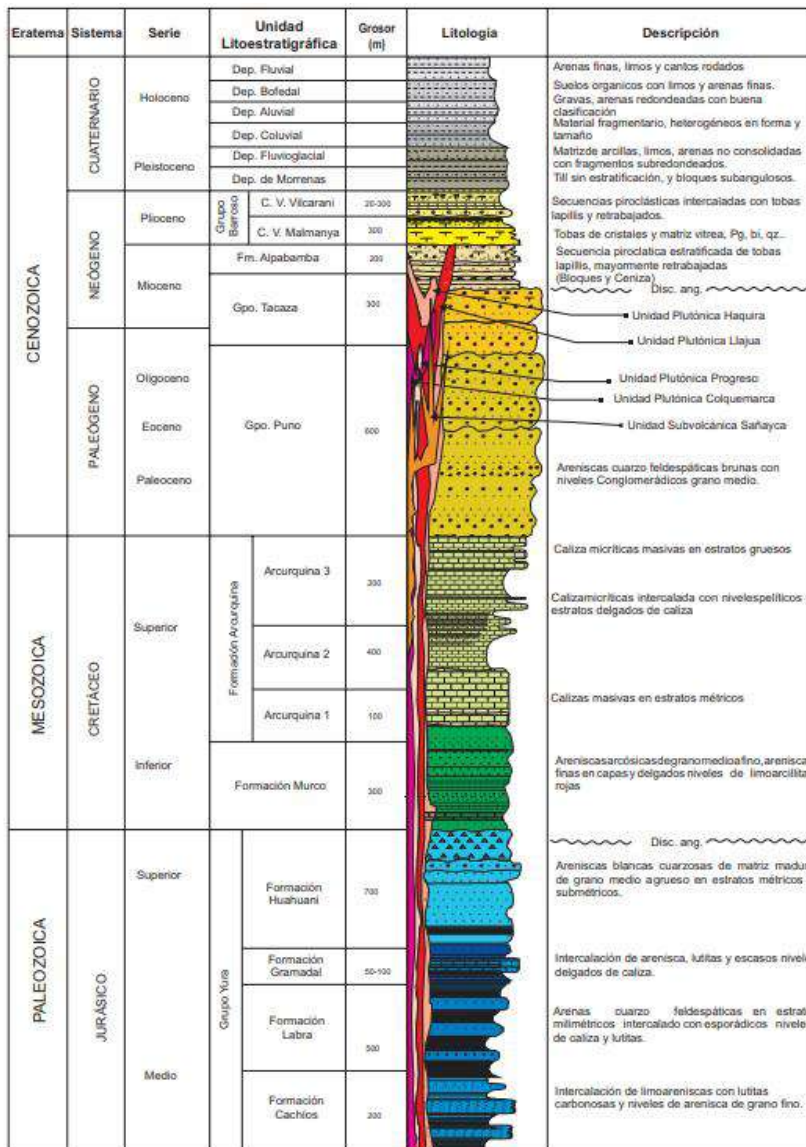


Capítulo IV. Geología

4.1. Geología Regional

Regionalmente el proyecto de investigación se encuentra ubicado cuadrángulo Santo Tomas 29-r, y las áreas de las infraestructuras proyectadas, que se encuentran regionalmente sobre la Formación Hualhuani y Depósitos Aluviales (Mapa 06).

Figura 16 Columna Estratigráfica del Cuadrángulo de Santo Tomas 29-r.



Fuente: Ingemmet, (2003), Memoria Descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomas (29-r). Pág. 13



4.1.1. Formación Hualhuani (Ki-hu)

Acorde a Galdos y Carrasco (2002), litológicamente en el nivel superior se observan areniscas cuarzosas en estratos métricos a submétricos de color blanco en su parte fresca mientras que en su parte alterada de color rojizo. En la parte media de la secuencia se observa una intercalación de areniscas subcentimétricas y areniscas blanquecinas cuarzosas submétricas. Asimismo, en la parte inferior se observan estratos de hasta 50 cm de areniscas blancas cuarzosas de grano fino a medio.

Esta unidad geológica posee un espesor aproximado de 500 m. e infrayace discordantemente a la Formación Murco, por lo que es de origen marino, depositada en un ambiente de alta energía.

4.1.2. Formación Murco (Ki-mu)

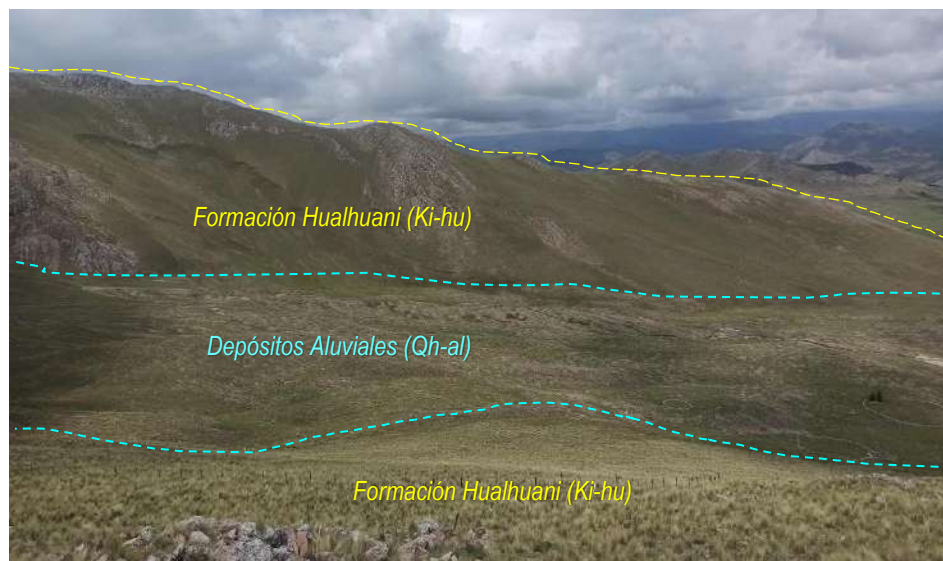
Acorde a Galdos y Carrasco (2002), litológicamente está constituida en su parte superior por una intercalación de limoareniscas y limo-arcillas en estratos delgados centimétricos a subcentimétricos con un espesor promedio de 80 a 200 m. Mientras que en la parte media se observan intercalaciones de areniscas blanquecinas a rojizas en estratos delgados (centimétricos) con limoareniscas y limo-arcillas.

4.1.3. Depósito Aluvial (Qh -al)

Acorde a Galdos y Carrasco (2002), este depósito está constituido principalmente por gravas, cantos angulosos de diferentes tipos de rocas según la litología del sector sostenida en una matriz areno arcillosa.



Fotografía 4 Unidades Geológicas Regionales



4.2. Geología Local

De acuerdo al cartografiado realizado en campo, se ha identificado las siguientes unidades litoestratigráficas locales (MAPA 07), en el sector de la Infraestructura propuesta:

Tabla 9 Litologías del sector de estudio

DESCRIPTORES	LITOLOGIAS	Cobertura Vegetal
Descriptor 1	Q-flv	Depósitos Fluviales
Descriptor 2	Q-lcs	Depósitos Lacustres
Descriptor 3	Q-al	Depósitos Aluviales
Descriptor 4	Q-Co	Depósitos Coluviales
Descriptor 5	Afl-Qrzs	Afloramientos de Cuarzitas

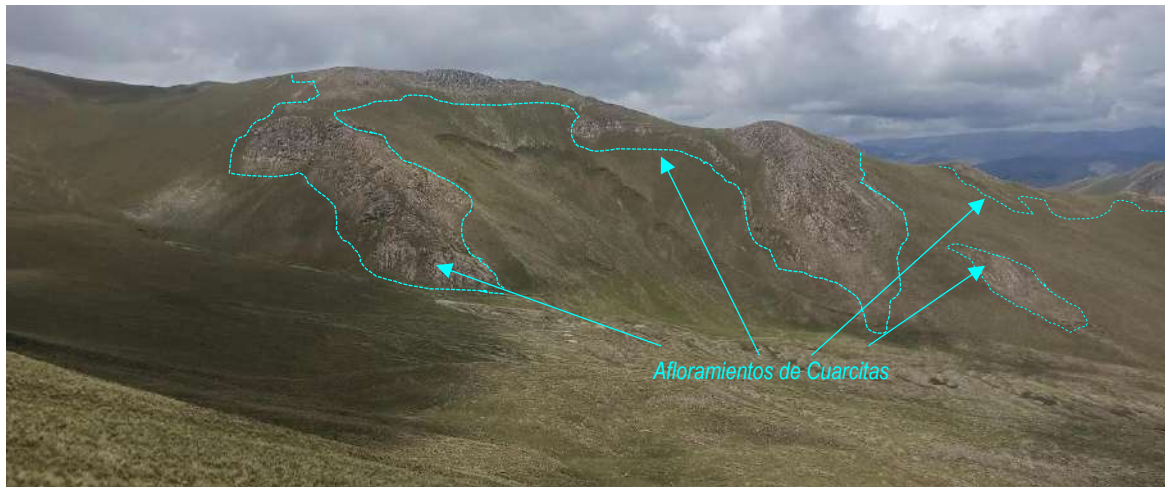
4.2.1. Afloramientos de Cuarzitas (Afl-Qrzs)

En el sector de la infraestructura de residuos sólidos planteada se ha identificado afloramientos de rocas metamórficas que corresponden específicamente a cuarzitas, ubicadas a lo largo todas las laderas circundantes a la infraestructura planteada, que poseen una alteración media y a su vez la resistencia posible varía entre valores de rocas R4, consideradas como rocas



medianamente fuertes, debido a su resistencia que varía entre 50-75 Mpa. Su alteración es media, agregando a lo anterior poseen rellenos de óxidos en sus fracturas, asimismo están constituidas de 3 a 4 familias de fracturas dependiendo del sector. (Ver anexos, descripciones macroscópicas de muestras de mano).

Fotografía 5 Afloramientos de Cuarzitas en Uyanccany



Fotografía 6 Afloramientos de Cuarzitas con patinas de óxidos

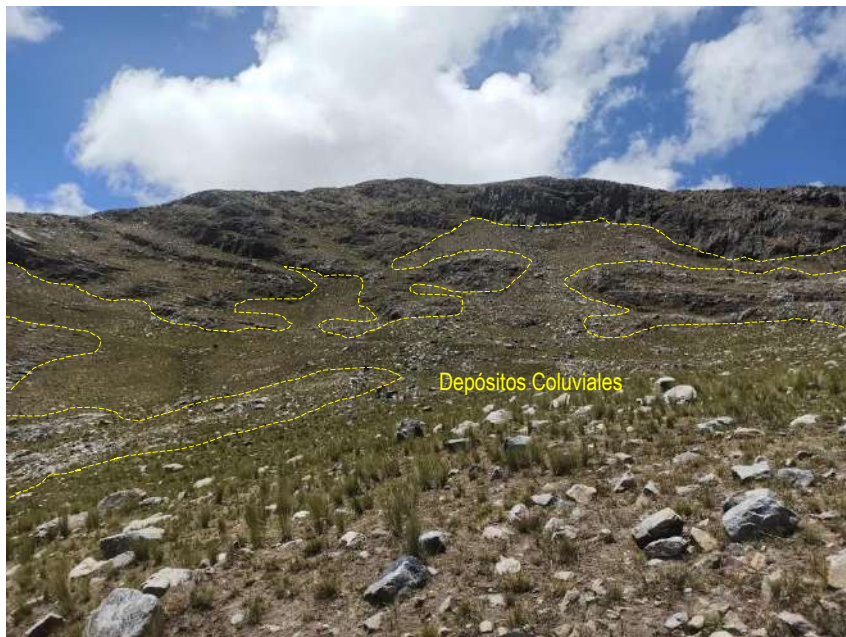




4.2.2. Depósitos Coluviales (Q-Co)

Son depósitos no consolidados producto de la alteración y desprendimiento in situ de los macizos rocosos a lo largo de las laderas. Por lo general, están conformados por masas inestables de gravas (guijarros, cantos y bloques) angulosas con suelos arcillosos, transportadas por gravedad y agua bajo la forma de derrubios. Estos depósitos no consolidados poseen un espesor que varía entre 0.2 a 7 metros aproximadamente.

Fotografía 7 Depósitos Coluviales en Uyanccany



4.2.3. Depósitos Aluviales (Q-al)

Son producto del transporte y depósito de detritos por medio de la acción del agua. Los elementos que los conforman comprenden arcillas, arenas, gránulos, guijarros, cantos y bloques de formas muy variables desde angulosas a subredondeadas. Formados en laderas y terrazas de las zonas montañosas, geotécnicamente de acuerdo a los estudios de mecánica de suelos se ha determinado suelos GM a GC.



Fotografía 8 Depósitos Aluviales en Uyanccany



4.2.4. Depósitos Lacustres (Q-lcs)

Son depósitos característicos de los pantanos o bofedales, donde se origina bastante capas orgánicas, por otra parte geotécnicamente forman suelos finos (CL,CH,etc) con plasticidad variable, aunque puede poseer gravas y boloneria según la localización de los mismos.

Fotografía 9 Depósitos Lacustres en Uyanccany





4.2.5. Depósitos Fluviales (Q-flv)

Corresponden a depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvias, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos y lodos, los cuales están compuestos principalmente de arenas, gravas y cantos rodados. Como suelo, son materiales con un alto grado de fricción interna pero nula cohesión, dichos depósitos no consolidados poseen un espesor que varía entre 2 a 5 m aproximadamente. son los suelos geotécnicos GP, GW, con sus respectivas mezclas en escasa proporción de suelos finos.

Fotografía 10 Depósitos fluviales en Uyanccany



Para un mejor entendimiento de las diferentes áreas de estudio se realizaron modelos geológicos 3D mediante Leapfrog Geo 4.0, tomando como base los mapeos geológicos superficiales, dando como resultado las siguientes figuras y secciones geológicas referenciales (ver en anexos) de la infraestructura de residuos sólidos propuestos, los cuales son modelos



geológicos inferidos, y detalla la aproximación de las litologías del subsuelo. Los espesores de los suelos son variables, mas no en toda su extensión.

Este modelamiento nos dará un mejor comprendimiento de la distribución de las litologías mas no un detalle optimo y real debido a estar basado solo en mapeo superficial.

Figura 17 Modelo geológico 3D

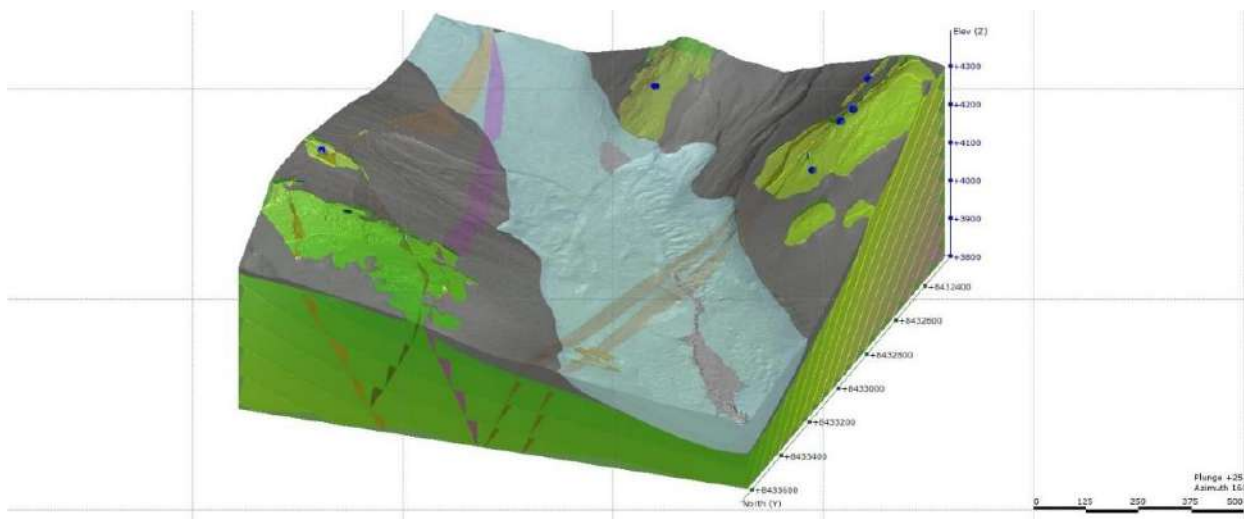
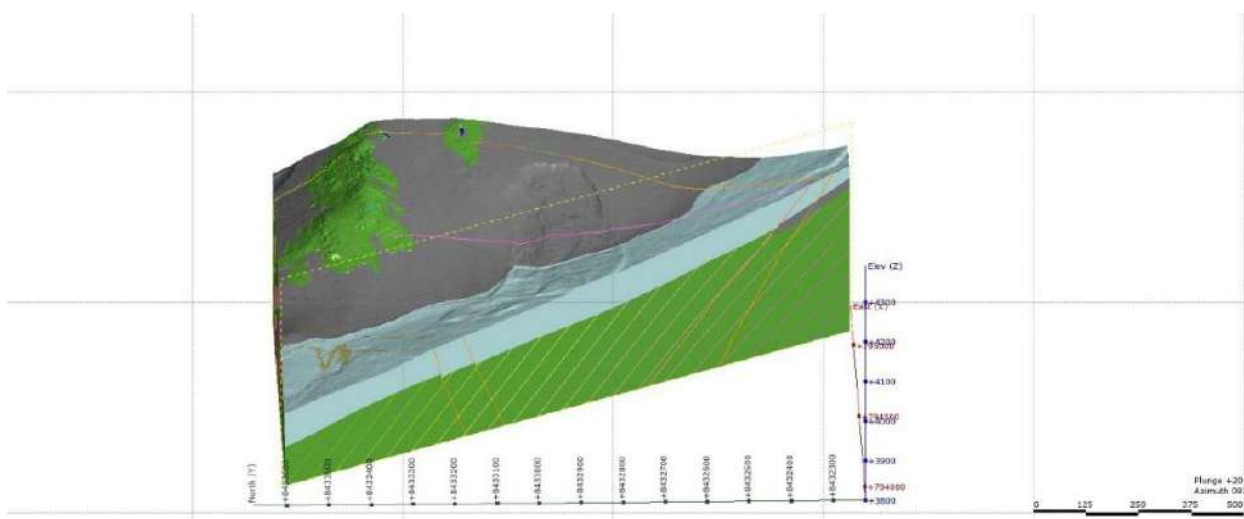


Figura 18 Corte Geológico NW-SE del sector de estudio

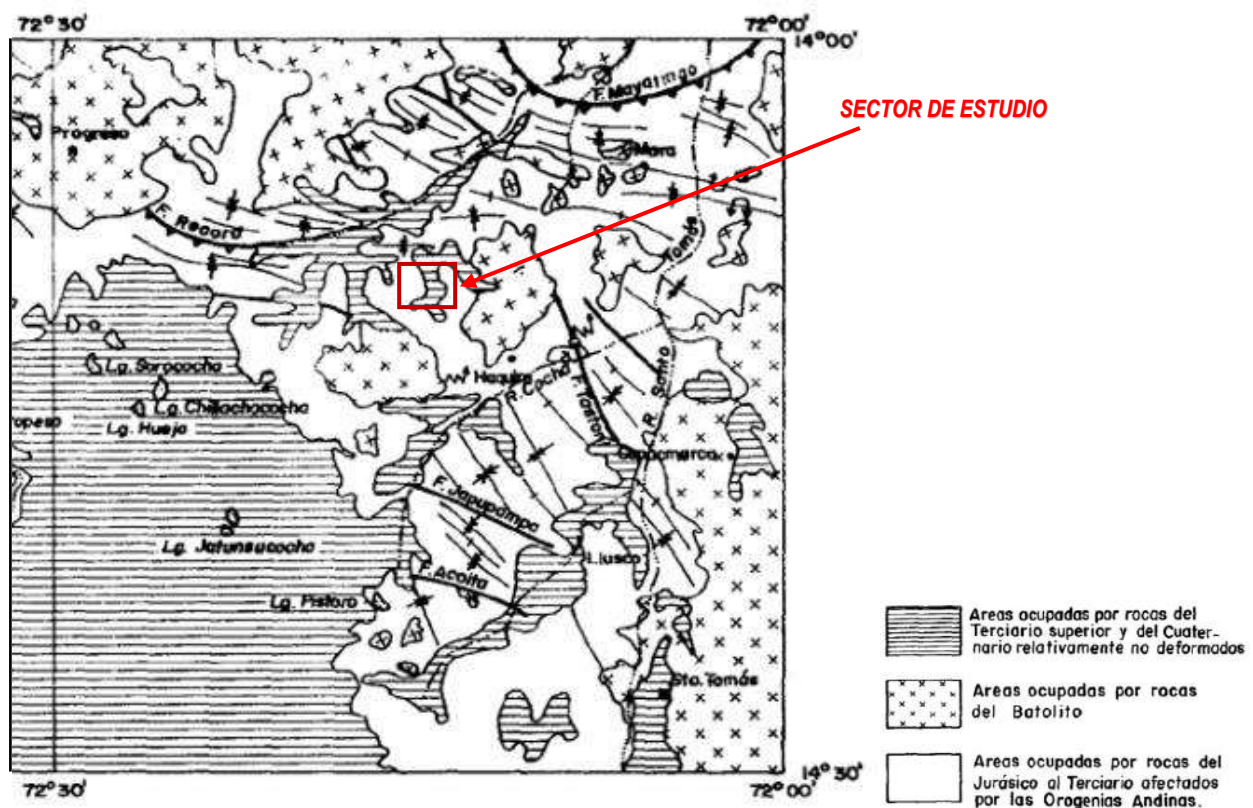




4.3. Geología Estructural Regional

Acorde a Gutiérrez, V. (1981), El área de estudio en cuestión, se encuentra localizada en áreas ocupadas por rocas del Terciario Superior y del Cuaternario relativamente no deformados, así como áreas ocupadas por rocas del Jurásico al Terciario afectados por las orogenias Andinas. Entre los sectores anteriormente descritos se observan pliegues regionales con más de 15km de longitud de acuerdo al Ingemmet, asociados con grandes fallas normales, inversas, y de rumbo.

Figura 19 Esquema estructural del cuadrángulo de Santo Tomas



Fuente: Gutiérrez, V. (1981). Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. Hojas :29-p, 29-q y 29-r.

Boletín N°35 Serie A. Carta Geológica Nacional. Ingemmet. Lima-Perú. Pág. 64



4.4. Geología Estructural Local

Para el sector de estudio en esta sección se conocerá la disposición de las estructuras de las unidades geológicas, que a su vez nos permitirá entender la cinemática de fallas (por medio de Interpretación cinemática de microestructuras mediante los diedros rectos) y el grado de fracturamiento reflejado en la calidad de macizo rocoso (RMR, GSI y análisis estereográfico).

Se dividió en tres tipos de estructuras: estratificaciones, fallas y fracturas las cuales se describen a continuación:

4.4.1. Estratificaciones (S)

Se definen como la disposición en estratos de los sedimentos, rocas sedimentarias y algunas rocas metamórficas. Haciendo alusión a la geometría (dispositivo en capas sucesivas) como a la génesis (intervalos sucesivos de sedimentación). En el sector las estratificaciones se localizaron sobre afloramientos de cuarcitas.

Para tal efecto se analizó la data de estratificaciones obtenida de campo, por medio de estereografía en el software Stereonet de Rick Allmendinger's.

Fotografía 11 Estratificaciones de Cuarcitas

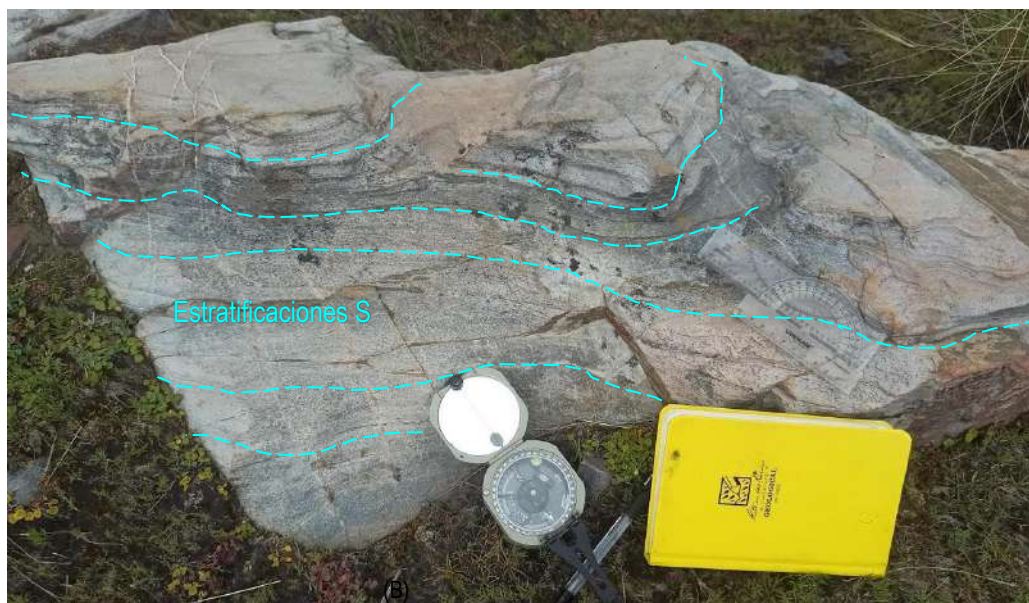
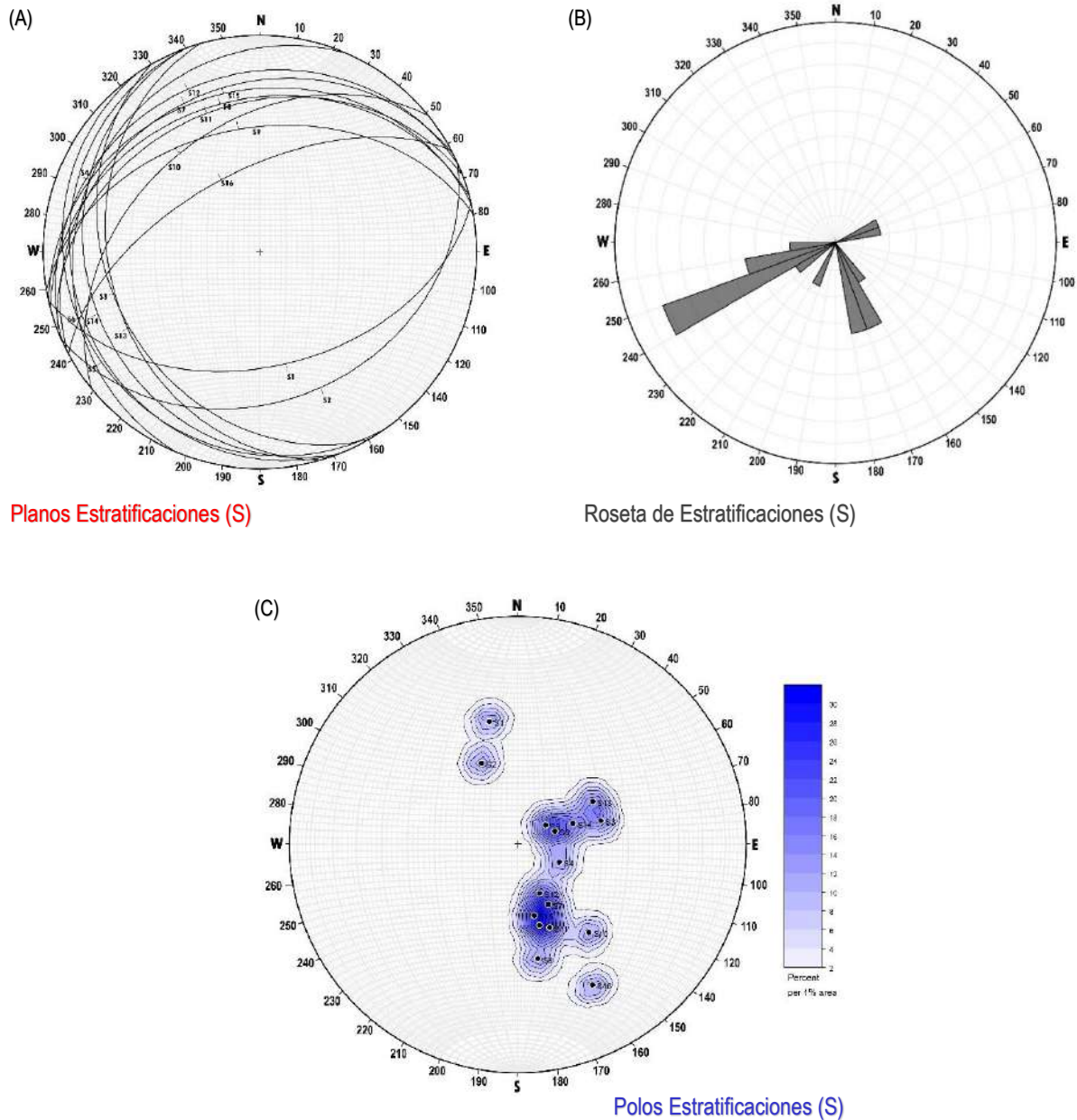




Figura 20 Análisis estructural de estratificaciones mediante estereografía



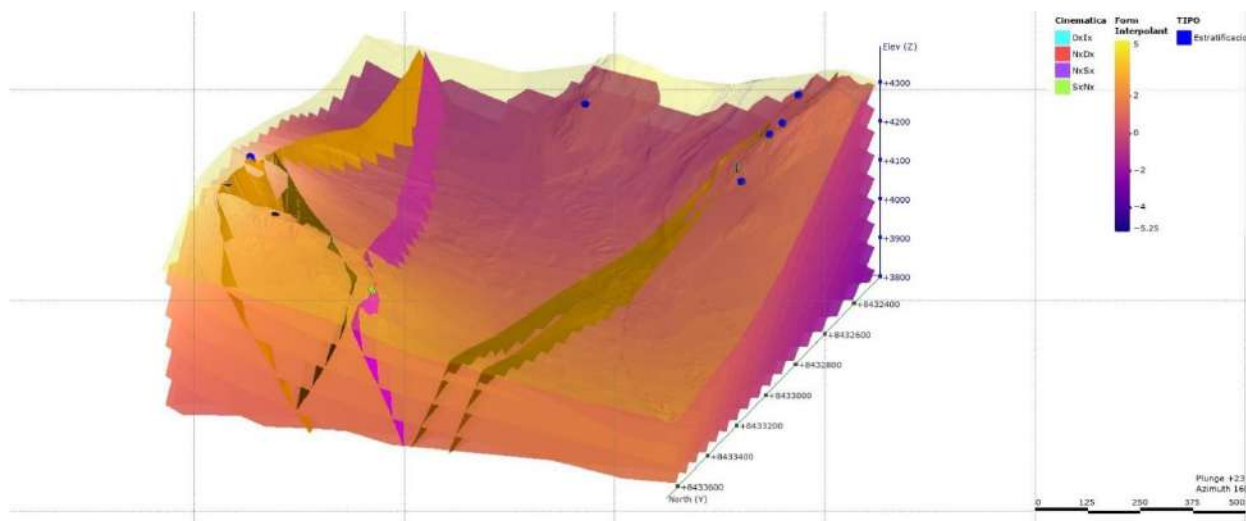
En la Figura 20 subdividida a su vez en 3 figuras, se detalla el análisis estereográfico del sector de estudio, en la figura A se observa los que los planos de estratificación son variables, en la figura B se observa que la mayor parte de las estratificaciones poseen un rumbo SW, y por último en la figura C se observa los polos de los planos de estratificación los cuales los podríamos subcategorizar en 3 agrupaciones diferentes.



Tabla 10 Coordenadas y descripción estructural de las estratificaciones en cuarcitas

PUNTO	ESTE	NORTE	AZ	BZ	DIP	DIPDIR	CD	TIPO	Símbolo
1	795007.74	8433377.68	77	46	46	167	SE	Estratificación	S1
2	795145.67	8433331.42	66	32	32	156	SE	Estratificación	S2
3	795493.36	8431990.18	164	31	31	254	SW	Estratificación	S3
4	795594.35	8431710.53	203	16	16	293	NW	Estratificación	S4
5	795638.66	8431118.20	145	12	12	235	SW	Estratificación	S5
6	795191.89	8431430.86	160	14	14	250	SW	Estratificación	S6
7	794853.18	841520.24	243	24	24	333	NW	Estratificación	S7
8	794108.00	8432617.00	255	30	30	345	NW	Estratificación	S8
9	794082.00	8432495.00	260	42	42	350	NW	Estratificación	S9
10	794071.00	8432437.00	231	41	41	321	NW	Estratificación	S10
11	794077.00	8432313.00	249	32	32	339	NW	Estratificación	S11
12	794146.00	8432214.00	246	19	19	336	NW	Estratificación	S12
13	794569.00	8432152.00	150	31	31	240	SW	Estratificación	S13
14	794613.00	8432194.00	159	21	21	249	SW	Estratificación	S14
15	794596.00	8432373.00	257	26	26	347	NW	Estratificación	S15
16	795154.95	8433154.52	242	59	59	332	NW	Estratificación	S16

Figura 21 Modelo 3D estructural de estratificaciones del sector de estudio





4.4.2. Fallas

En el área de estudio para la construcción de la infraestructura de residuos sólidos, se desarrollaron 11 estaciones estructurales (MAPA 08), donde se identificaron indicadores cinemáticos como estrías de falla, y fracturas Riedels, así como Antiriedels. Posteriormente de acuerdo a los datos obtenidos en campo se procedió a la interpretación de los mismos a través del software Faultkin de Rick Allmendinger's, para comprender el tipo de cinemática y determinar los esfuerzos principales mayores que originaron dichos movimientos, de acuerdo a la Tabla 11.

Fotografía 12 Estrías de falla Dextral Normal, así como fracturas Riedels y Antiriedels sobre cuarcita en el cerro Tajracucha





Fotografía 13 Estrías de falla Normal Dextral sobre una superficie de óxidos alterada en el cerro Connorchana



Tabla 11 Coordenadas y descripción estructural de fallas en cuarcita

PUNTO	ESTE	NORTE	AZ	BZ	DIP	DIPDIR	CD	TIPO	Símbolo	Cinemática	Pitch
1	794731.06	8433462.67	190	48	48	280	NW	Falla	F1	SxNx	40
2	794862.57	8433374.95	342	71	71	72	NE	Falla	F2	Dx	2
3	795149.71	8433152.55	190	44	44	280	NW	Falla	F3	NxSx	60
4	795582.80	8431862.17	158	26	26	248	SW	Falla	F4	SxIx	32
5	795594.35	8431710.53	189	20	20	279	NW	Falla	F5	IxSx	59
6	795584.41	8431677.43	12	67	67	102	SE	Falla	F6	SxIx	13
7	795395.60	8431223.44	352	88	88	82	NE	Falla	F7	DxNx	13
8	794133.00	8432578.00	326	84	84	56	NE	Falla	F8	DxIx	30
9	794169.00	8432340.00	1	61	61	91	SE	Falla	F9(p)	DxNx	39
10	794169.00	8432340.00	24	59	59	114	SE	Falla	F9(s)	DxIx	26
11	794533.00	8432081.00	272	77	77	2	NE	Falla	F10	NxDx	62
12	794548.00	8432185.00	242	81	81	332	NW	Falla	F11(p)	DxIx	37
13	794548.00	8432185.00	151	26	26	241	SW	Falla	F11(s)	DxNx	38



Figura 22 Modelo 3D estructural de fallas del sector de estudio

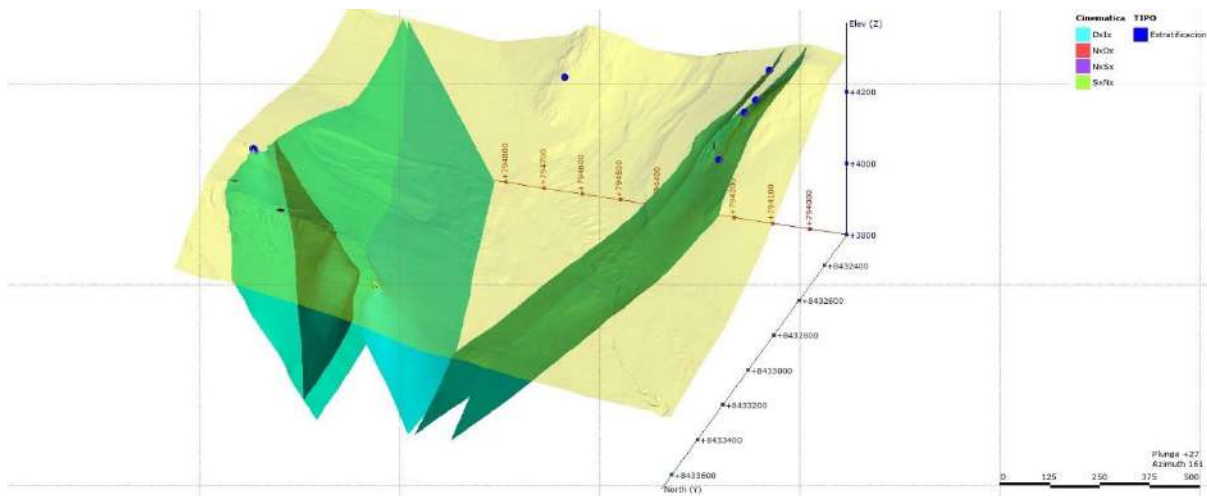
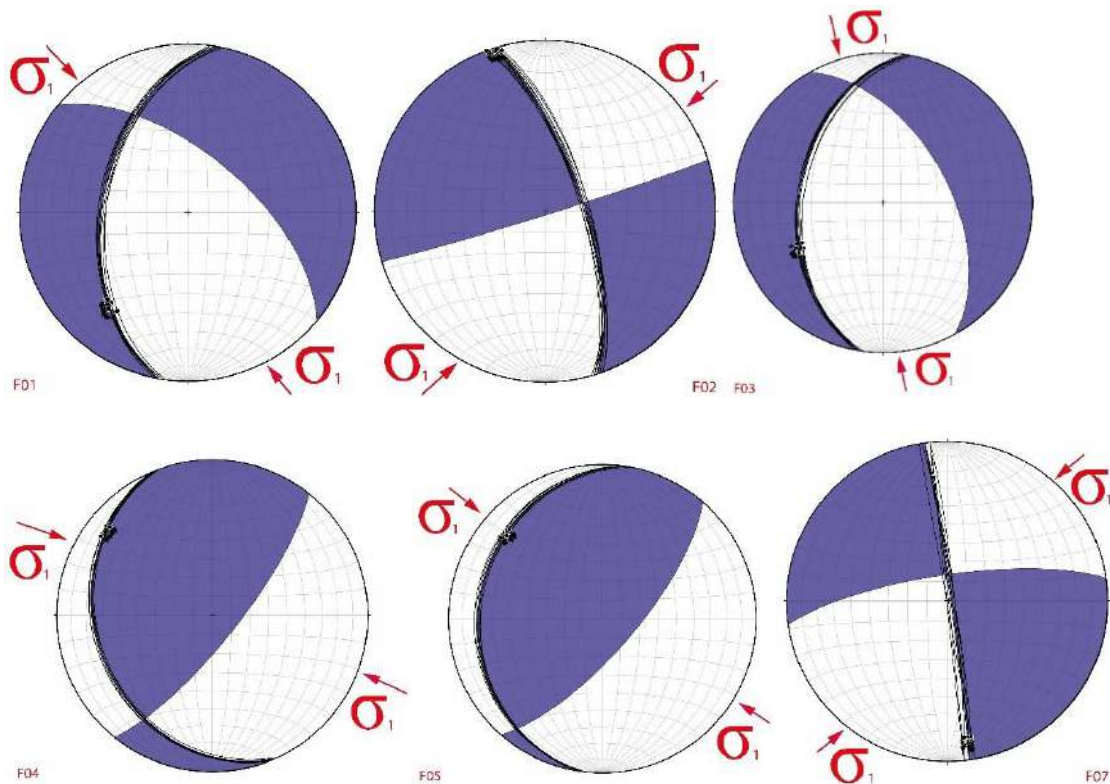
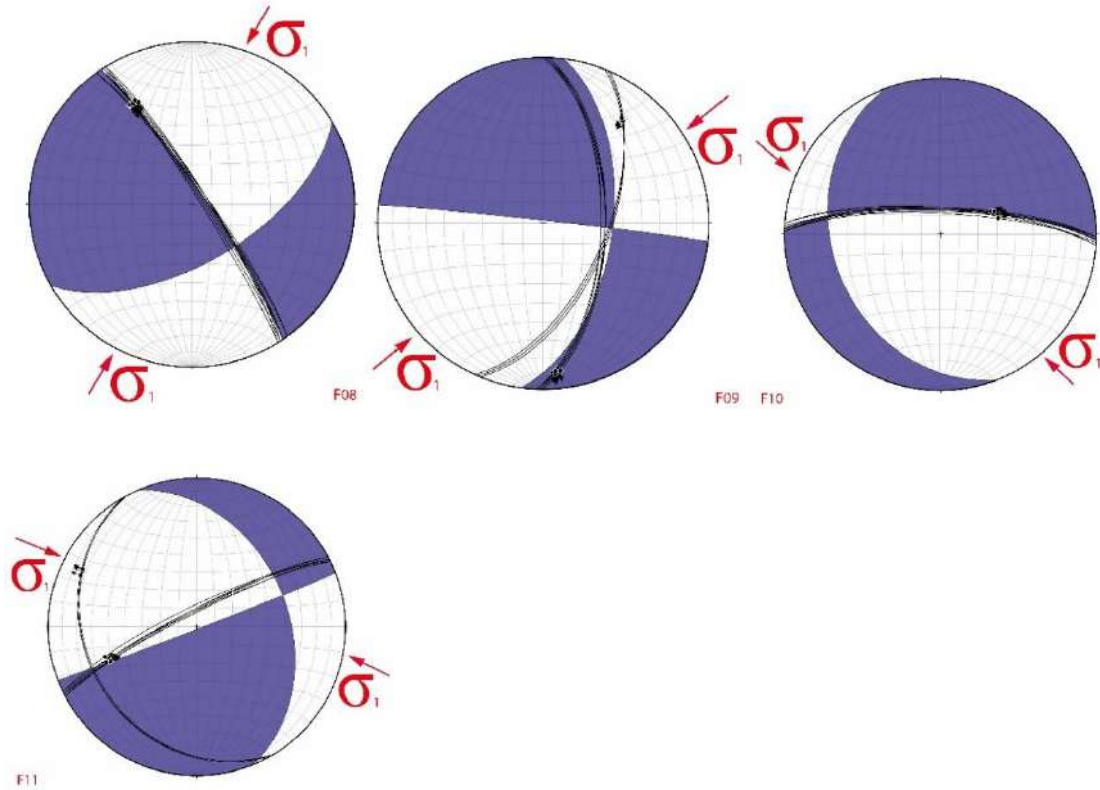


Figura 23 Diedros rectos calculados mediante el software Faultkin en el sector de estudio





De acuerdo a las figuras anteriormente descritas se observa que los esfuerzos principales mayores cambian de dirección de acuerdo al sector, hacia el NE en dirección del Cerro Chicurini los esfuerzos principales mayores poseen una dirección NW-SE, mientras que al SE en dirección del cerro Jullapa se observa que los esfuerzos principales mayores aún mantienen la dirección NW-SE, por otra parte hacia el sur la dirección del cerro Tajracucha los esfuerzos principales mayores poseen una dirección NE-SW, del mismo modo hacia el SW en dirección del cerro Tacorocuna los esfuerzos principales mayores poseen una dirección NE-SW, y por último en dirección del cerro Connorchana (SW) se observa que los esfuerzos principales mayores poseen una dirección NE-SW.



4.4.3. Fracturas

Para poder comprender de mejor manera las fracturas generadas por fallas, se realizó el estudio de dichas discontinuidades a través de la clasificación geomecánica de macizos rocosos, por medio de 4 estaciones geomecánicas hacia el NE del área del proyecto debido a su proximidad a la infraestructura de residuos sólidos planteada, visualizados en el mapa 08.

4.4.3.1. Estación Geomecánica 01

Estación geomecánica ubicada al NE (Cerro Chicurini) de la infraestructura de residuos sólidos planteada (MAPA 08), sobre un afloramiento de roca metamórfica Cuarcita. De acuerdo a los datos de campo se pudo determinar que en dicho afloramiento existen cuatro familias de fracturas (Fig.24) y el siguiente cuadro:

Tabla 12 Datos estructurales de fracturas de campo procesado de estación geomecánica 01

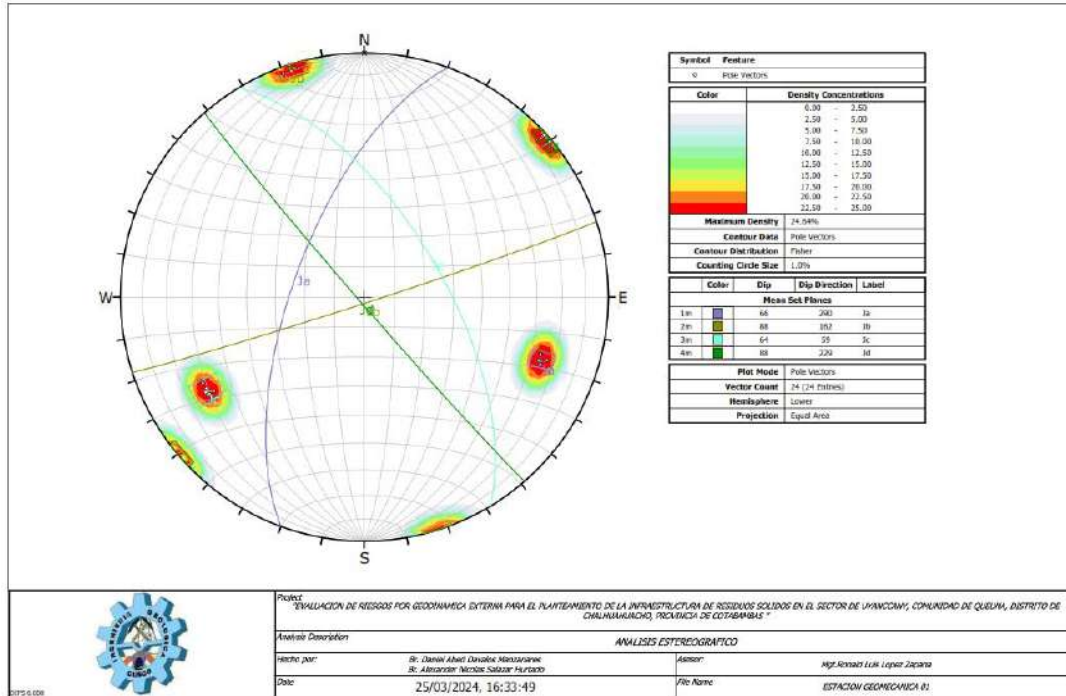
Coordenadas			
Este: 794765.597		Norte: 8433443.618	
PROCESADO DIPS			
TIPO	DIP	DIPDIR	STRIKE RHR
Ja	66	290	200
Jb	88	162	72
Jc	64	59	329
Jd	88	229	139

De acuerdo a la figura 26, en la clasificación geomecánica de RMR BIENIAWSKI, el macizo rocoso se clasifica como de calidad regular con un valor básico de 57, y un GSI:45.80.

De acuerdo al análisis de rosetas (Fig. 25), se pudo concluir que las fracturas no poseen un rumbo preferencial.

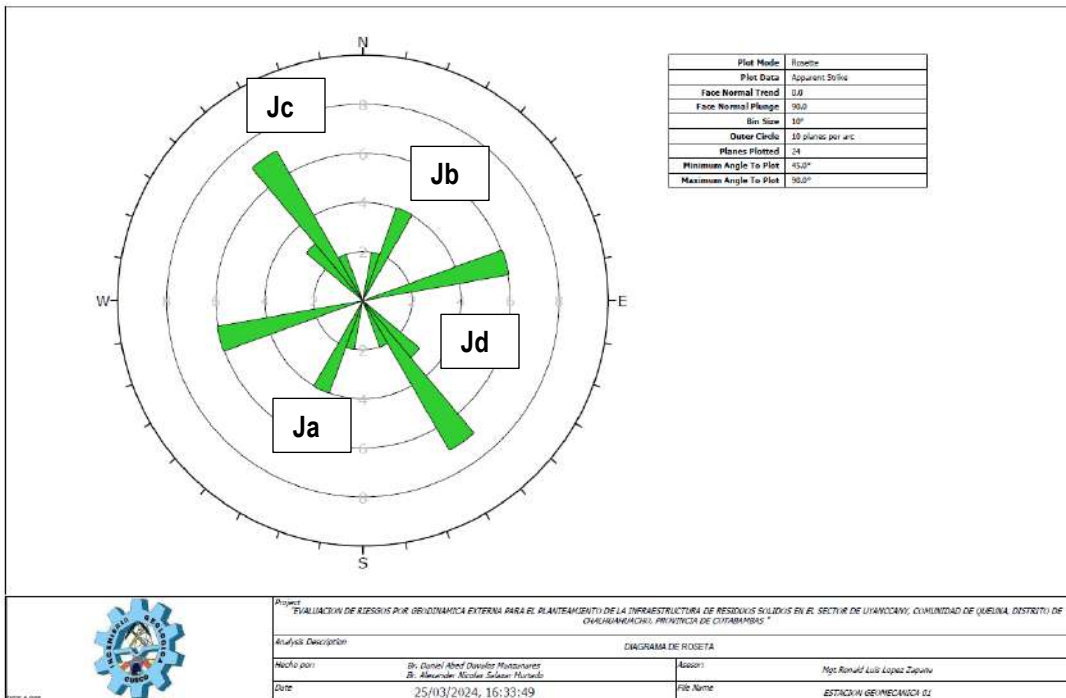


Figura 24 Estereografía de 04 familias de fracturas, en la estación geomecánica 01.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25 Roseta de Fracturas en estación geomecánica 01.



Fuente: Elaboración propia.



Figura 26 Clasificación geomecánica 01 sobre un afloramiento rocoso de Cuarcita

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA				FECHA:	21/03/2024 <th>ESTACION GEOMECANICA</th> <td>1 <th>Control Estructural</th> <td>4 <th>Frecuencia de Fracturamiento x m</th> <td>20 </td></td></td>	ESTACION GEOMECANICA	1 <th>Control Estructural</th> <td>4 <th>Frecuencia de Fracturamiento x m</th> <td>20 </td></td>	Control Estructural	4 <th>Frecuencia de Fracturamiento x m</th> <td>20 </td>	Frecuencia de Fracturamiento x m	20																																			
GEOMETRIA: Longitud: 3 m Altura Maxima: 1.5 m TALUD: DIP: 51 DIP DIRECTION: 277 GEOLOGIA: Litología: Areniscas Cuarzosas Tipo de Roca: Sedimentaria Tipo de Estructura: Estratificada TIPO O FORMA ORIENTACION DIP DIP DIR: Ja 66 290 Jb 88 162 Jc 64 59 Jd 88 229 N estructuras: 10 N Extremos visibles: 0 Rugosidad Estructural: Rugosa JRC: 17 Tipo de Relleno 1: Ox Tipo de Relleno 2: - Forma Estructura: Plana				REALIZADO POR:	Br. Davalos D. & Br. Salazar A. <th>ROD</th> <td>RQD = $100e^{-0.11(0.1k+1)}$</td> <td>40.60</td> <th>λ=1/S</th> <td>20.00</td>	ROD	RQD = $100e^{-0.11(0.1k+1)}$	40.60	λ=1/S	20.00																																				
				ESTE:	794765.60	GSI	GSI = 1.5 JCond ₉₉ +RQD/2	45.80	S= espaciamento promedio en metros	0.05																																				
				NORTE:	8433443.62	Tamaño de Bloque (m³)	0.000125																																							
				ALTITUD:	-	Resistencia Estimada (Mpa)	58.75164																																							
				FOTO MACIZO ROCOSO:				ESTEREOGRAFIA:																																						
PARAMETROS	RESISTENCIA DE LA ROCA			CONDICIONES DE LA DISCONTINUIDAD										CONDICION HIDROLOGICA		AJUSTE ORIENTACION DISCONTINUIDADES																														
	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAIXIAL (Mpa)			INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA			ESPACIADO DE LA DISCONTINUIDAD			CONTINUIDAD (m)		ABERTURA (mm)			RUGOSIDAD		RELLENO			METEORIZACION		GRADO DE HUMEDAD (Bieniawski, 1989)		PUNTAJE SEGUN EL TIPO DE TRABAJO																						
RANGOS Y VALORES	> 250	100-250	50-100	100-90	75-90	50-75	25-50	< 25	Muy juntas	Juntas	Modern. Juntas	Separadas	Muy Separadas	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Cerrada	Aberfa	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Suave - Ondulada	Pulida	Ninguno	Relleno Duro	Relleno Duro	Relleno Blando	Relleno Blando	Inalterado	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta	Seco	Ligeramente humedo	Humedo	Gotearo	Agua fluyendo	MUY FAVORABLE (VF)	FAVORABLE (FV)	REGULAR (FR)	DESFAVORABLE (UF)	MUY DESFAVORABLE (VU)	
	15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	5	8	10	15	20	6	4	2	1	0	6	5	3	1	0	6	4	2	2	0	6	5	3	1	0	15	10	7	4	0	0	-2	-7	-15
VALORES	7			8			10			2		3			3			4			5		15		-15		57																			
VALOR TOTAL RMR CORREGIDO																												42																		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																																														
VALORACION RMR				100-81				80-61				60-51				50-41				40-31				30-21				20-0																		
CALIDAD				I Muy Buena				II Buena				IIA Regular A				IIB Regular B				IVA Mala A				IVB Mala B				V Muy Mala				II A														
COHESION				> 4 kg/cm2				4-3 kg/cm2				3-2 kg/cm2				3-2 kg/cm2				2-1 kg/cm2				1 kg/cm2				II A Regular A																		
ANGULO DE ROZAMIENTO				>45°				45°-35°				35°-25°				35°-25°				25°-15°				25°-15°				<15°				35°-25°														



4.4.3.2. Estación Geomecánica 02

Al igual que la Estación geomecánica 01, esta estación geomecánica se encuentra ubicada al NE (Cerro Chicurini) de la infraestructura de residuos sólidos planteada (MAPA 08), sobre un afloramiento de roca metamórfica Cuarcita. De acuerdo a los datos de campo se pudo determinar que en dicho afloramiento existen cuatro familias de fracturas y una falla (Fig.27) y el siguiente cuadro:

Tabla 13 Datos estructurales de fracturas de campo procesado de estación geomecánica 02.

Coordenadas			
Este: 794862.574		Norte: 8433374.946	
PROCESADO DIPS			
TIPO	DIP	DIPDIR	STRIKE RHR
Ja	65	96	6
Jb	26	176	86
Jc	48	41	311
Jd	65	324	234
F	77	66	336

De acuerdo a la figura 29, en la clasificación geomecánica de RMR BIENIAWSKI, el macizo rocoso se clasifica como de calidad buena con un valor básico de 64, y un GSI:48.80.

De acuerdo al análisis de rosetas (Fig.28), se pudo concluir que las fracturas no poseen un rumbo preferencial.



Figura 27 Estereografía de 04 familias de fracturas y 01 falla, en la estación geomecánica 02

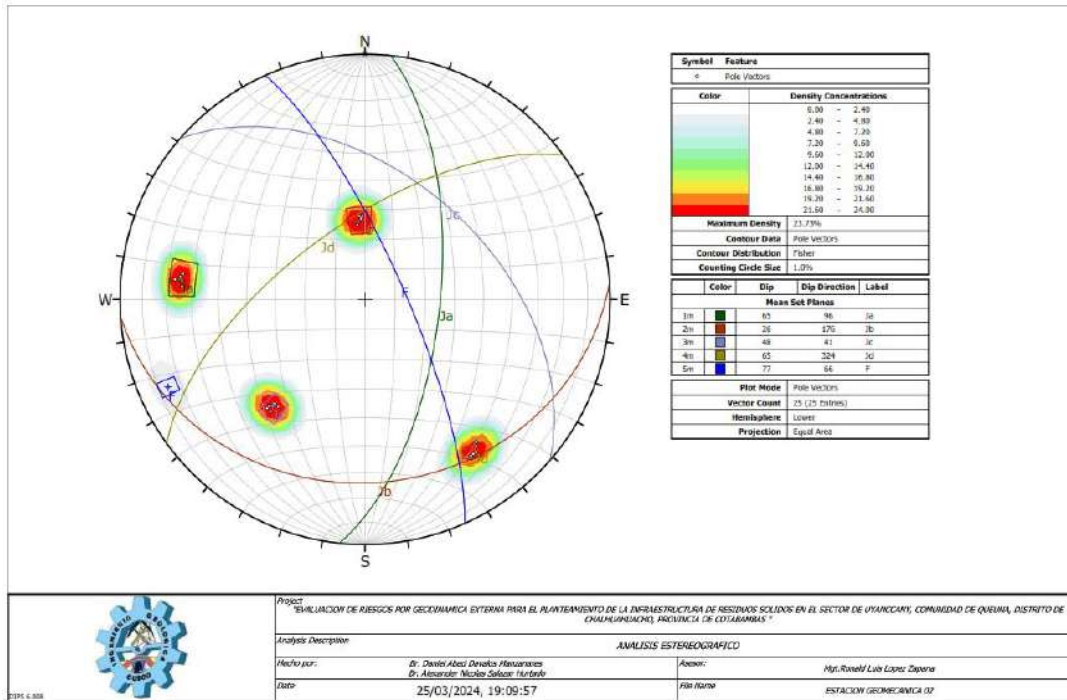


Figura 28 Roseta de Fracturas en estación geomecánica 02.

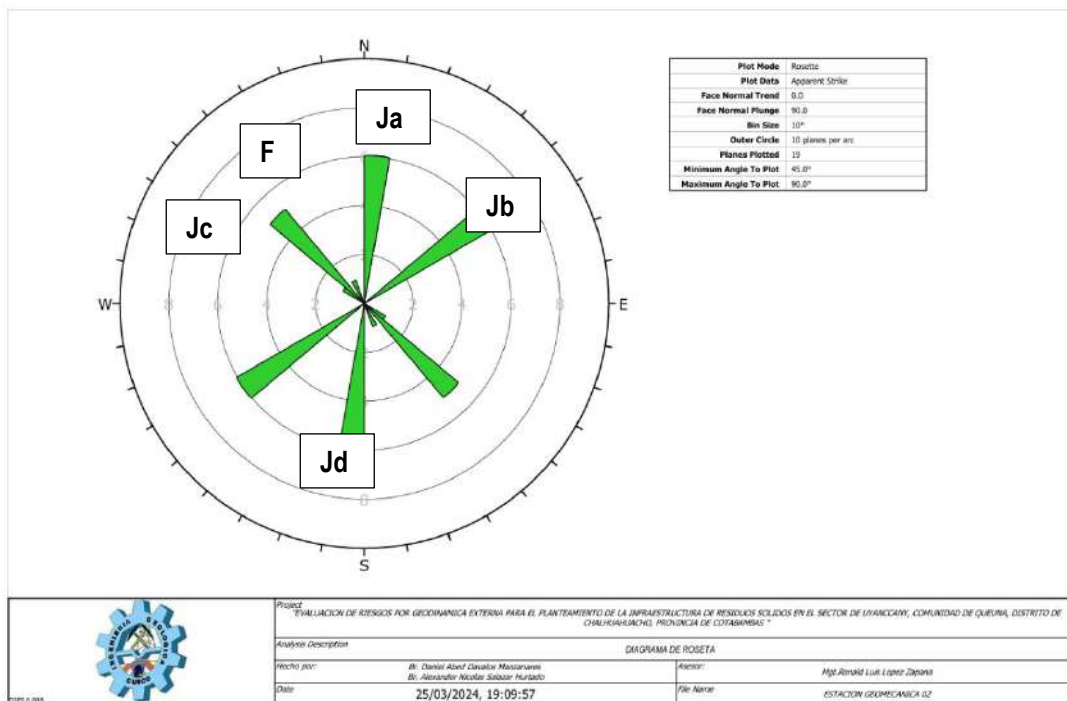




Figura 29 Clasificación geomecánica O2 sobre un afloramiento rocoso de Cuarcita

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		FECHA:	21/03/2024	ESTACION GEOMECANICA	2	Control Estructural	5	Frecuencia de Fracturamiento x m	20																																													
		REALIZADO POR:	Br. Davalos D. & Br. Salazar A.			RQD	RQD = 100e ^{-0.1A} (0.1A+1)	40.60	λ=1/S	20.00																																												
		ESTE:	794862.57			CSI	CSI = 1.5 JCond ₉₅ +RQD/2	48.80	S= espaciamiento promedio en metros	0.05																																												
		NORTE:	8433374.95	EG-02					Tamaño de Bloque (m3)	0.000125																																												
		ALTITUD:	-						Resistencia Estimada (Mpa)	58.75164																																												
GEOMETRIA:		Longitud:	5 m	FOTO MACIZO ROCOSO:				ESTEREOGRAFIA:																																														
		Altura Maxima:	2 m																																																			
TALUD:		DIP:	58																																																			
		DIP DIRECTION :	280																																																			
GEOLOGIA:		Litología:	Areniscas Cuarzosas																																																			
		Tipo de Roca:	Sedimentaria																																																			
		Tipo de Estructura:	Estratificada																																																			
TIPO O FORMA		ORIENTACION																																																				
		DIP	DIP DIR:																																																			
Ja	65	96	10									0	Rugosa	15	Ox	-	Plana																																					
Jb	26	176																																																				
Jc	48	41																																																				
Jd	65	324																																																				
F	77	66																																																				
		N estructuras		N Estructuras visibles		Rugosidad Estructura		iRC		Tipo de Relleno 1		Tipo de Relleno 2		Forma Estructura																																								
PARAMETROS		RESISTENCIA DE LA ROCA			INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA			ESPACIADO DE LA DISCONTINUIDAD			CONDICIONES DE LA DISCONTINUIDAD						CONDICION HIDROLOGICA		AJUSTE ORIENTACION DISCONTINUIDADES																																			
		RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)			RQD(%)			ESPACIADO (mm)			CONTINUIDAD (m)		ABERTURA (mm)		RUGOSIDAD		RELLENO		METEORIZACION		GRADO DE HUMEDAD (Bieniawski, 1989)		PUNTAJE SEGUN EL TIPO DE TRABAJO																															
RANGOS Y VALORES		> 250	100-250	50-100	50-25	25-5	5-1	< 1	100-90	75-90	50-75	25-50	< 25	< 60	Muy juntas	Juntas	Moderm. Juntas	Separadas	≥ 2000	Muy Separadas	< 1	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Cerrada	Abierta	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Suave - Ondulada	Pulida	Ninguno	Relleno Duro	Relleno Duro	Relleno Blando	Relleno Blando	Inalterado	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta	Seco	Ligeramente humedo	Humedo	Goteando	Agua lloviendo	MUY FAVORABLE (VF)	FAVORABLE (FV)	REGULAR (FR)	DESFAVORABLE (DF)	MUY DESFAVORABLE (VU)	RMR BASICO
VALORES		15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	5	8	10	15	20	6	4	2	1	0	6	5	3	1	0	6	5	3	1	0	6	4	2	2	0	6	5	3	1	0	15	10	7	4	0	0	-2	-7	-15	-25	64
		7			8			15			2		3		5		4		5		15		-15		64																													
		VALOR TOTAL RMR CORREGIDO													49																																							
		CLASE DE MACIZO ROCOSO																																																				
VALORACION RMR		100-81			80-61			60-51			50-41			40-31			30-21		20-0				II Bueno																															
CALIDAD		I Muy Buena			II Buena			IIA Regular A			IIIB Regular B			IVA Mala A			IVB Mala B		V Muy Mala				II Buena																															
COHESION		> 4 kg/cm2			4-3 kg/cm2			3-2 kg/cm2			2-1 kg/cm2			1 kg/cm2		< 15°						4-3 kg/cm2																																
ANGULO DE ROZAMIENTO		> 45°			45°-35°			35°-25°			25°-15°			< 15°								45°-35°																																



4.4.3.3. Estación Geomecánica 03

Al igual que las estaciones geomecánicas 01 y 02, esta estación geomecánica se encuentra ubicada al NE (Cerro Chicurini) de la infraestructura de residuos sólidos planteada (MAPA 08), sobre un afloramiento de roca metamórfica Cuarcita. De acuerdo a los datos de campo se pudo determinar que en dicho afloramiento existen tres familias de fracturas y una falla (Fig.30) y el siguiente cuadro:

Tabla 14 Datos estructurales de fracturas de campo procesado de estación geomecánica 03.

Coordenadas			
Este: 794979.957		Norte: 8433342.208	
PROCESADO DIPS			
TIPO	DIP	DIPDIR	STRIKE RHR
Ja	64	85	355
Jb	85	262	172
Jc	50	154	64
F	48	342	252

De acuerdo a la figura 32, en la clasificación geomecánica de RMR BIENIAWSKI, el macizo rocoso se clasifica como de calidad buena con un valor básico de 59, y un GSI:57.79.

De acuerdo al análisis de rosetas (Fig.31), se pudo concluir que las fracturas poseen un rumbo preferencial NEE - SWW.



Figura 30 Estereografía de 03 familias de fracturas y 01 falla, en la estación geomecánica 03.

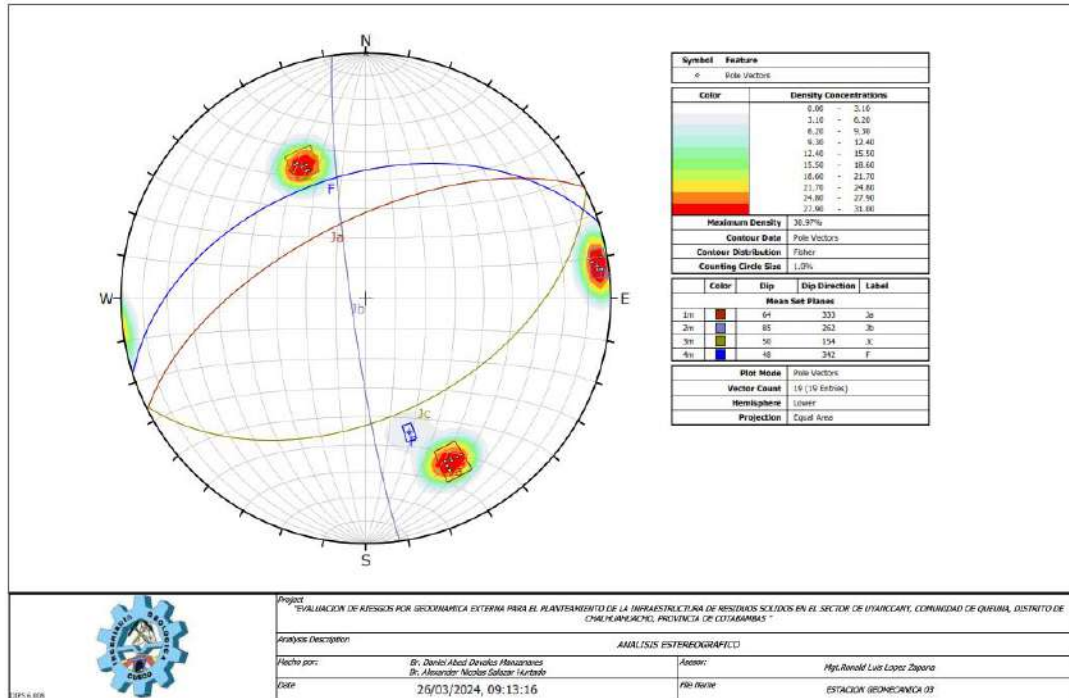


Figura 31 Roseta de Fracturas en estación geomecánica 03.

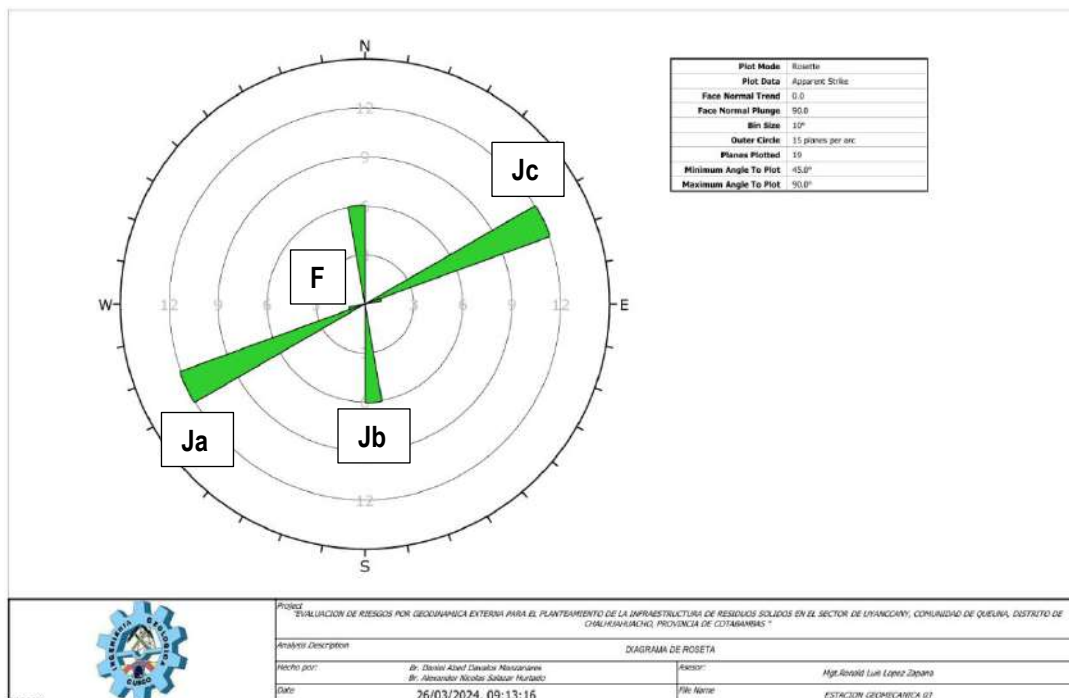




Figura 32 Clasificación geomecánica 03 sobre un afloramiento rocoso de Cuarcita

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		FECHA:	26/03/2024	ESTACION GEOMECANICA	3	Control Estructural	4	Frecuencia de Fracturamiento x m	10																																									
GEOMETRIA: Longitud: 7 m Altura Maxima: 2 m TALUD: DIP: 49 DIP DIRECTION: 273 GEOLOGIA: Litología: Areniscas Cuarzosas Tipo de Roca: Sedimentaria Tipo de Estructura: Estratificada		REALIZADO POR:	Br. Davalos D. & Br. Salazar A.	RQD	RQD = $100e^{-0.1A} / (0.1A + 1)$	73.58	A=1/S	10.00																																										
		ESTE:	794979.96		S=espaciamento promedio en metros	0.1																																												
		NORTE:	8433342.21		Tamaño de Bloque (m3)	0.001																																												
		ALTITUD:	-		Resistencia Estimada (Mpa)	58.75164																																												
		FOTO MACIZO ROCOSO:				ESTEREOGRAFIA:																																												
PARAMETROS	RESISTENCIA DE LA ROCA			INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA			ESPACIADO DE LA DISCONTINUIDAD			CONDICIONES DE LA DISCONTINUIDAD						CONDICION HIDROLOGICA		AJUSTE ORIENTACION DISCONTINUIDADES																																
	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAIXIAL (Mpa)			RQD(%)			ESPACIADO (mm)			CONTINUIDAD (m)		ABERTURA (mm)		RUGOSIDAD		RELLENO		METEORIZACION		GRADO DE HUMEDAD (Bieniawski, 1989)		PUNTAJE SEGUN EL TIPO DE TRABAJO DE CIMENTACIONES (F)																												
RANGOS Y VALORES	> 250	100-250	50-100	50-25	25-5	5-1	< 1	100-90	75-90	50-75	25-50	< 25	Muy juntas	Juntas	Moderm. Juntas	Separadas	Muy Separadas	< 1	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Cerrada	Abierta	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Suave - Ondulada	Pulida	Ninguno	Relleno Duro	Relleno Duro	Relleno Blando	Relleno Blando	Inalterado	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Discompuesta	Seco	Ligeramente humedo	Humedo	Goteando	Agua fluyendo	MUY FAVORABLE (NF)	FAVORABLE (FV)	REGULAR (FR)	DESFAVORABLE (DF)	MUY DESFAVORABLE (VU)
VALORES	15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	5	8	10	15	20	6	4	2	1	0	6	5	3	1	0	6	4	2	2	0	6	5	3	1	0	15	10	7	4	0	0	-2	-7	-15	-25			
VALOR TOTAL RMR CORREGIDO																							44																											
CLASE DE MACIZO ROCOSO																																																		
VALORACION RMR		100-81			80-61			60-51			50-41			40-31			30-21		20-0		II A																													
CALIDAD		I Muy Buena			II Buena			IIA Regular A			IIIB Regular B			IVA Mala A			IVB Mala B		V Muy Mala		IIA Regular A																													
COHESION		> 4 kg/cm2			4-3 kg/cm2			3-2 kg/cm2			2-1 kg/cm2			1 kg/cm2				3-2 kg/cm2																																
ANGULO DE ROZAMIENTO		> 45°			45°-35°			35°-25°			25°-15°			< 15°				35°-25°																																



4.4.3.4. Estación Geomecánica 04

Al igual que las estaciones geomecánicas 01, 02 y 03, esta estación geomecánica se encuentra ubicada al NE (Cerro Chicurini) de la infraestructura de residuos sólidos planteada (MAPA 08), sobre un afloramiento de roca metamórfica Cuarcita. De acuerdo a los datos de campo se pudo determinar que en dicho afloramiento existen cuatro familias de fracturas y una falla (Fig.33) y el siguiente cuadro:

Tabla 15 Datos estructurales de fracturas de campo procesado de estación geomecánica 04

Coordenadas			
Este: 795154.952		Norte: 8433154.515	
PROCESADO DIPS			
TIPO	DIP	DIPDIR	STRIKE RHR
Ja	66	330	240
Jb	32	81	351
Jc	46	224	134
Jd	46	323	233
F	59	332	242

De acuerdo a la figura 35, en la clasificación geomecánica de RMR BIENIAWSKI, el macizo rocoso se clasifica como de calidad regular con un valor básico de 60, y un GSI:42.80.

De acuerdo al análisis de rosetas (Fig. 34), se pudo concluir que las fracturas no poseen un rumbo preferencial.



Figura 33 Estereografía de 04 familias de fracturas y 01 falla, en la estación geomecánica 04.

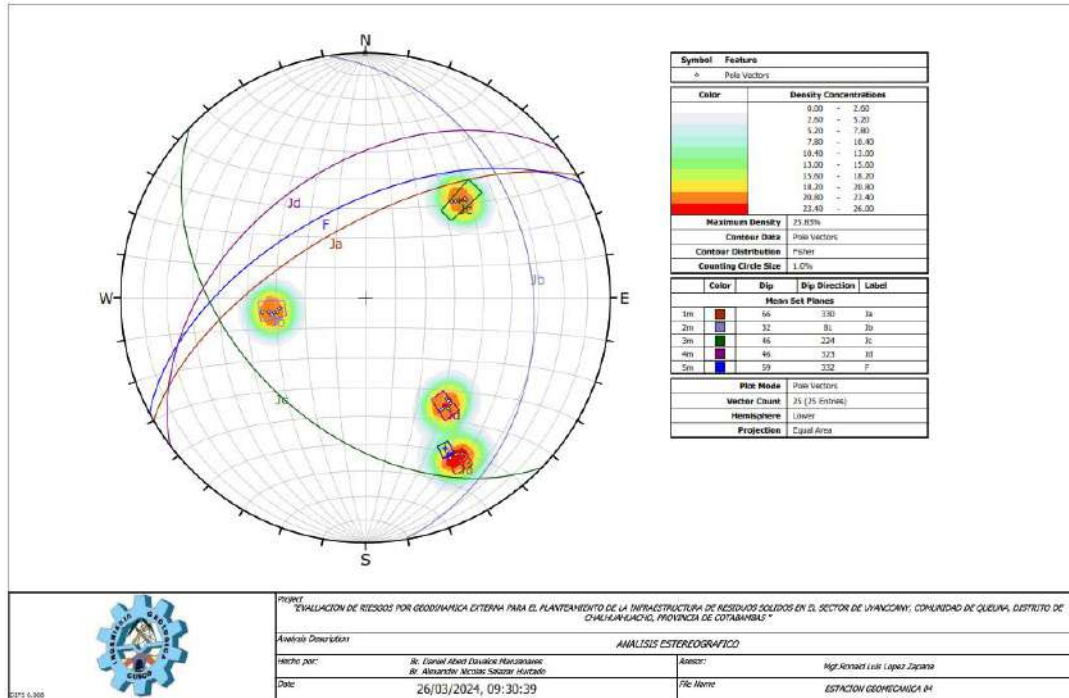


Figura 34 Roseta de Fracturas en estación geomecánica 04.

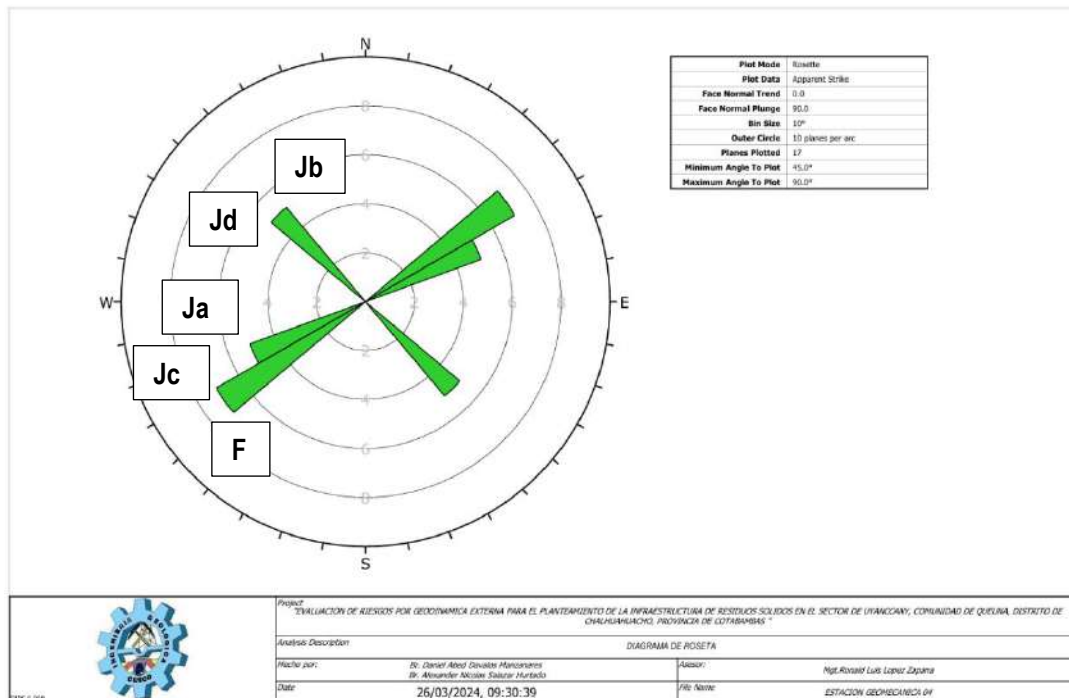




Figura 35 Clasificación geomecánica 04 sobre un afloramiento rocoso de Cuarcita

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		FECHA:	26/03/2024	ESTACION GEOMECANICA	4	Control Estructural	5	Frecuencia de Fracturamiento x m	20																																								
GEOMETRIA: Longitud: 2.5 m Altura Maxima: 2 m TALUD: DIP: 49 DIP DIRECTION: 273 GEOLOGIA: Litologia: Areniscas Cuarzosas Tipo de Roca: Sedimentaria Tipo de Estructura: Estratificada		REALIZADO POR:	Br. Davalos D. & Br. Salazar A.	RQD	RQD = $100e^{-0.1(1.01\lambda+1)}$	40.60	A=1/S	20.00																																									
		ESTE:	795154.95		S= espaciamento promedio en metros	0.05																																											
		NORTE:	8433154.52		Tamaño de Bloque (m ³)	0.000125																																											
		ALTITUD:	-		Resistencia Estimada (Mpa)	58.75164																																											
		FOTO MACIZO ROCOSO:				ESTEREOGRAFIA:																																											
TIPO O FORMA		ORIENTACION		N estructuras		JRC <th colspan="2">Tipo de Relleno 1</th> <th colspan="2">Tipo de Relleno 2</th> <th colspan="2">Forma Estructura</th>		Tipo de Relleno 1		Tipo de Relleno 2		Forma Estructura																																					
DIP	DIP DIR:	10	0	6	Cx	-	Plana																																										
Ja	66	330																																															
Jb	32	81																																															
Jc	46	224																																															
Jd	46	323																																															
F	59	332																																															
PARAMETROS	RESISTENCIA DE LA ROCA				INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA				ESPACIADO DE LA DISCONTINUIDAD				CONDICIONES DE LA DISCONTINUIDAD								CONDICION HIDROLOGICA				AJUSTE ORIENTACION DISCONTINUIDADES																								
	RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)				RQD(%)				ESPACIADO (mm)				CONTINUIDAD (m)				ABERTURA (mm)				RUGOSIDAD				RELLENO				METEORIZACION				GRADO DE HUMEDAD (Bieniawski, 1989)				PUNTAJE SEGUN EL TIPO DE TRABAJO												
RANGOS Y VALORES	> 250	100-250	50-100	50-25	25-5	5-1	<1	100-90	75-90	50-75	25-50	<25	Muy juntas	Juntas	Moderm. Juntas	Separadas	Muy Separadas	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Cerrada	Abierta	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Suave - Ondulada	Pulida	ninguno	< 5mm	> 5mm	< 5mm	> 5mm	Inalterado	Ligeramente alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta	Seco	Ligeramente humedo	Humedo	Goteando	Agua fluyendo	MUY FAVORABLE (VF)	FAVORABLE (FV)	REGULAR (FR)	DESFAVORABLE (UF)	MUY DESFAVORABLE (VU)
	15	12	7	4	2	1	0	20	17	13	8	3	5	8	10	15	20	6	4	2	1	0	6	5	3	1	0	6	4	2	2	0	6	5	3	1	0	15	10	7	4	0	0	-2	-7	-15	-25		
VALORES	7				8				15				2				1				3				4				5				15				-15				60								
VALOR TOTAL RMR CORREGIDO																												45																					
CLASE DE MACIZO ROCOSO																																																	
VALORACION RMR				100-81				80-61				60-51				50-41				40-31				30-21				20-0				II A																	
CALIDAD				I Muy Buena				II Buena				IIA Regular A				IIIB Regular B				IVA Mala A				IVB Mala B				V Muy Mala				II A Regular A																	
COHESION				> 4 kg/cm ²				4-3 kg/cm ²				3-2 kg/cm ²				2-1 kg/cm ²				1 kg/cm ²				<15°				3-2 kg/cm ²																					
ANGULO DE ROZAMIENTO				>45°				45°-35°				35°-25°				25°-15°				<15°				35°-25°																									



Capítulo V. Hidrología e Hidrogeología

5.1. Condiciones Climatológicas

Las características climáticas según la clasificación climática de Torntwaite (1931), elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) para la zona de estudio corresponde:

5.1.1. Clima Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío

Esta región presenta durante el año, en promedio, temperaturas máximas de 9°C a 19°C y temperaturas mínimas de -3°C a 3°C. Además, los acumulados anuales de precipitación de pueden variar desde los 500 mm hasta los 1200 mm aproximadamente.

5.1.2. Ubicación Hidrográfica

El sector en estudio, hidrográficamente se encuentra ubicada en: Subcuenca del río Challhuahuacho, Intercuenca Alto Apurímac, UH N4 Alto Ucayali, UH N3 Ucayali, UH N2 Alto Amazonas y UH N1 región Hidrográfica del Amazonas.

5.1.3. Umbrales de Precipitación

Para el cálculo de umbrales de precipitación, el SENAMHI utilizó la metodología descrita en la nota técnica 001SENAMHI-DGM-2014 “Estimación de umbrales de precipitación extremas para la emisión de avisos meteorológicos”. Para nuestro sector de estudio debido a la cercanía con respecto a la estación Tambobamba se ha determinado como las adecuada para analizar el aspecto de umbrales de precipitación.



Tabla 16 Umbrales de precipitación para la estación Tambobamba

Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la Estación: Tambobamba
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR>34,3 mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	22,5 mm<RR≤34,3 mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	17,8 mm<RR≤22,5 mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	10,5 mm<RR≤17,8 mm

5.2. Hidrología de Máximas Avenidas

Para determinar las alturas de inundación y velocidades para determinar el peligro de inundación y erosión pluvial respectivamente se realizó el cálculo de caudales de diseño para periodos de retorno de 500 años debido a la importancia y relevancia de la infraestructura, dichos cálculos se detallan en los siguientes subtítulos.

5.2.1. Parámetros Morfométricos de las Cuencas de Estudio

En el sector de estudio se determinó que está afectado por dos cuencas, las cuales generarían un fenómeno de máxima avenida, sus características geomorfológicas se detallan a continuación:



Tabla 17 Parámetros geomorfológicos de la Cuenca 01-LP

PARAMETROS GEOMORFOLOGICO		SIMBOLOGIA	UNIDADES	CUENCAS SIG
1. Superficie o Área		A	Km ²	1.218
2. Perímetro		P	Km	8.56
4. Longitud Axial		La	Km	2.915
5. Forma de la Cuenca	a. Ancho Promedio	Ap	Km	0.42
	b. Coeficiente de Compacidad	Cc	-	2.19
	c. Factor de forma	FF	-	0.14
	d. Rectangulo Equivalente	L	Km	3.98
	e. Radio de circularidad	I	Km	0.31
		Rc		0.21
6. Características de Relieve	f. Altitud Media	-	m.s.n.m.	4358.53
	h. Altitud más frecuente	-	m.s.n.m.	4500.00
	i. Integral hipsométrica	-	-	0.506
	Coeficiente de Masividad	Cm	-	3578.26
	Coeficiente Orográfico	Co	-	15.60
	Coeficiente de torrencialidad	Ct	-	3.27
	i. Pendiente media de la Cuenca	Sc	m/m	0.437
7. Características de la red de drenaje	j. Tipo de corriente			3.000
	k. Número de orden de corrientes	Oc	-	3
	l. Frecuencia de densidad de ríos	Fr	-	6.17
	m. Extensión media del escurrimiento superficial	E	Km	0.16
	n. Densidad de drenaje	Dd	Km/Km ²	6.17
	o. Pendiente media longitud axial	S	m/m	0.18
8. Tiempo de Concentración	Met. Kirpich	tc	h	0.29
	Met. Kerby	tc	h	0.51
	Met. Kerby-Kirpich	tc	h	0.80
	Met. Témez	tc	h	0.93
	Met. Giandiotti	tc	h	0.65
	Met. Giandiotti modificado	tc	h	0.45
	Met. Tournon	tc	h	0.49
	Met. Fattorelli y Marchi	tc	h	1.49
	Johnstone & Cross	tc	h	2.14
	Ven te Chow	tc	h	0.55
	Cuerpo de Ingenieros	tc	h	0.59
	Pasini	tc	h	0.38
	Ribeiro	tc	h	0.79
	Kerby-Hathaway	tc	h	0.50
Met. Bransby Williams	tc	h	0.39	
Tiempo de concentración (Prom)	tc	h	0.73	
Lag Time (Prom)	tc	h	0.44	
10. Cota Máxima	Zmax	msnm	4620.560	
11. Cota Mínima	Zmin	msnm	4068.660	
RELACION DE BIFURCACION				
	ORDEN 1		19	3.983
	ORDEN 2		10	1.487
	ORDEN 3		-	2.042
	ORDEN 4		-	
	ORDEN 5		-	
Longitud total de ríos	Lt	km		7.512



Figura 36 Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes Cuenca 01-LP

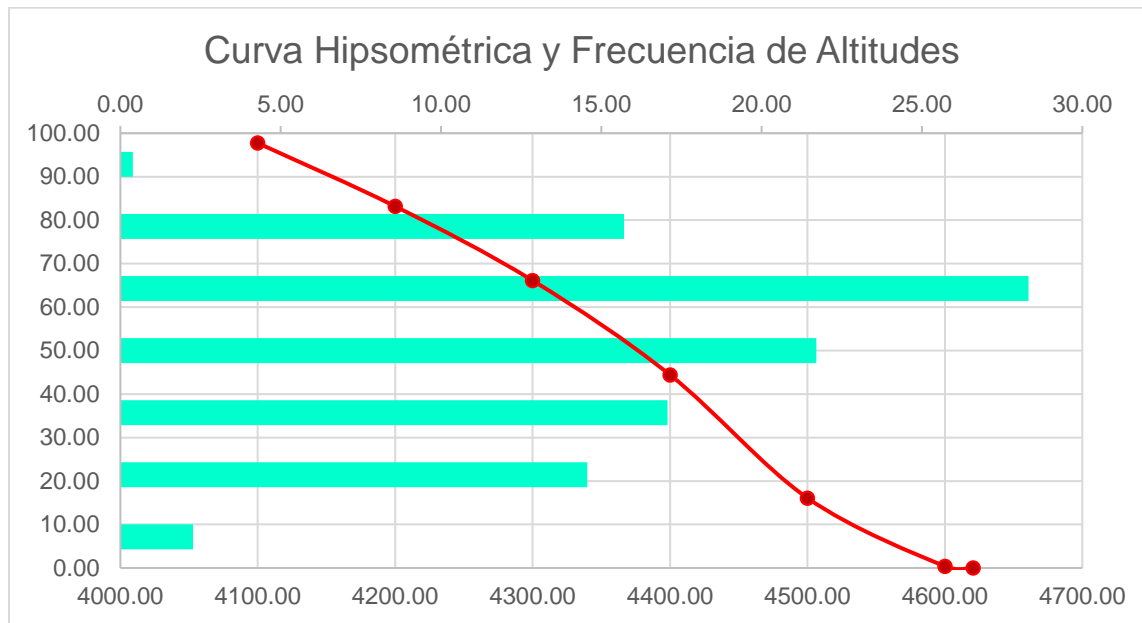


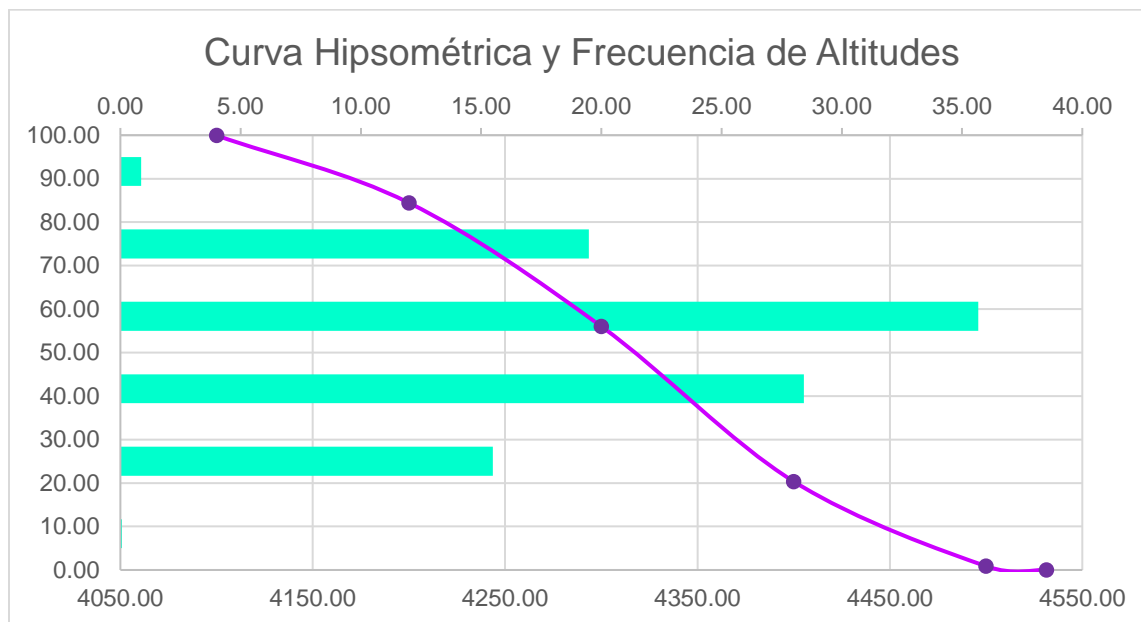


Tabla 18 Parámetros geomorfológicos de la Cuenca 02-LP

PARAMETROS GEOMORFOLOGICO		SIMBOLOGIA	UNIDADES	CUENCAS SIG
1. Superficie o Área		A	Km ²	1.074
2. Perímetro		P	Km	7.33
4. Longitud Axial		La	Km	2.418
5. Forma de la Cuenca	a. Ancho Promedio	Ap	Km	0.44
	b. Coeficiente de Compacidad	Cc	-	1.99
	c. Factor de forma	FF	-	0.18
	d. Rectángulo Equivalente	L	Km	3.34
	e. Radio de circularidad	I	Km	0.32
6. Características de Relieve	f. Altitud Media	Rc		0.25
	h. Altitud más frecuente	-	m.s.n.m.	4311.35
	i. Integral hipsométrica	-	m.s.n.m.	4400.00
	Coeficiente de Masividad	-	-	0.554
	Coeficiente Orográfico	Cm	-	4015.24
	Coeficiente de torrencialidad	Co	-	17.31
	i. Pendiente media de la Cuenca	Ct	-	4.34
7. Características de la red de drenaje	i. Pendiente media de la Cuenca	Sc	m/m	0.378
	j. Tipo de corriente			4.000
	k. Número de orden de corrientes	Oc	-	4
	l. Frecuencia de densidad de ríos	Fr	-	7.73
	m. Extensión media del escurrimiento superficial	E	Km	0.13
	n. Densidad de drenaje	Dd	Km/Km ²	7.73
8. Tiempo de Concentración	o. Pendiente media longitud axial	S	m/m	0.18
	Met. Kirpich	tc	h	0.25
	Met. Kerby	tc	h	0.47
	Met. Kerby-Kirpich	tc	h	0.72
	Met. Témez	tc	h	0.81
	Met. Giandiotti	tc	h	0.66
	Met. Giandiotti modificado	tc	h	0.44
	Met. Tournon	tc	h	0.51
	Met. Fattorelli y Marchi	tc	h	1.42
	Johnstone & Cross	tc	h	1.96
	Ven te Chow	tc	h	0.49
	Cuerpo de Ingenieros	tc	h	0.52
	Pasini	tc	h	0.35
	Ribeiro	tc	h	0.66
	Kerby-Hathaway	tc	h	0.46
	Met. Bransby Williams	tc	h	0.33
	Tiempo de concentración (Prom)	tc	h	0.67
Lag Time (Prom)	tc	h	0.40	
10. Cota Máxima	Zmax	msnm	4531.380	
11. Cota Mínima	Zmin	msnm	4093.560	
RELACION DE BIFURCACION				
	ORDEN 1	24		4.665
	ORDEN 2	13		2.528
	ORDEN 3	5		0.358
	ORDEN 4	-		0.748
	ORDEN 5	-		
Longitud total de ríos	Lt	km		8.300



Figura 37 Curva hipsométrica y frecuencia de altitudes Cuenca 02-LP



5.2.2. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

5.2.2.1. Selección de la información de precipitaciones máximas 24 horas

La información utilizada para el presente estudio se ha obtenido de los registros históricos del SENAMHI, de donde se seleccionó 3 estaciones hidrometeorológicas, las cuales son las más cercanas al sector de estudio, asimismo los valores analizados corresponden a datos obtenidos mediante oficio a Senamhi complementados y extendido con datos recientes mediante la página del Senamhi y por vía de las estaciones convencionales.



Tabla 19 Precipitaciones máximas 24 horas Estación Curpahuasi

DATOS DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS												
ESTACION CURPAHUASI												
Estación:	CURPAHUASI/ 114108				Longitud:	72°40'.83"	"W"	DPTO:	APURIMAC			
Parámetro:	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)				Latitud:	14°3'46.21"	"S"	PROV:	GRAU			
					Altitud:	3535	msnm	DIST:	CURPAHUASI			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2009									0.00	26.00	22.20	22.90
2010	25.80	27.00	18.40	20.00		0.00	2.30	2.60	7.70	8.40	10.50	17.50
2011	20.10	24.00	13.70	11.70	6.30	8.20	6.90	8.20	10.00	12.50	13.50	18.50
2012	20.00	27.40	41.70	10.00	0.00	2.80	1.60	4.90	19.00	15.40	11.30	30.10
2013	16.20	22.90	20.80	0.00	9.20	6.60	1.30	21.70	1.80	17.70	21.60	32.20
2014	47.00		31.80	6.80	8.10	0.00	3.50	1.20	5.20	25.50	22.30	18.90
2015	32.40	23.40	27.60	6.00	0.00	5.20	1.60	7.60	4.80	15.60	20.80	12.20
2016	14.60	38.40	15.60	12.40	8.40	3.40	5.40	1.20	6.80	7.90	14.20	13.60
2017	40.10	19.60	16.20	9.80	5.00	0.00	2.40	2.00	4.60	15.20	18.80	18.20
2018	24.00	31.40	37.20	8.60	2.60	7.60	5.20	11.10	7.00	7.50	8.20	19.00
2019	31.50	23.20	26.40	7.20	5.40	1.20	10.90	1.20	6.60	4.60	20.40	21.90
2020	16.60	34.90										
2021					0.00	0.00	0.00		4.80	8.40	10.60	10.00
2022	21.40	23.40	26.60	5.60	0.00				4.30	5.20	6.10	12.40
2023	16.60	15.50	21.50	14.90	15.60	0.00	2.30		7.80	10.40	9.40	10.50
2024												
NºDATOS	13	12	12	12	12	12	12	10	14	14	14	14
MEDIA	25.10	25.93	24.79	9.42	5.05	2.92	3.62	6.17	6.46	12.88	14.99	18.42

Fuente: Senamhi.



Tabla 20 Precipitaciones máximas 24 horas Estación Tambobamba

DATOS DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS													
ESTACION TAMBOBAMBA													
Estación:	TAMBOBAMBA / 113059				Longitud:	72°10'30.8"	"W"	DPTO:	APURIMAC				
Parámetro:	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)				Latitud:	13°56'41.7"	"S"	PROV:	COTABAMBAS				
					Altitud:	3279	msnm	DIST:	TAMBOBAMBA				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1995					5.00	0.00	0.20	10.00	9.40		25.30	30.00	
1996	31.70	19.60	14.00	13.20	4.70	0.00	0.00	33.10	8.60	35.00	17.00	19.60	
1997	38.20	26.80	26.10	21.60	8.10	0.00	0.00	16.60	4.70	16.10	21.40	29.20	
1998	30.60	34.50			0.00	2.40	0.00	2.60	4.00	17.00	25.30	13.40	
1999	15.80	23.90	25.60	22.00	1.50	0.00	0.70	3.40	18.90	4.70	10.60	18.30	
2000	22.50	39.00	26.20	13.80	10.00	3.40	3.30	4.80	14.70	18.70	13.00	42.30	
2001	35.30	52.70	29.90	10.00	6.10	3.00	11.40	5.40	5.60	29.00	17.20	17.10	
2002	39.00	38.90	20.30	25.00	9.10	6.40	4.40	1.10	20.00	17.30	15.60	30.70	
2003	48.80	19.50	23.60	20.00	6.00	1.20	0.00	18.40	11.00	12.40	17.00	36.40	
2004	35.60	36.20	19.60	18.60	10.00	1.90	8.00	8.30	15.70	15.00	24.00	21.40	
2005	21.00	54.70	32.40		0.00	0.00	1.50	4.00	4.20	29.00	12.70	38.10	
2006	21.40	34.30	32.00	18.40	0.00	8.80	0.00	0.00	0.50	16.00	23.40	30.50	
2007	21.80	23.40	23.60	7.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	14.00	28.20	24.60	
2008	30.00	20.00	10.00	10.00	4.00	1.00	0.00	2.70	7.00	13.60	20.00	25.00	
2009	25.00	24.20	18.00	10.00	2.40	0.00	1.40		9.00	30.00	65.00	25.00	
2010	42.60	29.80	29.80	7.60	13.80	0.00	0.00	0.00	6.40	8.70	13.80	23.00	
2011	31.50	35.20	35.40	13.30	3.50	0.00	2.10	3.70	15.00	13.50	13.70	20.20	
2012	27.50	27.30	26.50	22.20	3.00	2.50	1.40	0.00	10.00	20.00	27.80	42.40	
2013	18.00	24.50	23.00	22.70	0.40	5.00	2.00	14.00	9.30	25.60	27.70	28.40	
2014	38.80	39.50	25.50	6.20	10.00	0.00	2.10	1.30	7.60	11.70	17.20	27.50	
2015	30.40	31.00	35.60	23.60	2.60	1.30	3.40	13.40	11.00	21.80	21.10	23.50	
2016	25.80	30.50	19.70	17.60	3.60	2.40	7.60	3.60	11.20	26.00	20.50	25.00	
2017	45.00	31.00	32.50	17.50	9.60	0.00	0.00	0.00	11.00	18.60	15.40	25.60	
2018	31.40	47.40	54.00	27.40	9.40	8.20				13.00	50.40	38.40	
2019	31.00	32.30	29.00	26.40	1.40	10.00	2.00	0.00	4.00	11.80	23.00	14.40	
2020	21.50	37.60	20.00	12.00	6.00	11.50	0.00	2.80	20.00	14.00	10.00	22.00	
2021	23.60	28.00	28.40	28.40	7.00	0.00	27.00	0.00	10.00	23.70	28.80	29.60	
2022	29.00	29.00	20.00	16.00	11.40	0.00	0.80	5.00	30.00	5.60	35.00	24.00	
2023	29.40	18.60	39.00	35.00	29.00	0.00	0.00	4.20	9.80	20.20	39.00		
2024	30.00	23.50	20.00	35.40	21.40								
Datos	29	29	28	27	30	29	28	27	28	28	29	28	
MEDIA	30.08	31.48	26.42	18.55	6.63	2.38	3.01	5.87	10.31	17.93	23.42	26.63	

Fuente: Senamh



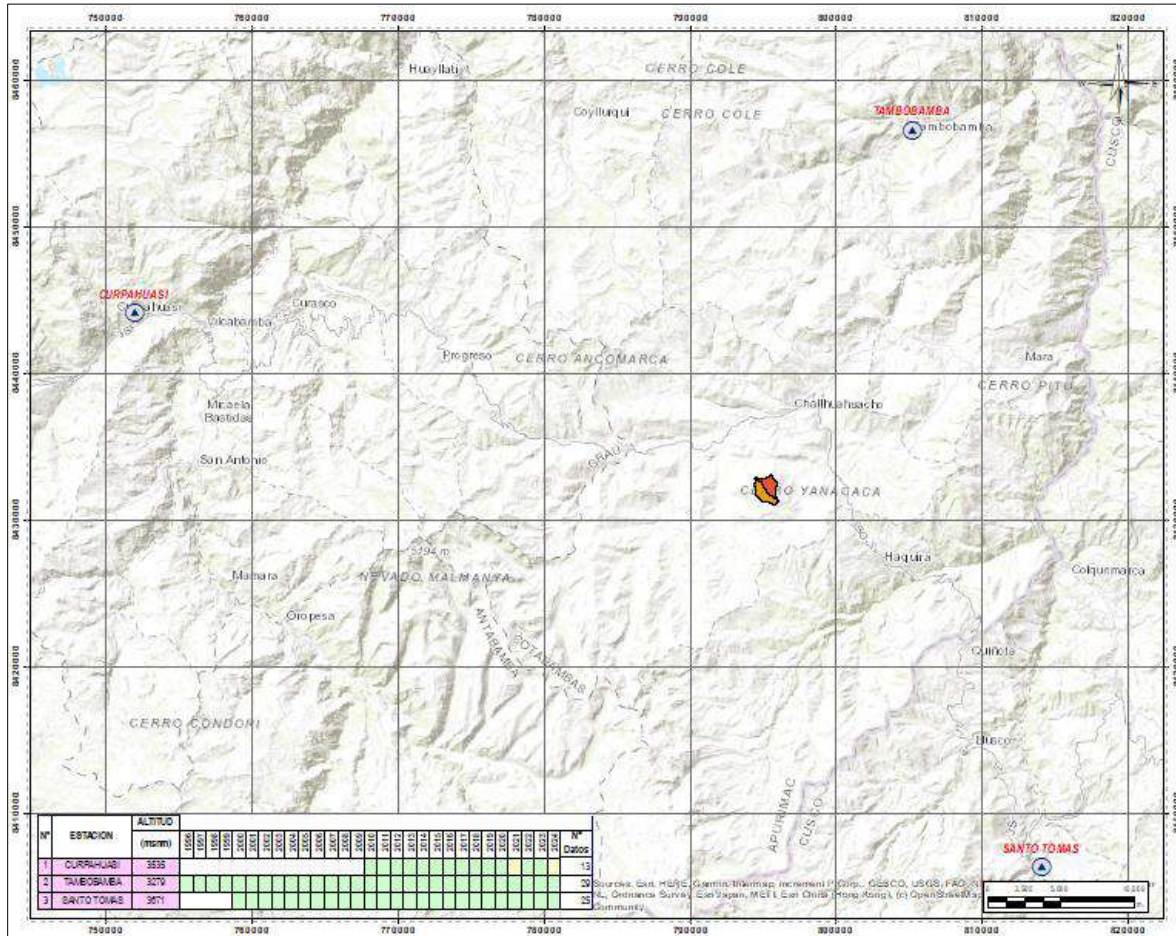
Tabla 21 Precipitaciones máximas 24 horas Estación Santo Tomas

DATOS DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS													
ESTACION SANTO TOMAS													
Estación:	SANTO TOMAS (COD. 114123)				Longitud:	72° 05' 47.2"	"W"	DPTO:	CUSCO				
Parámetro:	Precipitación máxima en 24 horas (mm)				Latitud:	14° 26' 56.3"	"S"	PROV:	CHUMBIVILCAS				
					Altitud:	3671	msnm	DIST:	SANTO TOMAS				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
1966										8		16	
1967	44	10		18.3		2	10	11	4	5			
1968										24	5	9	
1969													
1998													
1999					0.30	0.00	0.00	0.00	20.50	17.10	0.00	10.50	
2000	30.10	23.20	17.20	12.50	3.40	5.80		0.00	12.50	11.70	0.00	29.80	
2001	19.50	29.20	28.70	29.80	8.90	0.00	0.00	0.00	7.90	13.50	1.30	27.00	
2002	21.80	32.30	35.60	7.80	7.40	3.80	10.20	0.00	10.20	15.70	13.80	26.00	
2003	21.40	25.50	24.60	12.80	0.00	2.40	0.00	9.40	8.40	18.10	23.30	17.80	
2004	25.00	25.20	26.20	7.50	0.00	0.00	19.00	18.40	15.60	21.40	37.60	37.80	
2005	33.80	16.20	24.50	14.50	0.00	0.00	0.00	0.00	4.90	12.60	14.40	19.70	
2006	42.50	34.60	36.30	17.60	0.00	2.60	0.00	3.90	5.90	30.30	20.70	36.10	
2007	19.10	28.80	20.50	12.80	3.20	0.00	8.30	0.00	2.90	10.80	14.70	41.50	
2008	22.10	26.40	17.80	5.50	8.20	1.80	0.00	0.00	4.30	22.10	5.20	33.60	
2009	20.20	19.80	20.90	22.60	2.60	0.00	3.00	0.00	0.00	7.40	21.50	20.90	
2010	23.50	45.00	28.70	32.00	10.50	0.00	0.70	0.00	2.80	16.80	29.50	21.00	
2011	23.30	28.50	26.00	26.00	5.80	0.40	4.80	11.70	11.10	15.20	25.50	19.90	
2012	23.00	28.90	32.20	30.20	0.80	0.00	0.90	0.00	9.00				
2013		37.70	21.50	34.00	2.90	7.20	1.70	14.50	2.80	15.60	17.00	32.60	
2014	29.10	25.90	22.10	8.70	2.70	0.00	0.40	3.30	19.60	51.50	13.50	25.70	
2015	26.30	22.30	42.90	17.80	10.10	0.00	2.40	8.30	3.00	15.60	11.60		
2016	19.10	25.20	35.20	27.00	4.30	3.00	5.60	9.40	3.20	7.90	12.90	8.30	
2017	23.90	24.80	51.90	36.80	5.80	0.00	10.00		16.20	15.80	11.80	33.60	
2018	28.20	22.70	16.80	13.60	3.20	4.90	13.00	25.90	5.70	11.30	15.40	8.70	
2019	44.30	22.10	23.30	7.50	2.00	1.30	5.50	1.20	12.10	11.10	44.80	50.30	
2020	34.30	36.10	18.50	7.80	21.40	0.00	0.00	0.00	11.50	27.20	4.70	29.50	
2021	38.60	27.60	25.90	10.40	8.00	0.00	5.90	0.00	7.60	25.50	15.80	33.40	
2022	33.60	35.00	25.50	8.90	0.00	7.50	0.00	3.60	8.60	1.60	23.80	23.10	
2023	28.50	29.00	30.60	9.10	24.40	0.00	3.90	0.00	1.20	20.30	54.60	34.10	
2024	31.10	37.60	28.60	26.40									
NºDATOS	25	26	25	26	25	26	25	25	26	27	25	25	
MEDIA	28.25	27.68	27.28	17.61	5.44	1.64	4.21	4.82	8.13	16.78	17.54	25.84	

Fuente: Senamhi.



Figura 38 Ubicación de Estaciones Hidrometeorológicas





5.2.2.2. Outlier (Prueba de datos dudosos)

Tabla 22 Análisis Outliers estaciones Curpahuasi/Tambobamba/Santo Tomas

DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Curpahuasi					DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Tambobamba					DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Santo Tomas				
N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición n	N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición n	N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición n
1					1					1				
2					2					2				
3					3					3	44.00	1967	3.78	Verificado
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
10					10					10				
11					11					11				
12					12					12				
13					13					13				
14					14					14				
15					15					15				
16					16					16				
17					17					17				
18					18					18				
19					19					19				
20					20					20				
21					21					21				
22					22					22				
23					23					23				
24					24					24				
25					25					25				
26					26					26				
27					27					27				
28					28					28				
29					29					29				
30					30					30				
31					31					31				
32					32	35.0	1996	3.56	Verificado	32				
33					33	38.2	1997	3.64	Verificado	33				
34					34					34				
35					35	25.6	1999	3.24	Verificado	35				
36					36	42.3	2000	3.74	Verificado	36	30.10	2000	3.40	Verificado
37					37	52.7	2001	3.96	Verificado	37	29.80	2001	3.39	Verificado
38					38	39.0	2002	3.66	Verificado	38	35.60	2002	3.57	Verificado
39					39	48.8	2003	3.89	Verificado	39	25.50	2003	3.24	Verificado
40					40	36.2	2004	3.59	Verificado	40	37.80	2004	3.63	Verificado
41					41					41	33.80	2005	3.52	Verificado



DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Curpahuasi				
N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición n
42				
43				
44				
45				
46	27.00	2010	3.30	Verificado
47	24.00	2011	3.18	Verificado
48	41.70	2012	3.73	Verificado
49	32.20	2013	3.47	Verificado
50				
51	32.40	2015	3.48	Verificado
52	38.40	2016	3.65	Verificado
53	40.10	2017	3.69	Verificado
54	37.20	2018	3.62	Verificado
55	31.50	2019	3.45	Verificado
56				
57				
58	26.60	2022	3.28	Verificado
59	21.50	2023	3.07	Atípico
60				
Promed	32.05	Media Ln	3.45	
Des	6.76	Desvió Ln	0.22	
		K	1.730	
		Lim Sup	3.824	45.792
		Lim Inf	3.068	21.509

DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Tambobamba				
N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición n
42	34.3	2006	3.54	Verificado
43	28.2	2007	3.34	Verificado
44	30.0	2008	3.40	Verificado
45				
46	42.6	2010	3.75	Verificado
47	35.4	2011	3.57	Verificado
48	42.4	2012	3.75	Verificado
49	28.4	2013	3.35	Verificado
50	39.5	2014	3.68	Verificado
51	35.6	2015	3.57	Verificado
52	30.5	2016	3.42	Verificado
53	45.0	2017	3.81	Verificado
54				
55	32.3	2019	3.48	Verificado
56	37.6	2020	3.63	0
57	29.6	2021	3.39	Verificado
58	35.0	2022	3.56	Verificado
59	39.0	2023	3.66	Verificado
60	35.4	2024	3.57	Verificado
Promed	36.74	Media Ln	3.59	
Des	6.54	Desvió Ln	0.18	
		K	2.485	
		Lim Sup	4.026	56.042
		Lim Inf	3.152	23.384

DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Santo Tomas				
N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición n
42	42.50	2006	3.75	Verificado
43	41.50	2007	3.73	Verificado
44	33.60	2008	3.51	Verificado
45	22.60	2009	3.12	Verificado
46	45.00	2010	3.81	Verificado
47	28.50	2011	3.35	Verificado
48	32.20	2012	3.47	Verificado
49	37.70	2013	3.63	Verificado
50	51.50	2014	3.94	Verificado
51	42.90	2015	3.76	Verificado
52	35.20	2016	3.56	Verificado
53	51.90	2017	3.95	Verificado
54	28.20	2018	3.34	Verificado
55	50.30	2019	3.92	Verificado
56	36.10	2020	3.59	0
57	38.60	2021	3.65	Verificado
58	35.00	2022	3.56	Verificado
59	54.60	2023	4.00	Verificado
60	37.60	2024	3.63	Verificado
Promed	37.77	Media Ln	3.61	
Des	8.37	Desvió Ln	0.22	
		K	2.5022	
		Lim Sup	4.168	64.572
		Lim Inf	3.048	21.069



Tabla 23 Análisis Outliers 2da Revisión estaciones Curpahuasi/Tambobamba/Santo Tomas

DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Curpahuasi					DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Tambobamba					DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Santo Tomas				
N	Prec. Max diaria anual	Año	Ln Max	Condición	N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición	N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición
1					1					1				
2					2					2				
3					3					3	44.00	1967	3.78	Verificado
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
10					10					10				
11					11					11				
12					12					12				
13					13					13				
14					14					14				
15					15					15				
16					16					16				
17					17					17				
18					18					18				
19					19					19				
20					20					20				
21					21					21				
22					22					22				
23					23					23				
24					24					24				
25					25					25				
26					26					26				
27					27					27				
28					28					28				
29					29					29				
30					30					30				
31					31					31				
32					32	35.0	1996	3.56	Verificado	32				
33					33	38.2	1997	3.64	Verificado	33				
34					34					34				
35					35	25.6	1999	3.24	Verificado	35				
36					36	42.3	2000	3.74	Verificado	36	30.10	2000	3.40	Verificado
37					37	52.7	2001	3.96	Verificado	37	29.80	2001	3.39	Verificado



DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Curpahuasi				
N	Prec. Max diaria anual	Año	Ln Max	Condición
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46	27.00	2010	3.30	Verificado
47	24.00	2011	3.18	Verificado
48	41.70	2012	3.73	Verificado
49	32.20	2013	3.47	Verificado
50				
51	32.40	2015	3.48	Verificado
52	38.40	2016	3.65	Verificado
53	40.10	2017	3.69	Verificado
54	37.20	2018	3.62	Verificado
55	31.50	2019	3.45	Verificado
56				
57				
58	26.60	2022	3.28	Verificado
59				
60				
Promedi	33.11	Media Ln	3.48	
Desv. Est	6.09	Desvío Ln	0.19	
		K	1.677	
		Lim Superior	3.800	44.709
		Lim Inferior	3.168	23.761

DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Tambobamba				
N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición
38	39.0	2002	3.66	Verificado
39	48.8	2003	3.89	Verificado
40	36.2	2004	3.59	Verificado
41				
42	34.3	2006	3.54	Verificado
43	28.2	2007	3.34	Verificado
44	30.0	2008	3.40	Verificado
45				
46	42.6	2010	3.75	Verificado
47	35.4	2011	3.57	Verificado
48	42.4	2012	3.75	Verificado
49	28.4	2013	3.35	Verificado
50	39.5	2014	3.68	Verificado
51	35.6	2015	3.57	Verificado
52	30.5	2016	3.42	Verificado
53	45.0	2017	3.81	Verificado
54				
55	32.3	2019	3.48	Verificado
56	37.6	2020	3.63	Verificado
57	29.6	2021	3.39	Verificado
58	35.0	2022	3.56	Verificado
59	39.0	2023	3.66	Verificado
60	35.4	2024	3.57	Verificado
Promedi	36.74	Media Ln	3.59	
Desv. Est	6.54	Desvío Ln	0.18	
		K	2.485	
		Lim Superior	4.026	56.042
		Lim Inferior	3.152	23.384

DETERMINACION DE DATOS ATIPICOS - Santo Tomas				
N	Prec. Max	Año	Ln Max	Condición
38	35.60	2002	3.57	Verificado
39	25.50	2003	3.24	Verificado
40	37.80	2004	3.63	Verificado
41	33.80	2005	3.52	Verificado
42	42.50	2006	3.75	Verificado
43	41.50	2007	3.73	Verificado
44	33.60	2008	3.51	Verificado
45	22.60	2009	3.12	Verificado
46	45.00	2010	3.81	Verificado
47	28.50	2011	3.35	Verificado
48	32.20	2012	3.47	Verificado
49	37.70	2013	3.63	Verificado
50	51.50	2014	3.94	Verificado
51	42.90	2015	3.76	Verificado
52	35.20	2016	3.56	Verificado
53	51.90	2017	3.95	Verificado
54	28.20	2018	3.34	Verificado
55	50.30	2019	3.92	Verificado
56	36.10	2020	3.59	Verificado
57	38.60	2021	3.65	Verificado
58	35.00	2022	3.56	Verificado
59	54.60	2023	4.00	Verificado
60	37.60	2024	3.63	Verificado
Promedi	37.77	Media Ln	3.61	
Desv. Est	8.37	Desvío Ln	0.22	
		K	2.5022	
		Lim Superior	4.168	64.572
		Lim Inferior	3.048	21.069



5.2.2.3. Pruebas de Bondad de Ajuste (Kolmogorov Smirnov)

Figura 39 Serie histórica de Prec.Max 24hrs. Estación Curpahuasi

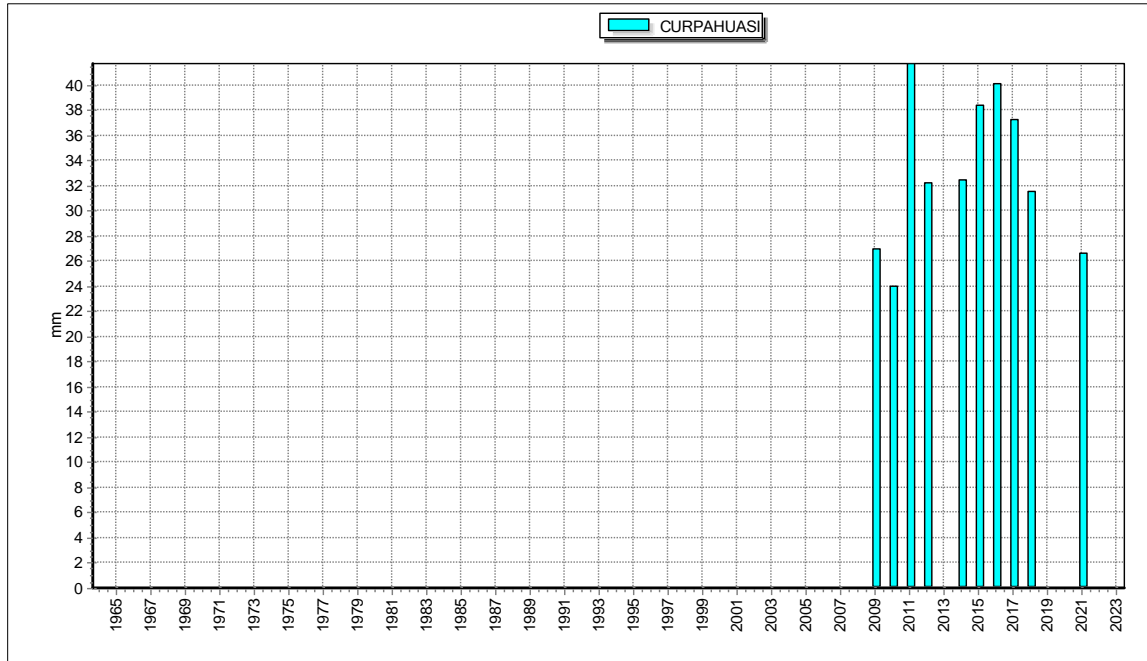




Tabla 24 Prueba SMIRNOV-KOLGOMOROV estación Curpahuasi

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.989	0.1148
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.997	0.1006
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.968	0.1308
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.814	0.1757
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.805	0.1776
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.980	0.1237
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.989	0.1148
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.970	0.1295
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.911	0.1523
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.752	0.1882
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.874	0.1621
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.982	0.1217
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.993	0.1095
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.995	0.1075
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	1.000	0.0839
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.998	0.0964
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.999	0.0947
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.957	0.1362
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.879	0.1608
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.891	0.1577
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.988	0.1160
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	1.000	0.0817
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.694	0.1993
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.980	0.1231
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.880	0.1607
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.984	0.1204



Figura 40 Comparación de distribuciones teóricas Estación Curpahuasi

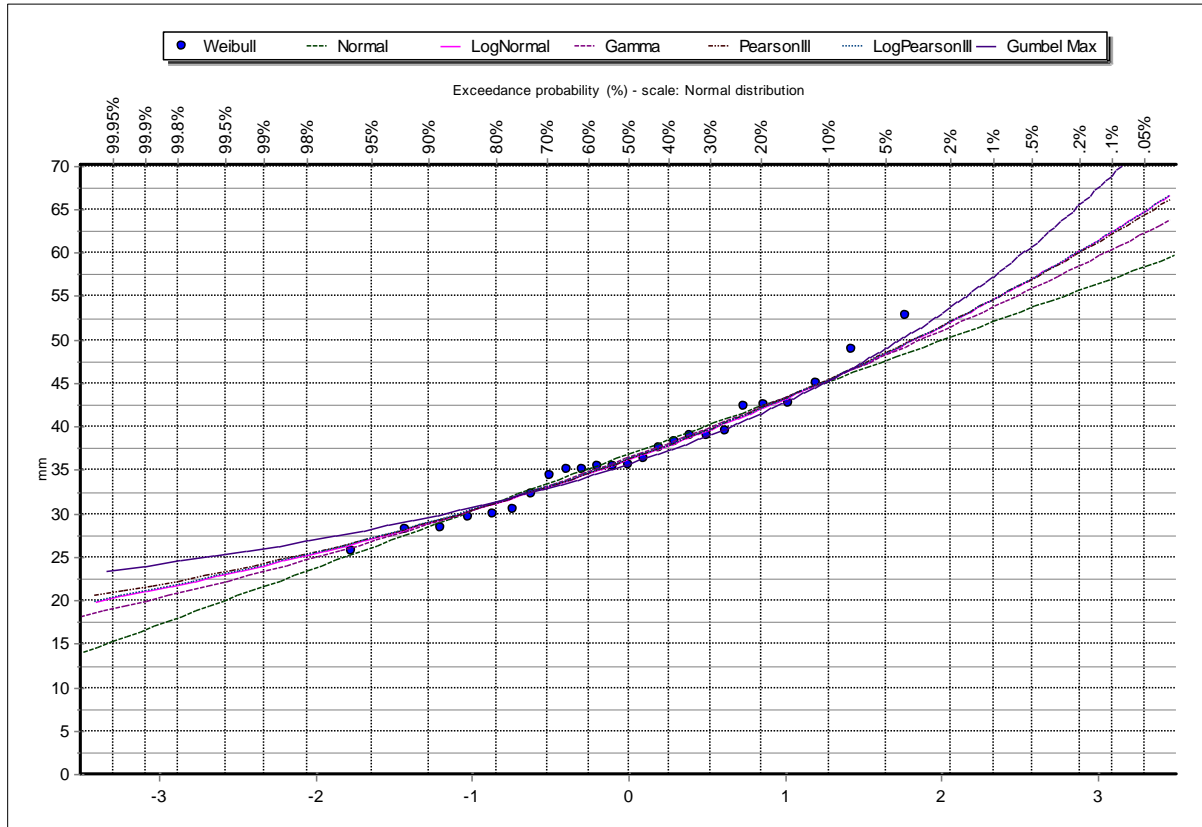
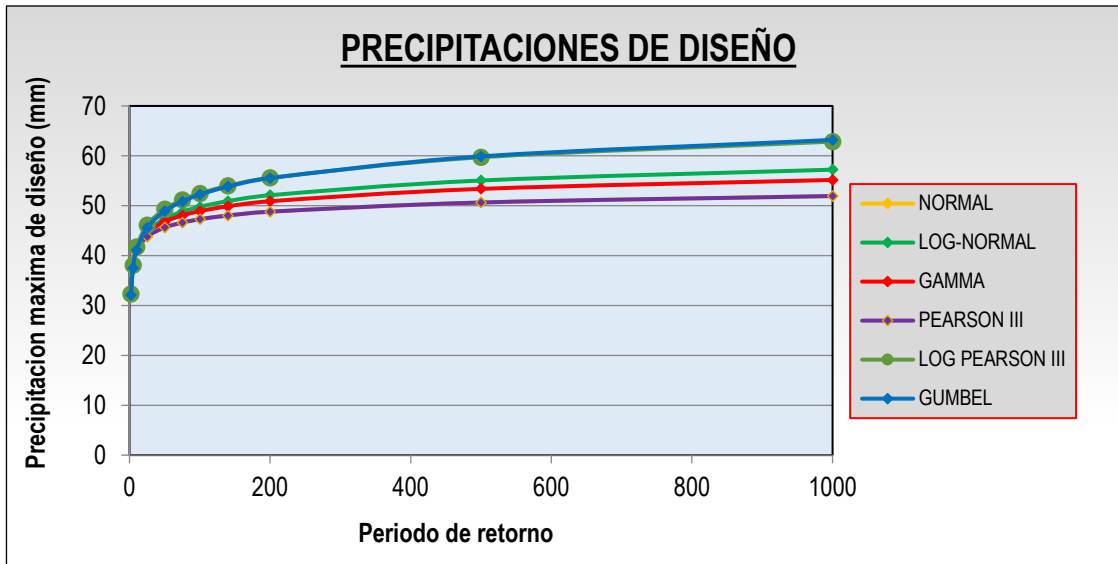


Tabla 25 Periodos de Retorno estación Curpahuasi

T	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMMA	PEARSON III	LOG PEARSON III	GUMBEL
1000	51.94	57.2	55.2	51.9	62.8	63.2
500	50.64	55.1	53.4	50.6	59.7	59.9
200	48.80	52.1	50.9	48.8	55.6	55.5
140	48.03	50.9	49.9	48.0	54.0	53.8
100	47.28	49.8	48.9	47.3	52.5	52.2
75	46.61	48.8	48.0	46.6	51.2	50.9
50	45.62	47.4	46.8	45.6	49.3	48.9
25	43.77	44.8	44.5	43.8	46.1	45.6
10	40.92	41.1	41.1	40.9	41.7	41.1
5	38.24	38.0	38.1	38.2	38.1	37.5
2	33.11	32.6	32.7	33.1	32.3	32.1

Nota: Resultados software Hydrognomon.



Realizando un análisis gráfico y de acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de SMIRNOV - KOLGOMOROV, la distribución LOGPEARSON III es la que mejor se ajusta a la muestra analizada.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN TEÓRICA					
	Normal	LogNormal	Gamma	Pearson III	Log Pearson III	EVI-Max (Gumbel)
ANTIOQUIA						
a=5%	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT
D _{Max}	0.115	0.131	0.124	0.115	0.130	0.152
Attained a	98.95%	96.78%	97.95%	98.95%	97.02%	91.07%

Posteriormente, de acuerdo a la OMM que explica que estudios de miles de años-estaciones de datos pluviométricos indican que, al multiplicar las cantidades máximas anuales de lluvia diaria u horaria, para un solo intervalo fijo de observaciones de una a 24 horas por el factor 1.13.



Tabla 26 Periodos de retorno con ajuste de la OMM estación Curpahuasi

PERIODOS DE RETORNO - ESTACION CURPAHUASI

T	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMMA	PEARSON III	LOG PEARSON III	GUMBEL
1000	58.7	64.7	62.3	58.7	71.0	71.4
500	57.2	62.2	60.3	57.2	67.5	67.7
200	55.1	58.9	57.5	55.1	62.8	62.7
140	54.3	57.5	56.4	54.3	61.0	60.8
100	53.4	56.3	55.3	53.4	59.3	59.0
75	52.7	55.1	54.3	52.7	57.8	57.5
50	51.6	53.5	52.9	51.6	55.7	55.3
25	49.5	50.6	50.3	49.5	52.1	51.5
10	46.2	46.5	46.5	46.2	47.1	46.4
5	43.2	42.9	43.1	43.2	43.0	42.4
2	37.4	36.8	37.0	37.4	36.5	36.3

Nota: Resultados software Hydrognomon.

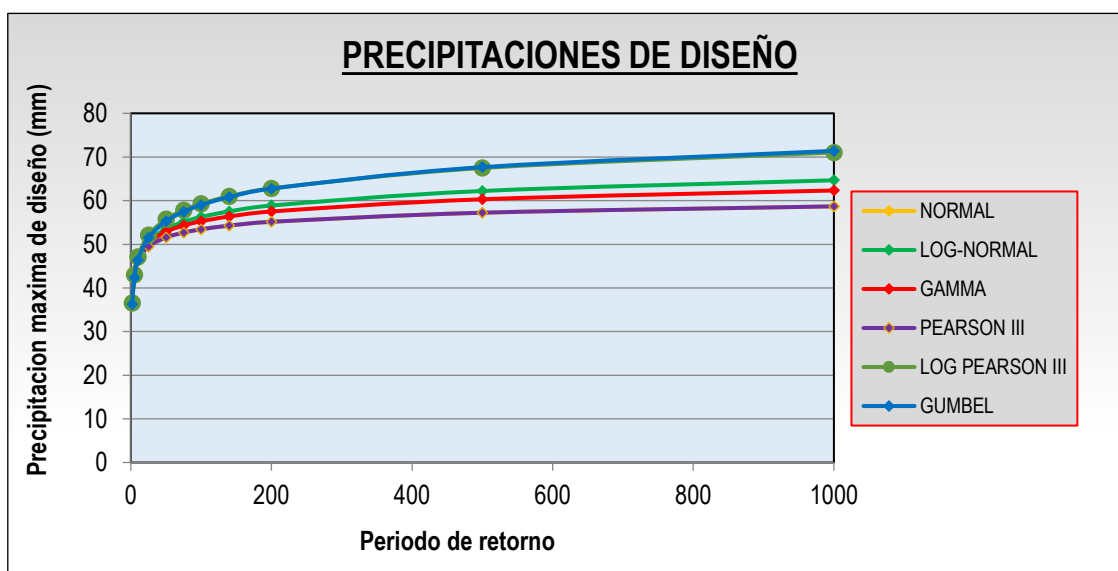




Figura 41 Serie histórica de Prec.Max 24hrs. Estación Tambobamba

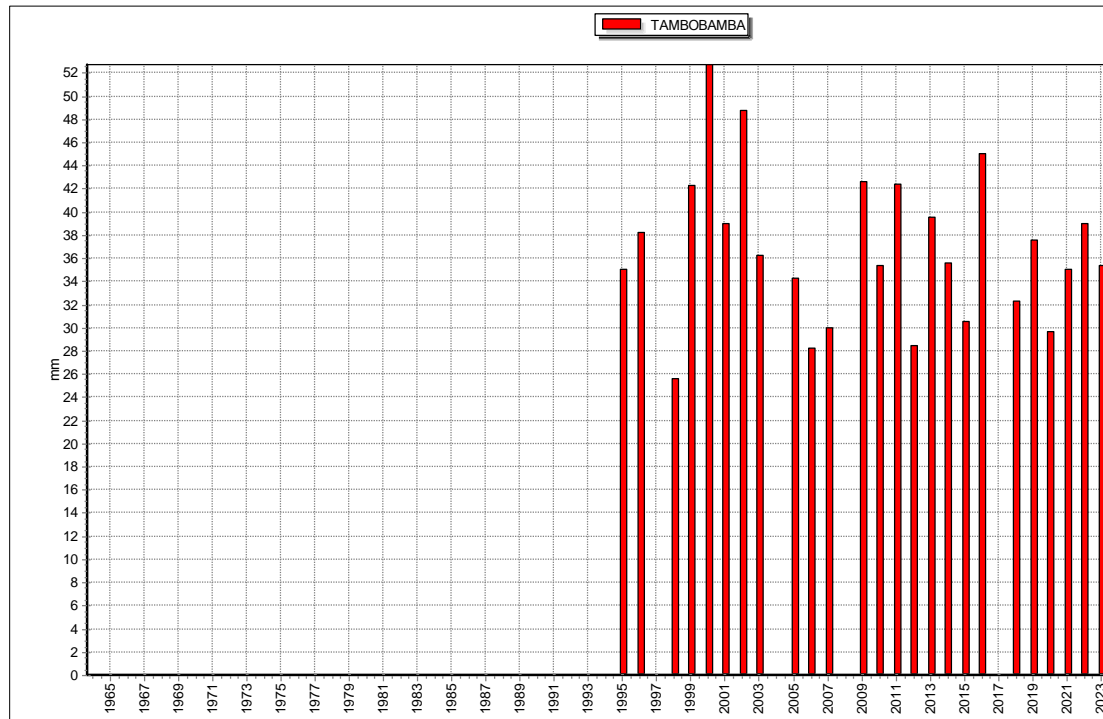


Tabla 27 Prueba SMIRNOV-KOLGOMOROV estación Tambobamba

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=10\%$	Attained α	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.996	0.0716
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.996	0.0714
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.988	0.0796
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.988	0.0798
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.286	0.1871
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.278	0.1886
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.997	0.0701
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.985	0.0816
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.991	0.0778
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.881	0.1075
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.721	0.1288
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.609	0.1422
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.905	0.1033
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.979	0.0843



PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.968	0.0888
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.373	0.1729
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.971	0.0878
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.963	0.0904
EVI-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.841	0.1134
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.560	0.1481
EVI-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.622	0.1406
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.912	0.1021
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.775	0.1222
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.636	0.1389
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.905	0.1034
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.536	0.1511
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.907	0.1030

Figura 42 Comparación de distribuciones teóricas Estación Tambobamba

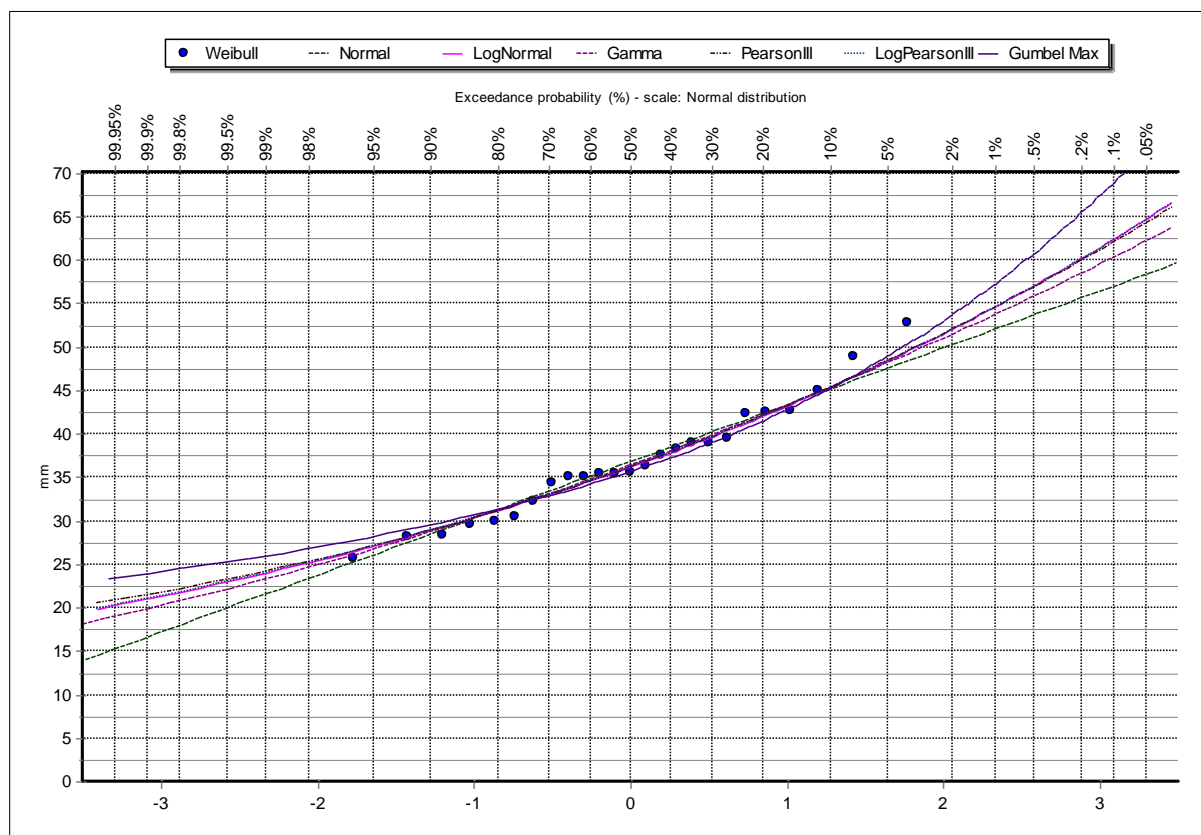
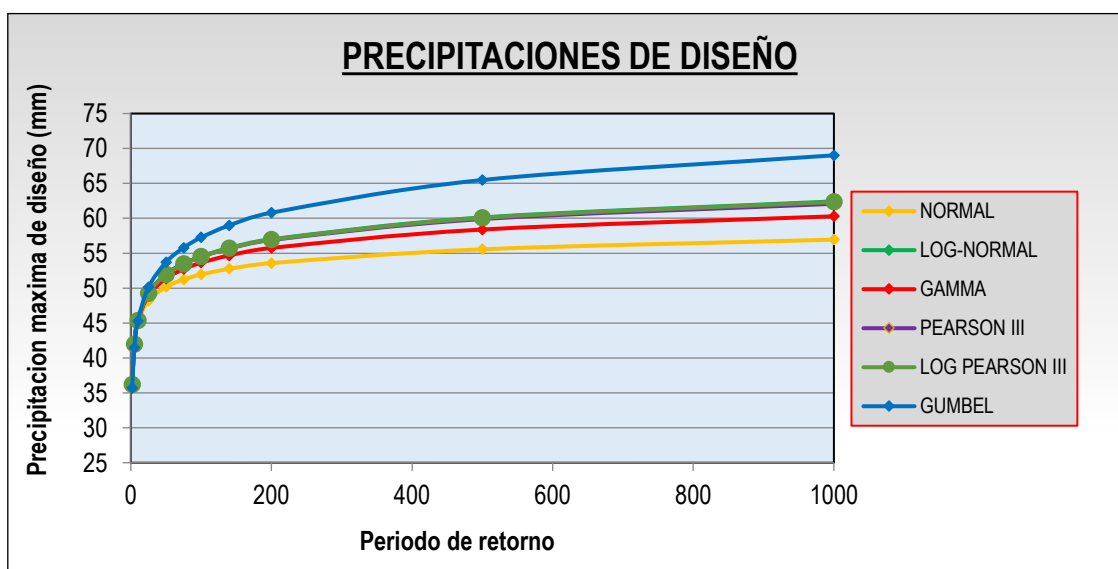




Tabla 28 Periodos de Retorno estación Tambobamba

T	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMMA	PEARSON III	LOG PEARSON III	GUMBEL
1000	56.9	62.4	60.29	62.1	62.3	69.0
500	55.6	60.1	58.39	59.9	60.1	65.5
200	53.6	57.0	55.75	56.9	56.9	60.8
140	52.8	55.7	54.68	55.7	55.7	59.0
100	51.9	54.5	53.63	54.5	54.5	57.3
75	51.2	53.5	52.72	53.5	53.5	55.8
50	50.2	52.0	51.38	52.0	51.9	53.7
25	48.2	49.3	48.95	49.3	49.3	50.1
10	45.1	45.4	45.33	45.4	45.4	45.3
5	42.2	42.0	42.10	42.0	42.0	41.4
2	36.7	36.2	36.36	36.2	36.2	35.7

Nota: Resultados software Hydrognomon



Realizando un análisis gráfico y de acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de SMIRNOV - KOLGOMOROV, la distribución LOGPEARSON III es la que mejor se ajusta a la muestra analizada.

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN TEÓRICA					
	Normal	LogNormal	Gamma	Pearson III	Log Pearson III	EVI-Max (Gumbel)
a=5%	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT
DMax	0.072	0.080	0.070	0.082	0.078	0.107
Attained a	99.63%	98.81%	99.72%	98.48%	99.05%	88.06%



Tabla 29 Periodos de retorno con ajuste de la OMM estación Tambobamba

T	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMMA	PEARSON III	LOG PEARSON III	GUMBEL
1000	64.3	70.5	68.1	70.1	70.4	78.0
500	62.8	67.9	66.0	67.7	67.9	74.0
200	60.5	64.4	63.0	64.3	64.3	68.7
140	59.6	63.0	61.8	62.9	62.9	66.6
100	58.7	61.6	60.6	61.6	61.6	64.7
75	57.9	60.4	59.6	60.4	60.4	63.0
50	56.7	58.7	58.1	58.7	58.7	60.7
25	54.5	55.7	55.3	55.7	55.7	56.6
10	51.0	51.3	51.2	51.3	51.2	51.2
5	47.7	47.4	47.6	47.5	47.4	46.8
2	41.5	40.9	41.1	40.9	40.9	40.3

Nota: Resultados software Hydrognomon

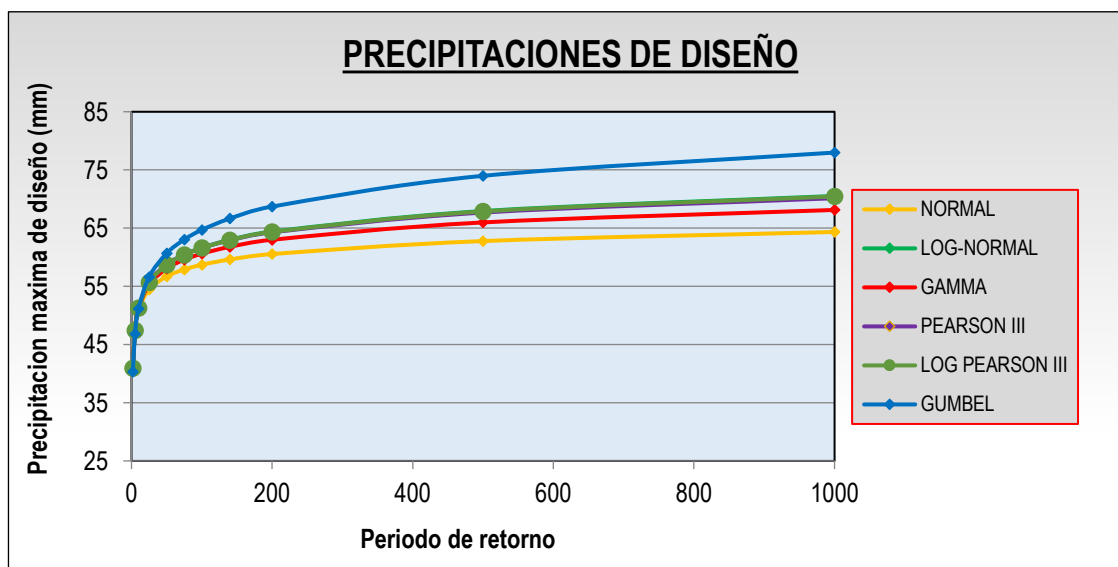




Figura 43 Serie histórica de Prec.Max 24hrs. Estación Santo Tomas

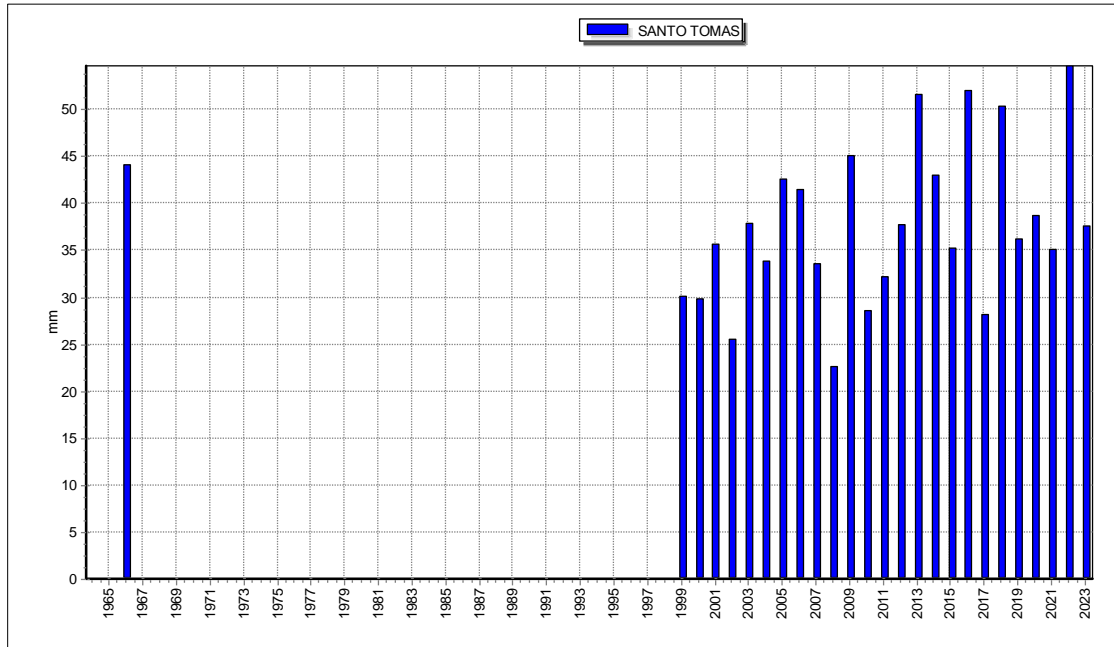




Tabla 30 Prueba SMIRNOV-KOLGOMOROV estación Santo Tomas

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.955	0.0913
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.954	0.0913
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.997	0.0701
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.994	0.0737
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.583	0.1428
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.616	0.1390
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.995	0.0718
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.994	0.0734
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.999	0.0653
EVI-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.997	0.0691
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.822	0.1142
EVI-Min (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.432	0.1616
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.824	0.1139
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.997	0.0701
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.996	0.0708
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.487	0.1546
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.999	0.0641
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.999	0.0642
EVI-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.999	0.0629
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.893	0.1038
EVI-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.432	0.1617
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.830	0.1131
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.595	0.1415
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.823	0.1141
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.744	0.1239
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.926	0.0979
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.744	0.1240



Figura 44 Comparación de distribuciones teóricas Estación Santo Tomas

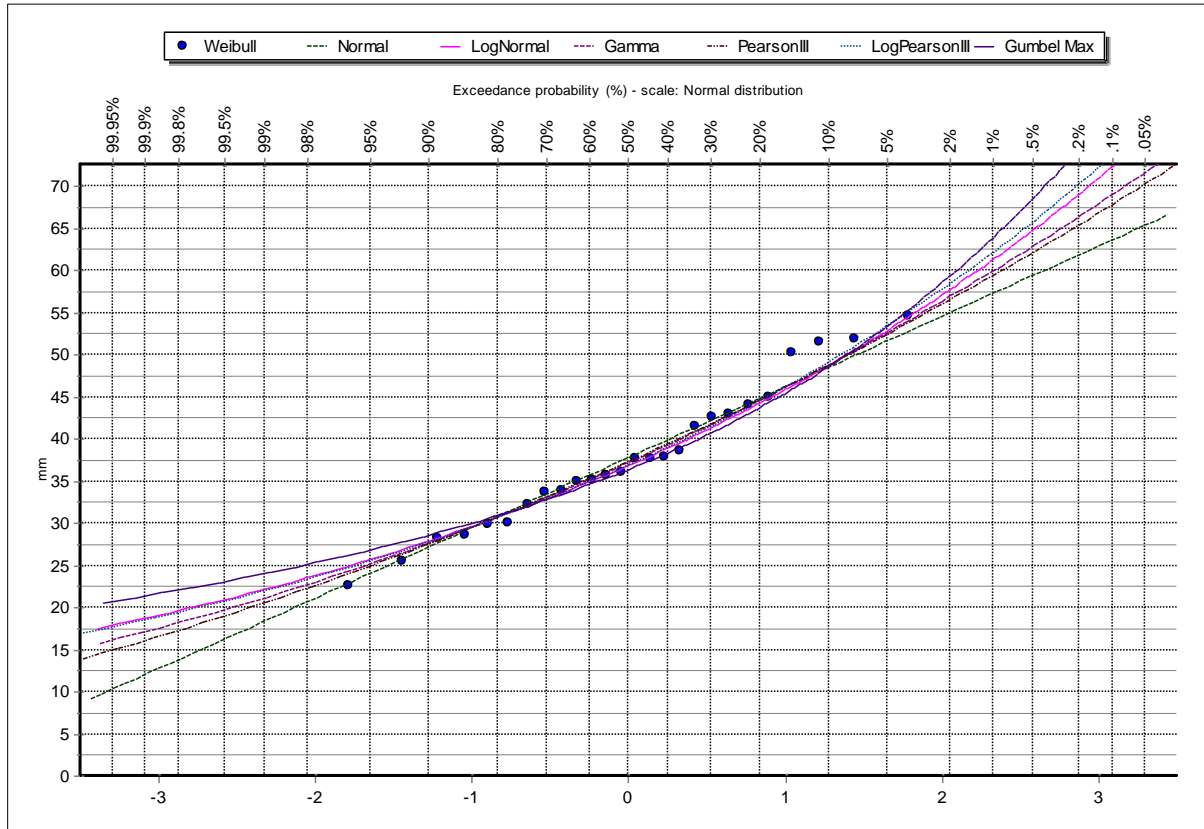
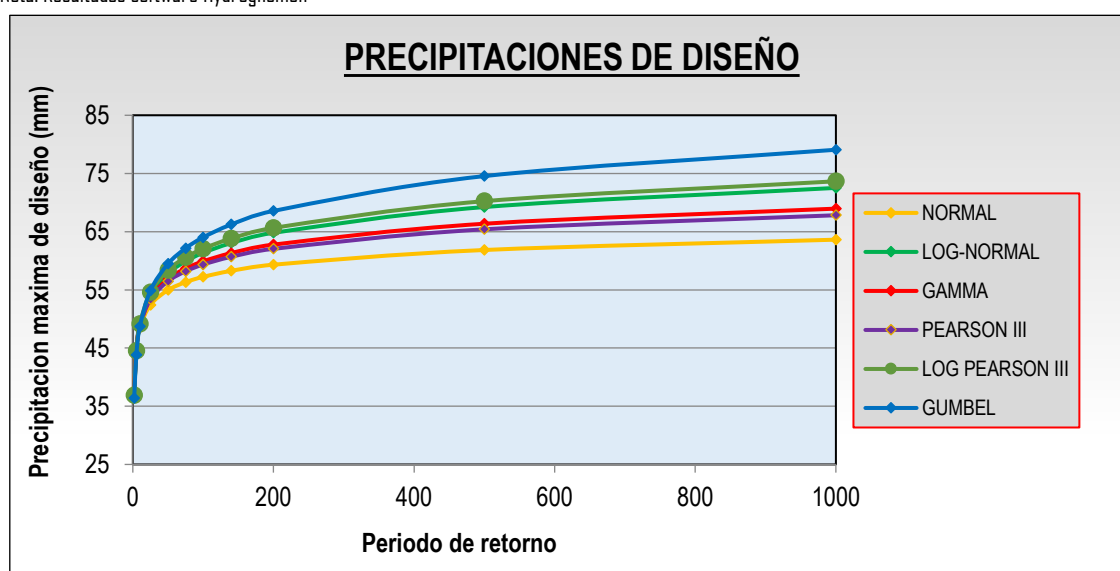




Tabla 31 Periodos de Retorno estación Santo Tomas

T	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMMA	PEARSON III	LOG PEARSON III	GUMBEL
1000	63.6	72.5	69.0	67.8	73.66	79.1
500	61.8	69.2	66.4	65.4	70.24	74.5
200	59.3	64.8	62.8	62.0	65.65	68.6
140	58.3	63.0	61.3	60.7	63.82	66.2
100	57.2	61.4	59.9	59.3	62.08	64.0
75	56.3	59.9	58.7	58.2	60.57	62.1
50	55.0	57.8	56.9	56.5	58.41	59.5
25	52.4	54.1	53.6	53.4	54.58	54.9
10	48.5	48.8	48.8	48.8	49.14	48.7
5	44.8	44.3	44.6	44.6	44.53	43.8
2	37.8	36.9	37.2	37.3	36.89	36.4

Nota: Resultados software Hydrognomon



Realizando un análisis gráfico y de acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de SMIRNOV - KOLGOMOROV, la distribución LOGPEARSON III es la que mejor se ajusta a la muestra analizada.

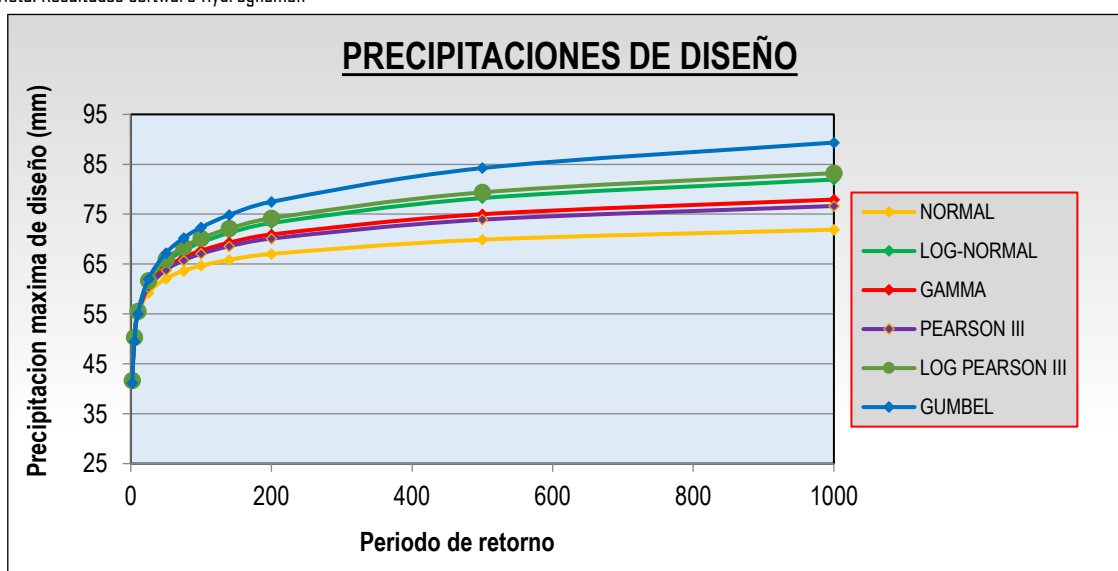
ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN TEÓRICA					
	Normal	LogNormal	Gamma	Pearson III	Log Pearson III	EVI-Max (Gumbel)
a=5%	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT
DMax	0.091	0.070	0.072	0.073	0.065	0.069
Attained a	95.46%	99.66%	99.54%	99.42%	99.87%	99.71%



Tabla 32 Periodos de retorno con ajuste de la OMM Estación Santo Tomas

T	NORMAL	LOG-NORMAL	GAMMA	PEARSON III	LOG PEARSON III	GUMBEL
1000	71.9	81.9	77.9	76.6	83.2	89.4
500	69.9	78.2	75.0	73.9	79.4	84.2
200	67.0	73.2	70.9	70.1	74.2	77.5
140	65.8	71.2	69.3	68.6	72.1	74.8
100	64.7	69.3	67.7	67.1	70.2	72.3
75	63.6	67.7	66.3	65.7	68.4	70.2
50	62.1	65.3	64.3	63.8	66.0	67.2
25	59.2	61.1	60.6	60.3	61.7	62.0
10	54.8	55.2	55.2	55.1	55.5	55.0
5	50.6	50.1	50.4	50.4	50.3	49.5
2	42.7	41.7	42.0	42.1	41.7	41.1

Nota: Resultados software Hydrognomon



Posterior al análisis de distribuciones teóricas por periodos de retorno y el ajuste de la OMM para cada estación del sector de estudio.



Tabla 33 Precipitaciones máximas 24h (mm) para diferentes distribuciones de probabilidad de las estaciones del sector de estudio.

TR (Años)	ESTACION CURPAHUASI	ESTACION TAMBOBAMBA	ESTACION SANTO TOMAS
	NORMAL	GAMMA	LOG PEARSON III
2	37.4143	36.3572	41.68005
5	43.20781	42.1017	50.318674
10	46.236097	45.3294	55.524923
20	43.1301	48.1139	53.2992
25	49.465524	48.9455	61.671671
30	44.2818	49.606	55.6027
50	51.55173	51.3784	65.999571
75	52.671108	52.7156	68.445682
100	53.428208	53.6326	70.151417
140	54.279437	54.6759	72.119764
200	55.145582	55.7508	74.179641
500	57.226816	58.3889	79.372443
1000	58.68655	60.2864	83.230263

5.2.2.4. Determinación de Precipitaciones Máximas en 24 Horas para diferentes periodos de Retorno en el Punto de Interés

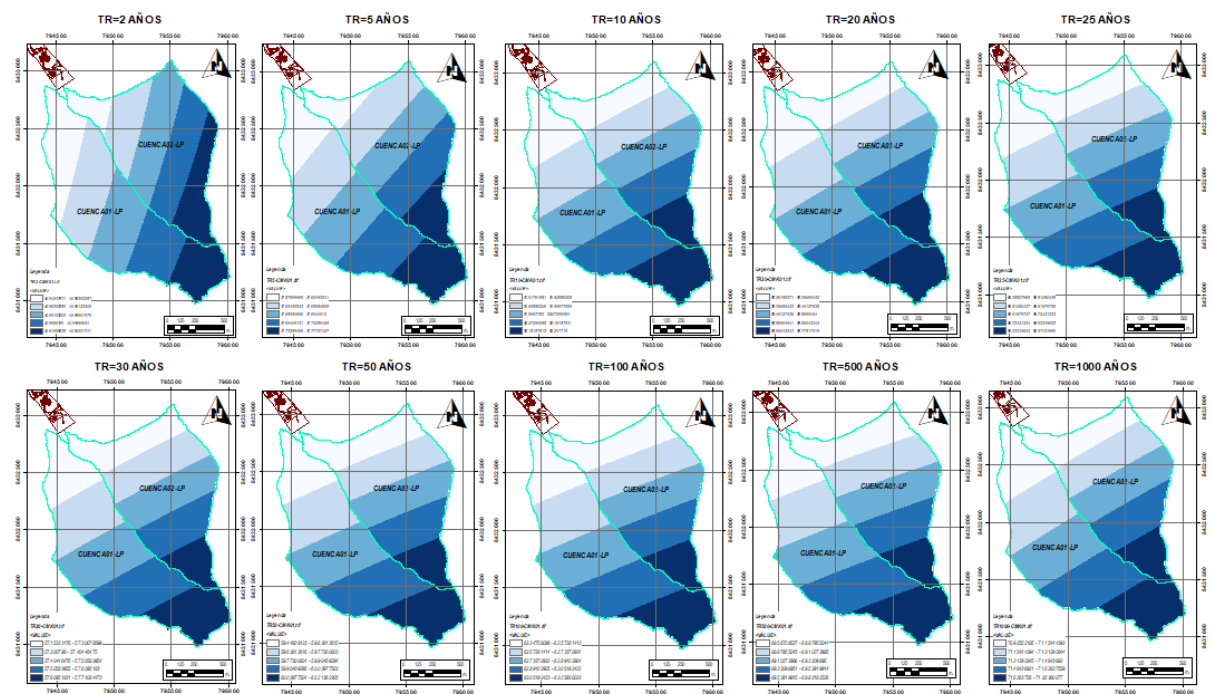
Luego de los procedimientos anteriores se procedió al modelamiento y/o Isoyetas para cada periodo de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 150, 200 y 500 años) y con la herramienta Zonal Statistics del módulo Spatial Analyst del software ArcGIS se ha calculado la precipitación areal máxima de 24 horas en el punto de Interés (Cuenca 01-LP y Cuenca 02-LP) para cada periodo de retorno, los resultados se muestran en el Cuadro siguiente:



Tabla 34 Precipitaciones máximas 24h (mm) en las cuencas del sector de estudio

TR (Años)	Cuenca 01-LP	Cuenca 02-LP
2	40.88735744	40.89717365
5	47.67808622	47.67085584
10	52.04286309	51.98415929
20	55.53191816	55.46386909
25	56.68144544	56.58539878
30	57.46315836	57.38150075
50	59.85316167	59.72854364
100	62.83019233	62.67651614
500	69.23837387	69.0148498
1000	71.40169257	71.28835022

Figura 45 Regionalización por diferentes periodos de retorno para las microcuencas de estudio





5.2.3. Determinación de la Tormenta de Diseño

5.2.3.1. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

En base a estos valores de precipitación de 24 horas de duración obtenidos para cada periodo de retorno, puede estimarse la intensidad de lluvia y precipitación para duraciones menores a 24 horas. En los cuadros adjuntos se muestra la distribución en el tiempo de la precipitación y la intensidad de lluvia, respectivamente se muestra el gráfico I-D-Tr a escala logarítmica con las ecuaciones I-D-F para 5, 2, 10, 20, 25, 30, 50, 100, 500 y 1000 años de periodo de retorno. En los siguientes cuadros y gráficos se muestra el proceso de cálculo para determinar la ecuación que describe el comportamiento de la Intensidad de Lluvias en la zona de Proyecto, constituido de dos cuencas.

Cuenca 01-LP

Tabla 35 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 2 años Cuenca 01-LP

Nº	x	Periodo de retorno para T = 2 años				
		y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1.7036	7.2724	0.5328	3.8745	52.8878
2	1320	1.8185	7.1854	0.5980	4.2970	51.6298
3	1200	1.9533	7.0901	0.6695	4.7469	50.2692
4	1080	2.1139	6.9847	0.7485	5.2283	48.7863
5	960	2.3091	6.8669	0.8369	5.7467	47.1548
6	840	2.5523	6.7334	0.9370	6.3093	45.3387
7	720	2.8652	6.5793	1.0526	6.9255	43.2865
8	600	3.2850	6.3969	1.1894	7.6083	40.9207
9	480	3.8835	6.1738	1.3567	8.3761	38.1156
10	360	4.8186	5.8861	1.5725	9.2558	34.6462
11	300	5.5247	5.7038	1.7092	9.7491	32.5331
12	240	6.5312	5.4806	1.8766	10.2849	30.0374
13	180	8.1039	5.1930	2.0923	10.8655	26.9668
14	120	10.9841	4.7875	2.3964	11.4730	22.9201
15	60	18.4729	4.0943	2.9163	11.9404	16.7637
15	9900	76.9199	92.4282	20.4848	116.6812	582.2567
$Ln(d) =$		5.9871	$d =$	398.2444	$n =$	-0.7500



Tabla 36 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 5 años Cuenca 01-LP

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	1.9866	7.2724	0.6864	4.9919	52.8878
2	1320	2.1206	7.1854	0.7517	5.4011	51.6298
3	1200	2.2777	7.0901	0.8232	5.8363	50.2692
4	1080	2.4650	6.9847	0.9022	6.3015	48.7863
5	960	2.6926	6.8669	0.9905	6.8018	47.1548
6	840	2.9763	6.7334	1.0907	7.3439	45.3387
7	720	3.3410	6.5793	1.2063	7.9364	43.2865
8	600	3.8306	6.3969	1.3430	8.5912	40.9207
9	480	4.5284	6.1738	1.5104	9.3247	38.1156
10	360	5.6189	5.8861	1.7261	10.1602	34.6462
11	300	6.4423	5.7038	1.8629	10.6255	32.5331
12	240	7.6159	5.4806	2.0302	11.1270	30.0374
13	180	9.4499	5.1930	2.2460	11.6634	26.9668
14	120	12.8084	4.7875	2.5501	12.2086	22.9201
15	60	21.5410	4.0943	3.0700	12.5695	16.7637
15	9900	89.6950	92.4282	22.7896	130.8829	582.2567
$Ln(d) =$	6.1407		$d =$ 464.3863		$n =$ -0.7500	

Tabla 37 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 10 años Cuenca 01-LP

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.1685	7.2724	0.7740	5.6289	52.8878
2	1320	2.3147	7.1854	0.8393	6.0305	51.6298
3	1200	2.4862	7.0901	0.9108	6.4573	50.2692
4	1080	2.6906	6.9847	0.9898	6.9133	48.7863
5	960	2.9391	6.8669	1.0781	7.4033	47.1548
6	840	3.2487	6.7334	1.1783	7.9337	45.3387
7	720	3.6469	6.5793	1.2939	8.5127	43.2865
8	600	4.1813	6.3969	1.4306	9.1515	40.9207
9	480	4.9430	6.1738	1.5980	9.8655	38.1156
10	360	6.1333	5.8861	1.8137	10.6758	34.6462
11	300	7.0320	5.7038	1.9505	11.1251	32.5331
12	240	8.3131	5.4806	2.1178	11.6071	30.0374
13	180	10.3150	5.1930	2.3336	12.1183	26.9668
14	120	13.9809	4.7875	2.6377	12.6279	22.9201
15	60	23.5130	4.0943	3.1576	12.9281	16.7637
15	9900	97.9063	92.4282	24.1035	138.9792	582.2567
$Ln(d) =$	6.2283		$d =$ 506.8994		$n =$ -0.7500	



Tabla 38 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 20 años Cuenca 01-LP

Periodo de retorno para T = 20 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.3138	7.2724	0.8389	6.1008	52.8878
2	1320	2.4699	7.1854	0.9042	6.4968	51.6298
3	1200	2.6529	7.0901	0.9756	6.9174	50.2692
4	1080	2.8710	6.9847	1.0547	7.3665	48.7863
5	960	3.1362	6.8669	1.1430	7.8489	47.1548
6	840	3.4665	6.7334	1.2432	8.3706	45.3387
7	720	3.8914	6.5793	1.3588	8.9397	43.2865
8	600	4.4616	6.3969	1.4955	9.5666	40.9207
9	480	5.2744	6.1738	1.6629	10.2662	38.1156
10	360	6.5445	5.8861	1.8786	11.0578	34.6462
11	300	7.5035	5.7038	2.0154	11.4952	32.5331
12	240	8.8704	5.4806	2.1827	11.9627	30.0374
13	180	11.0065	5.1930	2.3985	12.4552	26.9668
14	120	14.9182	4.7875	2.7026	12.9386	22.9201
15	60	25.0894	4.0943	3.2224	13.1938	16.7637
15	9900	104.4702	92.4282	25.0769	144.9769	582.2567
$Ln(d) =$		$d =$		$n =$		
6.2932		540.8830		-0.7500		

Tabla 39 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 25 años Cuenca 01-LP

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.3617	7.2724	0.8594	6.2498	52.8878
2	1320	2.5210	7.1854	0.9247	6.6440	51.6298
3	1200	2.7078	7.0901	0.9961	7.0627	50.2692
4	1080	2.9304	6.9847	1.0752	7.5097	48.7863
5	960	3.2011	6.8669	1.1635	7.9896	47.1548
6	840	3.5383	6.7334	1.2636	8.5086	45.3387
7	720	3.9719	6.5793	1.3793	9.0745	43.2865
8	600	4.5539	6.3969	1.5160	9.6977	40.9207
9	480	5.3836	6.1738	1.6834	10.3927	38.1156
10	360	6.6800	5.8861	1.8991	11.1784	34.6462
11	300	7.6588	5.7038	2.0359	11.6121	32.5331
12	240	9.0541	5.4806	2.2032	12.0750	30.0374
13	180	11.2343	5.1930	2.4190	12.5616	26.9668
14	120	15.2270	4.7875	2.7231	13.0367	22.9201
15	60	25.6087	4.0943	3.2429	13.2777	16.7637
15	9900	106.6327	92.4282	25.3842	146.8707	582.2567
$Ln(d) =$		$d =$		$n =$		
6.3137		552.0794		-0.7500		



Tabla 40 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 30 años Cuenca 01-LP

Periodo de retorno para T = 30 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(lnt) ²
1	1440	2.3943	7.2724	0.8731	6.3495	52.8878
2	1320	2.5558	7.1854	0.9383	6.7424	51.6298
3	1200	2.7451	7.0901	1.0098	7.1598	50.2692
4	1080	2.9709	6.9847	1.0889	7.6053	48.7863
5	960	3.2452	6.8669	1.1772	8.0837	47.1548
6	840	3.5871	6.7334	1.2773	8.6008	45.3387
7	720	4.0267	6.5793	1.3930	9.1646	43.2865
8	600	4.6168	6.3969	1.5297	9.7853	40.9207
9	480	5.4578	6.1738	1.6970	10.4772	38.1156
10	360	6.7721	5.8861	1.9128	11.2590	34.6462
11	300	7.7644	5.7038	2.0496	11.6902	32.5331
12	240	9.1789	5.4806	2.2169	12.1501	30.0374
13	180	11.3893	5.1930	2.4327	12.6328	26.9668
14	120	15.4370	4.7875	2.7368	13.1023	22.9201
15	60	25.9619	4.0943	3.2566	13.3338	16.7637
15	9900	108.1033	92.4282	25.5897	148.1367	582.2567
Ln (d) = 6.3274		d = 559.6933		n = -0.7500		

Tabla 41 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 50 años Cuenca 01-LP

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(lnt) ²
1	1440	2.4939	7.2724	0.9138	6.6458	52.8878
2	1320	2.6621	7.1854	0.9791	7.0352	51.6298
3	1200	2.8593	7.0901	1.0506	7.4487	50.2692
4	1080	3.0944	6.9847	1.1296	7.8899	48.7863
5	960	3.3802	6.8669	1.2179	8.3635	47.1548
6	840	3.7363	6.7334	1.3181	8.8752	45.3387
7	720	4.1942	6.5793	1.4337	9.4327	43.2865
8	600	4.8088	6.3969	1.5704	10.0460	40.9207
9	480	5.6848	6.1738	1.7378	10.7288	38.1156
10	360	7.0538	5.8861	1.9536	11.4989	34.6462
11	300	8.0874	5.7038	2.0903	11.9226	32.5331
12	240	9.5607	5.4806	2.2577	12.3734	30.0374
13	180	11.8630	5.1930	2.4734	12.8444	26.9668
14	120	16.0791	4.7875	2.7775	13.2974	22.9201
15	60	27.0417	4.0943	3.2974	13.5006	16.7637
15	9900	112.5995	92.4282	26.2009	151.9031	582.2567
Ln (d) = 6.3681		d = 582.9720		n = -0.7500		



Tabla 42 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 100 años Cuenca 01-LP

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.6179	7.2724	0.9624	6.9988	52.8878
2	1320	2.7945	7.1854	1.0276	7.3840	51.6298
3	1200	3.0015	7.0901	1.0991	7.7929	50.2692
4	1080	3.2483	6.9847	1.1781	8.2290	48.7863
5	960	3.5483	6.8669	1.2665	8.6968	47.1548
6	840	3.9221	6.7334	1.3666	9.2021	45.3387
7	720	4.4028	6.5793	1.4822	9.7520	43.2865
8	600	5.0480	6.3969	1.6190	10.3565	40.9207
9	480	5.9676	6.1738	1.7863	11.0285	38.1156
10	360	7.4046	5.8861	2.0021	11.7846	34.6462
11	300	8.4896	5.7038	2.1388	12.1995	32.5331
12	240	10.0362	5.4806	2.3062	12.6395	30.0374
13	180	12.4530	5.1930	2.5220	13.0964	26.9668
14	120	16.8789	4.7875	2.8261	13.5297	22.9201
15	60	28.3867	4.0943	3.3459	13.6994	16.7637
15	9900	118.2001	92.4282	26.9291	156.3897	582.2567
Ln (d) = 6.4167		d = 611.9684		n = -0.7500		

Tabla 43 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 500 años Cuenca 01-LP

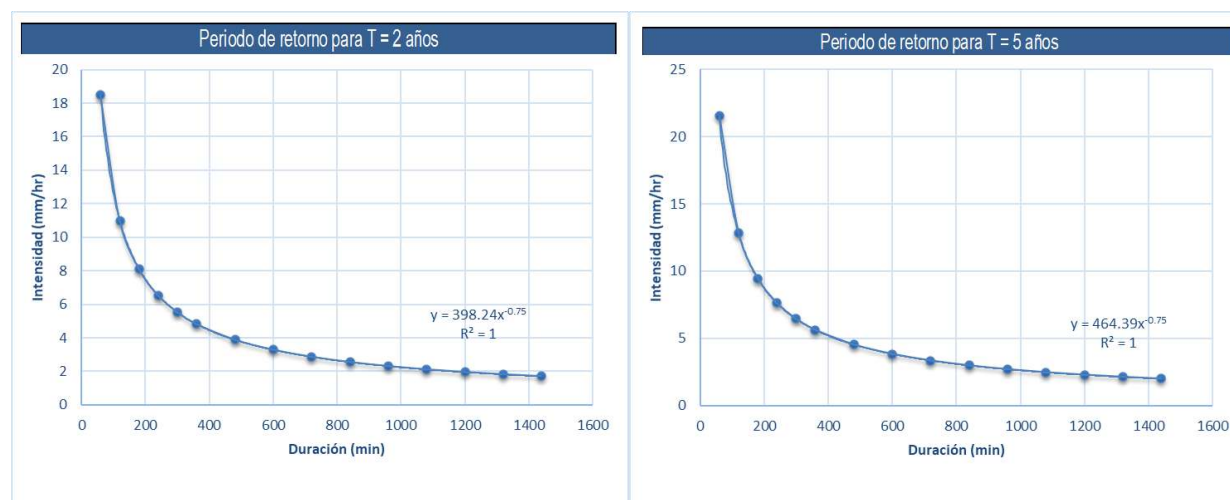
Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.8849	7.2724	1.0595	7.7051	52.8878
2	1320	3.0795	7.1854	1.1248	8.0818	51.6298
3	1200	3.3077	7.0901	1.1962	8.4815	50.2692
4	1080	3.5796	6.9847	1.2753	8.9074	48.7863
5	960	3.9102	6.8669	1.3636	9.3638	47.1548
6	840	4.3221	6.7334	1.4637	9.8560	45.3387
7	720	4.8519	6.5793	1.5794	10.3910	43.2865
8	600	5.5628	6.3969	1.7161	10.9778	40.9207
9	480	6.5762	6.1738	1.8835	11.6281	38.1156
10	360	8.1598	5.8861	2.0992	12.3562	34.6462
11	300	9.3555	5.7038	2.2360	12.7534	32.5331
12	240	11.0598	5.4806	2.4033	13.1717	30.0374
13	180	13.7231	5.1930	2.6191	13.6008	26.9668
14	120	18.6004	4.7875	2.9232	13.9947	22.9201
15	60	31.2820	4.0943	3.4430	14.0970	16.7637
15	9900	130.2556	92.4282	28.3859	165.3663	582.2567
Ln (d) = 6.5138		d = 674.3844		n = -0.7500		

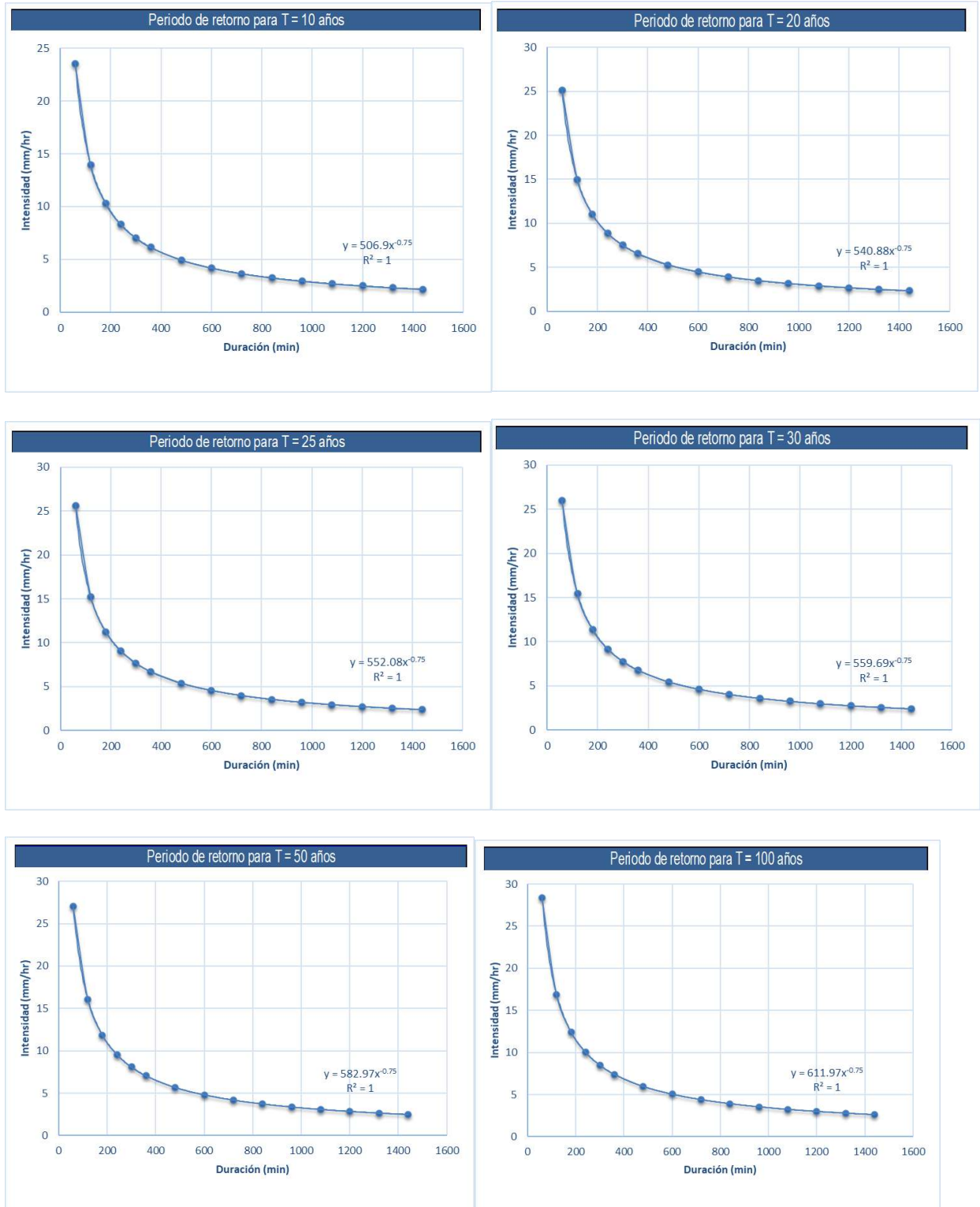


Tabla 44 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 1000 años Cuenca 01-LP

Periodo de retorno para T = 1000 años						
Nº	t	I	ln t	ln I	ln t*ln I	(ln t) ²
1	1440	2.9751	7.2724	1.0903	7.9289	52.8878
2	1320	3.1757	7.1854	1.1555	8.3029	51.6298
3	1200	3.4110	7.0901	1.2270	8.6996	50.2692
4	1080	3.6915	6.9847	1.3060	9.1222	48.7863
5	960	4.0324	6.8669	1.3944	9.5750	47.1548
6	840	4.4572	6.7334	1.4945	10.0632	45.3387
7	720	5.0035	6.5793	1.6101	10.5934	43.2865
8	600	5.7366	6.3969	1.7469	11.1746	40.9207
9	480	6.7817	6.1738	1.9142	11.8180	38.1156
10	360	8.4148	5.8861	2.1300	12.5373	34.6462
11	300	9.6478	5.7038	2.2667	12.9289	32.5331
12	240	11.4054	5.4806	2.4341	13.3404	30.0374
13	180	14.1519	5.1930	2.6498	13.7606	26.9668
14	120	19.1815	4.7875	2.9539	14.1420	22.9201
15	60	32.2594	4.0943	3.4738	14.2230	16.7637
15	9900	134.3254	92.4282	28.8473	168.2100	582.2567
$Ln(d) =$	6.5446	$d =$	695.4552	$n =$	-0.7500	

Figura 46 Regresión Potencial para el diferentes Periodos de Retorno Cuenca 01-LP





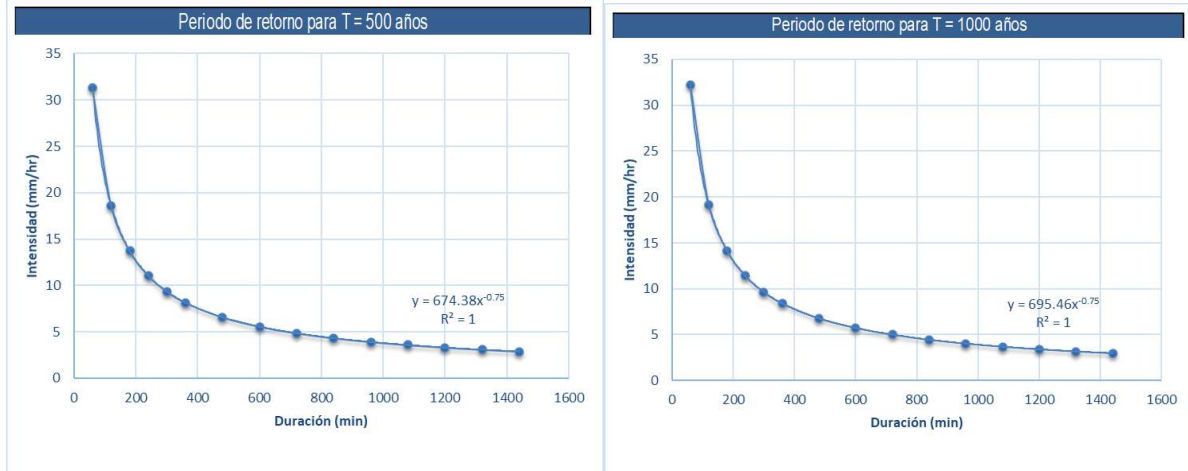


Tabla 45 Resumen de aplicación de regresión potencial Cuenca 01-LP

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	398.24439372795	-0.75000000000
5	464.38634650342	-0.75000000000
10	506.89943565918	-0.75000000000
20	540.88296326232	-0.75000000000
25	552.07940226946	-0.75000000000
30	559.69331489980	-0.75000000000
50	582.97203693212	-0.75000000000
100	611.96842701484	-0.75000000000
500	674.38435512659	-0.75000000000
1000	695.45516111041	-0.75000000000
Promedio =	558.69658365061	-0.75000000000

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$



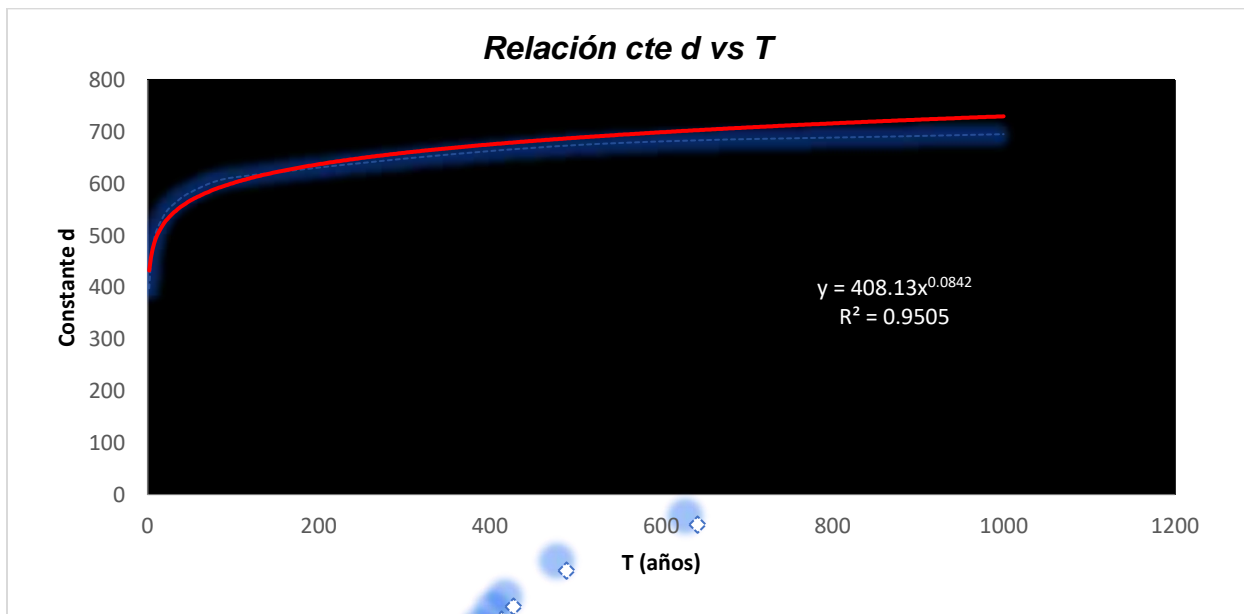
Tabla 46 Regresión Potencial Cuenca 01-LP

Regresión potencial						
Nº	T	d	ln T	ln d	ln T*ln d	(lnT)^2
1	2	398.2444	0.6931	5.9871	4.1499	0.4805
2	5	464.3863	1.6094	6.1407	9.8831	2.5903
3	10	506.8994	2.3026	6.2283	14.3412	5.3019
4	20	540.8830	2.9957	6.2932	18.8528	8.9744
5	25	552.0794	3.2189	6.3137	20.3230	10.3612
6	30	559.6933	3.4012	6.3274	21.5207	11.5681
7	50	582.9720	3.9120	6.3681	24.9123	15.3039
8	100	611.9684	4.6052	6.4167	29.5499	21.2076
9	500	674.3844	6.2146	6.5138	40.4807	38.6214
10	1000	695.4552	6.9078	6.5446	45.2083	47.7171
10	1742.0000	5586.9658	35.8605	63.1336	229.2219	162.1263
Ln (K) = 6.0116		K = 408.1266		m = 0.0842		

Constante de regresión (K) =408.127

Coef. de regresión (m)=0.084

Figura 47 Regresión Potencial Cuenca 01-LP



La ecuación de la intensidad válida para la zona del proyecto:

$$I = \frac{408.12657 * T^{0.0841536}}{D^{0.750000}}$$



Donde:

I= intensidad de precipitación (mm/hr)

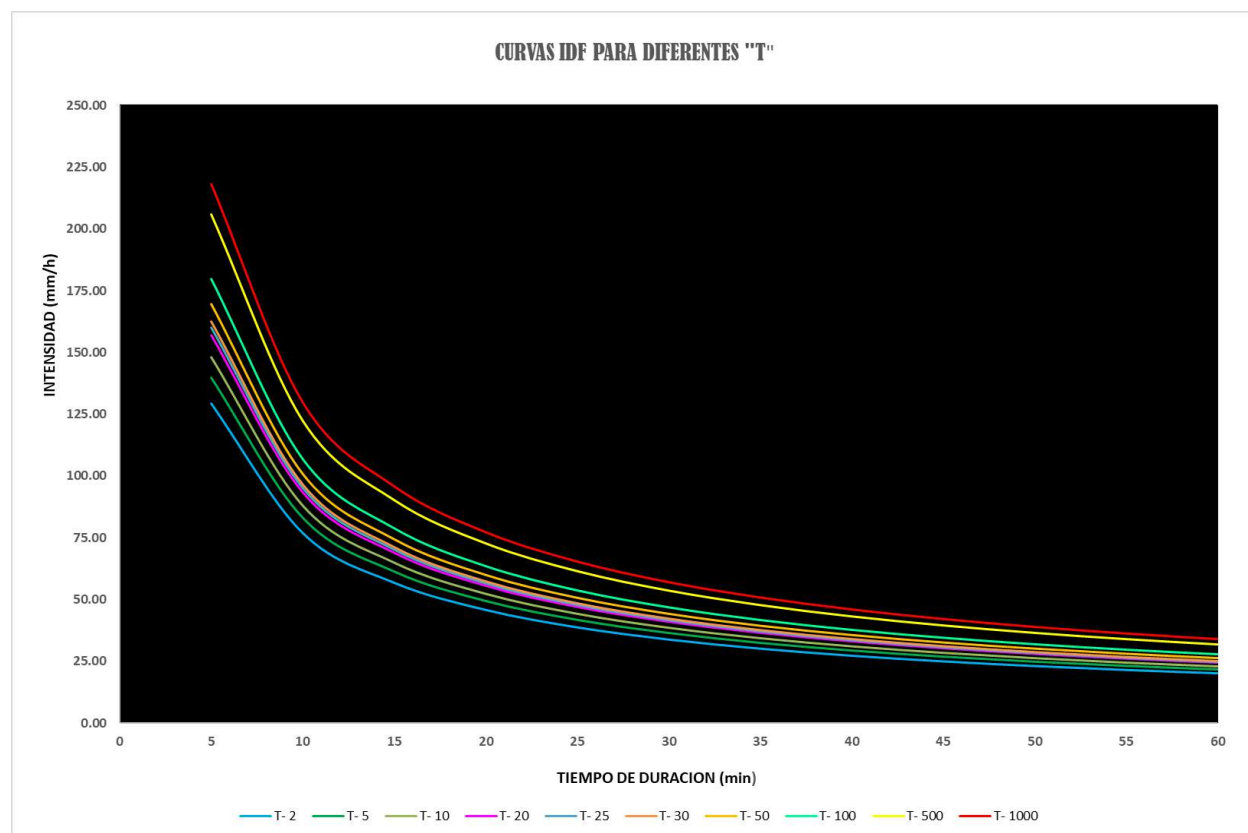
T= Periodo de Retorno (años)

D = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla 47 Intensidad – Duración – Frecuencia Cuenca 01-LP

años T	Cuadro de intensidades para diferentes tiempos de duración											
	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T- 2	129.39	76.94	56.76	45.75	38.70	33.75	30.07	27.20	24.90	23.01	21.42	20.07
T- 5	139.76	83.10	61.31	49.41	41.80	36.46	32.48	29.38	26.90	24.85	23.14	21.68
T- 10	148.16	88.09	65.00	52.38	44.31	38.65	34.43	31.15	28.51	26.35	24.53	22.98
T- 20	157.06	93.39	68.90	55.53	46.97	40.97	36.49	33.02	30.23	27.93	26.00	24.36
T- 25	160.03	95.16	70.21	56.58	47.86	41.74	37.19	33.64	30.80	28.46	26.50	24.82
T- 30	162.51	96.63	71.29	57.45	48.60	42.39	37.76	34.16	31.27	28.90	26.90	25.20
T- 50	169.65	100.87	74.42	59.98	50.74	44.25	39.42	35.66	32.65	30.17	28.09	26.31
T- 100	179.84	106.93	78.89	63.58	53.78	46.91	41.79	37.81	34.61	31.98	29.77	27.89
T- 500	205.92	122.44	90.33	72.80	61.58	53.71	47.85	43.29	39.63	36.62	34.09	31.94
T- 1000	218.29	129.79	95.76	77.18	65.28	56.94	50.72	45.89	42.01	38.82	36.14	33.86

Figura 48 Curva de Intensidad – Duración - Frecuencia Cuenca 01-LP





Para los datos generados, la regresión lineal de estos datos da como resultado los siguientes coeficientes. Por lo tanto, la ecuación final con un modelo matemático para el área de la Cuenca 01-LP.

$$I = \frac{408.12657 * T^{0.0841536}}{D^{0.750000}}$$

En el presente estudio se presentará las curvas I-D-F para periodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50, 100, 500 y 1000 Cuenca 01-LP.

Cuenca 02-LP

Tabla 48 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 2 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	1.9256	7.2724	0.6552	4.7651	52.8878
2	1320	2.0554	7.1854	0.7205	5.1770	51.6298
3	1200	2.2077	7.0901	0.7920	5.6151	50.2692
4	1080	2.3893	6.9847	0.8710	6.0836	48.7863
5	960	2.6099	6.8669	0.9593	6.5876	47.1548
6	840	2.8848	6.7334	1.0595	7.1339	45.3387
7	720	3.2384	6.5793	1.1751	7.7312	43.2865
8	600	3.7129	6.3969	1.3118	8.3917	40.9207
9	480	4.3894	6.1738	1.4792	9.1322	38.1156
10	360	5.4463	5.8861	1.6949	9.9766	34.6462
11	300	6.2444	5.7038	1.8317	10.4475	32.5331
12	240	7.3820	5.4806	1.9990	10.9560	30.0374
13	180	9.1596	5.1930	2.2148	11.5014	26.9668
14	120	12.4150	4.7875	2.5189	12.0592	22.9201
15	60	20.8794	4.0943	3.0388	12.4418	16.7637
15	9900	86.9403	92.4282	22.3217	127.9998	582.2567
<i>Ln (d) =</i>	6.1095	<i>d =</i>	450.1242	<i>n =</i>	-0.7500	



Tabla 49 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 5 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.2445	7.2724	0.8085	5.8796	52.8878
2	1320	2.3959	7.1854	0.8737	6.2782	51.6298
3	1200	2.5734	7.0901	0.9452	6.7017	50.2692
4	1080	2.7850	6.9847	1.0242	7.1541	48.7863
5	960	3.0422	6.8669	1.1126	7.6400	47.1548
6	840	3.3627	6.7334	1.2127	8.1658	45.3387
7	720	3.7748	6.5793	1.3283	8.7395	43.2865
8	600	4.3279	6.3969	1.4651	9.3720	40.9207
9	480	5.1164	6.1738	1.6324	10.0784	38.1156
10	360	6.3484	5.8861	1.8482	10.8787	34.6462
11	300	7.2787	5.7038	1.9849	11.3217	32.5331
12	240	8.6047	5.4806	2.1523	11.7960	30.0374
13	180	10.6767	5.1930	2.3681	12.2973	26.9668
14	120	14.4713	4.7875	2.6722	12.7930	22.9201
15	60	24.3376	4.0943	3.1920	13.0692	16.7637
15	9900	101.3400	92.4282	24.6206	142.1652	582.2567
$Ln(d) =$	6.2628	$d =$	524.6770	$n =$	-0.7500	

Tabla 50 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 10 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.4476	7.2724	0.8951	6.5095	52.8878
2	1320	2.6126	7.1854	0.9604	6.9006	51.6298
3	1200	2.8062	7.0901	1.0318	7.3159	50.2692
4	1080	3.0370	6.9847	1.1109	7.7591	48.7863
5	960	3.3175	6.8669	1.1992	8.2348	47.1548
6	840	3.6669	6.7334	1.2994	8.7490	45.3387
7	720	4.1163	6.5793	1.4150	9.3094	43.2865
8	600	4.7195	6.3969	1.5517	9.9261	40.9207
9	480	5.5793	6.1738	1.7191	10.6131	38.1156
10	360	6.9228	5.8861	1.9348	11.3886	34.6462
11	300	7.9372	5.7038	2.0716	11.8158	32.5331
12	240	9.3832	5.4806	2.2389	12.2707	30.0374
13	180	11.6428	5.1930	2.4547	12.7471	26.9668
14	120	15.7806	4.7875	2.7588	13.2077	22.9201
15	60	26.5397	4.0943	3.2786	13.4239	16.7637
15	9900	110.5094	92.4282	25.9199	150.1713	582.2567
$Ln(d) =$	6.3494	$d =$	572.1503	$n =$	-0.7500	



Tabla 51 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 20 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 20 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.6114	7.2724	0.9599	6.9807	52.8878
2	1320	2.7875	7.1854	1.0252	7.3661	51.6298
3	1200	2.9941	7.0901	1.0966	7.7752	50.2692
4	1080	3.2403	6.9847	1.1757	8.2116	48.7863
5	960	3.5395	6.8669	1.2640	8.6798	47.1548
6	840	3.9124	6.7334	1.3641	9.1853	45.3387
7	720	4.3919	6.5793	1.4798	9.7357	43.2865
8	600	5.0354	6.3969	1.6165	10.3406	40.9207
9	480	5.9528	6.1738	1.7839	11.0131	38.1156
10	360	7.3862	5.8861	1.9996	11.7700	34.6462
11	300	8.4685	5.7038	2.1364	12.1853	32.5331
12	240	10.0113	5.4806	2.3037	12.6258	30.0374
13	180	12.4221	5.1930	2.5195	13.0835	26.9668
14	120	16.8369	4.7875	2.8236	13.5178	22.9201
15	60	28.3163	4.0943	3.3434	13.6892	16.7637
15	9900	117.9066	92.4282	26.8918	156.1599	582.2567
$Ln(d) = 6.4142$		$d = 610.4488$		$n = -0.7500$		

Tabla 52 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 25 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.6642	7.2724	0.9799	7.1263	52.8878
2	1320	2.8439	7.1854	1.0452	7.5100	51.6298
3	1200	3.0546	7.0901	1.1167	7.9172	50.2692
4	1080	3.3058	6.9847	1.1957	8.3515	48.7863
5	960	3.6111	6.8669	1.2840	8.8172	47.1548
6	840	3.9915	6.7334	1.3842	9.3201	45.3387
7	720	4.4807	6.5793	1.4998	9.8674	43.2865
8	600	5.1372	6.3969	1.6365	10.4687	40.9207
9	480	6.0731	6.1738	1.8039	11.1367	38.1156
10	360	7.5356	5.8861	2.0196	11.8878	34.6462
11	300	8.6398	5.7038	2.1564	12.2995	32.5331
12	240	10.2137	5.4806	2.3237	12.7355	30.0374
13	180	12.6733	5.1930	2.5395	13.1875	26.9668
14	120	17.1774	4.7875	2.8436	13.6137	22.9201
15	60	28.8888	4.0943	3.3635	13.7711	16.7637
15	9900	120.2908	92.4282	27.1921	158.0103	582.2567
$Ln(d) = 6.4342$		$d = 622.7926$		$n = -0.7500$		



Tabla 53 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 30 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 30 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.7017	7.2724	0.9939	7.2279	52.8878
2	1320	2.8839	7.1854	1.0591	7.6104	51.6298
3	1200	3.0976	7.0901	1.1306	8.0162	50.2692
4	1080	3.3523	6.9847	1.2096	8.4490	48.7863
5	960	3.6619	6.8669	1.2980	8.9132	47.1548
6	840	4.0476	6.7334	1.3981	9.4142	45.3387
7	720	4.5437	6.5793	1.5137	9.9593	43.2865
8	600	5.2095	6.3969	1.6505	10.5581	40.9207
9	480	6.1586	6.1738	1.8178	11.2230	38.1156
10	360	7.6416	5.8861	2.0336	11.9700	34.6462
11	300	8.7613	5.7038	2.1703	12.3792	32.5331
12	240	10.3574	5.4806	2.3377	12.8121	30.0374
13	180	12.8516	5.1930	2.5535	13.2600	26.9668
14	120	17.4191	4.7875	2.8576	13.6806	22.9201
15	60	29.2953	4.0943	3.3774	13.8283	16.7637
15	9900	121.9832	92.4282	27.4016	159.3016	582.2567
$Ln(d) = 6.4482$		$d = 631.5547$		$n = -0.7500$		

Tabla 54 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 50 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.8122	7.2724	1.0340	7.5195	52.8878
2	1320	3.0019	7.1854	1.0992	7.8984	51.6298
3	1200	3.2243	7.0901	1.1707	8.3005	50.2692
4	1080	3.4894	6.9847	1.2497	8.7290	48.7863
5	960	3.8117	6.8669	1.3381	9.1885	47.1548
6	840	4.2132	6.7334	1.4382	9.6841	45.3387
7	720	4.7296	6.5793	1.5538	10.2231	43.2865
8	600	5.4226	6.3969	1.6906	10.8145	40.9207
9	480	6.4105	6.1738	1.8579	11.4705	38.1156
10	360	7.9542	5.8861	2.0737	12.2060	34.6462
11	300	9.1197	5.7038	2.2104	12.6078	32.5331
12	240	10.7811	5.4806	2.3778	13.0318	30.0374
13	180	13.3772	5.1930	2.5936	13.4682	26.9668
14	120	18.1316	4.7875	2.8977	13.8725	22.9201
15	60	30.4935	4.0943	3.4175	13.9925	16.7637
15	9900	126.9726	92.4282	28.0029	163.0068	582.2567
$Ln(d) = 6.4883$		$d = 657.3868$		$n = -0.7500$		



Tabla 55 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 100 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 100 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	2.9510	7.2724	1.0822	7.8698	52.8878
2	1320	3.1500	7.1854	1.1474	8.2446	51.6298
3	1200	3.3834	7.0901	1.2189	8.6420	50.2692
4	1080	3.6616	6.9847	1.2979	9.0655	48.7863
5	960	3.9998	6.8669	1.3862	9.5193	47.1548
6	840	4.4211	6.7334	1.4864	10.0085	45.3387
7	720	4.9630	6.5793	1.6020	10.5400	43.2865
8	600	5.6902	6.3969	1.7388	11.1227	40.9207
9	480	6.7269	6.1738	1.9061	11.7679	38.1156
10	360	8.3467	5.8861	2.1219	12.4896	34.6462
11	300	9.5698	5.7038	2.2586	12.8826	32.5331
12	240	11.3132	5.4806	2.4260	13.2959	30.0374
13	180	14.0375	5.1930	2.6417	13.7184	26.9668
14	120	19.0265	4.7875	2.9458	14.1031	22.9201
15	60	31.9986	4.0943	3.4657	14.1897	16.7637
15	9900	133.2395	92.4282	28.7256	167.4597	582.2567
$Ln(d) = 6.5364$		$d = 689.8329$		$n = -0.7500$		

Tabla 56 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 500 años Cuenca 02-LP

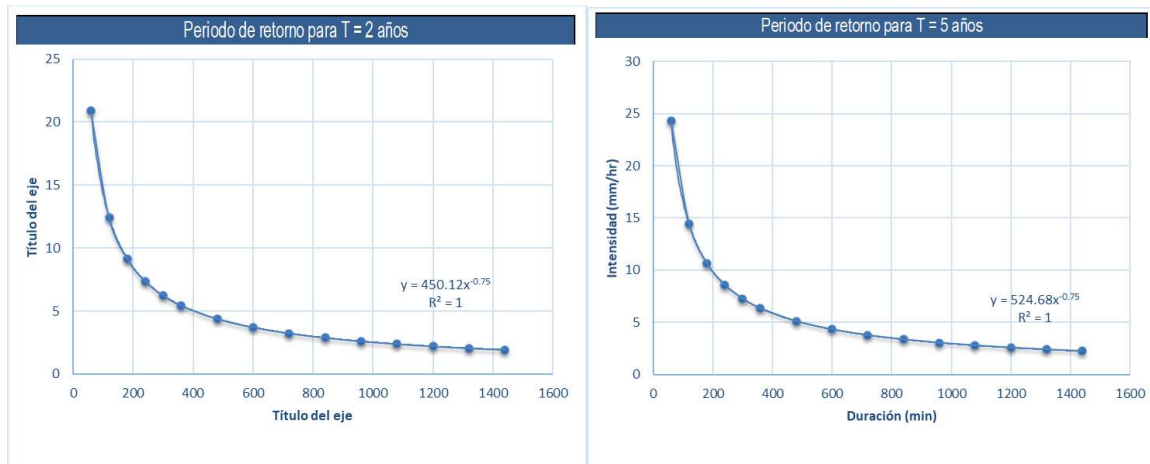
Periodo de retorno para T = 500 años						
Nº	t	l	ln t	ln l	ln t*ln l	(Int) ²
1	1440	3.2494	7.2724	1.1785	8.5704	52.8878
2	1320	3.4686	7.1854	1.2437	8.9368	51.6298
3	1200	3.7256	7.0901	1.3152	9.3251	50.2692
4	1080	4.0319	6.9847	1.3942	9.7384	48.7863
5	960	4.4043	6.8669	1.4826	10.1808	47.1548
6	840	4.8682	6.7334	1.5827	10.6572	45.3387
7	720	5.4649	6.5793	1.6983	11.1738	43.2865
8	600	6.2657	6.3969	1.8351	11.7389	40.9207
9	480	7.4071	6.1738	2.0024	12.3627	38.1156
10	360	9.1908	5.8861	2.2182	13.0566	34.6462
11	300	10.5376	5.7038	2.3549	13.4321	32.5331
12	240	12.4573	5.4806	2.5223	13.8238	30.0374
13	180	15.4571	5.1930	2.7381	14.2187	26.9668
14	120	20.9506	4.7875	3.0422	14.5643	22.9201
15	60	35.2345	4.0943	3.5620	14.5842	16.7637
15	9900	146.7137	92.4282	30.1706	176.3638	582.2567
$Ln(d) = 6.6328$		$d = 759.5942$		$n = -0.7500$		

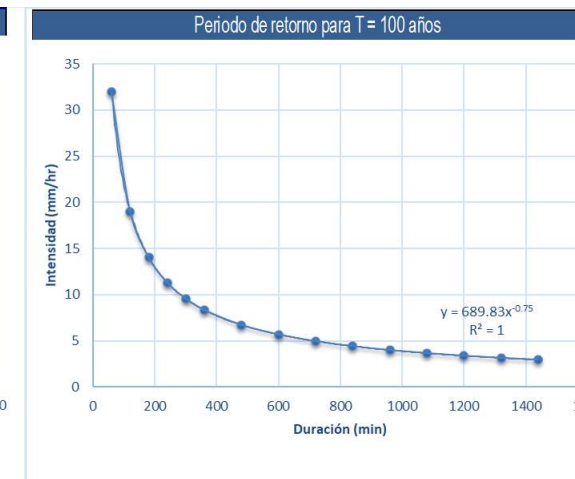
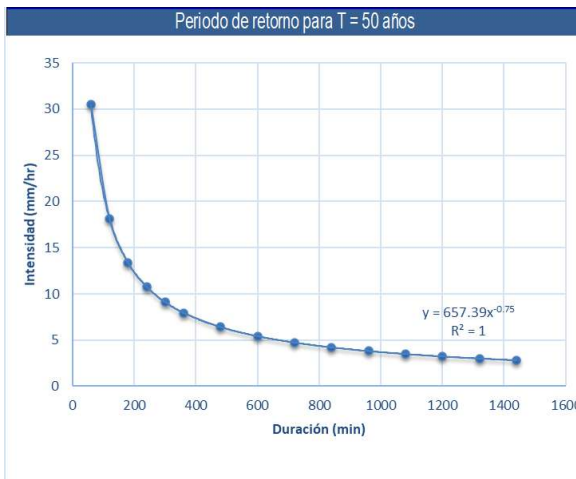
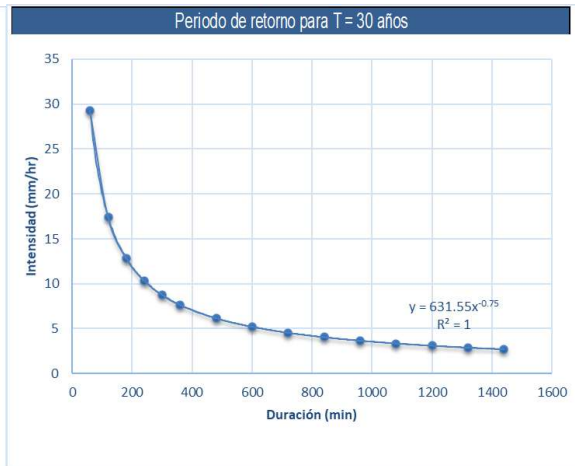
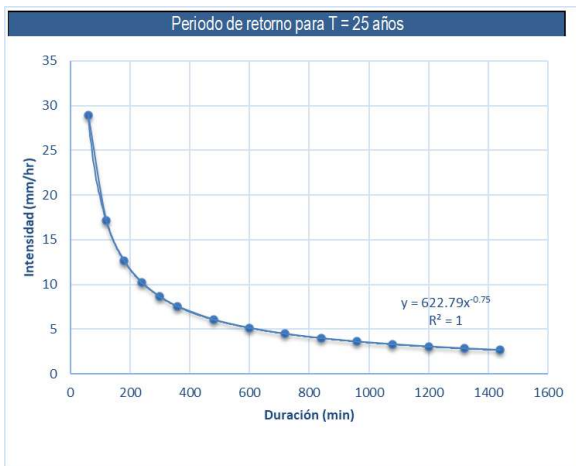
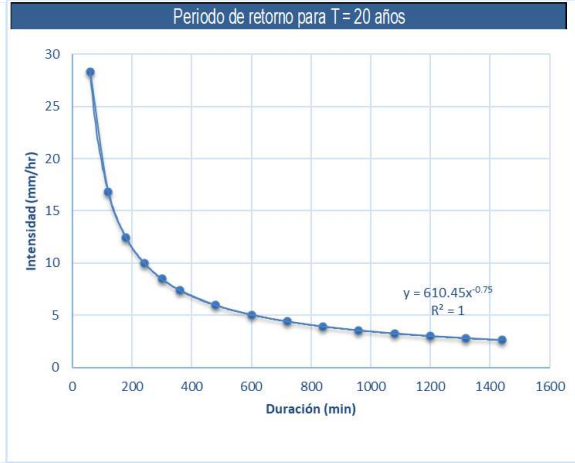
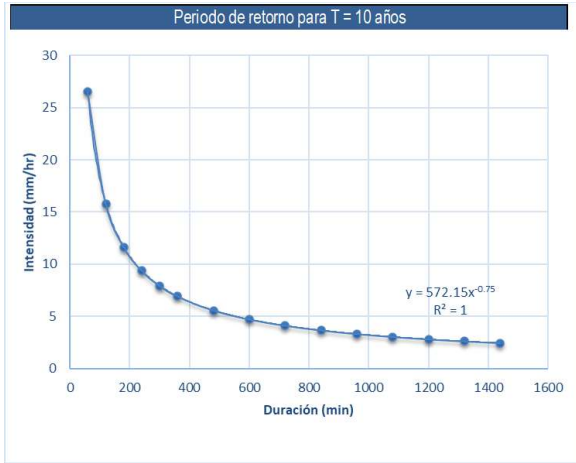


Tabla 57 Regresión Potencial para Periodos de Retorno de 1000 años Cuenca 02-LP

Periodo de retorno para T = 1000 años						
Nº	t	I	ln t	ln I	ln t*ln I	(ln t) ²
1	1440	3.3565	7.2724	1.2109	8.8061	52.8878
2	1320	3.5828	7.1854	1.2762	9.1697	51.6298
3	1200	3.8483	7.0901	1.3476	9.5549	50.2692
4	1080	4.1648	6.9847	1.4267	9.9648	48.7863
5	960	4.5494	6.8669	1.5150	10.4034	47.1548
6	840	5.0286	6.7334	1.6151	10.8754	45.3387
7	720	5.6449	6.5793	1.7308	11.3871	43.2865
8	600	6.4721	6.3969	1.8675	11.9463	40.9207
9	480	7.6511	6.1738	2.0349	12.5628	38.1156
10	360	9.4936	5.8861	2.2506	13.2474	34.6462
11	300	10.8847	5.7038	2.3874	13.6170	32.5331
12	240	12.8676	5.4806	2.5547	14.0015	30.0374
13	180	15.9663	5.1930	2.7705	14.3870	26.9668
14	120	21.6407	4.7875	3.0746	14.7195	22.9201
15	60	36.3952	4.0943	3.5944	14.7169	16.7637
15	9900	151.5467	92.4282	30.6568	179.3595	582.2567
$Ln(d) = 6.6652$		$d = 784.6169$		$n = -0.7500$		

Figura 49 Regresión Potencial para el diferentes Periodos de Retorno Cuenca 02-LP





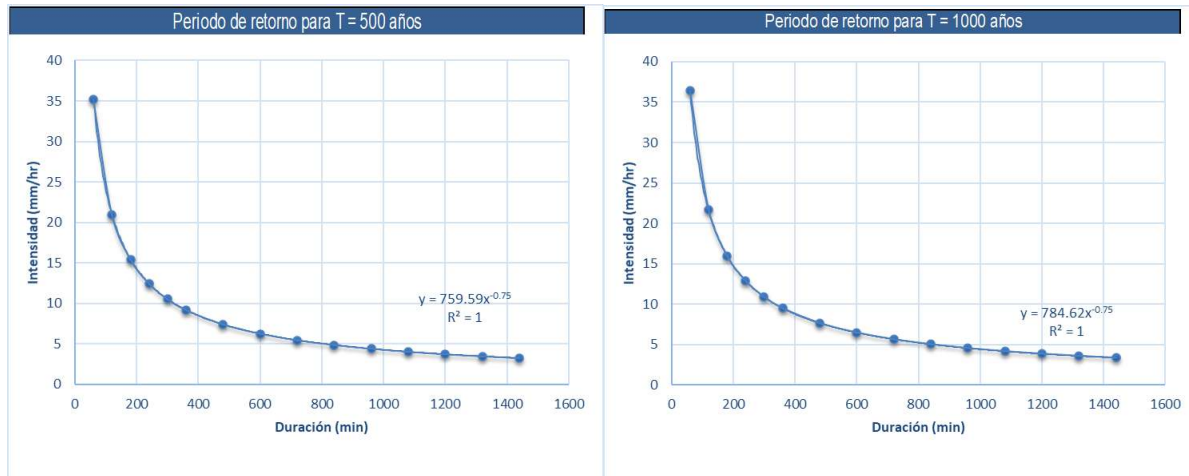


Tabla 58 Resumen de aplicación de regresión potencial Cuenca 02-LP

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Período de Retorno (años)	Término cte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	450.12420399236	-0.75000000000
5	524.67699167310	-0.75000000000
10	572.15025470650	-0.75000000000
20	610.44878401939	-0.75000000000
25	622.79261157300	-0.75000000000
30	631.55470277789	-0.75000000000
50	657.38682559492	-0.75000000000
100	689.83292532568	-0.75000000000
500	759.59416158521	-0.75000000000
1000	784.61685815558	-0.75000000000
Promedio =	630.31783194036	-0.75000000000

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$



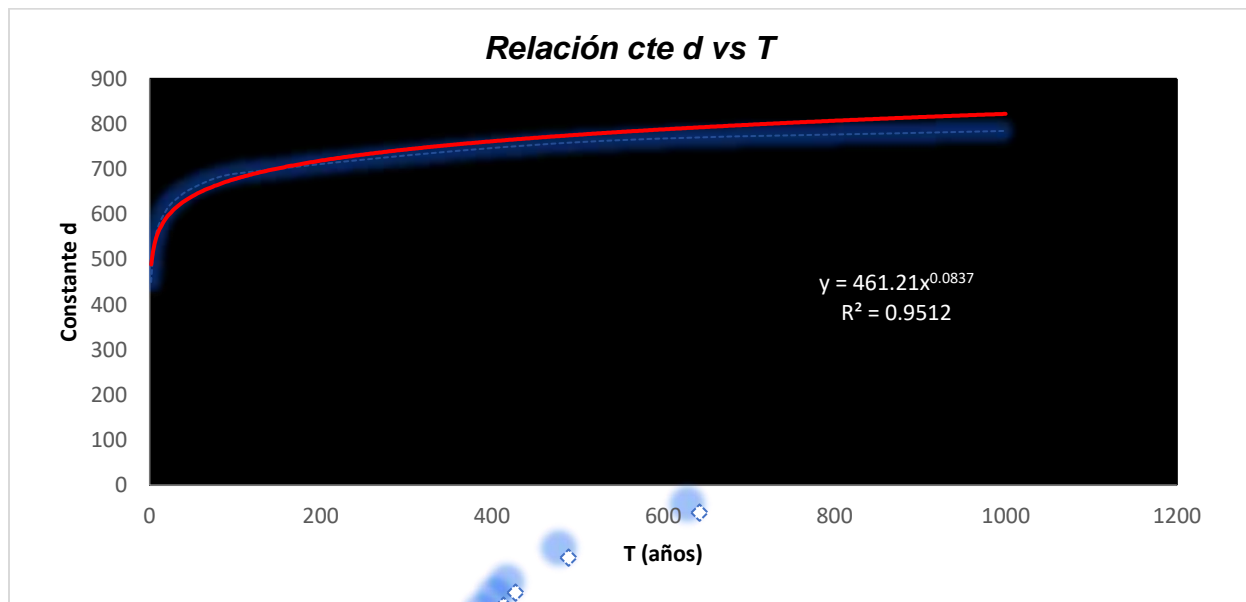
Tabla 59 Regresión Potencial Cuenca 02-LP

Regresión potencial						
Nº	T	d	ln T	ln d	ln T*ln d	(lnT)^2
1	2	450.1242	0.6931	6.1095	4.2348	0.4805
2	5	524.6770	1.6094	6.2628	10.0796	2.5903
3	10	572.1503	2.3026	6.3494	14.6200	5.3019
4	20	610.4488	2.9957	6.4142	19.2152	8.9744
5	25	622.7926	3.2189	6.4342	20.7109	10.3612
6	30	631.5547	3.4012	6.4482	21.9315	11.5681
7	50	657.3868	3.9120	6.4883	25.3823	15.3039
8	100	689.8329	4.6052	6.5364	30.1015	21.2076
9	500	759.5942	6.2146	6.6328	41.2202	38.6214
10	1000	784.6169	6.9078	6.6652	46.0415	47.7171
10	1742.0000	6303.1783	35.8605	64.3410	233.5375	162.1263
Ln (K) = 6.1338		K = 461.2080		m = 0.0837		

Constante de regresión (K) = 461.208

Coef. de regresión (m)=0.084

Figura 50 Regresión Potencial Cuenca 02-LP



La ecuación de la intensidad válida para la zona del proyecto:

$$I = \frac{461.20804 * T^{0.0837274}}{D^{0.750000}}$$



Donde:

I= intensidad de precipitación (mm/hr)

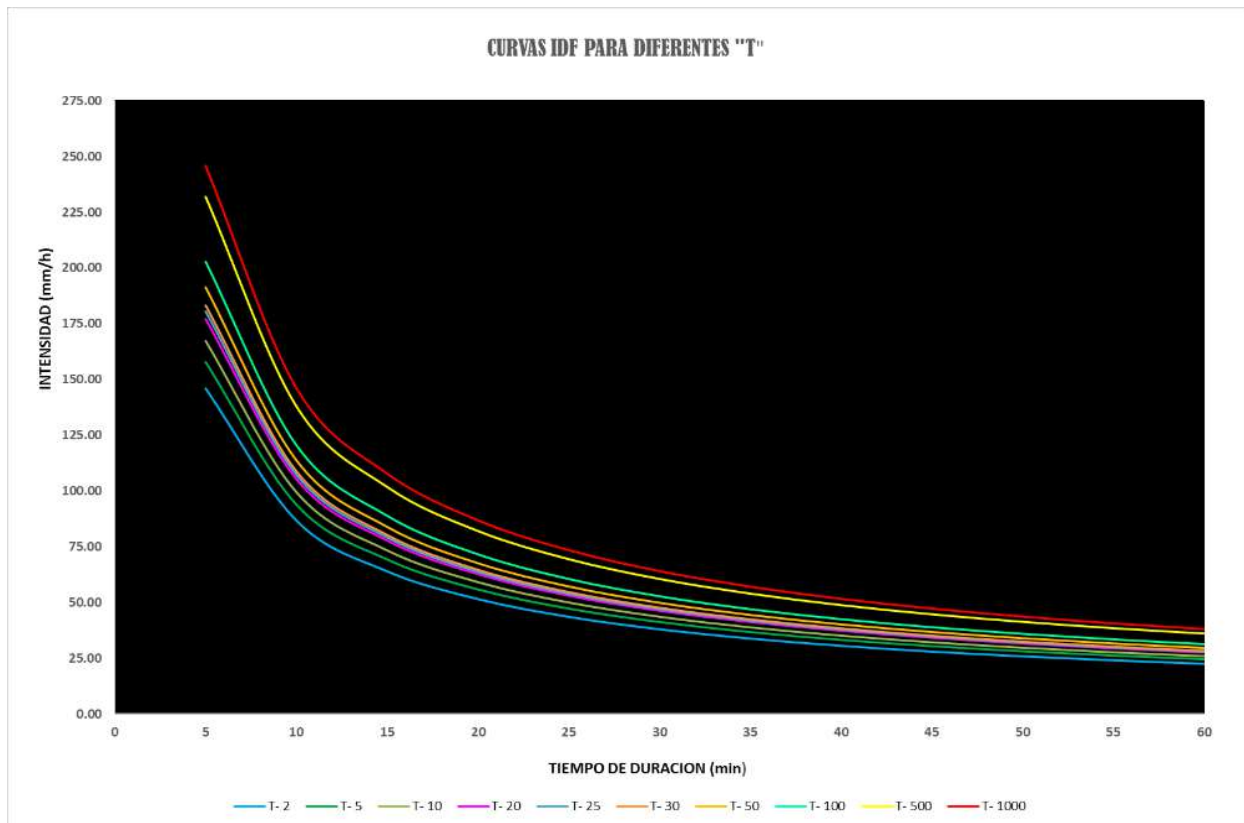
T= Periodo de Retorno (años)

D = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla 60 Intensidad – Duración – Frecuencia Cuenca 02-LP

años T	Cuadro de intensidades para diferentes tiempos de duración											
	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T- 2	146.18	86.92	64.13	51.68	43.72	38.13	33.97	30.73	28.13	25.99	24.20	22.67
T- 5	157.83	93.85	69.24	55.80	47.20	41.17	36.67	33.18	30.37	28.07	26.13	24.48
T- 10	167.26	99.45	73.38	59.14	50.02	43.63	38.87	35.16	32.19	29.74	27.69	25.94
T- 20	177.26	105.40	77.76	62.67	53.01	46.24	41.19	37.26	34.11	31.52	29.35	27.49
T- 25	180.60	107.38	79.23	63.85	54.01	47.11	41.97	37.97	34.76	32.12	29.90	28.01
T- 30	183.38	109.04	80.45	64.83	54.84	47.83	42.61	38.55	35.29	32.61	30.36	28.44
T- 50	191.39	113.80	83.96	67.67	57.24	49.92	44.47	40.23	36.83	34.03	31.69	29.68
T- 100	202.83	120.60	88.98	71.71	60.66	52.91	47.13	42.64	39.03	36.07	33.58	31.46
T- 500	232.09	138.00	101.81	82.05	69.41	60.54	53.93	48.79	44.66	41.27	38.42	36.00
T- 1000	245.95	146.24	107.90	86.96	73.56	64.16	57.15	51.71	47.33	43.74	40.72	38.15

Figura 51 Curva de Intensidad – Duración - Frecuencia Cuenca 02-LP





Para los datos generados, la regresión lineal de estos datos da como resultado los siguientes coeficientes. Por lo tanto, la ecuación final con un modelo matemático para el área de la Cuenca 02-LP.

$$I = \frac{461.20804 * T^{0.0837274}}{D^{0.750000}}$$

En el presente estudio se presentará las curvas I-D-F para periodos de retorno de 5, 10, 20, 25, 30, 50, 100, 500 y 1000 Cuenca 02-LP.

5.2.4. Obtención de los Caudales Máximos de diseño por el Método Racional

5.2.4.1. El Coeficiente de escorrentía C

Tabla 61 Coeficientes de escorrentía método racional CUENCA 01-LP

COEF. ESCORRENTIA	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55
CUENCA 01-LP	AREA PASTIZALES (m2) (0-1%)	AREA PASTIZALES (m2) (1-5%)	AREA PASTIZALES (m2) (5-20%)	AREA PASTIZALES (m2) (20-50%)	REA PASTIZALES (m2) (>50%)
TOTAL	947.02	19271.26	193420.93	681648.98	322771.80
AixCi	331.46	7708.51	87039.42	340824.49	177524.49
Σ A			1218059.99		
C=Σ(AixCi)/ΣAi			0.50		

Tabla 62 Coeficientes de escorrentía método racional CUENCA 02-LP

COEF. ESCORRENTIA	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55
CUENCA 02-LP	AREA PASTIZALES (m2) (0-1%)	AREA PASTIZALES (m2) (1-5%)	AREA PASTIZALES (m2) (5-20%)	AREA PASTIZALES (m2) (20-50%)	REA PASTIZALES (m2) (>50%)
TOTAL	644.37	13313.81	182574.99	693979.12	183234.30
AixCi	225.53	5325.52	82158.75	346989.56	100778.87
Σ A			1073746.60		
C=Σ(AixCi)/ΣAi			0.50		



5.2.4.2. El tiempo de Concentración (Tc)

Tabla 63 Cálculo de los tiempos de concentración

Nº	Cuenca y Sub Cuenca	Area (km ²)	Longitud (m)	Cota Max (HM)	Cota Min (Hm)	Diferencia de Nivel (m)	Pendiente m/m (Sm) Sm=(HM-Hm)/L	$T_c=0.01947*L^{0.77}*S^{-0.385}$ (min) (Kirpich 1940)	$T_c=0.0195*(L^3/H)^{0.385}$ (min) (California Culverta Practice 1942)	Tc Asumido (min)
1	CUENCA 01-LP	1.218	2914.818	4620.560	4068.660	551.900	0.189	17.19	17.22	17.21
1	CUENCA 02-LP	1.074	2418.460	4531.380	4093.560	437.820	0.181	15.15	15.17	15.16

5.2.4.3. Cálculo de Intensidades (I)

Datos:

	CUENCA 01-LP	CUENCA 02-LP
K=	408.1266	461.2080
m=	0.0842	0.0837
n=	0.7500	0.7500
T=	5	años
T=	10	años
T=	20	años
T=	25	años
T=	30	años
T=	50	años
T=	100	años
T=	500	años
T=	1000	años



Tabla 64 Cálculo de los Intensidades

N.º	Nombre	Área (A)	Desnivel (H)	Longitud del cauce L(m)	Pendiente (S)	Tiempo de Concentración (Tc)		Intensidad mm/hora								
		(km ²)	(m.)	L (m.)	(m/m)	Horas	Minutos	T=5	T=10	T=20	T=25	T=30	T=50	T=100	T=500	T=1000
1	CUENCA 01-LP	1.218	551.90	2.915	0.189	0.287	17.21	55.31	58.64	62.16	63.34	64.32	67.14	71.17	81.50	86.39
2	CUENCA 02-LP	1.074	437.82	2.418	0.181	0.253	15.16	68.68	72.78	77.13	78.59	78.59	79.80	88.26	100.99	107.03

Para obtener el escurrimiento máximo para los puentes propuestos se indican en el cuadro adjunto, ver en el plano los puntos que corresponden a cada uno, teniendo en cuenta las normas aplicadas dentro de las zonas de estudio, el tiempo de concentración en cada uno de las micro cuencas que comprenden el proyecto.

Tabla 65 Cálculo de los Caudales mediante el método Racional

CÁLCULO DE CAUDAL DE DISEÑO (MÉTODO RACIONAL) TR=500 años											
Nº	Subcuenca	Área	Pendiente	Longitud	Tiempo de concentración (Tc)		Coef. Escorrentía	Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)	Intensidad de diseño (mm/hora)	Caudal de diseño (m ³ /s)
		(Km ²)	%	(m)	Min	(Horas)	C		TR	I	
1	CUENCA 01-LP	1.218	18.93%	2914.82	17.21	0.29	0.5	CAUCE	500	81.50	13.79
2	CUENCA 02-LP	1.074	18.10%	2418.46	15.16	0.25	0.5	CAUCE	500	100.99	15.06

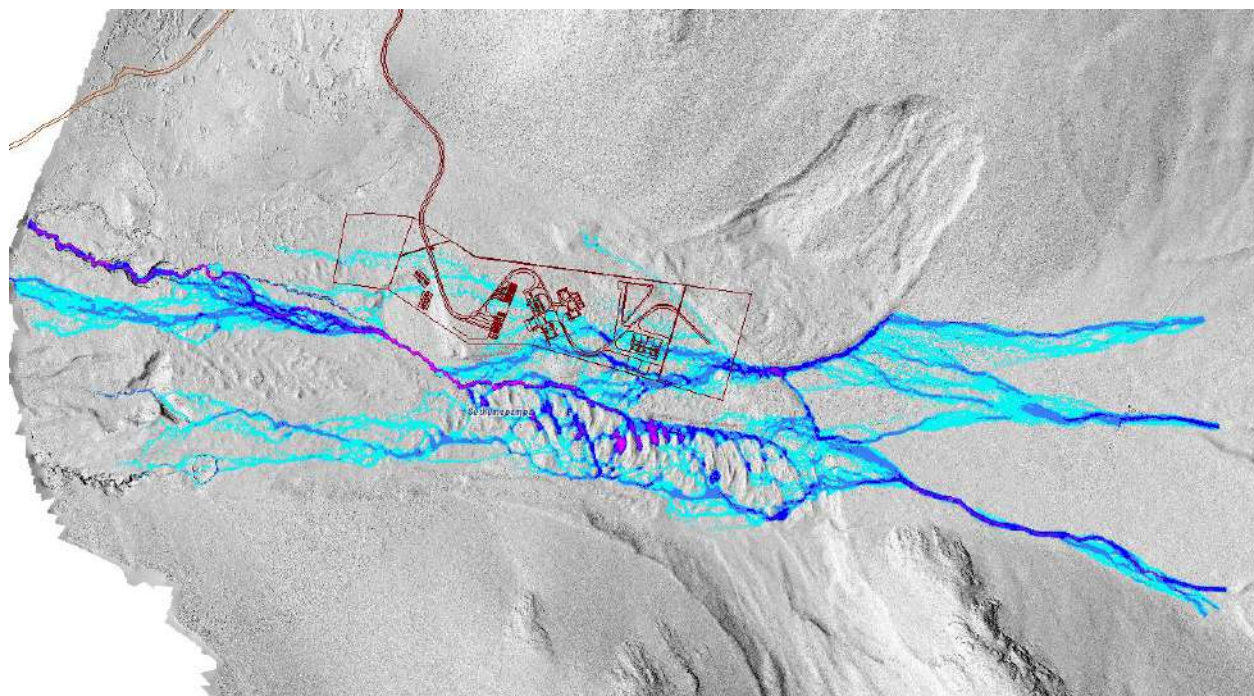
- El caudal de diseño para la cuenca 01-LP será 13.79 m³/s
- El caudal de diseño para la cuenca 02-LP será 15.06 m³/s



5.2.5. Simulación Hidráulica

Con los caudales anteriormente obtenidos se pasó a realizar la modelación Hidráulica con el software Iber 2.5, con el fin de obtener las alturas de inundación que generarían un fenómeno de inundación pluvial con un periodo de retorno de 500 años.

Figura 52 Simulación Hidráulica con Iber 2.5-Alturas de Inundación



5.3. Balance hídrico superficial

En cuanto a las variables para determinar el balance hídrico se delimito la cuenca Maquerwa dentro de la cual se localiza el planteamiento del relleno sanitario, para lo cual se calculó lo siguiente:

5.3.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca Maquerwa

La infraestructura de la planta de residuos sólidos se localiza dentro de la cuenca Maquerwa:

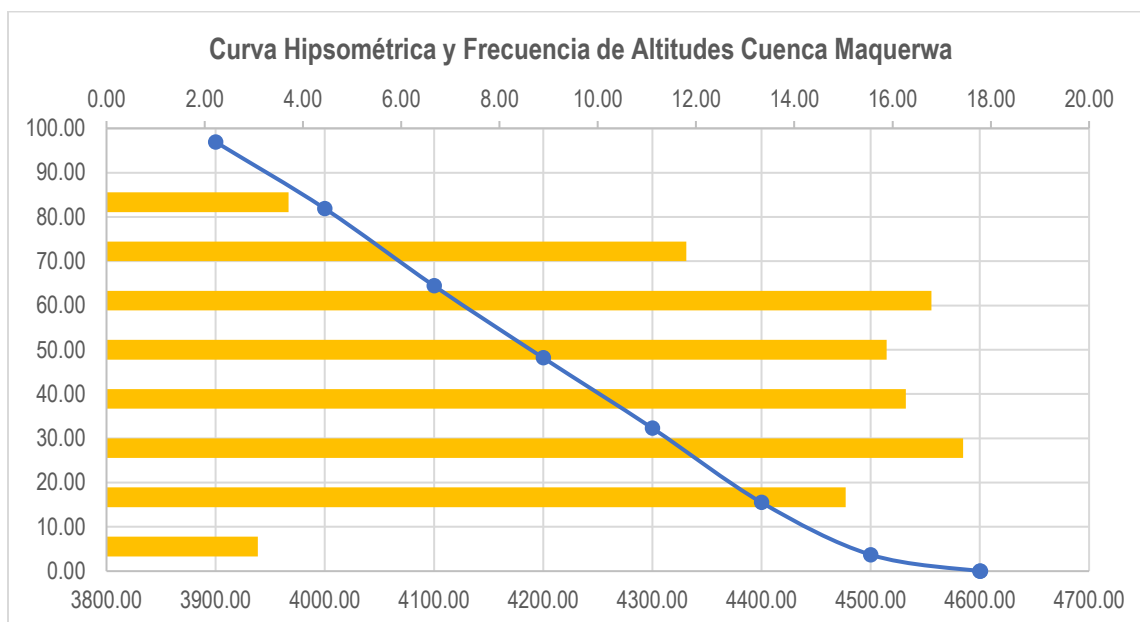


Tabla 66 *Parámetros Geomorfológicos Maquerwa*

PARAMETROS GEOMORFOLOGICO CUENCA MAQUERWA		SIMBOLOGIA	UNIDADES	CUENCAS SIG
1. Superficie o Área		A	Km²	5.145
2. Perímetro		P	Km	14.15
4. Longitud Axial		La	Km	4.846
5. Forma de la Cuenca	a. Ancho Promedio	Ap	Km	1.06
	b. Coeficiente de Compacidad	Cc	-	1.76
	c. Factor de forma	FF	-	0.22
	d. Rectángulo Equivalente	L	Km	6.25
	e. Radio de circularidad	l	Km	0.82
6. Características de Relieve	f. Altitud Media	-	m.s.n.m.	4193.74
	h. Altitud más frecuente	-	m.s.n.m.	4100.00
	i. Integral hipsométrica	-	-	0.525
	Coeficiente de Masividad	Cm	-	815.12
	Coeficiente Orográfico	Co	-	3.42
	Coeficiente de torrencialidad	Ct	-	1.14
	i. Pendiente media de la Cuenca	Sc	m/m	0.312
7. Características de la red de drenaje	j. Tipo de corriente			4.000
	k. Número de orden de corrientes	Oc	-	4
	l. Frecuencia de densidad de ríos	Fr	-	3.24
	m. Extensión media del escurrimiento superficial	E	Km	0.31
	n. Densidad de drenaje	Dd	Km/Km²	3.24
	o. Pendiente media longitud axial	S	m/m	0.149
8. Tiempo de Concentración	Met. Kirpich	tc	h	0.46
	Met. Kerby	tc	h	0.67
	Met. Kerby-Kirpich	tc	h	1.14
	Met. Témez	tc	h	1.42
	Met. Giandiotti	tc	h	1.11
	Met. Giandiotti modificado	tc	h	0.73
	Met. Tournon	tc	h	1.28
	Met. Fattorelli y Marchi	tc	h	1.89
	Johnstone & Cross	tc	h	2.91
	Ven te Chow	tc	h	0.81
	Cuerpo de Ingenieros	tc	h	0.91
	Pasini	tc	h	0.82
	Ribeiro	tc	h	1.33
	Kerby-Hathaway	tc	h	0.67
	Met. Bransby Williams	tc	h	0.58
Tiempo de concentración (Prom)	tc	h	1.12	
Lag Time (Prom)	tc	h	0.67	
10. Cota Máxima	Zmax	msnm	4600.350	
11. Cota Mínima	Zmin	msnm	3853.530	
RELACION DE BIFURCACION				
	ORDEN 1		16	5.849
	ORDEN 2		16	3.181
	ORDEN 3		34	7.629
	ORDEN 4		1	0.009
	ORDEN 5		-	
Longitud total de ríos	Lt	km	16.668	



Figura 53 Curva Hipsométrica y frecuencia de altitudes Cuenca Maquerwa



5.3.2. Precipitación

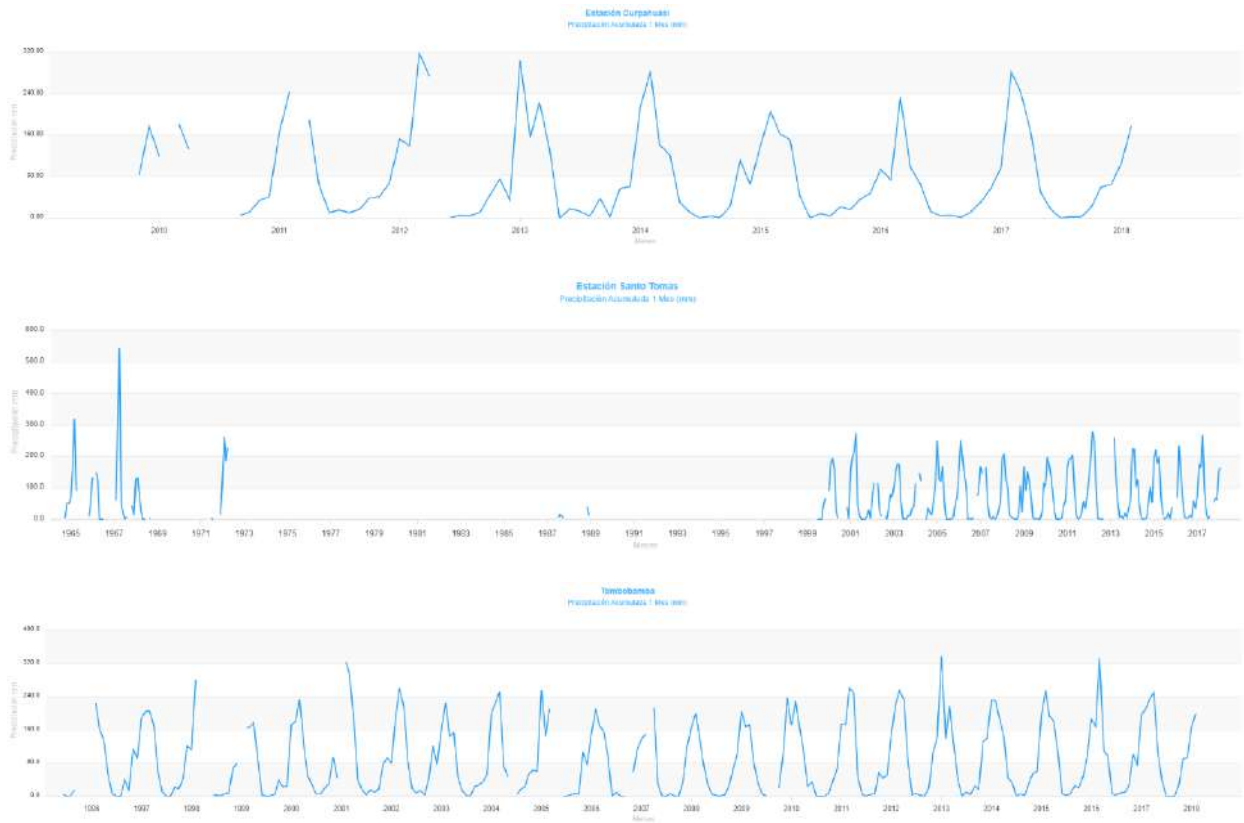
La precipitación es la caída de agua sólida o líquida por la condensación del vapor sobre la superficie terrestre. Es un elemento meteorológico ambiental importante porque condiciona comportamientos biológicos específicos y determina la recarga local de acuíferos. También actúa como atenuante natural de elementos ambientales de contaminación atmosférica.

Tabla 67 Estaciones con precipitaciones medias mensuales

N°	Estación Meteorológica	Longitud	Latitud	Este	Norte	Altitud	Zona
1	Curpahuasi	72°40'.83"	14°3'46.21"	751946.497	8444076.94	3535 msnm.	18 L Sur
2	Tambobamba	72°10'30.8'	13°56'41.7"	805232.749	8456550.92	3279 msnm.	18 L Sur
3	Santo Tomas	72°5'22.3"	14°29'54.5"	814066.661	8406183.81	3796 msnm.	18 L Sur



Figura 54 Hidrograma Estación Curpahuasi, Santo Tomas y Tambobamba



Fuente: Plataforma Andrea-ANA



Figura 55 Diagramas de caja Estación Curpahuasi, Santo Tomas y Tambobamba



Fuente: Plataforma Andrea-ANA



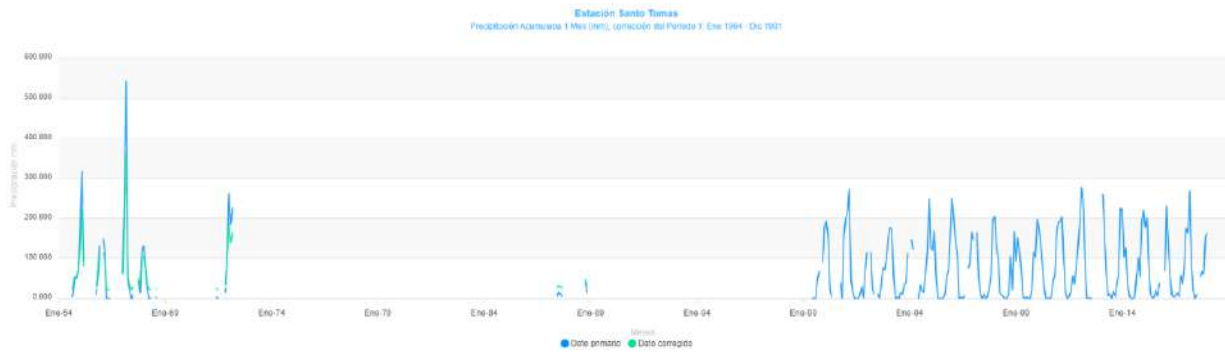
Figura 56 Análisis de saltos Estación Curpahuasi, Santo Tomas y Tambobamba





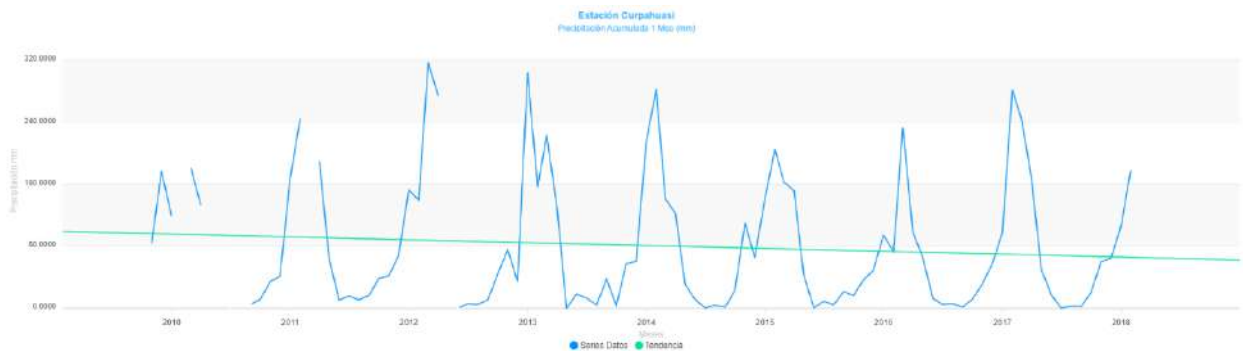
Fuente: Plataforma Andrea-ANA

Figura 57 Análisis saltos Estación Santo Tomas corregido



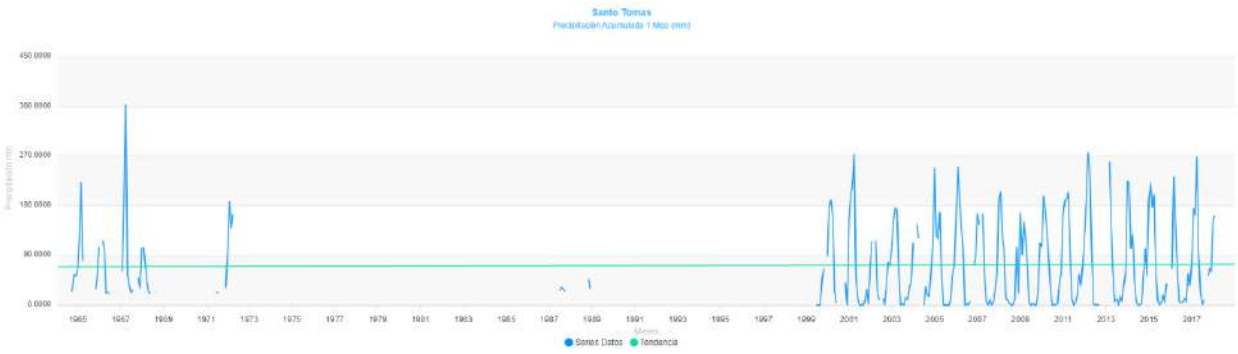
Fuente: Plataforma Andrea-ANA

Figura 58 Análisis de tendencias Estación Curpahuasi, Santo Tomas y Tambobamba

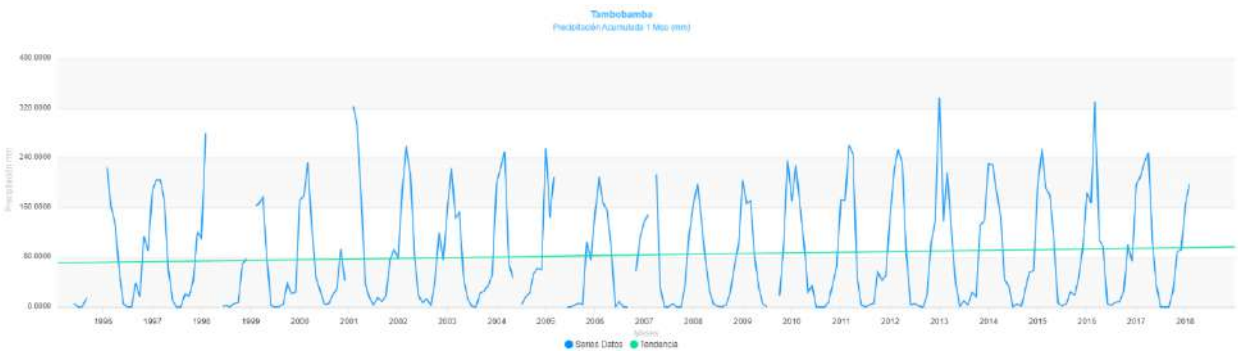




Análisis de tendencia en la media					
Tendencia	Tc	T(95%)	Conclusión	¿Corregir datos?	
-0.3108	-0.9923	1.9061	No	-	



Análisis de tendencia en la media					
Tendencia	Tc	T(95%)	Conclusión	¿Corregir datos?	
0.037	0.2201	1.9693	No	-	



Análisis de tendencia en la media					
Tendencia	Tc	T(95%)	Conclusión	¿Corregir datos?	
0.0907	1.3381	1.9683	No	-	

Fuente: Plataforma Andrea-ANA.

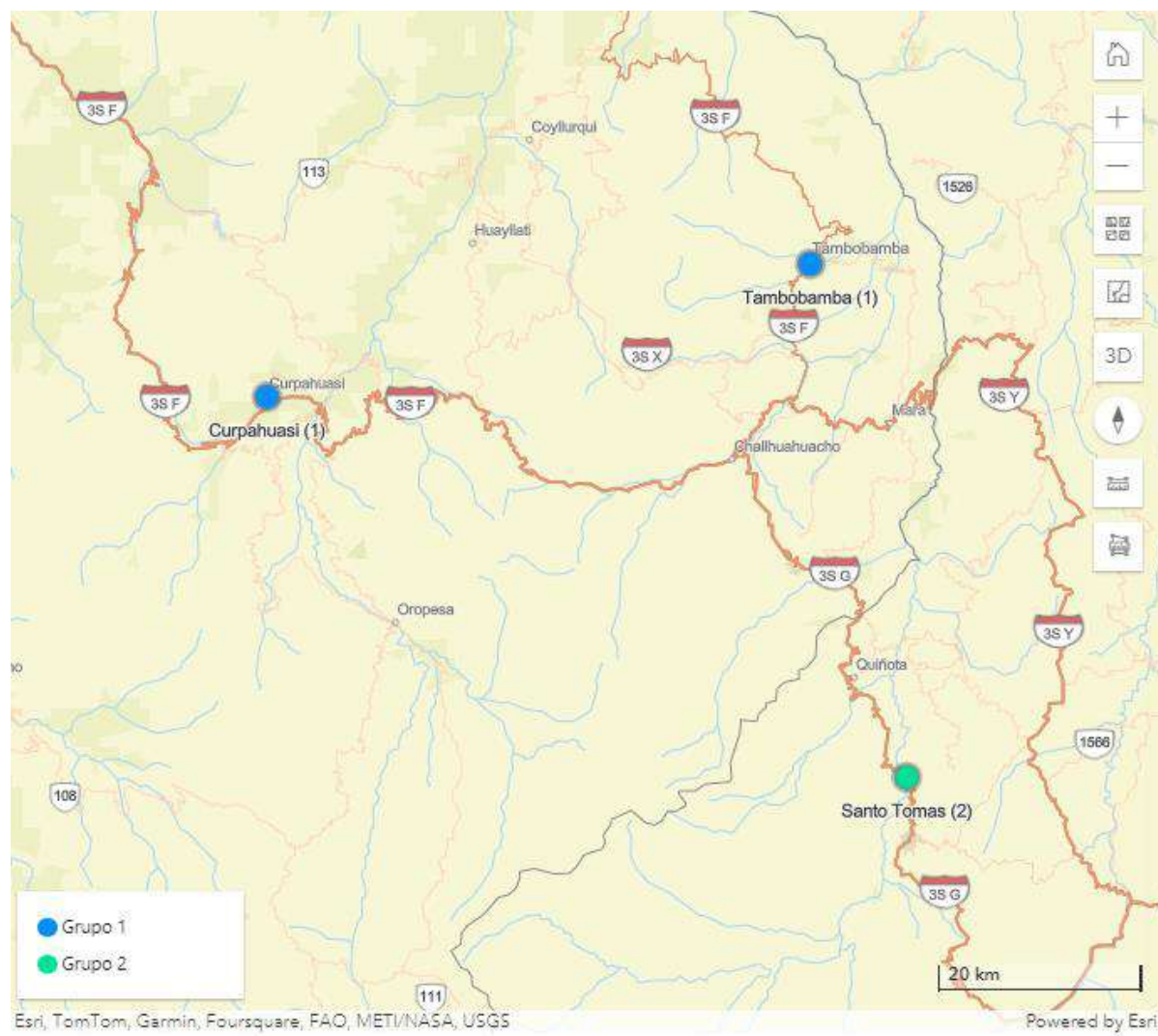
Tabla 68 Agrupación de Estaciones Meteorológicas para regionalización

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Longitud	Latitud
Curpahuasi	195.26	214.74	158.26	41.95	9.81	5.9	4.87	11.89	20.8	58.8	68.28	154.54	-72.6705	-14.0628
Santo Tomas	169.45	169.3	163.7	56.41	10.16	5.47	8.79	9.26	22.44	52.24	52.55	137.31	-72.0886	-14.3994
Tambobamba	205.02	212.59	156.72	60.02	10.24	2.17	3.77	10.65	23.13	72.84	89.33	181.4	-72.1756	-13.9456

Fuente: Plataforma Andrea-ANA



Figura 59 Ubicación de estaciones para regionalización



Fuente: Plataforma Andrea-ANA

Figura 60 Completación de datos estación Curpahuasi



Fuente: Plataforma Andrea-ANA



Con la información de la precipitación media mensual acumulada anual se procedió a la regionalización mediante la herramienta Geostatistical Analyst donde se interpoló mediante el método IDW cuya primera variable fue la precipitación media mensual acumulada por meses seguida de las altitudes.

Tabla 69 Precipitaciones mensuales promedio estaciones Meteorológicas

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pp Anual(mm)	Longitud	Latitud	Altitud
Curpahuasi	187.16	192.48	137.47	44.42	10.24	5.40	6.71	12.78	20.50	55.35	64.49	145.89	882.88	-72.67	-14.06	3535.00
Santo Tomas	169.46	169.30	163.70	56.41	10.16	5.47	8.79	9.26	22.44	52.24	52.55	137.31	857.09	-72.09	-14.40	3796.00
Tambobamba	205.02	212.59	156.72	60.02	10.24	2.17	3.77	10.65	23.13	72.84	89.33	181.40	1027.88	-72.18	-13.95	3279.00

Fuente: Plataforma Andrea-ANA

Figura 61 Regionalización mediante interpolación IDW Mensual-Isoyetas Mensuales

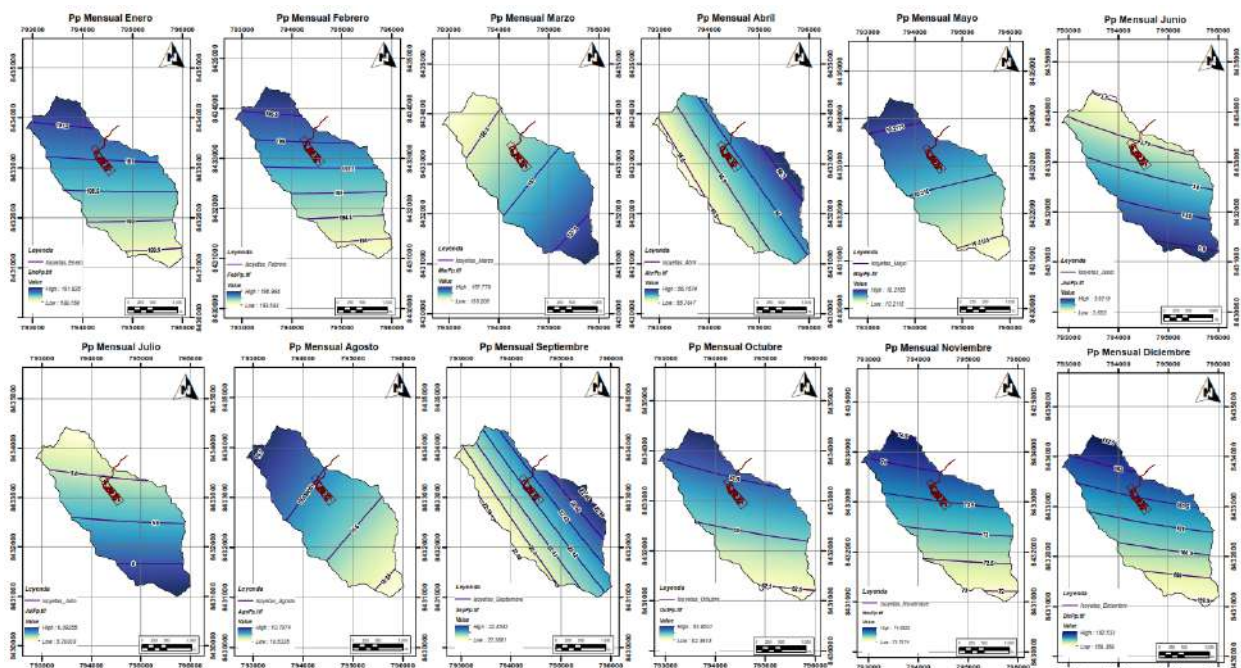




Tabla 70 Regionalización de precipitaciones Acumuladas Mensuales

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Cuenca de Estudio	190.60	195.35	156.98	55.94	10.22	3.81	5.88	10.62	22.42	63.14	73.21	160.99

Figura 62 Precipitación Acumulada Mensual

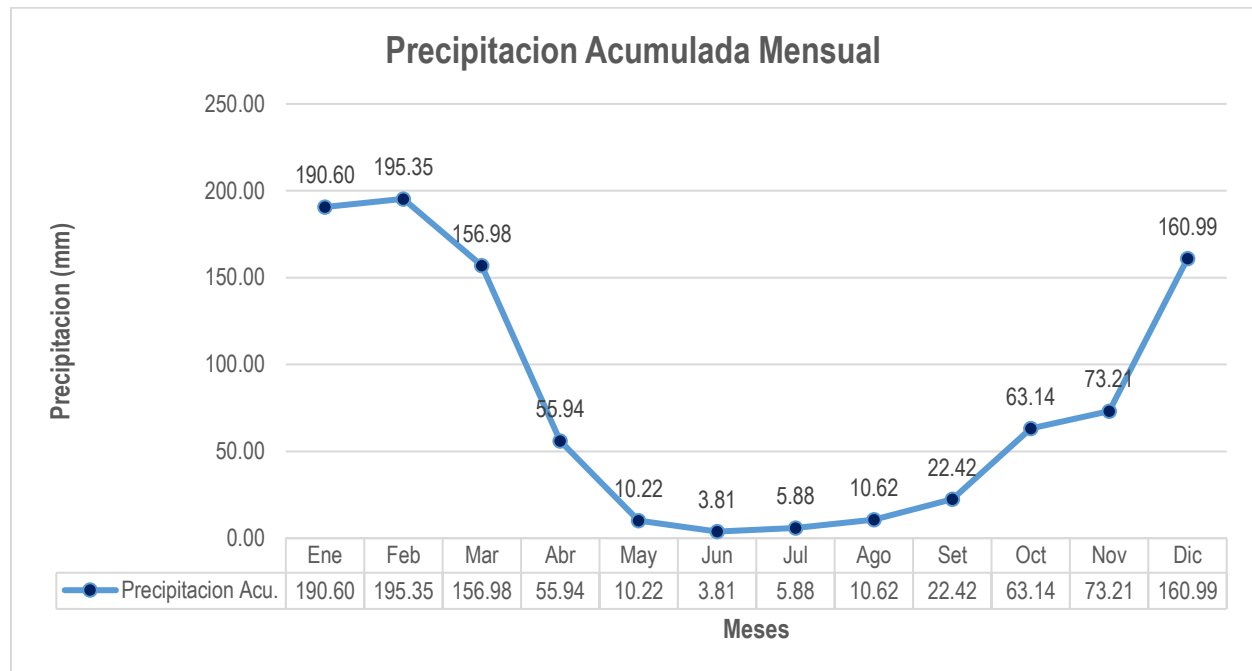
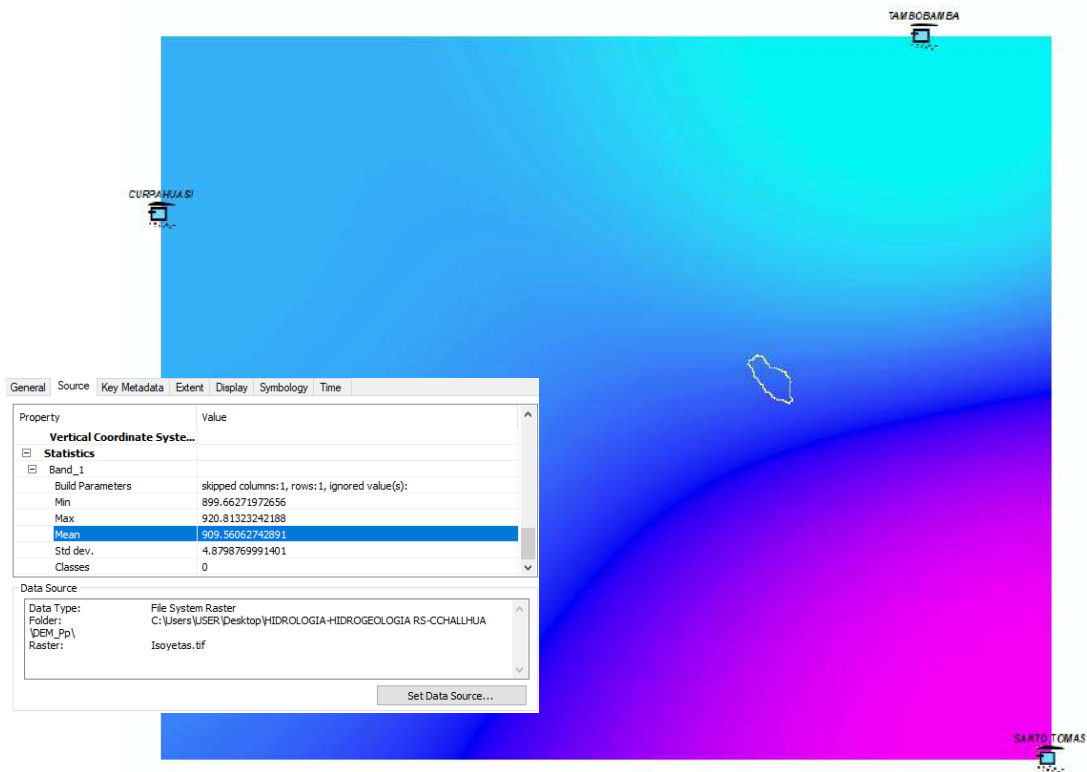




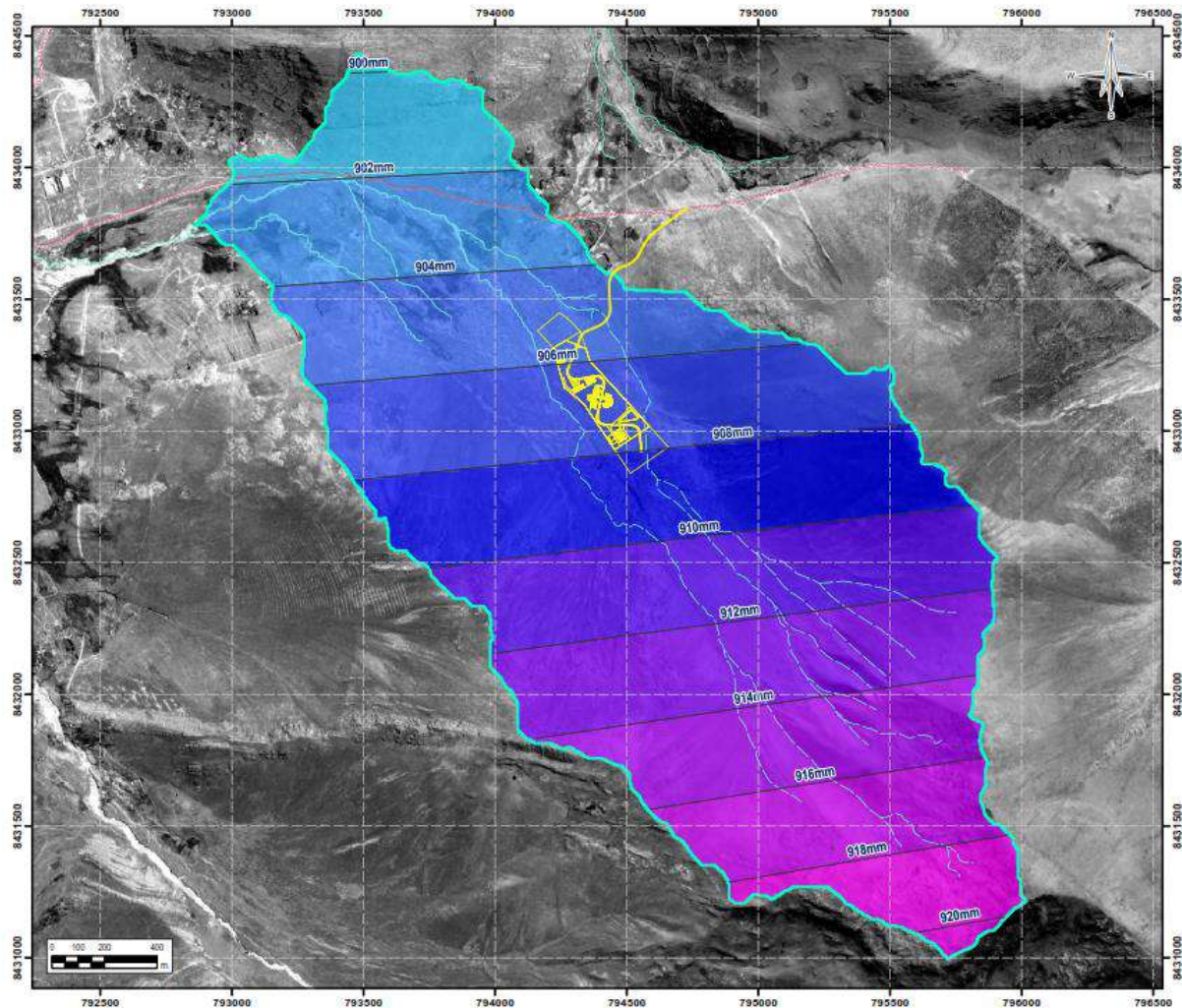
Figura 63 Interpolación IDW Pp acumulada media anual



Dando como resultado **909.56 mm/año** por precipitación media mensual acumulada al año para la cuenca Maquerwa.



Figura 64 Isoyetas Acumuladas Anuales



5.3.3. Temperatura

Al igual que la precipitación pluvial, la temperatura es el elemento meteorológico cuya variación espacial está ligada al factor altitudinal. La temperatura es una variable climática de gran importancia dentro del ciclo hidrológico, debido a que esta se encuentra ligada con la evapotranspiración y el periodo vegetativo de los cultivos.

La temperatura del aire es un indicador importante para describir las condiciones climáticas de una zona de estudio. El análisis de la variable temperatura permitió conocer su



distribución espacial y temporal y su comportamiento según la época o el mes a lo largo del año. Así se pudo obtener data y cuantificarla entre los rangos de temperatura mínima, temperatura máxima, la temperatura media total de la siguiente manera:

El comportamiento térmico en la zona del proyecto se ve influenciada principalmente por la altitud y el relieve, siendo el contraste de las temperaturas entre el día y la noche considerable.

5.3.3.1. Temperatura Media Mensual y Anual

En el estudio y análisis de la temperatura media mensual y anual, se consideran las estaciones seleccionadas CURAHUASI, CURPAHUASI, PARURO, SANTO TOMAS, TAMBOBAMBA; las cuales, al ser regionalizadas mediante ecuaciones de regresión simple, se obtienen relaciones lineales para la temperatura media mensual y anual. La relación (1) obtenida para la temperatura media anual es la siguiente:

$$T_{med} = 29.3317 - 0.0047 H \dots\dots\dots r = - 0.783$$

Dónde:

T: Temperatura media anual en °C

H: Altitud en m.s.n.m.

r: Coeficiente de correlación

La temperatura media anual para la cuenca Maquerwa es de **9.6 °C**.



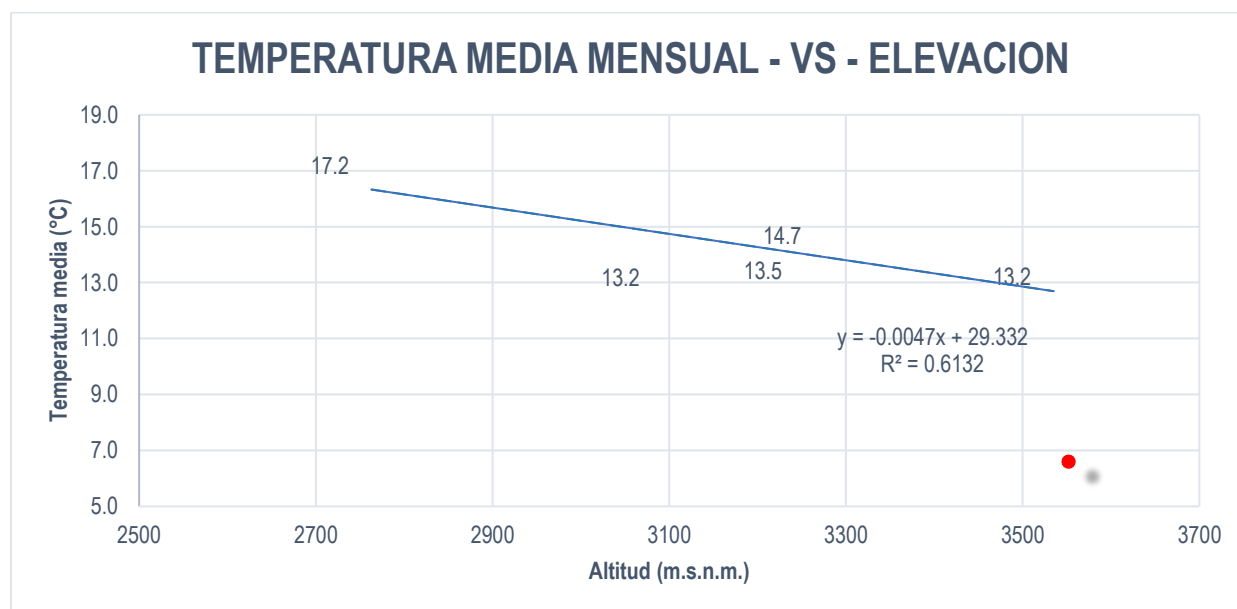
Tabla 71 Regionalización de Temperatura Media

REGIONALIZACION DE TEMPERATURA (°C)															
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION															
ITEM	ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATUA MEDIA												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
			°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	CURAHUASI	2763	16.6	16.3	16.5	21.7	16.0	15.1	14.7	15.5	22.2	17.2	17.5	16.9	17.2
2	CURPAHUASI	3535	12.6	13.4	13.3	13.1	12.1	11.3	11.2	12.5	14.0	14.7	15.7	14.7	13.2
3	PARURO	3092	14.3	14.0	13.8	13.3	12.1	11.0	10.7	11.9	13.5	14.4	14.8	14.4	13.2
4	SANTO TOMAS	3253	14.5	14.5	14.4	13.7	11.9	10.6	10.4	12.0	14.0	15.1	15.3	15.1	13.5
5	TAMBOBAMBA	3275	13.3	13.4	13.5	13.4	12.8	12.2	12.1	13.2	14.4	15.1	28.6	14.4	14.7
	Promedio	3183.6	14.2	14.3	14.3	15.0	13.0	12.0	11.8	13.0	15.6	15.3	18.4	15.1	14.3
	Desv. Estándar	283.7	1.5	1.2	1.3	3.7	1.7	1.8	1.7	1.5	3.7	1.1	5.8	1.0	1.7
	Coefic. a		30.8037	25.9922	26.9605	50.4418	28.8668	27.2517	25.7293	24.5294	49.1438	24.5253	13.6609	24.0754	29.3317
	Coefic. b		-0.0052	-0.0037	-0.0040	-0.0111	-0.0050	-0.0048	-0.0044	-0.0036	-0.0105	-0.0029	0.0015	-0.0028	-0.0047
	Coefic. r		-0.954	-0.883	-0.881	-0.845	-0.814	-0.737	-0.709	-0.702	-0.805	-0.750	0.073	-0.767	-0.783
	Cuenca de Estudio	4,194	9.0	10.6	10.3	3.8	7.9	7.2	7.4	9.4	5.0	12.4	19.9	12.3	9.6

ECUACION DE LA TEMPERATURA:

EC = 29.3317 + **-0.0047** * H

Figura 65 Temperatura media mensual Vs elevación





5.3.3.2. Temperatura Máxima Media Mensual y Anual

En el estudio y análisis de la temperatura media mensual y anual, se consideran las estaciones seleccionadas CURAHUASI, CURPAHUASI, PARURO, SANTO TOMAS, TAMBOBAMBA; las cuales, al ser regionalizadas mediante ecuaciones de regresión simple, se obtienen relaciones lineales para la temperatura media mensual y anual. La relación (1) obtenida para la temperatura media anual es la siguiente:

$$T_{max} = 38.24.64 - 0.0050 H \dots\dots\dots r = - 0.848$$

Dónde:

T: Temperatura media anual en °C

H: Altitud en m.s.n.m.

r: Coeficiente de correlación

La temperatura máxima media anual para la cuenca Maquerwa es de **17.4 °C**.

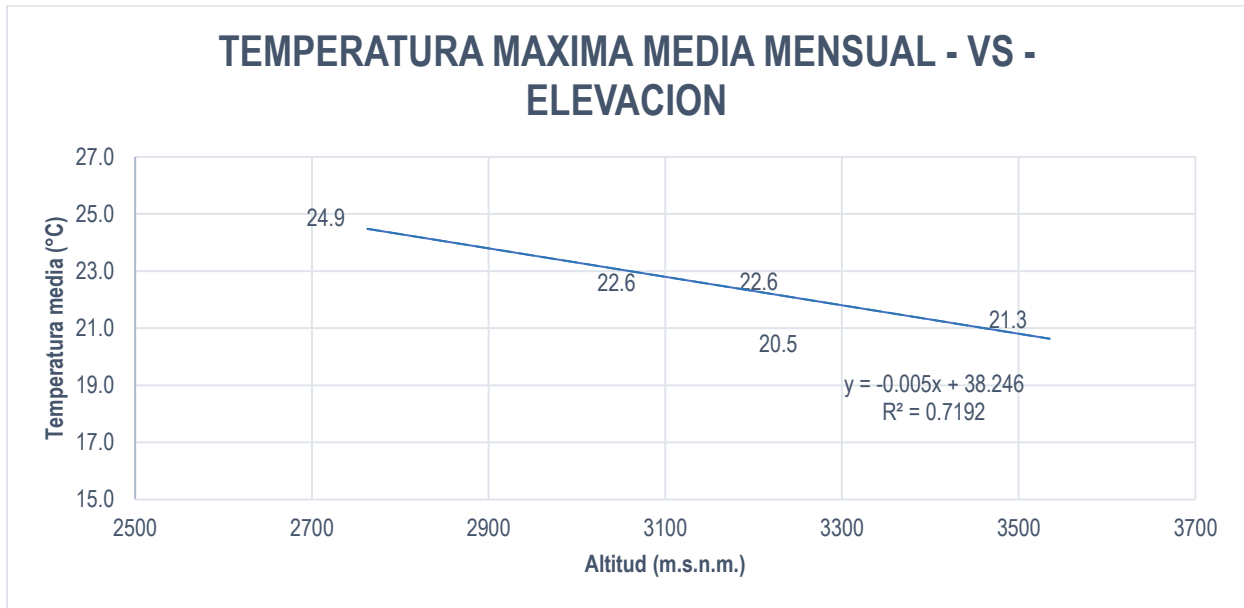
Tabla 72 Regionalización de Temperatura Máxima

REGIONALIZACION DE TEMPERATURA (°C)															
TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION															
ITEM	NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MAXIMA MEDIA												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
			°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	CURAHUASI	2763	22.3	21.6	21.8	33.1	23.3	22.9	22.6	23.3	35.6	24.4	24.8	23.0	24.9
2	CURPAHUASI	3535	19.6	20.5	20.3	20.5	20.2	20.2	20.2	21.4	22.5	23.2	24.5	22.8	21.3
3	PARURO	3092	22.1	21.5	21.7	22.7	22.8	22.1	21.7	22.7	23.3	23.5	24.3	22.9	22.6
4	SANTO TOMAS	3253	21.9	22.7	22.7	22.3	22.5	21.9	21.1	22.2	22.9	23.6	24.1	23.8	22.6
5	TAMBOBAMBA	3275	20.1	19.3	19.8	19.9	19.9	19.5	19.3	21.0	21.2	22.2	22.6	21.0	20.5
	Promedio	3183.6	21.2	21.1	21.3	23.7	21.7	21.3	21.0	22.1	25.1	23.4	24.0	22.7	22.4
	Desv. Estándar	283.7	1.2	1.3	1.2	5.4	1.6	1.4	1.3	1.0	5.9	0.8	0.8	1.0	1.7
	Coefic. a		32.6272	26.1499	27.4484	77.3672	35.9238	33.7385	32.3169	31.2198	81.2823	29.5907	26.8967	24.3951	38.2464
	Coefic. b		-0.0036	-0.0016	-0.0019	-0.0169	-0.0045	-0.0039	-0.0036	-0.0029	-0.0177	-0.0020	-0.0009	-0.0005	-0.0050
	Coefic. r		-0.815	-0.346	-0.464	-0.892	-0.797	-0.779	-0.804	-0.853	-0.844	-0.679	-0.301	-0.152	-0.848
	Cuenca de Estudio	4.194	17.6	19.5	19.3	6.7	17.2	17.4	17.4	19.2	7.3	21.4	23.1	22.1	17.4

ECUACION DE LA TEMPERATURA:			
EC =	38.2464	+	-0.0050 * H



Figura 66 Temperatura máxima mensual Vs elevación



5.3.3.3. Temperatura Mínima Media Mensual y Anual

En el estudio y análisis de la temperatura media mensual y anual, se consideran las estaciones seleccionadas CURAHUASI, CURPAHUASI, PARURO, SANTO TOMAS, TAMBOBAMBA; las cuales, al ser regionalizadas mediante ecuaciones de regresión simple, se obtienen relaciones lineales para la temperatura media mensual y anual. La relación (1) obtenida para la temperatura media anual es la siguiente:

$$T_{min} = 22.7967 - 0.0053 H \dots\dots\dots r = - 0.677$$

Dónde:

T: Temperatura media anual en °C

H: Altitud en m.s.n.m.

r: Coeficiente de correlación

La temperatura mínima media anual para la cuenca Maquerwa es de **0.5 °C**.



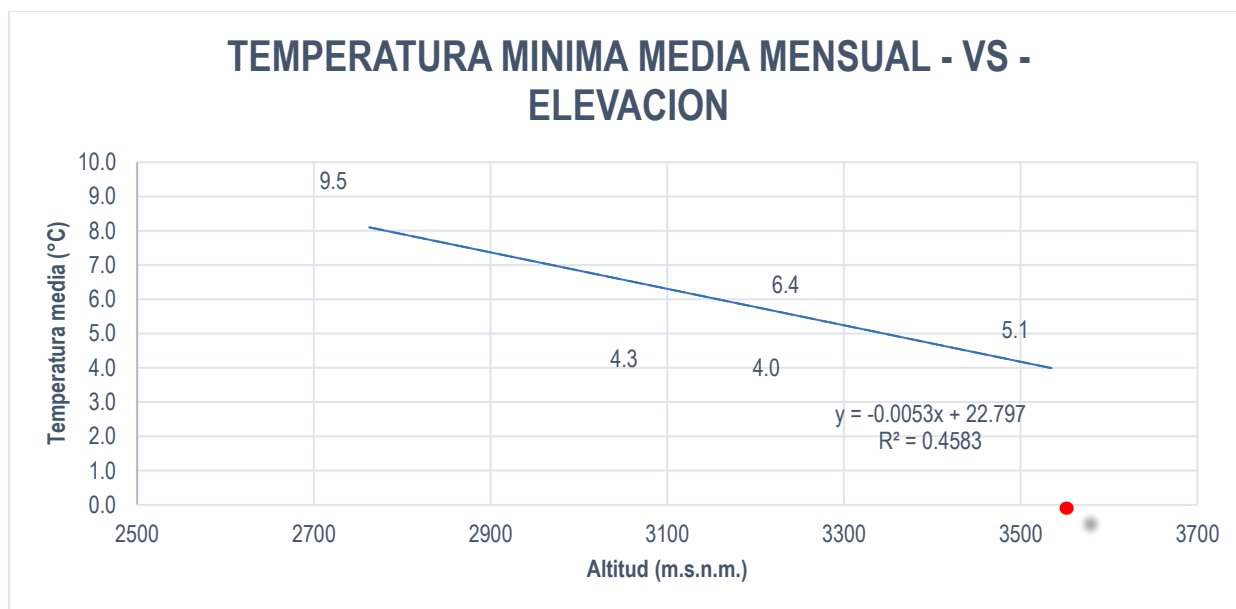
Tabla 73 Regionalización de Temperatura Mínima

REGIONALIZACION DE TEMPERATURA (°C)															
TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL - VS - ELEVACION															
ITEM	NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm.	MES / TEMPERATURA MINIMA MEDIA												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
			°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1	CURAHUASI	2763	10.9	10.9	11.0	10.3	8.7	7.4	6.9	7.6	8.8	9.9	10.3	10.8	9.5
2	CURPAHUASI	3535	5.5	6.3	6.3	5.7	4.0	2.5	2.2	3.6	5.4	6.3	7.0	6.5	5.1
3	PARURO	3092	12.7	6.5	6.0	3.9	1.3	-0.2	-0.3	1.1	3.7	5.3	5.2	6.2	4.3
4	SANTO TOMAS	3253	7.4	7.5	7.4	5.5	1.3	-1.1	-0.8	0.8	2.9	5.1	5.3	6.7	4.0
5	TAMBOBAMBA	3275	7.9	8.0	7.8	6.9	5.2	4.1	3.6	4.6	6.3	7.3	7.8	7.7	6.4
	Promedio	3183.6	8.9	7.8	7.7	6.4	4.1	2.6	2.3	3.5	5.4	6.8	7.1	7.6	5.9
	Desv. Estándar	283.7	2.9	1.8	2.0	2.4	3.1	3.4	3.1	2.8	2.3	2.0	2.1	1.9	2.2
	Coefic. a		34.5460	24.7649	24.9833	23.1144	22.1737	21.4878	20.2229	18.8296	18.9568	20.7794	19.7813	23.9209	22.7967
	Coefic. b		-0.0081	-0.0053	-0.0054	-0.0052	-0.0057	-0.0059	-0.0056	-0.0048	-0.0043	-0.0044	-0.0040	-0.0051	-0.0053
	Coefic. r		-0.794	-0.817	-0.771	-0.617	-0.520	-0.493	-0.509	-0.491	-0.514	-0.635	-0.539	-0.775	-0.677
	Cuenca de Estudio	4194	0.7	2.5	2.2	1.2	-1.6	-3.5	-3.4	-1.3	1.1	2.3	3.1	2.4	0.5
	Area Cultivos-Zona Alta	4429	-1.2	1.2	0.9	-0.1	-3.0	-4.9	-4.7	-2.4	0.1	1.3	2.2	1.2	-0.8
	Area Cultivos-Zona Baja	4010	2.2	3.5	3.2	2.1	-0.6	-2.4	-2.3	-0.4	1.9	3.2	3.8	3.4	1.5

ECUACION DE LA TEMPERATURA:

$$EC = 22.7967 + (-0.0053) * H$$

Figura 67 Temperatura mínima mensual Vs elevación





5.3.4. Evapotranspiración

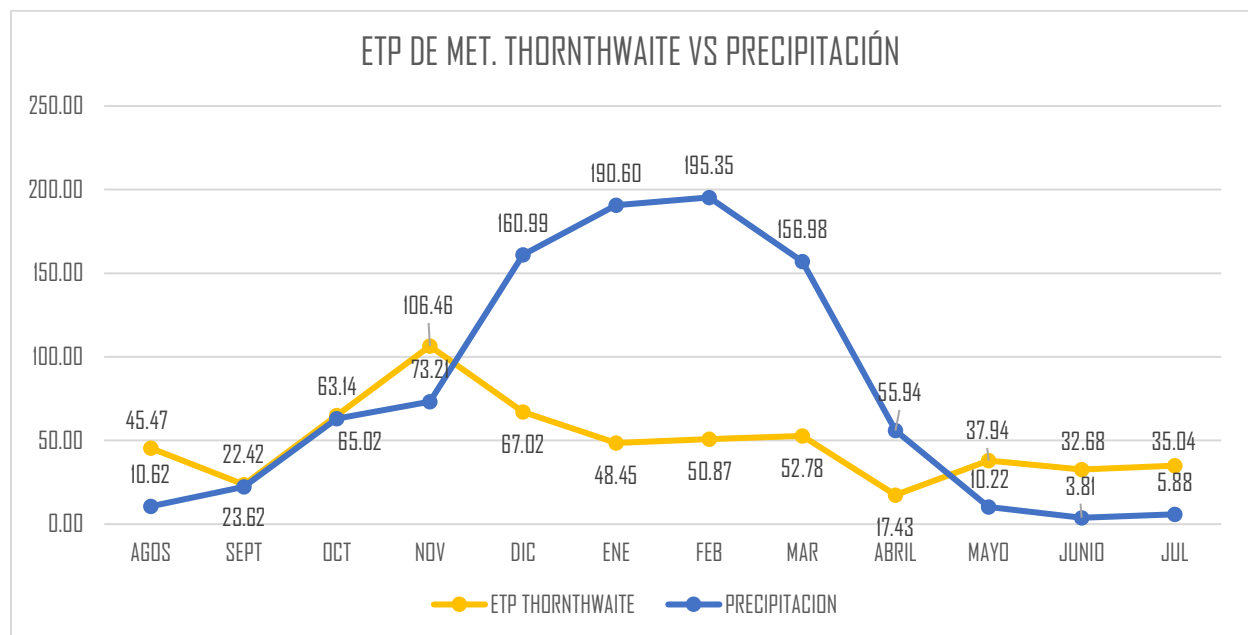
La evapotranspiración real (EPR) es la cantidad de agua que ingresa a la atmósfera como vapor a través de la evaporación y la transpiración directamente de las plantas en función de la disponibilidad de agua.

5.3.4.1. Método Thornthwaite (ETP)

Tabla 74 Evapotranspiración por el Método Thornthwaite

	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGOS	SEPT	OCT	NOV	DIC	Suma
1	Temperatura media Mensual (t)	8.98	10.62	10.29	3.78	7.94	7.22	7.42	9.36	4.98	12.38	19.90	12.25	
2	Índice de Calor Mensual (i)	2.43	3.13	2.98	0.66	2.01	1.74	1.82	2.58	0.99	3.94	8.09	3.89	
3	Índice de Calor Anual (I)	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	34.27	
4	Coefic. Experimental de Ajuste (a)	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	
5	Evapotranspiración sin ajuste (Ej)	43.62	51.91	50.24	17.72	38.36	34.76	35.74	45.52	23.62	60.89	99.81	60.26	562.44
6	Nº Max. De horas de sol según Latitud(n)	12.90	12.60	12.20	11.80	11.48	11.28	11.38	11.60	12.00	12.40	12.80	12.92	
7	Nº de días del mes (N)	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	
8	Coeficiente de Corrección(fc)	1.11	0.98	1.05	0.98	0.99	0.94	0.98	1.00	1.00	1.07	1.07	1.11	
9	Evapotranspiración Potencial (E.T)	48.45	50.87	52.78	17.43	37.94	32.68	35.04	45.47	23.62	65.02	106.46	67.02	582.77

Figura 68 ETP DE MET. THORNTHWAITTE VS PRECIPITACIÓN





5.3.4.2. Método Turc (ETR)

Figura 69 Evapotranspiración por el Método de Turc

	VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABRI	MAY	JUN	JUL	AGOS	SET	OCT	NOV	DIC	Anual	Promedio
1	Promedio de Temperatura (T°)	8.98	10.62	10.29	3.78	7.94	7.22	7.42	9.36	4.98	12.38	19.90	12.25		9.59
2	Precipitación Mensual (P)	190.60	195.35	156.98	55.94	10.22	3.81	5.88	10.62	22.42	63.14	73.21	160.99		79.10
3	Coefficiente Térmico (L)	560.82	625.30	611.68	397.23	523.55	499.39	505.89	574.94	430.74	704.29	1191.51	698.37		584.00
4	Evapotranspiración Potencial (ET.) (mm/año)	189.14	195.59	159.73	58.33	10.77	4.01	6.20	11.19	23.59	66.26	77.01	164.90	966.73	82.54

Figura 70 ETR DE MET. TURC VS PRECIPITACIÓN

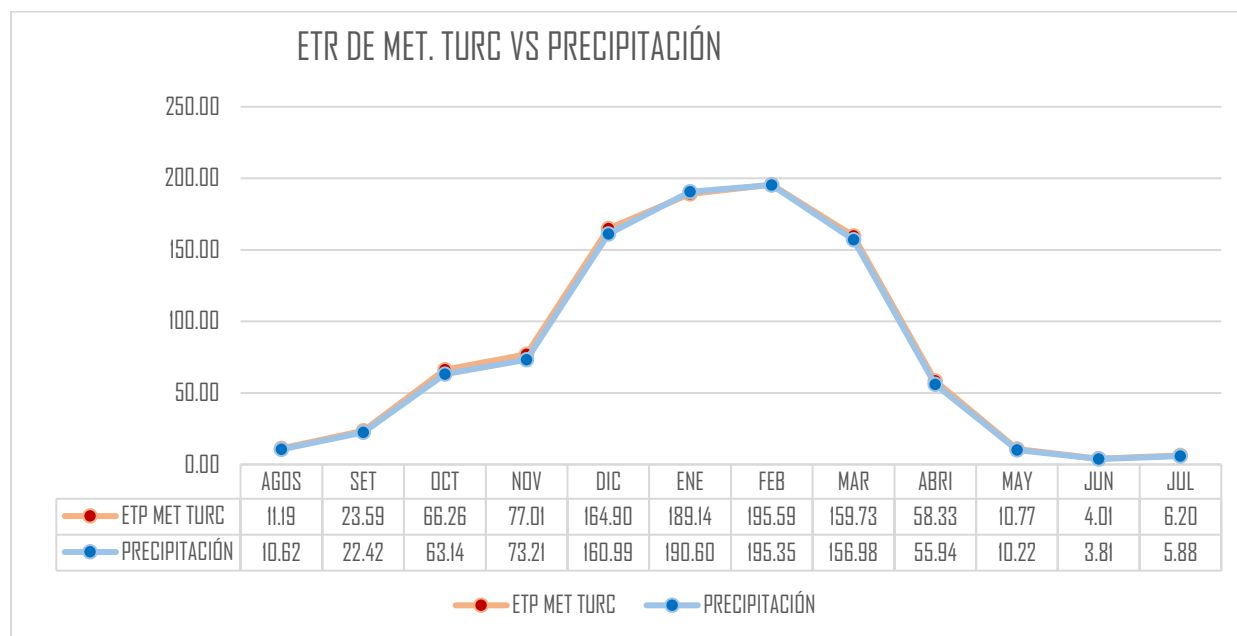
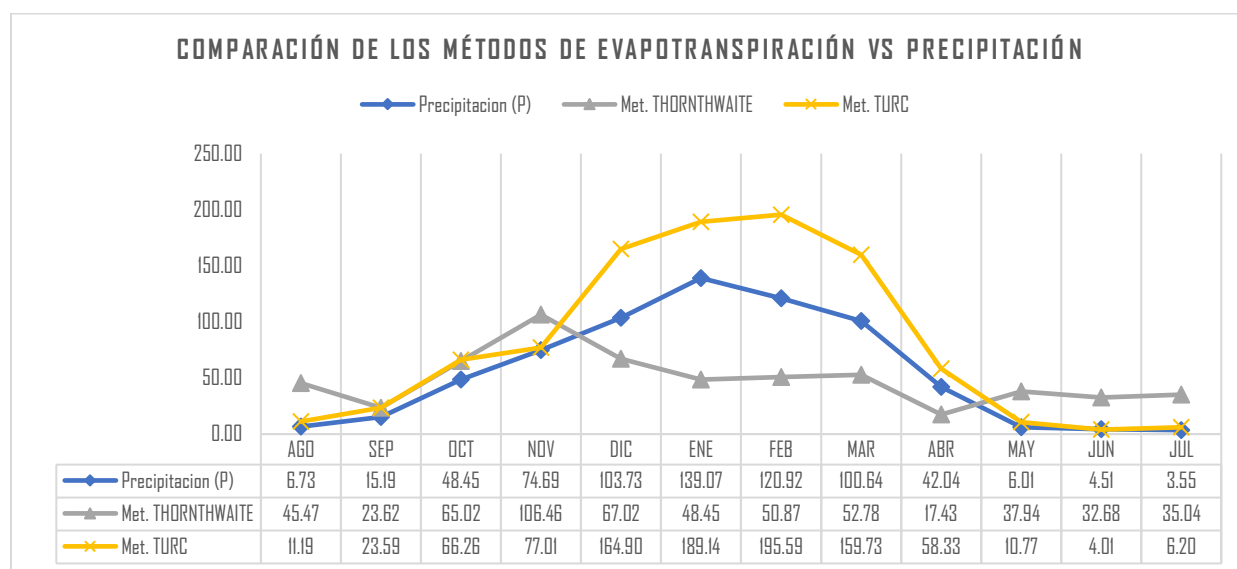


Tabla 75 Resumen y Comparación de los Métodos de Evapotranspiración vs Precipitación

	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Precipitación (P)	6.73	15.19	48.45	74.69	103.73	139.07	120.92	100.64	42.04	6.01	4.51	3.55
Met. THORNTHWAITE	45.47	23.62	65.02	106.46	67.02	48.45	50.87	52.78	17.43	37.94	32.68	35.04
Met. TURC	11.19	23.59	66.26	77.01	164.90	189.14	195.59	159.73	58.33	10.77	4.01	6.20



Figura 71 Comparación de los Métodos de Evapotranspiración vs Precipitación



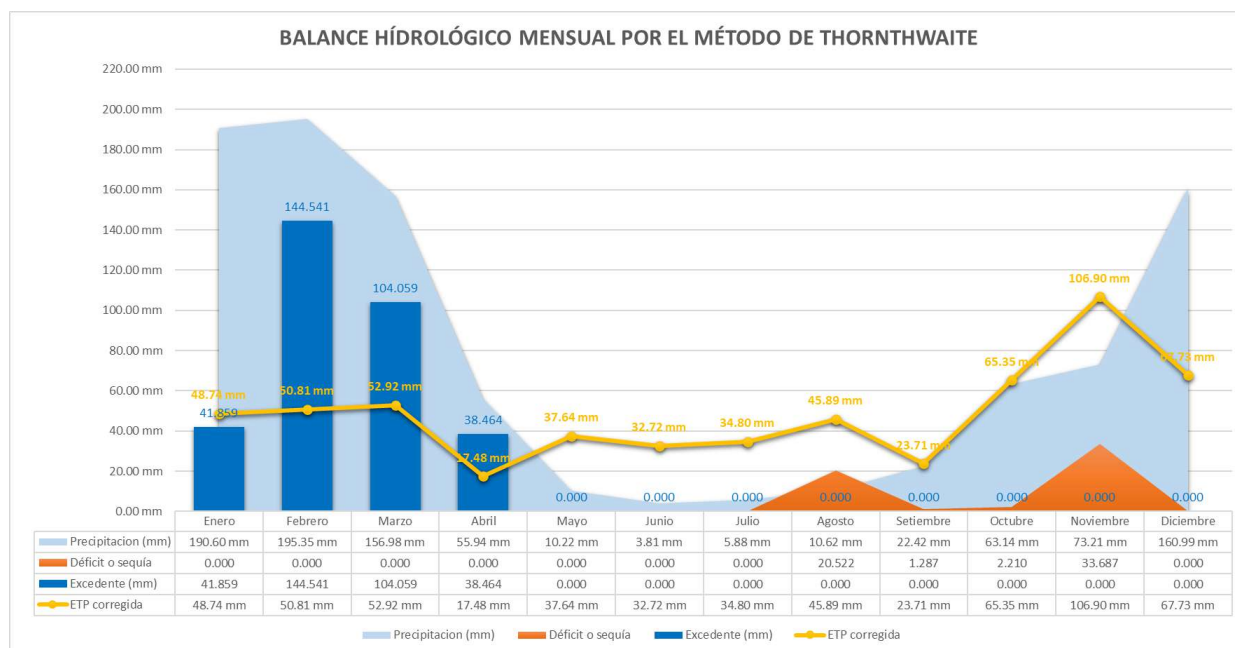
5.3.5. Balance Hídrico

Tabla 76 Balance hidrológico mensual por el método de Thornthwaite

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura promedio mensual	9.00 °C	10.60 °C	10.30 °C	3.80 °C	7.90 °C	7.20 °C	7.40 °C	9.40 °C	5.00 °C	12.40 °C	19.90 °C	12.30 °C
Índice térmico mensual (i)	2.43 mm	3.12 mm	2.99 mm	0.66 mm	2.00 mm	1.74 mm	1.81 mm	2.60 mm	1.00 mm	3.96 mm	8.10 mm	3.91 mm
ETP (30 días con 12 horas sol) (mm)	43.78 mm	51.93 mm	50.40 mm	17.80 mm	38.21 mm	34.69 mm	35.69 mm	45.81 mm	23.71 mm	61.17 mm	100.22 mm	60.66 mm
Factor de corrección	1.11 mm	0.98 mm	1.05 mm	0.98 mm	0.99 mm	0.94 mm	0.98 mm	1.00 mm	1.00 mm	1.07 mm	1.07 mm	1.12 mm
ETP corregida	48.74 mm	50.81 mm	52.92 mm	17.48 mm	37.64 mm	32.72 mm	34.80 mm	45.89 mm	23.71 mm	65.35 mm	106.90 mm	67.73 mm
Precipitación (mm)	190.60 mm	195.35 mm	156.98 mm	55.94 mm	10.22 mm	3.81 mm	5.88 mm	10.62 mm	22.42 mm	63.14 mm	73.21 mm	160.99 mm
Variación de las reservas de la humedad del suelo (mm)	141.859	0.000	0.000	0.000	27.420	28.911	28.920	14.749	0.000	0.000	0.000	93.259
Reserva de agua disponible (mm)*	100.000	100.000	100.000	100.000	72.580	43.669	14.749	0.000	0.000	0.000	0.000	93.259
ET efectiva (mm)	48.741	50.809	52.921	17.476	37.640	32.721	34.800	25.369	22.420	63.140	73.210	67.731
Déficit o sequía	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	20.522	1.287	2.210	33.687	0.000
Excedente (mm)	41.859	144.541	104.059	38.464	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1/2 excedente (mm)	20.929	72.271	52.029	19.232	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1/2 escorrentía del mes anterior (mm)	10.465	41.368	56.819	54.424	36.828	18.414	9.207	4.604	2.302	1.151	0.575	0.288
Escorrentía total (mm)	31.394	113.638	108.849	73.656	36.828	18.414	9.207	4.604	2.302	1.151	0.575	0.288



Figura 72 Balance Hídrico Met. Thornthwaite



$$dS = P - (ETR + a + I_R)$$

Tabla 77 Resumen del balance hídrico en la cuenca Maquerwa

Aportes (MC/año)		Perdidas (MC/Año)	
Precipitación:	949.16	Escorrentía superficial:	866.06
		Evapotranspiración:	24.16
		Infiltración:	14.75
Total, de Aporte:	949.16	Total, de Perdida:	904.98

Para tener un mayor acercamiento a los valores de balance se han utilizado las siguientes unidades: metros cúbicos por año = MC/Año.

Recarga de Acuífero:	44.18	MC/año
-----------------------------	--------------	---------------

Debido a que estos cálculos son aproximados, se expresará en porcentajes. Así se tiene lo siguiente:



El ingreso de agua o aportes a la cuenca por precipitación es de 100%. De ellos, se entiende como pérdida a los flujos que salen de la cuenca: la escorrentía superficial de 91.25 %, la evapotranspiración de 2.55 % y la infiltración aproximada de 1.55 %.

Por lo tanto, la posible variación total de reservas de la cuenca es de 4.65 %. Estas indican el potencial de recarga de los acuíferos que posee la cuenca, principalmente los fisurados es de 44.18 MC/Año.

5.4. Hidrogeología

5.4.1. Registro de Fuentes Hídricas

Al completarse el inventario de fuentes hídricas que se encuentran dentro de la zona de estudio, se ha determinado un total de 03 puntos de exploración que incluyen 2 manantes permanentes y un bofedal dentro de la microcuenca Maquerwa.

Para realizar el inventario hídrico se recurrió a la guía para realizar inventarios de fuentes de agua subterránea del ANA.

Tabla 78 *Inventario de fuentes hídricas en la Cuenca Maquerwa*

Muestra	IRHS	ESTE	NORTE	Zona	Geología	Tipo
M-1	IRHS 03.05.06-MA-01	794373.73	8433426.17	18L	Deposito Lacustre	Manante
M-2	IRHS 03.05.06-MA-02	794238.61	8433519.18	18L	Deposito Aluvial	Manante
M-3	IRHS 03.05.06-MA-03	794390.29	8433512.05	18L	Deposito Lacustre	Manante

Cabe resaltar que para determinar el caudal de los manantes se procedió a realizar el aforo por el método volumétrico. Dando como resultado la siguiente tabla:




Tabla 79 Inventario de fuentes hídricas de acuerdo al caudal en la Cuenca Maquerwa

Muestra	IRHS	Fecha	Caudal (Ltr/Seg)	Clasificación Meizer	Sector/Quebrada
M-1	IRHS 03.05.06-MA-01	08-10-2024	0.13	Séptimo	Suthumapampa
M-2	IRHS 03.05.06-MA-02	08-10-2024	0.05	Séptimo	Suthumapampa
M-3	IRHS 03.05.06-MA-03	08-10-2024	0.15	Séptimo	Suthumapampa

Tabla 80 Aforo IRHS 03.05.06-MA-01

AFORO DE FUENTES DE AGUA	
TIPO DE FUENTE	Manante
CONDICION	Captación Existente
DENOMINACION	IRHS 03.05.06-MA-01
UBICACIÓN	
Lugar	Uyancanny
Sector	Queuña
Distrito	Challhuahuacho
Provincia	Cotabambas
Departamento	Apurímac
COORDENADAS	
Norte	794373.73
Este	8433426.17
METODO DE AFORO	Volumétrico
NOMBRE MANANTE	IRHS 03.05.06-MA-01
FECHA	8/10/2024



18/10/2024 4:59 p. m.
18L 794369 8433428
109° E
Altitud:4069.5m
Velocidad:0.0km/h

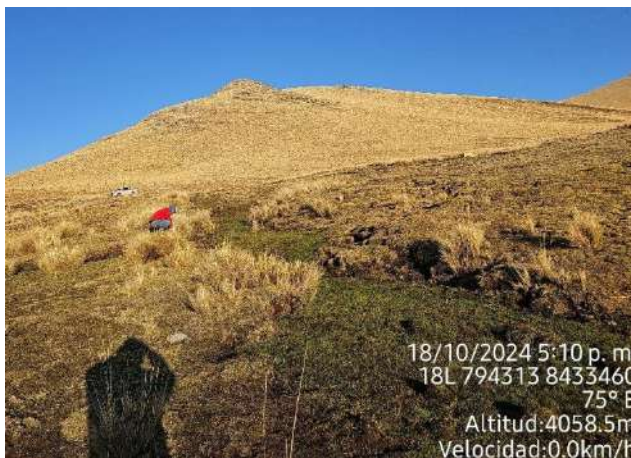
ENSAYO N°	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (lt/seg)	CAUDAL PROMEDIO (lt/seg)
Ingreso 01	4.607	36.57	0.13	0.13
	4.607	36.5	0.13	
	4.607	36.6	0.13	
	4.607	36.56	0.13	
	4.607	36.57	0.13	
	4.607	36.58	0.13	
	4.607	36.57	0.13	
	4.607	36.57	0.13	
	4.607	36.6	0.13	
	4.607	36.5	0.13	

OBSERVACIONES: Si existente una captación, para garantizar la dotación para la población en época de sequía (octubre).



Tabla 81 Aforo IRHS 03.05.06-MA-02

AFORO DE FUENTES DE AGUA	
TIPO DE FUENTE	Manante-Bofedal
CONDICION	Bofedal-manante Existente
DENOMINACION	IRHS 03.05.06-MA-02
UBICACIÓN	
Lugar	Uyancanny
Sector	Queuña
Distrito	Chalhuhhuacho
Provincia	Cotabambas
Departamento	Apurímac
COORDENADAS	
Norte	794238.61
Este	8433519.18
METODO DE AFORO	Volumétrico
NOMBRE MANANTE	IRHS 03.05.06-MA-02
FECHA	8/10/2024




ENSAYO N°	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (lt/seg)	CAUDAL PROMEDIO (lt/seg)
Ingreso 01	4.607	100.5	0.05	0.05
	4.607	100.3	0.05	
	4.607	100	0.05	
	4.607	100.1	0.05	
	4.607	100.5	0.05	
	4.607	100.4	0.05	
	4.607	100.2	0.05	
	4.607	100.2	0.05	
	4.607	100.5	0.05	
	4.607	100.45	0.05	

OBSERVACIONES: No existente una captación, para garantizar la dotación para la población en época de sequía (octubre).



Tabla 82 Aforo IRHS 03.05.06-MA-03

AFORO DE FUENTES DE AGUA	
TIPO DE FUENTE	Manante
CONDICION	Captación Existente
DENOMINACION	IRHS 03.05.06-MA-01
UBICACIÓN	
Lugar	Uyancanny
Sector	Queuña
Distrito	Challhuahuacho
Provincia	Cotabambas
Departamento	Apurímac
COORDENADAS	
Norte	794373.73
Este	8433426.17
METODO DE AFORO	Volumétrico
NOMBRE MANANTE	IRHS 03.05.06-MA-01
FECHA	8/10/2024



ENSAYO Nº	VOLUMEN (lt)	TIEMPO (seg)	CAUDAL (lt/seg)	CAUDAL PROMEDIO (lt/seg)
Ingreso 01	4.607	29.75	0.15	0.15
	4.607	29.83	0.15	
	4.607	29.7	0.16	
	4.607	29.8	0.15	
	4.607	29.5	0.16	
	4.607	29.74	0.15	
	4.607	29.75	0.15	
	4.607	29.8	0.15	
	4.607	29.74	0.15	
	4.607	29.76	0.15	

OBSERVACIONES: Si existente una captación, para garantizar la dotación para la población en época de sequía (octubre).



En este estudio se consideró el sistema propuesto por Meizer (1923), que clasifica las fuentes según su caudal, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 83 Clasificación de la descarga de manantiales en la Cuenca Maquerwa

Categoría	Unidad(L/s)	Manantiales
Primera	Superior a 2830	-
Segunda	Entre 283 y 2830	-
Tercera	Entre 28.3 y 283	-
Cuarta	Entre 10.0 y 28.3	-
Quinta	Entre 3.0 y 10.0	-
Sexta	Entre 1.0 y 3.0	-
Séptima	Menores de 1.0	3

De acuerdo a la tabla anteriormente descrita, solo existen los manantiales de séptima categoría.

5.4.1. Geofísica

La propuesta de infraestructura de residuos sólidos no generará un impacto negativo en las aguas subterráneas, debido a que el tratamiento s

erá mediante plantas de incineración, sin embargo, como medida de contingencia se tiene planeado realizar 3 trincheras de respaldo por alguna contingencia, si en caso hubiera factores que afecten las plantas de incineración.

Por ello se realizaron 4 tomografías eléctricas para determinar la existencia y profundidad aproximada de flujos de aguas subterráneas.



Figura 73 Imagen satelital Ubicación de Tomografías de Resistividad Eléctrica – Sector Uyanccany.

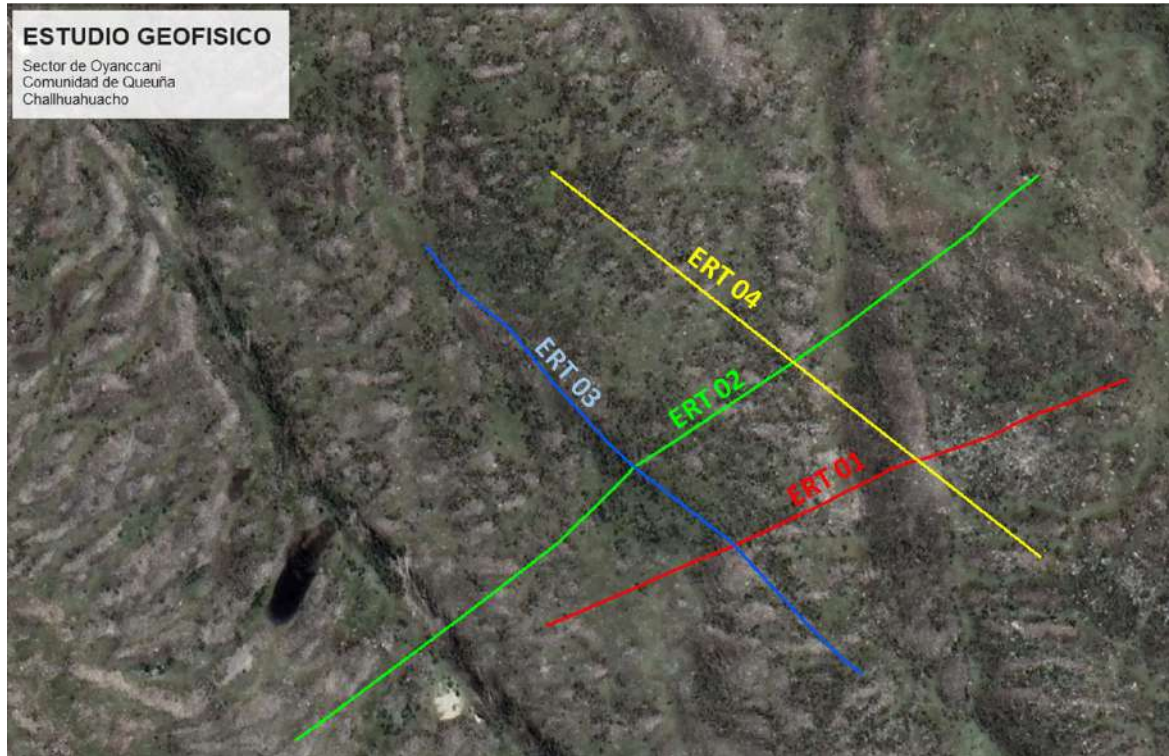




Figura 74 Secciones interpretadas de resistividades reales y potenciales espontáneos LINEA

N°01

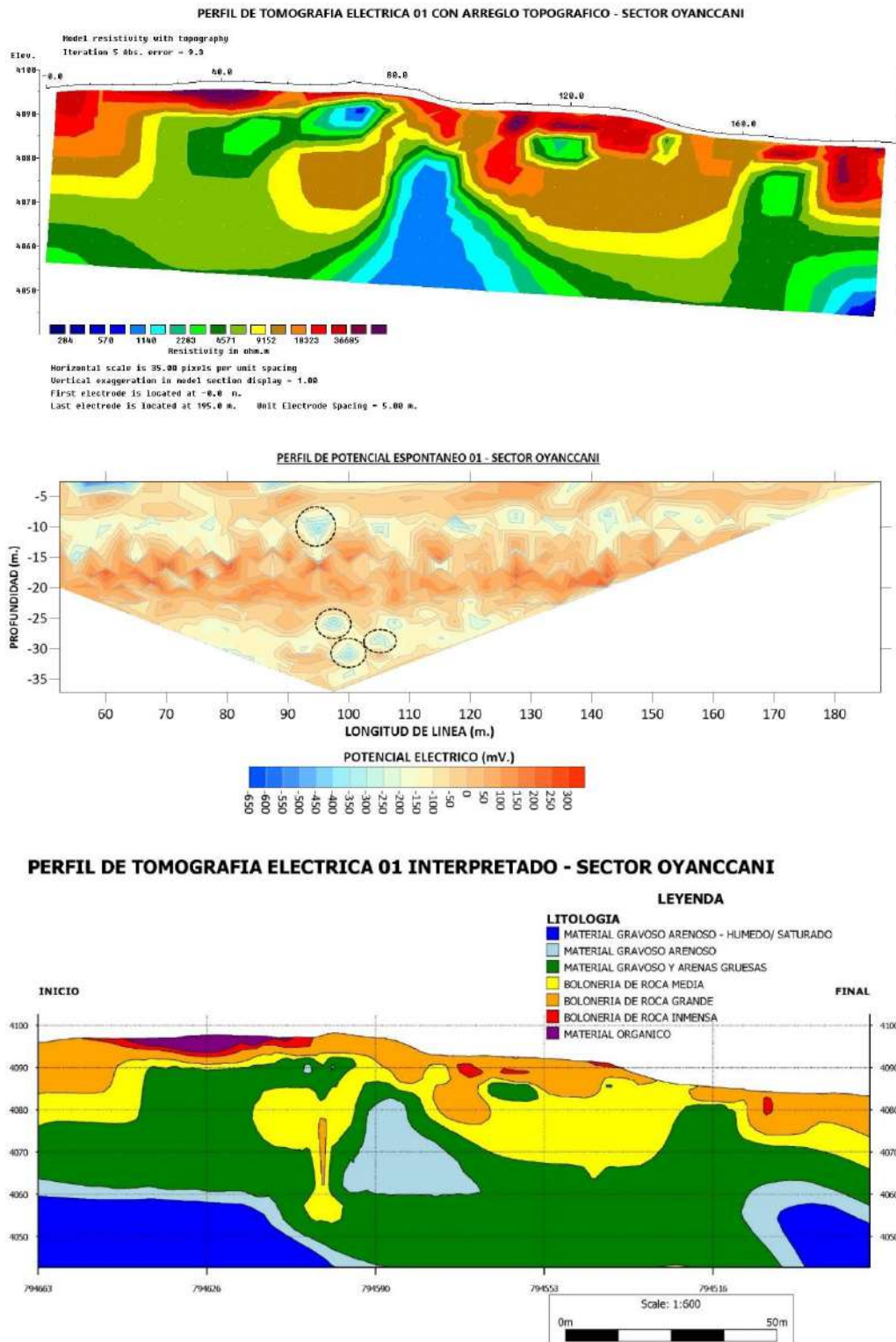




Figura 75 Secciones interpretadas de resistividades reales y potenciales espontáneos LINEA

N°02

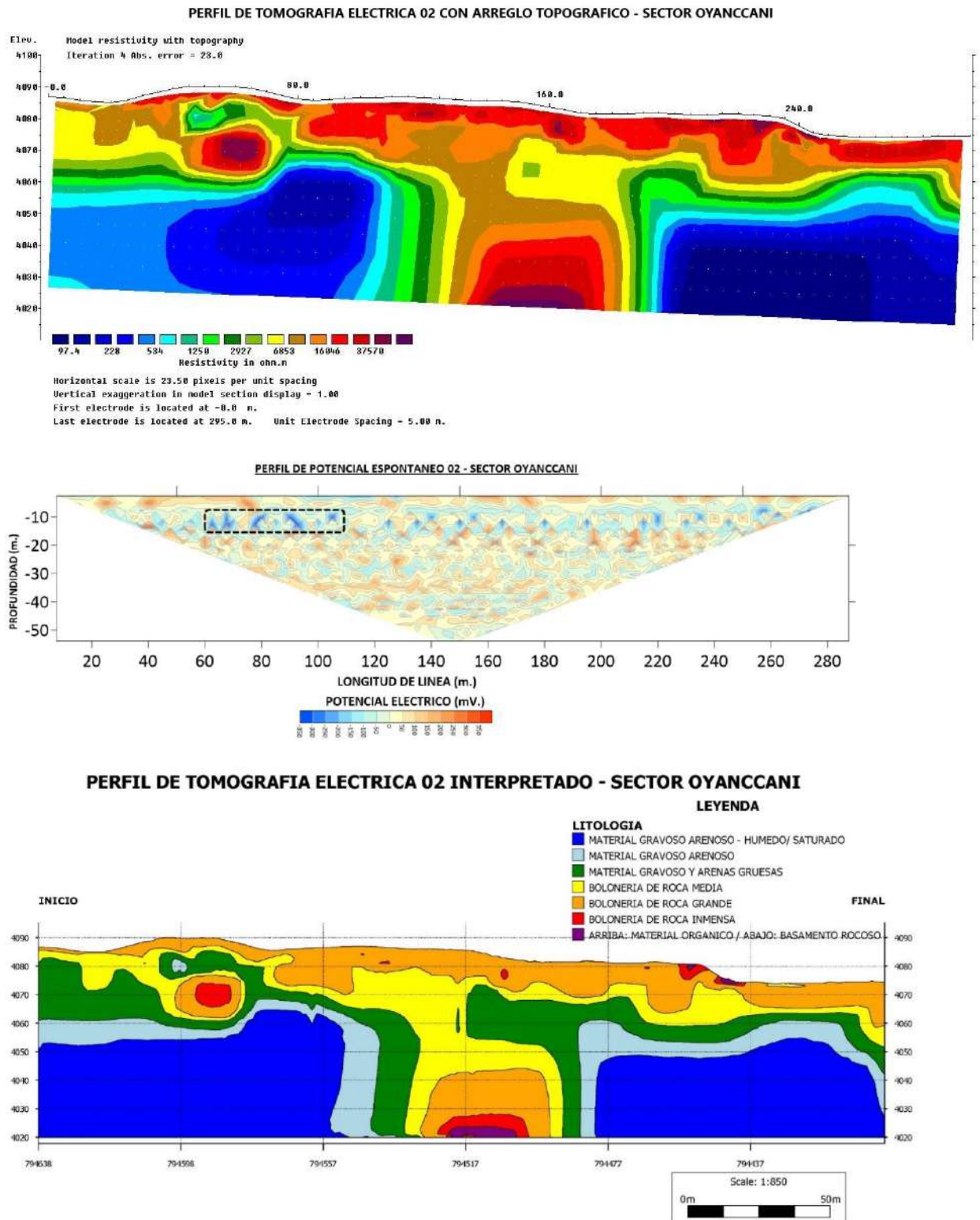
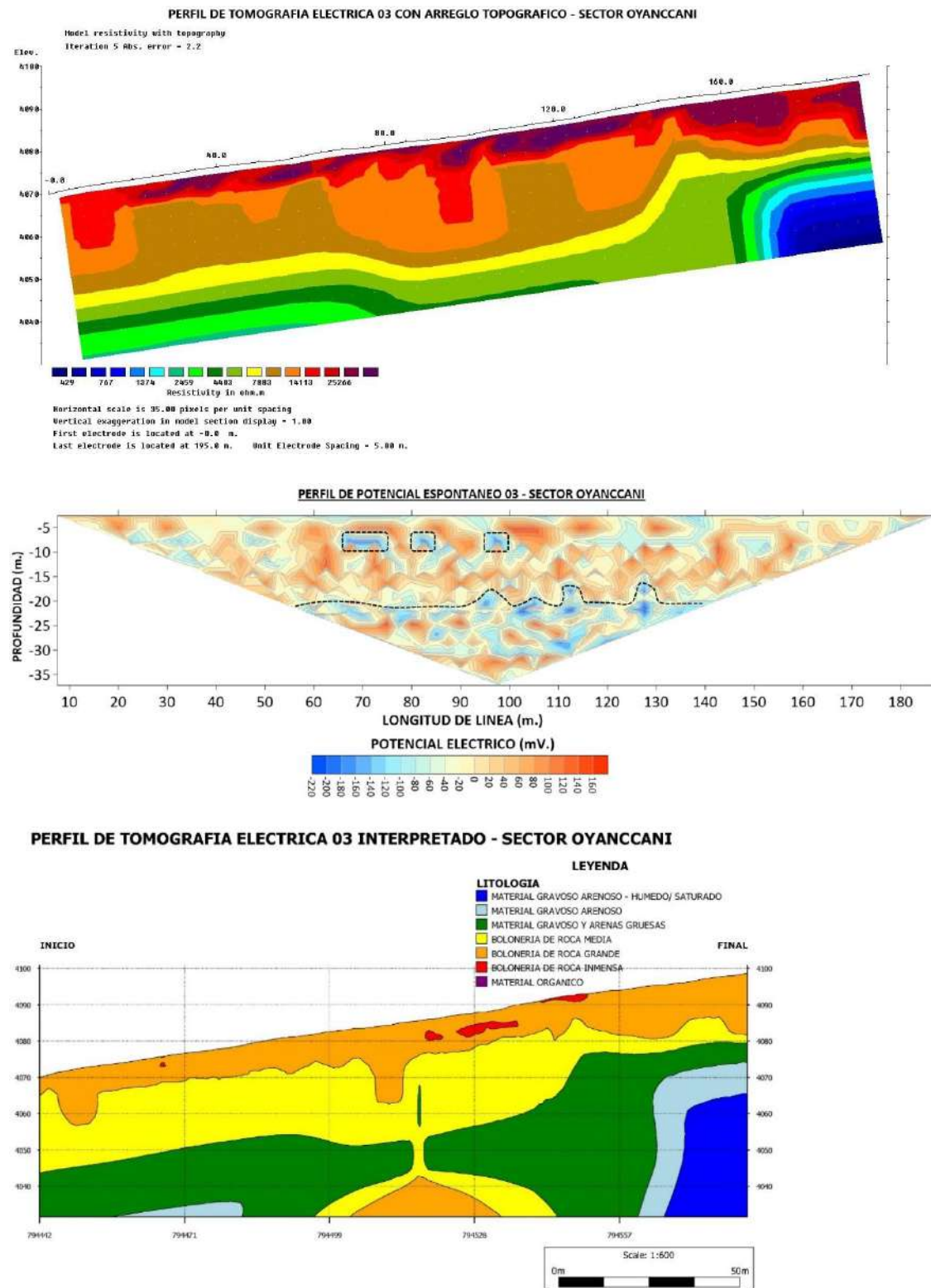




Figura 76 Secciones interpretadas de resistividades reales y potenciales espontáneos LINEA N°03

N°03

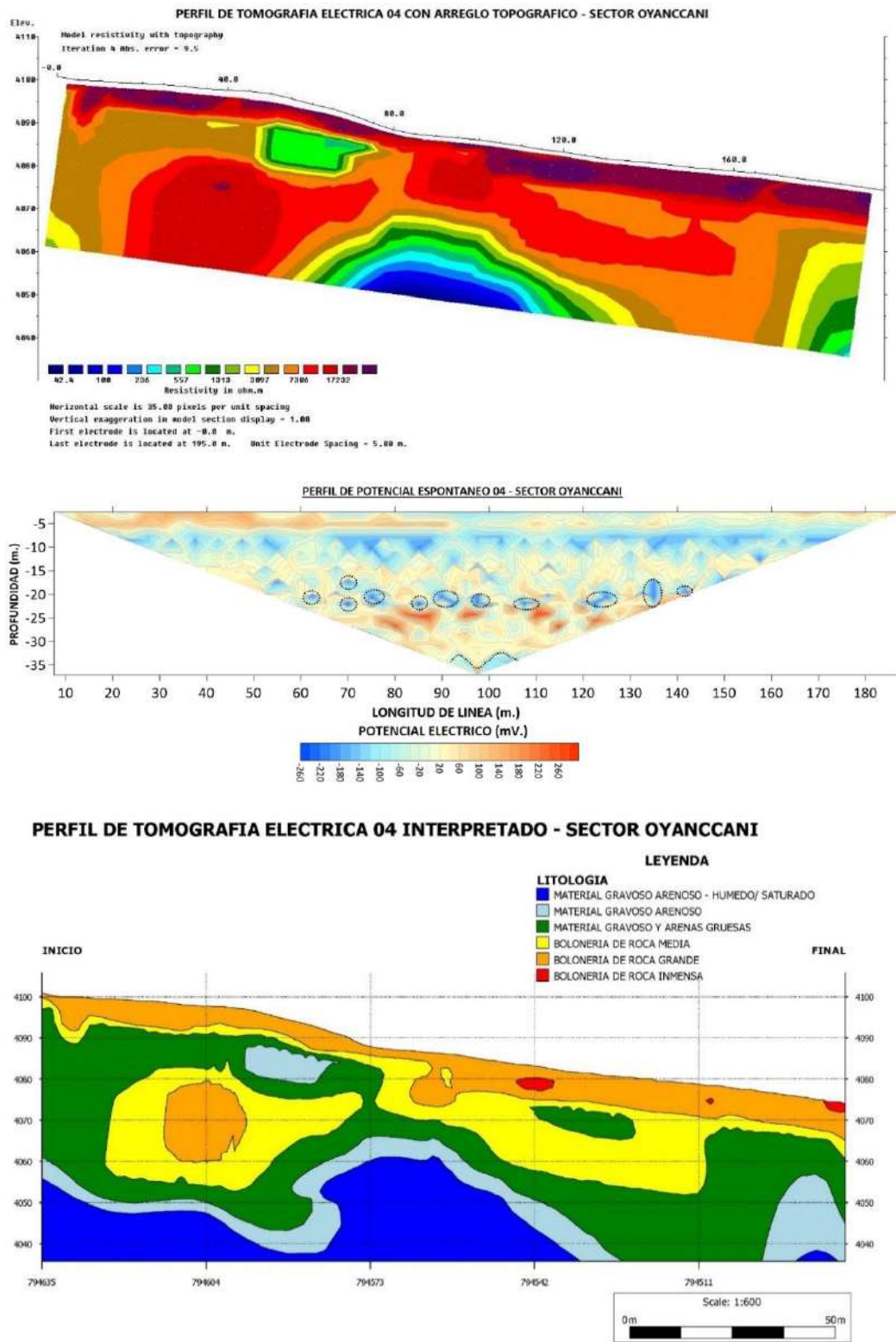


Br. Daniel Abed Davalos Manzanares
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado



Figura 77 Secciones interpretadas de resistividades reales y potenciales espontáneos LINEA N°04

N°04



Br. Daniel Abed Davalos Manzanares
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado



Figura 78 Interacción 3D de las secciones geo-eléctricas realizadas en el sector

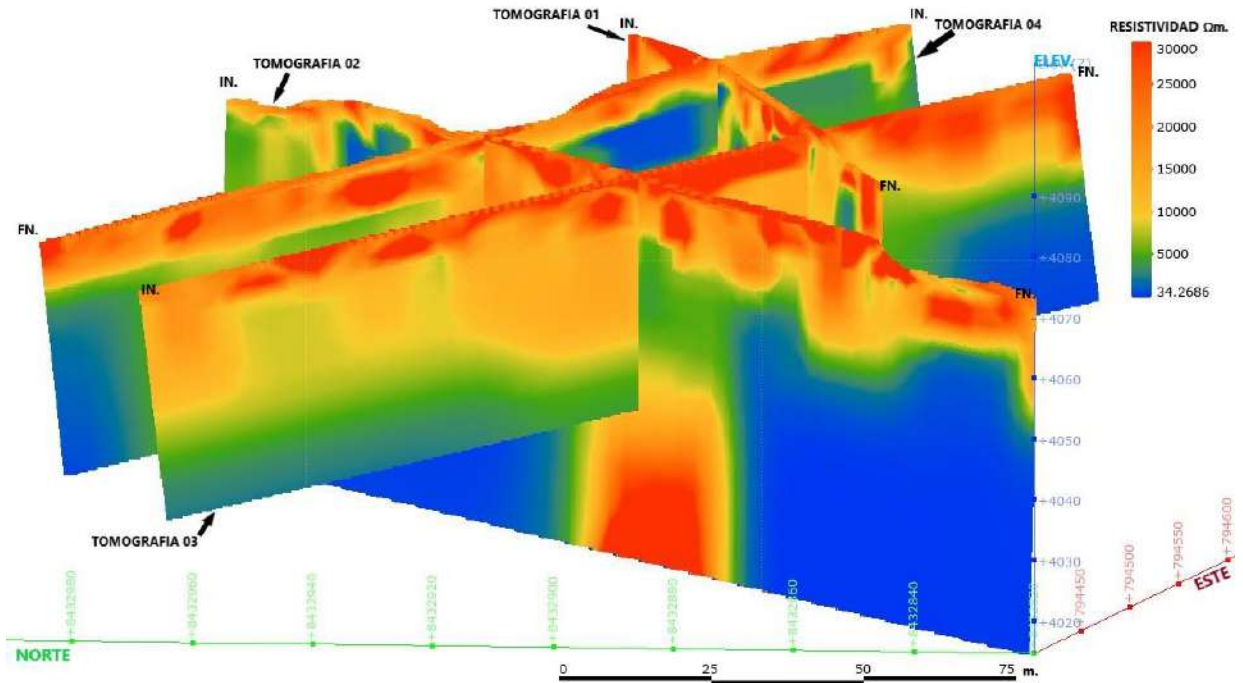
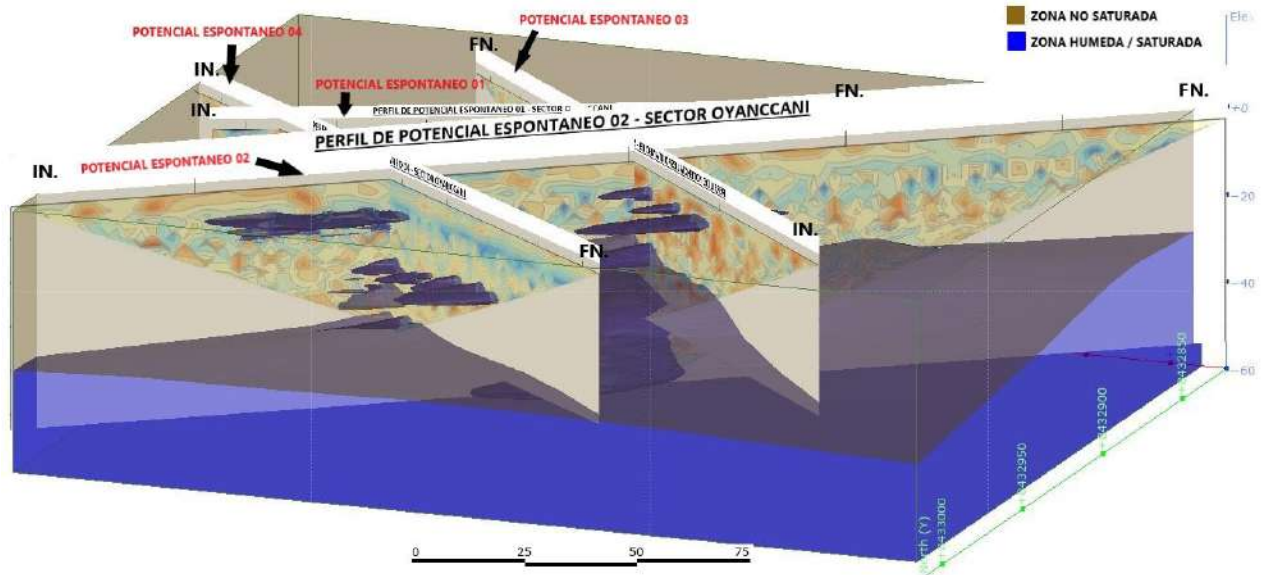


Figura 79 Interacción 3D de las secciones de potencial espontáneo realizadas en el sector



De los 4 ensayos de Tomografía de Resistividad Eléctrica en la zona de estudio, los resultados indican que no se alcanzó el basamento rocoso en las Tomografías 01 – 03 – 04, para esta



secciones las resistividades eléctricas altas se correlacionan con material cuaternario aluvial, botonería de roca, gravas gruesas, arenas gruesas y material arenoso; en la Tomografía Eléctrica 02, de 300 metros de longitud, el basamento rocoso se interpreta para una resistividad eléctrica superior a 50000 Ω m. en la parte central de la sección por debajo de 53 metros de profundidad. No se interpretaron fallas geológicas en los 4 perfiles de Tomografía Eléctrica, posiblemente en el basamento rocoso se puedan inferir por el método de tomografía eléctrica, con líneas de mayor longitud. Los Potenciales Espontáneos medidos en la misma ubicación de cada línea de Tomografía Eléctrica dieron valores menores a -100 mV. lo que indica flujos puntuales de agua subterránea en las ubicaciones que se describen en su capítulo, pequeñas venillas o vetillas de agua subterránea, humedeciendo por capilaridad otros sectores, por lo tanto se concluye bajo la conciliación de estos modelos geofísicos y geológicos que no existe acuífero en la zona de estudio, o no al menos hasta la profundidad de prospección (40 a 60 metros), pero a mayor profundidad posiblemente se encuentre uno, dado que aguas abajo (al Nor Oeste) se puede ver agua naciente de varios puntos. Las aguas subterráneas existentes en estas venillas o vetillas, son susceptibles a contaminación por lixiviados dado que la litología de la zona sobre la cual se ejecutará el proyecto no es impermeable, dada la cantidad de bolonería de roca y arenas. No se identifica un nivel freático continuo en la zona de estudio, los pequeños flujos o venillas de agua no clasifican a este para nivel freático. De acuerdo a los resultados obtenidos por medio del estudio geofísico se concluye que las aguas subterráneas se localizan por debajo de 15 metros, pero de manera puntual a forma de filtraciones focalizadas, constituyéndose como un acuífero detrítico focalizado por litologías permeables. El proyecto está planteado como un sistema de incineración por lo que se evitara cualquier contaminación por lixiviados, causado usualmente por sistemas de trincheras mal construidas permitiendo la filtración de contaminantes líquidos.



Capítulo VI. Características Generales del Área de Estudio

6.1. Características Socioeconómicas

El proyecto esta categorizado como un proyecto de ámbito distrital el cual abarca 27 comunidades. Por ello las características socioeconómicas se analizarán a nivel de distrito.

6.1.1. Características Sociales

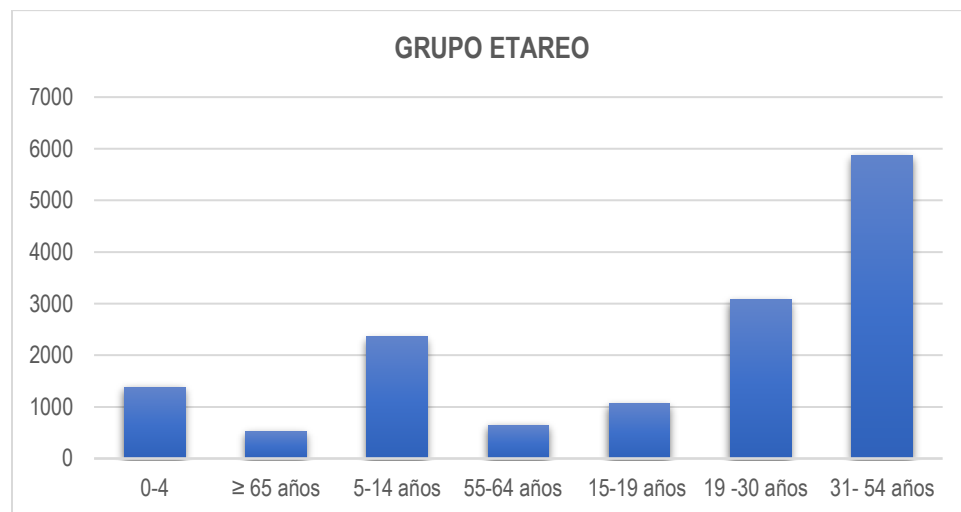
6.1.1.1. Población

La población a la cual afectara la infraestructura de residuos sólidos posee 14913 habitantes según el INEI – Censos de Población y Vivienda 2017.

Tabla 84 Grupos etareos del distrito de Challhuahuacho

GRUPO ETARIO							
GRUPO ETAREO	0-4	≥ 65 años	5-14 años	55-64 años	15-19 años	19 -30 años	31- 54 años
POBLACIÓN	1380	523	2357	642	1,066	3072	5873
TOTAL							14913

Figura 80 Grupos etareo del distrito de Challhuahuacho





6.1.1.2. Nivel Educativo

El 11.45% de la población del distrito no tiene ningún grado de instrucción, el 5.12% de la población alcanzó solo el nivel inicial, el 21.22% de la población tienen estudios de primaria completa, el 35.13% de la población alcanzó a culminar la secundaria; un aspecto muy importante es que la población tiene un escaso porcentaje de estudios superiores alcanzados, esto debido a la distancia del distrito con las instituciones educativas de nivel superior tanto a nivel de la provincia y de la región.

Tabla 85 Nivel educativo del distrito de Challhuahuacho

NIVEL EDUCATIVO										
Sin Nivel	Inicial	Primaria	Secundaria	Básica especial	Superior no universitaria incompleta	Superior no universitaria completa	Superior universitaria incompleta	Superior universitaria completa	Maestría / Doctorado	
1568	701	2905	4809	10	552	1535	368	1093	150	13691
TOTAL										27382

6.1.1.3. Cobertura de Salud

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el 21.16% (3, 073 habitantes) de la población del distrito de Challhuahuacho no tiene ningún tipo de seguro, el 49.71% (7,221 habitantes) de la población está afiliada únicamente al seguro integral de salud (SIS) y el 21.17% (2,929 habitantes) de la población está afiliada únicamente a la ESSALUD.

6.1.1.4. Idioma

Según resultados del Censo Nacional XII de Población y VII de Vivienda de 2017, el quechua es el idioma que la mayoría de la población del distrito de Challhuahuacho aprendió hablar en su niñez. Se registró que 9,065 personas (66.41%). Seguido del castellano con 4,465 personas (30.74%) que manifestaron haber aprendido este idioma en la niñez.



6.1.1.5. Religión

En el censo nacional 2017: se indagó por la religión que profesa la población de 12 a más años de edad. Los resultados revelan que 8.966 (78.03%) personas de 12 y más años de edad profesan la religión católica, 1,058 (9.22%) personas profesan la religión evangélica, mientras que 533 (3.09%) no profesan ninguna religión.

6.1.2. Características Económicas

Según área de residencia, la población en edad de trabajar del área urbana alcanzó los 4,745 habitantes y la población en edad de trabajar del área rural alcanzó los 6,043 habitantes.

6.1.2.1. Actividad Agrícola

La producción agrícola es precaria puesto que está sujeta a las precipitaciones periódicas que se dan durante los meses de octubre a marzo. No presenta infraestructura que capte y conduzca las aguas para el riego de los cultivos. La extensión territorial en la Microcuenca Challhuahuacho, es comunal al 100%, no se identifican propiedades particulares y la tenencia de la tierra en promedio es de 03 Hectáreas por familia. Se compone de tierras en secanos, donde se acostumbra “hacer descansar” a los terrenos llamados “muyus” o “laymes”, por espacios que varían entre 5 a 6 años, con la finalidad de que los suelos recuperen su fertilidad natural.

La cédula de cultivos en el ámbito de las comunidades es de papa, quinua, cebada y ollucos (CC. Chontahuillque y Choccoyo) papa, cebada, haba, olluco y quinua (CC. Lahuani), a pesar de carecer de infraestructura de riego y agropecuaria. La tecnología a nivel de la zona, es de tipo tradicional y ecológica (no uso de pesticidas o fertilizantes nitrogenados); tampoco se identifica el uso de vehículos especializados (tractores agrícolas) o herramientas modernas. Se trabajan cultivos puros, dando prioridad a los diferentes cultivos comerciales y de autoconsumo. No se trabajan cultivos asociados. El abono de mayor uso a nivel del ámbito de la zona, es el guano de corral, fundamentalmente es utilizado en el cultivo de la papa, este abono es utilizado



sin un manejo adecuado debido a la falta de capacitación de los agricultores. Los agricultores adquieren las semillas a través de compra o trueque. La semilla para la siembra es la papa nativa, no hay introducción de variedades híbridas que tienen mayores rendimientos, que requieren de fertilización adecuada por no estar al alcance de los agricultores comuneros. El principal cultivo es la papa, seguido por la cebada grano, olluco, el haba grano verde y el haba grano seco.

6.1.2.2. Actividad Pecuaria

La actividad pecuaria se concentra en la crianza de ovinos, seguido por la crianza de vacunos y equinos. La mayoría del ganado es criollo, aunque existen familias que poseen ganado mejorado, pero estas son minoría. Para la cría de ganado se acondicionan espacios específicos, conocidos como cercos, corrales y astanas.

La actividad pecuaria es el principal capital económico de la población rural, que por la venta de animales obtienen ingresos económicos para cubrir sus necesidades; sin embargo, preocupa las condiciones no adecuadas de crianza, que no es acorde a las condiciones ambientales de la zona, cuya aptitud del uso del suelo que está desprovisto de cobertura vegetal por el sobre pastoreo, que no garantiza la provisión de forraje para la alimentación de los ganados.

6.1.2.3. Actividad Comercial y de Servicios

Es la segunda actividad económica más importante en el distrito, debido al número de personas que se dedican a la actividad comercial y oferta de servicios. Challhuahuacho se constituye en el centro comercial al que acuden los pobladores de los centros urbanos próximos en busca de productos y servicios; presenta la mayor dinámica económica de la provincia de Cotabambas, hasta hace muy poco era el tercero en población de la provincia, pero desde el año 2008 al comenzar la etapa de construcción del megaproyecto minero Las Bambas y la ciudad de Nueva Fuerabamba, sufre un crecimiento exponencial por la población migrante, incrementando su densidad poblacional y con ello el requerimiento de servicios básicos como hospedaje y



alimentación, y la provisión de productos alimenticios. El distrito cuenta con un pequeño mercado que opera durante las ferias comerciales de los días domingos, el cual no constituye un espacio adecuado para el expendio de productos de primera necesidad. Actualmente este intercambio comercial se realiza en un espacio insalubre e inadecuado, a lo largo de la vía Challhuahuacho – Progreso.

6.1.3. Características de los Servicios Básicos

6.1.3.1. Cobertura y déficit de agua por red pública domiciliaria

Según el Censo de Población y Vivienda de 2017; en cuanto al servicio de agua potable en el distrito de Challhuahuacho tenemos que el 45.7% de las viviendas se abastece de red pública dentro de la vivienda, el 29.78% de las viviendas se abastece de pilón o pileta de uso público, el 16.80% de las viviendas se abastece de agua mediante pozo (agua subterránea), el 7.7% no tienen agua por red pública. Cabe destacar que menos del 50% de las viviendas se abastece de agua mediante red pública dentro de la vivienda.

Tabla 86 Red pública domiciliaria del distrito de Challhuahuacho

Cobertura y déficit de agua por red pública domiciliaria			
Con agua por red pública domiciliaria	Pileta de uso publico	Pozo (agua subterránea)	No tienen agua por red publica
1494	973	549	251
Total			3267

6.1.3.2. Sistema de eliminación de excretas

Según el Censo de Población y Vivienda de 2017; el 77.23% de las viviendas en el distrito de Challhuahuacho utilizan pozos ciegos o negros para eliminar excretas, el 33.95% de las viviendas cuentan con redes públicas de desagüe dentro de la vivienda, el 43.46% de las viviendas cuentan con pozo ciego o negro; cabe destacar que menos del 50% de las viviendas cuentan con red de desagüe dentro de la vivienda.



Tabla 87 Sistema de eliminación de excretas del distrito de Challhuahuacho

SERVICIO HIGIÉNICO QUE TIENE LA VIVIENDA							
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	Red pública de desagüe fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación	Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	Letrina (con tratamiento)	Pozo ciego o negro	Río, acequia, canal o similar	Campo abierto o al aire libre	Otro
1109	176	112	163	1420	45	217	25
Total							3267

6.1.3.3. Viviendas con cobertura y déficit de alumbrado eléctrico por red pública

En cuanto al sistema de alumbrado eléctrico se tiene lo siguiente; el 69.97% (456 viviendas) de las viviendas SI tiene alumbrado eléctrico, mientras que el 30.03% (712 viviendas) de las viviendas No tiene alumbrado eléctrico

Tabla 88 Alumbrado público del distrito de Challhuahuacho

Viviendas con cobertura y déficit de alumbrado eléctrico por red pública	
Con alumbrado eléctrico	Sin alumbrado eléctrico
2286	981
Total	3267

6.2. Características Físicas de la Zona a Evaluar

6.2.1. Cobertura Vegetal

Para la determinación de la cobertura vegetal se procedió a la distribución mediante el software ArcGIS por medio de la clasificación No supervisada que de acuerdo a los pixeles de la foto satelital extraída de SASPLANET se agrupo en 5 clases, las cuales se describen a continuación:

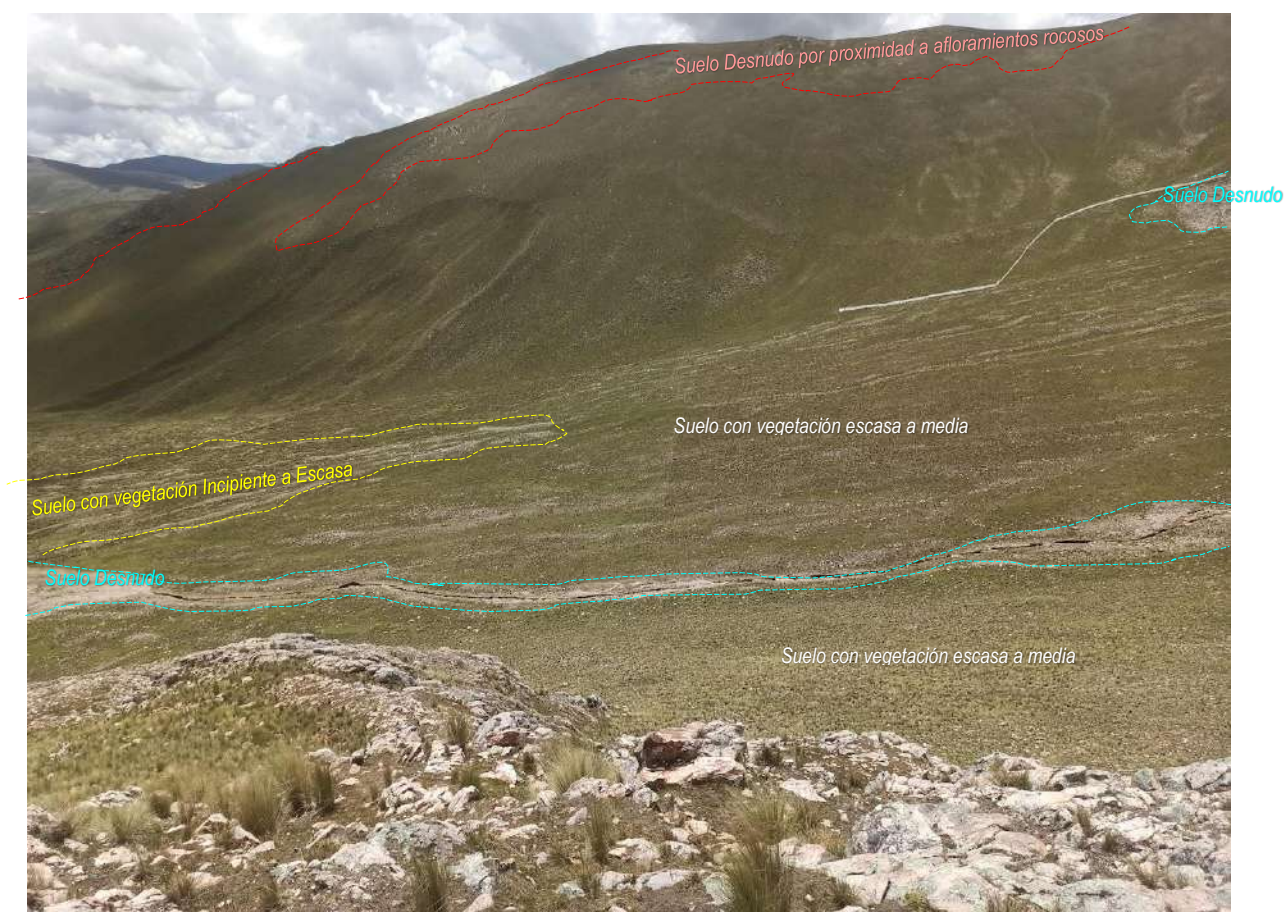


Tabla 89 Cobertura Vegetal a Clasificación No Supervisada (Gridcode)

DESCRIPTORES	Clasificación No Supervisada (Gridcode)	Cobertura Vegetal
Descriptor 1	5	Suelo desnudo
Descriptor 2	4	Vegetación Incipiente a Muy Escasa
Descriptor 3	3	Vegetación Escasa
Descriptor 4	2	Vegetación Media
Descriptor 5	1	Vegetación Densa

En el sector de estudio se observó que existen 5 clases de cobertura vegetal.

Fotografía 14 Unidades de Cobertura vegetal Uyanccany

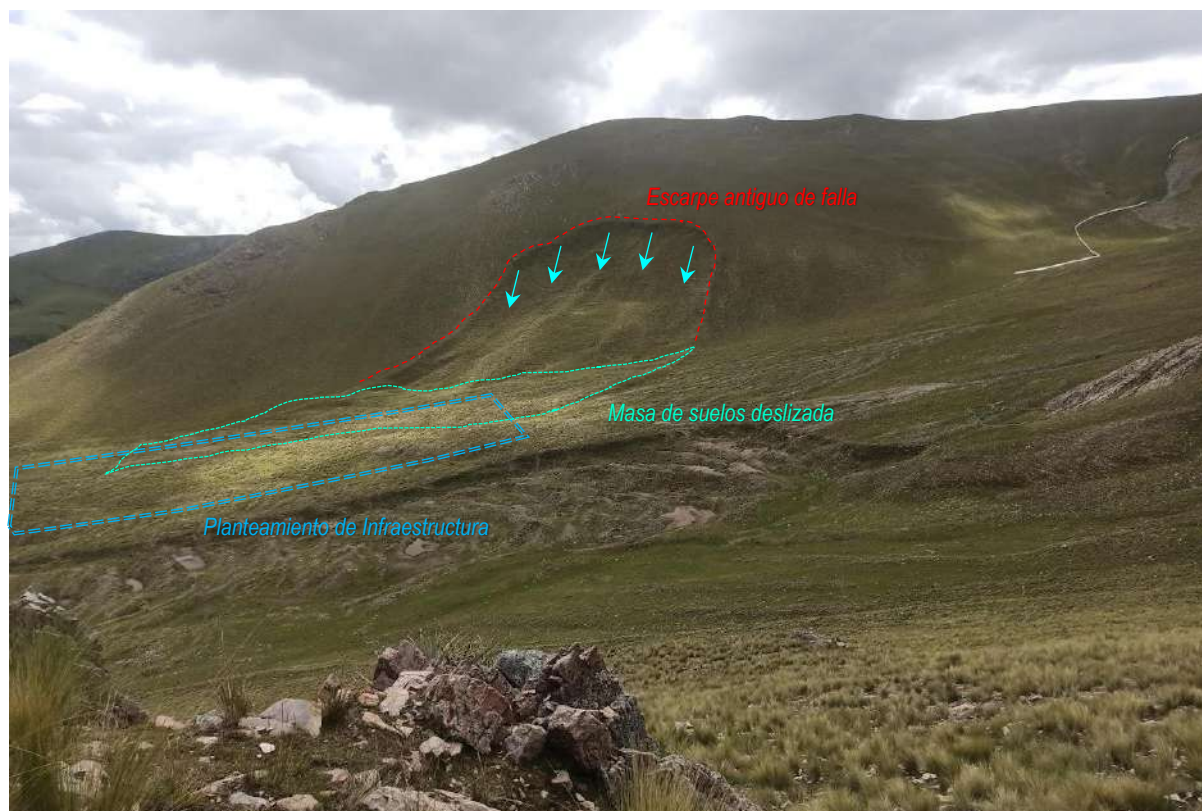




Capítulo VII. Análisis de Estabilidad de Taludes

Debido a escarpes antiguos evidenciados en las visitas de campo, así como imágenes satelitales, se ha determinado susceptibilidad al peligro por el fenómeno de deslizamiento, por ello se ha realizado el análisis de estabilidad de taludes del sector de estudio para poder calcular los factores de seguridad, que a su vez sectorizaran las áreas con predisposición a desprendimiento en las laderas colindantes (Ver Anexos Mapa 13).

Fotografía 15 Escarpe antiguo colindante al planteamiento de la infraestructura de residuos sólidos.





De acuerdo a la visita y recorrido de campo se ha inferido que dichos deslizamientos antiguos se generaron por sobresaturación del terreno, lo que generó el aumento del peso del suelo, disminución de la resistencia por el agua absorbida y aumento de la presión de poros.

Figura 81 Material de deslizamiento antiguo con respecto al área de estudio

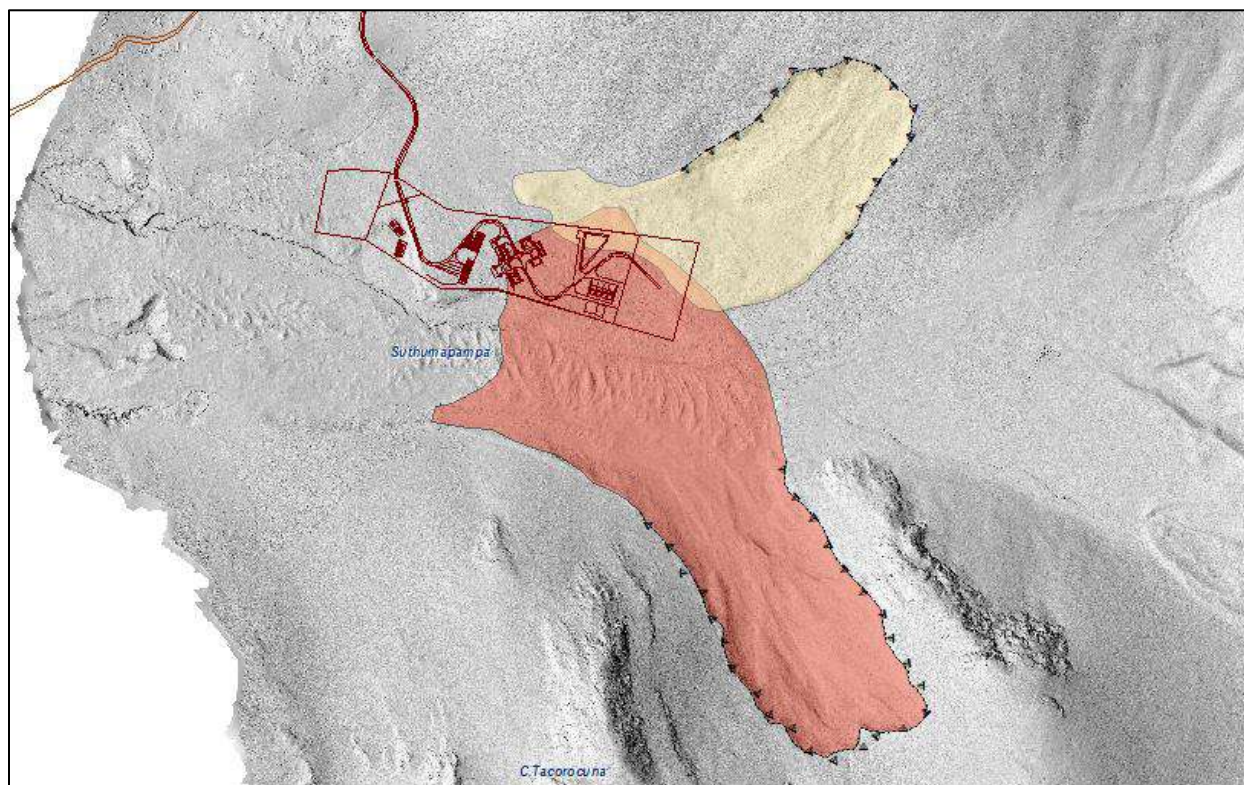
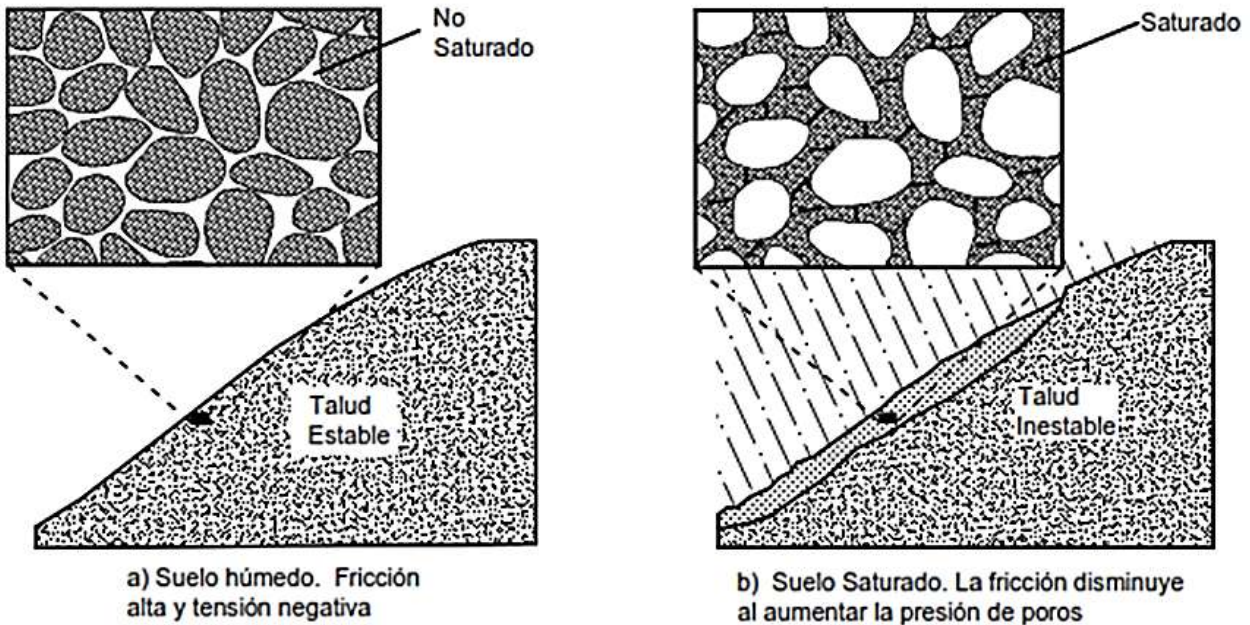




Figura 82 Material de deslizamiento antiguo con respecto al área de estudio



Fuente: Suarez J. (2009). *Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico. 1ra Edición. Universidad Industrial de Santander. Colombia. Pag 77.*

Para el respectivo análisis computacional se utilizó el software Slide, el cual analiza la estabilidad de taludes de acuerdo al método de equilibrio límite.

Debido a sus características el método a utilizar será el de Morgenstern y Price, el cual analiza superficies de falla de cualquier forma, con equilibrio de momentos y fuerzas.

7.1. Análisis de Estabilidad de Taludes Bajo Acción Sísmica

En el caso del análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas (sísmicas) se empleó la aceleración máxima horizontal según lo establecido en la norma E.030 Sismorresistente, Figura 83. El distrito de Challhuahuacho se ubica en la zona 2. El valor de la aceleración horizontal máxima para el análisis pseudoestáticas, se empleará 1/2 de la aceleración horizontal máxima en la componente horizontal y según la norma Sismorresistente E030 en el caso de considerar la influencia de la componente vertical en el movimiento sísmico,



se deberá estimar los $\frac{2}{3}$ del valor de aceleración horizontal máxima, sin embargo esta última aceleración máxima vertical será opcional debido a que el mayor proceso destructivo se amplifica de manera horizontal según diversos autores.

Figura 83 Mapa de zonificación sísmica



Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones D.S. N° 003-2016-VIVIENDA

En la Cuadro N°90, se indica el factor asignado a cada zona (PGA= peak ground acceleration) para un período de retorno $T=500$ años, de acuerdo con las 4 zonas en las que se divide el Perú.



Tabla 90 Factor de la zona

Zona	Z(PGA)
1	0.10
2	0.25
3	0.35
4	0.45

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones D.S. N° 003-2016-VIVIENDA

En el Perú se emplean cuatro normativas de las varias que existen a nivel nacional e internacional, las cuales regulan el coeficiente de seguridad aceptable en condiciones estáticas y pseudoestáticas (sísmicas), de acuerdo con la temporalidad y situación de cálculo de análisis de estabilidad. En la Cuadro N°91 se indican los factores de seguridad de acuerdo con las normativas y que son aceptados en Perú.

Tabla 91 Factores de seguridad según distinta normativa

Normativa	Talud temporal		Talud permanente	
	Estática	Sísmica	Estática	Sísmica
AASHTO	1.3 – 1.53	1.1	1.33 – 1.53	1.1
NAVFAC-DM7	1.3 – 1.25	1.15 – 1.2	1.5	1.15 – 1.2
FHWA		1.1	-	1.1
CE 020			1.5	1.25

Fuente: Revista CIVILIZATE N° 7, 2015, Dónde: LRFD = Load and Resistance Factor Desing

Por ello, se puede deducir que, un talud permanente es INESTABLE cuando el factor de seguridad en condiciones estáticas es menor a 1.5 y en condiciones pseudoestáticas es menor a 1.25, con referencia a la norma peruana CE020.

7.2. Propiedades Geotécnicas de las Litologías de los Taludes

Las propiedades geotécnicas de los substratos para el análisis de estabilidad de taludes, se tomaron en base a los estudios geotécnicos y de mecánica de suelos, situados en las proximidades del talud desarrollados con el fin de determinar la capacidad portante, así como las estaciones estructurales desarrolladas en el estudio geológico del proyecto.



Figura 84 Localización de calicatas para ensayos geotécnicos



Nota: Modificado de Google Earth.

Tabla 92 Propiedades Geotécnicas

CALICATA	ESTE	NORTE	ZONA
C01-UT	794321.00	8433302.00	WGS 18L Sur
C02-UT	794322.00	8433144.00	
C03-UT	794512.00	8433056.00	
C01-PI	794354.00	8433177.00	
C02-PI	794447.00	8433089.00	
C03-PI	794485.00	8432998.00	

Tabla 93 Propiedades Geotécnicas UT

Cal.	Df (m)	Clasificación SUCS	Límites de Consistencia (LL-LP-IP)			Humedad (%)	γ (t/m ³)	Cohesión (KPa)	Φ (°)	Q adm. (Kg/cm ²)	Asiento Total (cm)	N.F (m)
			28	19	9							
C-01	1.50	GC	28	19	9	14.50	1.91	9.63	32.41°	1.40	0.495	NP
C-02	1.50	GC	28	17	11	10.86	1.97	6.89	33.60°	1.59	0.465	NP
C-03	1.50	GC	29	18	11	12.59	1.95	5.40	32.75°	1.44	0.481	NP



Tabla 94 Propiedades Geotécnicas PI C-01

Calicata : C - 01 Profundidad de excavación = 1.80 m.
Profundidad de exploración = 1.80 m.

Punto	Estrato	C.H. %	Granulometría %			Límites %			Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	
C-01	E-2	--	--	--	--	--	--	--	SM Arena Limosa
	E-1	8.51	48.32	24.75	26.93	N.P.	N. P.	N. P.	GM Grava Limosa con Arena

* El estrato de interés corresponde al E-1, para el E-2 se ha realizado la identificación y reconocimiento de estrato manual y visual.

Punto	Estratos	Potencia (m)	Clasificación SUCS	ϕ (°)	C Kg/cm ²
C - 01	E-2	0.30	SM Arena Limosa	32° 28' 13"	0.00
	E-1	1.50	GM Grava Limosa con Arena	31° 41' 19"	0.00

		q_a (kg/cm ²)				q_a Mínima (kg/cm ²)
		Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic	
D_r (m)	0.30	-	0.37	0.61	0.61	0.37
	0.60	-	0.66	1.16	1.16	0.66
	0.90	-	1.05	2.00	2.00	1.05
	1.20	-	1.37	2.59	2.59	1.37
	1.50	-	1.78	3.47	3.47	1.78
	1.80	-	2.05	4.05	4.05	2.05

Fuente: Propia.



Tabla 95 Propiedades Geotécnicas PI C-02

Calicata : C - 02 Profundidad de excavación = 2.40 m.
Profundidad de exploración = 2.40 m.

Punto	Estrato	C.H. %	Granulometría %			Límites %			Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	
C-02	E-2	--	--	--	--	--	--	--	SM Arena Limosa
	E-1	7.57	61.55	24.06	14.39	N.P.	N. P.	N. P.	GM Grava Limosa con Arena

* El estrato de interés corresponde al E-1, para el E-2 se ha realizado la identificación y reconocimiento de estrato manual y visual.

Punto	Estratos	Potencia (m)	Clasificación SUCS	ϕ (°)	C Kg/cm ²
C - 02	E-2	0.30	SM Arena Limosa	32° 28' 13"	0.00
	E-1	2.10	GM Grava Limosa con Arena	35° 12' 19"	0.00

		q _a (kg/cm ²)				q _a Mínima (kg/cm ²)
		Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic	
D _r (m)	0.30	-	0.37	0.61	0.61	0.37
	0.60	-	1.36	2.52	2.52	1.36
	0.90	-	0.67	1.26	1.26	0.67
	1.20	-	1.16	2.19	2.19	1.16
	1.50	-	1.35	2.62	2.62	1.35
	1.80	-	1.69	3.10	3.10	1.69
	2.10	-	2.83	3.96	3.96	2.83
	2.40	-	4.84	4.91	4.91	4.84

Fuente: Propia.



Tabla 96 Propiedades Geotécnicas PI C-03

Calicata : C - 03 Profundidad de excavación = 2.70 m.
Profundidad de exploración = 2.70 m.

Punto	Estrato	C.H. %	Granulometría %			Límites %			Clasificación SUCS
			Grava	Arena	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	
C-02	E-2	--	--	--	--	--	--	--	SM Arena Limosa
	E-1	7.99	53.05	23.87	23.07	N.P.	N. P.	N. P.	GM Grava Limosa con Arena

* El estrato de interés corresponde al E-1, para el E-2 se ha realizado la identificación y reconocimiento de estrato manual y visual.

Punto	Estratos	Potencia (m)	Clasificación SUCS	ϕ (°)	C Kg/cm ²
C - 02	E-2	0.30	SM Arena Limosa	31° 41' 19"	0.00
	E-1	2.40	GM Grava Limosa con Arena	35° 59' 12"	0.00

		q_0 (kg/cm ²)				q_0 Mínima (kg/cm ²)
		Skempton	Terzaghi	Meyerhof	Vesic	
D _r (m)	0.30	-	0.33	0.53	0.53	0.33
	0.60	-	1.49	2.76	2.76	1.49
	0.90	-	0.93	1.76	1.76	0.93
	1.20	-	1.13	2.13	2.13	1.13
	1.50	-	1.38	2.67	2.67	1.38
	1.80	-	1.69	3.10	3.10	1.69
	2.10	-	2.66	3.80	3.80	2.66
	2.40	-	4.45	4.71	4.71	4.45
	2.70	-	5.21	5.21	5.21	5.21



Figura 85 Valores utilizados en el análisis de estabilidad SLIDE. Dep. Aluvial (GM-GC)

Define Material Properties

Dep. Aluvial(GM)

Name: Dep. Aluvial(GM) Colour: [Light Blue] Hatch: [Black]

Unsaturated: 19.5 kN/m³ Saturated U.W.: 20.5 kN/m³

Strength Type: Mohr-Coulomb $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$

Strength Parameters: Cohesion: 5.4 kN/m² Phi: 32.41 degrees

Water Parameters: Water Surface: Water Table Hu: Custom 1

Buttons: Copy To..., Show only properties used in model, OK, Cancel

Figura 86 Valores utilizados en el análisis de estabilidad SLIDE. Cuarcita

Define Material Properties

Cuarcita

Name: Cuarcita Colour: [Light Green] Hatch: [Black]

Unsaturated: 27 kN/m³ Saturated U.W.: 28 kN/m³

Strength Type: Gen. Hoek-Brown $\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}((m_b \sigma_3 / \sigma_{ci}) + s)^a$

Strength Parameters: UCS (intact): 250000 kN/m² mb: 4.306036
s: 0.0084141 a: 0.503516

Water Parameters: Water Surface: Water Table Hu: Custom 0

Buttons: Copy To..., Show only properties used in model, OK, Cancel



7.3. Cálculos de Factores de Seguridad en los Taludes Analizados

Luego de realizar el cálculo mediante el software SLIDE, se ha podido determinar los valores numéricos de los factores de seguridad obtenidos mediante el método de GLE-MORGENSTERN PRICE con unos valores de 0.125 en componente sísmica horizontal y en condiciones saturadas de las litologías, finalmente se ha filtrado los valores para localizar los factores de seguridad menores a 1.25 en condiciones pseudoestáticas, los cuales constituyen los taludes inestables, dando como resultado las siguientes figuras:

Figura 87 Corte 01 en condiciones pseudoestáticas saturadas

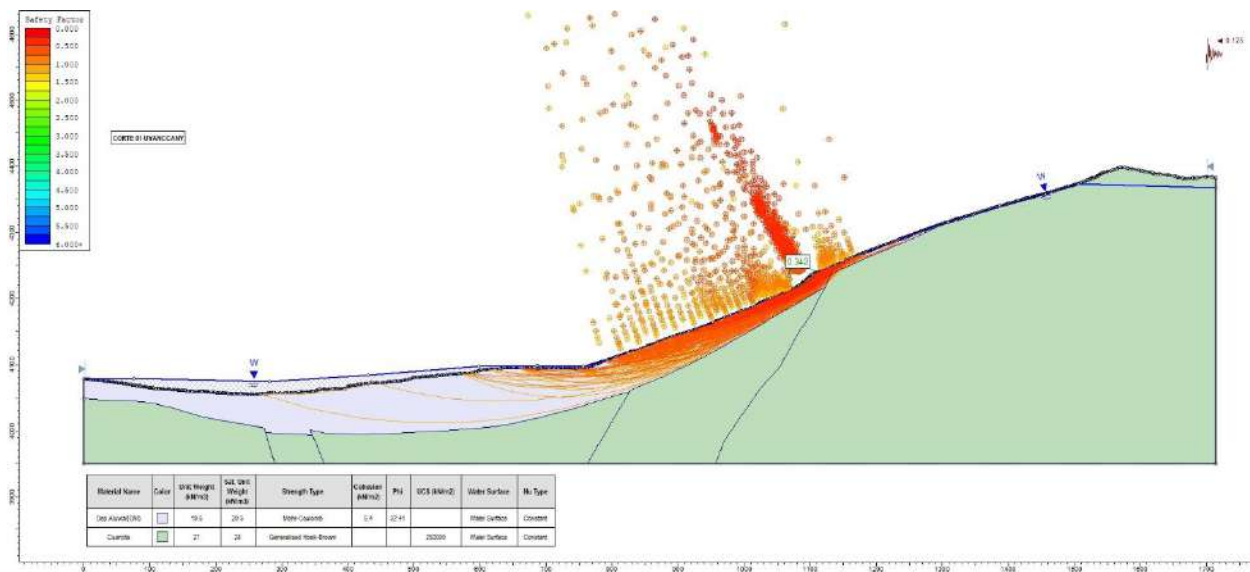




Figura 88 Corte 02 en condiciones pseudoestáticas saturadas

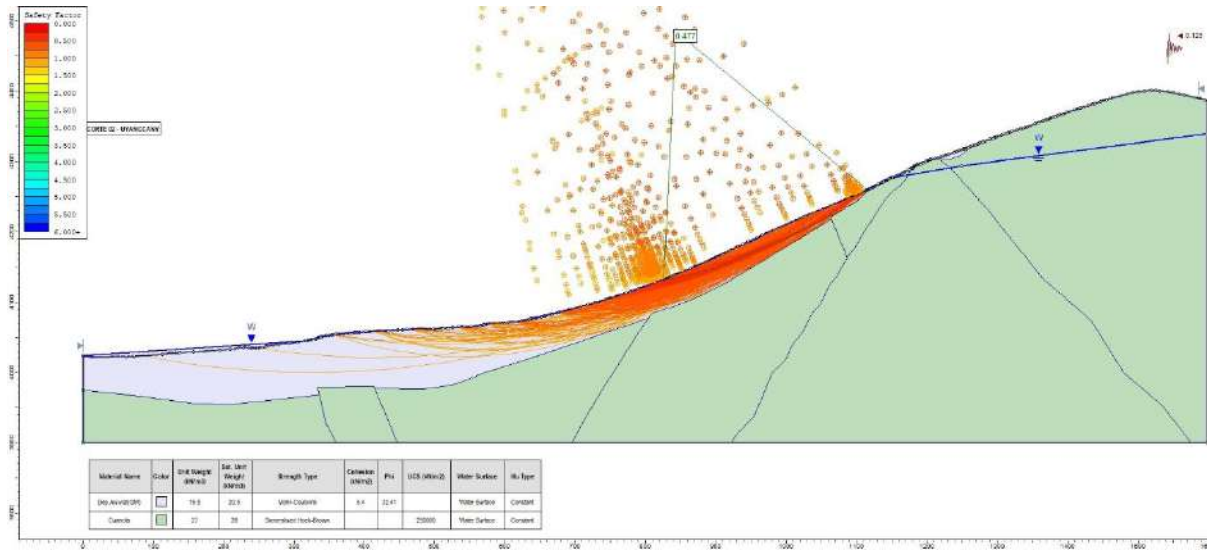
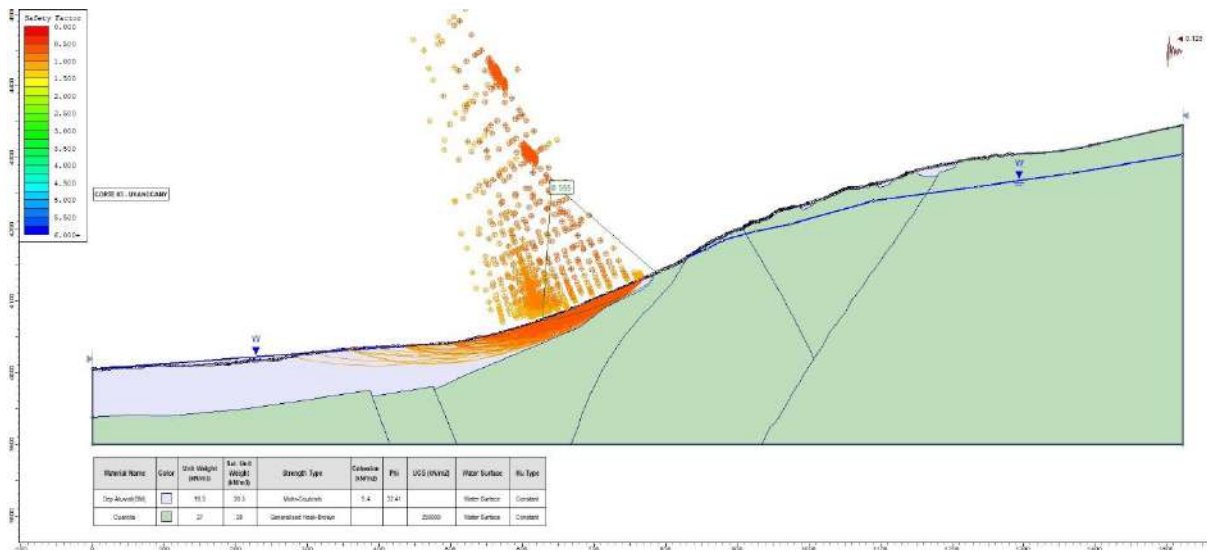


Figura 89 Corte 03 en condiciones pseudoestáticas saturadas





7.4. Caída de Rocas

Este tipo de movimiento en masa es uno de los más impredecibles en cuanto a la velocidad, trayectoria que siguen los bloques y la distancia que ellos pueden alcanzar, dependiendo estas de la morfología del terreno.

Causas:

- Terreno con pendiente escarpada, se observan también taludes subverticales a verticales.
- Roca poco a medianamente fracturada persistente y abierto, ello favorece la infiltración de aguas, que aceleran la meteorización de la roca, ocasionando el debilitamiento del macizo rocoso.
- El macizo rocoso presenta un diaclasamiento a favor de la pendiente.
- Ausencia de vegetación.



Figura 90 Corte 01 analizado en función a la caída de rocas

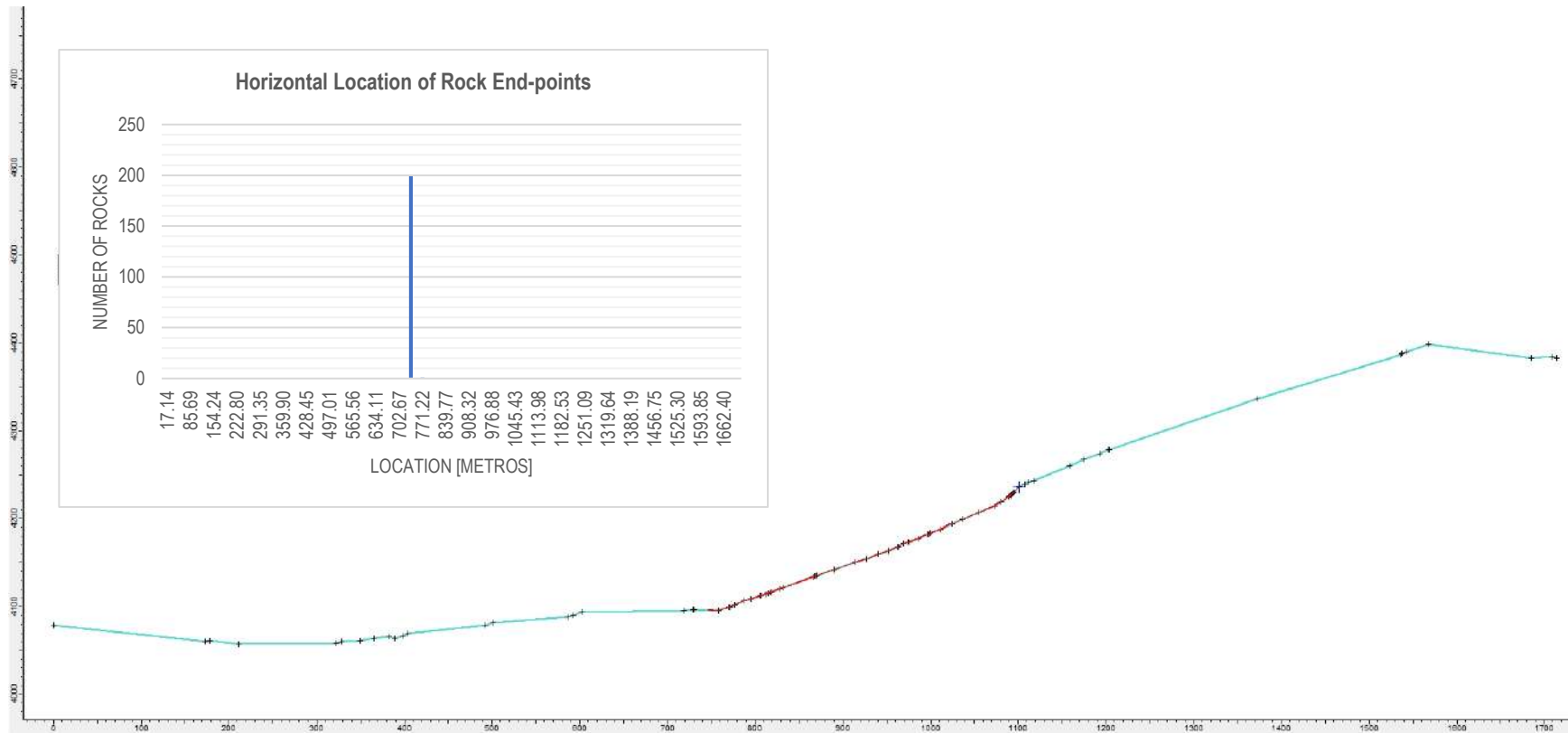




Figura 91 Corte 02 analizado en función a la caída de rocas

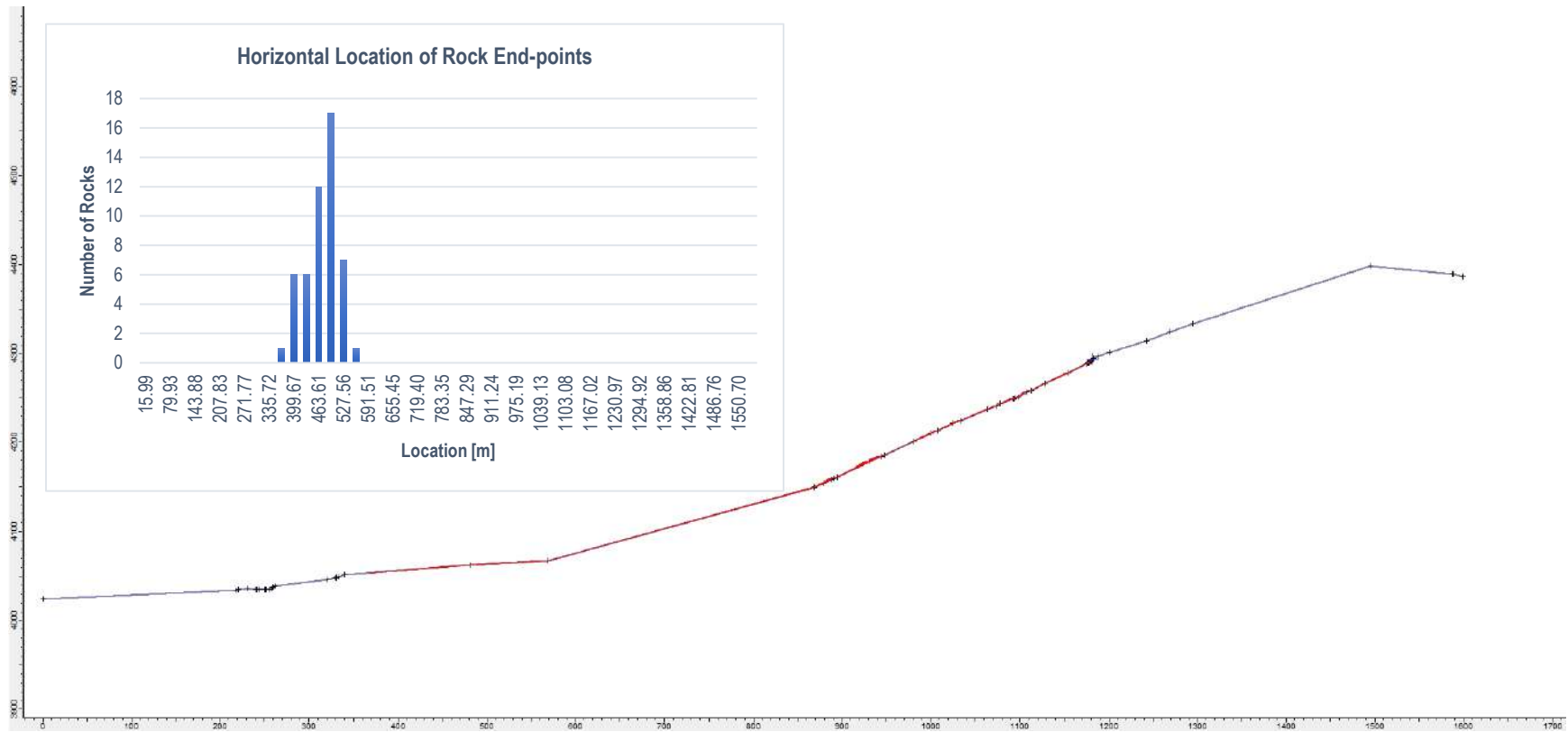
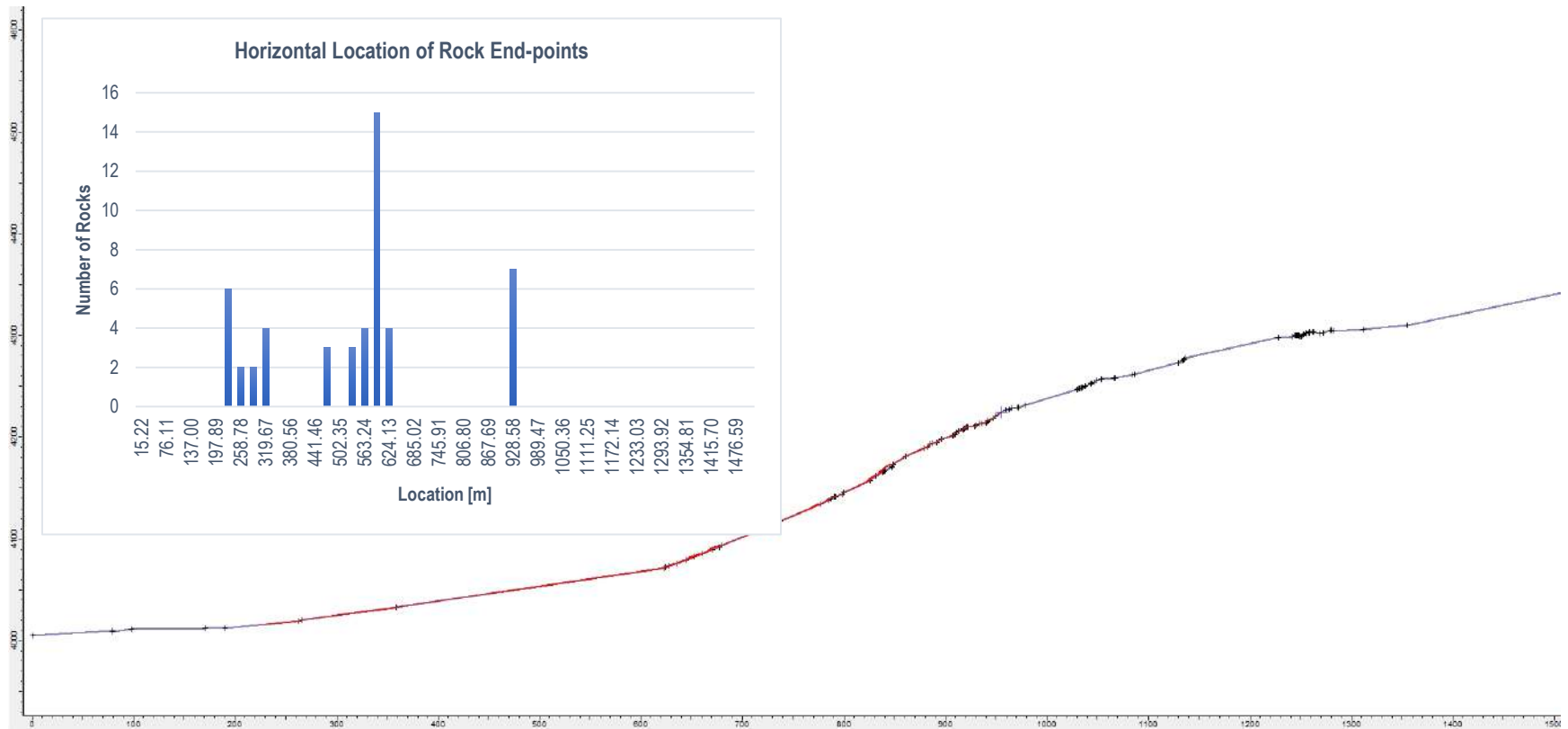




Figura 92 Corte 03 analizado en función a la caída de rocas





Fotografía 16 Rocas sueltas en las partes altas de las laderas en dirección SE hacia el cerro

Connorchana



De acuerdo al análisis por medio del software Rocfall se pudo determinar la distancia de recorrido cuando se desarrolle el fenómeno de caída de rocas, dando como resultado:

- **Corte 01:** distancia de recorrido es hasta 736.94 metros del inicio del perfil al SW, mientras que la infraestructura de residuos sólidos se encuentra hasta 665.49 metros, por lo que este fenómeno no compromete la infraestructura planteada de acuerdo al análisis en este perfil.
- **Corte 02:** distancia de recorrido es hasta 495.59 metros del inicio del perfil al SW, mientras que la infraestructura de residuos sólidos se encuentra hasta 469.74 metros, por



lo que este fenómeno no compromete la infraestructura planteada de acuerdo al análisis en este perfil.

- **Corte 03:** distancia de recorrido es hasta 593.68 metros del inicio del perfil al SW, mientras que la infraestructura de residuos sólidos se encuentra hasta 377.00 metros, por lo que este fenómeno no compromete la infraestructura planteada de acuerdo al análisis en este perfil.



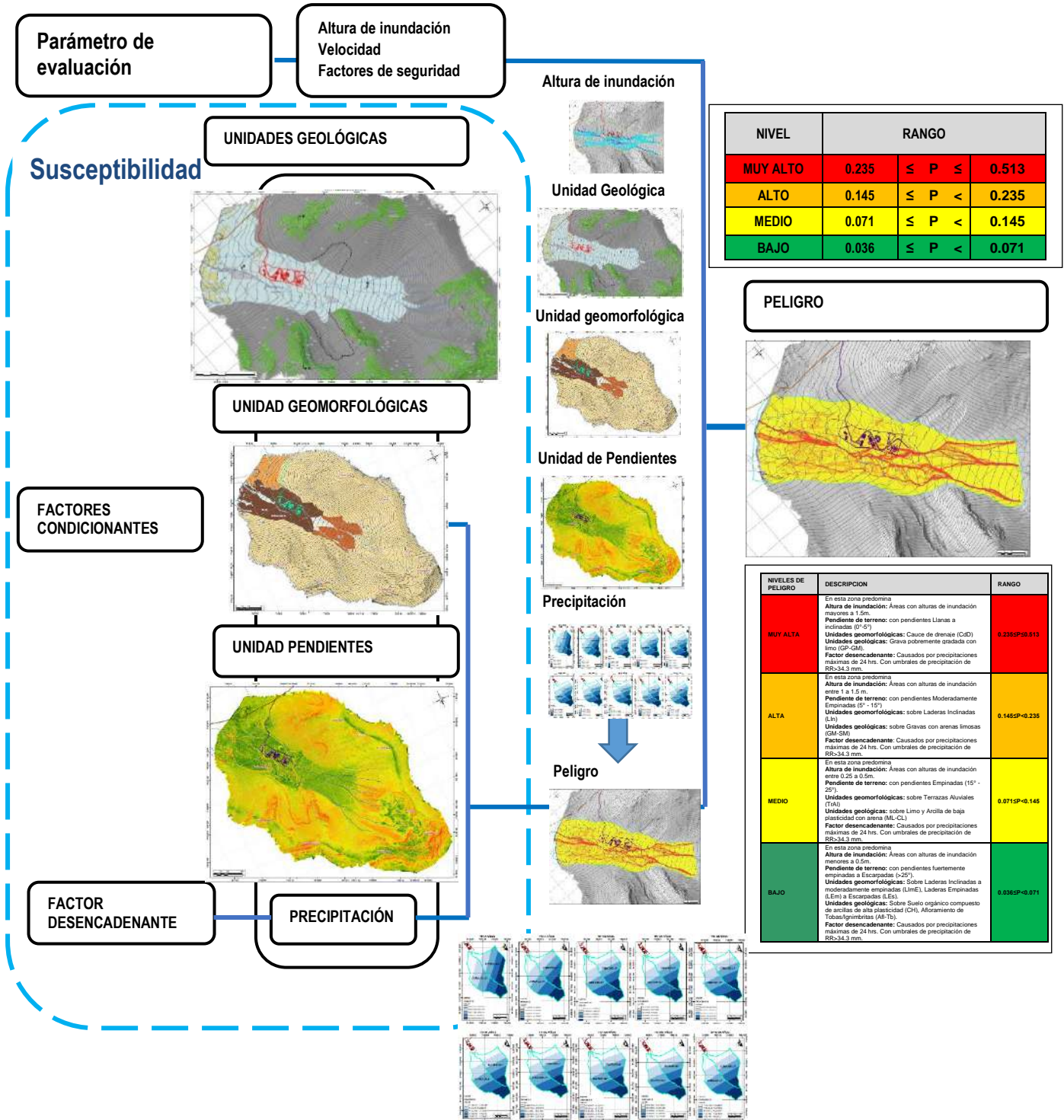
Capítulo VIII. Determinación del Peligro

8.1. Metodología para la Determinación del Peligro

Con el fin de determinar el nivel de riesgo por Inundación pluvial, Erosión pluvial y deslizamiento en el sector propuesto para la infraestructura de residuos sólidos, se utilizó la metodología propuesta por el CENEPRED en el manual EVAR (versión 2) (2015), cuyo procedimiento permitió caracterizar la peligrosidad (parámetros de evaluación, la susceptibilidad en función de los factores condicionantes y desencadenantes, así como los elementos expuestos). Por otra parte, para su cálculo se consideraron los parámetros de acuerdo al fenómeno físico y para cada parámetro sus respectivos descriptores, ponderándolos mediante el método SAATY.



Figura 93 Determinación del mapa de peligros

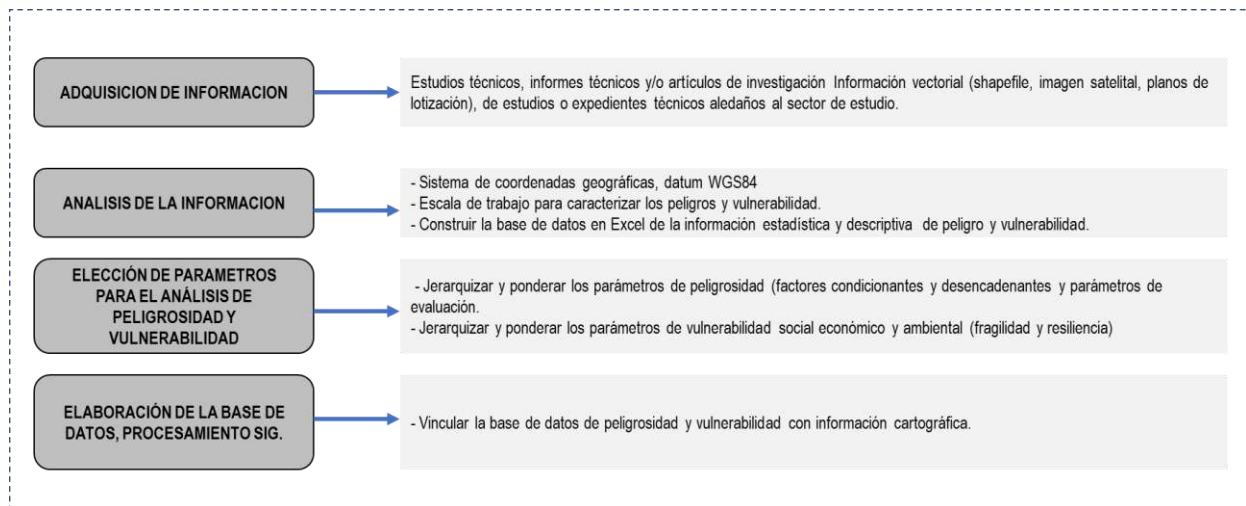




8.2. Recopilación, Análisis y Sistematización de Información Recopilada

Se ha realizado la recopilación de información disponible: Estudios publicados por entidades técnico científicas competentes como INGEMMET, información de expediente técnicos de proyectos aledaños.

Figura 94 Sistematización de información recopilada



8.3. Identificación del Tipo de Peligro a Evaluar

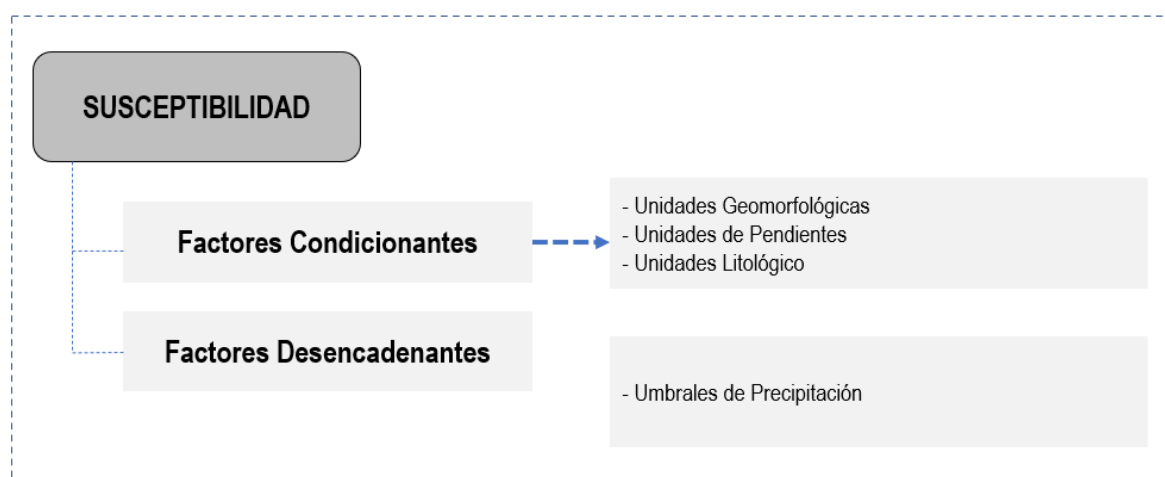
Debido a la localización de la infraestructura planteada, en la parte de baja de una cuenca y por la proximidad al cauce principal es que se ha determinado el peligro crítico como inundación pluvial, por otra parte dicho fenómeno también conllevará erosión por el trazo del recorrido del fluido, asimismo por la proximidad a las laderas donde se observaron escarpes antiguos también se ha realizado el análisis por peligro de deslizamiento, estos tres fenómenos son desencadenados por una máxima avenida, anteriormente descrita en el capítulo V.



8.4. Susceptibilidad del Ámbito Geográfico Ante Peligros

La susceptibilidad suele entenderse también como la “fragilidad natural” del espacio en análisis respecto al fenómeno de referencia, también está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico el cual depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno en su respectivo ámbito geográfico, en la susceptibilidad geológica deben evaluarse los aspectos de la geología, geomorfología y la inclinación del terreno, etc., que definirán el comportamiento del espacio con respecto al proceso en cuestión.

Figura 95 Determinación de la susceptibilidad



8.5. Ponderación de los Parámetros de Evaluación Inundación Pluvial

En base a un estudio de máximas avenidas sumado a la topografía al detalle del sector se pudo realizar el modelamiento hidráulico para determinar las alturas de inundación por medio del software IBER.

A continuación, se muestra un resumen de parámetros resultantes del modelamiento.



Tabla 97 Altura de Inundación, $T=500$ Años

ALTURA DE INUNDACION		RANGO	DESCRIPCION
DESCRIPTORES	D1	MAYOR A 1.5 m	ALTURA MAXIMA DE INUNDACION SEGÚN MODELAMIENTO HIDRAULICO A CONSECUENCIA DE LAS MAXIMAS PRECIPITACION
	D2	DE 1.0 m A 1.5 m	
	D3	DE 0.5 m A 1.0 m	
	D4	DE 0.25 m A 0.5 m	
	D5	MENOR A 0.25 m	

Tabla 98 Matriz de comparación de pares del Parámetro de Evaluación Altura Inundación

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
MAGNITUD	MAYOR A 1.5 m	DE 1.0 m A 1.5 m	DE 0.5 m A 1.0 m	DE 0.25 m A 0.5 m	MENOR A 0.25 m
MAYOR A 1.5 m	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
DE 1.0 m A 1.5 m	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00
DE 0.5 m A 1.0 m	0.20	0.50	1.00	3.00	5.00
DE 0.25 m A 0.5 m	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00
MENOR A 0.25 m	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.92	8.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.56	0.20	0.12	0.07	0.04

Tabla 99 Matriz de Normalización de pares del Parámetro de Evaluación Altura Inundación

MAGNITUD	MAYOR A 1.5 m	DE 1.0 m A 1.5 m	DE 0.5 m A 1.0 m	DE 0.25 m A 0.5 m	MENOR A 0.25 m	Vector Priorización
MAYOR A 1.5 m	0.560	0.610	0.586	0.457	0.375	0.517
DE 1.0 m A 1.5 m	0.187	0.203	0.234	0.261	0.250	0.227
DE 0.5 m A 1.0 m	0.112	0.102	0.117	0.196	0.208	0.147
DE 0.25 m A 0.5 m	0.080	0.051	0.039	0.065	0.125	0.072
MENOR A 0.25 m	0.062	0.034	0.023	0.022	0.042	0.037

Tabla 100 Índice de consistencia y relación de consistencia de los parámetros de evaluación

Altura Inundación

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.046
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.041



8.6. Factores Condicionantes Inundación Pluvial

Ponderación de Parámetros de susceptibilidad por Inundación Pluvial

Tabla 101 Matriz de comparación de pares de Parámetros de susceptibilidad por Inundación Pluvial

FACTORES CONDICIONANTES	PENDIENTE DEL TERRENO	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES GEOLOGICAS
PENDIENTE DEL TERRENO	1.000	3.000	5.000
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	0.333	1.000	3.000
UNIDADES GEOLOGICAS	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

Tabla 102 Matriz de Normalización de pares de Parámetros de susceptibilidad por Inundación Pluvial

FACTORES CONDICIONANTES	PENDIENTE DEL TERRENO	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES GEOLOGICAS	Vector Priorización
PENDIENTE DEL TERRENO	0.652	0.692	0.556	0.633
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	0.217	0.231	0.333	0.260
UNIDADES GEOLOGICAS	0.130	0.077	0.111	0.106

Tabla 103 Índice de consistencia y relación de consistencia de Parámetros de susceptibilidad por Inundación Pluvial

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	RC	0.037



8.6.1. Pendiente

Ponderación de Descriptores del Parámetro Unidades Pendiente:

Tabla 104 Matriz de comparación de pares de parámetro Pendiente

PENDIENTE DEL TERRENO	Llano a inclinado (0°-5°)	Moderadamente Empinado (5° - 15°)	Empinado (15° - 25°)	Fuertemente Empinado (25° - 45°)	Escarpado (>45°)
Llano (0° - 2°)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Inclinado (2° - 5°)	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
Moderadamente Empinado (5° - 15°)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Empinado (15° - 25°)	0.14	0.25	0.33	1.00	3.00
Fuertemente Empinado a Escarpado (>25°)	0.11	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.75	9.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 105 Matriz de Normalización de pares de parámetro Pendiente

PENDIENTE DEL TERRENO	Llano a inclinado (0°-5°)	Moderadamente Empinado (5° - 15°)	Empinado (15° - 25°)	Fuertemente Empinado (25° - 45°)	Escarpado (>45°)	Vector Priorización
Llano (0° - 2°)	0.560	0.632	0.524	0.457	0.375	0.509
Inclinado (2° - 5°)	0.187	0.211	0.315	0.261	0.250	0.245
Moderadamente Empinado (5° - 15°)	0.112	0.070	0.105	0.196	0.208	0.138
Empinado (15° - 25°)	0.080	0.053	0.035	0.065	0.125	0.072
Fuertemente Empinado a Escarpado (>25°)	0.062	0.035	0.021	0.022	0.042	0.036

Tabla 106 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Pendiente

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.060
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054



8.6.2. Unidades Geomorfológicas

Ponderación de Descriptores del Parámetro Geomorfología:

Tabla 107 Matriz de comparación de pares de parámetro Geomorfología

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	Cauce de Drenaje (CdD)	Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	Terrazas Altas (Trzs-Al)	Pie de Monte (PdM)	Laderas de Montaña (LdM)
Cauce de Drenaje (CdD)	1.00	3.00	4.00	6.00	9.00
Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	0.33	1.00	2.00	5.00	7.00
Terrazas Altas (Trzs-Al)	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Pie de Monte (PdM)	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Laderas de Montaña (LdM)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.86	4.84	7.53	15.33	25.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.13	0.07	0.04

Tabla 108 Matriz de Normalización de pares de parámetro Geomorfología

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	Cauce de Drenaje (CdD)	Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	Terrazas Altas (Trzs-Al)	Pie de Monte (PdM)	Laderas de Montaña (LdM)	Vector Priorización
Cauce de Drenaje (CdD)	0.537	0.619	0.531	0.391	0.360	0.488
Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	0.179	0.206	0.265	0.326	0.280	0.251
Terrazas Altas (Trzs-Al)	0.134	0.103	0.133	0.196	0.200	0.153
Pie de Monte (PdM)	0.090	0.041	0.044	0.065	0.120	0.072
Laderas de Montaña (LdM)	0.060	0.029	0.027	0.022	0.040	0.035

Tabla 109 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Geomorfología

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.045
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.041



8.6.3. Unidades Geológicas

Ponderación de Descriptores del Parámetro Geología:

Tabla 110 Matriz de comparación de pares de parámetro Geología

UNIDADES GEOLOGICAS	Depósitos fluviales (Q-flv)	Depósitos aluviales (Q-al)	Depósitos Lacustres (Q-lc)	Depósitos coluviales (Q-co)	Afloramientos de Cuarcitas (Afl-Qzs)
Depósitos fluviales (Q-flv)	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
Depósitos aluviales (Q-al)	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Depósitos Lacustres (Q-lc)	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Depósitos coluviales (Q-co)	0.17	0.20	0.33	1.00	2.00
Afloramientos de Cuarcitas (Afl-Qzs)	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.88	4.70	8.58	15.50	21.00
1/SUMA	0.53	0.21	0.12	0.06	0.05

Tabla 111 Matriz de Normalización de pares de parámetro Geología

UNIDADES GEOLOGICAS	Depósitos fluviales (Q-flv)	Depósitos aluviales (Q-al)	Depósitos Lacustres (Q-lc)	Depósitos coluviales (Q-co)	Afloramientos de Cuarcitas (Afl-Qzs)	Vector Priorización
Depósitos fluviales (Q-flv)	0.533	0.638	0.466	0.387	0.381	0.481
Depósitos aluviales (Q-al)	0.178	0.213	0.350	0.323	0.286	0.270
Depósitos Lacustres (Q-lc)	0.133	0.071	0.117	0.194	0.190	0.141
Depósitos coluviales (Q-co)	0.089	0.043	0.039	0.065	0.095	0.066
Afloramientos de Cuarcitas (Afl-Qzs)	0.067	0.035	0.029	0.032	0.048	0.042

Tabla 112 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Geología

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.046
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.042

8.7. Factores Desencadenantes Inundación Pluvial

8.7.1. Umbrales de Precipitación

Se consideró un solo parámetro general relacionado a las precipitaciones Pluviales los que desencadenan el peligro por Inundación (por lo cual el peso ponderado de dicho parámetro es 1, vector de priorización 0.503).



Tabla 113 Matriz de comparación de pares de parámetro desencadenante (Umbral de precipitación)

UMBRALES DE PRECIPITACION	RR>34.3 mm	22.5 mm<RR≤34.3 mm	17.8 mm<RR≤22.5 mm	10.5 mm<RR≤17.8 mm	RR≤ 10.5 mm
RR>34.3 mm	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
22.5 mm<RR≤34.3 mm	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
17.8 mm<RR≤22.5 mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
10.5 mm<RR≤17.8 mm	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
RR≤ 10.5 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 114 Matriz de Normalización de pares de parámetro desencadenante (Umbral de precipitación)

UMBRALES DE PRECIPITACION	RR>34.3 mm	22.5 mm<RR≤34.3 mm	17.8 mm<RR≤22.5 mm	10.5 mm<RR≤17.8 mm	RR≤ 10.5 mm	Vector Priorización
RR>34.3 mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
22.5 mm<RR≤34.3 mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
17.8 mm<RR≤22.5 mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
10.5 mm<RR≤17.8 mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
RR≤ 10.5 mm	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 115 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro desencadenante (Umbral de precipitación)

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

8.8. Definición de Escenarios por Inundación Pluvial

Del análisis de máximas avenidas anteriormente detallado en capítulos anteriores se determinó la precipitación máxima para el sector de estudio, para un periodo de retorno de 500 años, que a su vez fue categorizado según la estación hidrometeorológica más cercana que es Tambobamba como un umbral de precipitación de extremadamente lluvioso con valores superiores a 34.3mm.



Dicho factor desencadenante sumado a las pendientes llanas, geformas de cauces de río y materiales sueltos, y sobre todo la localización de la infraestructura, desencadenaría una gran incidencia en el consecuente riesgo calculado para la infraestructura.

8.9. Definición y Estratificación del Nivel de Peligro por Inundación Pluvial

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

Tabla 116 Niveles de Peligro por Inundación Pluvial

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.235	≤ P ≤	0.513
ALTO	0.144	≤ P <	0.235
MEDIO	0.071	≤ P <	0.143
BAJO	0.036	≤ P <	0.071



8.10. Jerarquización de las Dimensiones de Peligrosidad por Inundación Pluvial

FACTORES CONDICIONANTES (FC)							FACTOR DESENCADENANTE (FD)			
PENDIENTE DEL TERRENO		UNIDADES GEOMORFOLOGICAS		UNIDADES GEOLOGICAS		VALOR	PESO	UMBRALES DE PRECIPITACION		
Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc			VALOR	PESO	
0.633	0.509	0.260	0.488	0.106	0.481	0.501	0.50	0.503	0.50	
	0.245		0.251		0.270			0.249		0.260
	0.138		0.153		0.141			0.142		0.134
	0.072		0.072		0.066			0.071		0.068
	0.036		0.035		0.042			0.037		0.035



SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (PE)			
VALOR (VALOR FC*PESO FC) +(VALOR FD*PESO FD)	PESO	ALTURA DE INUNDACION		VALOR	PESO
		PP	Pdes		
0.502	0.30	1.000	0.517	0.517	0.70
0.255	0.30		0.227	0.227	0.70
0.138	0.30		0.147	0.147	0.70
0.069	0.30		0.072	0.072	0.70
0.036	0.30		0.037	0.037	0.70



VALOR DE PELIGRO
(VALOR S*PESO S+(VALOR PE*PESO PE)
0.513
0.235
0.144
0.071
0.036



Tabla 117 Estratificación del Nivel de Peligrosidad por Inundación Pluvial

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTA	<p>En esta zona predomina</p> <p>Altura de inundación: Áreas con alturas de inundación mayores a 1m.</p> <p>Pendiente de terreno: con pendientes Llanas (0° - 2°)</p> <p>Unidades geomorfológicas: sobre Cauce de Drenajes (CdD)</p> <p>Unidades geológicas: Depósitos fluviales (Q-flv).</p> <p>Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.</p>	0.235<P≤0.513
ALTA	<p>En esta zona predomina</p> <p>Altura de inundación: Áreas con alturas de inundación entre 0.5 a 1 m.</p> <p>Pendiente de terreno: con pendientes Inclínadas (2° - 5°)</p> <p>Unidades geomorfológicas: sobre Terrazas Bajas (Trzs-Ba)</p> <p>Unidades geológicas: sobre Depósitos aluviales (Q-al)</p> <p>Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.</p>	0.144<P≤0.235
MEDIO	<p>En esta zona predomina</p> <p>Altura de inundación: Áreas con alturas de inundación entre 0.25 a 0.5m.</p> <p>Pendiente de terreno: con pendientes Moderadamente Empinadas (5° - 15°).</p> <p>Unidades geomorfológicas: sobre Terrazas Altas (Trzs-Al)</p> <p>Unidades geológicas: sobre depósitos Lacustres (Q-lc)</p> <p>Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.</p>	0.071<P≤0.144
BAJO	<p>En esta zona predomina</p> <p>Altura de inundación: Áreas con alturas de inundación menores a 0.25m.</p> <p>Pendiente de terreno: con pendientes Empinadas a Escarpadas (>15°).</p> <p>Unidades geomorfológicas: Sobre Pie de Monte (PdM) y Laderas de Montaña (LdM).</p> <p>Unidades geológicas: Sobre Depósitos Coluviales (Q-co) y Afloramientos de Cuarzitas (Afl-Qzs)</p> <p>Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.</p>	0.0036≤P≤0.071



8.11. Ponderación de los Parámetros de Evaluación Erosión Pluvial

En base a un estudio de máximas avenidas sumado a la topografía al detalle del sector se pudo realizar el modelamiento hidráulico para determinar las velocidades por medio del software IBER.

A continuación, se muestra un resumen de parámetros resultantes del modelamiento.

Tabla 118 Velocidad de flujo

ALTURA DE INUNDACION		RANGO	DESCRIPCION
DESCRIPTORES	D1	MAYOR A 1.5 m/s	VELOCIDADES EN M/S SEGÚN MODELAMIENTO HIDRAULICO A CONSECUENCIA DE LAS MAXIMAS PRECIPITACION
	D2	DE 1.0 m/s A 1.5 m/s	
	D3	DE 0.5 m/s A 1.0 m/s	
	D4	DE 0.25 m/s A 0.5 m/s	
	D5	MENOR A 0.25 m/s	

Tabla 119 Matriz de comparación de pares del Parámetro de Evaluación Velocidad del flujo

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
MAGNITUD	MAYOR A 1.5 m/s	DE 1.0 m/s A 1.5 m/s	DE 0.5 m/s A 1.0 m/s	DE 0.25 m/s A 0.5 m/s	MENOR A 0.25 m/s
MAYOR A 1.5 m/s	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
DE 1.0 m/s A 1.5 m/s	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
DE 0.5 m/s A 1.0 m/s	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
DE 0.25 m/s A 0.5 m/s	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
MENOR A 0.25 m/s	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 120 Matriz de Normalización de pares del Parámetro de Evaluación Velocidad del flujo

MAGNITUD	MAYOR A 1.5 m/s	DE 1.0 m/s A 1.5 m/s	DE 0.5 m/s A 1.0 m/s	DE 0.25 m/s A 0.5 m/s	MENOR A 0.25 m/s	Vector Priorización
MAYOR A 1.5 m/s	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
DE 1.0 m/s A 1.5 m/s	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
DE 0.5 m/s A 1.0 m/s	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
DE 0.25 m/s A 0.5 m/s	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
MENOR A 0.25 m/s	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035



Tabla 121 Índice de consistencia y relación de consistencia de los parámetros de evaluación

Velocidad del flujo

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

8.12. Factores Condicionantes Erosión Pluvial

Ponderación de Parámetros de susceptibilidad por Erosión Pluvial

Tabla 122 Matriz de comparación de pares de Parámetros de susceptibilidad por Erosión

Pluvial

FACTORES CONDICIONANTES	COBERTURA VEGETAL	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	PENDIENTES DEL TERRENO
COBERTURA VEGETAL	1.000	3.000	5.000
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	0.333	1.000	3.000
PENDIENTES DEL TERRENO	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

Tabla 123 Matriz de Normalización de pares de Parámetros de susceptibilidad por Erosión

Pluvial

FACTORES CONDICIONANTES	COBERTURA VEGETAL	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	PENDIENTES DEL TERRENO	Vector Priorización
COBERTURA VEGETAL	0.652	0.692	0.556	0.633
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	0.217	0.231	0.333	0.260
PENDIENTES DEL TERRENO	0.130	0.077	0.111	0.106

Tabla 124 Índice de consistencia y relación de consistencia de Parámetros de susceptibilidad

por Erosión Pluvial

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	RC	0.037



8.12.1. Cobertura Vegetal

Ponderación de Descriptores del Parámetro Cobertura Vegetal:

Tabla 125 Matriz de comparación de pares de parámetro Cobertura Vegetal

COBERTURA VEGETAL	Suelo Desnudo	Vegetación Incipiente	Vegetación Escasa	Vegetación Media	Vegetación Densa
Suelo Desnudo	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Vegetación Incipiente	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Vegetación Escasa	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Vegetación Media	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Vegetación Densa	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 126 Matriz de Normalización de pares de parámetro Cobertura Vegetal

COBERTURA VEGETAL	Suelo Desnudo	Vegetación Incipiente	Vegetación Escasa	Vegetación Media	Vegetación Densa	Vector Priorización
Suelo Desnudo	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Vegetación Incipiente	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Vegetación Escasa	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Vegetación Media	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Vegetación Densa	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 127 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Cobertura Vegetal

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054



8.12.2. Unidades Geomorfológicas

Ponderación de Descriptores del Parámetro Geomorfología:

Tabla 128 Matriz de comparación de pares de parámetro Geomorfología

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	Cauce de Drenaje (CdD)	Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	Terrazas Altas (Trzs-Al)	Pie de Monte (PdM)	Laderas de Montaña (LdM)
Cauce de Drenaje (CdD)	1.00	3.00	4.00	6.00	9.00
Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	0.33	1.00	2.00	5.00	7.00
Terrazas Altas (Trzs-Al)	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Pie de Monte (PdM)	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Laderas de Montaña (LdM)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.86	4.84	7.53	15.33	25.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.13	0.07	0.04

Tabla 129 Matriz de Normalización de pares de parámetro Geomorfología

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	Cauce de Drenaje (CdD)	Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	Terrazas Altas (Trzs-Al)	Pie de Monte (PdM)	Laderas de Montaña (LdM)	Vector Priorización
Cauce de Drenaje (CdD)	0.537	0.619	0.531	0.391	0.360	0.488
Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	0.179	0.206	0.265	0.326	0.280	0.251
Terrazas Altas (Trzs-Al)	0.134	0.103	0.133	0.196	0.200	0.153
Pie de Monte (PdM)	0.090	0.041	0.044	0.065	0.120	0.072
Laderas de Montaña (LdM)	0.060	0.029	0.027	0.022	0.040	0.035

Tabla 130 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Geomorfología

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.045
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.041



8.12.3. Unidades de Pendiente

Ponderación de Descriptores del Parámetro Pendiente:

Tabla 131 Matriz de comparación de pares de parámetro Pendiente

PENDIENTE DEL TERRENO	Llano a inclinado (0°-5°)	Moderadamente Empinado (5° - 15°)	Empinado (15° - 25°)	Fuertemente Empinado (25° - 45°)	Escarpado (>45°)
Llano a inclinado (0°-5°)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Moderadamente Empinado (5° - 15°)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Empinado (15° - 25°)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Fuertemente Empinado (25° - 45°)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Escarpado (>45°)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 132 Matriz de Normalización de pares de parámetro Pendiente

PENDIENTE DEL TERRENO	Llano a inclinado (0°-5°)	Moderadamente Empinado (5° - 15°)	Empinado (15° - 25°)	Fuertemente Empinado (25° - 45°)	Escarpado (>45°)	Vector Priorización
Llano a inclinado (0°-5°)	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Moderadamente Empinado (5° - 15°)	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Empinado (15° - 25°)	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Fuertemente Empinado (25° - 45°)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Escarpado (>45°)	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 133 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Pendiente

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054



8.13. Factores Desencadenantes Erosión Pluvial

8.13.1. Umbrales de Precipitación

Se consideró un solo parámetro general relacionado a las precipitaciones Pluviales los que desencadenan el peligro por Erosión Pluvial (por lo cual el peso ponderado de dicho parámetro es 1, vector de priorización 0.503).

Tabla 134 Matriz de comparación de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación)

UMBRALES DE PRECIPITACION	RR>34.3 mm	22.5 mm<RR≤34.3 mm	17.8 mm<RR≤22.5 mm	10.5 mm<RR≤17.8 mm	RR≤ 10.5 mm
RR>34.3 mm	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
22.5 mm<RR≤34.3 mm	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
17.8 mm<RR≤22.5 mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
10.5 mm<RR≤17.8 mm	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
RR≤ 10.5 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 135 Matriz de Normalización de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación)

UMBRALES DE PRECIPITACION	RR>34.3 mm	22.5 mm<RR≤34.3 mm	17.8 mm<RR≤22.5 mm	10.5 mm<RR≤17.8 mm	RR≤ 10.5 mm	Vector Priorización
RR>34.3 mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
22.5 mm<RR≤34.3 mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
17.8 mm<RR≤22.5 mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
10.5 mm<RR≤17.8 mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
RR≤ 10.5 mm	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 136 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación)

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054



8.14. Definición de Escenarios por Erosión Pluvial

Del análisis de máximas avenidas anteriormente detallado en capítulos anteriores se determinó la precipitación máxima para el sector de estudio, para un periodo de retorno de 500 años, que a su vez fue categorizado según la estación hidrometeorológica más cercana que es Tambobamba como un umbral de precipitación de extremadamente lluvioso con valores superiores a 34.3mm.

Dicho factor desencadenante sumado a la cobertura vegetal, geformas de cauces de río y pendientes, así como sobre todo sobre todo la localización de la infraestructura, desencadenaría una gran incidencia en el consecuente riesgo calculado para la infraestructura.

8.15. Definición y Estratificación del Nivel de Peligro por Erosión Pluvial

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

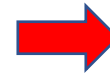
Tabla 137 Niveles de Peligro por Erosión Pluvial

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.260	≤	P	≤	0.503
ALTO	0.134	≤	P	<	0.260
MEDIO	0.068	≤	P	<	0.134
BAJO	0.035	≤	P	<	0.068



8.16. Jerarquización de las Dimensiones de Peligrosidad por Erosión Pluvial

FACTORES CONDICIONANTES (FC)								FACTOR DESENCADENANTE (FD)	
COBERTURA VEGETAL		UNIDADES GEOMORFOLOGICAS		PENDIENTES		VALOR	PESO	UMBRALES DE PRECIPITACION	
Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc			VALOR	PESO
0.633	0.503	0.260	0.503	0.106	0.503	0.503	0.50	0.503	0.50
	0.260		0.260		0.260				
	0.134		0.134		0.134			0.134	
	0.068		0.068		0.068			0.068	
	0.035		0.035		0.035			0.035	



SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (PE)			
VALOR (VALOR FC*PESO FC)+(VALOR FD*PESO FD)	PESO	VELOCIDAD DE FLUJO		VALOR	PESO
		PP	Pdes		
0.503	0.30	1.000	0.503	0.503	0.70
0.260	0.30		0.260	0.260	0.70
0.134	0.30		0.134	0.134	0.70
0.068	0.30		0.068	0.068	0.70
0.035	0.30		0.035	0.035	0.70



VALOR DE PELIGRO
(VALOR S*PESO S+(VALOR PE*PESO PE))
0.503
0.260
0.134
0.068
0.035



8.17. Estratificación del Nivel de Peligrosidad por Erosión Pluvial

Tabla 138 Estratos nivel de peligros por Erosión Pluvial

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTA	<p>En esta zona predomina</p> <p>Velocidad del flujo: Áreas con velocidades de flujo mayores a 1.5m/s.</p> <p>Cobertura Vegetal: Constituida de suelos desnudos.</p> <p>Unidades geomorfológicas: sobre Cauce de Drenajes (CdD)</p> <p>Pendiente de terreno: con pendientes Llanas a inclinadas (0°-5°)</p> <p>Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.</p>	0.260<P≤0.503
ALTA	<p>En esta zona predomina</p> <p>Velocidad del flujo: Áreas con velocidades de flujo entre 1 m/s a 1.5 m/s.</p> <p>Cobertura Vegetal: Constituida de suelos con vegetación incipiente.</p> <p>Unidades geomorfológicas: sobre Terrazas Bajas (Trzs-Ba)</p> <p>Pendiente de terreno: con pendientes Moderadamente Empinadas (5° - 15°)</p> <p>Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.</p>	0.134<P≤0.260
MEDIO	<p>En esta zona predomina</p> <p>Velocidad del flujo: Áreas con velocidades de flujo entre 0.25 m/s a 0.5m/s.</p> <p>Cobertura Vegetal: Constituida de suelos con vegetación escasa</p> <p>Unidades geomorfológicas: sobre Terrazas Altas (Trzs-Al)</p> <p>Pendiente de terreno: con pendientes Empinadas (15° - 25°).</p> <p>Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.</p>	0.068<P≤0.134
BAJO	<p>En esta zona predomina</p> <p>Velocidad de flujo: Áreas con velocidades de flujo menores a 0.5m/s.</p> <p>Cobertura Vegetal: Constituida de suelos con vegetación media a densa.</p> <p>Unidades geomorfológicas: Sobre Pie de Monte (PdM) y Laderas de Montaña (LdM).</p> <p>Pendiente de terreno: con pendientes fuertemente empinadas a Escarpadas (>25°).</p> <p>Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.</p>	0.035≤P≤0.068



8.18. Ponderación de los Parámetros de Evaluación Deslizamiento

En base a un estudio de análisis de estabilidad de taludes, en condiciones críticas (saturado y con sismo), se ha determinado que las laderas colindantes presentan predisposición para generar deslizamiento, dicho análisis numérico se realizó mediante el software SLIDE.

A continuación, se muestra un resumen de parámetros resultantes del análisis de taludes.

Tabla 139 Factores de Seguridad

ALTURA DE INUNDACION		RANGO	DESCRIPCION
DESCRIPTORES	D1	MENOR A 1.25	FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS DEL SOFTWARE SLIDE
	D2	DE 1.25 A 1.50	
	D3	DE 1.50 A 1.75	
	D4	DE 1.75 A 2.00	
	D5	MAYOR A 2.00	

Tabla 140 Matriz de comparación de pares del Parámetro de Evaluación Factores de Seguridad

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
MAGNITUD	MENOR A 1.25	DE 1.25 A 1.50	DE 1.50 A 1.75	DE 1.75 A 2.00	MAYOR A 2.00
MENOR A 1.25	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
DE 1.25 A 1.50	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
DE 1.50 A 1.75	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
DE 1.75 A 2.00	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
MAYOR A 2.00	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04



Tabla 141 Matriz de Normalización de pares del Parámetro de Evaluación Factores de Seguridad

MAGNITUD	MENOR A 1.25	DE 1.25 A 1.50	DE 1.50 A 1.75	DE 1.75 A 2.00	MAYOR A 2.00	Vector Priorización
MENOR A 1.25	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
DE 1.25 A 1.50	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
DE 1.50 A 1.75	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
DE 1.75 A 2.00	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
MAYOR A 2.00	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 142 Índice de consistencia y relación de consistencia de los parámetros de evaluación Factores de Seguridad

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0607
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.0544

8.19. Factores Condicionantes Deslizamientos

Ponderación de Parámetros de susceptibilidad por Deslizamientos:

Tabla 143 Matriz de comparación de pares de Parámetros de susceptibilidad por Deslizamiento

FACTORES CONDICIONANTES	Geología (Litología)	Pendiente	Geomorfología
Geología (Litología)	1.00	2.00	3.00
Pendiente	0.50	1.00	2.00
Geomorfología	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17



Tabla 144 Matriz de Normalización de pares de Parámetros de susceptibilidad por

Deslizamiento

FACTORES CONDICIONANTES	Geología (Litología)	Pendiente	Geomorfología	Vector Priorización
Geología (Litología)	0.545	0.571	0.500	0.539
Pendiente	0.273	0.286	0.333	0.297
Geomorfología	0.182	0.143	0.167	0.164

Tabla 145 Índice de consistencia y relación de consistencia de Parámetros de susceptibilidad por Deslizamiento

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.005
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)	RC	0.009

8.19.1. Unidades Geológicas (Litológicas)

Ponderación de Descriptores del Parámetro Unidades Geológicas (Litológicas):

Tabla 146 Matriz de comparación de pares de parámetro Unidades Geológicas (Litológicas)

Unidades Geológicas (Litológicas)	Depósitos coluviales (Q-co)	Depósitos aluviales (Q-al)	Afloramientos de Cuarcitas (Afl-Qzs)	Depósitos Lacustres (Q-lc)	Depósitos fluviales (Q-flv)
Depósitos coluviales (Q-co)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Depósitos aluviales (Q-al)	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Afloramientos de Cuarcitas (Afl-Qzs)	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Depósitos Lacustres (Q-lc)	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Depósitos fluviales (Q-flv)	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07



Tabla 147 Matriz de Normalización de pares de parámetro Unidades Geológicas (Litológicas)

Unidades Geológicas (Litológicas)	Depósitos coluviales (Q-co)	Depósitos aluviales (Q-al)	Afloramientos de Cuarcitas (Afl-Qzs)	Depósitos Lacustres (Q-lc)	Depósitos fluviales (Q-flv)	Vector Priorización
Depósitos coluviales (Q-co)	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
Depósitos aluviales (Q-al)	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
Afloramientos de Cuarcitas (Afl-Qzs)	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
Depósitos Lacustres (Q-lc)	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
Depósitos fluviales (Q-flv)	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062

Tabla 148 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Unidades Geológicas (Litológicas)

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.017
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.015

8.19.2. Pendientes

Ponderación de Descriptores del Parámetro Pendientes:

Tabla 149 Matriz de comparación de pares de parámetro Pendientes

PENDIENTES	Escarpado (>45°)	Fuertemente Empinado (25° - 45°)	Empinado (15° - 25°)	Moderadamente Empinado (5° - 15°)	Llano a inclinado (0°-5°)
Escarpado (>45°)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Fuertemente Empinado (25° - 45°)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Empinado (15° - 25°)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Moderadamente Empinado (5° - 15°)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Llano a inclinado (0°-5°)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04



Tabla 150 Matriz de Normalización de pares de parámetro Pendientes

PENDIENTES	Cauce de Drenaje (CdD)	Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	Terrazas Altas (Trzs-Al)	Pie de Monte (PdM)	Laderas de Montaña (LdM)	Vector Priorización
Cauce de Drenaje (CdD)	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Terrazas Altas (Trzs-Al)	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Pie de Monte (PdM)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Laderas de Montaña (LdM)	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 151 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Pendientes

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

8.19.3. Geomorfología

Ponderación de Descriptores del Parámetro Geomorfología:

Tabla 152 Matriz de comparación de pares de parámetro Geomorfología

GEOMORFOLOGIA	Laderas de Montaña (LdM)	Pie de Monte (PdM)	Terrazas Altas (Trzs-Al)	Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	Cauce de Drenaje (CdD)
Laderas de Montaña (LdM)	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
Pie de Monte (PdM)	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Terrazas Altas (Trzs-Al)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Cauce de Drenaje (CdD)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.95	3.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04



Tabla 153 Matriz de Normalización de pares de parámetro Geomorfología

GEOMORFOLOGIA	Laderas de Montaña (LdM)	Pie de Monte (PdM)	Terrazas Altas (Trzs-Al)	Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	Cauce de Drenaje (CdD)	Vector Priorización
Laderas de Montaña (LdM)	0.512	0.544	0.524	0.429	0.360	0.474
Pie de Monte (PdM)	0.256	0.272	0.315	0.306	0.280	0.286
Terrazas Altas (Trzs-Al)	0.102	0.091	0.105	0.184	0.200	0.136
Terrazas Bajas (Trzs-Ba)	0.073	0.054	0.035	0.061	0.120	0.069
Cauce de Drenaje (CdD)	0.057	0.039	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 154 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro Geomorfología

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.047
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.043

8.20. Factores Desencadenantes Deslizamiento

8.20.1. Umbrales de Precipitación

Se consideró un solo parámetro general relacionado a las precipitaciones Pluviales los que desencadenan el peligro por Deslizamiento (por lo cual el peso ponderado de dicho parámetro es 1, vector de priorización 0.503).

Tabla 155 Matriz de comparación de pares de parámetro desencadenante (Umbrales de precipitación)

UMBRALES DE PRECIPITACION	RR>34.3 mm	22.5 mm<RR≤34.3 mm	17.8 mm<RR≤22.5 mm	10.5 mm<RR≤17.8 mm	RR≤ 10.5 mm
RR>34.3 mm	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
22.5 mm<RR≤34.3 mm	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
17.8 mm<RR≤22.5 mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
10.5 mm<RR≤17.8 mm	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
RR≤ 10.5 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04



Tabla 156 Matriz de Normalización de pares de parámetro desencadenante (Umbral de precipitación)

UMBRALES DE PRECIPITACION	RR>34.3 mm	22.5 mm<RR≤34.3 mm	17.8 mm<RR≤22.5 mm	10.5 mm<RR≤17.8 mm	RR≤ 10.5 mm	Vector Priorización
RR>34.3 mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
22.5 mm<RR≤34.3 mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
17.8 mm<RR≤22.5 mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
10.5 mm<RR≤17.8 mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
RR≤ 10.5 mm	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 157 Índice de consistencia y relación de consistencia de parámetro desencadenante (Umbral de precipitación)

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

8.21. Definición de Escenarios por Deslizamiento

Del análisis de máximas avenidas anteriormente detallado en capítulos anteriores se determinó la precipitación máxima para el sector de estudio, para un periodo de retorno de 500 años, que a su vez fue categorizado según la estación hidrometeorológica más cercana que es Tambobamba como un umbral de precipitación de extremadamente lluvioso con valores superiores a 34.3mm.

Dicho factor desencadenante sumado a la Litología, Pendientes y Geomorfología, así como sobre todo sobre todo las laderas colindantes, desencadenaría una gran incidencia en el consecuente riesgo calculado para la infraestructura.



8.22. Definición y Estratificación del Nivel de Peligro por Deslizamiento

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

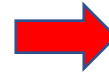
Tabla 158 Niveles de Peligro por Deslizamiento

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.261	≤	P	≤	0.495
ALTO	0.137	≤	P	<	0.261
MEDIO	0.070	≤	P	<	0.137
BAJO	0.037	≤	P	<	0.070



8.23. Jerarquización de las Dimensiones de Peligrosidad por Deslizamiento

FACTORES CONDICIONANTES (FC)						FACTOR DESENCADENANTE (FD)			
UNIDADES GEOLOGICAS (LITOLOGICAS)		RANGOS DE PENDIENTE		UNIDADES GEOMORFOLOGICAS		VALOR	PESO	UMBRALES DE PRECIPITACION EN LA ESTACION TAMBOBAMBA	
Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc			VALOR	PESO
0.539	0.416	0.297	0.503	0.164	0.474	0.451	0.50	0.503	0.50
0.539	0.262	0.297	0.260	0.164	0.286	0.265	0.50	0.260	0.50
0.539	0.161	0.297	0.134	0.164	0.136	0.149	0.50	0.134	0.50
0.539	0.099	0.297	0.068	0.164	0.069	0.085	0.50	0.068	0.50
0.539	0.062	0.297	0.035	0.164	0.035	0.050	0.50	0.035	0.50



SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (PE)			
VALOR (VALOR FC*PESO FC)+(VALOR FD*PESO FD)	PESO	Análisis de Estabilidad por factores de seguridad (Equilibrio Limite)		VALOR	PESO
		Pdes	Ppar		
0.477	0.200	0.503	1.000	0.503	0.800
0.263	0.200	0.260	1.000	0.260	0.800
0.142	0.200	0.134	1.000	0.134	0.800
0.076	0.200	0.068	1.000	0.068	0.800
0.042	0.200	0.035	1.000	0.035	0.800



VALOR DE PELIGRO
(VALOR S*PESO S)+(VALOR PE*PESO PE)
0.498
0.261
0.136
0.069
0.036



Tabla 159 Estratos nivel de peligros por Deslizamiento

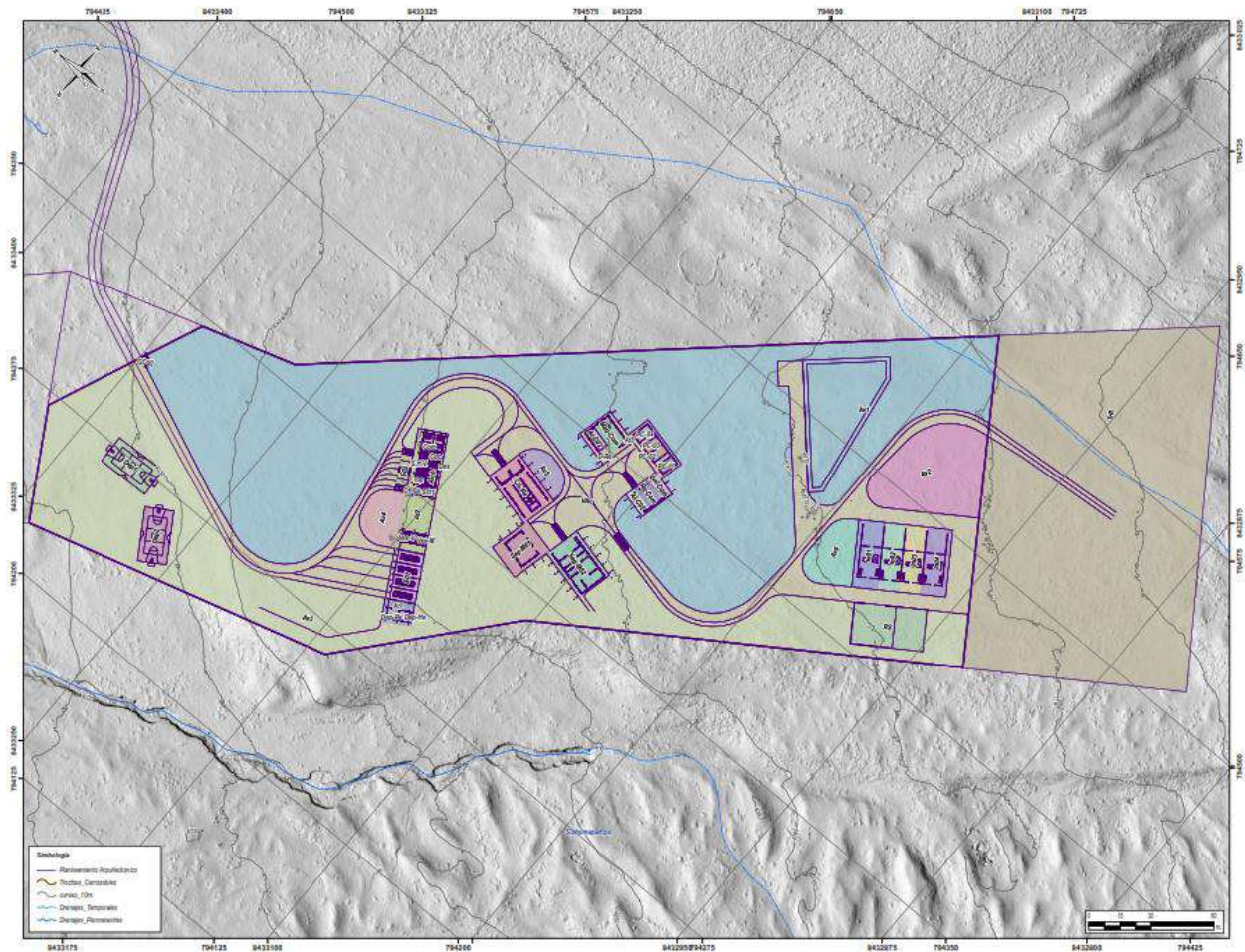
NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTA	En esta zona predomina Factores de Seguridad: Menores a 1.25 Unidades Geológicas (Litológicas): Depósitos coluviales (Q-co) Unidades de Pendiente: Escarpado (>45°) Unidades Geomorfológicas: Laderas de Montaña (LdM) Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.	0.261<R≤0.495
ALTA	En esta zona predomina Factores de Seguridad: DE 1.25 A 1.50 Unidades Geológicas (Litológicas): Depósitos aluviales (Q-al) Unidades de Pendiente: Fuertemente Empinado (25° - 45°) Unidades Geomorfológicas: Pie de Monte (PdM) Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.	0.137<R≤0.261
MEDIO	En esta zona predomina Factores de Seguridad: DE 1.50 A 1.75 Unidades Geológicas (Litológicas): Afloramientos de Cuarzitas (Afl-Qzs) Unidades de Pendiente: Empinado (15° - 25°) Unidades Geomorfológicas: Terrazas Altas (Trzs-Al) Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.	0.070<R≤0.137
BAJO	En esta zona predomina Factores de Seguridad: Mayores a 1.75 Unidades Geológicas (Litológicas): Depósitos Lacustres (Q-lc) y Depósitos fluviales (Q-flv) Unidades de Pendiente: Moderadamente Empinado (5° - 15°) y Llano a inclinado (0°-5°) Unidades Geomorfológicas: Terrazas Bajas (Trzs-Ba) y Cauce de Drenaje (CdD) Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm.	0.037≤R≤0.070



8.24. Análisis de Elementos Expuestos

El elemento expuesto es la infraestructura de planta de tratamiento de residuos sólidos en todos sus subcomponentes, lo que causaría el colapso del servicio de limpieza pública, por ello para este estudio se analizara cada una de las partes de dicho sistema de tratamiento de residuos antrópicos.

Figura 96 Mapa de Elementos Expuestos





Capítulo IX. Análisis de Vulnerabilidad

De acuerdo a la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N° 048-2011-PCM) se define vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. Es un parámetro importante que sirve para calcular el nivel de riesgo.

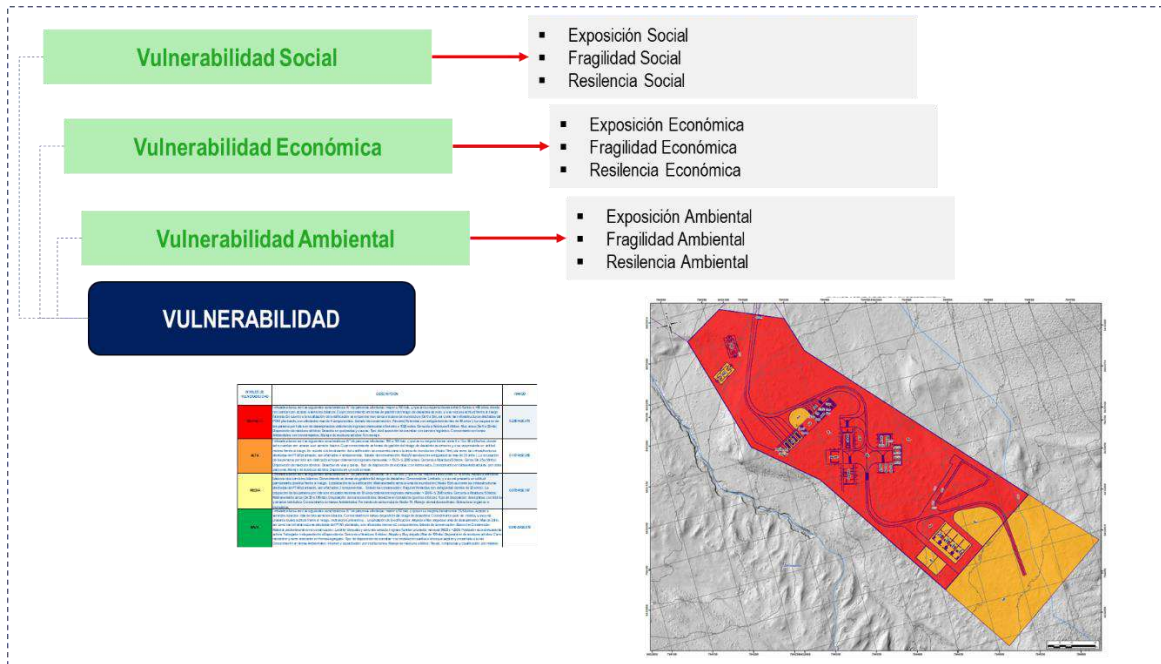
En cuanto al análisis de la vulnerabilidad se pudo definir las condiciones de análisis multicriterio, tomando la integración de parámetros, sobre las condiciones de exposición, fragilidad y resiliencia.

9.1. Metodología para el Análisis de la Vulnerabilidad

Se tomaron en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental del área del área proyectada para la construcción de la INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS, utilizando los datos primarios obtenidos del trabajo de campo realizado en el área de evaluación, información basada en la proyección de la planta de tratamiento de residuos sólidos.



Figura 97 Metodología del análisis de vulnerabilidad



9.2. Análisis de la Vulnerabilidad

9.2.1. Análisis de la Dimensión Social

En esta dimensión se considera las características de la población a la cual beneficiara la infraestructura de residuos sólidos. Para esto se identificaron los parámetros para la exposición, fragilidad y resiliencia, el cual se muestra:

Figura 98 Esquema del análisis de la dimensión social





Tabla 160 Matriz de comparación de pares de los factores de dimensión social

PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA
EXPOSICIÓN	1.00	3.00	5.00
FRAGILIDAD	0.33	1.00	2.00
RESILIENCIA	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.53	4.50	8.00
1/SUMA	0.65	0.22	0.13

Tabla 161 Matriz de normalización de pares de los factores de dimensión social

PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA	Vector Priorización
EXPOSICIÓN	0.652	0.667	0.625	0.648
FRAGILIDAD	0.217	0.222	0.250	0.230
RESILIENCIA	0.130	0.111	0.125	0.122

Tabla 162 Índice de consistencia y relación de consistencia de los factores de dimensión social

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.002
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.004

9.2.1.1. Análisis de la Exposición Social

El parámetro evaluado es:

- N° de Afectados

Tabla 163 Descriptores del parámetro Número de Afectados

N° DE AFECTADOS	Descripción
Mayor a 10000 hab.	Este descriptor es el más crítico pues abarca la totalidad de los beneficiarios de la comunidad y por ende la vulnerabilidad se incrementa.
7500 a 10000 hab.	Este descriptor es también crítico pues abarca un número de personas considerables que se encuentran en casi todo el sector y por ende la vulnerabilidad se incrementa.
5000 a 7500 hab.	Este descriptor es menos crítico, pero abarca un número de personas que se encuentran en muchas viviendas y por ende la vulnerabilidad se incrementa
2500 a 5000 hab.	Este descriptor es más tolerable pues abarca menos número de personas considerables que se encuentran en varias viviendas y por ende la vulnerabilidad disminuye.
Menos de 2500 Hab.	Este descriptor es el menos vulnerable por la cantidad de personas que se encuentran en sector.



Tabla 164 Matriz de comparación de pares del parámetro Número de Afectados

N° DE AFECTADOS	Mayor a 10000 hab.	7500 a 10000 hab.	5000 a 7500 hab.	2500 a 5000 hab.	Menos de 2500 Hab.
Mayor a 10000 hab.	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
7500 a 10000 hab.	0.33	1.00	2.00	5.00	6.00
5000 a 7500 hab.	0.20	0.50	1.00	3.00	4.00
2500 a 5000 hab.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menos de 2500 Hab.	0.11	0.17	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.87	8.58	16.33	23.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.12	0.06	0.04

Tabla 165 Matriz de normalización de pares del parámetro Número de Afectados

N° DE AFECTADOS	Mayor a 10000 hab.	7500 a 10000 hab.	5000 a 7500 hab.	2500 a 5000 hab.	Menos de 2500 Hab.	Vector Priorización
Mayor a 10000 hab.	0.560	0.616	0.583	0.429	0.391	0.516
7500 a 10000 hab.	0.187	0.205	0.233	0.306	0.261	0.238
5000 a 7500 hab.	0.112	0.103	0.117	0.184	0.174	0.138
2500 a 5000 hab.	0.080	0.041	0.039	0.061	0.130	0.070
Menos de 2500 Hab.	0.062	0.034	0.029	0.020	0.043	0.038

Tabla 166 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Número de Afectados

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.049
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.044

Para nuestro sector de estudio por la localización y condiciones de peligro en N° de afectados será mayor a 10000 habitantes.



9.2.1.2. Análisis de la Fragilidad Social

Los parámetros considerados para el análisis de fragilidad social son:

- Grupo etario.
- Acceso a servicios básicos.

A. Parámetro: Grupo etario

Tabla 167 Descriptores del parámetro Grupo Etareo

GRUPO ETARIO	Descripción
0 a 5 y >66 años	Se refiere a personas que tienen algún tipo de dependencia con otras personas de la familia por la edad que poseen, estas personas tendrían la posibilidad de escapar con dificultades al desencadenarse un deslizamiento, pero también sufrirían mucho por la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida.
6 a 12 y 55 a 65 años	Este descriptor es también crítico pues abarca un número de personas considerables que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad se incrementa. En estas pueden existir más de 03 familias.
13 a 18 años	Se refiere a personas que por su edad podrían escapar al desencadenarse un deslizamiento, pero sufrirían mucho la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida además que por su edad podrían ser de poca ayuda para reponerse del desastre.
19 a 30 años	Se refiere a personas que por su edad podrían escapar fácilmente al desencadenarse un deslizamiento, como también sufrirían poco la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida, además que por su edad podrían ayudar para reponerse del desastre.
31 a 54 años	Se refiere a personas que por su edad podrían escapar fácilmente al desencadenarse un deslizamiento, como también sufrirían poco la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida, además que por su edad ayudarían y hasta dirigir las tareas de reconstrucción y de ayuda de primeros auxilios para reponerse del desastre.

Tabla 168 Matriz de comparación de pares del parámetro Grupo Etareo

GRUPO ETARIO	0 a 5 y >66 años	6 a 12 y 55 a 65 años	13 a 18 años	19 a 30 años	31 a 54 años
0 a 5 y >66 años	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
6 a 12 y 55 a 65 años	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
13 a 18 años	0.33	0.50	1.00	2.00	5.00
19 a 30 años	0.20	0.33	0.50	1.00	3.00
31 a 54 años	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.18	4.03	6.70	11.33	21.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.09	0.05



Tabla 169 Matriz de normalización de pares del parámetro Grupo Etareo

GRUPO ETARIO	0 a 5 y >66 años	6 a 12 y 55 a 65 años	13 a 18 años	19 a 30 años	31 a 54 años	Vector Priorización
0 a 5 y >66 años	0.460	0.496	0.448	0.441	0.333	0.436
6 a 12 y 55 a 65 años	0.230	0.248	0.299	0.265	0.238	0.256
13 a 18 años	0.153	0.124	0.149	0.176	0.238	0.168
19 a 30 años	0.092	0.083	0.075	0.088	0.143	0.096
31 a 54 años	0.066	0.050	0.030	0.029	0.048	0.044

Tabla 170 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Grupo Etareo

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.024
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.022

B. Parámetro: Acceso a Servicios Básicos

Tabla 171 Descriptores del parámetro Acceso a servicios básicos

ACCESO A SERVICIOS BASICOS	Descripción
NINGUNO	Se refiere a viviendas que no cuentan con servicios básicos y son los más vulnerables ante cualquier evento de movimiento en masa ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar muy difícil de instalar o tienen ningún interés o conocimiento de gestionar sus servicios.
SOLO UN SS.BB.	Se refiere a viviendas que cuentan con un servicio básico (agua, luz o desagüe) y son vulnerables ante cualquier movimiento en masa ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar muy difícil de instalar o tiene poco interés o conocimiento de gestionar los demás servicios.
DOS SS.BB	Se refiere a viviendas que cuentan con dos servicios básicos (agua, luz o desagüe) y son menos vulnerables ante cualquier movimiento en masa ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar más accesible de instalar y tiene mediano interés y poco conocimiento de gestionar los demás servicios.
TRES SS.BB.	Se refiere a viviendas que cuentan con tres servicios básicos (agua, luz y desagüe) y son menos vulnerables ante cualquier movimiento en masa ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar con buena accesibilidad para instalar los servicios además de las economías para mantenerlas.
TODOS LOS SS.BB	Se refiere a viviendas que cuentan con todos los servicios básicos (agua, luz y desagüe) además de algún otro como seguridad, teléfono fijo, etc. y son mucho menos vulnerables ante cualquier movimiento en masa ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar con buena accesibilidad para instalar los servicios además de las economías para mantenerlas.



Tabla 172 Matriz de comparación de pares del parámetro Acceso a servicios básicos

ACCESO A SERVICIOS BASICOS	NINGUNO	SOLO UN SS.BB.	DOS SS.BB.	TRES SS.BB.	TODOS LOS SS.BB.
NINGUNO	1.00	3.00	5.00	6.00	9.00
SOLO UN SS.BB.	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
DOS SS.BB.	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00
TRES SS.BB.	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
TODOS LOS SS.BB.	0.11	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.81	4.75	9.75	13.50	22.00
1/SUMA	0.55	0.21	0.10	0.07	0.05

Tabla 173 Matriz de normalización de pares del parámetro Acceso a servicios básicos

ACCESO A SERVICIOS BASICOS	NINGUNO	SOLO UN SS.BB.	DOS SS.BB.	TRES SS.BB.	TODOS LOS SS.BB.	Vector Priorización
NINGUNO	0.552	0.632	0.513	0.444	0.409	0.510
SOLO UN SS.BB.	0.184	0.211	0.308	0.296	0.273	0.254
DOS SS.BB.	0.110	0.070	0.103	0.148	0.182	0.123
TRES SS.BB.	0.092	0.053	0.051	0.074	0.091	0.072
TODOS LOS SS.BB.	0.061	0.035	0.026	0.037	0.045	0.041

Tabla 174 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Acceso a servicios básicos

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.031
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.028

9.2.1.3. Análisis de la Resiliencia Social

Los parámetros considerados para el análisis de resiliencia social son:

- Conocimiento en temas GRD
- Actitud frente al riesgo

A. Parámetro: Conocimiento en temas GRD



Tabla 175 Descriptores del parámetro Conocimientos en temas GRD

CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD	Descripción
SIN CONOCIMIENTO	No conoce los peligros que pueden afectar la infraestructura del PTAR, así como el origen de estos, actúa de forma errónea al tratar de mitigar el riesgo de manera anti técnica y seguir ocupando las zonas de riesgo muy alto asumiendo que nunca ocurrirá un desastre en la zona donde habita
BASICO	Tiene un conocimiento erróneo sobre los peligros que pueden afectar la infraestructura del PTAR, así como el origen de estos, actúa de forma errónea al tratar de mitigar el riesgo de manera anti técnica y seguir ocupando las zonas de riesgo muy alto.
INTERMEDIO	Tiene un conocimiento aproximado sobre el peligro que puede afectar la infraestructura del PTAR, no conoce exactamente a que institución acudir en caso de emergencia y desastre, así mismo no sabe cómo prevenir el riesgo ni responder en caso de ocurrir una emergencia.
AVANZADO	Conoce de forma lógica los peligros que pueden afectar la infraestructura del PTAR, conoce la institución a cuál acudir en caso de emergencia y desastres, pero no muestra interés en tomar acciones sobre la prevención y preparación ante riesgos.
AVANZADO Y LO APLICA	Conoce de forma precisa los peligros que pueden afectar la infraestructura del PTAR, conoce la institución a cuál acudir en caso de emergencia y desastres, así mismo muestra interés sobre la prevención y preparación ante riesgos ya que conoce el origen de los peligros y desastres, así como de las consecuencias.

Tabla 176 Matriz de comparación de pares del parámetro Conocimientos en temas GRD

CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD	SIN CONOCIMIENTO	BASICO	INTERMEDIO	AVANZADO	AVANZADO Y LO APLICA
SIN CONOCIMIENTO	1.00	2.00	3.00	6.00	8.00
BASICO	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
INTERMEDIO	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
AVANZADO	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
AVANZADO Y LO APLICA	0.13	0.17	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.13	3.92	6.83	13.50	20.00
1/SUMA	0.47	0.26	0.15	0.07	0.05

Tabla 177 Matriz de normalización de pares del parámetro Conocimientos en temas GRD

CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD	SIN CONOCIMIENTO	BASICO	INTERMEDIO	AVANZADO	AVANZADO Y LO APLICA	Vector Priorización
SIN CONOCIMIENTO	0.471	0.511	0.439	0.444	0.400	0.453
BASICO	0.235	0.255	0.293	0.296	0.300	0.276
INTERMEDIO	0.157	0.128	0.146	0.148	0.150	0.146
AVANZADO	0.078	0.064	0.073	0.074	0.100	0.078
AVANZADO Y LO APLICA	0.059	0.043	0.049	0.037	0.050	0.047



Tabla 178 Índice de consistencia y relación de consistencia parámetro Conocimientos en temas

GRD

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.007
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.006

B. Parámetro: Actitud frente al riesgo

Tabla 179 Descriptores del parámetro Actitud frente al riesgo

ORGANIZACION SOCIAL	Descripción
FALTA	Las personas presentan una actitud fatalista, con desidia, falta de ganas de mostrar buena actitud frente al riesgo.
MALA / CASI NUNCA	Las personas presentan una mínima actitud frente al riesgo, da indicios de una mínima o escasa motivación preventiva frente al riesgo.
MEDIA / A VECES	Las personas presentan parcialmente una actitud positiva frente al riesgo, da indicios escasamente de una motivación preventiva frente al riesgo.
BUENA / CASI SIEMPRE	Las personas presentan una actitud positiva frente al riesgo, presenta una buena motivación preventiva frente al riesgo.
MUY BUENO / SIEMPRE	Las personas presentan una actitud positiva frente al riesgo, presenta una muy buena motivación preventiva frente al riesgo e implementa acciones.

Tabla 180 Matriz de comparación de pares del parámetro Actitud frente al riesgo

ACTITUD FRENTE A RIESGO	FALTA	MALA / CASI NUNCA	MEDIA / A VECES	BUENA / CASI SIEMPRE	MUY BUENO / SIEMPRE
FALTA	1.00	2.00	3.00	6.00	7.00
MALA / CASI NUNCA	0.50	1.00	3.00	4.00	6.00
MEDIA / A VECES	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
BUENA / CASI SIEMPRE	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
MUY BUENO / SIEMPRE	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.14	3.75	7.53	14.33	22.00
1/SUMA	0.47	0.27	0.13	0.07	0.05



Tabla 181 Matriz de normalización de pares del parámetro Actitud frente al riesgo

ACTITUD FRENTE A RIESGO	FALTA	MALA / CASI NUNCA	MEDIA / A VECES	BUENA / CASI SIEMPRE	MUY BUENO / SIEMPRE	Vector Priorización
FALTA	0.467	0.533	0.398	0.419	0.318	0.427
MALA / CASI NUNCA	0.233	0.267	0.398	0.279	0.273	0.290
MEDIA / A VECES	0.156	0.089	0.133	0.209	0.227	0.163
BUENA / CASI SIEMPRE	0.078	0.067	0.044	0.070	0.136	0.079
MUY BUENO / SIEMPRE	0.067	0.044	0.027	0.023	0.045	0.041

Tabla 182 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Actitud frente al riesgo

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.050
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.045

9.2.2. Análisis de la Dimensión Económica

En esta dimensión nos da una idea cercana de las condiciones económicas de este proyecto. Para ello se identificaron los parámetros para cada factor: exposición, fragilidad y resiliencia, el cual se muestra a continuación.

Figura 99 Esquema del análisis de la dimensión económica





Tabla 183 Matriz de comparación de pares de los factores de dimensión económica

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ECONOMICA	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	5.00
Fragilidad	0.33	1.00	3.00
Resiliencia	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Tabla 184 Matriz de normalización de pares de los factores de dimensión económica

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ECONOMICA	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.652	0.692	0.556	0.633
Fragilidad	0.217	0.231	0.333	0.260
Resiliencia	0.130	0.077	0.111	0.106

Tabla 185 Índice de consistencia y relación de consistencia de los factores de dimensión económica

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.037

9.2.2.1. Análisis de la Exposición Económica

Los parámetros considerados para el análisis de exposición económica son:

- Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro

Tabla 186 Descriptores del parámetro Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro

UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EN LA ZONA DE PELIGRO	Descripción
Muy cercana	Muy Cercana (Hasta 05m del área de la zona de peligro)
Cercana	Cercana (Hasta 10m del área de la zona de peligro)
Media	Medianamente cerca (Hasta 15m del área de la zona de peligro)
Alejada	Alejada (Hasta 20m del área de la zona de peligro)
Muy alejada	Muy alejada (Mayor a 20m del área de la zona de peligro)



Tabla 187 Matriz de comparación del parámetro Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro

UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EN LA ZONA DE PELIGRO	Muy Cercana	Cercana	Medianamente cerca	Alejada	Muy alejada
Muy Cercana	1.00	2.00	3.00	4.00	6.00
Cercana	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Medianamente cerca	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Alejada	0.25	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy alejada	0.17	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.25	3.68	7.53	13.33	22.00
1/SUMA	0.44	0.27	0.13	0.08	0.05

Tabla 188 Matriz de normalización del parámetro Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro

UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EN LA ZONA DE PELIGRO	Muy Cercana	Cercana	Medianamente cerca	Alejada	Muy alejada	Vector Priorización
Muy Cercana	0.444	0.544	0.398	0.300	0.273	0.392
Cercana	0.222	0.272	0.398	0.375	0.318	0.317
Medianamente cerca	0.148	0.091	0.133	0.225	0.227	0.165
Alejada	0.111	0.054	0.044	0.075	0.136	0.084
Muy alejada	0.074	0.039	0.027	0.025	0.045	0.042

Tabla 189 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Ubicación de la Infraestructura en la zona de peligro

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.060
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Para nuestra zona de estudio la infraestructura se encuentra muy cerca al peligro de inundación, erosión pluvial y deslizamiento.



9.2.2.2. Análisis de la Fragilidad Económica

Los parámetros considerados para el análisis de fragilidad económica son:

- Infraestructuras afectadas de la planta de residuos sólidos
- Estado de conservación de la infraestructura

A. Parámetro: Infraestructuras afectadas de la planta de residuos sólidos

Tabla 190 Descriptores del parámetro Infraestructuras afectadas

INFRAESTRUCTURAS AFECTADAS	Descripción
MAYOR A 4 COMPONENTES ESTRUCTURALES	Refiere a más de cuatro componentes de la planta de residuos sólidos comprometidos por el fenómeno de geodinámica externa
4 COMPONENTE ESTRUCTURALES	Refiere a cuatro componentes de la planta de residuos sólidos comprometidos por el fenómeno de geodinámica externa
3 COMPONENTE ESTRUCTURALES	Refiere a tres componentes de la planta de residuos sólidos comprometidos por el fenómeno de geodinámica externa
2 COMPONENTE ESTRUCTURALES	Refiere a dos componentes de la planta de residuos sólidos comprometidos por el fenómeno de geodinámica externa
1 COMPONENTE ESTRUCTURAL	Refiere a 1 componente de la planta de residuos sólidos comprometidos por el fenómeno de geodinámica externa

Tabla 191 Matriz de comparación del parámetro Infraestructuras afectadas

INFRAESTRUCTURAS AFECTADAS DEL PTAR	MAYOR A 4 COMPONENTES ESTRUCTURALES	4 COMPONENTE ESTRUCTURALES	3 COMPONENTE ESTRUCTURALES	2 COMPONENTE ESTRUCTURALES	1 COMPONENTE ESTRUCTURAL
MAYOR A 4 COMPONENTES ESTRUCTURALES	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
4 COMPONENTE ESTRUCTURALES	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
3 COMPONENTE ESTRUCTURALES	0.33	0.50	1.00	3.00	5.00
2 COMPONENTE ESTRUCTURALES	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
1 COMPONENTE ESTRUCTURAL	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.18	3.92	6.53	13.33	22.00
1/SUMA	0.46	0.26	0.15	0.08	0.05

Tabla 192 Matriz de normalización del parámetro Infraestructuras afectadas

INFRAESTRUCTURAS AFECTADAS	MAYOR A 4 COMPONENTES ESTRUCTURALES	4 COMPONENTE ESTRUCTURALES	3 COMPONENTE ESTRUCTURALES	2 COMPONENTE ESTRUCTURALES	1 COMPONENTE ESTRUCTURAL	Vector Priorización
MAYOR A 4 COMPONENTES ESTRUCTURALES	0.460	0.511	0.459	0.375	0.318	0.425
4 COMPONENTE ESTRUCTURALES	0.230	0.255	0.306	0.300	0.273	0.273
3 COMPONENTE ESTRUCTURALES	0.153	0.128	0.153	0.225	0.227	0.177
2 COMPONENTE ESTRUCTURALES	0.092	0.064	0.051	0.075	0.136	0.084
1 COMPONENTE ESTRUCTURAL	0.066	0.043	0.031	0.025	0.045	0.042



Tabla 193 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Infraestructuras afectadas

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.034
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.031

B. Parámetro: Estado de conservación de la infraestructura

Tabla 194 Descriptores del parámetro Estado de conservación de la infraestructura

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Descripción
PRECARIO/ MUY MALO	Infraestructura con antigüedad de 20 años
MALO	Infraestructura con antigüedad de 15 años
REGULAR	Infraestructura con antigüedad de 10 años
BUENO	Infraestructura con antigüedad de 5 años
MUY BUENO	Infraestructura nueva, construidas en el año

Tabla 195 Matriz de comparación del parámetro Estado de conservación de la infraestructura

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	PRECARIO/ MUY MALO	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO
PRECARIO/ MUY MALO	1.00	3.00	6.00	7.00	9.00
MALO	0.33	1.00	4.00	5.00	7.00
REGULAR	0.17	0.25	1.00	2.00	6.00
BUENO	0.14	0.20	0.50	1.00	3.00
MUY BUENO	0.11	0.14	0.17	0.33	1.00
SUMA	1.75	4.59	11.67	15.33	26.00
1/SUMA	0.57	0.22	0.09	0.07	0.04

Tabla 196 Matriz de normalización del parámetro Estado de conservación de la infraestructura

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	PRECARIO/ MUY MALO	MALO	REGULAR	BUENO	MUY BUENO	Vector Priorización
PRECARIO/ MUY MALO	0.570	0.653	0.514	0.457	0.346	0.508
MALO	0.190	0.218	0.343	0.326	0.269	0.269
REGULAR	0.095	0.054	0.086	0.130	0.231	0.119
BUENO	0.081	0.044	0.043	0.065	0.115	0.070
MUY BUENO	0.063	0.031	0.014	0.022	0.038	0.034



Tabla 197 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Estado de conservación de la infraestructura

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.074
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.066

9.2.2.3. Análisis de la Resiliencia Económica

Los parámetros considerados para el análisis de resiliencia económica son:

- Ocupación de las personas
- Ingreso familiar promedio mensual

A. Parámetro: Ocupación de las personas

Tabla 198 Descriptores del parámetro Ocupación de las personas

OCUPACIÓN DE LAS PERSONAS	Descripción
DESEMPLEADO	Personas que no encuentran trabajo
DEDICADO AL HOGAR	Personas dedicadas al hogar
OCUPADO DE MENOR DE 18 AÑOS	Personas menores de edad que aporta económicamente al hogar.
TRABAJADOR INDEPENDIENTE	Trabajar que no depende del estado
TRABAJADOR DEPENDIENTE	Trabajador para del estado

Tabla 199 Matriz de comparación del parámetro Ocupación de las personas

OCUPACIÓN DE LAS PERSONAS	DESEMPLEADO	DEDICADO AL HOGAR	OCUPADO DE MENOR DE 18 AÑOS	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	TRABAJADOR DEPENDIENTE
DESEMPLEADO	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
DEDICADO AL HOGAR	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
OCUPADO DE MENOR DE 18 AÑOS	0.25	0.33	1.00	2.00	5.00
TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.17	0.20	0.50	1.00	3.00
TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04



Tabla 200 Matriz de normalización del parámetro Ocupación de las personas

OCUPACIÓN DE LAS PERSONAS	DESEMPLEADO	DEDICADO AL HOGAR	OCUPADO DE MENOR DE 18 AÑOS	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	TRABAJADOR DEPENDIENTE	Vector Priorización
DESEMPLEADO	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
DEDICADO AL HOGAR	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
OCUPADO DE MENOR DE 18 AÑOS	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038

Tabla 201 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Ocupación de las personas

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.036
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.033

B. Parámetro: Ingreso familiar promedio mensual

Tabla 202 Descriptores del parámetro Ingreso familiar promedio mensual

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL	Descripción
≤ 1025 soles	Se refiere a la cantidad de ingresos mensuales, en este caso es menor a 1025 soles monto menor a la canasta básica familiar. en este caso sería la población menos resiliente y por consiguiente muy vulnerable.
> 1025 - ≤ 2000 soles	Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 1025 y 2000 soles monto menor a la canasta básica familiar. en este caso sería la población menos resiliente y por consiguiente muy vulnerable.
> 2000 - ≤ 2500 soles	Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 2000 y 2500 soles monto que se ajusta a la canasta básica familiar. en este caso sería la población resiliente muy vulnerable y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales.
> 2500 - ≤ 3000 soles	Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 2500 y 3000 soles monto que supera la canasta básica familiar. en este caso sería la población resiliente muy vulnerable y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales.
> 3000 soles	Se refiere a la cantidad de ingreso mensual mayor 3000 soles monto que supera la canasta básica familiar. En este caso sería la población resiliente y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales



Tabla 203 Matriz de comparación del parámetro Ingreso familiar promedio mensual

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL	≤ 1025 soles	> 1025 - ≤ 2000 soles	> 2000 - ≤ 2500 soles	> 2500 - ≤ 3000 soles	> 3000 soles
≤ 1025 soles	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
> 1025 - ≤ 2000 soles	0.33	1.00	2.00	3.00	7.00
> 2000 - ≤ 2500 soles	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
> 2500 - ≤ 3000 soles	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
> 3000 soles	0.17	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.95	4.98	7.53	12.33	22.00
1/SUMA	0.51	0.20	0.13	0.08	0.05

Tabla 204 Matriz de normalización del parámetro Ingreso familiar promedio mensual

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL	≤ 1025 soles	> 1025 - ≤ 2000 soles	> 2000 - ≤ 2500 soles	> 2500 - ≤ 3000 soles	> 3000 soles	Vector Priorización
≤ 1025 soles	0.513	0.603	0.531	0.405	0.273	0.465
> 1025 - ≤ 2000 soles	0.171	0.201	0.265	0.243	0.318	0.240
> 2000 - ≤ 2500 soles	0.128	0.100	0.133	0.243	0.227	0.166
> 2500 - ≤ 3000 soles	0.103	0.067	0.044	0.081	0.136	0.086
> 3000 soles	0.085	0.029	0.027	0.027	0.045	0.043

Tabla 205 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Ingreso familiar promedio mensual

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.064
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.057

9.2.3. Análisis de la Dimensión Ambiental

Para realizar el análisis de la dimensión ambiental se considera características del medio ambiente con recursos renovables y no renovables, expuestos en el ámbito de influencia del peligro, en el que se identifica recursos naturales vulnerables y no vulnerables para el análisis de fragilidad y resiliencia ambiental.



Figura 100 Esquema del análisis de la dimensión ambiental

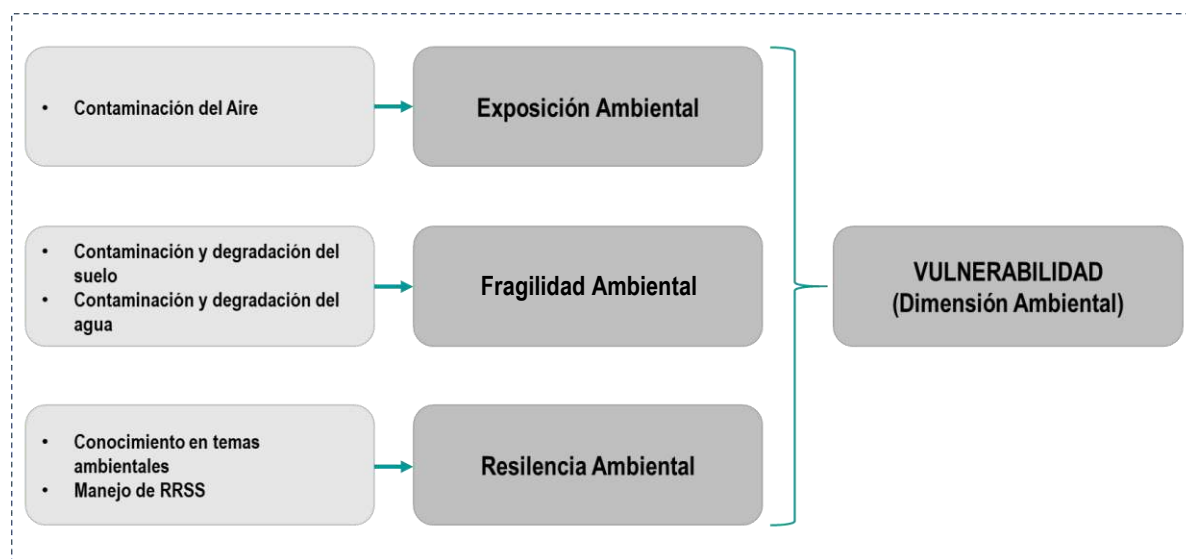


Tabla 206 Matriz de comparación de pares de los factores de dimensión ambiental

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	4.00	5.00
Fragilidad	0.25	1.00	2.00
Resiliencia	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.45	5.50	8.00
1/SUMA	0.69	0.18	0.13

Tabla 207 Matriz de normalización de pares de los factores de dimensión ambiental

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.690	0.727	0.625	0.681
Fragilidad	0.172	0.182	0.250	0.201
Resiliencia	0.138	0.091	0.125	0.118

Tabla 208 Índice de consistencia y relación de consistencia de los factores de dimensión ambiental

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.012
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.024



9.2.3.1. Análisis de la Exposición Ambiental

Los parámetros considerados para el análisis de exposición ambiental son:

- Contaminación del aire

Tabla 209 Descriptores del parámetro Contaminación del aire

Contaminación del Aire	Descripción
Contaminación Excesiva del Aire	Contamina exponencialmente superando por mucho el ECA
Contaminación Muy Alta del Aire	Supera los valores del ECA
Contaminación Moderada del aire	Se encuentra al límite de los ECA
Contaminación baja del aire	De acuerdo a los estándares aún no se supera el ECA
Contaminación incipiente a controlada del aire	De acuerdo a los estándares del ECA

Tabla 210 Matriz de comparación del parámetro Contaminación del aire

Contaminación del Aire	Contaminación Excesiva del Aire	Contaminación Muy Alta del Aire	Contaminación Moderada del aire	Contaminación baja del aire	Contaminación incipiente a controlada del aire
Contaminación Excesiva del Aire	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
Contaminación Muy Alta del Aire	0.33	1.00	2.00	3.00	7.00
Contaminación Moderada del aire	0.25	0.50	1.00	2.00	5.00
Contaminación baja del aire	0.17	0.33	0.50	1.00	3.00
Contaminación incipiente a controlada del aire	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.88	4.98	7.70	12.33	24.00
1/SUMA	0.53	0.20	0.13	0.08	0.04

Tabla 211 Matriz de normalización del parámetro Contaminación del aire

Contaminación del Aire	Contaminación Excesiva del Aire	Contaminación Muy Alta del Aire	Contaminación Moderada del aire	Contaminación baja del aire	Contaminación incipiente a controlada del aire	Vector Priorización
Contaminación Excesiva del Aire	0.533	0.603	0.519	0.486	0.333	0.495
Contaminación Muy Alta del Aire	0.178	0.201	0.260	0.243	0.292	0.235
Contaminación Moderada del aire	0.133	0.100	0.130	0.162	0.208	0.147
Contaminación baja del aire	0.089	0.067	0.065	0.081	0.125	0.085
Contaminación incipiente a controlada del aire	0.067	0.029	0.026	0.027	0.042	0.038



Tabla 212 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Contaminación del aire

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.032
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.029

9.2.3.2. Análisis de la Fragilidad Ambiental

Los parámetros considerados para el análisis de fragilidad ambiental son:

- Contaminación y degradación del suelo
- Contaminación y degradación del agua

A. Parámetro: Contaminación y degradación del suelo

Tabla 213 Descriptores del parámetro Contaminación y degradación del suelo

CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO	Descripción
Contaminación por sustancias químicas	Es el caso de los pesticidas y plaguicidas, los hidrocarburos y los solventes. Estas sustancias afectan a todo el medio ambiente, por lo que intoxican el suelo, pero también el aire y el agua y favorecen el desequilibrio ecológico del área.
Contaminación por residuos	El alto nivel de intoxicación se da mediante el hogar, negocios o las grandes industrias que contaminan todos los días del año con sus grandes plantas ya establecidas. Otro gran ejemplo son los tiraderos de basura que lo realizan las mismas personas.
Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas	Los terrenos baldíos quedan inútiles para los animales y plantas durante un tiempo largo y en este periodo, además, no dejan de contaminar a través de los elementos, entre los cuales incluso pueden encontrarse residuos químicos peligrosos para las personas.
Contaminación exógena	Es el tipo de contaminación que producimos nosotros los humanos, esto se da a través de las actividades humanas introducimos agentes contaminantes a la naturaleza. Algunos ejemplos de ellos son: los gases de los automóviles, calefactores, procesos industriales, gases de las empresas multinacionales, aerosoles, etc.
Incorrecto almacenamiento de residuos industriales	Mala práctica del manejo de residuos sólidos y su correcto tratamiento.



Tabla 214 Matriz de comparación del parámetro Contaminación y degradación del suelo

CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO	Contaminación por sustancias químicas	Contaminación por residuos	Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas	Contaminación exógena	Incorrecto almacenamiento de residuos industriales
Contaminación por sustancias químicas	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
Contaminación por residuos	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas	0.25	0.50	1.00	3.00	6.00
Contaminación exógena	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
Incorrecto almacenamiento de residuos industriales	0.14	0.20	0.17	0.33	1.00
SUMA	2.09	4.03	7.50	12.33	22.00
1/SUMA	0.48	0.25	0.13	0.08	0.05

Tabla 215 Matriz de normalización del parámetro Contaminación y degradación del suelo

CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO	Contaminación por sustancias químicas	Contaminación por residuos	Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas	Contaminación exógena	Incorrecto almacenamiento de residuos industriales	Vector Priorización
Contaminación por sustancias químicas	0.478	0.496	0.533	0.405	0.318	0.446
Contaminación por residuos	0.239	0.248	0.267	0.243	0.227	0.245
Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas	0.119	0.124	0.133	0.243	0.273	0.179
Contaminación exógena	0.096	0.083	0.044	0.081	0.136	0.088
Incorrecto almacenamiento de residuos industriales	0.068	0.050	0.022	0.027	0.045	0.043

Tabla 216 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Contaminación y degradación del suelo

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.050
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.045



B. Parámetro: Contaminación y degradación del agua subterránea

Tabla 217 Descriptores del parámetro Contaminación y degradación del agua subterránea

CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL AGUA SUBTERRANEA	Descripción
Desechos industriales	Los desechos industriales se depositan directamente sobre los ríos y los océanos, modificando la composición del agua, provocando su contaminación e imposibilitando su uso.
Deforestación	La deforestación también provoca la contaminación del agua con la retirada de raíces en las cuencas de los ríos y el subsuelo, provocando la liberación de bacterias y la proliferación de organismos patógenos en el agua.
Derrames de sustancias químicas	El desecho de fármacos y antibióticos, que contengan ácidos, sales, metales tóxicos pueden provocar daños en los seres vivos, bajar el rendimiento en las producciones agrícolas y la corrosión de los equipos de trabajo.
Presencia de microorganismos patógenos.	La presencia de virus, bacterias o microorganismos en el agua pueden causar enfermedades, como, por ejemplo, el cólera, el tífus, la hepatitis, la rabia. La presencia de microorganismos se puede dar a causa de la conservación del agua en mal estado.
Compuestos orgánicos	La contaminación del agua por el vertido de compuestos orgánicos provocados por actividades humanas como, por ejemplo, la ganadería puede provocar el desarrollo de microorganismos patógenos en el agua haciéndola peligrosa para su uso y consumo.

Tabla 218 Matriz de comparación del parámetro Contaminación y degradación del agua subterránea

Contaminación y Degradación del Agua subterránea	Desechos industriales	Deforestación	Derrames de sustancias químicas	Presencia de microorganismos patógenos.	Compuestos orgánicos
Desechos industriales	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
Deforestación	0.50	1.00	3.00	4.00	3.00
Derrames de sustancias químicas	0.33	0.33	1.00	2.00	3.00
Presencia de microorganismos patógenos.	0.20	0.25	0.50	1.00	3.00
Compuestos orgánicos	0.17	0.33	0.33	0.33	1.00
SUMA	2.20	3.92	7.83	12.33	16.00
1/SUMA	0.45	0.26	0.13	0.08	0.06



Tabla 219 Matriz de normalización del parámetro Contaminación y degradación del agua subterránea

Contaminación y Degradación del Agua subterránea	Desechos industriales	Deforestación	Derrames de sustancias químicas	Presencia de microorganismos patógenos.	Compuestos orgánicos	Vector Priorización
Desechos industriales	0.455	0.511	0.383	0.405	0.375	0.426
Deforestación	0.227	0.255	0.383	0.324	0.188	0.275
Derrames de sustancias químicas	0.152	0.085	0.128	0.162	0.188	0.143
Presencia de microorganismos patógenos.	0.091	0.064	0.064	0.081	0.188	0.097
Compuestos orgánicos	0.076	0.085	0.043	0.027	0.063	0.059

Tabla 220 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Contaminación y degradación del agua subterránea

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.057
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.051

9.2.3.3. Análisis de la Resiliencia Ambiental

Los parámetros considerados para el análisis de resiliencia ambiental son:

- Conocimientos en temas ambientales
- Manejo de RRSS



A. Parámetro: Conocimientos en temas ambientales

Tabla 221 Descriptores del parámetro Conocimientos en temas ambientales

CONOCIMIENTOS EN TEMAS AMBIENTALES	Descripción
SIN CONOCIMIENTO	Este descriptor es el más crítico puesto que la eliminación de excretas no tiene un tratamiento adecuado, más susceptible a convertirse en focos de contaminación.
POR OTRAS PERSONAS	Ya hay conocimiento, pero no garantiza la aplicación normatividad y buenas prácticas ambientales
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO - TV	Se evidencia el conocimiento de normatividad y buenas prácticas ambientales.
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	Ya se evidencia la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales.
SENSIBILIZACION POR INSTITUCIONES	Se garantiza la sostenibilidad de la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales.

Tabla 222 Matriz de comparación del parámetro Conocimientos en temas ambientales

CONOCIMIENTOS EN TEMAS AMBIENTALES	SIN CONOCIMIENTO	POR OTRAS PERSONAS	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO - TV	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	SENSIBILIZACION POR INSTITUCIONES
SIN CONOCIMIENTO	1.00	2.00	5.00	5.00	7.00
POR OTRAS PERSONAS	0.50	1.00	4.00	5.00	7.00
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO - TV	0.20	0.25	1.00	3.00	4.00
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	0.20	0.20	0.33	1.00	2.00
SENSIBILIZACION POR INSTITUCIONES	0.14	0.14	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.04	3.59	10.58	14.50	21.00
1/SUMA	0.49	0.28	0.09	0.07	0.05

Tabla 223 Matriz de normalización del parámetro Conocimientos en temas ambientales

CONOCIMIENTOS EN TEMAS AMBIENTALES	SIN CONOCIMIENTO	POR OTRAS PERSONAS	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO - TV	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	SENSIBILIZACION POR INSTITUCIONES	Vector Priorización
SIN CONOCIMIENTO	0.490	0.557	0.472	0.345	0.333	0.439
POR OTRAS PERSONAS	0.245	0.278	0.378	0.345	0.333	0.316
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO - TV	0.098	0.070	0.094	0.207	0.190	0.132
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	0.098	0.056	0.031	0.069	0.095	0.070
SENSIBILIZACION POR INSTITUCIONES	0.070	0.040	0.024	0.034	0.048	0.043



Tabla 224 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Conocimientos en temas ambientales

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.056
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.050

B. Parámetro: Manejo de RRSS

Tabla 225 Descriptores del parámetro Manejo de RRSS

MANEJO DE RRSS	Descripción
SIN MANEJO	Es el más crítico hay desconocimiento total de la normatividad y buenas prácticas ambientales.
DEPOSITA EN SOLO ENVASE	Ya hay conocimiento, pero no garantiza la aplicación normatividad y buenas prácticas ambientales.
SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	Se evidencia el conocimiento de normatividad y buenas prácticas ambientales.
REUSO Y COMPOSTAJE	Ya se evidencia la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales.
CLASIFICACION POR MATERIAL	Se garantiza la sostenibilidad de la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales.

Tabla 226 Matriz de comparación del parámetro Manejo de RRSS

MANEJO DE RRSS	SIN MANEJO	DEPOSITA EN SOLO ENVASE	SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	REUSO Y COMPOSTAJE	CLASIFICACION POR MATERIAL
SIN MANEJO	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
DEPOSITA EN SOLO ENVASE	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	0.25	0.33	1.00	3.00	6.00
REUSO Y COMPOSTAJE	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
CLASIFICACION POR MATERIAL	0.13	0.14	0.17	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.50	15.33	25.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04



Tabla 227 Matriz de normalización del parámetro Manejo de RRSS

MANEJO DE RRSS	SIN MANEJO	DEPOSITA EN SOLO ENVASE	SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	REUSO Y COMPOSTAJE	CLASIFICACION POR MATERIAL	Vector Priorización
SIN MANEJO	0.490	0.544	0.471	0.391	0.320	0.443
DEPOSITA EN SOLO ENVASE	0.245	0.272	0.353	0.326	0.280	0.295
SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	0.122	0.091	0.118	0.196	0.240	0.153
REUSO Y COMPOSTAJE	0.082	0.054	0.039	0.065	0.120	0.072
CLASIFICACION POR MATERIAL	0.061	0.039	0.020	0.022	0.040	0.036

Tabla 228 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro Manejo de RRSS

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.053
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.047

9.3. Jerarquización de las Dimensiones de la Vulnerabilidad

Tabla 229 Matriz de comparación del parámetro de dimensiones de vulnerabilidad

PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	DIMENSION SOCIAL	DIMENSION ECONOMICA	DIMENSION AMBIENTAL
DIMENSION SOCIAL	1.00	3.00	4.00
DIMENSION ECONOMICA	0.33	1.00	2.00
DIMENSION AMBIENTAL	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.58	4.50	7.00
1/SUMA	0.63	0.22	0.14

Tabla 230 Matriz de normalización del parámetro de dimensiones de vulnerabilidad

PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	DIMENSION SOCIAL	DIMENSION ECONOMICA	DIMENSION AMBIENTAL	Vector Priorización
DIMENSION SOCIAL	0.632	0.667	0.571	0.623
DIMENSION ECONOMICA	0.211	0.222	0.286	0.239
DIMENSION AMBIENTAL	0.158	0.111	0.143	0.137



Tabla 231 Índice de consistencia y relación de consistencia del parámetro de dimensiones de vulnerabilidad

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.009
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04 (*)	RC	0.017

9.4. Definición de los Niveles de Vulnerabilidad

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

Tabla 232 Niveles de Vulnerabilidad

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.260	<	V	≤	0.475
ALTO	0.147	<	V	≤	0.260
MEDIO	0.078	<	V	≤	0.147
BAJO	0.040	≤	V	≤	0.078



9.5. Jerarquización de las Dimensiones de Vulnerabilidad

VULNERABILIDAD SOCIAL										VULNERABILIDAD ECONÓMICA													
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD				RESILIENCIA				VALORES	Peso V. Social	EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD				RESILIENCIA				VALORES	Peso V. Económica
N° DE AFECTADOS	Ppar_Exp	GRUPO ETARIO	ACCESO A SERVICIOS BASICOS	CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD	ACTITUD FRENTE A RIESGO	UBICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EN LA ZONA DE PELIGRO	INFRAESTRUCTURAS AFECTADAS	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	OCCUPACIÓN DE LAS PERSONAS			INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL											
0.648	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Rsl	Desc	Ppar_Rsl	Desc	0.633	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Rsl	Desc	Ppar_Rsl	Desc				
Mayor a 10000 hab.	0.516	0 a 5 y >66 años	0.436	NINGUNO	0.510	SIN CONOCIMIENTO	0.453	FALTA	0.427	Muy Cercana	0.392	MAYOR A 4 COMPONENTES ESTRUCTURALES	0.425	PRECARIO/ MUY MALO	0.508	DESEMPLEADO	0.449	≤ 1025 soles	0.596				
7500 a 10000 hab.	0.238	6 a 12 y 55 a 65 años	0.256	SOLO UN SS.BB.	0.254	BASICO	0.276	MALA / CASI NUNCA	0.290	Cercana	0.317	4 COMPONENTES ESTRUCTURALES	0.273	MALO	0.269	DEDICADO AL HOGAR	0.300	> 1025 - ≤ 2000 soles	0.240				
5000 a 7500 hab.	0.138	13 a 18 años	0.168	DOS SS.BB.	0.123	INTERMEDIO	0.146	MEDIA / A VEGES	0.191	Mediamente cerca	0.165	3 COMPONENTES ESTRUCTURALES	0.171	REGULAR	0.111	OCCUPADO DE MENOR DE 18 AÑOS	0.159	> 2000 - ≤ 2500 soles	0.191				
2500 a 5000 hab.	0.070	19 a 30 años	0.096	TRES SS.BB.	0.072	AVANZADO	0.078	BUENA / CASI SIEMPRE	0.070	Alejada	0.084	2 COMPONENTES ESTRUCTURALES	0.080	BUENO	0.070	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.082	> 2500 - ≤ 3000 soles	0.080				
Menos de 2500 Hab.	0.038	31 a 64 años	0.044	TODOS LOS SS.BB.	0.041	AVANZADO Y LO APLICA	0.047	MUY BUENO / SIEMPRE	0.041	Muy alejada	0.042	1 COMPONENTE ESTRUCTURAL	0.240	MUY BUENO	0.030	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.041	> 3000 soles	0.340				
										0.497	0.623											0.418	0.239
										0.623	0.248											0.300	0.239
										0.142	0.623											0.159	0.239
										0.074	0.623											0.082	0.239
										0.040	0.623											0.041	0.239



VULNERABILIDAD AMBIENTAL												VALORES DE SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD				RESILIENCIA				VALORES	Peso V. Ambiental	
CONTAMINACION DEL AIRE	CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO	Contaminación y Degradación del Agua subterránea		CONOCIMIENTOS EN TEMAS AMBIENTALES		MANEJO DE RRSS						
Ppar_Exp	Pdesc	Ppar_Frg	Pdesc	Ppar_Frg	Pdesc	Ppar_Rsl	Pdesc	Ppar_Rsl	Pdesc			
0.681		0.101		0.101		0.059		0.059				
Contaminación Excesiva del Aire	0.495	Contaminación por sustancias químicas	0.446	Desechos industriales	0.426	SIN CONOCIMIENTO	0.439	SIN MANEJO	0.443	0.477	0.137	0.475
Contaminación Muy Alta del Aire	0.235	Contaminación por residuos	0.245	Deforestación	0.275	POR OTRAS PERSONAS	0.316	DEPOSITA EN SOLO ENVASE	0.295	0.248	0.137	0.260
Contaminación Moderada del aire	0.147	Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas	0.179	Derrames de sustancias químicas	0.143	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO - TV	0.132	SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	0.153	0.149	0.137	0.147
Contaminación baja del aire	0.085	Contaminación exógena	0.088	Presencia de microorganismos patógenos.	0.097	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	0.070	REUSO Y COMPOSTAJE	0.072	0.085	0.137	0.078
Contaminación incipiente a controlada del aire	0.038	Incorrecto almacenamiento de residuos industriales	0.043	Compuestos orgánicos	0.059	SENSIBILIZACION POR INSTITUCIONES	0.043	CLASIFICACION POR MATERIAL	0.036	0.041	0.137	0.040



9.6. Estratificación de los Niveles de Vulnerabilidad

Tabla 233 Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTA	Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: Mayor a 10000 hab. y que en su mayoría tienen entre 0-5 años o >66 años, donde no cuentan con acceso a servicios básicos. Cuyo conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres es nulo, y a su vez una actitud frente al riesgo fatalista. En cuanto a la localización de la edificación se encuentra muy cerca de la zona de peligro (De 0 a 5m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados más de 4 componentes. Estado de conservación: Precario (antigüedad de 20 años). La ocupación de las personas por lote es de desempleados obteniendo ingresos mensuales inferiores a 1025 soles. Contaminación del aire: Contaminación Excesiva del Aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por sustancias químicas. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Desechos industriales. Conocimiento en temas Ambientales: sin conocimientos. Manejo de residuos sólidos: Sin manejo.	0.260<V≤0.475
ALTA	Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: 7500 a 10000 hab. y que en su mayoría tienen entre 6 a 12 o 55 a 65 años, donde solo cuentan con acceso a un servicio básico. Cuyo conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres es erróneo, y a su vez presenta una actitud mínima frente al riesgo. En cuanto a la localización de la edificación se encuentra cerca de la zona de peligro (Hasta 10m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados 4 componentes. Estado de conservación: Malo (con antigüedad de 15 años). La ocupación de las personas por lote es dedicada al hogar obteniendo ingresos mensuales: > 1025 - ≤ 2000 soles. Contaminación del aire: Contaminación Muy Alta del Aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por residuos. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Deforestación. Conocimiento en temas Ambientales: por otras personas. Manejo de residuos sólidos: Deposita en un solo envase.	0.147<V≤0.260
MEDIA	Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: 5000 a 7500 hab. y que en su mayoría tienen entre 13-18 años. Acceso a servicios básicos: dos servicios básicos. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento Limitado, y a su vez presenta una actitud parcialmente positiva frente al riesgo. Localización de la edificación: Medianamente cerca al área de peligro (Hasta 15m) así como las infraestructuras afectadas, son afectados 3 componentes. Estado de conservación: Regular (antigüedad de 10 años). La ocupación de las personas por lote es ocupado menores de 18 años obteniendo ingresos mensuales: > 2000 - ≤ 2500 soles. Contaminación del aire: Contaminación Moderada del aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Derrames de sustancias químicas. Conocimiento en temas Ambientales: Por medio de comunicación Radio-TV. Manejo de residuos sólidos: Selecciona orgánico e inorgánico.	0.078<V≤0.147
BAJA	Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: menos a 5000 hab. y que en su mayoría tienen entre 19-54 años. Acceso a servicios básicos: más de tres servicios básicos. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento, pero sin interés, y a su vez presenta buena actitud frente al riesgo, motivación preventiva. Localización de la edificación: Alejada a Muy alejada al área de peligro (Mas de 20m). así como las infraestructuras afectadas, son afectados menos a 2 componentes. Estado de conservación: Bueno ha Conservado (antigüedad de 5 años). Material predominante en la construcción: Ladrillo bloqueta y concreto armado. Ingreso familiar promedio mensual (MES): >2500. Población económicamente activa: Trabajador Independiente a Dependiente. Contaminación del aire: Contaminación baja del aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación exógena. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Presencia de microorganismos patógenos y compuestos orgánicos. Conocimiento en temas Ambientales: Internet y capacitación por instituciones. Manejo de residuos sólidos: Reusó, compostaje y clasificación por material.	0.040 ≤V≤0.078

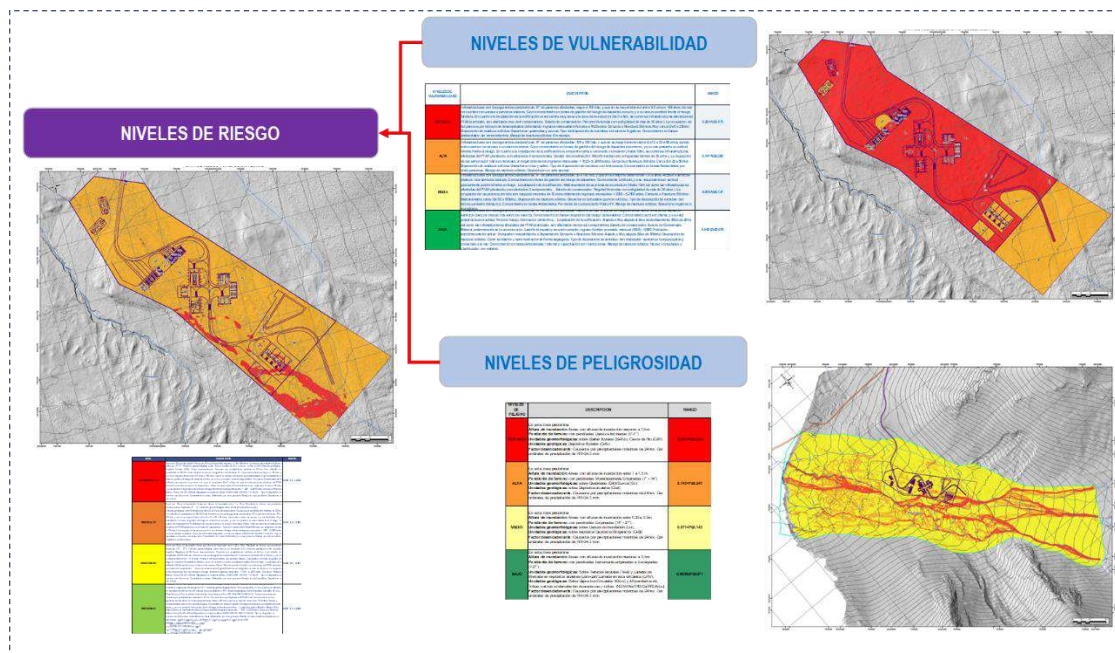


Capítulo X. Cálculo de los Niveles de Riesgo

10.1. Metodología para el Cálculo de Riesgo

Luego de calculado el nivel de peligro y el nivel de vulnerabilidad del ámbito de estudio podemos hallar el riesgo, el cual se define como el resultado de la relación de peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, para luego poder determinar los posibles efectos y consecuencias asociados a un desastre producido por fenómenos de geodinámica externa en el sector de estudio.

Figura 101 Metodología del cálculo de Riesgo



10.2. Definición y Estratificación de los Niveles de Riesgo

En las siguientes tablas se muestran los niveles de riesgo y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el proceso de análisis jerárquico.



Tabla 234 Cálculo de los Niveles de Riesgo por Deslizamiento

Peligrosidad	Muy alto	0.498	0.039	0.073	0.130	0.236
	Alto	0.261	0.020	0.038	0.068	0.124
	Medio	0.136	0.011	0.020	0.035	0.065
	Bajo	0.069	0.005	0.010	0.018	0.033
			0.078	0.147	0.260	0.475
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Vulnerabilidad						

Tabla 235 Cálculo de los Niveles de Riesgo por Inundación

Peligrosidad	Muy alto	0.513	0.040	0.075	0.133	0.244
	Alto	0.235	0.018	0.035	0.061	0.112
	Medio	0.144	0.011	0.021	0.038	0.069
	Bajo	0.071	0.006	0.010	0.019	0.034
			0.078	0.147	0.260	0.475
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Vulnerabilidad						

Tabla 236 Cálculo de los Niveles de Riesgo por Erosión

Peligrosidad	Muy alto	0.503	0.039	0.074	0.131	0.239
	Alto	0.260	0.020	0.038	0.068	0.124
	Medio	0.134	0.010	0.020	0.035	0.064
	Bajo	0.068	0.005	0.010	0.018	0.032
			0.078	0.147	0.260	0.475
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Vulnerabilidad						

Tabla 237 Niveles de Riesgo por Deslizamiento

Nivel del Riesgo		Rango	
Riesgo Muy alto	0.068	$< R \leq$	0.236
Riesgo Alto	0.020	$< R \leq$	0.068
Riesgo Medio	0.005	$< R \leq$	0.020
Riesgo Bajo	0.001	$\leq R \leq$	0.005



Tabla 238 Niveles de Riesgo por Inundación

Nivel del Riesgo		Rango	
Riesgo Muy alto	0.061	$< R \leq$	0.244
Riesgo Alto	0.021	$< R \leq$	0.061
Riesgo Medio	0.006	$< R \leq$	0.021
Riesgo Bajo	0.001	$\leq R \leq$	0.006

Tabla 239 Niveles de Riesgo por Erosión

Nivel del Riesgo		Rango	
Riesgo Muy alto	0.068	$< R \leq$	0.239
Riesgo Alto	0.020	$< R \leq$	0.068
Riesgo Medio	0.005	$< R \leq$	0.020
Riesgo Bajo	0.001	$\leq R \leq$	0.005

10.3. Estratificación del Nivel de Riesgo

La prevención y reducción del riesgo de desastre son las principales condiciones para garantizar el desarrollo territorial sostenible como base para un crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de la vida de la población, estos parámetros al menos los de riesgo muy alto y alto, deben reducirse con la prevención y la reducción al menos a riesgo medio para que los pobladores de la zona puedan tener mejor calidad de vida y así puedan desarrollarse sosteniblemente.



Tabla 240 Estratificación de los niveles de Riesgo por Deslizamiento

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
RIESGO MUY ALTO	<p>En esta zona predomina: Factores de Seguridad: Menores a 1.25. Unidades Geológicas (Litológicas): Depósitos coluviales (Q-co). Unidades de Pendiente: Escarpado (>45°). Unidades Geomorfológicas: Laderas de Montaña (LdM). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: Mayor a 10000 hab. y que en su mayoría tienen entre 0-5 años o >66 años, donde no cuentan con acceso a servicios básicos. Cuyo conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres es nulo, y a su vez una actitud frente al riesgo fatalista. En cuanto a la localización de la edificación se encuentra muy cerca de la zona de peligro (De 0 a 5m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados más de 4 componentes. Estado de conservación: Precario (antigüedad de 20 años). La ocupación de las personas por lote es de desempleados obteniendo ingresos mensuales inferiores a 1025 soles. Contaminación del aire: Contaminación Excesiva del Aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por sustancias químicas. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Desechos industriales. Conocimiento en temas Ambientales: sin conocimientos. Manejo de residuos sólidos: Sin manejo.</p>	<p>0.068 ≤ R < 0.236</p>
RIESGO ALTO	<p>En esta zona predomina: Factores de Seguridad: DE 1.25 A 1.50. Unidades Geológicas (Litológicas): Depósitos aluviales (Q-al). Unidades de Pendiente: Fuertemente Empinado (25° - 45°). Unidades Geomorfológicas: Pie de Monte (PdM). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: 7500 a 10000 hab. y que en su mayoría tienen entre 6 a 12 o 55 a 65 años, donde solo cuentan con acceso a un servicio básico. Cuyo conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres es erróneo, y a su vez presenta una actitud mínima frente al riesgo. En cuanto a la localización de la edificación se encuentra cerca de la zona de peligro (Hasta 10m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados 4 componentes. Estado de conservación: Malo (con antigüedad de 15 años). La ocupación de la persona por lote es dedicada al hogar obteniendo ingresos mensuales: > 1025 - ≤ 2000 soles. Contaminación del aire: Contaminación Muy Alta del Aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por residuos. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Deforestación. Conocimiento en temas Ambientales: por otras personas. Manejo de residuos sólidos: Deposita en un solo envase.</p>	<p>0.020 ≤ R < 0.068</p>
RIESGO MEDIO	<p>En esta zona predomina: Factores de Seguridad: DE 1.50 A 1.75. Unidades Geológicas (Litológicas): Afloramientos de Cuarzitas (Afl-Qzs). Unidades de Pendiente: Empinado (15° - 25°). Unidades Geomorfológicas: Terrazas Altas (Trzs-Al). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: 5000 a 7500 hab. y que en su mayoría tienen entre 13-18 años. Acceso a servicios básicos: dos servicios básicos. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento Limitado, y a su vez presenta una actitud parcialmente positiva frente al riesgo. Localización de la edificación: Medianamente cerca al área de peligro (Hasta 15m) así como las infraestructuras afectadas, son afectados 3 componentes. Estado de conservación: Regular (antigüedad de 10 años). La ocupación de las personas por lote es ocupado menores de 18 años obteniendo ingresos mensuales: > 2000 - ≤ 2500 soles. Contaminación del aire: Contaminación Moderada del aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Derrames de sustancias químicas. Conocimiento en temas Ambientales: Por medio de comunicación Radio-TV. Manejo de residuos sólidos: Selecciona orgánico e inorgánico.</p>	<p>0.005 ≤ R < 0.020</p>
RIESGO BAJO	<p>En esta zona predomina: Factores de Seguridad: Mayores a 1.75. Unidades Geológicas (Litológicas): Depósitos Lacustres (Q-lc) y Depósitos fluviales (Q-flv. Unidades de Pendiente: Moderadamente Empinado (5° - 15°) y Llano a inclinado (0°-5°). Unidades Geomorfológicas: Terrazas Bajas (Trzs-Ba) y Cauce de Drenaje (CdD). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: menos a 5000 hab. y que en su mayoría tienen entre 19-54 años. Acceso a servicios básicos: más de tres servicios básicos. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento, pero sin interés, y a su vez presenta buena actitud frente al riesgo, motivación preventiva, Localización de la edificación: Alejada a Muy alejada al área de peligro (Mas de 20m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados menos a 2 componentes. Estado de conservación: Bueno ha Conservado (antigüedad de 5 años). Material predominante en la construcción: Ladrillo bloqueta y concreto armado. Ingreso familiar promedio mensual (MES): >2500. Población económicamente activa: Trabajador Independiente a Dependiente. Contaminación del aire: Contaminación baja del aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación exógena. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Presencia de microorganismos patógenos y compuestos orgánicos. Conocimiento en temas Ambientales: Internet y capacitación por instituciones. Manejo de residuos sólidos: Reusó, compostaje y clasificación por material.</p>	<p>0.001 ≤ R < 0.005</p>



Tabla 241 Estratificación de los niveles de Riesgo por Inundación

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANG O
RIESGO MUY ALTO	En esta zona predomina: Altura de inundación: Áreas con alturas de inundación mayores a 1 m. Pendiente de terreno: con pendientes Llanas (0° - 2°) Unidades geomorfológicas: sobre Cauce de Drenajes (CdD). Unidades geológicas: Depósitos fluviales (Q-flv). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: Mayor a 10000 hab. y que en su mayoría tienen entre 0-5 años o >66 años, donde no cuentan con acceso a servicios básicos. Cuyo conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres es nulo, y a su vez una actitud frente al riesgo fatalista. En cuanto a la localización de la edificación se encuentra muy cerca de la zona de peligro (De 0 a 5m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados más de 4 componentes. Estado de conservación: Precario (antigüedad de 20 años). La ocupación de las personas por lote es de desempleados obteniendo ingresos mensuales inferiores a 1025 soles. Contaminación del aire: Contaminación Excesiva del Aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por sustancias químicas. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Desechos industriales. Conocimiento en temas Ambientales: sin conocimientos. Manejo de residuos sólidos: Sin manejo.	0.061 ≥ R< 0.244
RIESGO ALTO	En esta zona predomina: Altura de inundación: Áreas con alturas de inundación entre 0.5 a 1 m. Pendiente de terreno: con pendientes Inclínadas (2° - 5°). Unidades geomorfológicas: sobre Terrazas Bajas (Trzs-Ba). Unidades geológicas: sobre Depósitos aluviales (Q-al). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: 7500 a 10000 hab. y que en su mayoría tienen entre 6 a 12 o 55 a 65 años, donde solo cuentan con acceso a un servicio básico. Cuyo conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres es erróneo, y a su vez presenta una actitud mínima frente al riesgo. En cuanto a la localización de la edificación se encuentra cerca de la zona de peligro (Hasta 10m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados 4 componentes. Estado de conservación: Malo (con antigüedad de 15 años). La ocupación de las personas por lote es dedicada al hogar obteniendo ingresos mensuales: > 1025 - ≤ 2000 soles. Contaminación del aire: Contaminación Muy Alta del Aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por residuos. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Deforestación. Conocimiento en temas Ambientales: por otras personas. Manejo de residuos sólidos: Deposita en un solo envase.	0.021 ≥ R< 0.061
RIESGO MEDIO	En esta zona predomina: Altura de inundación: Áreas con alturas de inundación entre 0.25 a 0.5m. Pendiente de terreno: con pendientes Moderadamente Empinadas (5° - 15°). Unidades geomorfológicas: sobre Terrazas Altas (Trzs-Al). Unidades geológicas: sobre depósitos Lacustres (Q-lc). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: 5000 a 7500 hab. y que en su mayoría tienen entre 13-18 años. Acceso a servicios básicos: dos servicios básicos. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento Limitado, y a su vez presenta una actitud parcialmente positiva frente al riesgo. Localización de la edificación: Medianamente cerca al área de peligro (Hasta 15m) así como las infraestructuras afectadas, son afectados 3 componentes. Estado de conservación: Regular (antigüedad de 10 años). La ocupación de las personas por lote es ocupado menores de 18 años obteniendo ingresos mensuales: > 2000 - ≤ 2500 soles. Contaminación del aire: Contaminación Moderada del aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Derrames de sustancias químicas. Conocimiento en temas Ambientales: Por medio de comunicación Radio-TV. Manejo de residuos sólidos: Selecciona orgánico e inorgánico.	0.006 ≥ R< 0.021
RIESGO BAJO	En esta zona predomina: Altura de inundación: Áreas con alturas de inundación menores a 0.25m. Pendiente de terreno: con pendientes Empinadas a Escarpadas (>15°). Unidades geomorfológicas: Sobre Pie de Monte (PdM) y Laderas de Montaña (LdM). Unidades geológicas: Sobre Depósitos Coluviales (Q-co) y Afloramientos de Cuarzitas (Afl-Qzs) Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: menos a 5000 hab. y que en su mayoría tienen entre 19-54 años. Acceso a servicios básicos: más de tres servicios básicos. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento, pero sin interés, y a su vez presenta buena actitud frente al riesgo, motivación preventiva. Localización de la edificación: Alejada a Muy alejada al área de peligro (Mas de 20m). así como las infraestructuras afectadas, son afectados menos a 2 componentes. Estado de conservación: Bueno ha Conservado (antigüedad de 5 años). Material predominante en la construcción: Ladrillo bloqueta y concreto armado. Ingreso familiar promedio mensual (MES): >2500. Población económicamente activa: Trabajador Independiente a Dependiente. Contaminación del aire: Contaminación baja del aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación exógena. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Presencia de microorganismos patógenos y compuestos orgánicos. Conocimiento en temas Ambientales: Internet y capacitación por instituciones. Manejo de residuos sólidos: Reusó, compostaje y clasificación por material.	0.001 ≥ R< 0.006



Tabla 242 Estratificación de los niveles de Riesgo por Erosión

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
RIESGO MUY ALTO	En esta zona predomina: Velocidad del flujo: Áreas con velocidades de flujo mayores a 1.5m/s. Cobertura Vegetal: Constituida de suelos desnudos. Unidades geomorfológicas: sobre Cauce de Drenajes (CdD). Pendiente de terreno: con pendientes Llanas a inclinadas (0°-5°). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: Mayor a 10000 hab. y que en su mayoría tienen entre 0-5 años o >66 años, donde no cuentan con acceso a servicios básicos. Cuyo conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres es nulo, y a su vez una actitud frente al riesgo fatalista. En cuanto a la localización de la edificación se encuentra muy cerca de la zona de peligro (De 0 a 5m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados más de 4 componentes. Estado de conservación: Precario (antigüedad de 20 años). La ocupación de las personas por lote es de desempleados obteniendo ingresos mensuales inferiores a 1025 soles. Contaminación del aire: Contaminación Excesiva del Aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por sustancias químicas. Contaminación y Degradación del Agua subterráneo: Desechos industriales. Conocimiento en temas Ambientales: sin conocimientos. Manejo de residuos sólidos: Sin manejo.	0.068 ≤ R < 0.239
RIESGO ALTO	En esta zona predomina: Velocidad del flujo: Áreas con velocidades de flujo entre 1 m/s a 1.5 m/s. Cobertura Vegetal: Constituida de suelos con vegetación incipiente. Unidades geomorfológicas: sobre Terrazas Bajas (Trzs-Ba). Pendiente de terreno: con pendientes Moderadamente Empinadas (5° - 15°). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: 7500 a 10000 hab. y que en su mayoría tienen entre 6 a 12 o 55 a 65 años, donde solo cuentan con acceso a un servicio básico. Cuyo conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres es erróneo, y a su vez presenta una actitud mínima frente al riesgo. En cuanto a la localización de la edificación se encuentra cerca de la zona de peligro (Hasta 10m), así como las infraestructuras afectadas, son afectados 4 componentes. Estado de conservación: Malo (con antigüedad de 15 años). La ocupación de las personas por lote es dedicada al hogar obteniendo ingresos mensuales: > 1025 - ≤ 2000 soles. Contaminación del aire: Contaminación Muy Alta del Aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por residuos. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Deforestación. Conocimiento en temas Ambientales: por otras personas. Manejo de residuos sólidos: Deposita en un solo envase.	0.020 ≤ R < 0.068
RIESGO MEDIO	En esta zona predomina: Velocidad del flujo: Áreas con velocidades de flujo entre 0.25 m/s a 0.5m/s. Cobertura Vegetal: Constituida de suelos con vegetación escasa. Unidades geomorfológicas: sobre Terrazas Altas (Trzs-Al). Pendiente de terreno: con pendientes Empinadas (15° - 25°). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: 5000 a 7500 hab. y que en su mayoría tienen entre 13-18 años. Acceso a servicios básicos: dos servicios básicos. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento Limitado, y a su vez presenta una actitud parcialmente positiva frente al riesgo. Localización de la edificación: Medianamente cerca al área de peligro (Hasta 15m) así como las infraestructuras afectadas, son afectados 3 componentes. . Estado de conservación: Regular (antigüedad de 10 años). La ocupación de las personas por lote es ocupado menores de 18 años obteniendo ingresos mensuales: > 2000 - ≤ 2500 soles. Contaminación del aire: Contaminación Moderada del aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación por instalaciones comerciales e industriales abandonadas. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Derrames de sustancias químicas. Conocimiento en temas Ambientales: Por medio de comunicación Radio-TV. Manejo de residuos sólidos: Selecciona orgánico e inorgánico.	0.005 ≤ R < 0.020
RIESGO BAJO	En esta zona predomina: Velocidad de flujo: Áreas con velocidades de flujo menores a 0.5m/s. Cobertura Vegetal: Constituida de suelos con vegetación media a densa. Unidades geomorfológicas: Sobre Pie de Monte (PdM) y Laderas de Montaña (LdM). Pendiente de terreno: con pendientes fuertemente empinadas a Escarpadas (>25°). Factor desencadenante: Causados por precipitaciones máximas de 24 hrs. Con umbrales de precipitación de RR>34.3 mm. Infraestructuras con las siguientes características: N° de personas afectadas: menos a 5000 hab. y que en su mayoría tienen entre 19-54 años. Acceso a servicios básicos: más de tres servicios básicos. Conocimiento en temas de gestión del riesgo de desastres: Conocimiento pero sin interés, y a su vez presenta buena actitud frente al riesgo, motivación preventiva, . Localización de la edificación: Alejada a Muy alejada al área de peligro (Mas de 20m). así como las infraestructuras afectadas, son afectados menos a 2 componentes. Estado de conservación: Bueno ha Conservado (antigüedad de 5 años). Material predominante en la construcción: Ladrillo bloqueta y concreto armado. Ingreso familiar promedio mensual (MES): >2500. Población económicamente activa: Trabajador Independiente a Dependiente. Contaminación del aire: Contaminación baja del aire. CONTAMINACION Y DEGRADACION DEL SUELO: Contaminación exógena. Contaminación y Degradación del Agua subterránea: Presencia de microorganismos patógenos y compuestos orgánicos. Conocimiento en temas Ambientales: Internet y capacitación por instituciones. Manejo de residuos sólidos: Reusó, compostaje y clasificación por material.	0.001 ≤ R < 0.005



10.4. Cálculo de Pérdidas

10.4.1. Cálculo de Pérdidas Probable

Cualitativa

Según la evaluación de riesgos se determinó que el área de riesgo potencial significativo en la infraestructura propuesta se sitúa en riesgo medio, alto y muy alto. donde habría la posibilidad de que sea afectado por inundación pluvial, deslizamiento y erosión pluvial lo que constituiría la interrupción del sistema de tratamiento de residuos sólidos de toda la población del distrito de Challhuahuacho.

Cuantitativa

Se muestra Cuadro a considerar en la cuantificación de costos, el cual se utiliza y/o adapta de acuerdo a la realidad de la infraestructura planteada de estudio cuyo costo será de S./ 20,557,058.28.



Capítulo XI. Control de Riesgos

La aplicación de medidas preventivas y correctivas en la planta de Tratamiento de Residuos sólidos garantiza la reducción de la probabilidad de pérdidas ante el riesgo existente, mas no puede eliminarse totalmente, razón por la cual el riesgo por inundación pluvial, erosión pluvial y deslizamiento nunca será nulo; por lo tanto, siempre existe un límite hasta el cual se considera que el riesgo es controlable y a partir del cual se justifica aplicar medidas preventivas.

11.1. Aceptabilidad y Tolerancia del Riesgo

11.1.1. Valoración de las Consecuencias

De la tabla obtenemos que las consecuencias a causa del impacto de un fenómeno natural por ser recurrente, que a su vez origina la ocurrencia de inundaciones pluviales, erosiones pluviales y deslizamiento en la planta propuesta de residuos sólidos, cuyas consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles y con apoyo externo, los que corresponden a un nivel de valoración de consecuencias MEDIO y ALTO con un valor 2 y 3 respectivamente.

Tabla 243 Valoración De Consecuencias

Valor	Nivel del Riesgo	Descripción
4	RIESGO MUY ALTO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	RIESGO ALTO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	RIESGO MEDIO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles
1	RIESGO BAJO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Fuente: CENEPRED, 2014



11.1.2. Valoración de la Frecuencia de Recurrencia

Como se indica anteriormente, los fenómenos hidrometeorológicos como precipitaciones pluviales anuales presentan recurrencia originando peligros por INUNDACION PLUVIAL de acuerdo con el cuadro la frecuencia presenta un valor 2 con NIVEL MEDIO, indicando que puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias; y los peligros por EROSION PLUVIAL Y DESLIZAMIENTOS, de acuerdo con el cuadro la frecuencia presenta un valor 3 con NIVEL ALTO, indicando que puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias, como podrían ser una precipitación máxima por el cambio climático en la zona, por el impacto en la localización de la infraestructura de la planta de tratamiento de residuos. (Elevando el nivel de vulnerabilidad).

Tabla 244 Valoración de la Frecuencia de Recurrencia

Valor	Nivel del Riesgo	Descripción
4	MUY ALTO	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	ALTO	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según circunstancias.
2	MEDIO	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según circunstancias.
1	BAJO	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente: CENEPRED, 2014

11.1.3. Nivel de Consecuencia y Daño (matriz)

Del análisis de la consecuencia y frecuencia de los fenómenos naturales, se obtiene que el nivel de consecuencia y daño en el área de riesgo se constituyen como medios a altos para la infraestructura de tratamiento de residuos sólidos, por lo que se obtiene el NIVEL 2–MEDIO (consecuencia Media y frecuencia Media) para fenómenos de inundación pluvial y el NIVEL 3–ALTO (consecuencia Alta y frecuencia Alta) para fenómenos de erosión pluvial y deslizamiento.



Tabla 245 Nivel de consecuencia y daño

Consecuencias	Zona de consecuencias y daños					
	Muy alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy alta
	Alta	3	Alta	Alta	Alta	Muy alta
	Media	2	Media	Media	Alta	Alta
	Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
		1	2	3	4	
		Baja	Media	Alta	Muy alta	
Frecuencia						

Fuente: CENEPRED, 2014

11.1.4. Medidas Cualitativas de Consecuencia y Daño

De las medidas cualitativas de consecuencias y daños por fenómenos naturales de para la planta de tratamiento de residuos sólidos se determinó que: la planta de tratamiento de residuos sólidos: Es de NIVEL 2 MEDIO, requiere tratamiento médico en las personas, perdidas de bienes y financieras altas, para el fenómeno de inundación pluvial. Es de NIVEL 3 ALTO, lesiones graves en las personas, perdida de la capacidad de la producción, perdida de bienes y financieros importantes, para los fenómenos de erosión pluvial y deslizamiento.

Tabla 246 Medidas cualitativas de consecuencia y daño

Valor	Descriptor	Descripción
4	Muy alto	Muerte de personas, enorme pérdida de bienes y financieros.
3	Alto	Lesiones graves en las personas, perdida de la capacidad de la producción, perdida de bienes y financieros importantes.
2	Medio	Requiere tratamiento médico en las personas, perdidas de bienes y financieras altas.
1	Bajo	Tratamiento de primeros auxilios a las personas, pérdidas de bienes y financieras altas.

Fuente: CENEPRED, 2014



11.1.5. Aceptabilidad y Tolerancia

De la tabla de aceptabilidad y/o tolerancia se obtiene el NIVEL 2 TOLERABLE, que describe que se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos ante inundaciones pluviales; y el NIVEL 3 – INACEPTABLE, que describe que se deben desarrollar actividades INMEDIATAS Y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos ante erosión pluvial y deslizamiento.

Tabla 247 Aceptabilidad y/o tolerancia

Valor	Nivel del Riesgo	Descripción
4	INADMISIBLE	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir riesgos.
3	INACEPTABLE	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS Y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos ante erosión y deslizamiento.
2	TOLERABLE	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos ante inundación pluvial.
1	ACEPTABLE	El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente: CENEPRED, 2014

11.1.6. Matriz de Aceptabilidad y Tolerancia

La matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo se indica a continuación:

Tabla 248 Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia			
Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo inaceptable

Fuente: CENEPRED, 2014



En la zona de la planta de tratamiento de residuos sólidos planteada, como el nivel presenta una consecuencia y frecuencia media a alta, el riesgo se constituye como tolerable a inaceptable, también es viable combinar estas medidas con evitar el daño cuando éste se presente una consecuencia alta y la frecuencia es alta, es decir los posibles daños por el riesgo a erosión pluvial y deslizamiento en la localización de la infraestructura se categoriza como Inaceptable, y ante el riesgo de inundación pluvial se categoriza como Tolerable.

11.1.7. *Prioridad de la Intervención*

Tabla 249 *Prioridad de intervención*

Valor	Descriptor	Nivel de priorización
4	INADMISIBLE	I
3	INACEPTABLE	II
2	TOLERABLE	III
1	ACEPTABLE	IV

Fuente: CENEPRED, 2014

De la Tabla se obtiene que el NIVEL DE PRIORIZACIÓN ES II y III, del cual constituye el soporte para la formulación y ejecución de manera urgente y prioritaria de las actividades, acciones y proyectos de inversión vinculadas a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de Desastres para reducir o evitar el daño.

11.2. **Medidas de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres**

11.2.1. **Medidas de Prevención de Riesgos de Desastres de Orden Estructural**

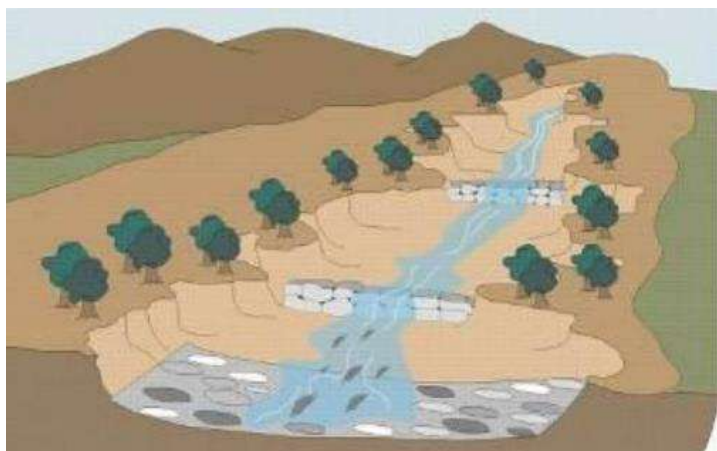
De la evaluación de la información y estudios previos (topografía, geología, geotecnia, etc.) y del recorrido de la zona, se define las medidas estructurales.

Definida la alternativa se realizan los modelamientos matemáticos que justifiquen la medida, en cuanto sean funcionales y contribuyan en dar solución a los peligros identificados. Para evitar la inundación y erosión pluvial generadas por una máxima avenida, se propone:



- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños especialmente con especie nativas para estabilizar los lechos y sus márgenes (figura 68); la densidad de este bosque permite de una manera disminuir el desborde de materiales de gran tamaño que rebasen la capacidad del cauce canalizado y su impacto además se vea menguado o disminuido.

Figura 102 Bosques ribereños



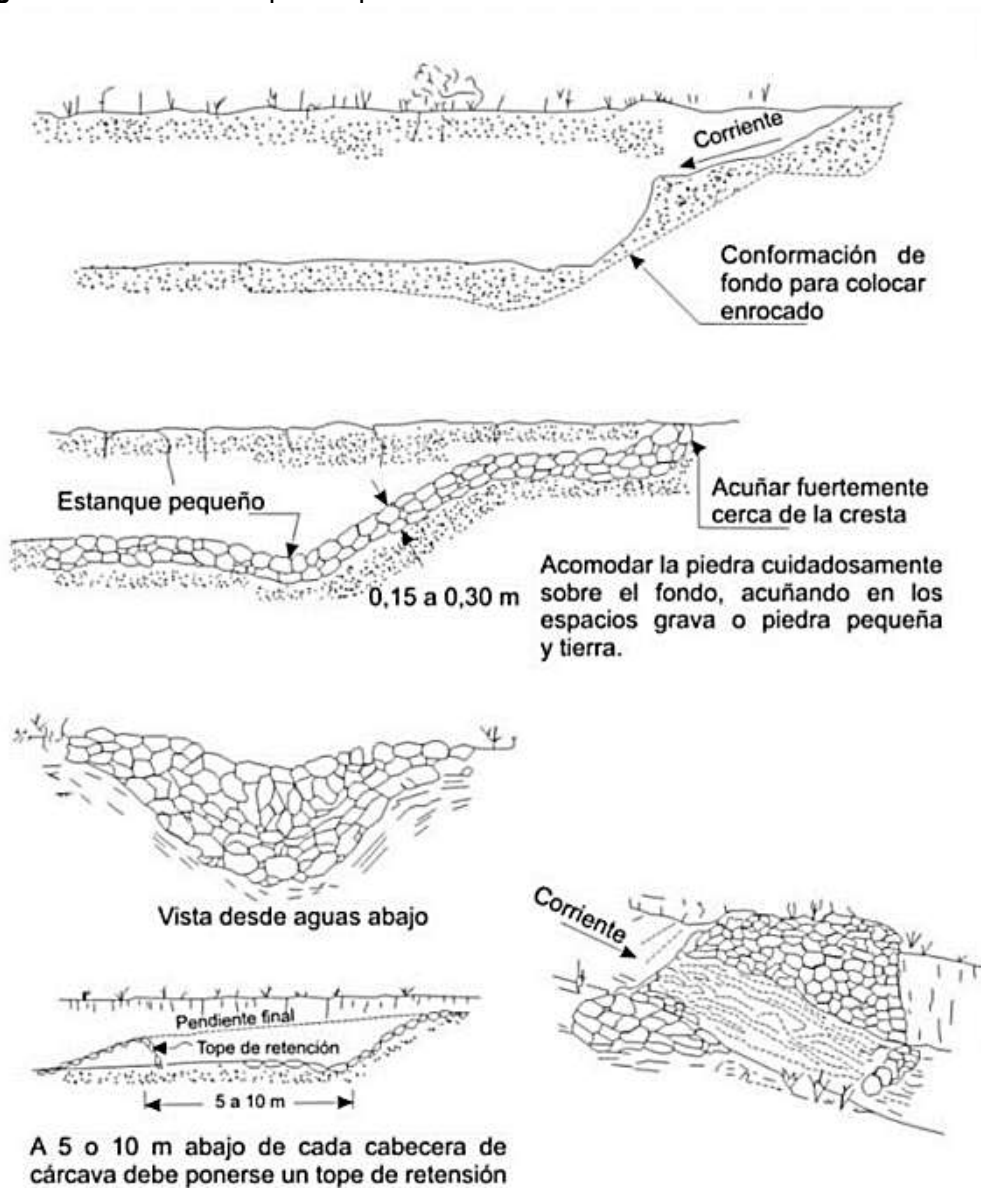
Fuente: Ingemmet.

- Regeneración de la cobertura vegetal, de preferencia nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas, para asegurar su estabilidad.
- Construcción de diques o trinchos transversales constituidos con materiales propios de la región como: troncos, ramas, etc.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal, se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo, evitar la quema de pajonales, según se requiera
- También se recomienda realizar canales de derivación para encauzar los flujos que afectaran el proyecto.



- Reforestar laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles a utilizar deben contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran versus la pendiente y profundidad de los suelos; se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.

Figura 103 Trincho de piedra para cabecera de cárcava



Nota: Ingemmet, adaptado de Valderrama et al., 1964.



Figura 104 Esquema de elementos de protección para mitigar el peligro por erosión con respecto a la infraestructura.

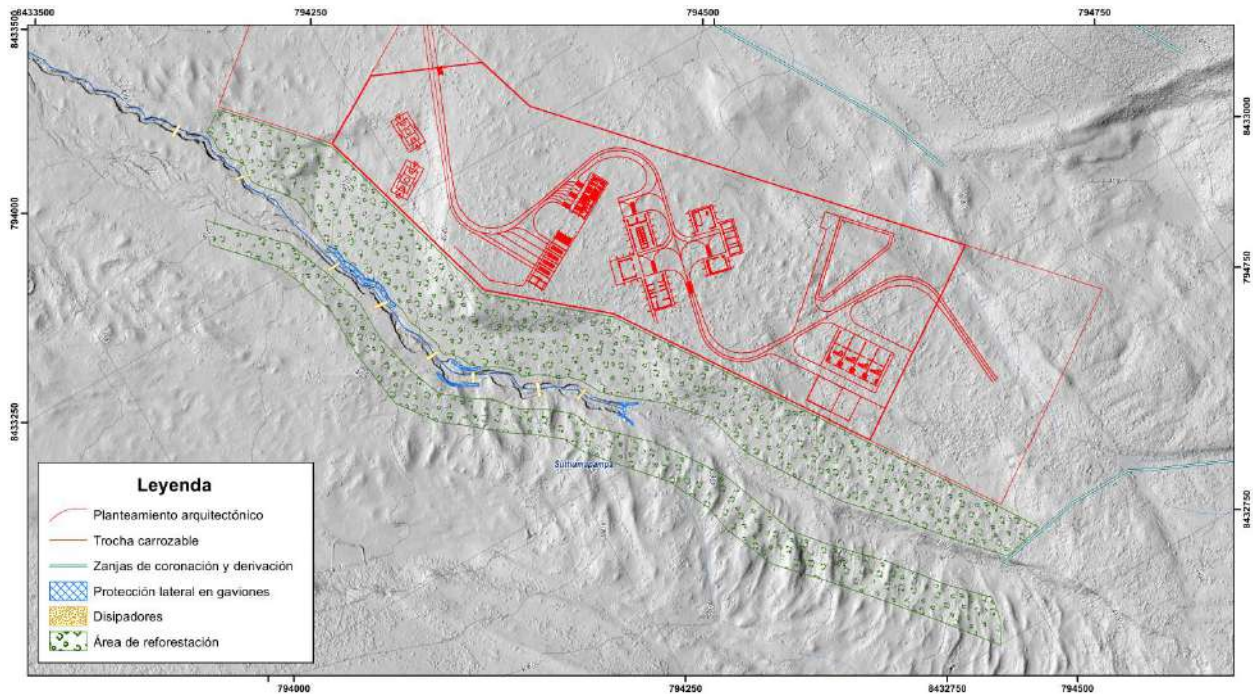
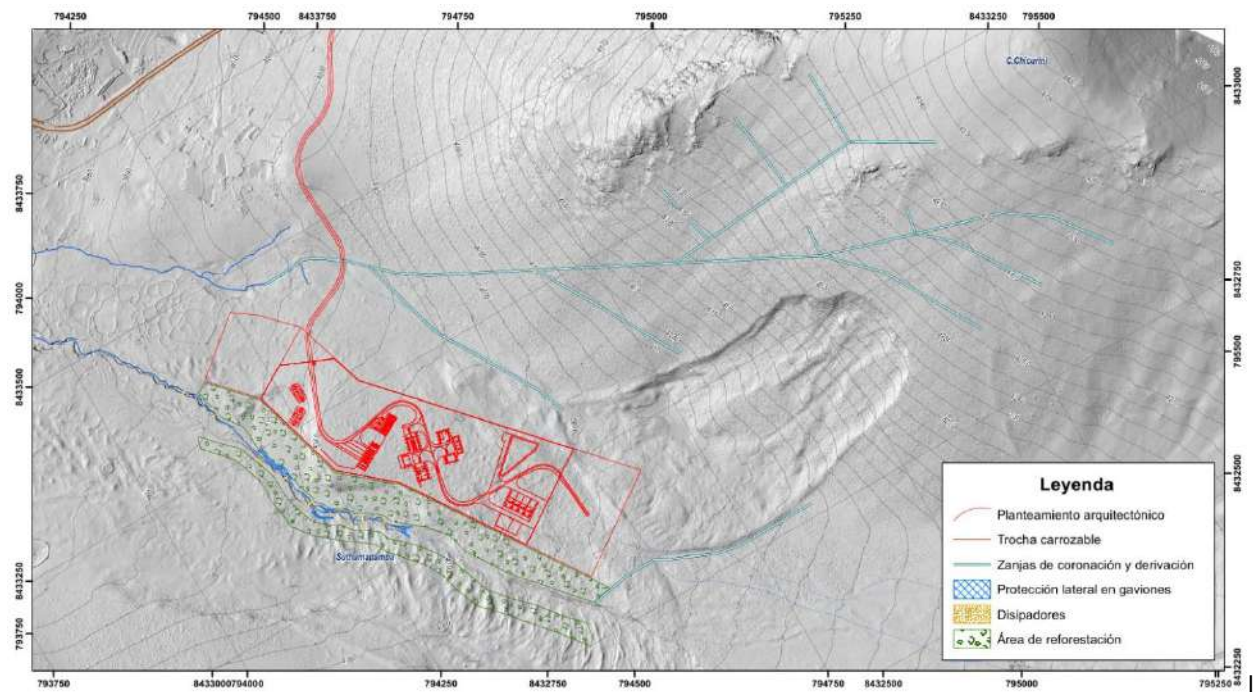


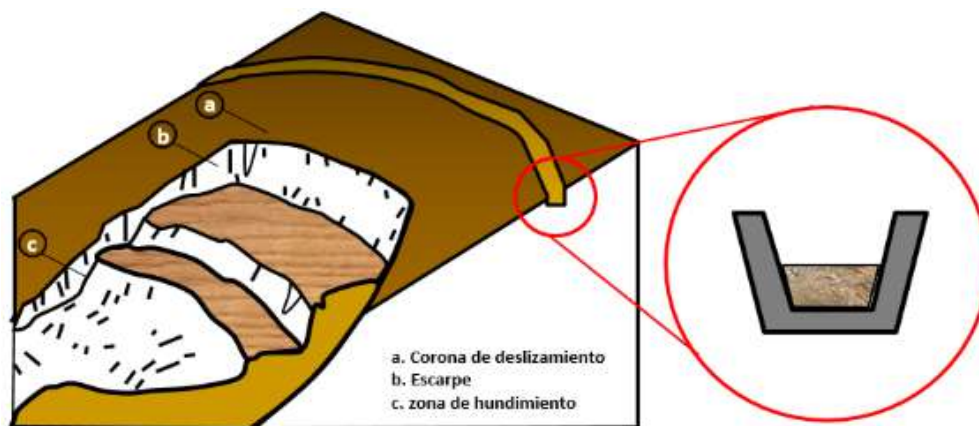
Figura 105 Esquema de zanjas de coronación para mitigar el peligro por deslizamiento con respecto a la infraestructura.





Dichos cálculos para las zanjas de coronación se realizaron el cálculo de caudal de diseño por el método racional, dando como resultado 2.89m³/s, y un resultado preliminar para el diseño de zanjas de coronación mediante el software Caldren, dichos cálculos aún están sujetos a modificaciones por parte del estudio hidrológico para el diseño final de acuerdo a la norma peruana basada en el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.

Figura 106 Esquema de zanjas de coronación o drenaje de deslizamiento



Fuente: Ingemmet. (2020). *Evaluación de los Deslizamientos en el centro poblado Santa Isabel. Informe técnico N°A7084.*

Todas las medidas estructurales anteriormente descritas tienen que coordinarse y desarrollarse con el responsable de hidráulica, basado en los cálculos hidrológicos desarrollados para el proyecto con el fin de determinar los caudales de diseño, y cuyos valores permitirán diseñar estructuras reales y adecuadas para evitar la inundación o posterior erosión o deslizamiento que afectara el presente proyecto.



Figura 107 Área que genera el caudal de diseño para las zanjas de coronación

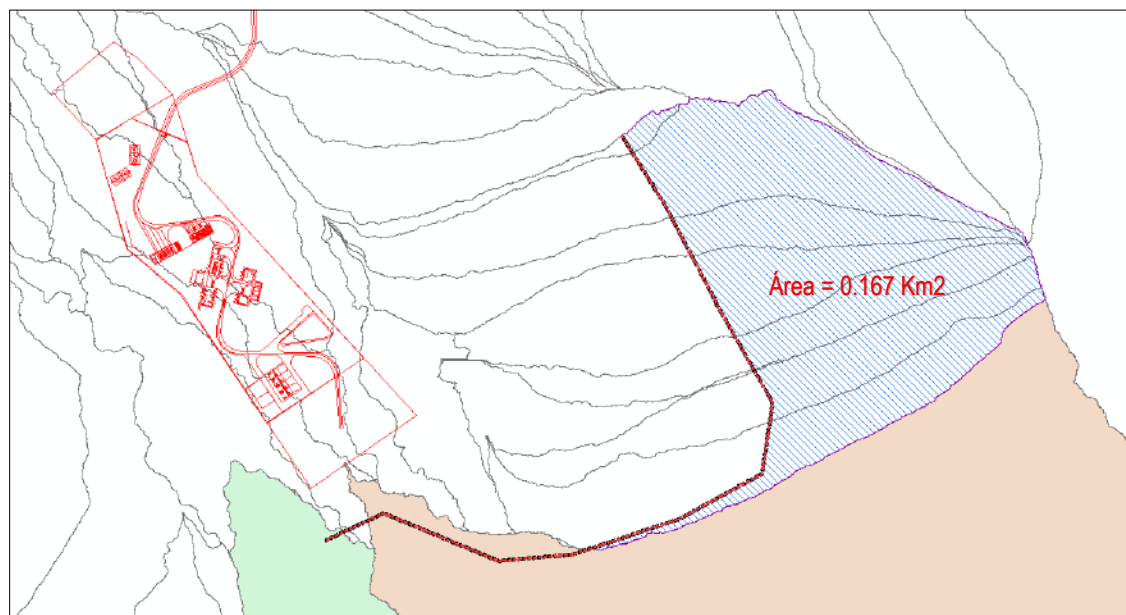


Tabla 250 Tiempo de concentración área de zanjas de coronación

Nº	Cuenca y Sub Cuenca	Area (km2)	Longitud (m)	Cota Max (HM)	Cota Min (Hm)	Diferencia de Nivel (m)	Pendiente m/m (Sm) Sm=(HM-Hm)/L	$T_c=0.01947*L^{0.77}*S^{-0.385}$ (min) (Kirpich 1940)	$T_c=0.0195*(L^3/H)^{0.385}$ (min) (California Culverta Practice 1942)	Tc Asumido (min)
3	Z-CORONACION	0.167	1087.507	4218.350	4135.000	83.350	0.077	11.40	11.42	11.41

Tabla 251 Intensidades para el diseño de zanjas de coronación

Nº	Nombre	Área (A)	Desnivel (H)	Longitud del cauce (L(m))	Pendiente (S)	Tiempo de Concentración (Tc)		Intensidad mm/hora									
		(km2)	(m.)	L (m.)	(m/m)	Horas	Minutos	T=5	T=10	T=20	T=25	T=30	T=50	T=100	T=500	T=1000	
3	Z-CORONACION	0.167	83.35	1,088	0.077	0.190	11.41	90.09	95.48	97.28	98.77	98.77	103.09	109.25	125.01	132.48	



Tabla 252 Caudal por periodo de retorno de 500 años para el diseño de zanjas de coronación

CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO (METODO RACIONAL) TR=500 años											
Nº	Subcuenca	Área	Pendiente	Longitud	Tiempo de concentración (Tc)		Coef. Escorrentía	Tipo de estructura	Periodo de retorno (años)	Intensidad de diseño (mm/hora)	Caudal de diseño (m3/s)
		(Km2)	%	(m)	Min	(Horas)	C		TR	I	
3	Z-CORONACION	0.167	7.66%	1087.51	11.41	0.19	0.5	CORONACION	500	125.01	2.89

Figura 108 Diseño de zanjas de coronación preliminares

Revestimiento:

Datos

Caudal: [lt/s]

Pendiente longitudinal: [%]

Tipo de revestimiento:

Especificar el coeficiente de rugosidad "n" =

Resultados

Coeficiente de rugosidad:

Base "b": [m]

Tirante de agua "Y": [m]

Ancho de solera "T": [m]

Area Hidraulica: [m²]

Perimetro mojado: [m]

Radio hidraulico: [m]

Velocidad: [m/s]

Numero de Froude:

Tipo de flujo:

Bordo libre "B.L": [m]

Calculo de las dimensiones reales

Altura "h": [m]

Base "b": [m]

Ancho total "T": [m]

Caudal: [lt/s]

Dimensiones constructivas

Altura "h": [m]

Base "b": [m]

Ancho total "T": [m]

Nota: Elaboración con software CALDREN.



CONCLUSIONES

Primero, el área de estudio con respecto a la geomorfología local se localiza sobre 2 unidades que son: Terrazas (Trzs) y Superficies de Deslizamiento (SdD). Por otra parte, con respecto a la geología local se identificaron 5 unidades predominantes en la zona de estudio, que son: Cuarcitas (Afl-Qzs) pertenecientes a la Formación Hualhuani, Depósitos Coluviales (Q-co), Depósitos Aluviales (Q-al), Depósitos Lacustres(Q-lc) y Depósitos Fluviales (Q-flv); la infraestructura se sitúa sobre depósitos aluviales. En cuanto a la geología estructural local se identificó lineamientos estructurales, por medio de 11 estaciones estructurales, identificado por indicadores cinemáticos como estrías de fallas y fracturas riedels y antiriedels, que describen movimientos variados combinando cinemáticas Normales, Inversas, Dextrales y Sinextrales; los cuales se localizan en los afloramientos de rocas en las partes altas de las laderas. Además, las estratificaciones se describieron por medio del análisis estereográfico, donde los planos de esquistosidad son variables, y por la roseta estructural poseen un rumbo SW, finalmente podemos concluir que los planos de esquistosidad se subcategorizan en 3 agrupaciones diferentes. Del mismo modo las fracturas se describieron por medio de estaciones geomecánicas para observar su orientación e inclinación por medio de análisis estereográfico, presentando como relleno a óxidos, su dirección es variable, así como su inclinación. Asimismo, de acuerdo a la clasificación de 4 macizos rocosos, se determinó que poseen media a buena calidad en el RMR básico de Bieniawski con valores entre 57 y 64, GSI con valores entre 42.80 y 57.79.

Segundo, los fenómenos de geodinámica externa para este proyecto son inundaciones pluviales, erosiones pluviales, caídas de rocas y deslizamiento, los cuales fueron evaluados con software especializados como IBER y SLIDE dando como resultado valores de velocidad de flujo, alturas de inundación y Factores de seguridad.



Tercero, los niveles de peligrosidad en el ámbito de intervención en el sector de planta de tratamiento de residuos sólidos por inundación pluvial, erosión pluvial y deslizamiento son Bajo, Medio, Alto y Muy alto, de acuerdo al análisis de susceptibilidad y parámetros de evaluación.

Asimismo, se ha determinado los peligros por inundación pluvial y deslizamiento evaluando los factores condicionantes como son la litología (geología), pendiente, y unidades geomorfológicas, mientras que por erosión pluvial evaluando los factores condicionantes como son la cobertura del suelo, pendiente, y unidades geomorfológicas. Los umbrales de precipitación se consideraron como factores desencadenantes de la susceptibilidad para todos los fenómenos, y como parámetros de evaluación a las alturas de inundación y velocidad de acuerdo al modelamiento hidráulico con IBER, mientras que los factores de seguridad se hallaron con SLIDE teniendo los siguientes resultados en el nivel de exposición en áreas de peligrosidad.

a. Peligro Muy Alto:

- **EROSION:** 06 componentes.

b. Peligro Alto:

- **EROSION:** 16 componentes.
- **DESLIZAMIENTO:** 6 componentes.

c. Peligro Medio:

- **INUNDACION:** 11 componentes
- **EROSION:** 04 componentes.
- **DESLIZAMIENTO:** 23 componentes.

d. Peligro Bajo:

- **INUNDACION:** 15 componentes

Cuarto, se ha realizado el análisis de la vulnerabilidad en las zonas de la planta de residuos sólidos con la cuantificación de los elementos expuestos:

a. En vulnerabilidad Muy alta:



- **INUNDACION:** 22 componentes.
- **EROSION:** TODOS LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE RESIDUOS SÓLIDOS
- **DESLIZAMIENTO:** 22 componentes.

b. En vulnerabilidad Alta:

- **DESLIZAMIENTO:** 09 componentes.
- **INUNDACION:** 03 componentes.

Quinto, el cálculo del nivel de riesgo por inundación pluvial en el ámbito de intervención para la planta de tratamiento de aguas residuales, se ha determinado el riesgo en las infraestructuras que lo componen dando como resultados lo siguiente:

a. En riesgo Muy Alto:

- **EROSION:** 07 Componentes.

b. En riesgo Alto:

- **EROSION:** 20 componentes.
- **DESLIZAMIENTO:** TODOS LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE RESIDUOS SÓLIDOS.

c. En riesgo Medio:

- **INUNDACION:** TODOS LOS COMPONENTES DE LA PLANTA DE RESIDUOS SÓLIDOS

Sexto, se identificó medidas estructurales para el control de la inundación pluvial, erosión pluvial y deslizamiento que son:

- Conformación canales de derivación, zanjas de coronación, estructuras de control de erosión del cauce principal, cabe resaltar que dichas infraestructuras deben realizarse de acuerdo a los criterios de ingeniería hidráulica, basada en parámetros y cálculos hidrológicos para el sector.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Poner a disposición de las autoridades correspondientes los mapas de peligros y riesgos por deslizamiento, inundación fluvial y erosión; y así tengan toda la información necesaria para poder prevenir y mitigar los peligros identificados en el sector.

SEGUNDA: Se recomienda la evaluación y diseño de las medidas de mitigación propuestas en el presente estudio. Estas se deben realizar por un profesional pertinente con el fin de asegurar su funcionalidad y estabilidad en el tiempo, así como optimizar los costos asociados a su implementación.

TERCERA: Implementar una malla de puntos topográficos (hitos) en los taludes adyacentes, para realizar su monitoreo periódico (semestral o anual) con el fin de identificar algún tipo de movimiento del terreno de manera temprana.

CUARTA: Se recomienda que las autoridades locales, en coordinación con instituciones educativas, organizaciones comunales y entidades ambientales, implementen programas permanentes de sensibilización y educación ambiental dirigidos a la población de Challhuahuacho. Estos programas deben enfocarse en promover el conocimiento, la actitud y la práctica adecuada sobre el manejo y la disposición final de los residuos sólidos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braja M. Das. (2012). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Composición tipográfica: Séptima edición. ISBN: 987-607-481-823-9.
- Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción Del Riesgo De Desastres (CENEPRED) 2014, Ley 29869 De Reasentamiento Poblacional.
- Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción Del Riesgo De Desastres (CENEPRED) 2014, Ley 29664 Ley Que Crea El Sistema Nacional De Gestión De Riesgo De Desastres (SINAGERD)
- Clasificación geomecánica RMR de Bieniawski (1989). Geotecnia FACIL. s.f. <https://geotecniafacil.com/clasificacion-geomecanica-rmr-bieniawski-1989/>
- Fossen, H. (2010). Structural geology. Cambridge University Press. 463 p. ISBN: 978-0-521-51664-8.
- Gutiérrez Elorza, M. (2008). Geomorfología. Madrid, España: Pearson Educación S.A.
- Gutiérrez, V. (1981). Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomas. Hojas :29-p, 29-q y 29-r. Boletín N°35 Serie A. Carta Geológica Nacional. Ingemmet. Lima-Perú. Pág. 10.
- Ingemmet, (2003), Memoria Descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santo Tomas (29-r). Pág. 13
- Ingemmet. (2020). Evaluación de los Deslizamientos en el centro poblado Santa Isabel. Informe técnico N°A7084.
- Jorda. L. et. al. (2016). Manual de estaciones Geomecánicas. Descripciones de macizos rocosos en afloramientos. E.T.S.I. Minas – Universidad politécnica de Madrid.



Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión.

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED. Lima: CENEPRED - Dirección de Gestión de Procesos, 2014. 245 p.; tab. ilustr.

Municipalidad Distrital del Challhuahuacho. (2021). “EVALUACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN FLUVIAL PARA LA CREACION DEL TERMINAL TERRESTRE INTERPROVINCIAL DE PASAJEROS DE LA CIUDAD DE CHALLHUAHUACHO DEL DISTRITO DE CHALLHUAHUACHO - PROVINCIA DE COTABAMBAS - DEPARTAMENTO DE APURIMAC”.

Municipalidad Provincial del Cusco. (2021). Proyecto: Mejoramiento y recuperación de las condiciones de habitabilidad urbana en 41 Zonas de reglamentación especial de la provincia de Cusco. “INFORME DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR INUNDACION EN LA ZONA DE REGLAMENTACIÓN ESPECIAL ZRESS12 – SECTOR DENOMINADO QUISPIQUILLA, A.P.V. TIPO HUERTA SAN ANTONIO, A.P.V. EL ROBLE, SECTOR DENOMNADO 12 DE OCTUBRE, A.P.V. PARAISO DE FATIMA, SECTOR DENOMINADO EL ROSAL DE SANTA ISABEL, SECTOR DENOMINADO LOS ROBLES, SECTOR DENOMINADO NACION DE SAN ANTONIO Y SECTOR DENOMINADO VILLA ALBORADA – QDA. MACHUTAUCARAY – DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO CUSCO – 2021.”. SSUBGERENCIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PROVINCIAL.

Santana, R. (2013). Cimentaciones Superficiales. Análisis y diseño. 1ra Edición. Peru. ISBN:980-9972-33-903-4

Suarez J. Técnicas de remediación de taludes. Conformación de taludes. Pag.27

Suarez, J. (2009). Deslizamientos. Volumen I: Análisis geotécnico. Universidad industrial de Santander. Colombia.



Tejada, K. (2021, febrero 24). Aplicaciones del ensayo de tomografía eléctrica a problemas de la ingeniería geotécnica en la minería, Rumbo minero de

<https://www.rumbominero.com/revista/articulos-tecnicos/aplicaciones-del-ensayo-de-tomografia-electrica-problemas-de-la-ingenieria-geotecnica-en-la-mineria/>

Tomas. Hojas :29-p, 29-q y 29-r. Boletín N°35 Serie A. Carta Geológica Nacional. Ingemmet. Lima-Perú. Pág. 10.

Valdivia J. et. al. 2012. Mapa Fisiográfico Región Cusco. Área de Fisiografía. Subgerencia de acondicionamiento territorial. Gobierno regional Cusco. Pag 60.

Z. T. Bieniawski. (1977) Engineering Rock Mass Classifications. A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering. A WILEY'INTERSCIENCE PUBLICATION.

Zinck, A. (1987). Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Agrología.

Consultas web:

- <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigrid>
- <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geologica-nacional>.
- <http://igp.gob.pe>
- http://earthquake.usgs.gov/learning/topics/mag_vs_int.php



ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO B: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO C: DESCRIPCIONES MACROSCÓPICAS DE MUESTRAS DE MANO

ANEXO D: ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICO

ANEXO E: ANÁLISIS DE TALUDES SLIDE

ANEXO F: MAPAS

ANEXO G: SECCIONES DEL MODELO GEOLÓGICO 3D

ANEXO A

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA
Problema principal	Objetivo Principal:	Hipótesis Principal	
¿Cuáles son los niveles de riesgo por geodinámica externa a los que estaría expuesta una infraestructura de residuos sólidos en el sector de Uyanccany, distrito de Chalhuanahuacho?	Determinar el nivel de riesgo por geodinámica externa a los que estaría expuesta la infraestructura de residuos sólidos proyectada y proponer medidas de mitigación, en el sector de Uyanccany.	Los fenómenos de geodinámica externa identificados permitirán determinar los niveles de riesgo para así proponer medidas de control de riesgo para la infraestructura de residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Investigación: Descriptivo – analítico – hipotético – deductivo, basándonos en los datos del análisis y la formulación de la hipótesis y contrastación de las mismas. • Diseño: No experimental • Fases de elaboración del estudio: <ul style="list-style-type: none"> - Pre-campo - Campo - Gabinete y laboratorio • Técnicas: Para el logro de los objetivos se utilizarán herramientas de análisis de datos espaciales para la generación de unidades espaciales a través de la superposición de modelos y mapas temáticos.
Problemas específicos	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas	
¿Cuáles son las zonas del sector de Uyanccany propensas a sufrir fenómenos de geodinámica externa?	Identificar zonas del sector de Uyanccany propensas a sufrir fenómenos de geodinámica externa.	Al analizar las condiciones geomorfológicas, geológicas y geodinámicas presentes en el área permitirá identificar zonas propensas a sufrir fenómenos de geodinámica externa.	
¿De qué magnitud podría presentarse fenómenos geodinámica externa en el sector de Uyanccany?	Determinar la magnitud de la ocurrencia de los fenómenos por geodinámica externa en el sector de Uyanccany	Por medio del análisis de parámetros de evaluación se determinará la magnitud de la ocurrencia de los fenómenos por geodinámica externa en el sector de Uyanccany.	
¿Cuáles son los niveles de peligro por geodinámica externa en el sector Uyanccany?	Determinar los niveles de peligro, y elaborar el mapa de peligro del área de influencia.	Por medio de los niveles de peligro y mapa del área de influencia, se identificará los sectores más críticos a los fenómenos de geodinámica externa.	
¿Cuál sería el nivel de vulnerabilidad de la infraestructura proyectada?	Analizar y determinar los niveles de vulnerabilidad, y elaborar el mapa de vulnerabilidad correspondiente	Por medio de los niveles de vulnerabilidad y su mapa se identificará las infraestructuras más expuestas al peligro por fenómenos de geodinámica externa.	
¿Cuál sería el nivel de riesgo de la infraestructura proyectada?	Establecer los niveles del riesgo y elaborar el mapa de riesgos, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo.	Mediante el análisis de peligro y vulnerabilidad se logrará establecer los niveles del riesgo y mapa, evaluando la aceptabilidad o tolerabilidad del riesgo.	
¿Cuáles serían las medidas de control de riesgos para la infraestructura de residuos sólidos?	Identificar las medidas de control del riesgo.	De acuerdo a los niveles de riesgo se propondrá y recomendará medidas de control del riesgo.	

ANEXO B

PANEL FOTOGRAFICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINAS Y METALURGIA

11 mar. 2024 8:30:43 a. m.
18L 794736 8433462
89° E
Cotabambas
Apurímac



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINAS Y METALURGIA

11 mar. 2024 8:10:20 a. m.
18L 789627 8434753
264° W
Cotabambas
Apurímac









UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINAS Y METALURGIA

13 mar. 2024 10:20:36 a. m.
18L 794140 8432219
321° NW
Cotabambas
Apurímac
Altitud:4316.1m
Velocidad:0.0km/h



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINAS Y METALURGIA

13 mar. 2024 11:35:28 a. m.
18L 794557 8432197
255° W
Cotabambas
Altitud:4327.7m
Velocidad:0.0km/h





ANEXO C

Descripciones Macroscópicas de muestras de mano

MUESTRA 01

Fotografía N°1.1

Muestra de mano 01 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



Cuadro N°1.1

Muestra 01 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas

Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuarcíferas
Color al fresco:	N9 Blanco
Color a la intemperie:	N9 Blanco
Grado de alteración:	Bajo a medio

COORDENADAS UTM ZONA 18L

Este:	794792.63
Norte:	8433452.97

Fotografía N°1.2

Muestra de mano 02 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



Cuadro N°1.2

Muestra 02 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas	
Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuaríferas
Color al fresco:	N9 Blanco
Color a la intemperie:	N9 Blanco
Grado de alteración:	Bajo a medio
COORDENADAS UTM ZONA 18L	
Este:	795160.47
Norte:	8433164.39

Fotografía N°1.3

Muestra de mano 03 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



Cuadro N°1.3

Muestra 03 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas	
Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuarcíferas
Color al fresco:	N9 Blanco
Color a la intemperie:	N9 Blanco
Grado de alteración:	Bajo a medio
COORDENADAS UTM ZONA 18L	
Este:	795443.76
Norte:	8432003.46

Fotografía N°1.4

Muestra de mano 04 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



Cuadro N°1.4

Muestra 04 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas	
Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuarcíferas
Color al fresco:	N9 Blanco
Color a la intemperie:	N9 Blanco
Grado de alteración:	Bajo a medio
COORDENADAS UTM ZONA 18L	
Este:	795579.44
Norte:	8431665.36

Fotografía N°1.5

Muestra de mano 05 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



Cuadro N°1.5

Muestra 05 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas

Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuarcíferas
Color al fresco:	N9 Blanco
Color a la intemperie:	N9 Blanco
Grado de alteración:	Bajo a medio

COORDENADAS UTM ZONA 18L

Este:	794155.58
Norte:	8432601.26

Fotografía N°1.6

Muestra de mano 06 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



Cuadro N°1.6

Muestra 06 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas	
Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuarcíferas
Color al fresco:	5B 5/1 Gris azulado medio
Color a la intemperie:	5B 5/1 Gris azulado medio
Grado de alteración:	Bajo a medio
COORDENADAS UTM ZONA 18L	
Este:	795081.60
Norte:	8431461.04

Fotografía N°1.7

Muestra de mano 07 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



Cuadro N°1.7

Muestra 07 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas	
Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuarcíferas
Color al fresco:	5PB 7/2 Azul pálido
Color a la intemperie:	5PB 7/2 Azul pálido
Grado de alteración:	Bajo a medio
COORDENADAS UTM ZONA 18L	
Este:	794560.04
Norte:	8432189.99

Fotografía N°1.8

Muestra de mano 08 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



Cuadro N°1.8

Muestra 08 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas	
Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuarcíferas
Color al fresco:	5R 5/4 Rojo medio
Color a la intemperie:	5R 5/4 Rojo medio
Grado de alteración:	Bajo a medio grado
COORDENADAS UTM ZONA 18L	
Este:	794507.41
Norte:	8432304.69

Fotografía N°1.9

Muestra de mano 09 de cuarcita correspondiente a la Formación Hualhuani, con aumento de 30x y escala 1/100



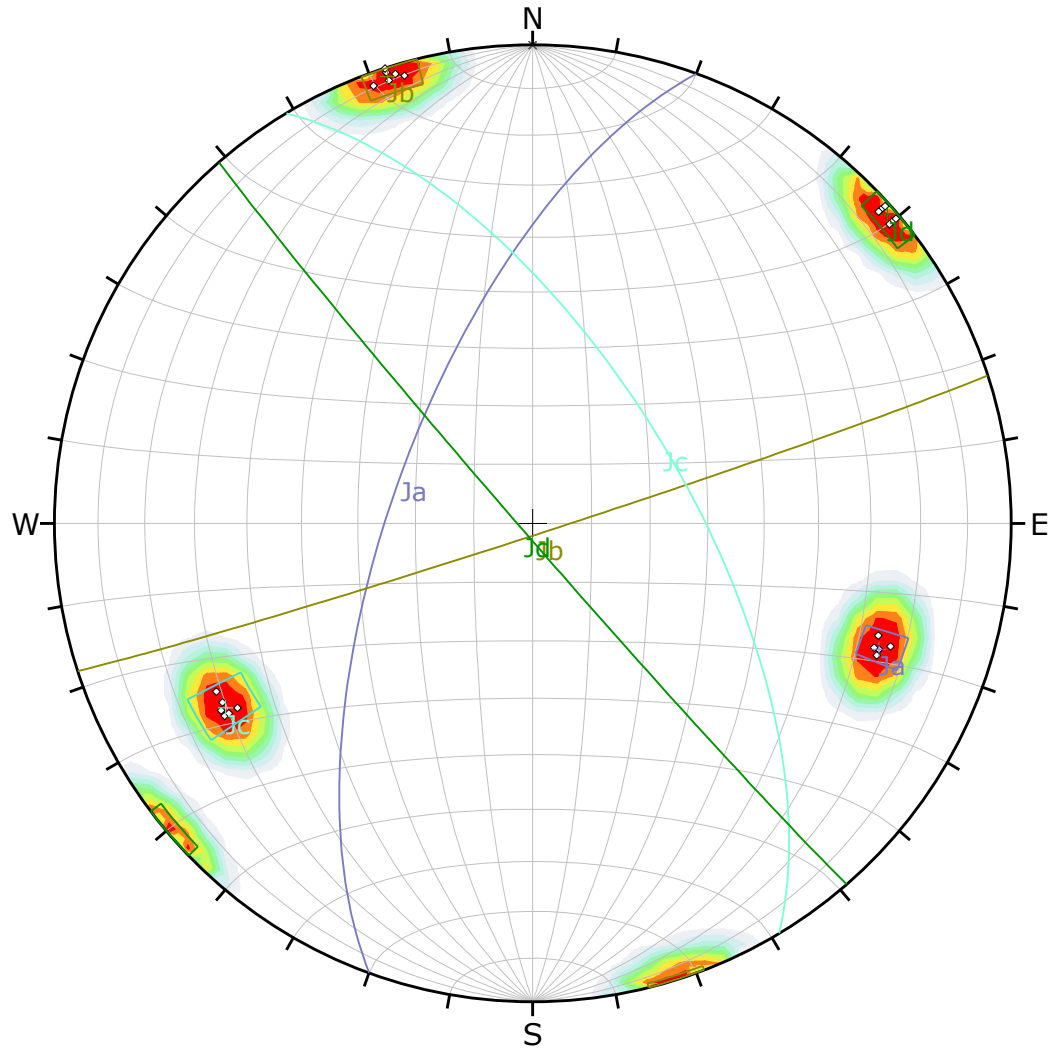
Cuadro N°1.9

Muestra 09 de Cuarcita

Descripciones macroscópicas de rocas metamórficas	
Estructura:	Esquistosa a bandeada
Textura metamórfica:	Granoblástica (No foliada)
Tamaño de grano:	Fino a medio
Tipo de metamorfismo:	Regional y de contacto
Mineralogía principal:	Cuarzo
Mineralogía secundaria:	Hematita
Clasificación:	Roca metamórfica no foliada de alto grado
Grado metamórfico:	Alto a medio grado
Facies:	PREHNITA-PUMPELLYTA
Probable Protolito:	Areniscas Cuarcíferas
Color al fresco:	N9 Blanco
Color a la intemperie:	N9 Blanco
Grado de alteración:	Bajo a medio
COORDENADAS UTM ZONA 18L	
Este:	794589.17
Norte:	8432496.96

ANEXO D

ANÁLISIS ESTEREOGRÁFICO



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.50
	2.50 - 5.00
	5.00 - 7.50
	7.50 - 10.00
	10.00 - 12.50
	12.50 - 15.00
	15.00 - 17.50
	17.50 - 20.00
	20.00 - 22.50
	22.50 - 25.00

Maximum Density	24.64%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m		66	290	Ja
2m		88	162	Jb
3m		64	59	Jc
4m		88	229	Jd

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	24 (24 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area



Project
 "EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEUNA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS "

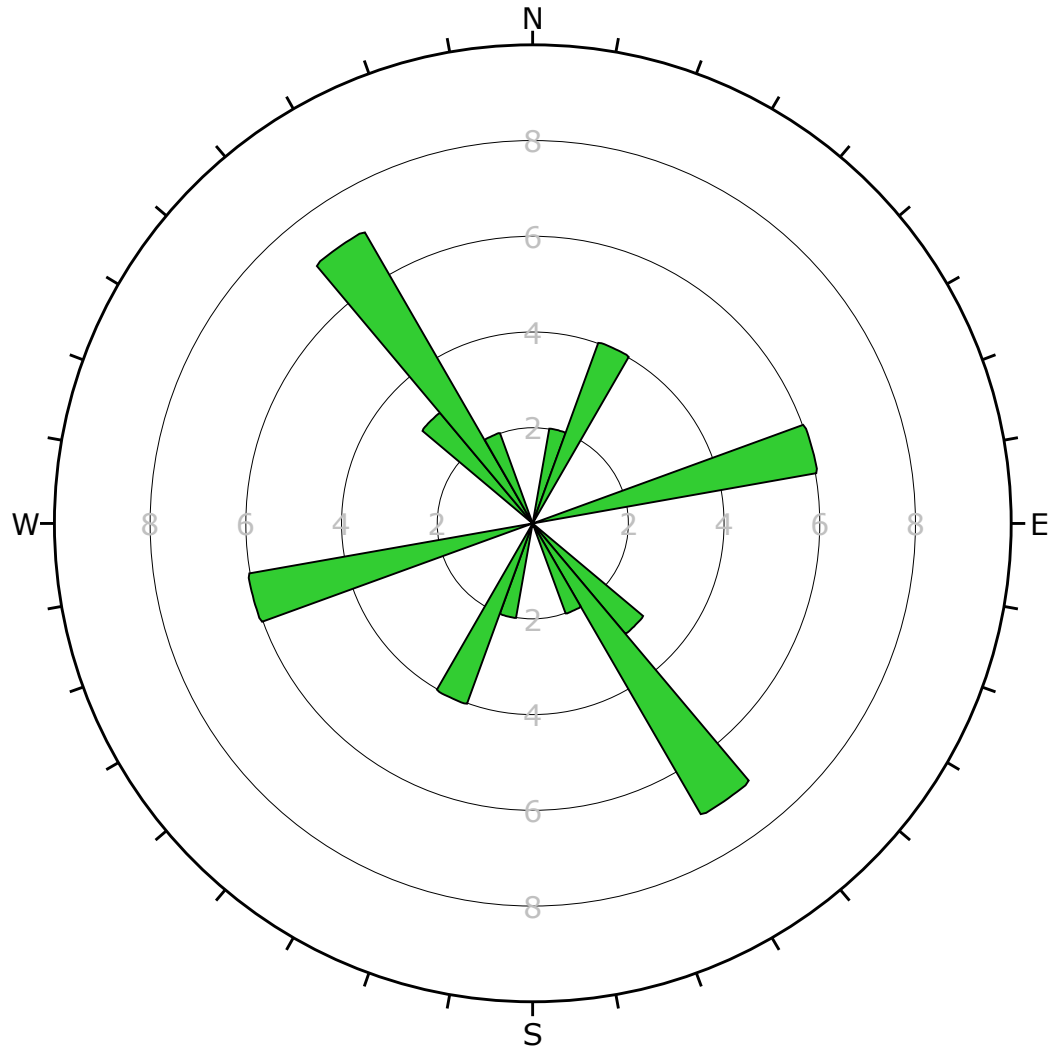
Analysis Description
 ANALISIS ESTEREOGRAFICO

Hecho por:
 Br. Daniel Abed Davalos Manzanas
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

Asesor:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

Date
 25/03/2024, 16:33:49

File Name
 ESTACION GEOMECANICA 01



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	24
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

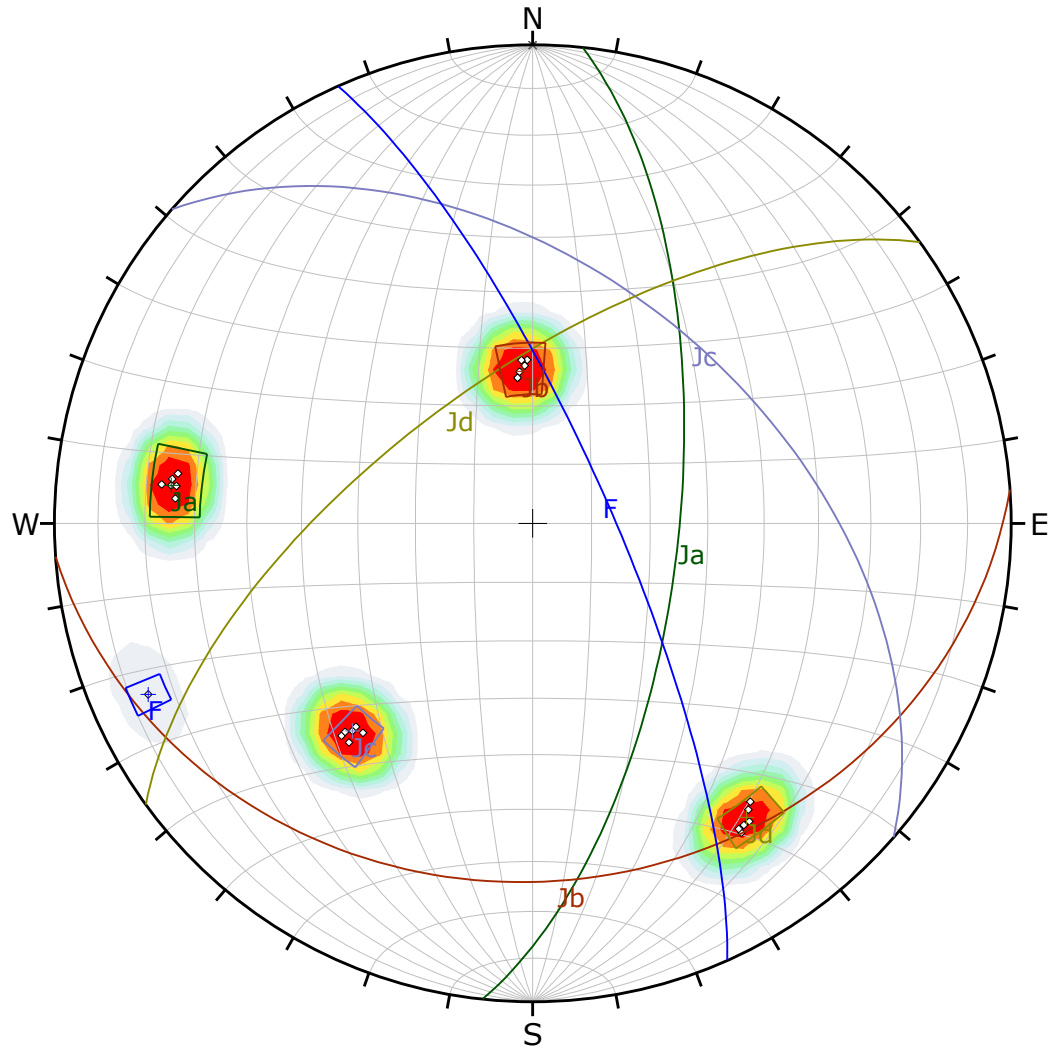


Project
 "EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEUNA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS "

Analysis Description DIAGRAMA DE ROSETA

Hecho por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanas *Asesor:* Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

Date 25/03/2024, 16:33:49 *File Name* ESTACION GEOMECANICA 01



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.40
	2.40 - 4.80
	4.80 - 7.20
	7.20 - 9.60
	9.60 - 12.00
	12.00 - 14.40
	14.40 - 16.80
	16.80 - 19.20
	19.20 - 21.60
	21.60 - 24.00

Maximum Density	23.73%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m	■	65	96	Ja
2m	■	26	176	Jb
3m	■	48	41	Jc
4m	■	65	324	Jd
5m	■	77	66	F

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	25 (25 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area



Project
 "EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEUNA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS "

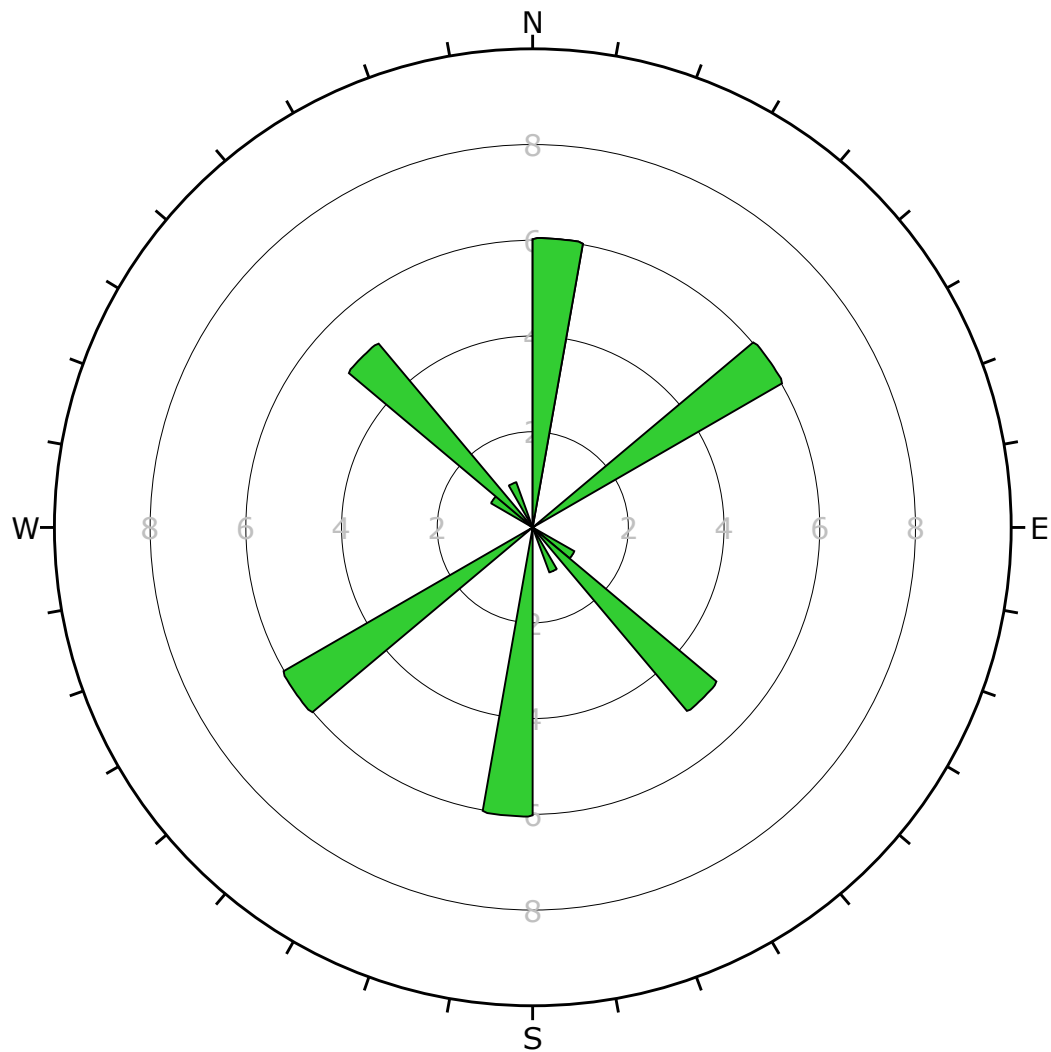
Analysis Description ANALISIS ESTEREOGRAFICO

Hecho por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

Date 25/03/2024, 19:09:57

File Name ESTACION GEOMECANICA 02



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	19
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

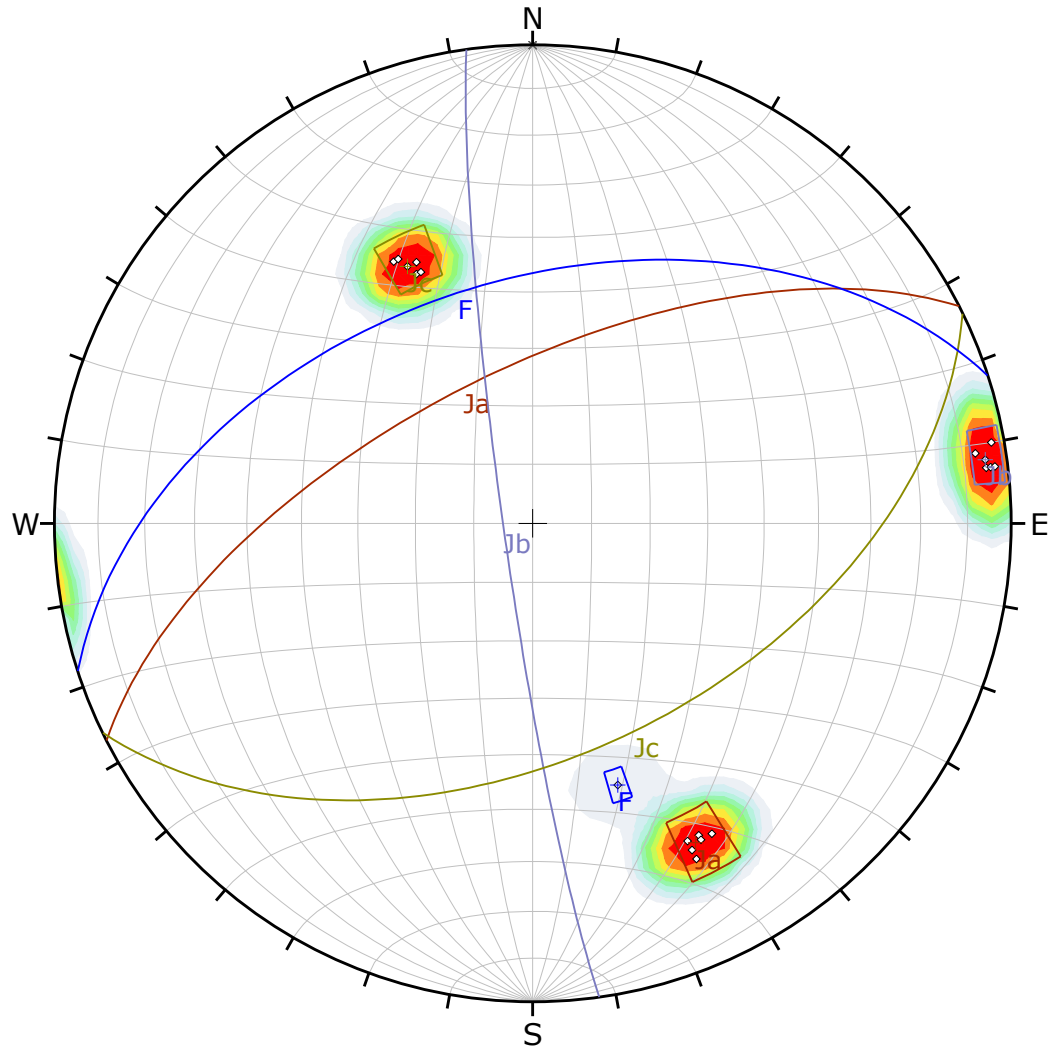


Project
 "EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEUNA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS "

Analysis Description DIAGRAMA DE ROSETA

Hecho por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares *Asesor:* Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

Date 25/03/2024, 19:09:57 *File Name* ESTACION GEOMECANICA 02



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.10
	3.10 - 6.20
	6.20 - 9.30
	9.30 - 12.40
	12.40 - 15.50
	15.50 - 18.60
	18.60 - 21.70
	21.70 - 24.80
	24.80 - 27.90
	27.90 - 31.00

Maximum Density	30.97%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m	■	64	333	Ja
2m	■	85	262	Jb
3m	■	50	154	Jc
4m	■	48	342	F

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	19 (19 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

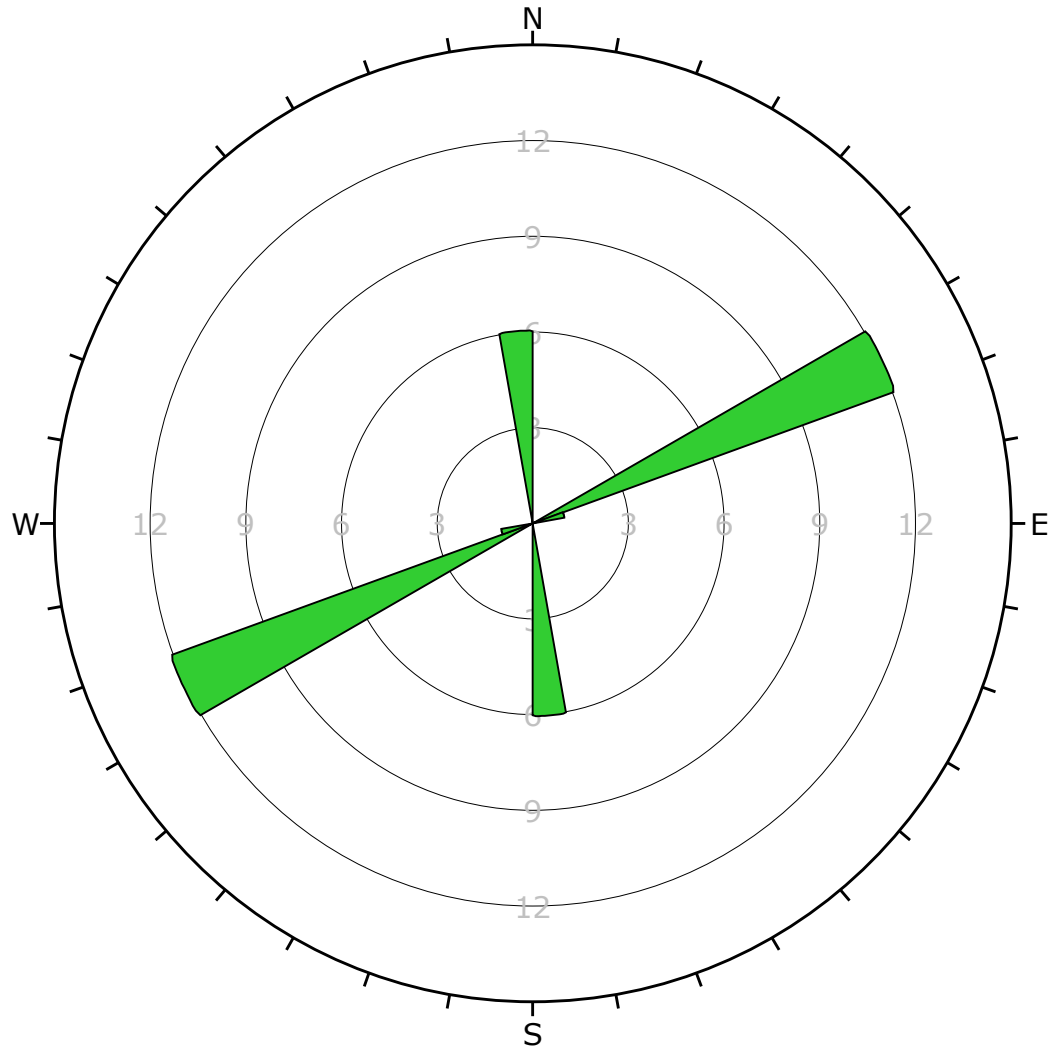


Project
 "EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEUNA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS "

Analysis Description
 ANALISIS ESTEREOGRAFICO

Hecho por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares / Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado / **Asesor:** Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

Date 26/03/2024, 09:13:16 / **File Name** ESTACION GEOMECANICA 03



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	15 planes per arc
Planes Plotted	19
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

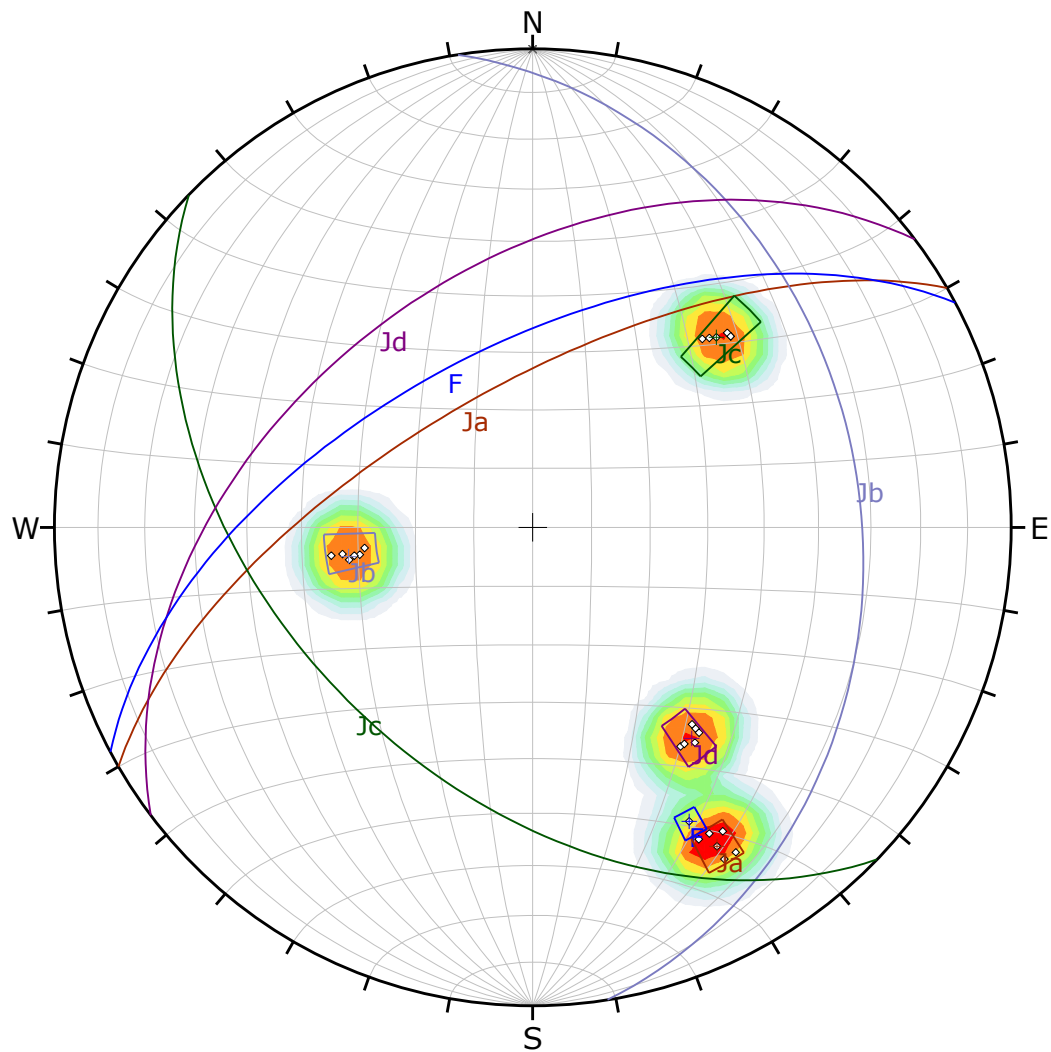


Project
 "EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEUNA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS "

Analysis Description DIAGRAMA DE ROSETA

Hecho por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares *Asesor:* Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

Date 26/03/2024, 09:13:16 *File Name* ESTACION GEOMECANICA 03



Symbol	Feature
◇	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.60
	2.60 - 5.20
	5.20 - 7.80
	7.80 - 10.40
	10.40 - 13.00
	13.00 - 15.60
	15.60 - 18.20
	18.20 - 20.80
	20.80 - 23.40
	23.40 - 26.00

Maximum Density	25.83%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m		66	330	Ja
2m		32	81	Jb
3m		46	224	Jc
4m		46	323	Jd
5m		59	332	F

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	25 (25 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area



Project
 "EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEUNA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS "

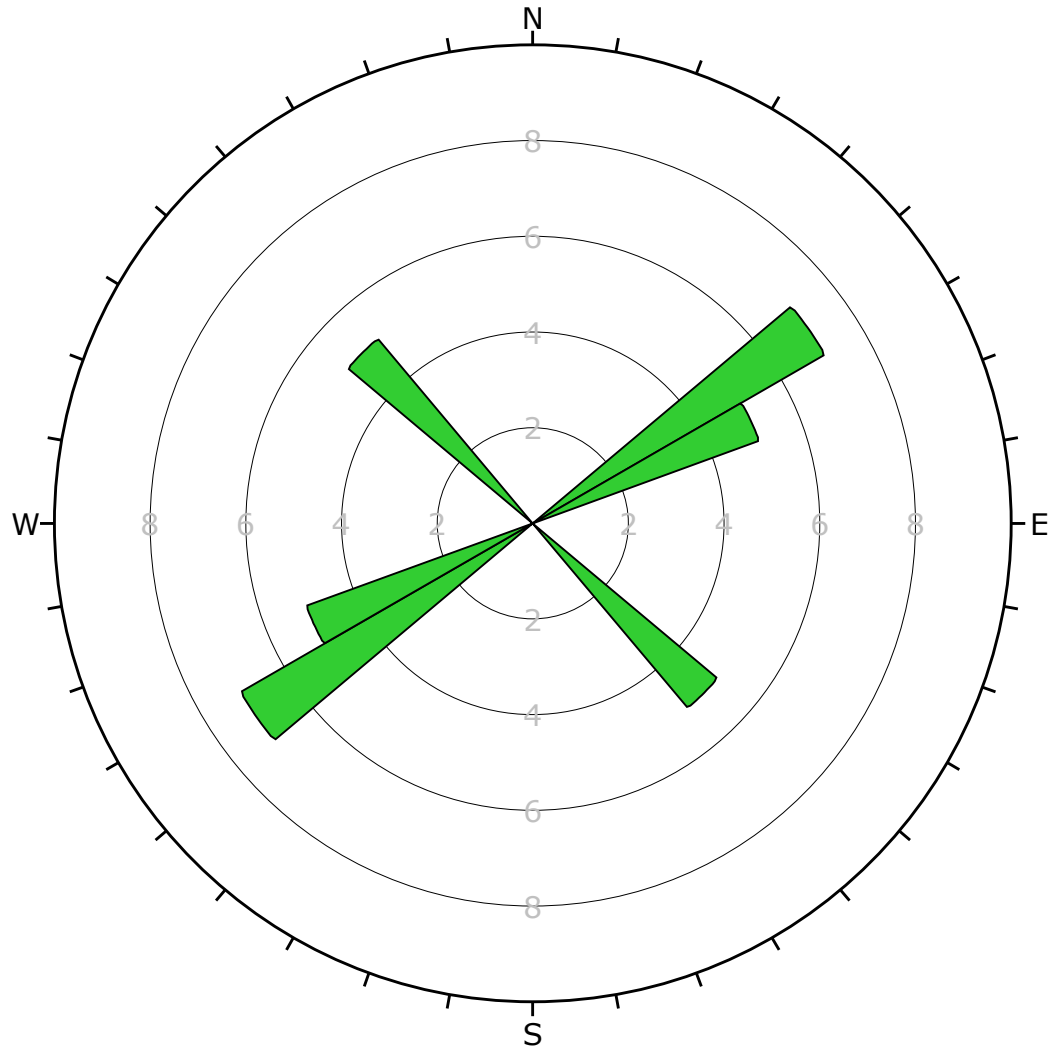
Analysis Description
 ANALISIS ESTEREOGRAFICO

Hecho por:
 Br. Daniel Abed Davalos Manzanas
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

Asesor:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

Date
 26/03/2024, 09:30:39

File Name
 ESTACION GEOMECANICA 04



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	17
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°



Project
 "EVALUACION DE RIESGOS POR GEODINAMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEUNA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS "

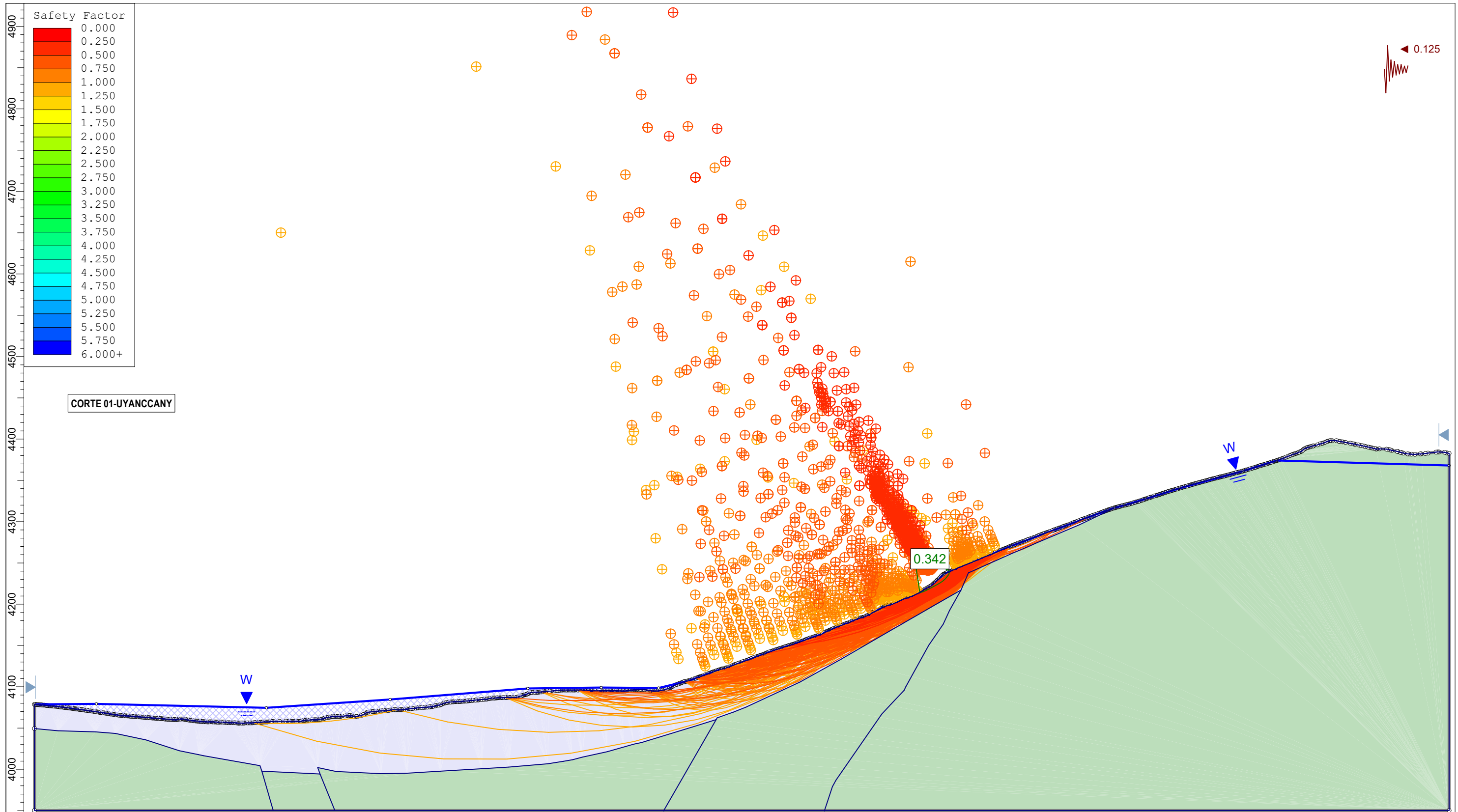
Analysis Description DIAGRAMA DE ROSETA

Hecho por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares *Asesor:* Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado


Date 26/03/2024, 09:30:39 *File Name* ESTACION GEOMECANICA 04

ANEXO E

ANÁLISIS DE TALUDES SLIDE



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Sat. Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	UCS (kN/m ²)	Water Surface	Hu Type
Dep.Aluvial(GM)		19.5	20.5	Mohr-Coulomb	5.4	32.41		Water Surface	Constant
Cuarcita		27	28	Generalised Hoek-Brown			250000	Water Surface	Constant



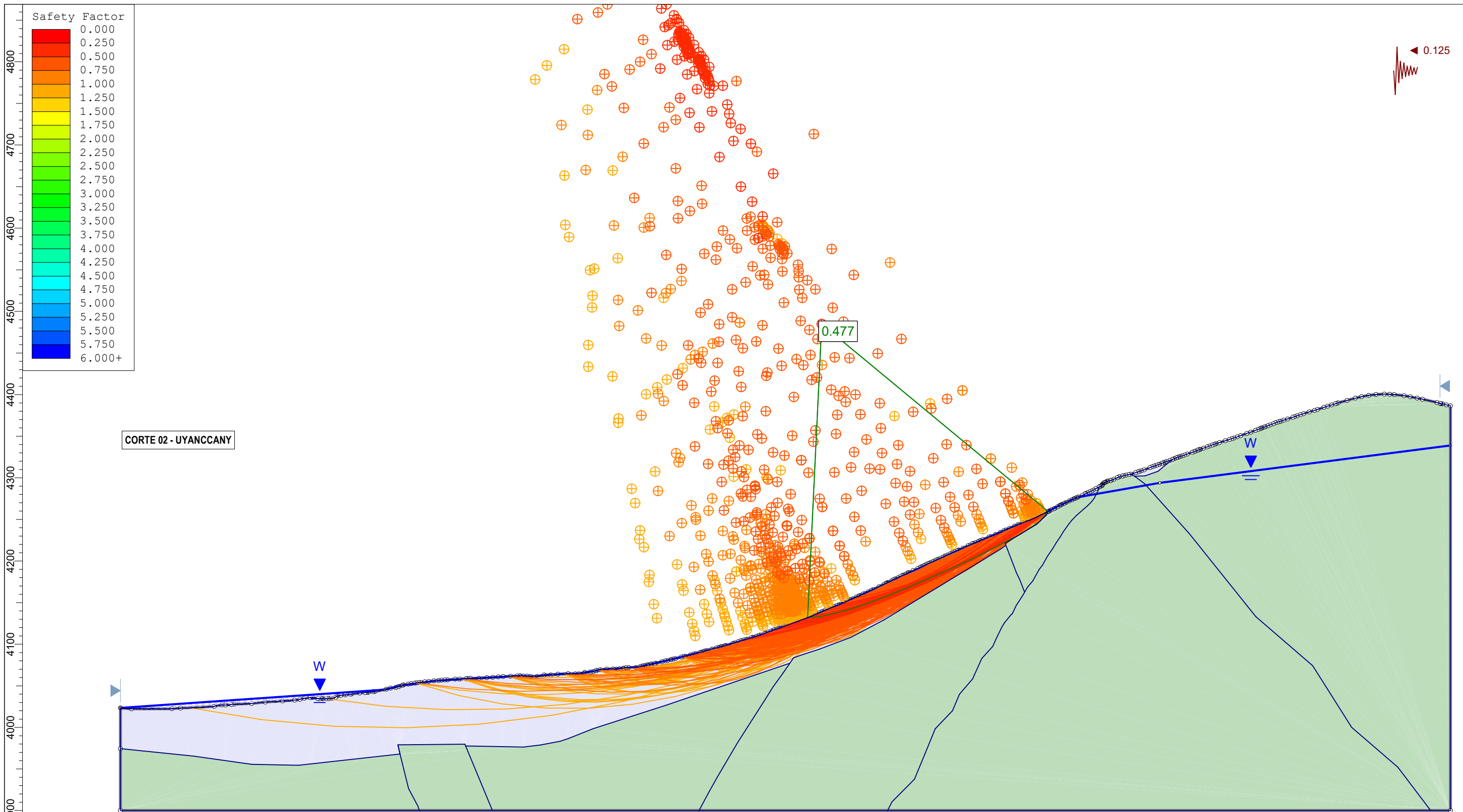
Proyecto
EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS

Análisis
GLE-MORGENSTERN PRICE



Elaborado por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

Escala
1:4500

Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

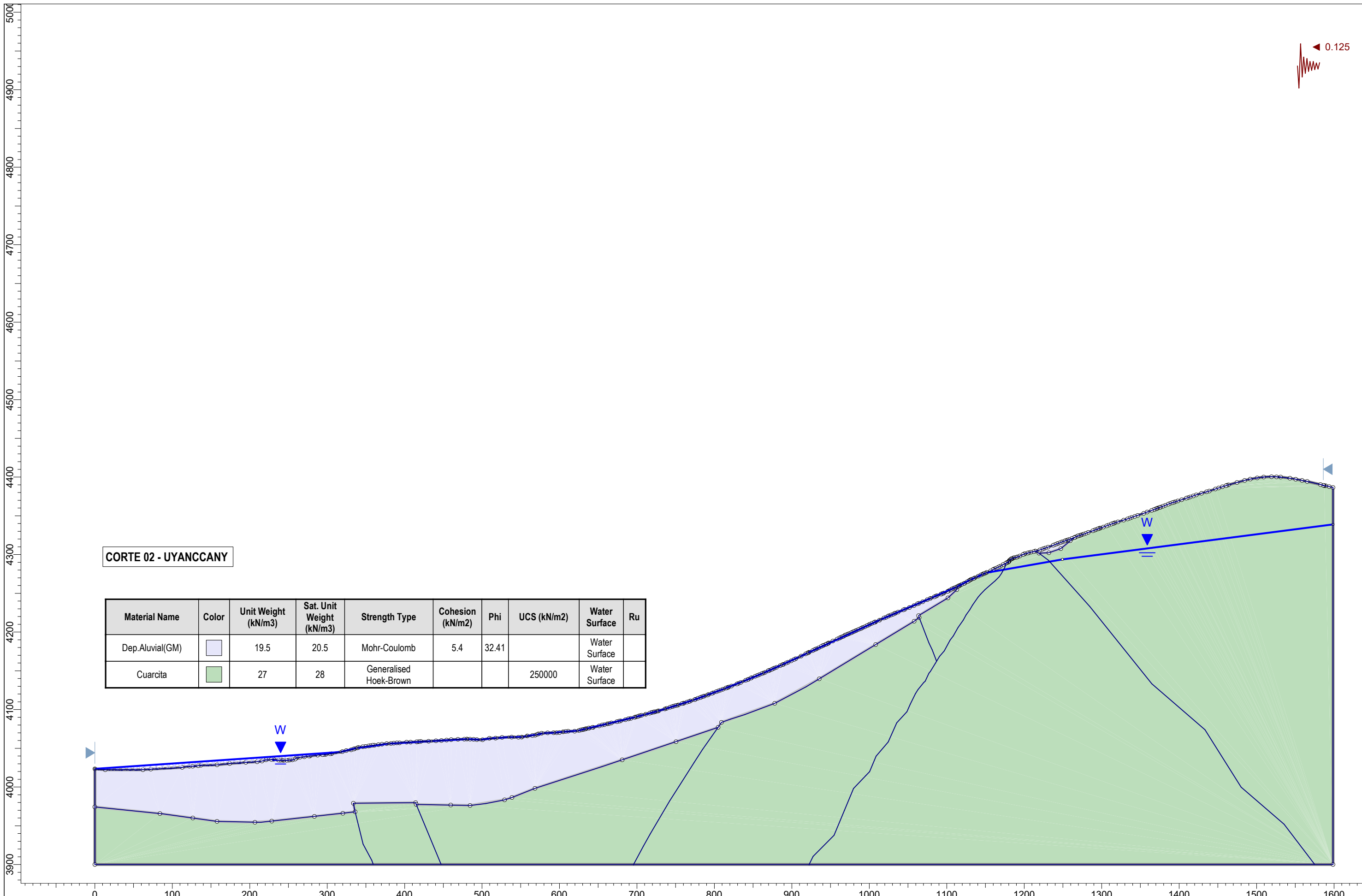


CORTE 02 - UYANCCANY

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Sat. Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	UCS (kN/m ²)	Water Surface	Hu Type
Dep. Aluvial (GM)		19.5	20.5	Mohr-Coulomb	5.4	32.41		Water Surface	Constant
Cuarcita		27	28	Generalised Hoek-Brown			250000	Water Surface	Constant



Proyecto: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS
 Analisis: GLE-MORGENSTERN PRICE
 Elaborado por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares, Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado
 Escala: 1:4500
 Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

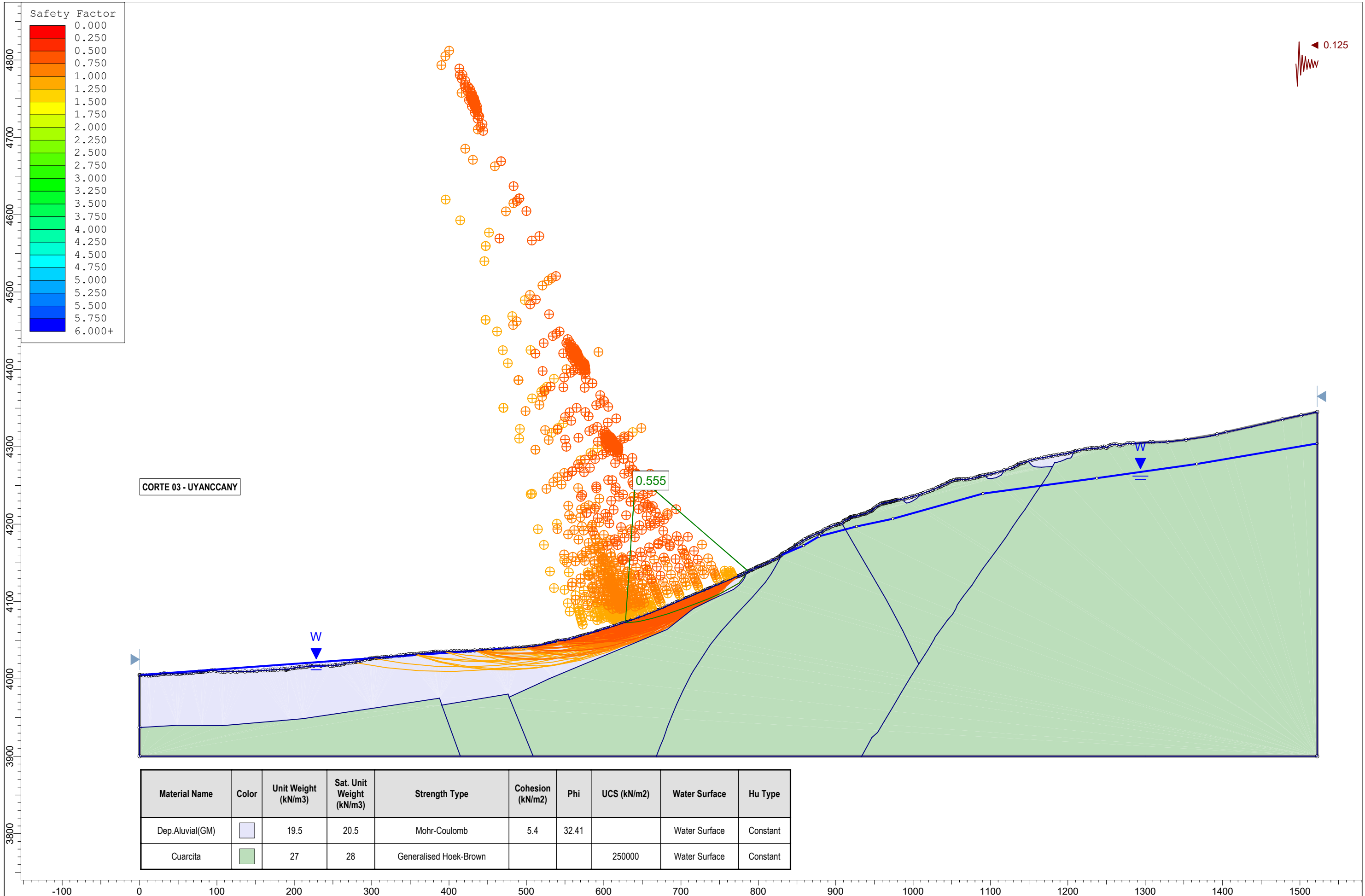


CORTE 02 - UYANCCANY

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Sat. Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	UCS (kN/m ²)	Water Surface	Ru
Dep. Aluvial (GM)	Light Blue	19.5	20.5	Mohr-Coulomb	5.4	32.41		Water Surface	
Cuarcita	Light Green	27	28	Generalised Hoek-Brown			250000	Water Surface	





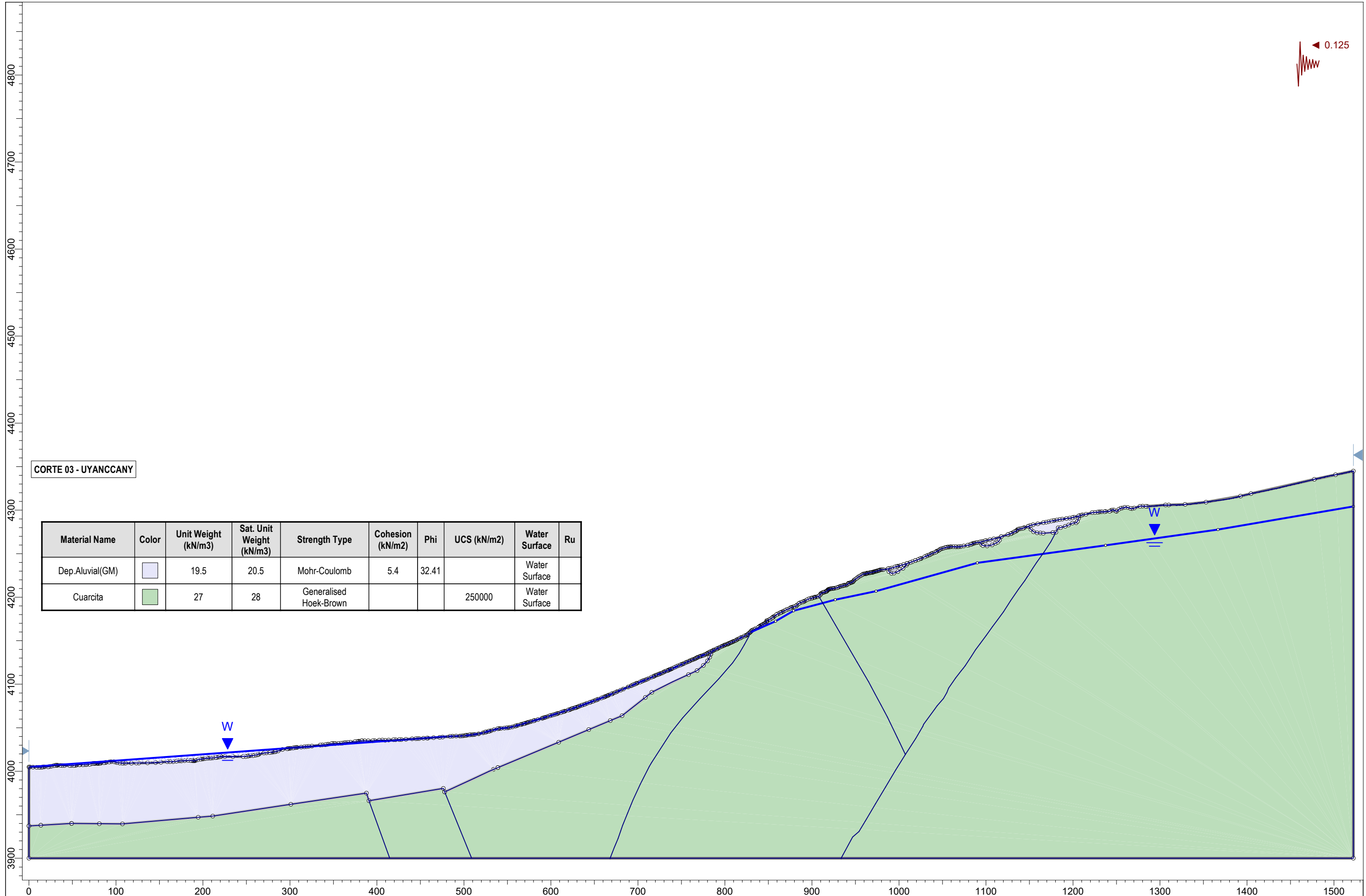
Proyecto: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS
Análisis: Morgenstern Price/GLE
Elaborado por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado
Escala: 1:4500
Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana



Proyecto: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS
Análisis: GLE-MORGENSTERN PRICE
Elaborado por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares, Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado
Escala: 1:4500
Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

CORTE 03 - UYANCCANY

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Sat. Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kN/m ²)	Phi	UCS (kN/m ²)	Water Surface	Ru
Dep.Aluvial(GM)		19.5	20.5	Mohr-Coulomb	5.4	32.41		Water Surface	
Cuarcita		27	28	Generalised Hoek-Brown			250000	Water Surface	

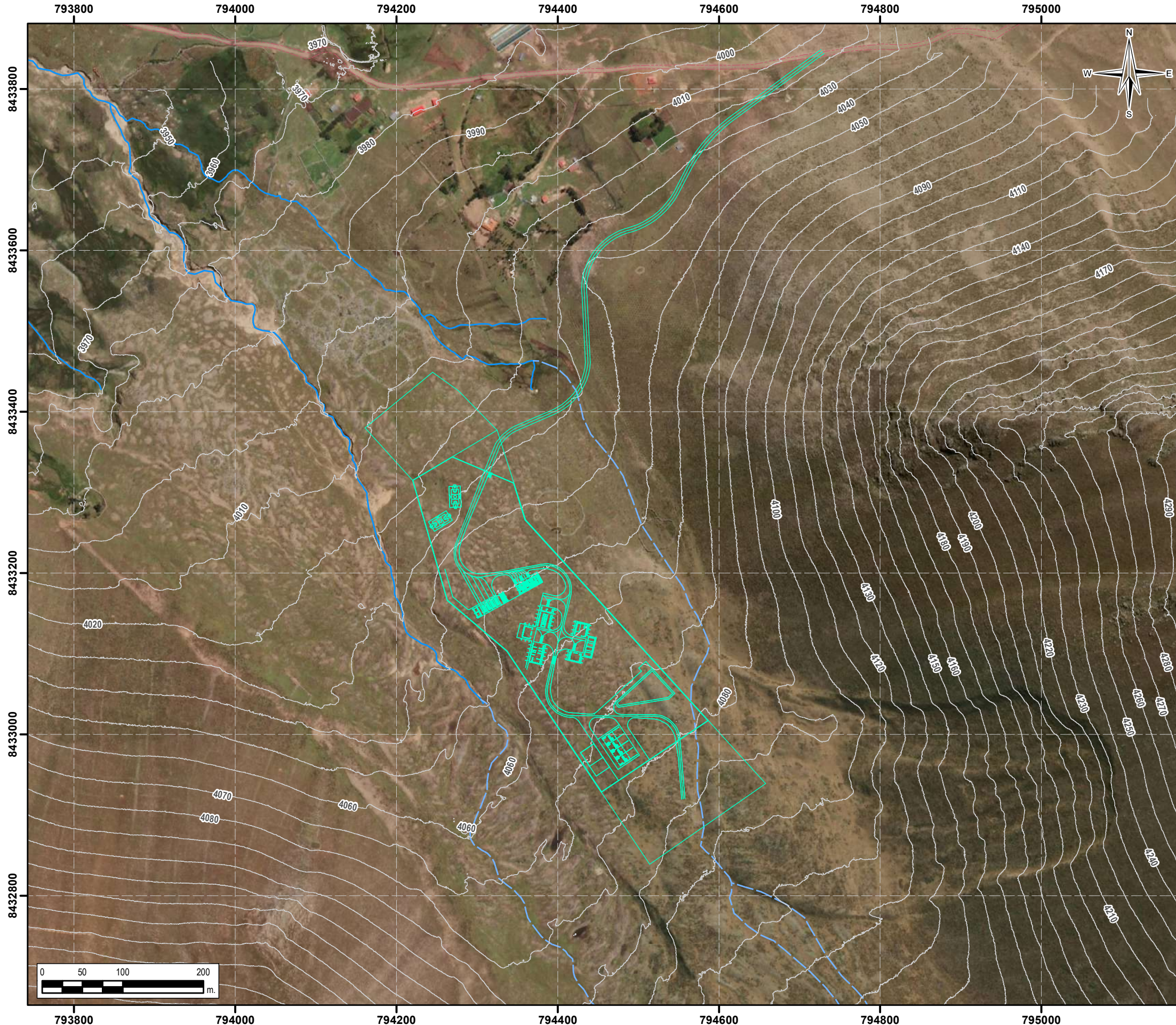


Proyecto: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS	
Análisis: Morgenstern Price/GLE	
Elaborado por: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado	Asesor: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana
Escala: 1:4000	

ANEXO F

MAPAS

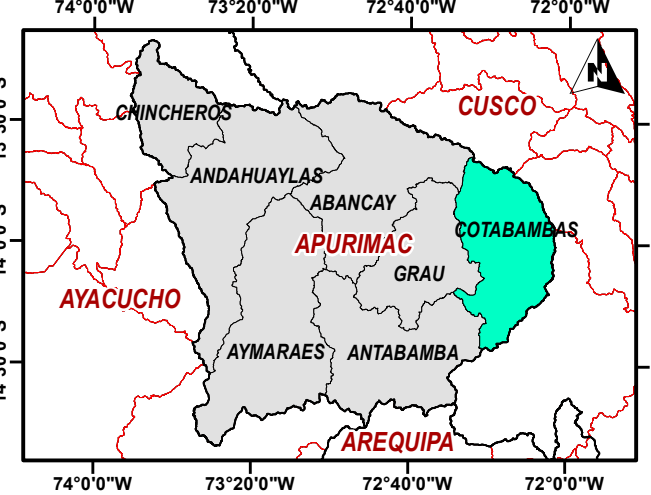
MAPA DE UBICACION



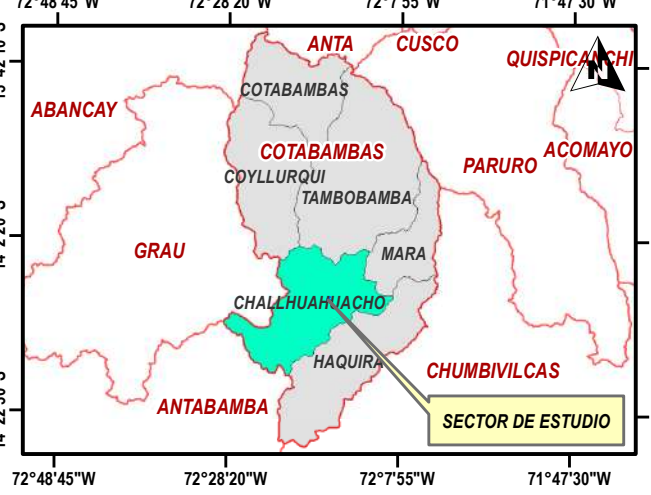
UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL PROVINCIAL

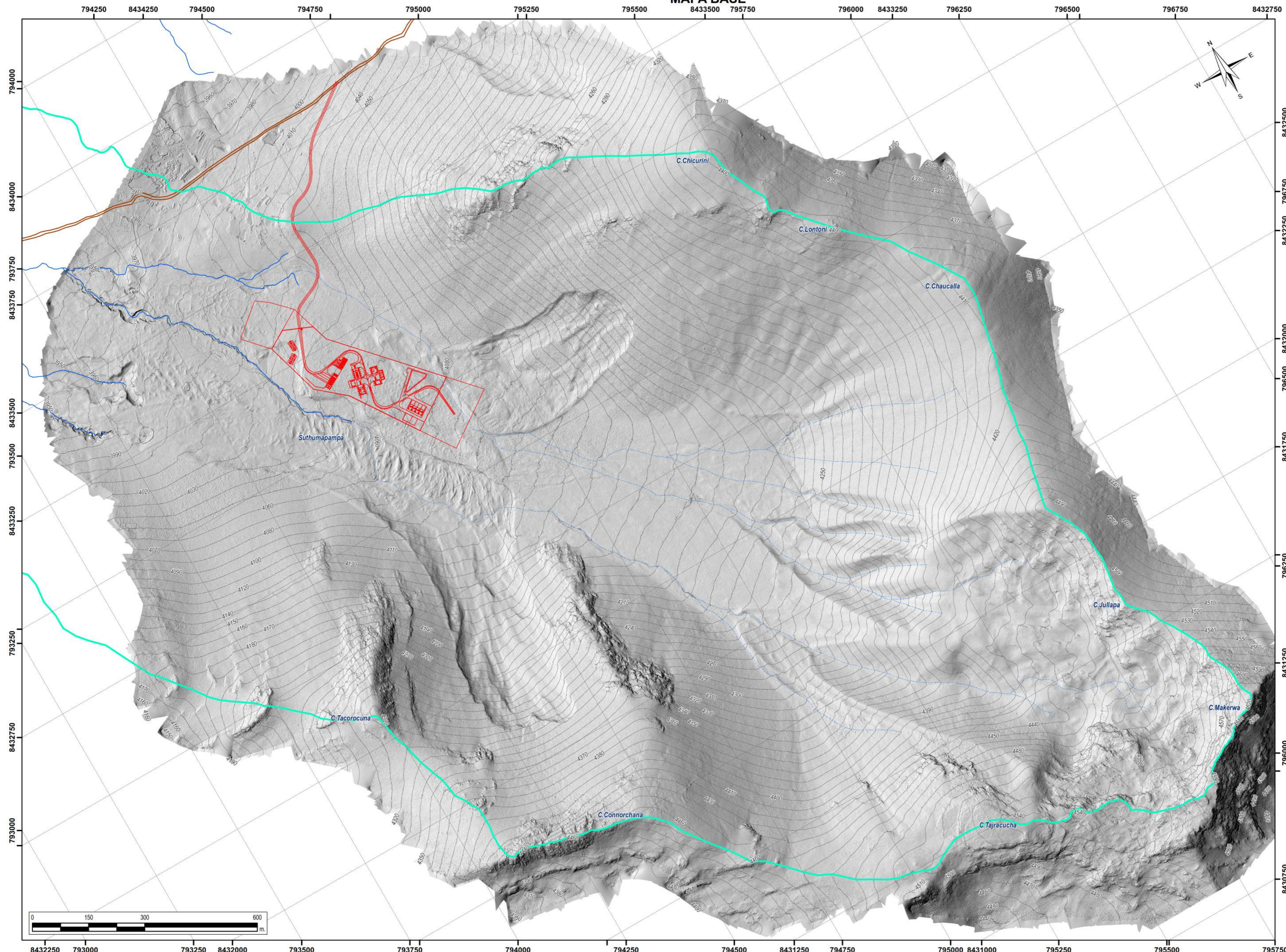


UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DISTRITAL



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA.</p>	<p>PLANO: UBICACION</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S</p>	<p>ESCALA: 1/5000</p>	<p>SECTOR: Uyancany</p>	<p>ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado</p>	<p>UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBA REGION: APURIMAC</p>	<p>MAPA: 01</p>
			<p>FECHA: ABRIL - 2024</p>	<p>ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana</p>				

MAPA BASE



Simbología

- Trochas Carrozables
- Drenajes Permanentes
- Drenajes Temporales
- Planteamiento Arquitectónico
- Curvas de Nivel 10m
- Cuenca Makerwa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA BASE	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESIÓN: A-2
 PROYECCIÓN: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:

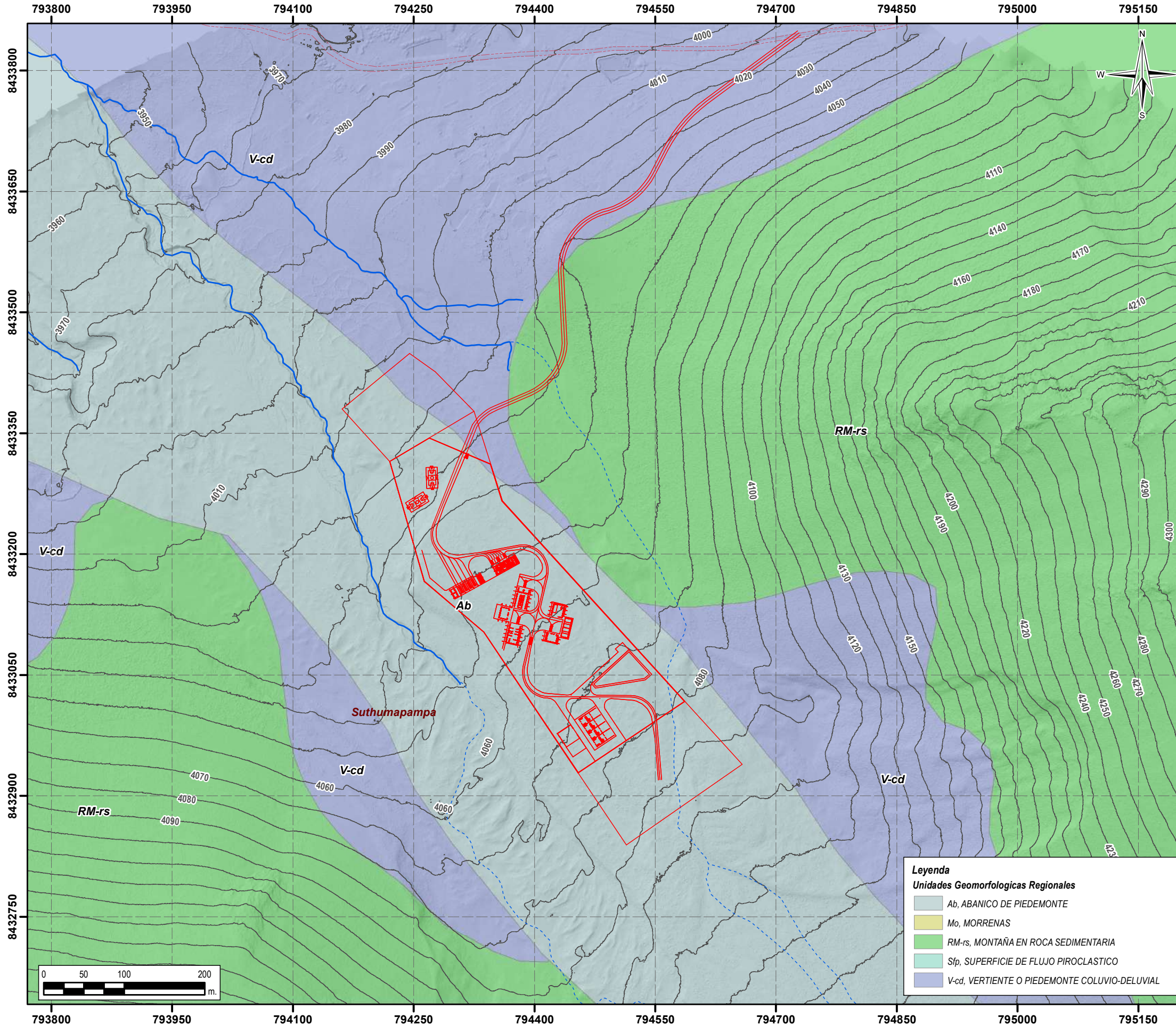
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS."

ELABORADO POR:
 Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO:	MAPA BASE	MAPA:	
LOCALIZACIÓN:	CHALHUAHUACHO COTABAMBAS APURIMAC	FECHA:	MARZO 2024
DISTRITO:	CHALHUAHUACHO	ESCALA:	1/7.000
PROVINCIA:	COTABAMBAS		
DEPARTAMENTO:	APURIMAC		
SECTOR:	UYANCCANY		

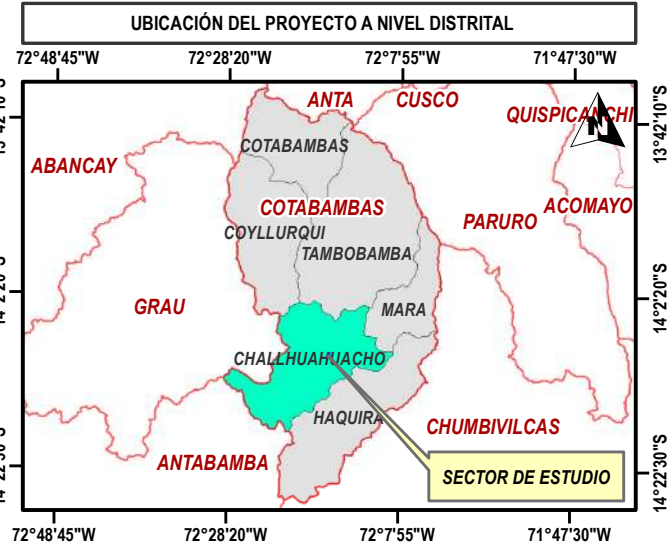
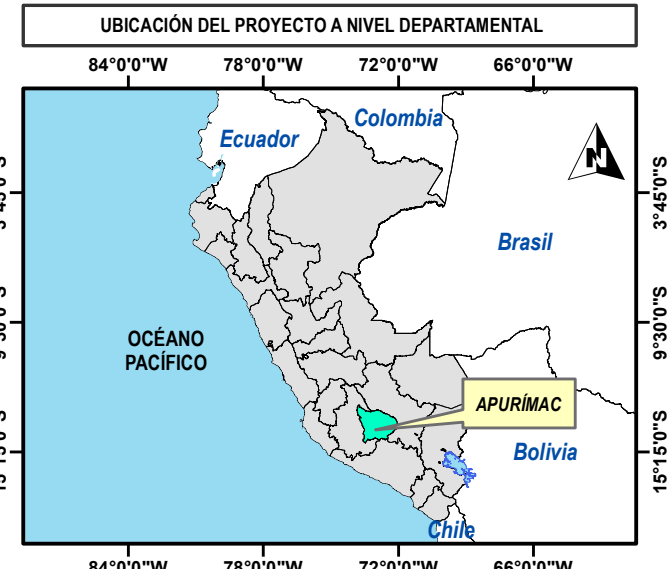
MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL



Leyenda

Unidades Geomorfológicas Regionales

- Ab, ABANICO DE PIEDEMONTE
- Mo, MORRENAS
- RM-rs, MONTAÑA EN ROCA SEDIMENTARIA
- Sfp, SUPERFICIE DE FLUJO PIROCLASTICO
- V-cd, VERTIENTE O PIEDEMONTE COLUVIO-DELUVIAL

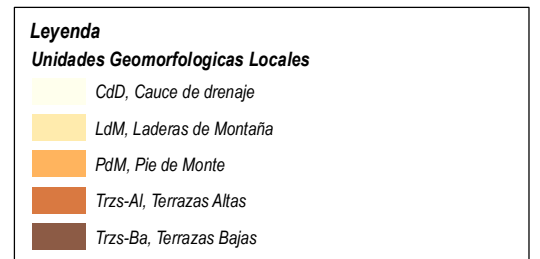
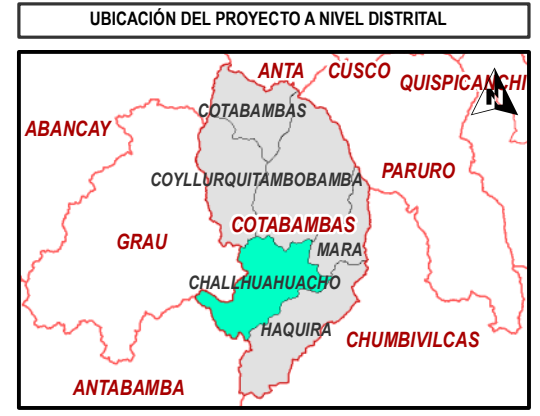
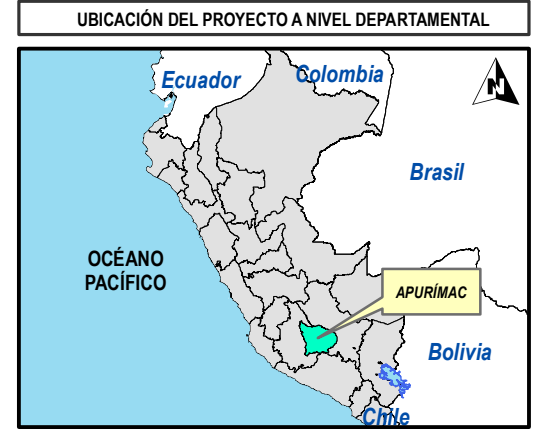
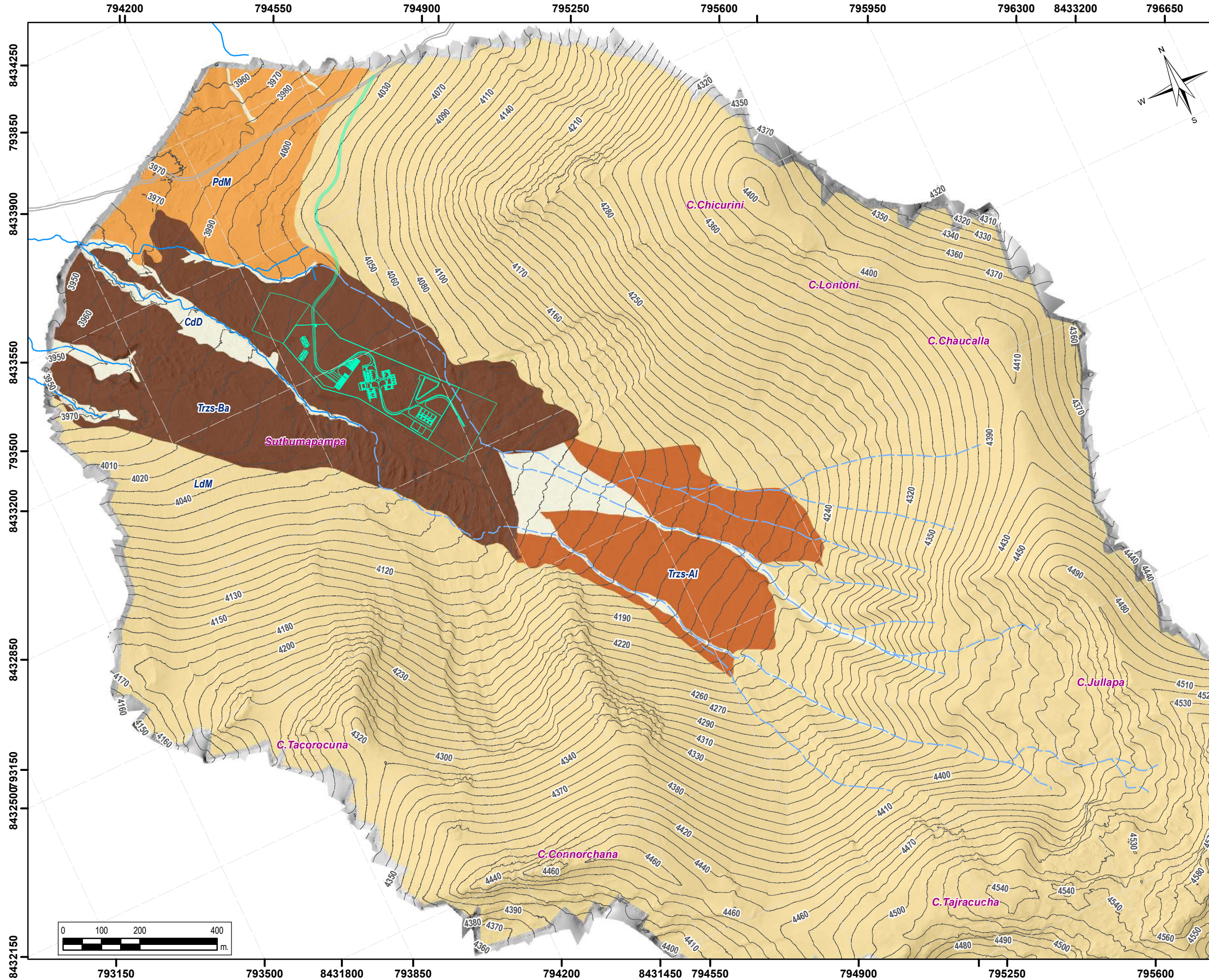


Simbología

- Trochas_Carrozables
- Drenajes_Permanentes
- Drenajes_Temporales
- Planteamiento Arquitectonico
- Curvas de Nivel 10m

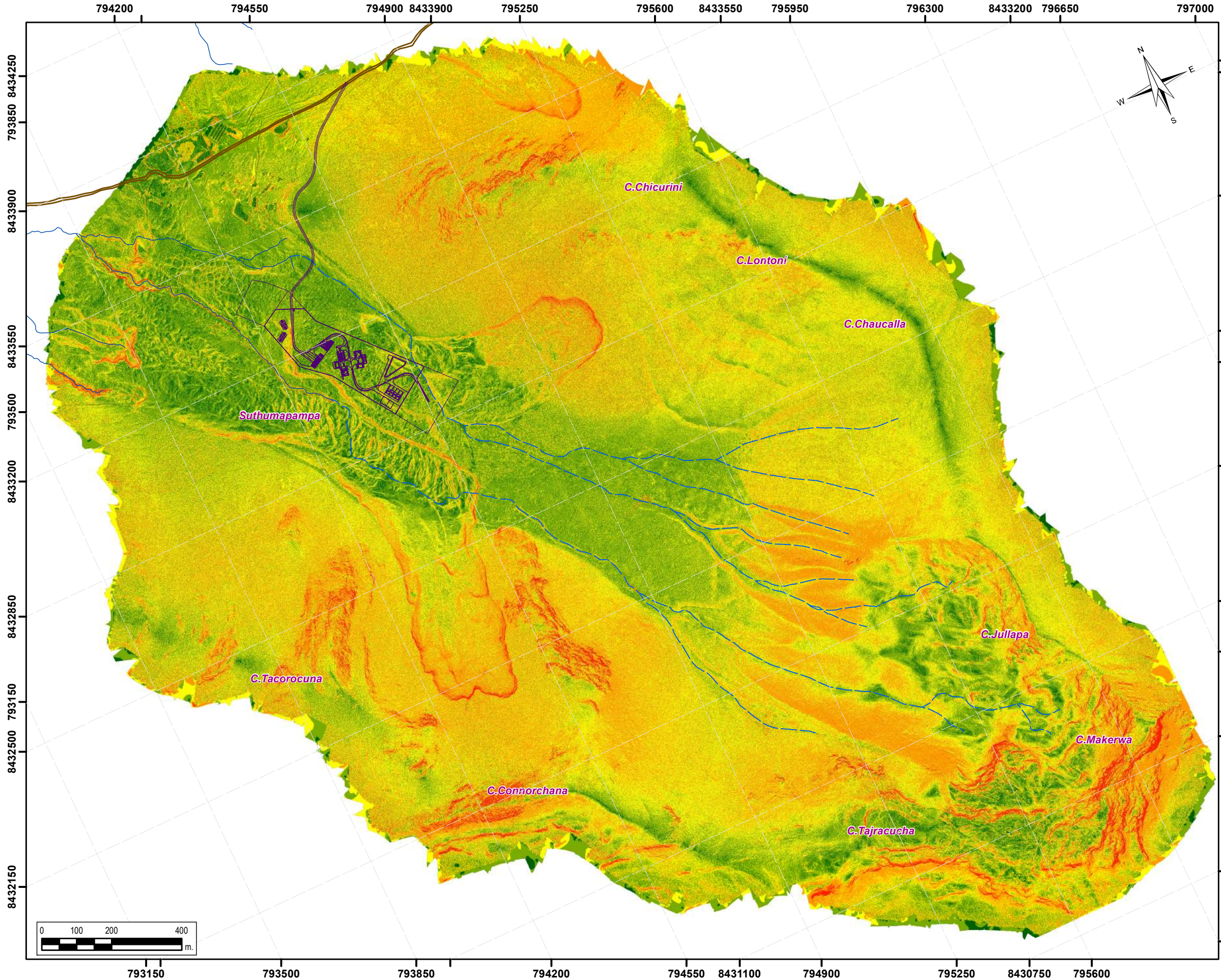
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS.</p>	<p>PLANO: GEOMORFOLOGICO REGIONAL</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S</p>	<p>ESCALA: 1/5000</p>	<p>SECTOR: Uyancany</p>	<p>ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado</p>	<p>UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBAS REGION: APURIMAC</p>	<p>MAPA: 03</p>
			<p>FECHA: ABRIL - 2024</p>	<p>ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana</p>				

MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCANY, COMUNIDAD DE QUENUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS.</p>	<p>PLANO: GEOMORFOLOGICO LOCAL</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S</p>	<p>ESCALA: 1/10 000</p>	<p>SECTOR: Uyancany</p>	<p>ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado</p>	<p>UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBAS REGION: APURIMAC</p>	<p>MAPA: 04</p>
			<p>FECHA: ABRIL - 2024</p>	<p>ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana</p>				

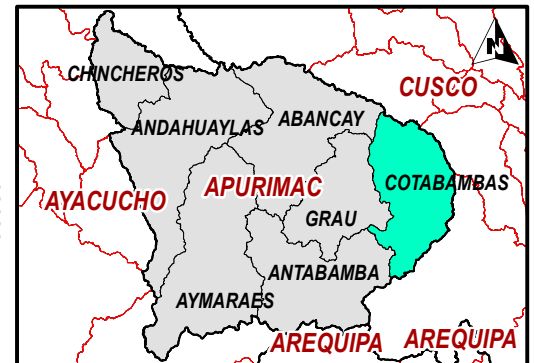
MAPA DE PENDIENTES



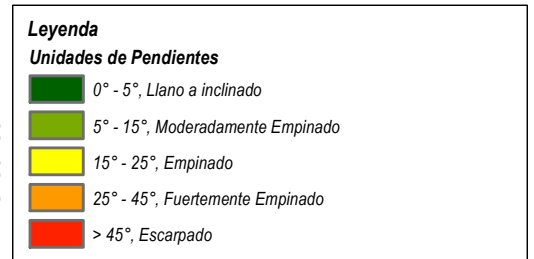
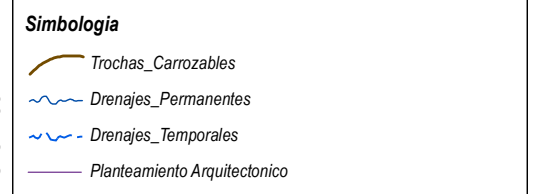
UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL PROVINCIAL

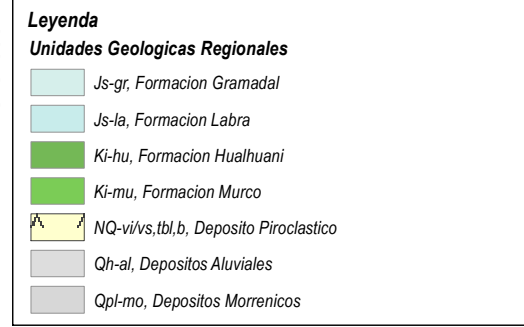
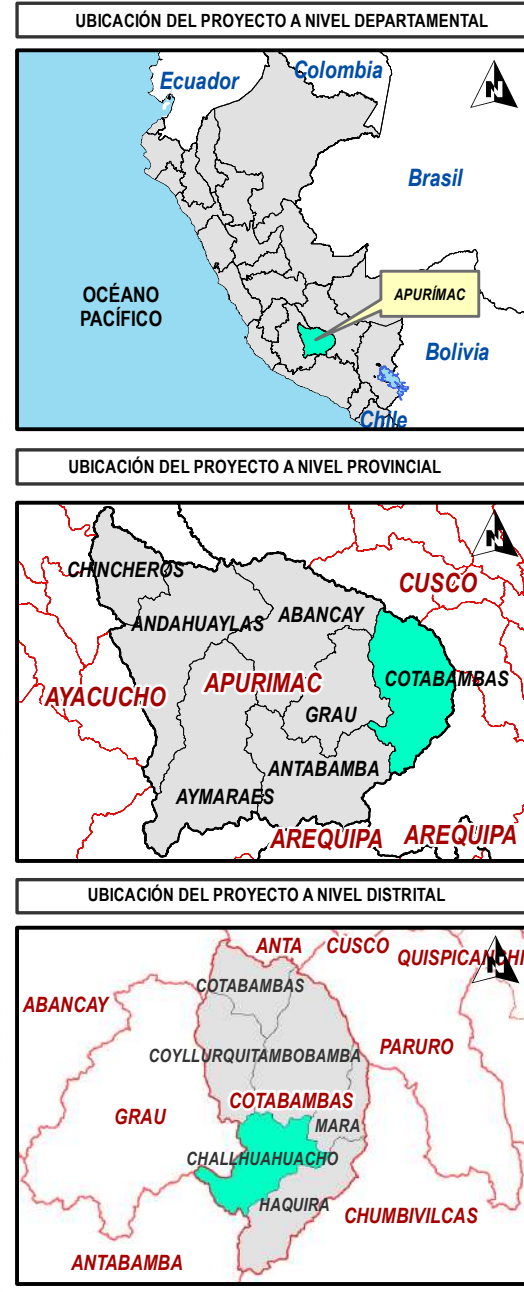
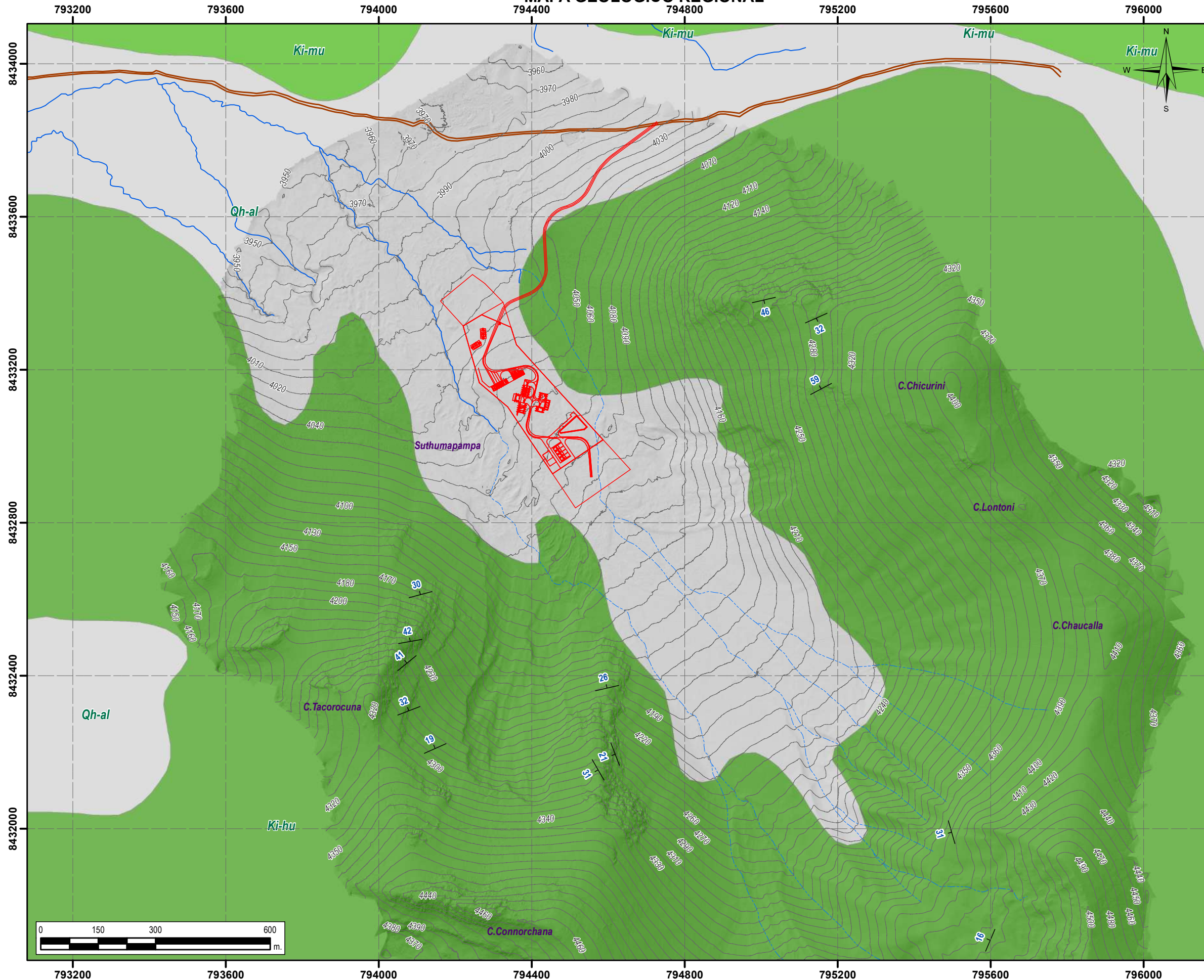


UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DISTRITAL



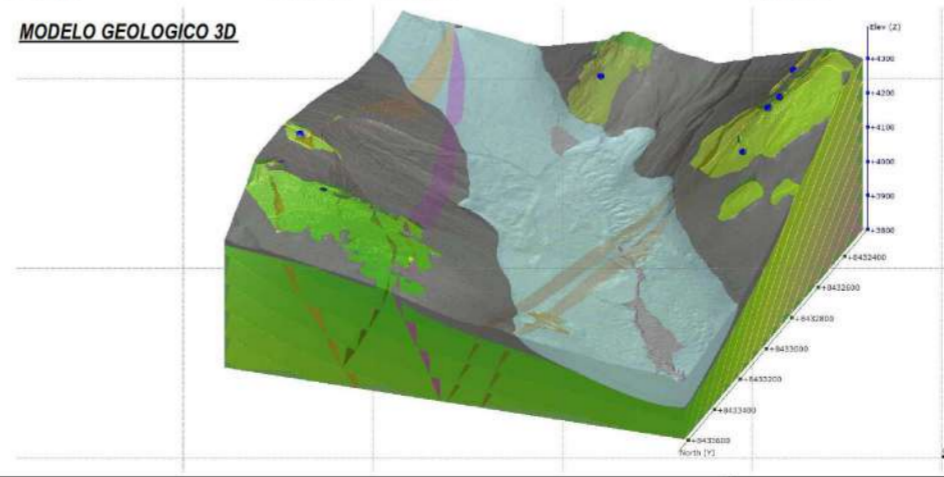
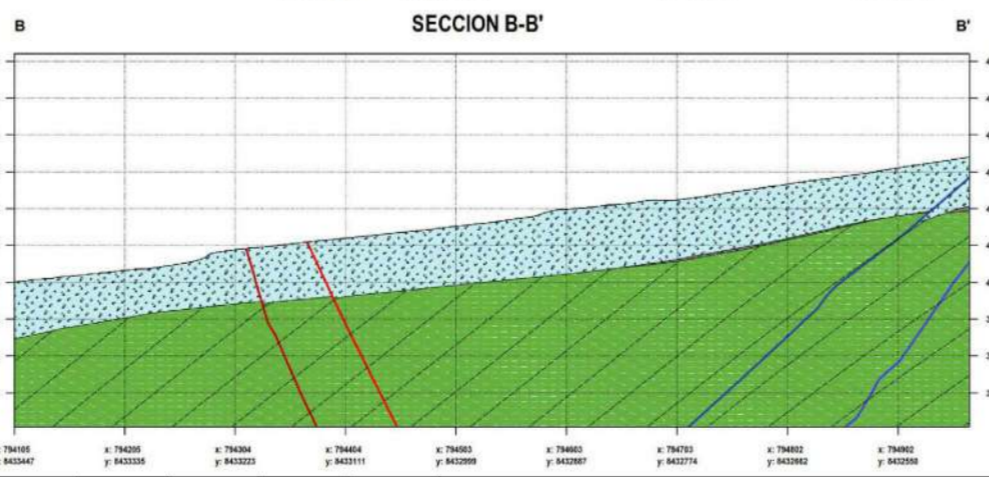
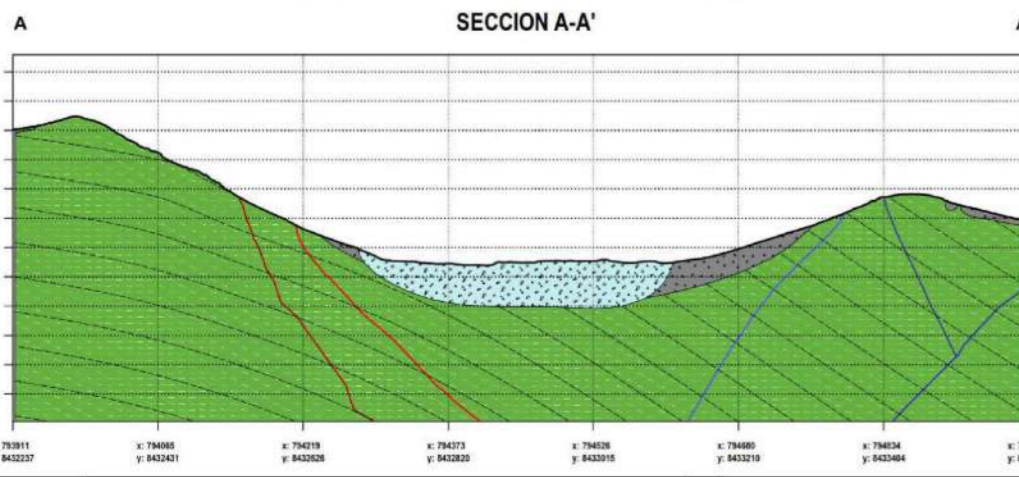
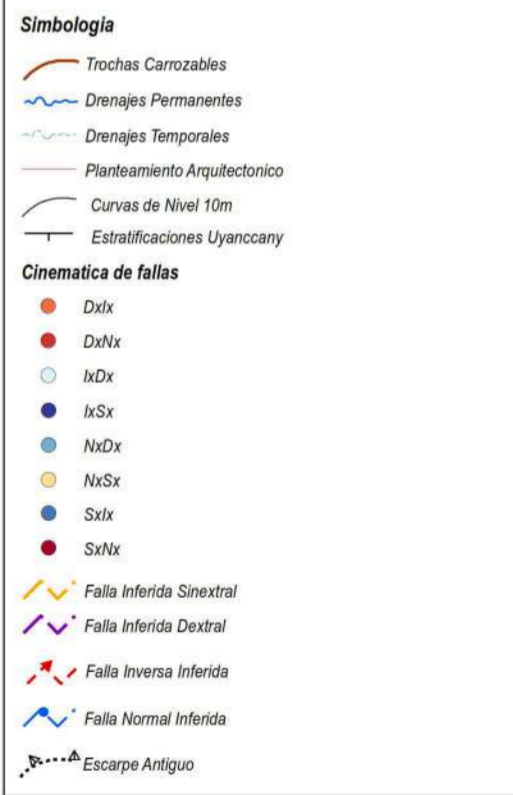
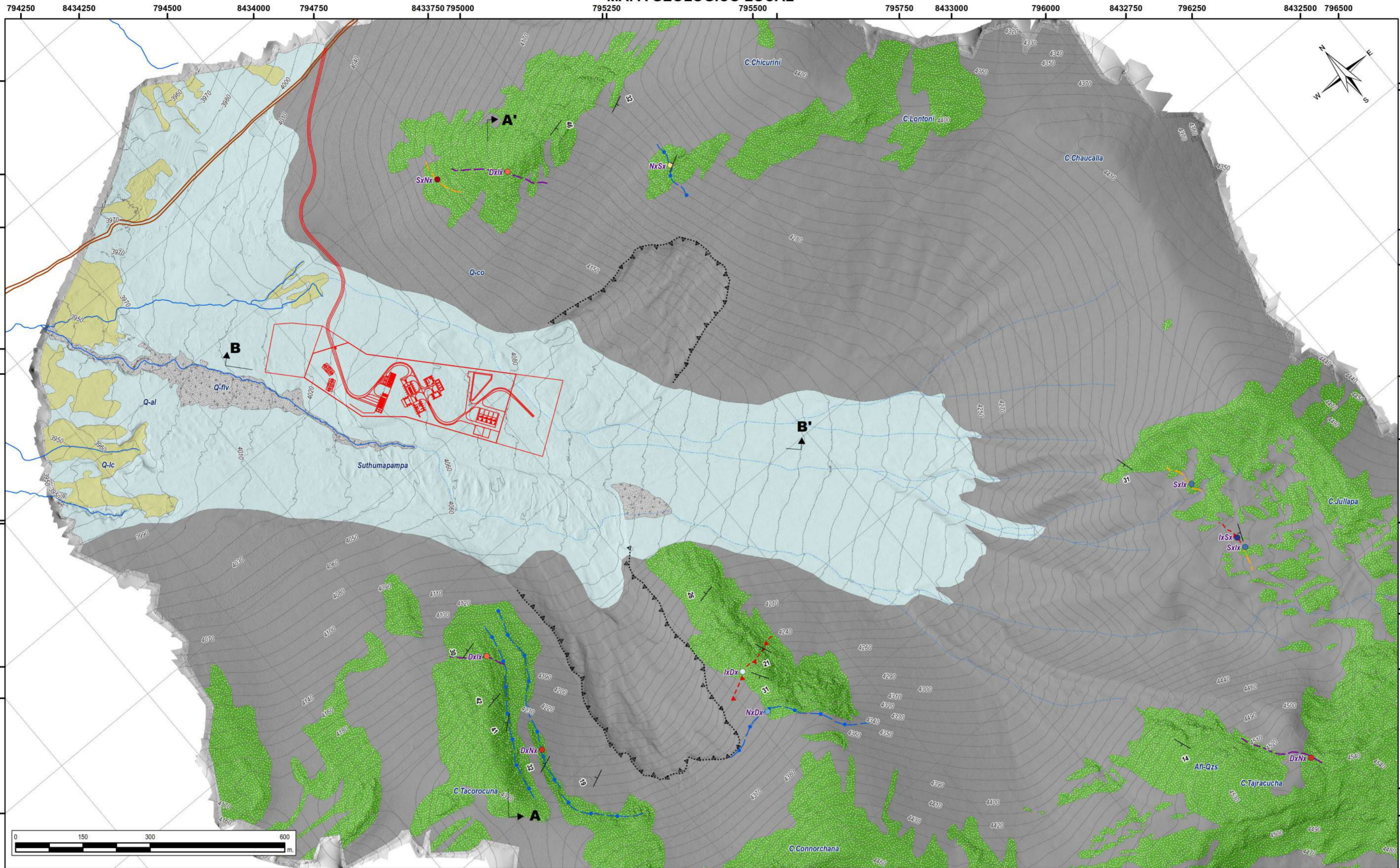
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS.</p>	<p>PLANO: PENDIENTES</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S</p>	<p>ESCALA: 1/11000</p>	<p>SECTOR: Uyanccany</p>	<p>ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado</p>	<p>UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBAS REGION: APURIMAC</p>	<p>MAPA: 05</p>
			<p>FECHA: ABRIL - 2024</p>	<p>ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana</p>				

MAPA GEOLOGICO REGIONAL



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS.</p>	<p>PLANO: GEOLOGICO REGIONAL</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S</p>	<p>ESCALA: 1/11000</p>	<p>SECTOR: Uyanccany</p>	<p>ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado</p>	<p>UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBAS REGION: APURIMAC</p>	<p>MAPA: 06</p>
			<p>FECHA: ABRIL - 2024</p>	<p>ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana</p>				

MAPA GEOLOGICO LOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA GEOLOGICO LOCAL	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

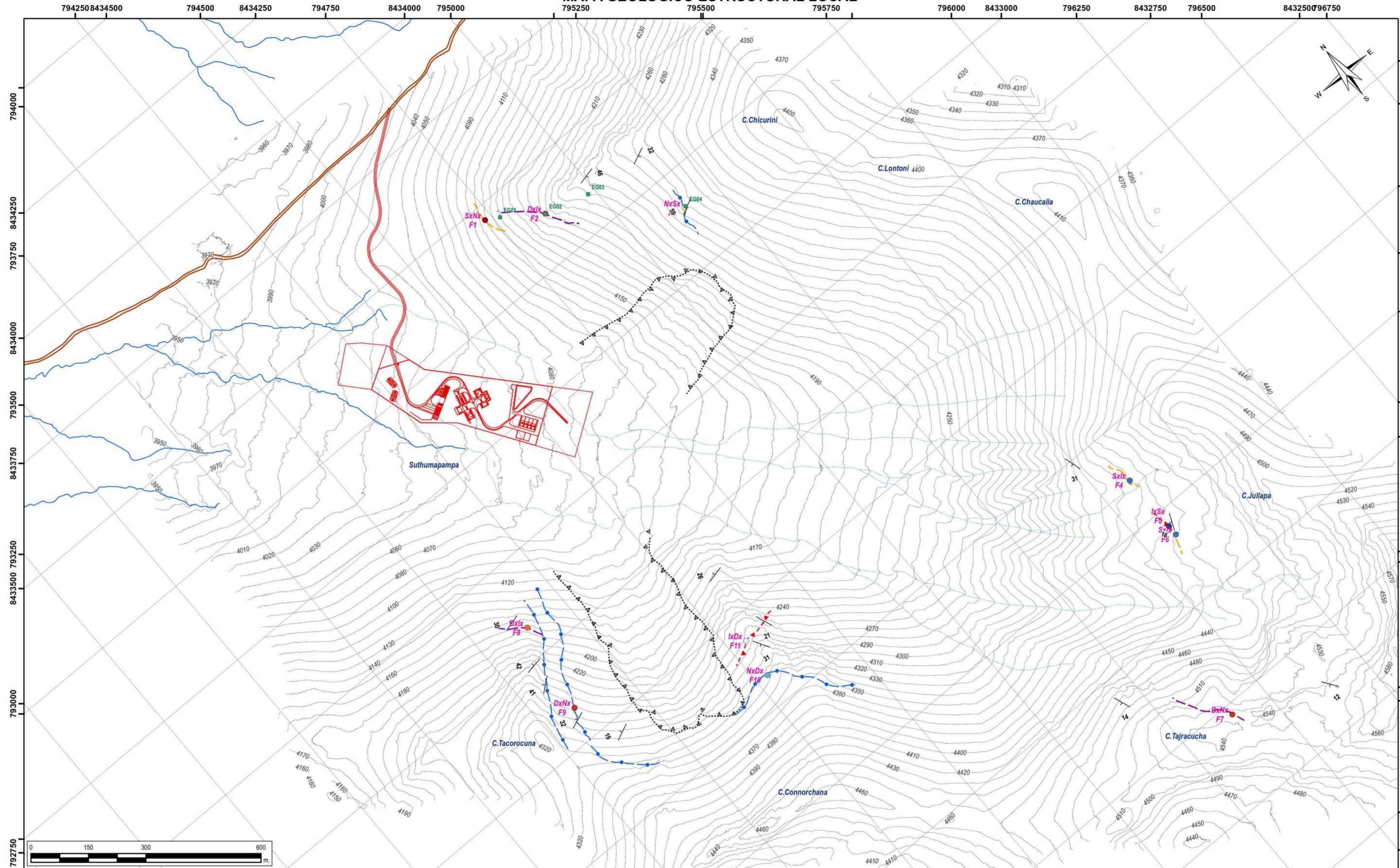
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESION: A-2
 PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:

TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR: Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado
 ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: GEOLOGICO LOCAL	MAPA: MP-07
LOCALIZACION: CHALHUAHUACHO COTABAMBA APURIMAC	FECHA: MARZO 2024
DISTRITO: UYANCCANY	ESCALA: 1/6.500

MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL LOCAL



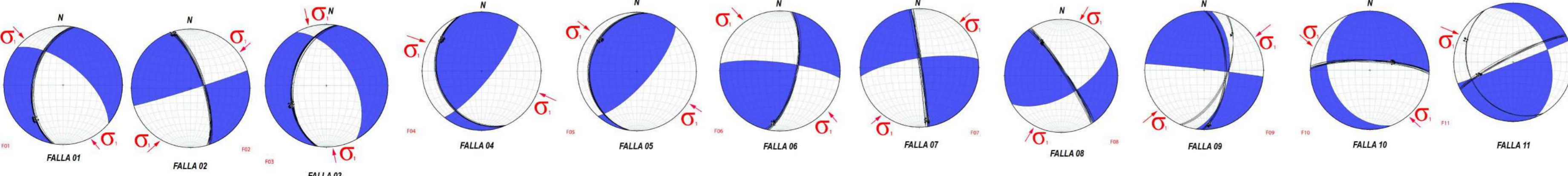
Simbología

- Trochas Carrozables
- Drenajes Permanentes
- Drenajes Temporales
- Planteamiento Arquitectónico
- Curvas de Nivel 10m
- Estratificaciones Uyanccany
- Estaciones Geomecánicas

Cinematica de fallas

- DxNx F1
- DxNx F2
- IxDx F3
- IxDx F4
- NxDx F5
- NxDx F6
- SxNx F7
- SxNx F8
- SxNx F9
- SxNx F10
- SxNx F11

- Falla Inversa Sinistral
- Falla Inversa Dextral
- Falla Inversa Inversa
- Falla Normal Inversa
- Escarpe Antiguo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL LOCAL	D.D & N.S.	D.D & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

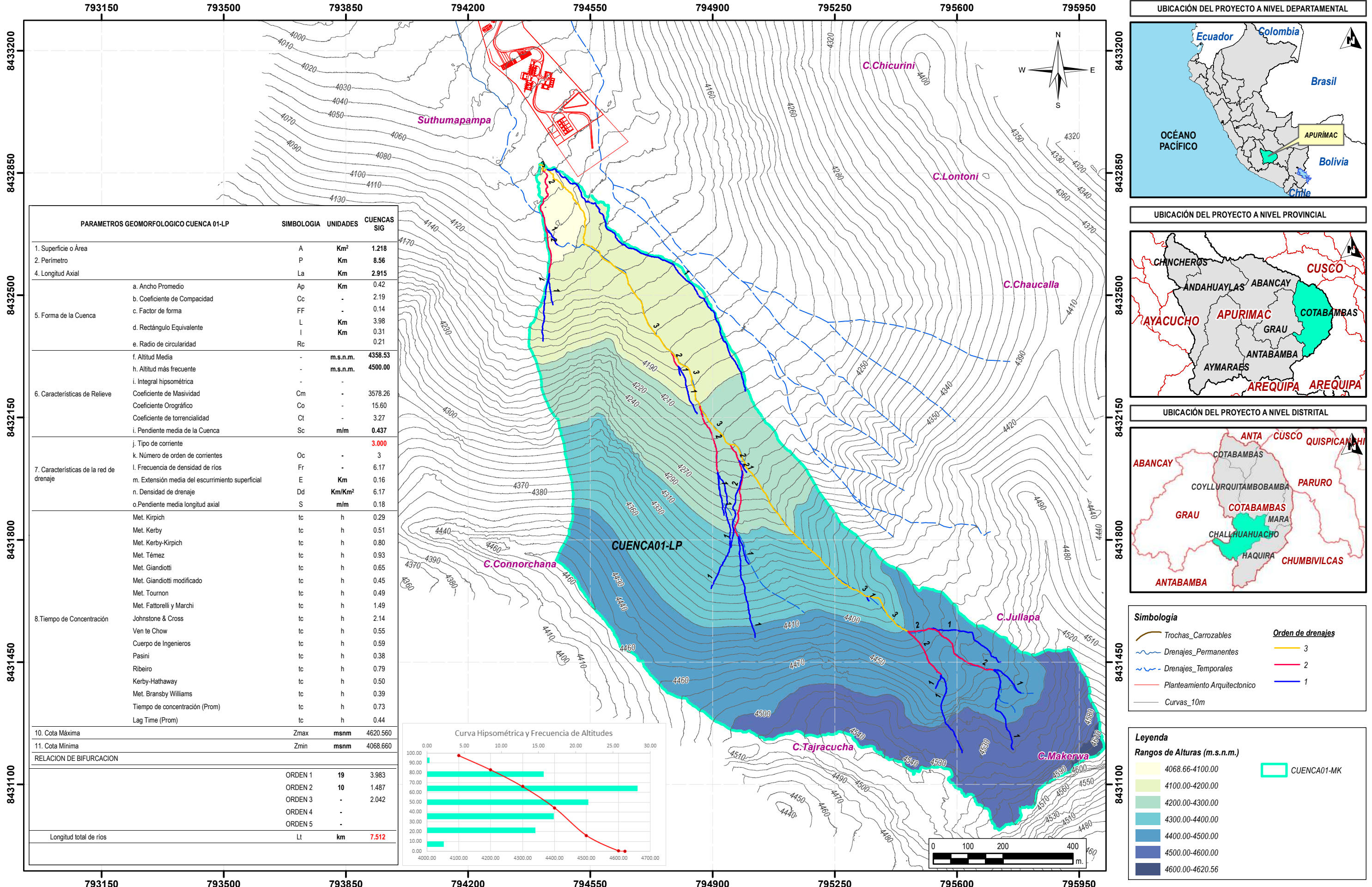
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
ESCALA DE IMPRESION: A-2
PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:

TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

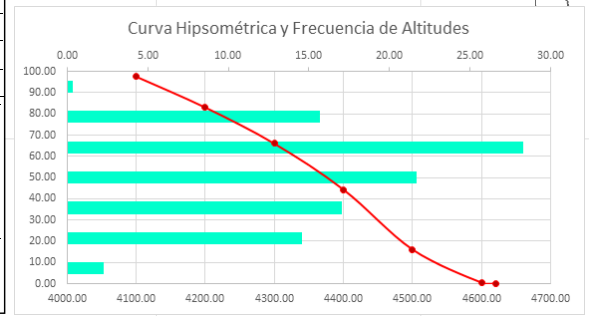
ELABORADO POR: Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado
ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: GEOLOGICO ESTRUCTURAL LOCAL	MAPA: MP-08
LOCALIZACION: CHALHUAHUACHO COTABAMBA APURIMAC	FECHA: MARZO 2024
DISTRITO: UYANCCANY	ESCALA: 1:7,500

MAPA DE PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS CUENCA 01-LP



PARAMETROS GEOMORFOLOGICO CUENCA 01-LP		SIMBOLOGIA	UNIDADES	CUENCAS SIG
1. Superficie o Área	A		Km ²	1.218
2. Perímetro	P		Km	8.56
4. Longitud Axial	La		Km	2.915
5. Forma de la Cuenca	a. Ancho Promedio	Ap	Km	0.42
	b. Coeficiente de Compacidad	Cc	-	2.19
	c. Factor de forma	FF	-	0.14
	d. Rectángulo Equivalente	L	Km	3.98
	e. Radio de circularidad	I	Km	0.31
6. Características de Relieve	f. Altitud Media	Rc	Km	0.21
	h. Altitud más frecuente	-	m.s.n.m.	4358.53
	i. Integral hipsométrica	-	m.s.n.m.	4500.00
	Coeficiente de Masividad	Cm	-	3578.26
	Coeficiente Orográfico	Co	-	15.60
	Coeficiente de torrencialidad	Ct	-	3.27
	i. Pendiente media de la Cuenca	Sc	m/m	0.437
7. Características de la red de drenaje	j. Tipo de corriente	-	-	3.000
	k. Número de orden de corrientes	Oc	-	3
	l. Frecuencia de densidad de ríos	Fr	-	6.17
	m. Extensión media del escurrimiento superficial	E	Km	0.16
	n. Densidad de drenaje	Dd	Km/Km ²	6.17
	o. Pendiente media longitud axial	S	m/m	0.18
	8. Tiempo de Concentración	Met. Kirpich	tc	h
Met. Kerby		tc	h	0.51
Met. Kerby-Kirpich		tc	h	0.80
Met. Témez		tc	h	0.93
Met. Giandioti		tc	h	0.65
Met. Giandioti modificado		tc	h	0.45
Met. Tournon		tc	h	0.49
Met. Fattorelli y Marchi		tc	h	1.49
Johnstone & Cross		tc	h	2.14
Vente Chow		tc	h	0.55
Cuerpo de Ingenieros		tc	h	0.59
Pasini		tc	h	0.38
Ribeiro		tc	h	0.79
Kerby-Hathaway		tc	h	0.50
Met. Bransby Williams		tc	h	0.39
Tiempo de concentración (Prom)	tc	h	0.73	
Lag Time (Prom)	tc	h	0.44	
10. Cota Máxima	Zmax	msnm		4620.560
11. Cota Mínima	Zmin	msnm		4068.660
RELACION DE BIFURCACION				
	ORDEN 1	19		3.983
	ORDEN 2	10		1.487
	ORDEN 3	-		2.042
	ORDEN 4	-		-
	ORDEN 5	-		-
Longitud total de ríos	Lt	km		7.512

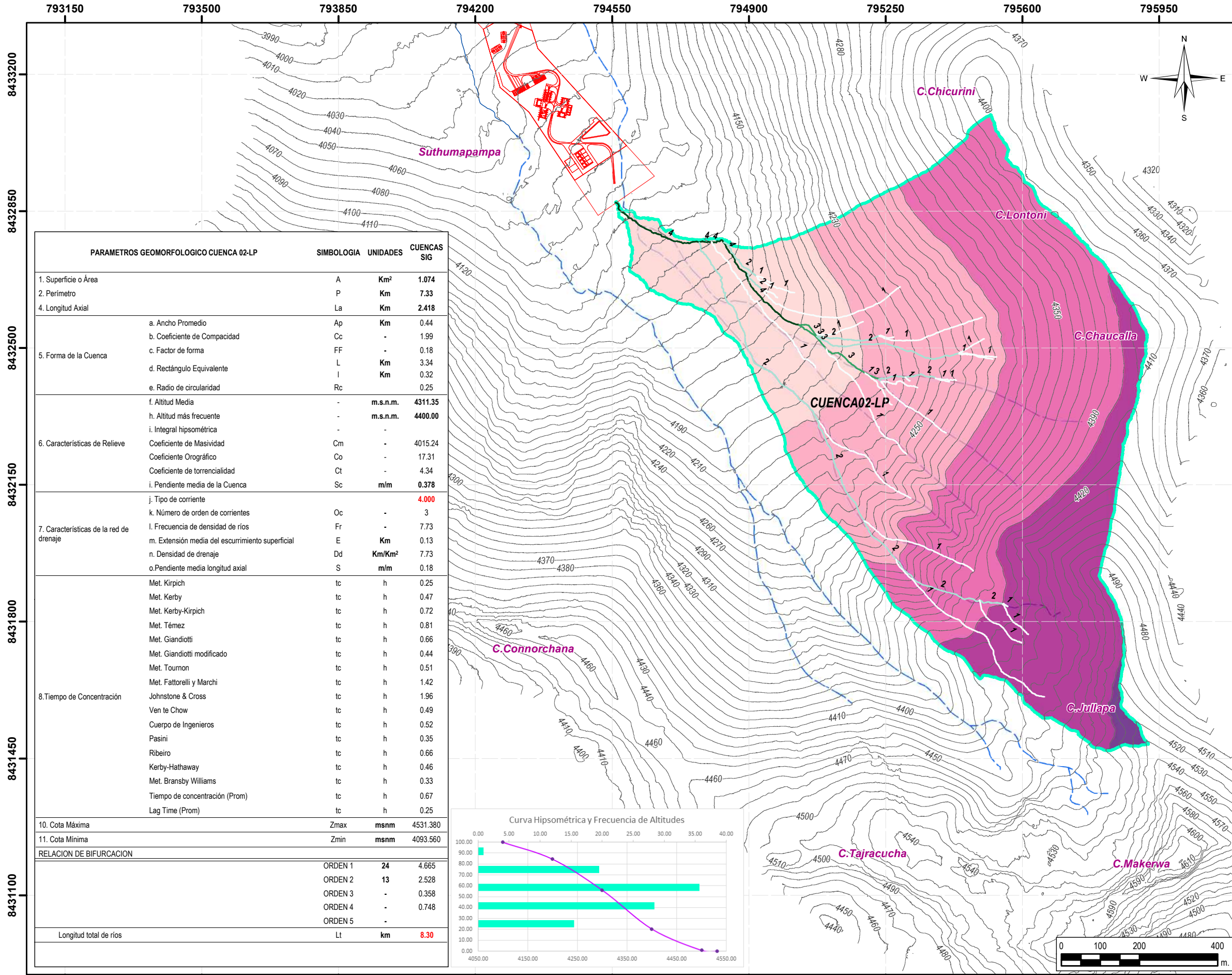


Simbología	
	Trochas_Carrozables
	Drenajes_Permanentes
	Drenajes_Temporales
	Planteamiento Arquitectonico
	Curvas_10m

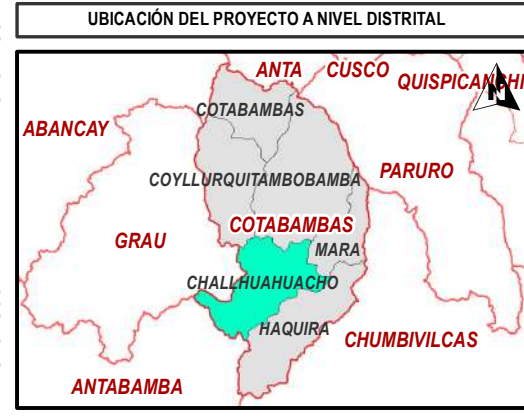
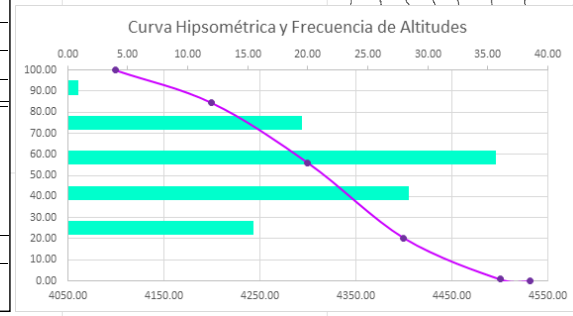
Leyenda	
Rangos de Alturas (m.s.n.m.)	
	4068.66-4100.00
	4100.00-4200.00
	4200.00-4300.00
	4300.00-4400.00
	4400.00-4500.00
	4500.00-4600.00
	4600.00-4620.56

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCANY, COMUNIDAD DE QUENUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA.	PLANO: PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS CUENCA 01LP	SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S	ESCALA: 1/10000	SECTOR: Uyanccany	ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado	UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBA REGION: APURIMAC	MAPA: 09

MAPA DE PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS CUENCA 02-LP



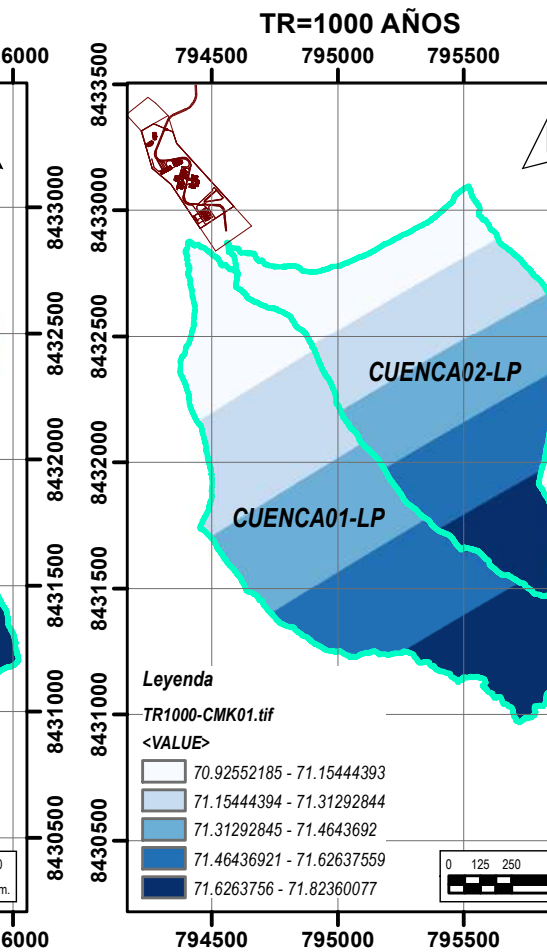
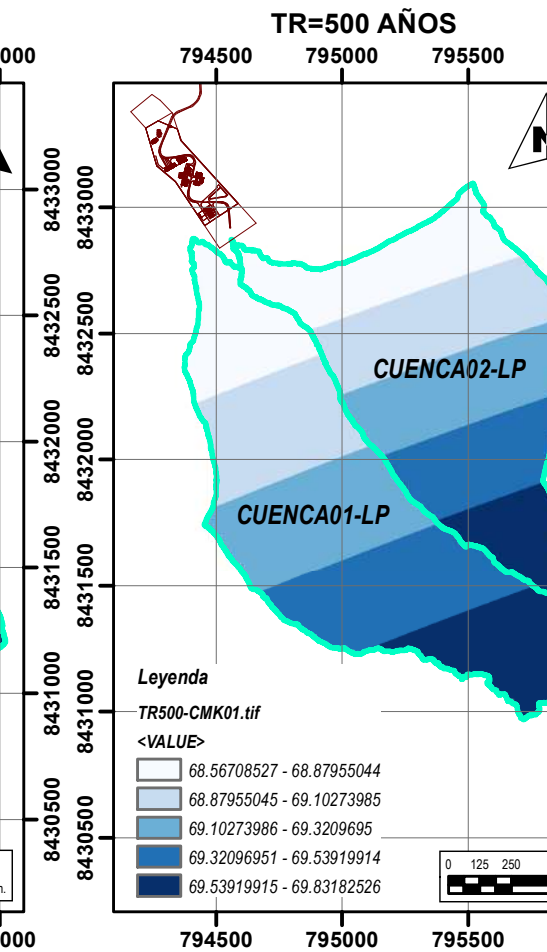
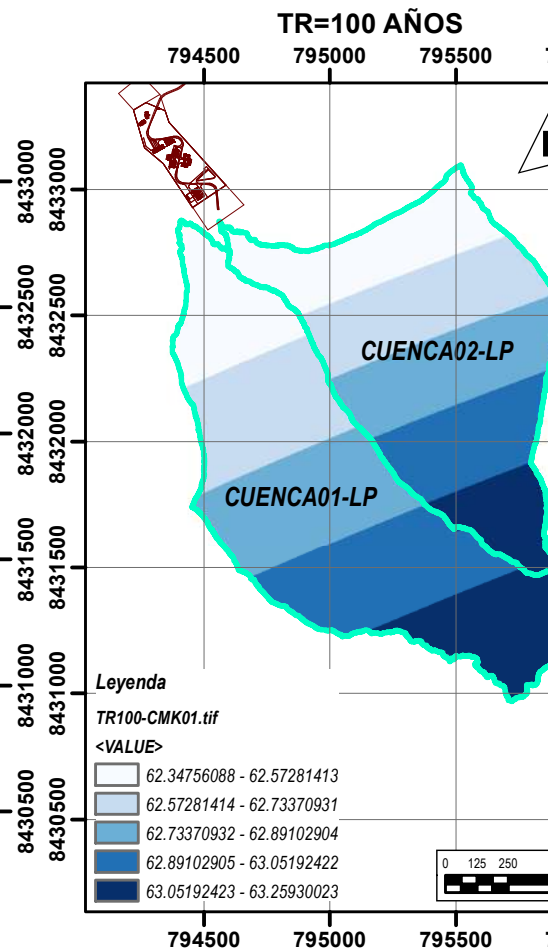
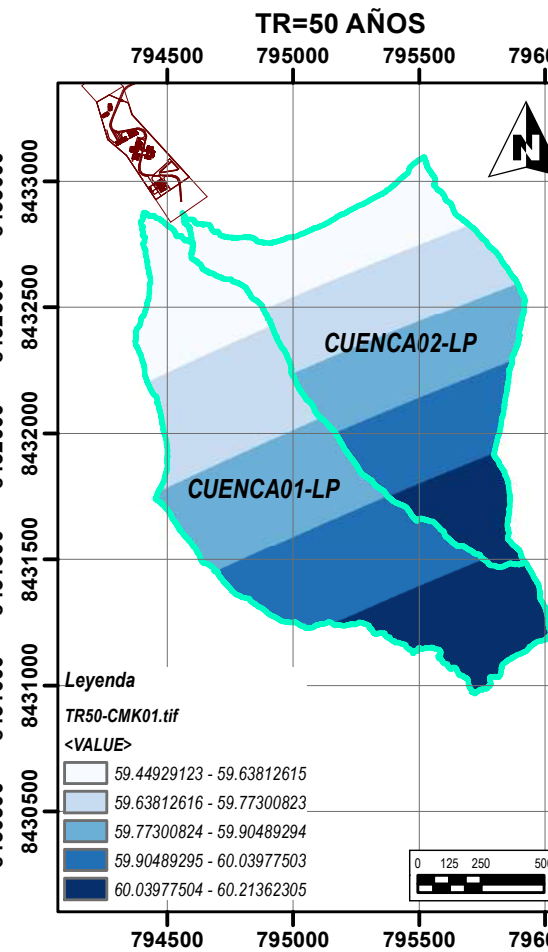
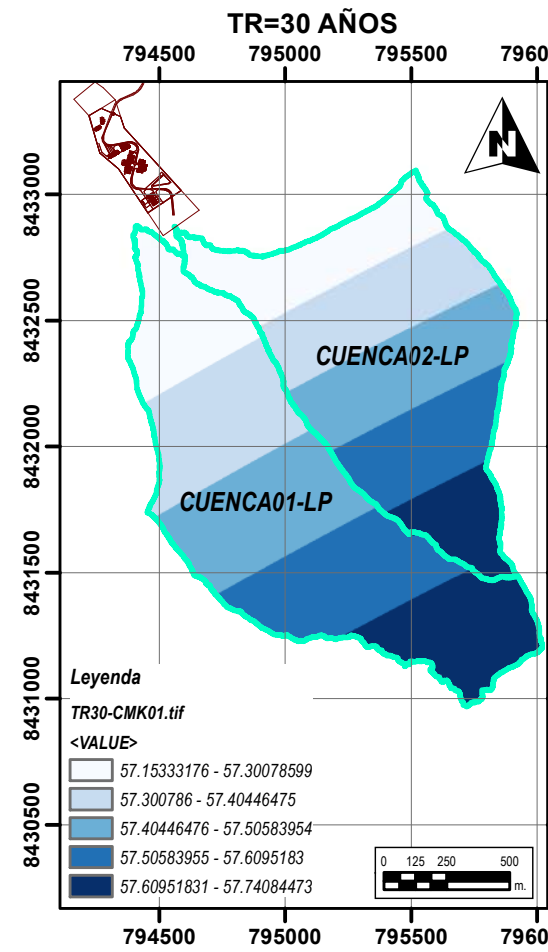
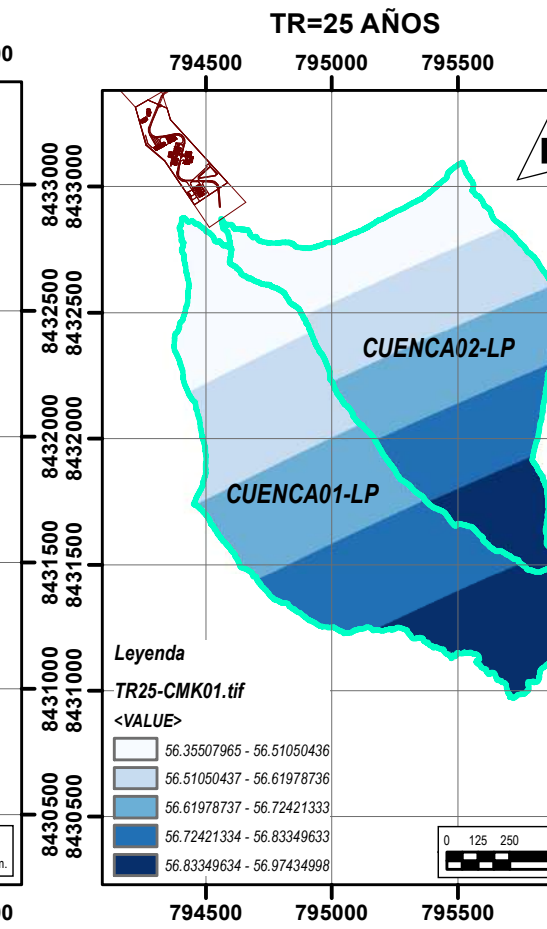
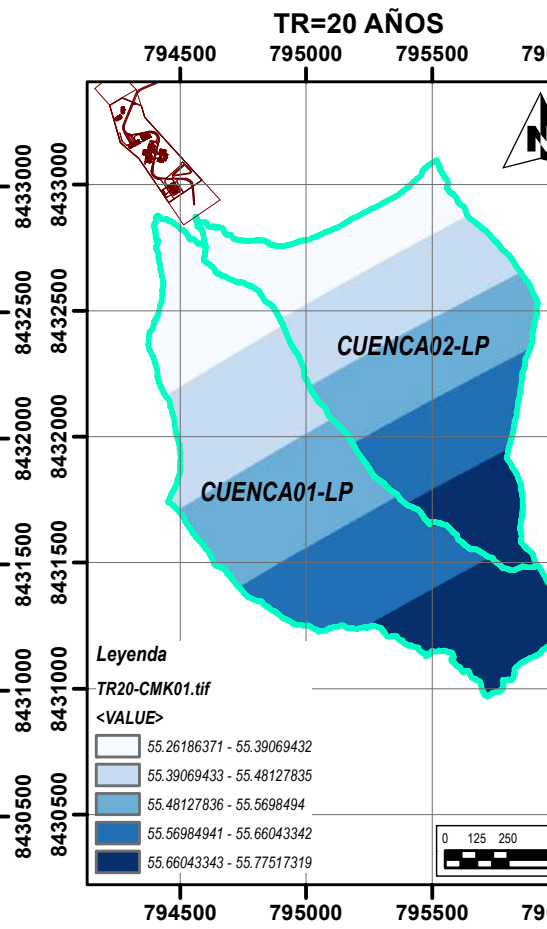
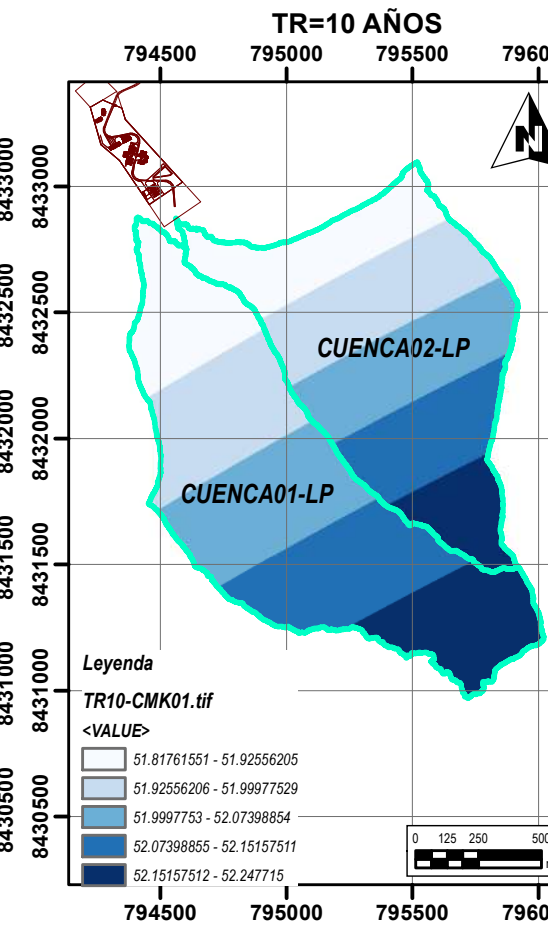
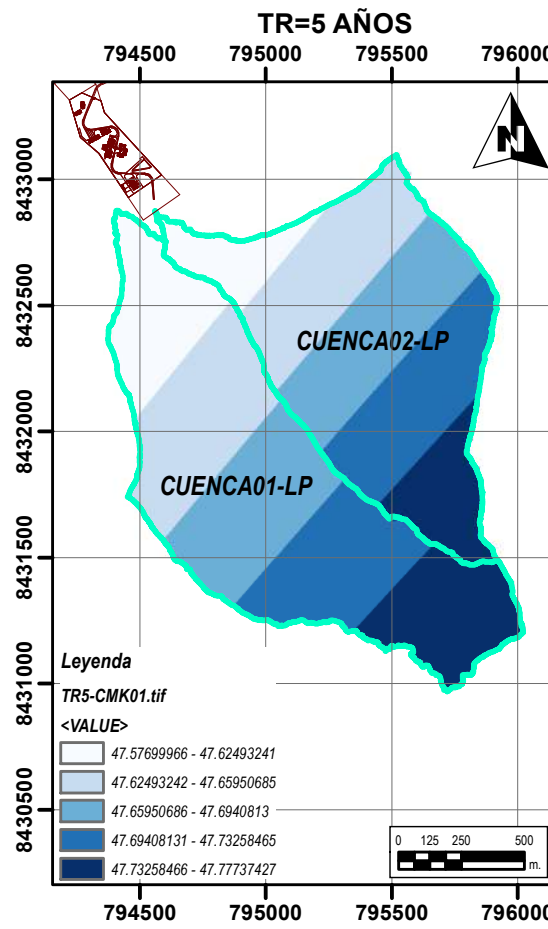
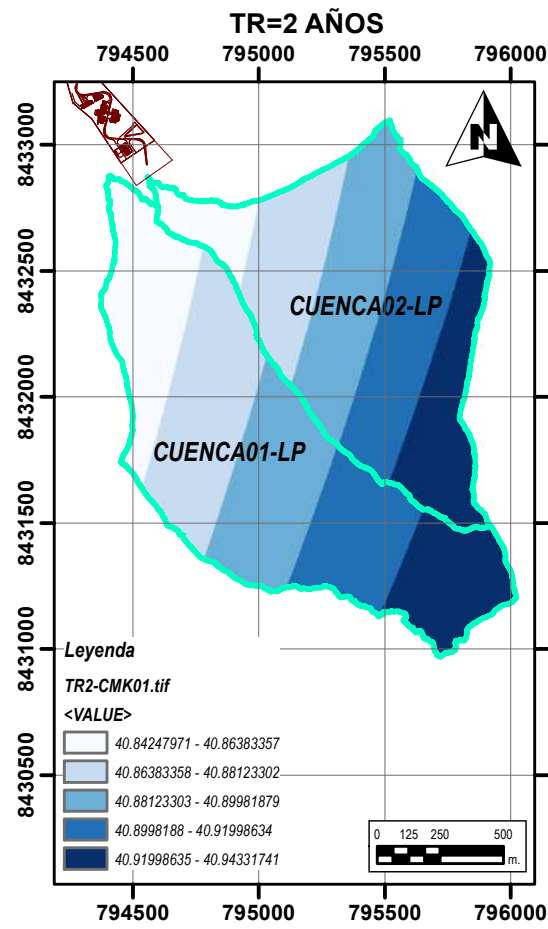
PARAMETROS GEOMORFOLOGICO CUENCA 02-LP		SIMBOLOGIA	UNIDADES	CUENCAS SIG
1. Superficie o Área	A		Km ²	1.074
2. Perimetro	P		Km	7.33
4. Longitud Axial	La		Km	2.418
5. Forma de la Cuenca	a. Ancho Promedio	Ap	Km	0.44
	b. Coeficiente de Compacidad	Cc	-	1.99
	c. Factor de forma	FF	-	0.18
	d. Rectángulo Equivalente	L	Km	3.34
	e. Radio de circularidad	Rc	Km	0.32
6. Características de Relieve	f. Altitud Media	-	m.s.n.m.	4311.35
	h. Altitud más frecuente	-	m.s.n.m.	4400.00
	i. Integral hipsométrica	-	-	-
	Coefficiente de Masividad	Cm	-	4015.24
	Coefficiente Orográfico	Co	-	17.31
	Coefficiente de torrencialidad	Ct	-	4.34
7. Características de la red de drenaje	i. Pendiente media de la Cuenca	Sc	m/m	0.378
	j. Tipo de corriente	-	-	4.000
	k. Número de orden de corrientes	Oc	-	3
	l. Frecuencia de densidad de ríos	Fr	-	7.73
	m. Extensión media del escurrimiento superficial	E	Km	0.13
	n. Densidad de drenaje	Dd	Km/Km ²	7.73
	o. Pendiente media longitud axial	S	m/m	0.18
8. Tiempo de Concentración	Met. Kirpich	tc	h	0.25
	Met. Kerby	tc	h	0.47
	Met. Kerby-Kirpich	tc	h	0.72
	Met. Témez	tc	h	0.81
	Met. Giandotti	tc	h	0.66
	Met. Giandotti modificado	tc	h	0.44
	Met. Tournon	tc	h	0.51
	Met. Fattorelli y Marchi	tc	h	1.42
	Johnstone & Cross	tc	h	1.96
	Vent te Chow	tc	h	0.49
	Cuerpo de Ingenieros	tc	h	0.52
	Pasini	tc	h	0.35
	Ribeiro	tc	h	0.66
	Kerby-Hathaway	tc	h	0.46
	Met. Bransby Williams	tc	h	0.33
Tiempo de concentración (Prom)	tc	h	0.67	
Lag Time (Prom)	tc	h	0.25	
10. Cota Máxima	Zmax	msnm	4531.380	
11. Cota Mínima	Zmin	msnm	4093.560	
RELACION DE BIFURCACION				
	ORDEN 1	24	4.665	
	ORDEN 2	13	2.528	
	ORDEN 3	-	0.358	
	ORDEN 4	-	0.748	
	ORDEN 5	-	-	
Longitud total de ríos	Lt	km	8.30	



Simbología	
	Trochas_Carrozables
	Drenajes_Permanentes
	Drenajes_Temporales
	Planteamiento Arquitectonico
	Curvas_10m

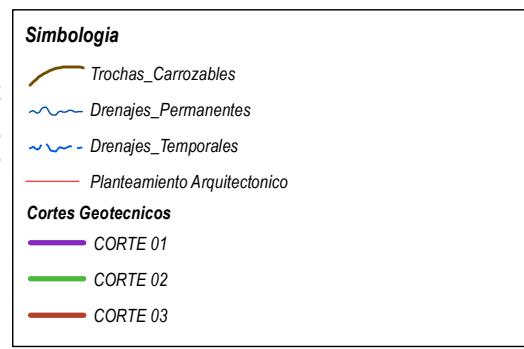
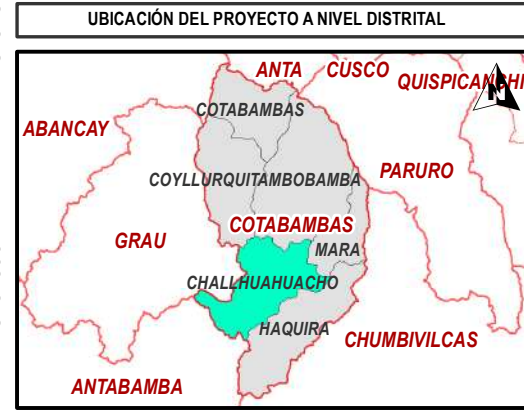
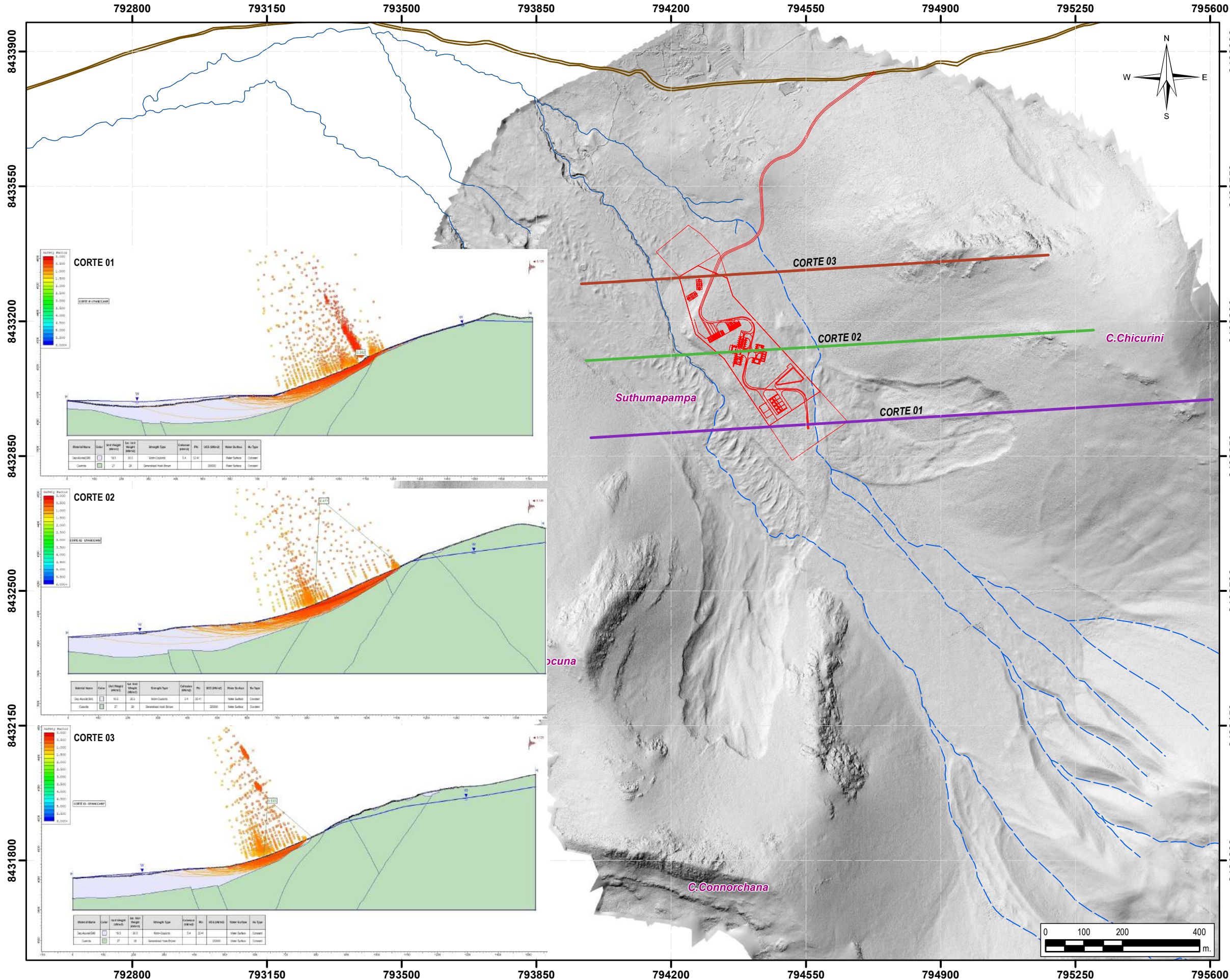
Legenda	
Rangos de Alturas (m.s.n.m.)	
	4093.56-4100.00
	4100.00-4200.00
	4200.00-4300.00
	4300.00-4400.00
	4400.00-4500.00
	4500.00-4531.38

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA	TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCANY, COMUNIDAD DE QUENUA, DISTRITO DE CHALLHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA.	PLANO: PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS CUENCA 02LP	SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S FECHA: ABRIL - 2024	ESCALA: 1/10000 ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	SECTOR: Uyanccany ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado	UBICACION POLITICA: CHALLHUAHUACHO COTABAMBA APURIMAC DISTRITO: CHALLHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBA REGION: APURIMAC	MAPA: 10
--	---	--	--	---	--	---	---	-----------------



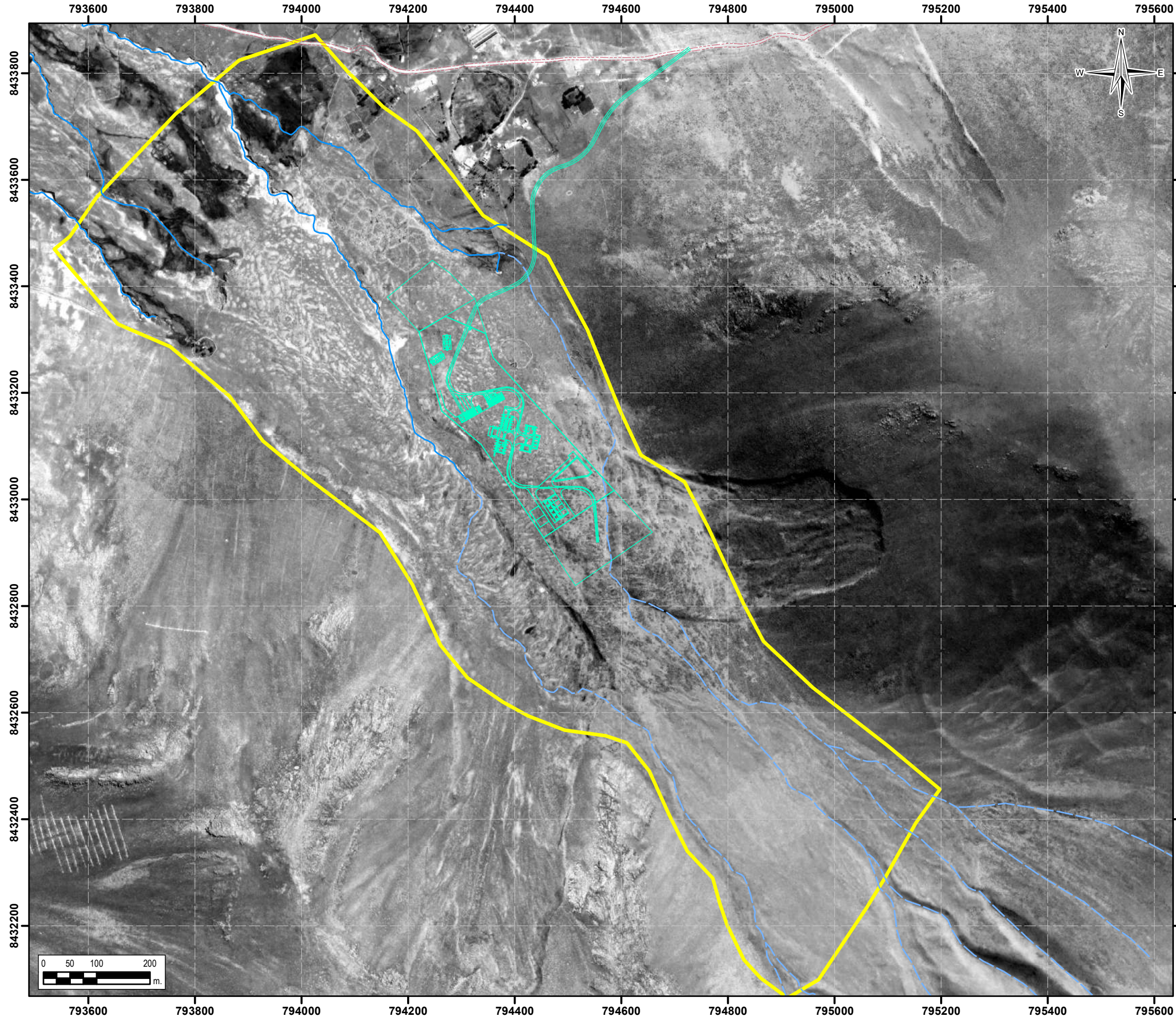
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALLHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA.</p>	<p>PLANO: REGIONALIZACIÓN POR PERIODOS DE RETORNO</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S</p>	<p>ESCALA: 1/30000</p>	<p>SECTOR: Uyancany</p>	<p>ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado</p>	<p>UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALLHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBA REGION:</p>	<p>MAPA: 12</p>
			<p>FECHA: ABRIL - 2024</p>	<p>ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana</p>				

MAPA DE LOCALIZACION DE CORTES GEOTECNICOS PARA ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

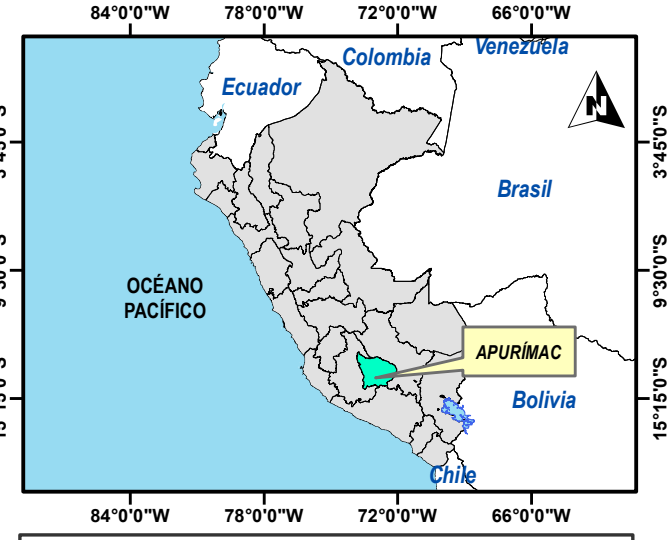


<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALLHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS.</p>	<p>PLANO: ANÁLISIS TALUDES</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S</p>	<p>ESCALA: 1/10000</p>	<p>SECTOR: Uyanccany</p>	<p>ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado</p>	<p>UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALLHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBAS REGION: APURIMAC</p>	<p>MAPA: 13</p>
			<p>FECHA: AGOSTO- 2024</p>	<p>ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana</p>				

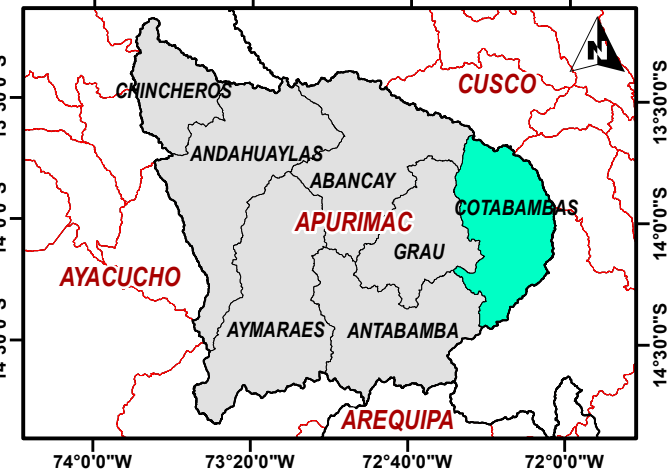
MAPA DE AMBITO DE ESTUDIO



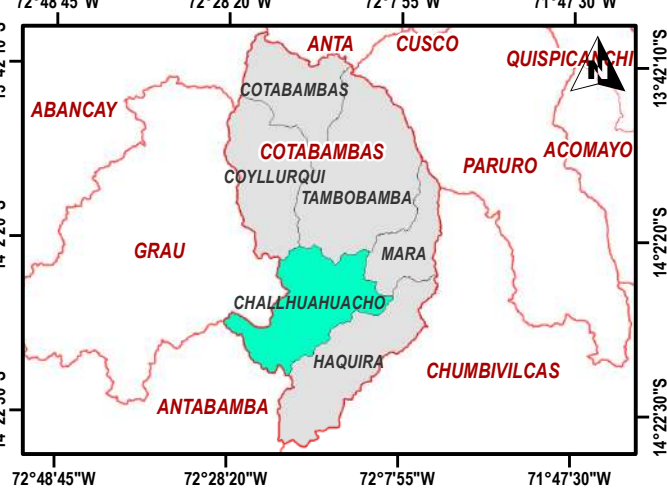
UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL PROVINCIAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DISTRITAL

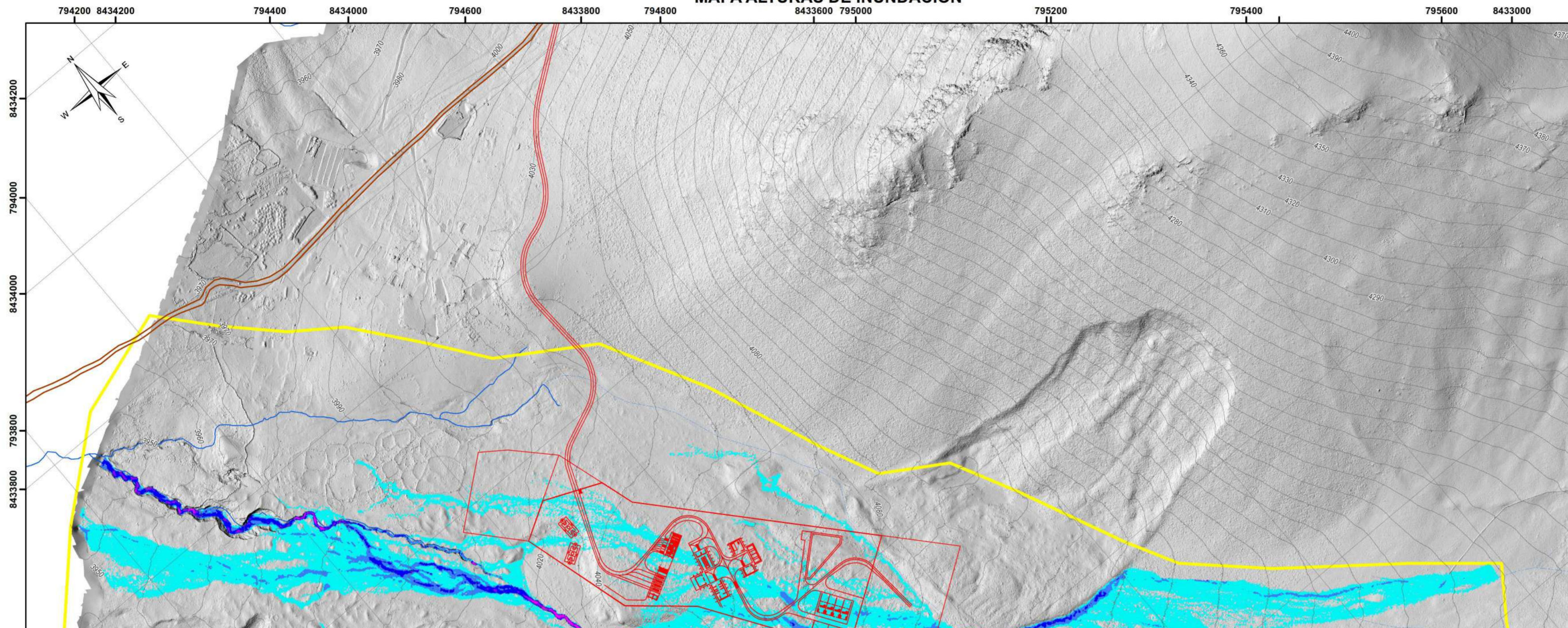


Simbología

- Trochas_Carrozables
- Drenajes_Permanentes
- Drenajes_Temporales
- Planteamiento Arquitectonico
- Ambito de Estudio

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>	<p>TESIS: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS.</p>	<p>PLANO: AMBITO DE ESTUDIO</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS: - UTM WGS 1984 - ZONA 18 S</p>	<p>ESCALA: 1/7500</p>	<p>SECTOR: Uyancany</p>	<p>ELABORADO POR: Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado</p>	<p>UBICACION POLITICA: DISTRITO: CHALHUAHUACHO PROVINCIA: COTABAMBAS REGION: APURIMAC</p>	<p>MAPA: 14</p>
			<p>FECHA: AGOSTO- 2024</p>	<p>ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana</p>				

MAPA ALTURAS DE INUNDACION



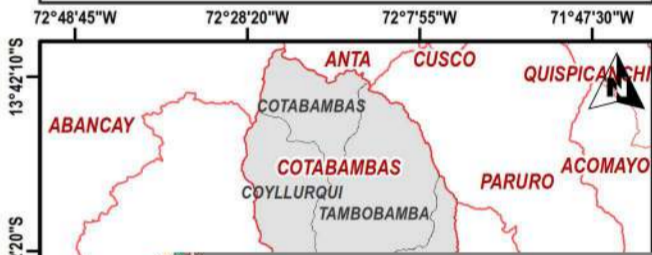
UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DEPARTAMENTAL



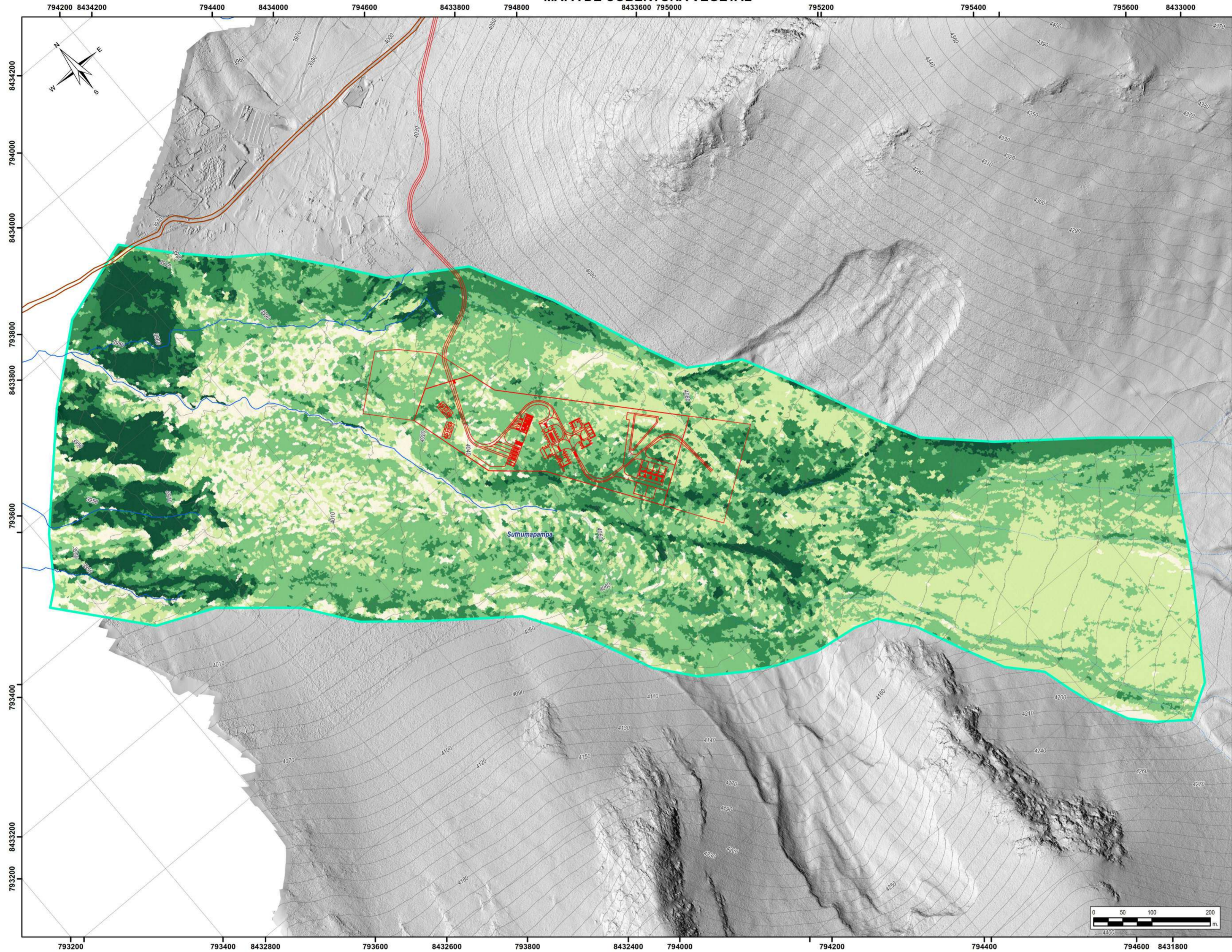
UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL PROVINCIAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DISTRITAL



MAPA DE COBERTURA VEGETAL



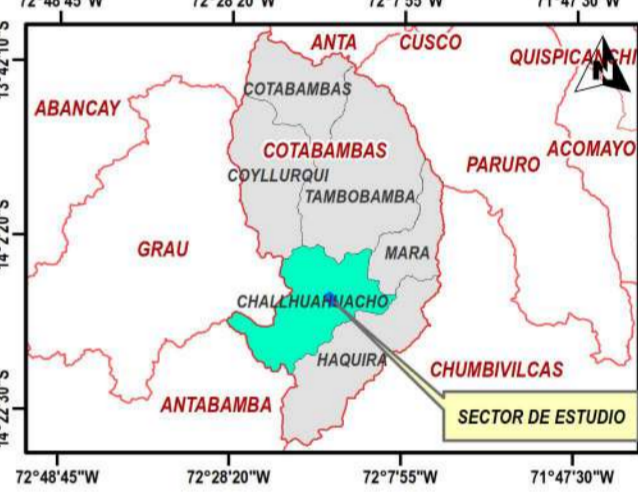
UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL PROVINCIAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DISTRITAL




Simbología

- Planteamiento Arquitectónico
- Trochas_Carrozables
- curvas_10m
- Drenajes_Temporales
- Drenajes_Permanentes
- Ambito de Estudio

Leyenda

Cobertura Vegetal

- Suelo Desnudo
- Vegetación Incipiente
- Vegetación Escasa
- Vegetación Media
- Vegetación Densa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE COBERTURA VEGETAL	D.D & N.S.	D.D & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM
 DATUM HORIZONTAL: WGS84
 HUSO Y ZONA: 18L Sur

ESCALA DE IMPRESIÓN: A-2

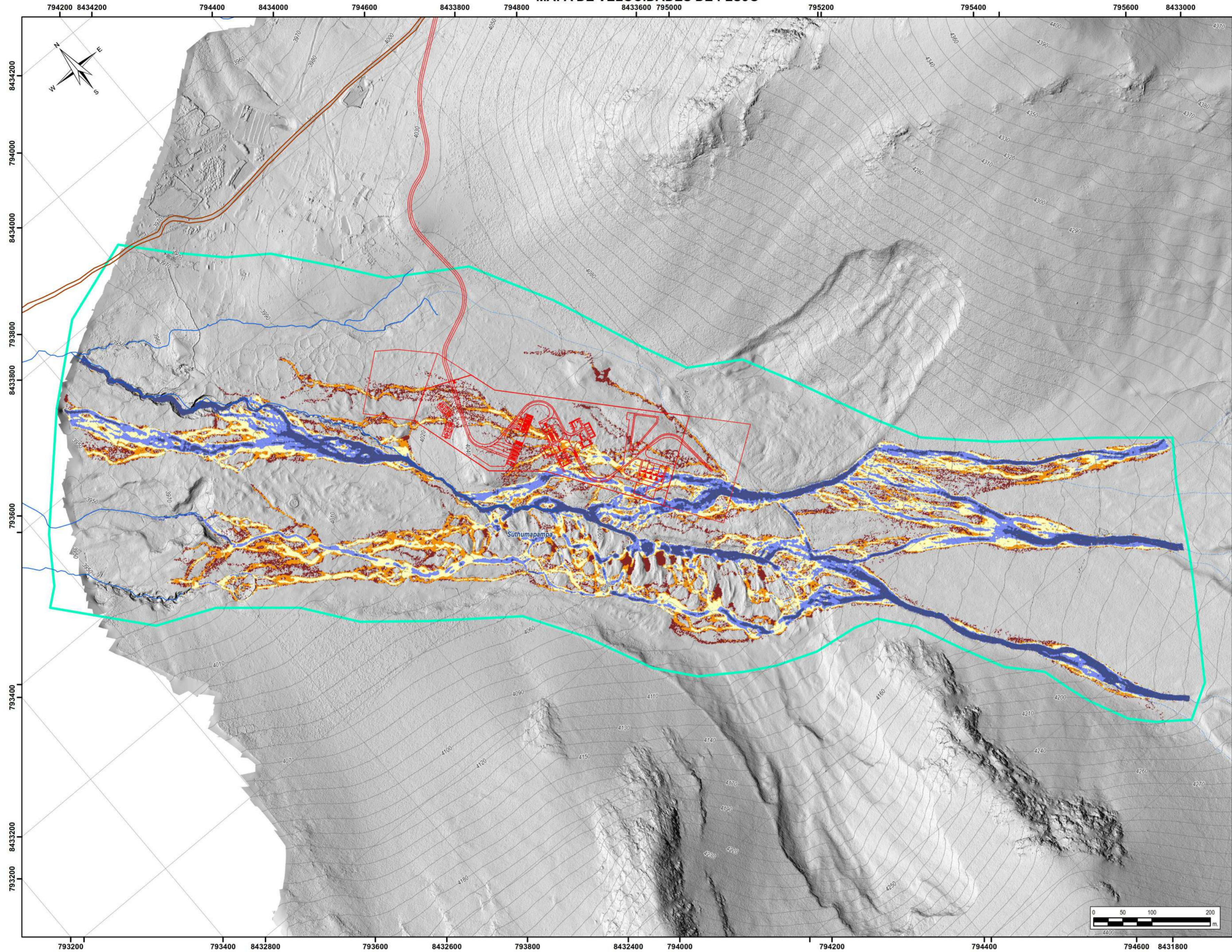
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS."

ELABORADO POR:
 Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO:	MAPA DE COBERTURA VEGETAL		MAPA:
LOCALIZACIÓN:	CHALHUAHUACHO	FECHA:	MP-17
PROVINCIA:	COTABAMBAS	AGOSTO 2024	
DEPARTAMENTO:	APURIMAC	ESCALA:	
SECTOR:	UYANCCANY	1/4,500	

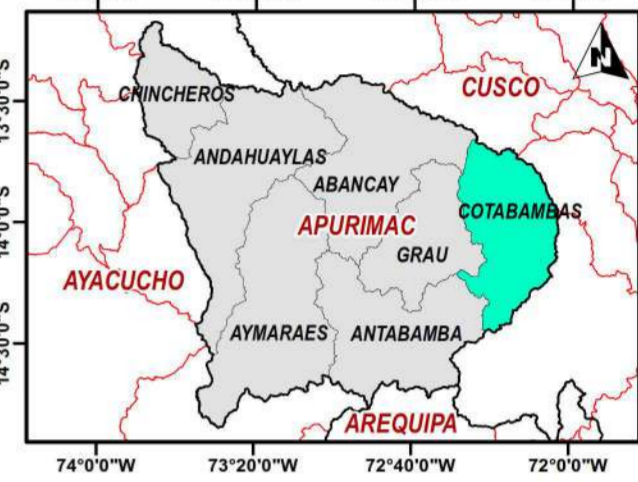
MAPA DE VELOCIDADES DE FLUJO



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL PROVINCIAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DISTRITAL



Simbología

- Planteamiento Arquitectónico
- Trochas_Carrozables
- curvas_10m
- Drenajes_Temporales
- Drenajes_Permanentes
- Ambito de Estudio

Leyenda

Velocidad de Flujo (m/s)

- 0.00031786 - 0.25
- 0.25 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1.0 - 1.5
- 1.50 - 5.28

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE VELOCIDADES DE FLUJO	D.D & N.S.	D.D & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
ESCALA DE IMPRESIÓN: A-2

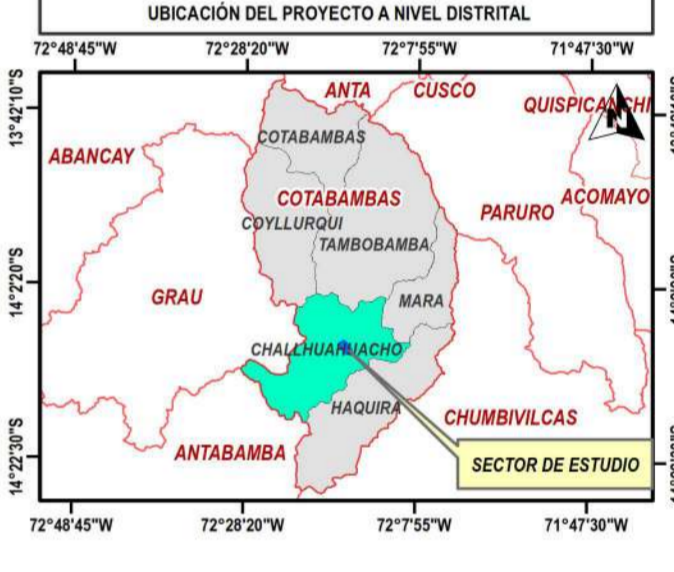
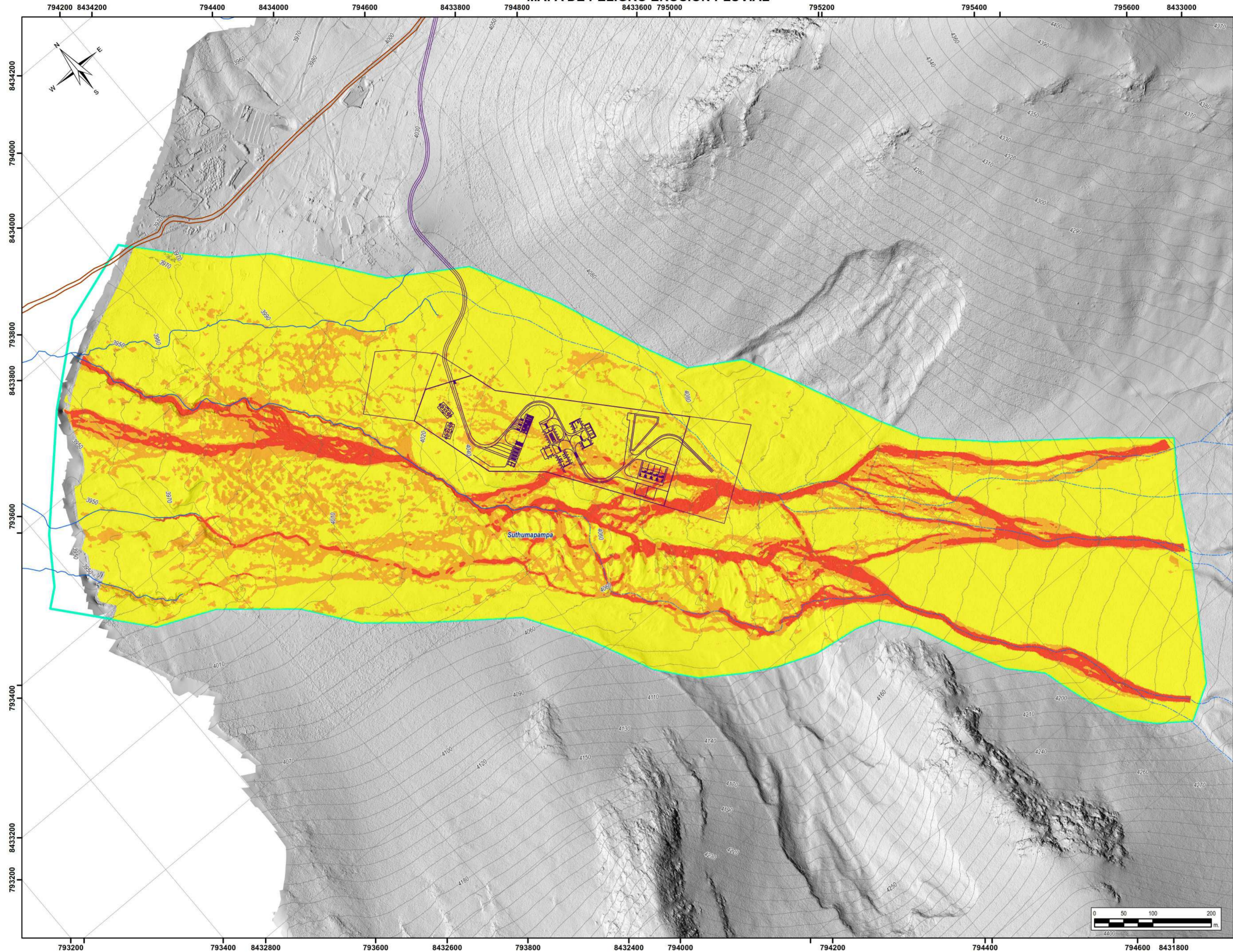
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR:
Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR:
Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO:	MAPA DE VELOCIDADES DE FLUJO	MAPA:	MP-18	
LOCALIZACIÓN:	CHALHUAHUACHO COTABAMBA APURIMAC	FECHA:		AGOSTO 2024
DISTRITO:	CHALHUAHUACHO	DEPARTAMENTO:		APURIMAC
SECTOR:	UYANCCANY	ESCALA:		1/4,500

MAPA DE PELIGRO EROSION PLUVIAL



- Simbología**
- Planteamiento Arquitectónico
 - Trochas_Carrozables
 - curvas_10m
 - Drenajes_Temporales
 - Drenajes_Permanentes
 - Ambito de Estudio

- Leyenda**
- Peligro por Erosion Pluvial**
- MUY ALTO
 - ALTO
 - MEDIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCION	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE PELIGRO EROSION PLUVIAL	D.D & N.S.	D.D & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

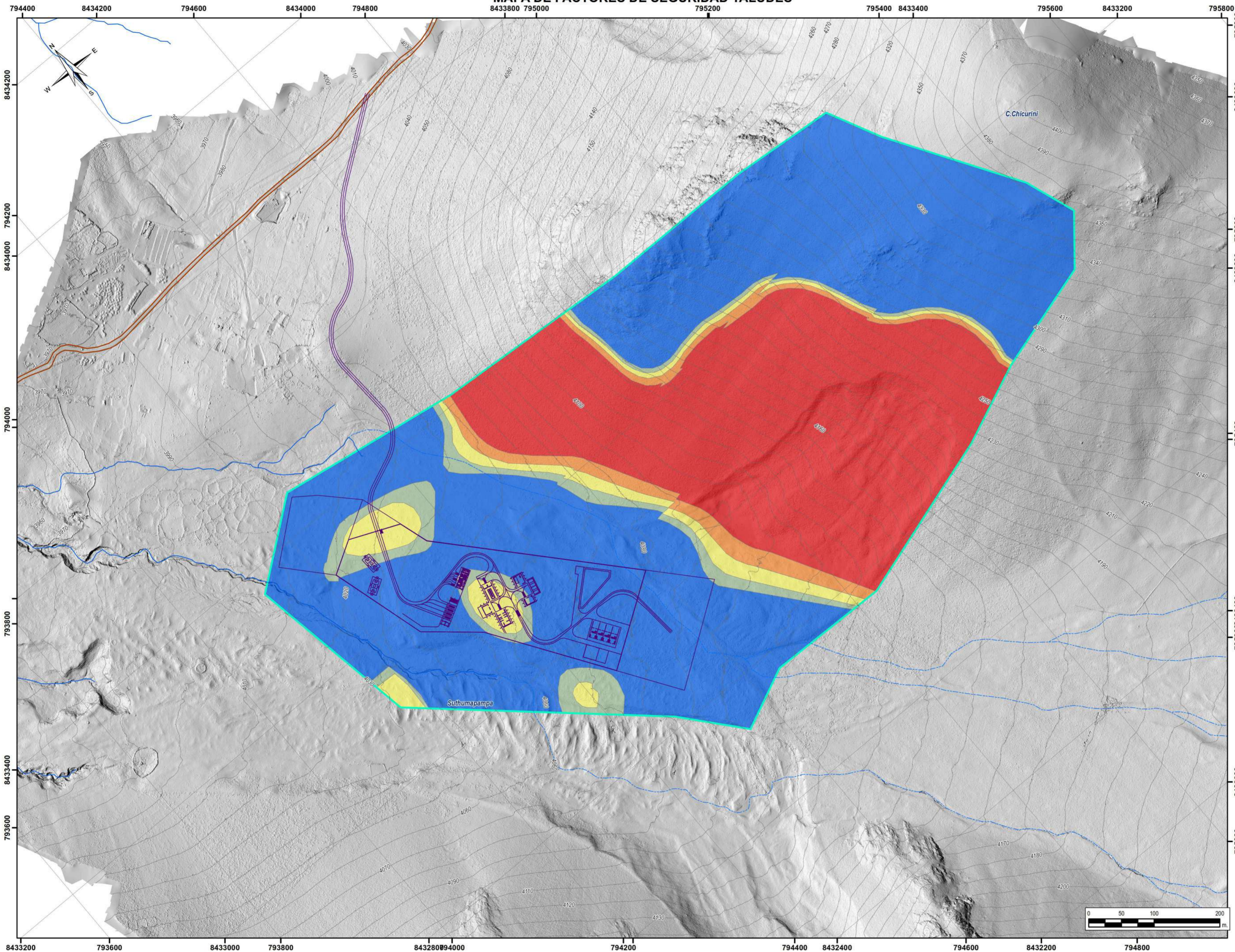
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
ESCALA DE IMPRESION: A-2
PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:

TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR: Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado
ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: MAPA DE PELIGRO EROSION PLUVIAL	MAPA: MP-19
LOCALIZACION: CHALHUAHUACHO COTABAMBA APURIMAC	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: CHALHUAHUACHO	ESCALA: 1/4,500
PROVINCIA: COTABAMBA	
DEPARTAMENTO: APURIMAC	
SECTOR: UYANCCANY	

MAPA DE FACTORES DE SEGURIDAD TALUDES



Simbología

- Planteamiento Arquitectónico
- Trochas Carrozables
- curvas_10m
- Drenajes Temporales
- Drenajes Permanentes
- Ambito de Estudio

Leyenda

Factores de Seguridad (Deslizamiento)

- >2.00
- 1.75-2.00
- 1.50-1.75
- 1.25-1.50
- <1.25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE FACTORES DE SEGURIDAD TALUDES	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESIÓN: A-2

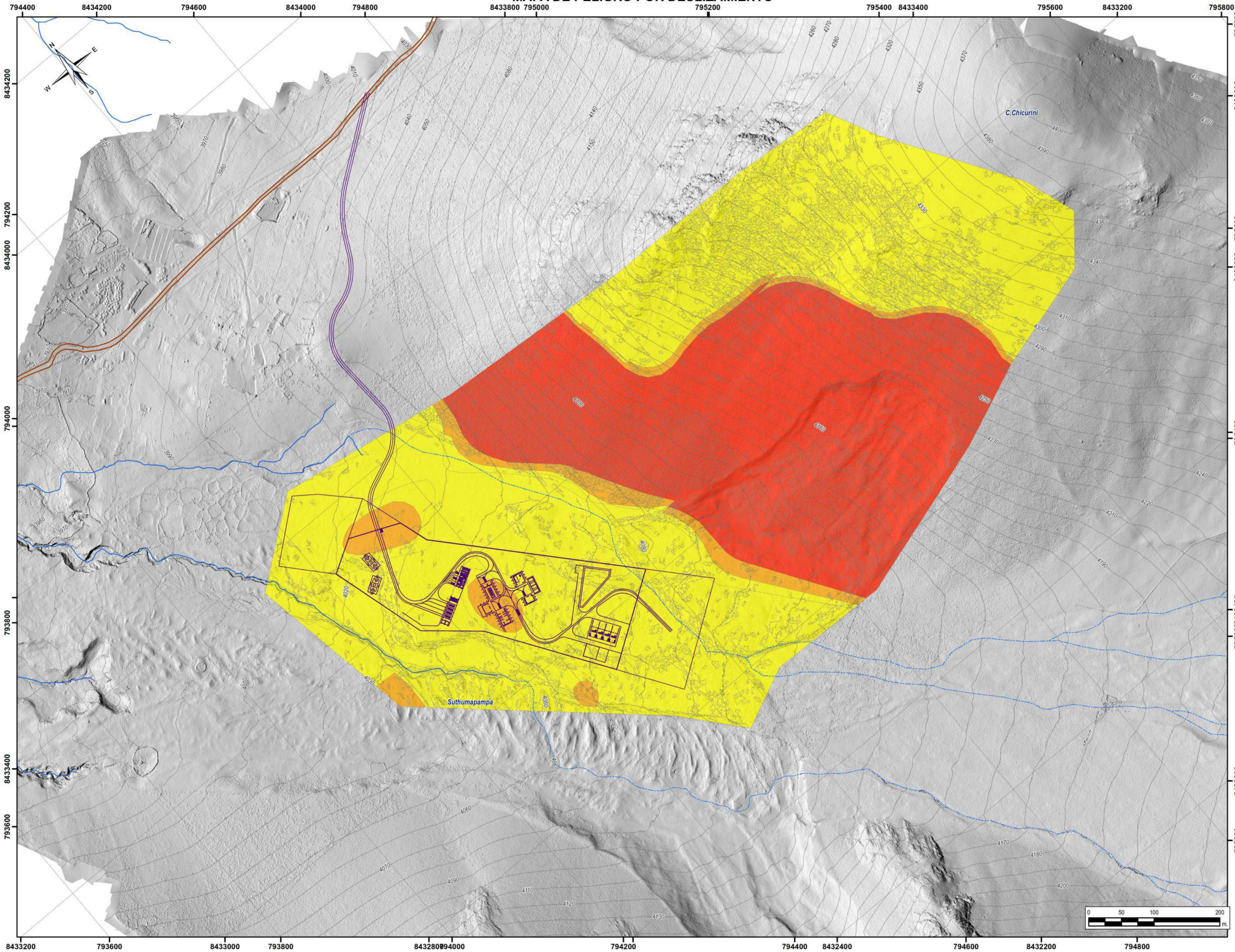
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR: Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: MAPA DE FACTORES DE SEGURIDAD TALUDES	MAPA: MP-20
LOCALIZACIÓN: CHALHUAHUACHO, COTABAMBA, APURÍMAC	FECHA: AGOSTO 2024
DEPARTAMENTO: UYANCCANY	ESCALA: 1/4,000

MAPA DE PELIGRO POR DESLIZAMIENTO



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL PROVINCIAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DISTRITAL



Simbología

- Planteamiento Arquitectónico
- Trochas_Carrozables
- curvas_10m
- Drenajes_Temporales
- Drenajes_Permanentes

Leyenda

Niveles de Peligro por Deslizamiento

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE PELIGRO POR DESLIZAMIENTO	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESIÓN: A-2

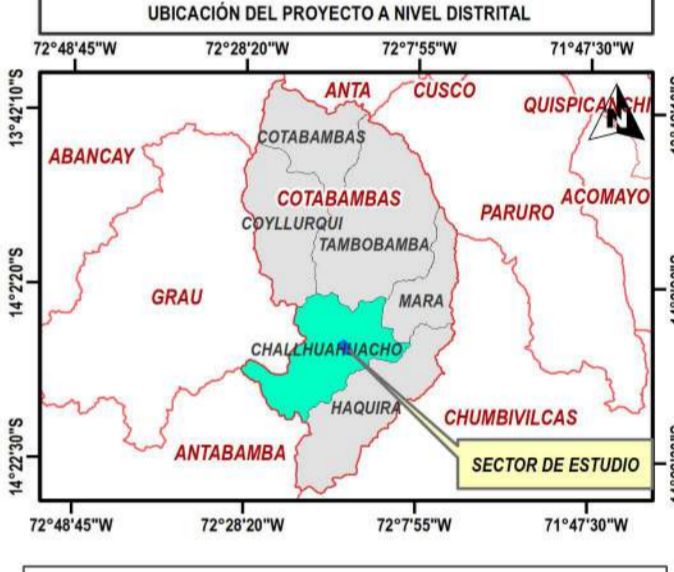
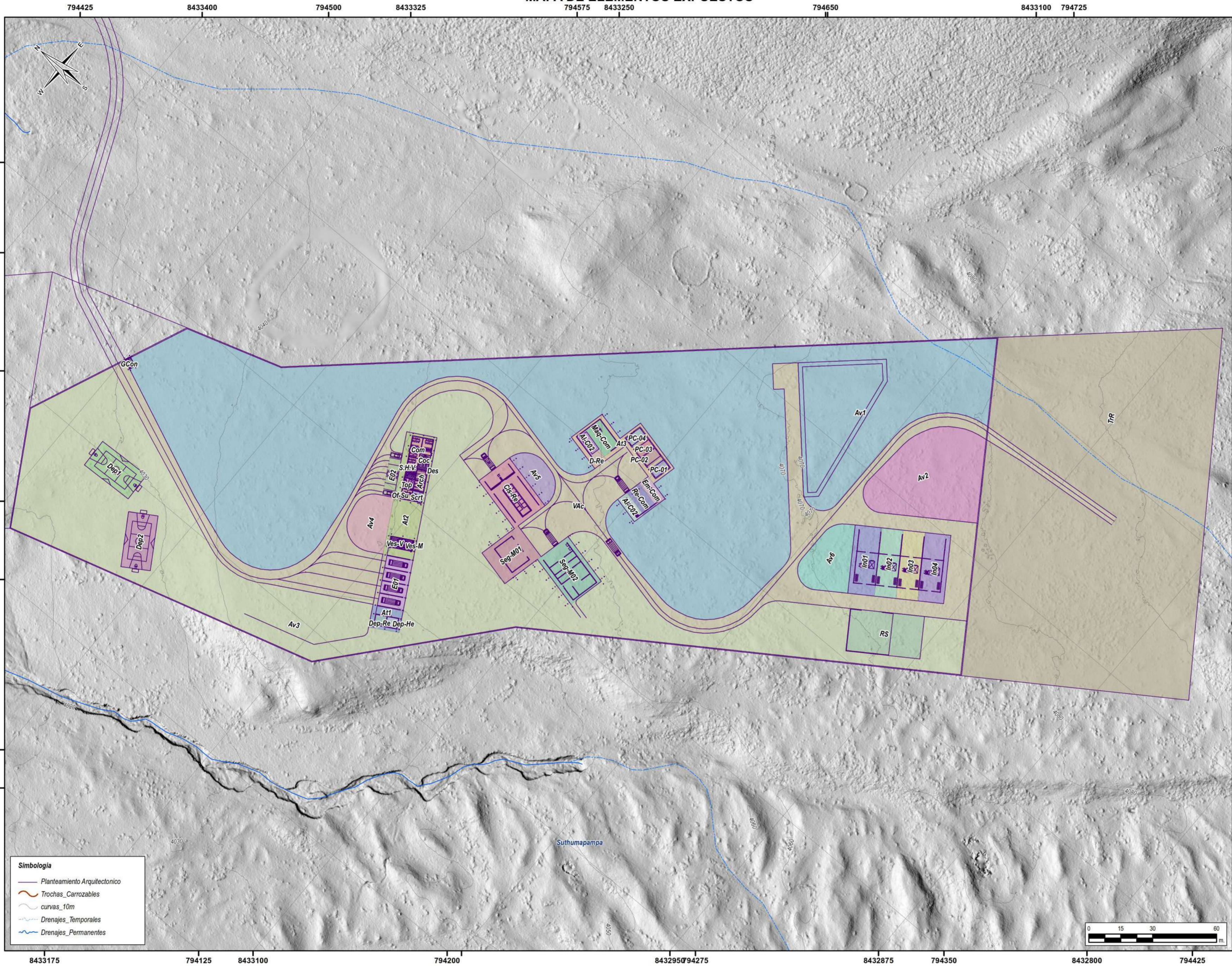
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS."

ELABORADO POR:
 Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO:	MAPA DE PELIGRO POR DESLIZAMIENTO		MAPA: MP-21
LOCALIZACIÓN:	CHALHUAHUACHO	FECHA: AGOSTO 2024	
PROVINCIA:	COTABAMBAS	ESCALA: 1/4,000	
DEPARTAMENTO:	APURÍMAC		
SECTOR:	UYANCCANY		

MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS



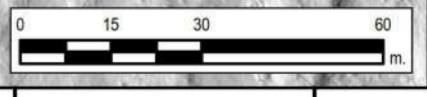
Simbología

- Planteamiento Arquitectónico
- Trochas_Carrozables
- curvas_10m
- Drenajes_Temporales
- Drenajes_Permanentes

Legenda

Infraestructuras Limpieza

Almacén de Compostaje 01, Al-C01	Pilas de Compostaje 02, PC-02
Almacén de Compostaje 02, Al-C02	Pilas de Compostaje 03, PC-03
Archivo, Arch	Pilas de Compostaje 04, PC-04
Área Techada 01, At1	SS.HH. Mujeres, S.H.M.
Área Techada 02, At2	SS.HH. Varones, S.H.V.
Área Techada 03, At3	Secretaría, Sort
Área de Empaque de Compostaje, Em-Com	Segregación de Materiales 01, Seg-M02
Área de Máquina de Compostaje, Maq-Com	Segregación de Materiales 02, Seg-M01
Área de Recepción de Compostaje, Re-Com	Tópico, Top
Áreas Verdes 01, Av1	Trincheras de Respaldo, TrR
Áreas Verdes 02, Av2	Vestidor de Mujeres, Ves-M
Áreas Verdes 03, Av3	Vestidor de Varones, Ves-V
Áreas Verdes 04, Av4	Vías de Accesos, VAc
Áreas Verdes 05, Av5	
Áreas Verdes 06, Av6	
Áreas de residuos seleccionados, RS	
Cancha Deportiva 01, Dep1	
Cancha Deportiva 02, Dep2	
Clasificador de residuos, Cls-Re	
Cocina, Coc	
Comedor, Com	
Deposito de Repuestos, Dep-Re	
Depositos de Herramientas, Dep-He	
Descarga de Residuos Orgánicos, D-Re	
Dispensia, Des	
Estacionamiento 01, E01	
Estacionamiento 02, E02	
Garita de Control, GCon	
Incinerador 01, In01	
Incinerador 02, In02	
Incinerador 03, In03	
Incinerador 04, In04	
Oficina de Supervisor, Of-Su	
Pilas de Compostaje 01, PC-01	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESIÓN: A-2

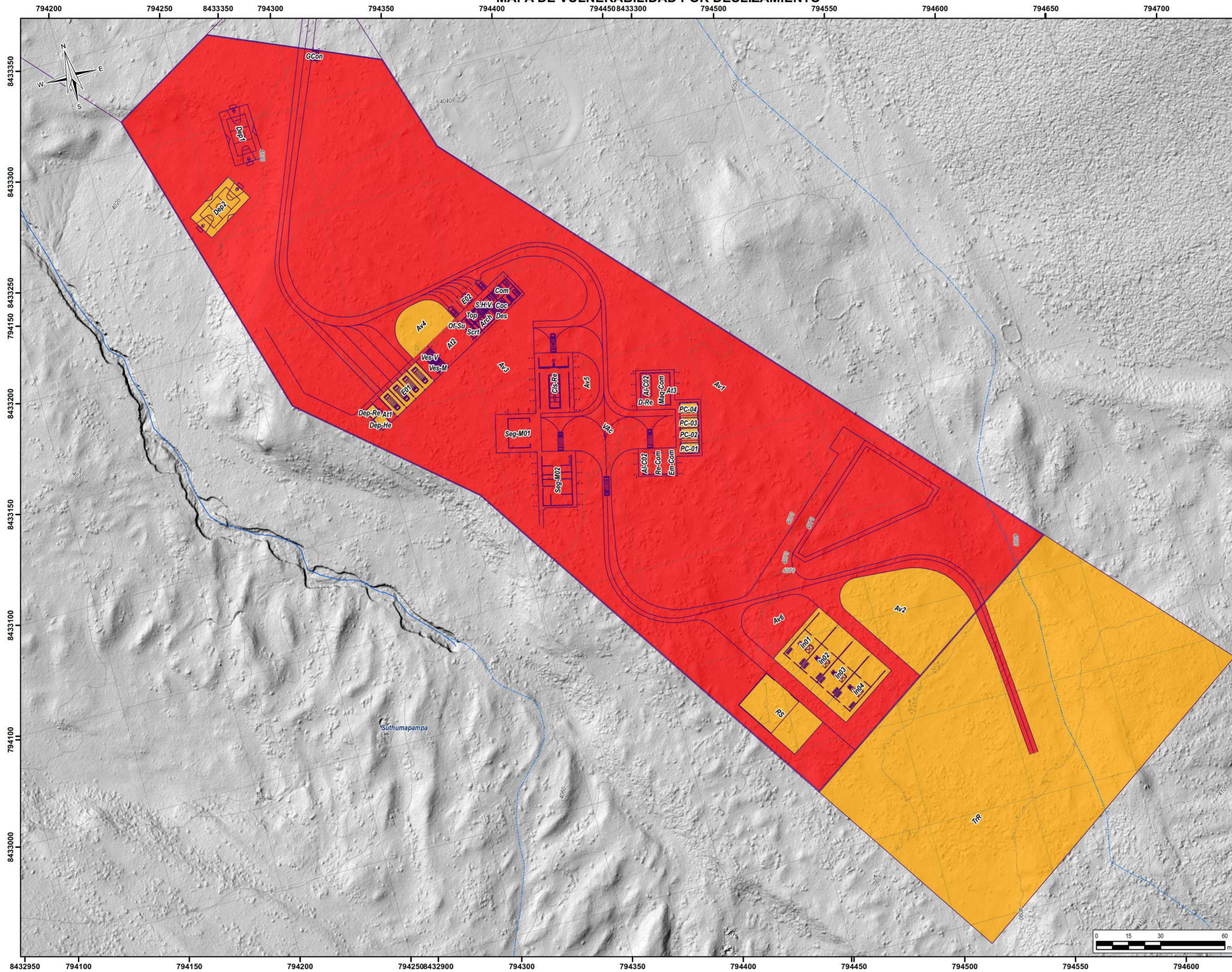
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS."

ELABORADO POR: Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS	MAPA: MP-22
LOCALIZACIÓN: CHALHUAHUACHO COTABAMBAS APURIMAC	FECHA: AGOSTO 2024
DEPARTAMENTO: UYANCCANY	ESCALA: 1/1,250

MAPA DE VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO



Simbología

- Drenajes Permanentes
- Drenajes Temporales

Leyenda

Niveles de Vulnerabilidad

- MUY ALTO
- ALTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESIÓN: A-2
 PROYECCIÓN: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:

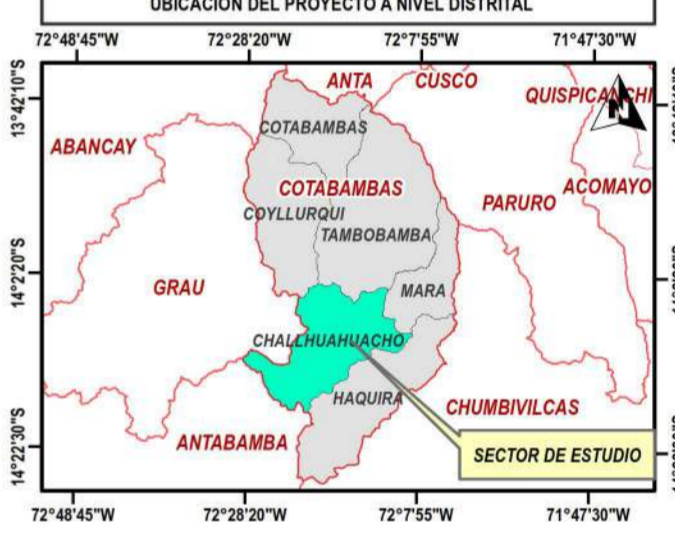
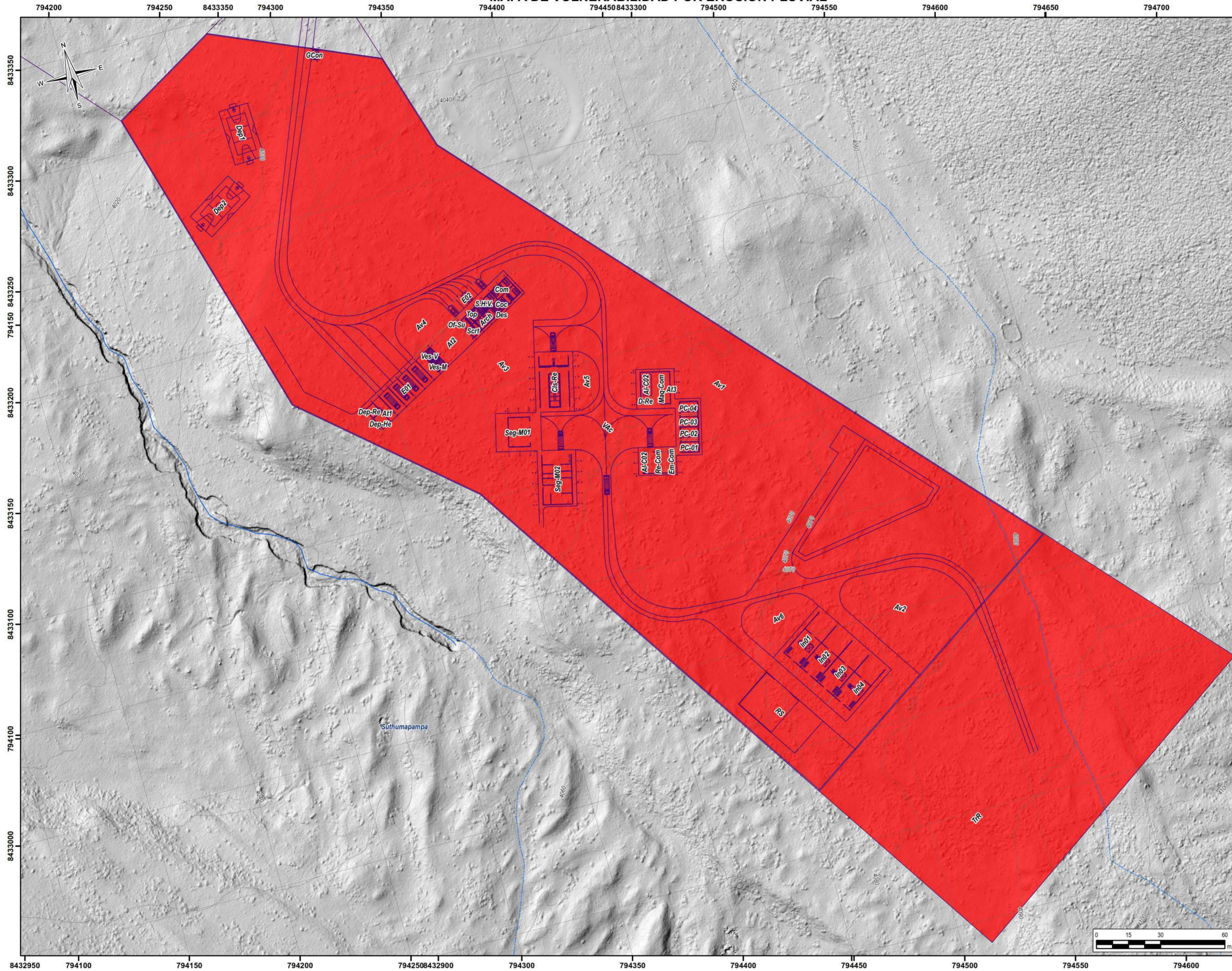
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR:
 Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: MAPA DE VULNERABILIDAD POR DESLIZAMIENTO	MAPA: MP-23
LOCALIZACIÓN: CHALHUAHUACHO, COTABAMBA, APURÍMAC	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: UYANCCANY	ESCALA: 1/1,250
DEPARTAMENTO: COTABAMBA	
SECTOR: UYANCCANY	

MAPA DE VULNERABILIDAD POR EROSION PLUVIAL



Simbología

- Drenajes Permanentes
- Drenajes Temporales

Leyenda

Niveles de Vulnerabilidad

- MUY ALTO
- ALTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE VULNERABILIDAD POR EROSION PLUVIAL	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESION: A-2
 PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:

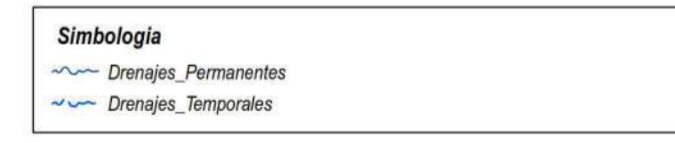
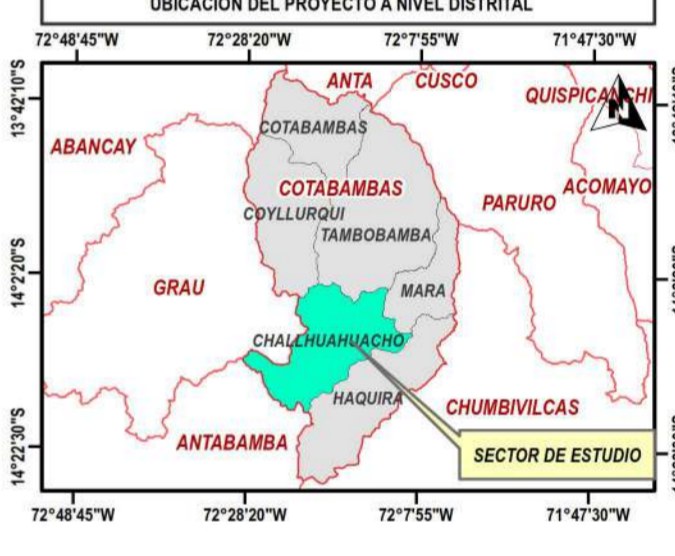
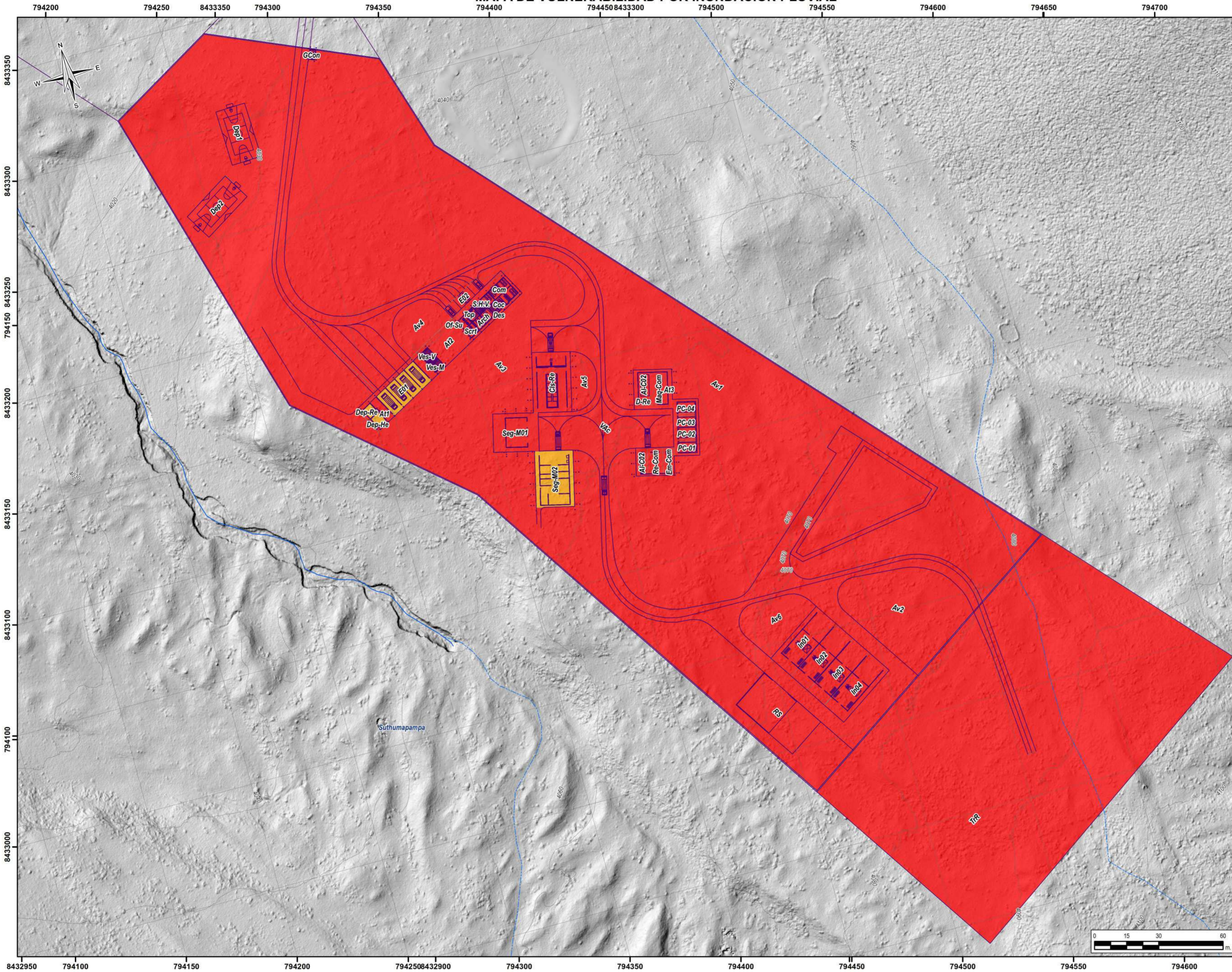
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑA, DISTRITO DE CHALHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR:
 Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO:	MAPA DE VULNERABILIDAD POR EROSION PLUVIAL		MAPA:
LOCALIZACION:	CHALHUACHO	FECHA:	MP-24
PROVINCIA:	COTABAMBA	AGOSTO 2024	
DEPARTAMENTO:	APURIMAC	ESCALA:	
SECTOR:	UYANCCANY	1/1,250	

MAPA DE VULNERABILIDAD POR INUNDACION PLUVIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE VULNERABILIDAD POR INUNDACION PLUVIAL	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESION: A-2
 PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:

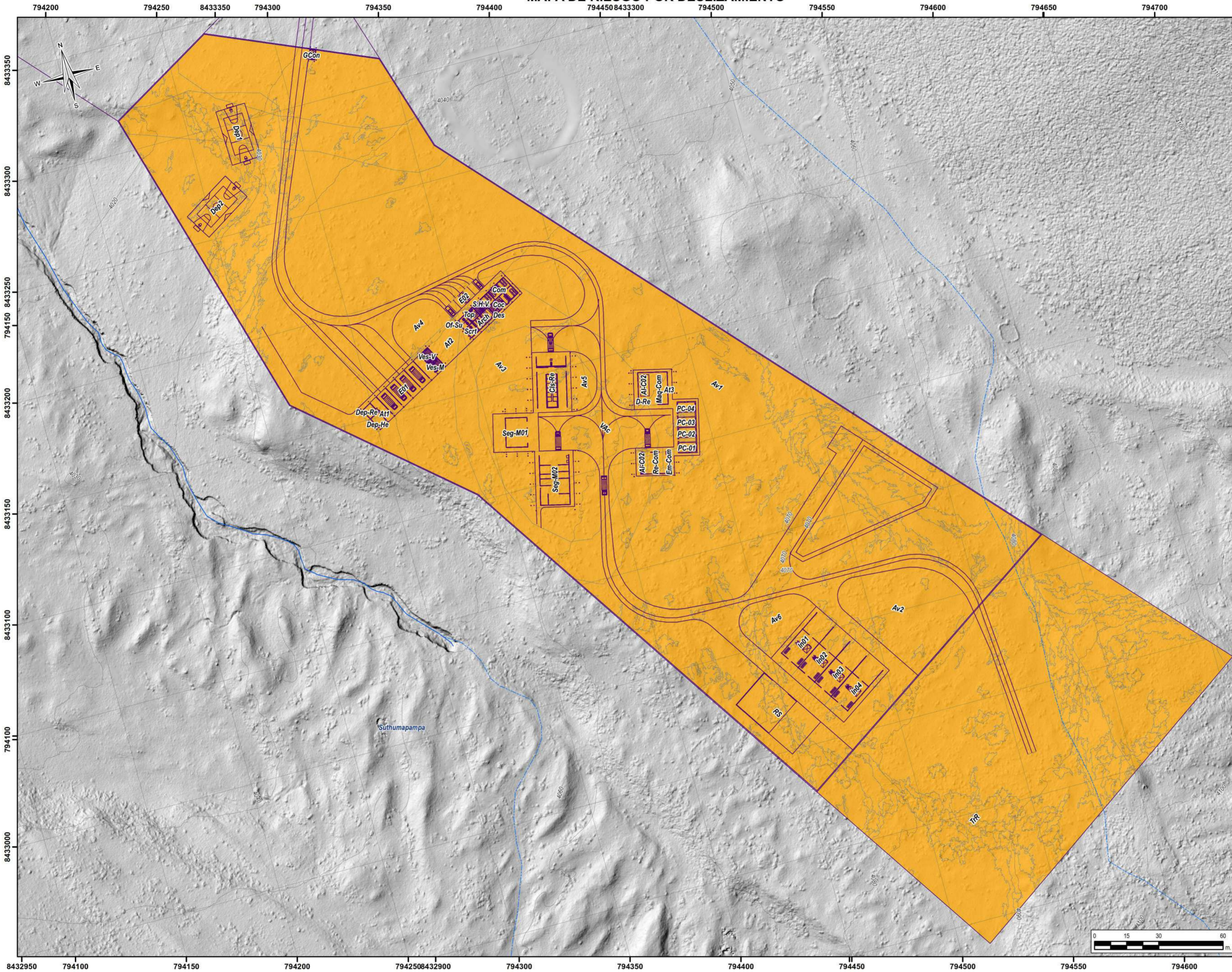
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR: Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: MAPA DE VULNERABILIDAD POR INUNDACION PLUVIAL	MAPA: MP-25
LOCALIZACION: CHALHUAHUACHO COTABAMBA APURIMAC	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: UYANCCANY	ESCALA: 1/1,250
PROVINCIA: COTABAMBA	
DEPARTAMENTO: APURIMAC	
SECTOR: UYANCCANY	

MAPA DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO



Simbología

- Drenajes Permanentes
- Drenajes Temporales
- Planteamiento Arquitectónico

Leyenda

Niveles de Riesgo

- MUY ALTO
- ALTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM
 DATUM HORIZONTAL: WGS84
 HUSO Y ZONA: 18L Sur

ESCALA DE IMPRESIÓN: A-2

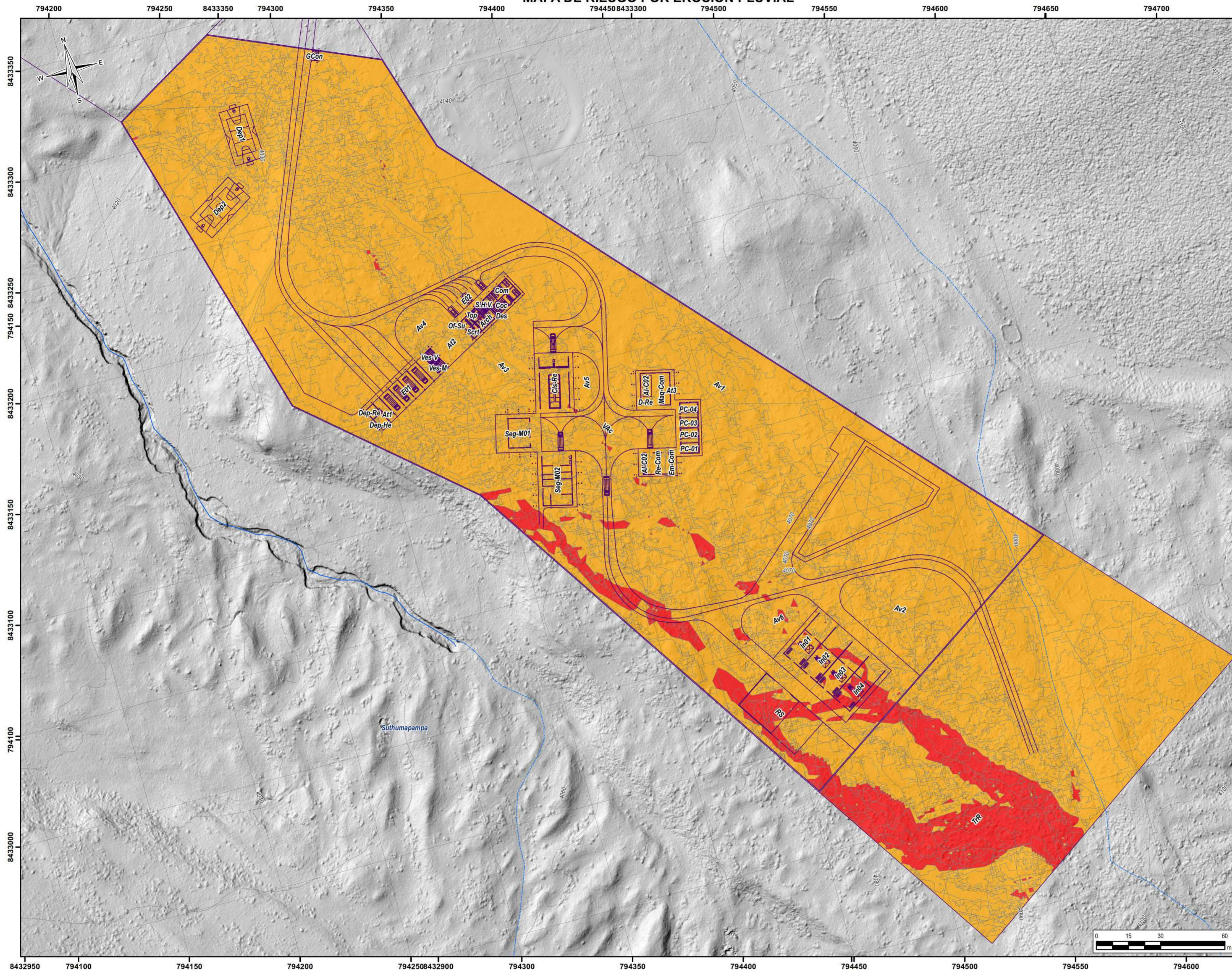
TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR:
 Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO:	MAPA DE RIESGO POR DESLIZAMIENTO		MAPA:
LOCALIZACIÓN:	CHALHUAHUACHO	FECHA:	MP-26
PROVINCIA:	COTABAMBA	AGOSTO 2024	
DEPARTAMENTO:	APURÍMAC	ESCALA:	
SECTOR:	UYANCCANY	1/1,250	

MAPA DE RIESGO POR EROSION PLUVIAL



Simbología

- Drenajes Permanentes
- Drenajes Temporales
- Planteamiento Arquitectónico

Leyenda

Niveles de Riesgo

- MUY ALTO
- ALTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Nº	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE RIESGO POR EROSION PLUVIAL	D.D. & N.S.	D.D. & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS84 18L Sur
 ESCALA DE IMPRESION: A-2
 PROYECCION: DATUM HORIZONTAL: HUSO Y ZONA:

TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBAS."

ELABORADO POR: Br. Daniel Abad Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR: Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: MAPA DE RIESGO POR EROSION PLUVIAL	MAPA: MP-27
LOCALIZACION: CHALHUAHUACHO, COTABAMBAS, APURIMAC	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: CHALHUAHUACHO	ESCALA: 1/1,250
PROVINCIA: COTABAMBAS	
DEPARTAMENTO: APURIMAC	
SECTOR: UYANCCANY	

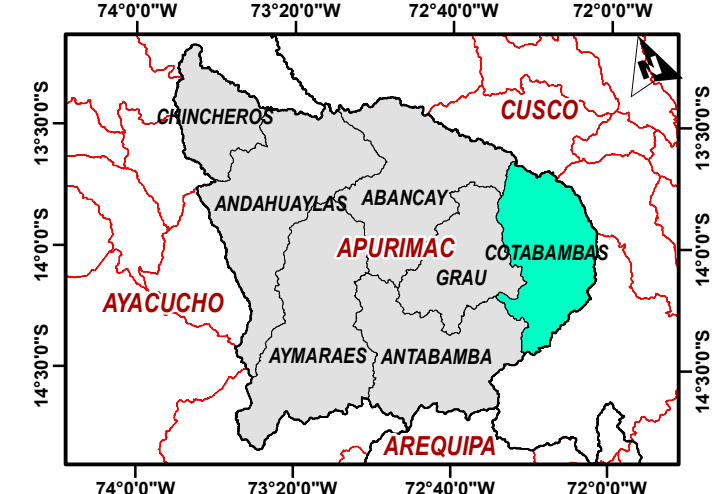
MAPA DE RIESGO POR INUNDACION



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DEPARTAMENTAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL PROVINCIAL



UBICACIÓN DEL PROYECTO A NIVEL DISTRITAL



Simbología

- Drenajes Permanentes
- Drenajes Temporales

Leyenda

Niveles de Riesgo

- ALTO
- MEDIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

N°	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DIBUJO	REVISO	APROB.
1	MAPA DE RIESGO POR INUNDACION PLUVIAL	D.D & N.S.	D.D & N.S.	R.L.L.Z.	R.L.L.Z.
2					

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM
 PROYECCION: WGS84
 DATUM HORIZONTAL: 18L Sur
 HUSO Y ZONA: 18L Sur

ESCALA DE IMPRESION: A-2

TESIS: "EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY, COMUNIDAD DE QUEÑUA, DISTRITO DE CHALHUAHUACHO, PROVINCIA DE COTABAMBA."

ELABORADO POR:
 Br. Daniel Abed Davalos Manzanares
 Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado

ASESOR:
 Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana

PLANO: MAPA DE RIESGO POR INUNDACION PLUVIAL	MAPA: MP-28
LOCALIZACION: CHALHUAHUACHO, COTABAMBA, APURIMAC	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: CHALHUAHUACHO	ESCALA: 1/1.250
PROVINCIA: COTABAMBA	
DEPARTAMENTO: APURIMAC	
SECTOR: UYANCCANY	

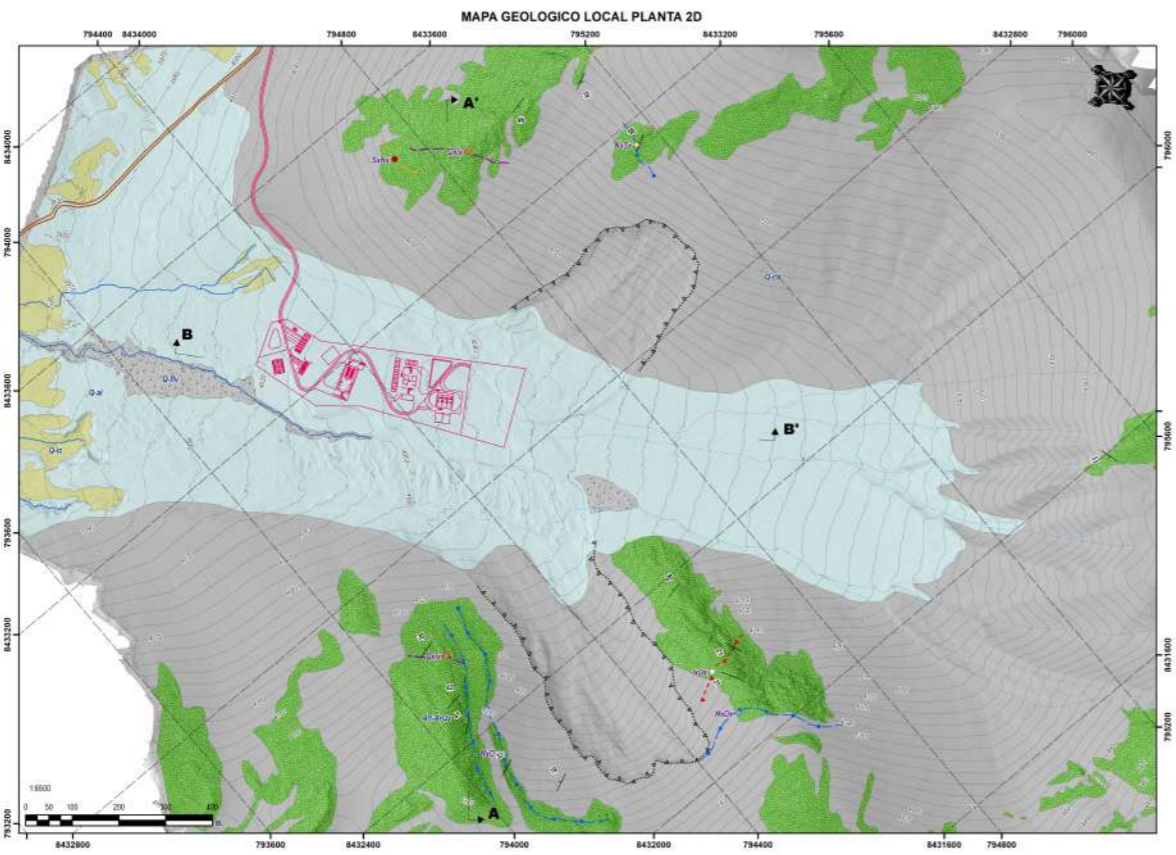
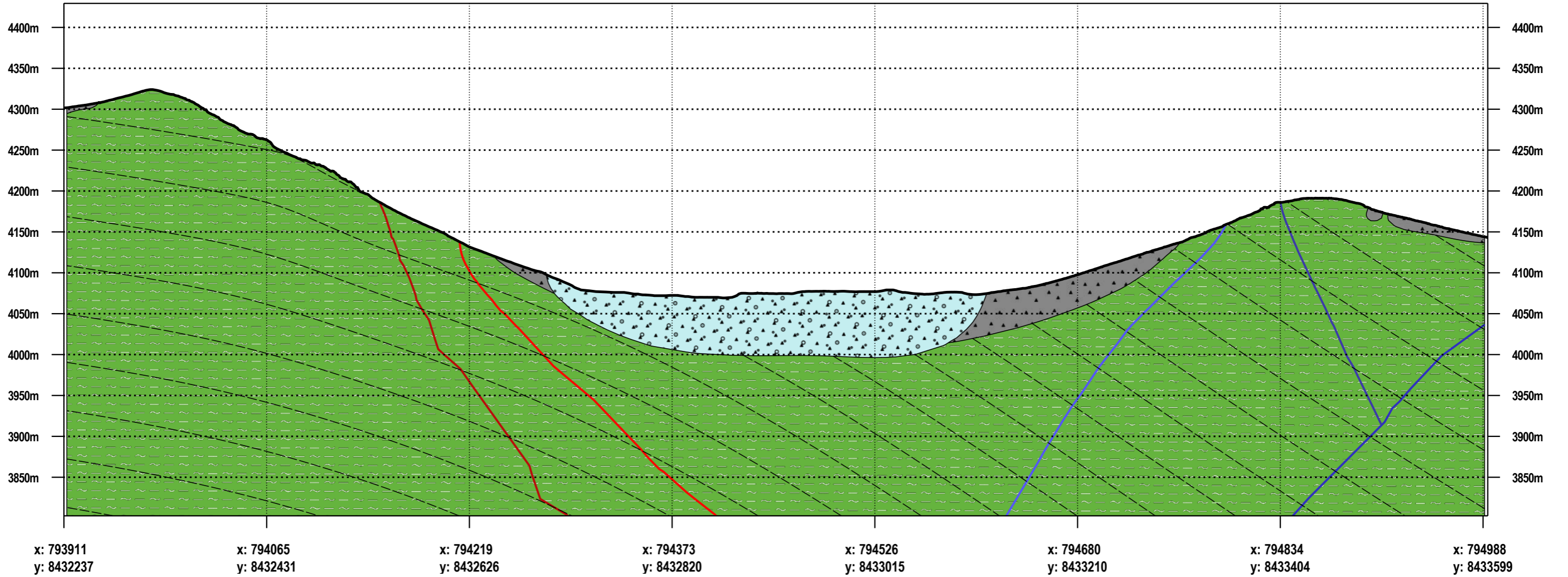
ANEXO G

SECCIONES DEL MODELO GEOLÓGICO 3D

A

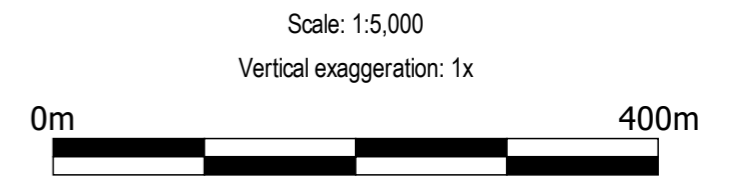
SECCION A-A'

A'



Location

A: 793911, 8432237, 4429
 A': 794991, 8433603, 4429

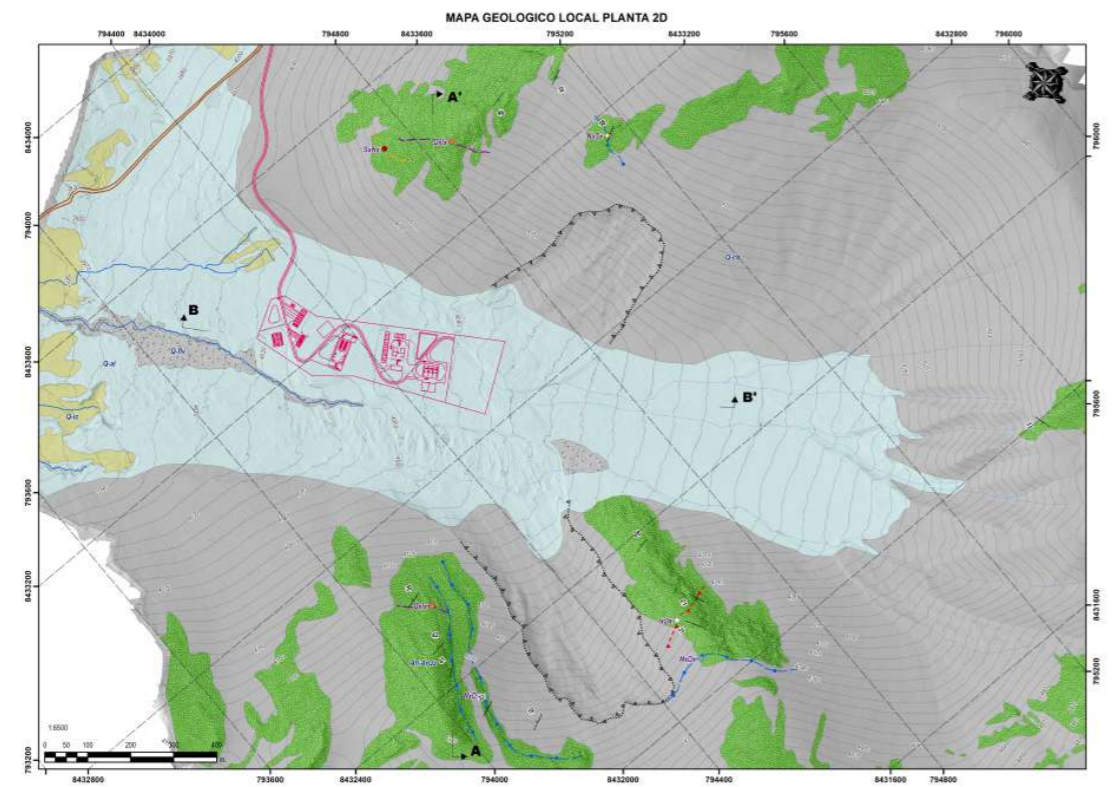
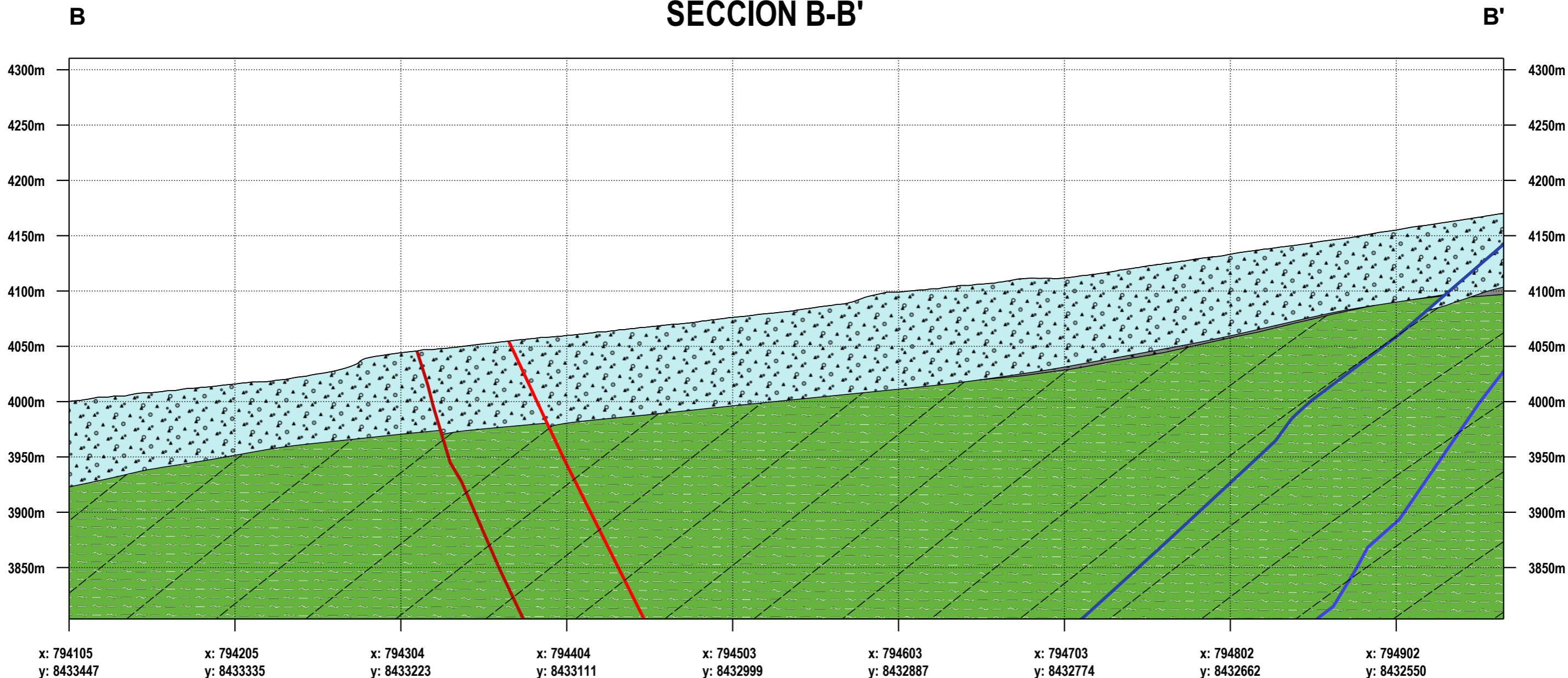


Legenda

- GM**
- Cuarcitas
 - Q-al
 - Q-co
- GM - Fault System**
- Falla 01
 - Falla 02
 - Falla 03
 - Falla 04
 - Falla 05

Responsible dept. Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	Technical reference WGS84 Zona 18L Sur	Creator Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado	Approved by Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana
Legal owner 	Document type SECCION GEOLOGICA A-A'		Document status Por revisar
Title EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCCANY		Identification number SEC-01	
Rev. 01	Date of issue 13/09/2024	Sheet 01	

SECCION B-B'



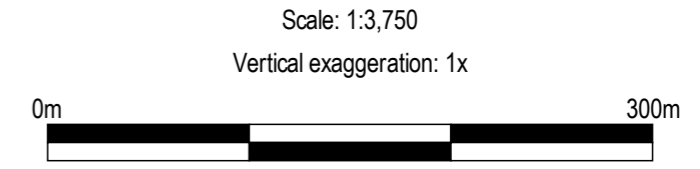
Legenda

- GM**
- Cuarcitas
 - Q-al
 - Q-co
 - Q-flv

- GM - Fault System**
- Falla 01
 - Falla 02
 - Falla 03
 - Falla 05

Location

B: 794105, 8433447, 4310
 B': 794966, 8432477, 4310



Responsible dept. Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana	Technical reference WGS84 Zona 18L Sur	Creator Br. Daniel Abed Davalos Manzanares Br. Alexander Nicolas Salazar Hurtado	Approved by Mgt. Ronald Luis Lopez Zapana
Legal owner 	Document type SECCION GEOLOGICA B-B'		Document status Por revisar
Title EVALUACIÓN DE RIESGOS POR GEODINÁMICA EXTERNA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL SECTOR DE UYANCANY		Identification number SEC-02	
Rev. 02	Date of issue 13/09/2024	Sheet 02	