

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

**“EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS
DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE
QUILAHUANI PROVINCIA DE
CANDARAVE - TACNA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ROBERT ARO ARO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO

TACNA - PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia

TESIS

“EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS
DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE
QUILAHUANI PROVINCIA DE
CANDARAVE - TACNA”

Tesis sustentada y aprobada el 24 de junio del 2020, con el siguiente jurado

Presidente


: _____
Mcs. CONRADO GABINO BEDOYA JAÉN

Miembro – Secretario


: _____
Ing. PIO ÁNGEL COILA VALDEZ

Miembro


: _____
Mgr. FREDY CLETO CABRERA OLIVERA

Asesor de Tesis


: _____
Ph.D. EDWIN MARTÍN PINO VARGAS

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios quien es nuestro creador, a mi familia, a mis padres y a mis hermanos porque siempre me brindaron un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión.

A mi Alma Mater, la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna, del cual me siento orgullo de ser egresado.

Quiero agradecerles a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda, agradecerle por la caridad y exactitud con la que enseñó cada clase, discurso y lección.

Mi agradecimiento a Ing. Jonathan Zavaleta Curasi, Ph.D. Edwin Martín Pino Vargas, mis amigos, compañeros de la universidad, familiares e Ingenieros que me apoyaron durante el desarrollo de proyecto de Tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Aspectos generales.....	2
1.1.1. Ubicación de la zona de estudio.....	2
1.1.2. Flora.....	4
1.1.3. Fauna.....	4
1.1.4. Población.....	4
1.1.5. Clima.....	4
1.2. Descripción del proyecto.....	5
1.2.1. Planteamiento del problema.....	5
1.2.2. Formulación del problema.....	6
1.2.3. Objetivos.....	6
1.2.4. Hipótesis.....	7

1.2.5.	Justificación de la investigación.....	8
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....		9
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	9
2.2.	Conceptos y definiciones	12
2.2.1.	Estabilidad de ladera	12
2.2.2.	Inestabilización	12
2.2.3.	Factor de seguridad	12
2.2.4.	Efectos de infiltración de agua en suelo no saturado	13
2.2.5.	Sismicidad.....	17
2.2.6.	Sismicidad histórica	17
CAPÍTULO III METODOLÓGICO.....		18
3.1.	Trabajo previo	18
3.2.	Trabajo de campo	19
3.3.	Trabajo de laboratorio.....	20
3.4.	Trabajo en gabinete	21
CAPÍTULO IV ESTUDIOS BÁSICOS.....		22
4.1.	Movimiento de masa.....	22
4.1.1.	Clasificación de los movimientos de masa	23
4.1.2.	Factores que influye en la inestabilidad de ladera.....	25

4.1.3.	Inventariado de movimientos en masa	27
4.2.	Topografía.....	35
4.2.1.	Levantamiento topográfico.....	36
4.2.2.	Curvas de nivel	37
4.2.3.	Pendiente.....	38
4.2.4.	Drenaje superficial	41
4.3.	Geomorfología, geología y marco estructural	41
4.3.1.	Geomorfología regional	41
4.3.2.	Geomorfología local.....	44
4.3.3.	Geología regional.....	48
4.3.4.	Geología local.....	54
4.3.5.	Estructuras tectónicas.....	59
4.4.	Mecánica de suelos	60
4.4.1.	Excavación de trincheras.....	62
4.4.2.	Ensayos estándares de suelo.....	64
4.4.3.	Ensayo especial de suelo	66
4.5.	Caracterización de macizo rocoso	68
4.5.1.	Resistencia	69
4.5.2.	Designación de la calidad de la roca (RQD).....	70

4.5.3.	Evaluación geomecánica de Bieniawski (RMR)	71
4.5.4.	Análisis estereográfico.....	74
4.6.	Prospección geofísica	75
4.7.	Hidrología e hidrogeología.....	84
4.7.1.	Hidrografía	85
4.7.2.	Nivel freático	85
4.7.3.	Permeabilidad e infiltración.....	86
4.7.4.	Caracterización climática	91
4.7.5.	Precipitación	92
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES		95
5.1.	Factores que influyen en la estabilidad de laderas naturales	95
5.1.1.	Topografía y geomorfología.....	95
5.1.2.	Geología	96
5.1.3.	Geotecnia	100
5.1.4.	Hidrogeología	102
5.1.5.	Actividad humana	103
5.2.	Efectos de infiltración de agua en los deslizamientos.....	106
5.2.1.	Estabilidad de ladera en deslizamiento de Matarani	107
5.2.2.	Estabilidad de ladera en deslizamiento de Orcomaña 1.....	115

5.2.3.	Estabilidad de ladera en deslizamiento de Orcomaña 2.....	117
5.3.	Geodinámicas de los deslizamientos.....	118
5.3.1.	Deslizamiento de Orcomaña 1.....	118
5.3.2.	Deslizamiento de Orcomaña 2.....	119
5.3.3.	Deslizamiento de Matarani	120
5.4.	Alternativas de solución	123
CONCLUSIONES.....		125
RECOMENDACIONES		126
BIBLIOGRAFÍA		127

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Mapa de ubicación</i>	3
<i>Figura 2: Vista del deslizamiento que obstruyó el cauce del río Grijalva (Arvizu, 2009).</i>	11
<i>Figura 3: Cambios en el grado de saturación y la presión de poros por acción de la lluvia (Geotechnical, 1984)</i>	15
<i>Figura 4: Efecto del grado de saturación sobre la presión de poros (Suarez, 1998).</i>	16
<i>Figura 5: Nomenclatura de los procesos de movimiento (Suarez, 1998)</i>	23
<i>Figura 6: Escarpe de un mega - deslizamiento antiguo de zona de Quilahuani (Soncco y Manrique, 2018).</i>	27
<i>Figura 7: Vista aérea del deslizamiento de sector Matarani (Ortofotografía)</i>	28
<i>Figura 8: Características principales del deslizamiento de Matarani.</i>	29
<i>Figura 9: Vista aérea del deslizamiento de sector Orcomaña 1 donde se aprecia la escarpa (ortofotografía)</i>	30
<i>Figura 10: Características principales del deslizamiento Orcomaña 1</i>	31
<i>Figura 11: Vista aérea del deslizamiento Orcomaña 2 (Ortofotografía)</i>	32
<i>Figura 16: Procesamiento de datos en software Pix4D, vista en 3D la zona de estudio</i>	37
<i>Figura 17: Histograma de clasificación de pendiente</i>	41
<i>Figura 18: Vista de ladera montañosa en flanco derecho de la quebrada Orcomaña.</i>	44
<i>Figura 19: Vista de la lomada compuesto material coluvial</i>	45

<i>Figura 20: Colina constituida de deposito coluvial</i>	<i>46</i>
<i>Figura 21: vista de altiplanicie en la zona de estudio</i>	<i>46</i>
<i>Figura 22: Terraza aluvial en la quebrada Orcomaña</i>	<i>47</i>
<i>Figura 23: Vista de cono de deyección.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 24: Deposito coluviodeluvial, donde se aprecia los fragmentos de roca volcánica y matriz de arena limosa origen tobacea.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 25: Deposito coluvial, donde se aprecia alteración hidrotermal.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 26: Vista del depósito aluvial en Rio Salado</i>	<i>56</i>
<i>Figura 27: Deposito proluvial en el sector Matarani</i>	<i>57</i>
<i>Figura 28 Deposito eluvial subrayasen con deposito coluvial en deslizamiento de Orcomaña 1.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 29: Afloramiento de formación Quellaveco en la quebrada Orcomaña..</i>	<i>58</i>
<i>Figura 30: Descripción de perfil estratigráfico de T-03 en deslizamiento de Matarani</i>	<i>62</i>
<i>Figura 31: Ensayo densidad in situ por el método de cono.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 32: Ensayo análisis granulométrico de suelos por tamizado.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 33: Ensayo de límites de consistencia de suelo.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 34: Ensayo de corte directo (ASTM - D3080).</i>	<i>66</i>
<i>Figura 35: Envolvente de falla, ensayos corte directo suelo eluvial (T-03)</i>	<i>67</i>
<i>Figura 36: parámetros de resistencia del suelo eluvial (T-03). Ensayo de corte directo. Norma ASTM 3080.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 37: Afloramiento de rocas volcánicas en deslizamiento de Orcomaña 2</i>	<i>69</i>

<i>Figura 38: Proyección de densidad de polos en estereofalsilla y determinación de número de familias</i>	74
<i>Figura 39: Refracción sísmica, origen de ondas primarias a través de un tiro, luego son registrados en cada geófono</i>	76
<i>Figura 40: Ensayo de MASW, conexión de geófonos cada 3 metros para el ensayo de MASW.</i>	79
<i>Figura 41: Prospección geofísica con método de Tomografía Eléctrica</i>	81
<i>Figura 42: Esquema del método de Porchet (Kessler y Oosterbaan, 1994).</i>	87
<i>Figura 43: Ensayo de permeabilidad in situ (método porchet).</i>	87
<i>Figura 44: Prueba de permeabilidad por metodo Porchet</i>	88
<i>Figura 45: Excavación del hoyo para realizar la prueba de taza de infiltración.</i>	90
<i>Figura 46: Curva de infiltración vs tiempo</i>	91
<i>Figura 47: Histograma de precipitación promedio mensual (mm)</i>	94
<i>Figura 48: Análisis Grafico de Variación de la Precipitación Total Anual (mm)</i>	94
<i>Figura 49: sección topográfica en sector de Orcomaña 2, sección C – C'</i>	96
<i>Figura 50: Unidades geológicas en pie de deslizamiento de Matarani</i>	97
<i>Figura 51: Perfil geológico del deslizamiento de Matarani, corte A – A'</i>	98
<i>Figura 52: Perfil geológico del deslizamiento de Orcomaña 1, corte B – B'</i>	99
<i>Figura 53: Perfil geológico del deslizamiento de Orcomaña 2, corte C – C'</i> ...	100
<i>Figura 54: Depósito de aguas servida, producto de mal uso de planta de tratamiento.</i>	104
<i>Figura 55: Área de cultivo en la cabecera de deslizamiento de Matarani, donde se aprecia cultivos en forma de andenes.</i>	105

<i>Figura 56: Canales de conducción de agua para riego por inundación, en las zonas de cultivos.....</i>	106
<i>Figura 57: Modelo utilizado en el software Slide 6.0. Deslizamiento de Matarani</i>	107
<i>Figura 58: La malla de elementos finitos, modelo usado para infiltración de agua, deslizamiento de Matarani.</i>	108
<i>Figura 59: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 0 horas, deslizamiento de Matarani.</i>	108
<i>Figura 60: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 24 horas, deslizamiento de Matarani.</i>	109
<i>Figura 61: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 48 horas, deslizamiento de Matarani.</i>	110
<i>Figura 62: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 168 horas, deslizamiento de Matarani.</i>	111
<i>Figura 63: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 720 horas, deslizamiento de Matarani.</i>	112
<i>Figura 64: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 1440 horas, deslizamiento de Matarani.</i>	113
<i>Figura 65: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 2160 horas, deslizamiento de Matarani.</i>	113
<i>Figura 66: Factor de seguridad vs Tiempo (h), deslizamiento de Matarani</i>	115
<i>Figura 67: Modelo utilizado en el software Slide 6.0. Deslizamiento Orcomaña 1</i>	116

<i>Figura 68: Resultados de análisis de estabilidad de ladera para deslizamiento de Orcomaña 1.</i>	<i>117</i>
<i>Figura 69: Modelo utilizado en el software Slide 6.0. Deslizamiento de Matarani 1</i>	<i>117</i>
<i>Figura 70: Resultados de análisis de estabilidad de ladera para deslizamiento de Orcomaña 1.</i>	<i>118</i>
<i>Figura 71: Deslizamiento activo en la zona de Orcomaña 2. En imagen se puede apreciar la erosión y caída de masa tierra reduciendo caminos.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 72: Se muestra humedad en la parte baja del deslizamiento de Matarani, proveniente de la infiltración de áreas de cultivo.</i>	<i>121</i>
<i>Figura 73: Se muestran imágenes satelitales del Google Earth de los años 2003, donde se aprecia ladera sin desarrollo de agricultura.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 74: Se muestran imágenes satelitales del Google Earth de los años 2013, donde se aprecia desarrollo de agricultura en forma de andenes. .</i>	<i>122</i>
<i>Figura 75: Se muestran imágenes satelitales del Google Earth de los años 2019, donde se aprecia el deslizamiento de masa.</i>	<i>123</i>
<i>Figura 76: Grietas paralelas a escarpa de deslizamiento en sector Matarani.</i>	<i>124</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Coordenadas de delimitación de área de estudio</i>	<i>2</i>
<i>Tabla 2: Ensayos de mecánica de suelos y su respectiva norma (MTC., 2013)</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3: Clasificación de los movimientos en masa (Varnes, 1978).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4 Clasificación de movimiento de masa en estado activad (Suarez, 1998).</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5: Factores de estabilidad de laderas naturales (Cuanalo et al., 2005) ..</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 6: clasificación de pendiente (Van Zuidam, 1986).....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 7: Distribución relativa de pendientes de la ladera en zona de estudio ..</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 8: clasificación SUCS (Crespo , 2004).</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 9: Coordenadas de ubicación de trincheras.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 10: Resumen de los ensayos de la muestra obtenida en las trincheras .</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 11: Propiedades físicas del suelo en la zona de estudio.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 12: resultados de ensayo de corte directo.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 13: Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo (Gonzales de Vallejo, 2002)</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 14: Valoración del RMR de Bieniawski respecto a la Condición de Fractura Detallada (Gonzales de Vallejo, 2002).....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 15: Resultados de evaluación RMR básico del macizo de rocoso.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 16: Escala de calidades de la clasificación RMR (Gonzales de Vallejo, 2002)</i>	<i>73</i>

<i>Tabla 17: Relación entre RMR y propiedades geomecánicas (Gonzales de Vallejo, 2002)</i>	73
<i>Tabla 18: Resumen de familias de discontinuidades</i>	74
<i>Tabla 19: Ubicación de las líneas de refracción sísmica</i>	76
<i>Tabla 20: Resumen de las líneas de refracción sísmica</i>	77
<i>Tabla 21: Ubicación de ensayos de ondas superficiales MASW.</i>	79
<i>Tabla 22: Resumen de los ensayos MASW</i>	80
<i>Tabla 23: Ubicación de las líneas de tomografía eléctrica.</i>	81
<i>Tabla 24: Intervalos de valores de k (cm/s) (Terzaghi y PeckR, 1980)</i>	86
<i>Tabla 25: Datos obtenidos en campo para determinar la permeabilidad del suelo.</i>	88
<i>Tabla 26: Cálculo de tasa de infiltración de la zona de estudio.</i>	90
<i>Tabla 27: Precipitación total mensual (mm) (SENAMHI, 2018).</i>	93
<i>Tabla 28: Factor de seguridad con respecto tiempo (h)</i>	114

RESUMEN

La zona de estudio está ubicada en sur de Perú, distrito de Quilahuani, provincia de Candarave – región Tacna, en los sectores de Matarani, Orcomaña y Millucaba. Los deslizamientos presentan mayor susceptibilidad a la activación de movimiento de masa, provocado por factores desencadenantes como: precipitación pluvial y agente antrópico.

En el presente estudio se involucra un desarrollo progresivo de diferentes etapas, trabajos previos, consiste en la recopilación y revisión bibliográfica. Los trabajos de campo consisten en levantamiento topográfico, mapeo geológico, geomorfológico, ensayos de mecánica de suelos y ensayos de mecánicas de rocas. Trabajo de laboratorio, trabajos de gabinete consiste en elaboración de planos temáticos, procesamiento de datos obtenidos en campo e interpretación de resultados.

Se realizó análisis de efectos de infiltración de agua en la estabilidad de ladera en los deslizamientos de zona la de estudio, en suelos no saturados, El efecto de la infiltración del agua se evaluó considerando el flujo transitorio debido a la precipitación y riego constante de la actividad agrícola.

El deslizamiento de Matarani fue provocado por acciones antrópicas y el factor detonante fue la precipitación pluvial, en mes de diciembre de 2017. Los efectos de la infiltración de agua en los deslizamientos de la zona de estudio, afectan a medida que aumenta grado de saturación y el factor de seguridad disminuye.

Palabras clave: Efectos de infiltración, flujo transitorio, factor de seguridad.

ABSTRACT

The study area is located in southern Peru, Quilahuani district, Candarave province - Tacna region, in the Matarani, Orcomaña and Millucaba sectors. The landslides have a greater susceptibility to the activation of mass movement, caused by triggers such as: rainfall and anthropic agent.

In the present study a progressive development of different stages is involved, previous work consists of compilation and review of bibliography, field work consists of topographic survey, geotechnical study, geological and geomorphological mapping. Laboratory work standard and special tests, cabinet work elaboration of thematic plans, field data processing and interpretation of results.

Effects of water infiltration on slope stability in the landslides of the study area, in unsaturated soils were analyzed, the analyzes were performed with data obtained in basic studies and Slide 6.0 software. Water infiltration effect was evaluated considering the transitory flow due to precipitation and constant irrigation due to agricultural activity.

Studies of 3 landslides were carried out, on the slopes of Quilahuani to analyze the geodynamics in mass movements, which present in the Orcomaña and Matarani sector. Mitigation alternatives were proposed to minimize human life risks and economic losses.

Keywords: Infiltration effects, transitory flow, safety factor.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Perú, durante las épocas de lluvia ocurren deslizamientos de talud en algunas zonas del país. Estos deslizamientos causan pérdidas económicas como de vidas humanas. Este fenómeno se ha visto incrementado debido al cambio climático que ha provocado la aparición de lluvias más intensas y de mayor duración (Mora y Rojas, 2012).

Los agentes antrópicos como: movimiento de tierras, riego por inundación y otros, son las causas de los problemas de los deslizamientos (Cuanalo et al., 2011), por lo cual es necesario realizar la evaluación de las actividades que realizan los pobladores de la zona de Quilahuani.

El agua es uno de los factores desencadenantes en los deslizamientos, ya que la infiltración de agua afecta la estabilidad de la ladera de acuerdo a los siguientes mecanismos: Presión de poros, disminución o eliminación de las presiones de poros negativas por saturación, lavado de cementantes, erosión interna, sub presiones y aumento de densidad (Suarez, 1998).

En la zona de estudio, se han reconocido deslizamientos antiguos de tipo rotacional; en los últimos años se produjeron deslizamientos en diferentes sectores de las laderas del distrito de Quilahuani (Soncco y Manrique, 2018). La infiltración de agua superficial (riego por inundación y precipitación pluvial) influyen directamente en la generación de los deslizamientos, incrementando considerablemente el esfuerzo de corte y reduciendo la resistencia del corte.

1.1. Aspectos generales

1.1.1. Ubicación de la zona de estudio

La zona en estudio se encuentra ubicada en la región de Tacna (Anexo PT – 01), provincia de Candarave y distrito de Quilahuani a una altitud de 3 200 m.s.n.m., en la quebrada Orcomaña tal como se puede apreciar en el mapa de ubicación (Figura 1). Geográficamente la zona se encuentra definida por las siguientes coordenadas UTM WGS' 84 (Tabla 1).

Tabla 1

Coordenadas de delimitación de área de estudio

coordenadas	Punto de delimitación			
	A	B	C	D
Este	365 406	367 428	365 406	367 428
Norte	8 084 650.	8 084 650.	8 082 726	8 082 726

La zona de estudio es accesible por tres vías principales: La carretera Tacna – Tarata – Candarave con 186,0 Km, la carretera Tacna – Locumba – Candarave de 166,8 Km y la carretera Binacional Ilo – Moquegua – Desaguadero con 204,0 Km de distancia hasta llegar a distrito de Quilahuani.

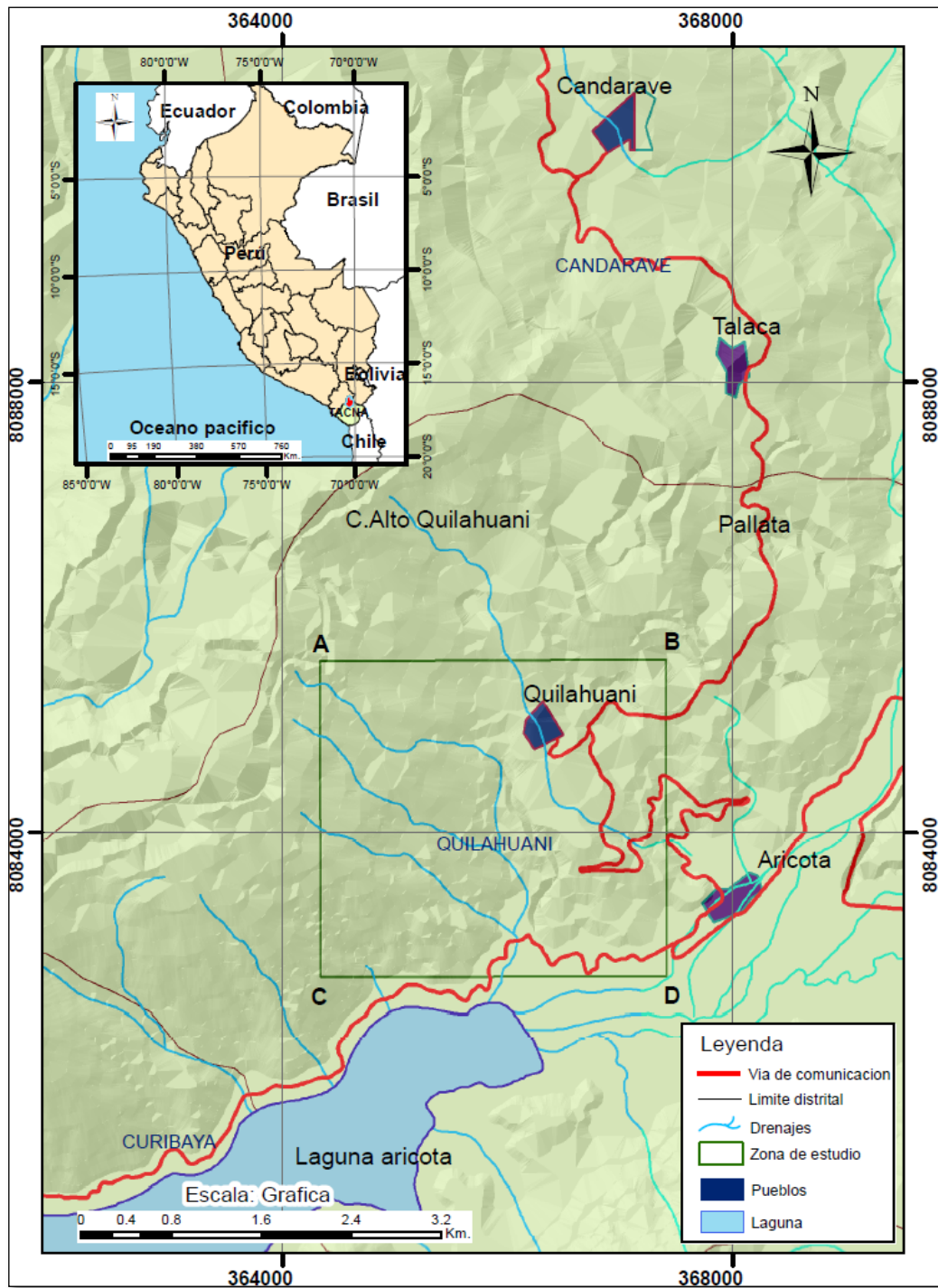


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.

1.1.2. Flora

La zona se caracteriza por sus diferentes tipos de vegetación, debido a la variedad climática que se registra en la región. (Tejada et al., 2005), la agricultura está reducida a la explotación de los terrenos que existen a lo largo del fondo o piso de los valles, se cultiva papas, maíz, habas, ajo, cebolla, orégano; así como frutales y se observa diversos tipos de árboles, entre ellos tenemos a los eucaliptos, ciprés, molle, etc. Asimismo, podemos citar a la vegetación existente en partes altas, típicas de altura, como variedades típicas yareta, tola, ichu, etc.

1.1.3. Fauna

La población que habita en la zona se dedica a la crianza de ganado vacuno, ovino, auquénidos, como llamas y alpacas, minoritariamente porcinos y caprinos. Existen animales silvestres entre los cuales tenemos a las vizcachas, zorrinos y animales depredadores como: zorro y gavián (Rodríguez, 2016).

1.1.4. Población

La población del distrito de Quilahuani, según la estimación para el año 2 015, realizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2015) muestra que en total hay una población de 1 201 habitantes.

1.1.5. Clima

El clima es templado a frío por su altitud, el periodo de lluvias se extiende de diciembre a marzo, produciendo un alto incremento del caudal del río Callazas, como producto de las fuertes lluvias que sobra de la Cordillera de los Andes (Tejada et al., 2005).

1.2. Descripción del proyecto

1.2.1. Planteamiento del problema

La zona de estudio se encuentra dentro de la gran geoforma conocida como Flanco Occidental Disectado de los Andes (Paredes et al., 2002), exactamente está ubicado en las laderas de Quilahuani, en diciembre de 2017 ocurrió un deslizamiento de masas de tierra en sector de Matarani, con una distancia de 180 m desde la cabecera al pie de deslizamiento. En los últimos años se produjeron deslizamientos en diferentes zonas de laderas de Quilahuani causado probablemente por la infiltración de agua superficial proveniente del riego, la precipitación pluvial y aguas servidas que influyen directamente en la activación de los deslizamientos, incrementando considerablemente el esfuerzo de corte y reduciendo la resistencia del corte. En los deslizamientos el factor detonante es agua y la condicionante es el suelo y la topografía. Aparentemente el relieve de la zona es muy accidentado con pendiente media a alta, la geología está constituida por depósitos coluviales (arcilla, limo, arena, gravas, cantos rodados y bloques) donde aparentemente tienen baja resistencia al corte y mayor permeabilidad. Los deslizamientos generan un riesgo para los pobladores de la zona generando reducción de las áreas de cultivo.

1.2.2. Formulación del problema

1.2.2.1. Problema principal

¿Cómo influye la infiltración del agua de lluvia, riego por inundación y agua residual, en los deslizamientos de las laderas en la zona de estudio?

1.2.2.2. Problema secundario

- ¿Cómo influye los factores de topografía, geomorfología, geología, mecánica de suelos e hidrogeología en la estabilidad de laderas?
- ¿Cuáles son los efectos de la infiltración del agua en los deslizamientos de las laderas de Quilahuani?
- ¿Será posible minimizar los riesgos para evitar pérdida de vidas humanas y pérdidas económicas?

1.2.3. Objetivos

1.2.3.1. Objetivo general

Determinar los efectos de la infiltración del agua y analizar los factores que intervienen en las ocurrencias de los deslizamientos de las laderas de zona de estudio.

1.2.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los factores que intervienen en la estabilidad de laderas, mediante los estudios de topografía, geomorfología, geología, mecánica de suelos, prospección geofísica e hidrogeología.
- Establecer los efectos de la infiltración del agua en los deslizamientos, estabilidad de ladera y ocurrencia de deslizamientos.
- Plantear las alternativas de mitigación para minimizar riesgos de vidas humanas y pérdidas económicas.

1.2.4. Hipótesis

1.2.4.1. Hipótesis general

Los deslizamientos en las laderas del distrito de Quilahuani, se están produciendo por la infiltración del agua de lluvia, riego por inundación y agua residual.

1.2.4.2. Hipótesis específicas

- los factores que intervienen en la estabilidad de laderas son: topografía, geomorfología, geología, mecánica de suelos y hidrogeología.
- los efectos de la infiltración del agua son los causantes en los deslizamientos, estabilidad de ladera y ocurrencia de deslizamientos en las laderas de Quilahuani.
- las alternativas de mitigación minimizaran los riesgos de vidas humanas y pérdidas económicas.

1.2.5. Justificación de la investigación

Distrito de Quilahuani se dedica a la agricultura y ganadería, en los últimos tiempos los deslizamientos han causado pérdidas económicas y reducción de tierras para la actividad agrícola.

La ejecución de este trabajo de investigación, es de suma importancia porque beneficiara directamente al desarrollo socioeconómico a los pobladores de distrito de Quilahuani, se puede evitar posibles deslizamientos, o minimizar su probabilidad de ocurrencia.

La presencia del agua en las laderas de Quilahuani es de mucha importancia, actúa como un agente erosivo ocasionando los deslizamientos, al aumentar la cantidad de agua reduce la resistencia del corte del suelo(Suarez, 1998), por consiguiente, colapsa y se genera deslizamientos.

Es importante estudiar factores condicionantes como la geología, topografía, geomorfología, geotecnia y vegetación para determinar el comportamiento del agua en la parte superficial y subsuperficial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

El área de estudio está sujeta a caída de rocas, derrumbes, huaicos y deslizamientos antiguos en las laderas del cerro Alto Quilahuani, con presencia de canchales de detritos en escarpas antiguas. El terreno es cóncavo-convexo, el poblado de Quilahuani se encuentra asentado sobre el cuerpo de un deslizamiento de grandes dimensiones, afecta las viviendas del poblado, la carretera Candarave-Quilahuani y terrenos de cultivo (Luque, 2016).

La topografía actual en la zona de Candarave esta ligada al antiguo proceso de deslizamientos en la Formación Huaylillas, a la acción erosiva y de relleno de depresiones de los eventos pluviales, los cuales son comunes en esta región andina. Las principales geoformas identificadas son: una escarpa de deslizamiento y una superficie de escombros, la cual presenta algunas depresiones rellenas (Paredes et al., 2002).

El escarpe del deslizamiento principal Aricota se encuentra a 3 657 msnm y el río Curibaya a 2 420 msnm , evidenciando un desnivel mayor a 1 000 m . Durante el evento principal, la masa deslizada se ha propagado hasta el otro flanco del valle, generando un dique que represo el río, originando la laguna Aricota. Los escombros se derivan de tobas e ignimbritas de la formación Huaylillas, piroclastos, limolitas y clastos volcánicos de la formación Tarata, tobas y andesitas de la formación Samanape. Se notan fallas que limitan el escarpe con dirección

noroeste-sureste y norte-sur. En la morfología se observan estructuras radiales, que indican el origen de la masa. El evento fue de tipo avalancha de rocas, debido a una reactivación del escarpe principal (Delgado et al., 2016).

En general, al efectuar un corte en una ladera, se cambia el flujo natural interno del agua que puede originar aumento de presiones y de fuerzas de filtración desfavorables. Se ha reconocido que muchas fallas de laderas se presentan durante o posteriormente a la temporada de lluvias, y que existe una estrecha relación con el régimen de las filtraciones y con el establecimiento de los escurrimientos subterráneos. Cuando el agua se mueve a través de una masa de suelo, lo hace con una presión hidrodinámica en la dirección del flujo que es superior a la presión hidrostática; lo anterior puede alterar el peso volumétrico sumergido del suelo y origina reducción de la resistencia al esfuerzo cortante, al disminuir la presión efectiva del terreno por aumento de la presión de poros. El incremento en la presión de poros puede ser considerable en el caso que en la ladera se encuentren estratos con diferentes permeabilidades o discontinuidades litológicas, presentándose saturación diferencial, que hace que el agua se infiltre y se detenga a una determinada profundidad creando un plano sobresaturado, el cual con ayuda de la gravedad puede hacer que se deslicen los estratos superiores (Cuanalo et al., 2011).

El domingo 4 de noviembre de 2007 a las 20:32 horas, en la comunidad San Juan de Grijalva (México), 2ª Sección de Ostucán, ocurrió un deslizamiento de terreno que generó un talud de rocas, tierra y árboles, de aproximadamente 170 mil toneladas, el cual al precipitarse sobre el cauce del río Grijalva, provocó una ola

de aproximadamente 50 m de altura y 5 km de extensión, inundando y destruyendo viviendas en la localidad y obstruyendo el cauce (Calderon, 2007).

Mediante algunas pruebas de laboratorio y el análisis de la estabilidad estructural del talud, se ha podido establecer la relación entre el grado de saturación del suelo y el factor de seguridad del talud analizado. Este análisis demuestra que el humedecimiento del suelo fue la causa del deslizamiento de tierra en la comunidad de San Juan de Grijalva, Chiapas. Aquellos taludes susceptibles al deslizamiento y que ponen en peligro vidas humanas es conveniente protegerlos contra el humedecimiento excesivo. Esto se puede realizar mediante la colocación de drenes y/o membranas que canalicen el agua de lluvia hacia otras zonas (Mora y Rojas, 2012).



Figura 2: Vista del deslizamiento que obstruyó el cauce del río Grijalva (Arvizu, 2009).

2.2. Conceptos y definiciones

2.2.1. Estabilidad de ladera

Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cual será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse (Matteis, 2003)

2.2.2. Inestabilización

Terzaghi (1950), hizo una diferenciación entre los factores externos e internos que afectan la ocurrencia de los deslizamientos. Tanto las causas internas como las externas, afectan el estado de equilibrio de un talud de dos maneras diferentes o por la combinación de estas dos formas: Disminución de la resistencia al cortante y aumento de los esfuerzos de corte.

2.2.3. Factor de seguridad

El Factor de Seguridad es empleado por los Ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. (Fellenius, 1936), presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla, ecuacion 1.

$$F.S. = \text{Resistencia al corte} / \text{Esfuerzo al cortante} \dots\dots\dots (1)$$

Métodos utilizados para análisis de estabilidad de taludes Bishop simplified, Janbu simplified, Janbu corrected y Corps of Engineers #1 (Suarez, 1998).

2.2.4. Efectos de infiltración de agua en suelo no saturado

El flujo de agua a través del suelo no saturado se rige por la ecuación de Richards la principal diferencia entre el flujo de agua saturado y no saturado, es que en los suelos saturados se supone que el coeficiente de permeabilidad es constante, pero en los suelos no-saturados, el coeficiente de permeabilidad es una función del contenido de agua o de la presión de poros. Además, en los suelos saturados, la presión de poros es positiva y en los suelos no-saturados, es negativa (Suarez, 1998).

El flujo del agua a través de un suelo no saturado se describe mediante la ecuación de Richards (Hidalgo et al., 2014):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} - \text{sen}(\alpha) \right) \right] \dots \dots \dots (2)$$

Donde α es el ángulo formado entre la dirección del flujo y la dirección horizontal, θ es el contenido de humedad volumétrico, $h = h(z,t)$ es el potencial matricial (o cabeza de presión), z es la coordenada de la posición paralela a la dirección del flujo aumentando en la dirección del flujo, $K(h)$ es la conductividad hidráulica para un potencial matricial dado h , el cual a su vez es una función del contenido de humedad del suelo θ .

Factores principales que afectan el comportamiento de los suelos no saturados

Presiones de Poros Negativas

Las fuerzas resultantes de los efectos de tensión superficial son de tensión en el agua y generan presiones de poros negativas (menores que la presión atmosférica); esa tensión aumenta cuando el grado de saturación disminuye. La humedad en el perfil de un suelo residual cambia con el sistema de lluvias. En las temporadas secas las humedades son menores que en las épocas de lluvias. Al ocurrir un evento lluvioso, los niveles de humedad y porcentaje de saturación, pueden ascender (Suarez, 1998). bruscamente al infiltrarse el agua y pasar un frente húmedo. Después de pasar el frente húmedo, las humedades disminuyen nuevamente. Estos ascensos y descensos de humedad modifican los valores de las tensiones negativas.

El aumento del contenido de agua disminuye las tensiones capilares y además, aumenta el peso unitario del suelo, el cual puede producir un aumento de los esfuerzos de cortante (Figura 03) (Geotechnical, 1984). La saturación aumenta a su vez, la presión de poros.

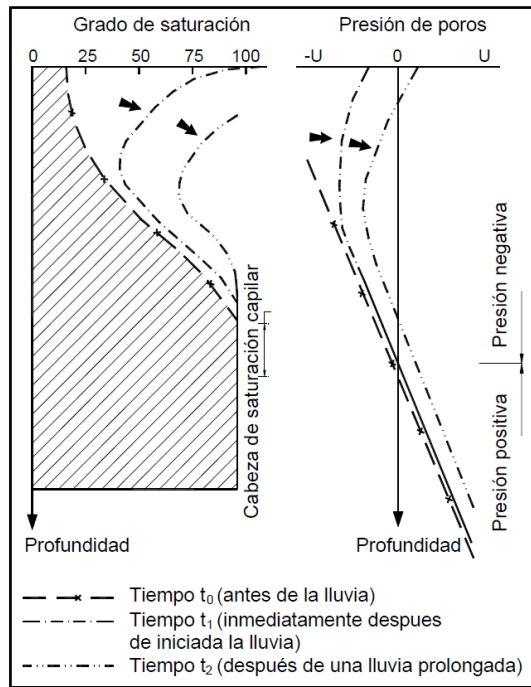


Figura 3: Cambios en el grado de saturación y la presión de poros por acción de la lluvia (Geotechnical, 1984).

La cohesión aparente

Si el suelo se encuentra solamente húmedo, existen dentro del suelo resistencias aparentes debidas a las presiones de poros negativas, las cuales pueden producir un talud estable, pero si se produce saturación por infiltración, desaparecen, produciéndose la falla por disminución de las fuerzas resistentes. (Brand, 1992) explica que el agua de infiltración en un suelo residual produce una reducción en la tensión capilar en el suelo no saturado, lo cual produce una disminución en la presión efectiva y por ende, en la resistencia al corte.

La saturación afecta el componente de cohesión de acuerdo con los criterios actuales de la mecánica de suelos (Morgenstern y Matos, 1975), es decir, que la eliminación de la succión que ocurre a medida que avanza el tiempo de una lluvia,

disminuye la cohesión en el volumen del material sujeto a la saturación temporal que produce el deslizamiento.

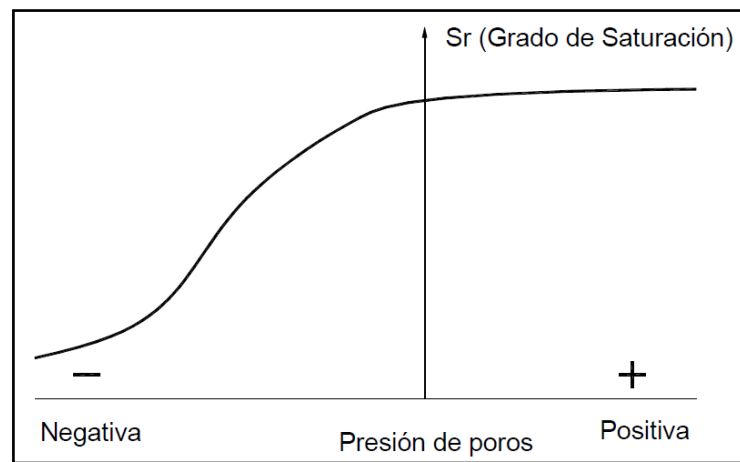


Figura 4: Efecto del grado de saturación sobre la presión de poros (Suarez, 1998).

La Succión

La succión es un término muy utilizado para explicar el comportamiento de los suelos no saturados y la presencia de presiones de poros negativas. La succión (Fredlund y Fredlund, 1993), está compuesta de dos elementos básicos: la succión matricial y la succión osmótica. La suma de los dos componentes se llama succión total.

La succión matricial se define como la diferencia entre la presión del aire y la presión de poros, y la succión osmótica depende de las características químicas del fluido en los poros. La succión o tensión capilar disminuye al aumentar el espesor de la película de agua, alrededor de las partículas de suelo (Pidwirny, 2006)

2.2.5. Sismicidad

El borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, generando terremotos de magnitud elevada con relativa frecuencia. Un segundo tipo de actividad sísmica está producida por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con terremotos menores en magnitud y frecuencia (Tavera y Burfon, 1998).

2.2.6. Sismicidad histórica

Estudios realizados por especialistas sobre el período de retorno de estos mega eventos sísmicos indican que es de 150 a 250 años. La historia sísmica de la costa peruana en las tres últimas décadas, demuestra que los epicentros vienen migrando de Norte a Sur; en 1970 ocurrió frente a la costa de Chimbote, 1986 frente a Lima, 12 de Noviembre de 1996 frente a Nazca y el 23 de Junio del 2001 frente a Ocoña; los sismos indicados ha tenido magnitudes superiores a 7.5 Mw . Analizando la secuencia sísmica indicada, los eventos vienen sucediendo de Norte a Sur, con una frecuencia de 6 a 10 años. Añadiendo a esta conclusión el período de retorno del sismo de 1868 (150 a 250 años), prácticamente este sector de América se encuentra a puertas de un mega sismo, que probablemente ocurra en los próximos 10 años, con una magnitud superior al ocurrido el presente año (Paredes et al., 2002). Pasaron 10 años, no ocurrió ningún mega sismo.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El nivel de proyecto de investigación se define como una investigación explicativa según la metodología de la investigación científica (Carrasco, 2006), ya que consiste en demostrar la hipótesis planteado, con el fin de establecer su estructura o comportamiento, buscando el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa - efecto.

La metodología empleada consiste en las siguientes fases:

3.1. Trabajo previo

Recopilación, evaluación, selección y búsqueda de la información bibliográfica de movimientos de masa, topografía, geológica, geomorfología, mecánica de suelos, caracterización de macizo rocoso, prospección geofísica e hidrogeología.

Fotointerpretación de la litología, eventos de movimientos en masa, uso de suelos y cobertura vegetal, unidades geomorfológicas mediante fotografías aéreas e imagen satelital de Google Earth.

Elaboración planos de geología regional y geomorfología regional, a partir de mapa geológico de cuadrángulo de Tarata hoja (35v2 y 35v3), a escala 1:50 000, mediante programa ARCGIS 10.3.

Selección y preparación de la información básica. Planeamiento del trabajo de campo.

3.2. Trabajo de campo

Apoyado en el trabajo previo, fue realizado usando instrumentos como: GPS, brújula, picota, cámara digital, escalímetro y otros. Esta etapa consistió en las siguientes actividades:

Realizar levantamiento topográfico con DRONE en la zona de estudio, a fin de obtener el mayor detalle posible, considerando una altura de vuelo a 150 metros.

Realizar un inventario de deslizamientos de masa en la zona de estudio, mapeo de geología local, geomorfología local a escala 1:5 000, identificar las formaciones geológicas permeables e impermeables, en especial los depósitos inconsolidados que conforman la ladera Quilahuani.

Realizar trincheras de manera estratégica según el estudio geológico realizado en la zona de estudio, densidad insitu (método de cono de arena) siguiendo los procedimientos establecidos en la norma MTC E 117 – 2 000 y obtención de muestras de suelos (MTC E 101 – 2 000). Caracterización de macizo rocoso perteneciente al grupo Toquepala.

Realizar prospección geofísica a través de método de tomografía eléctrica, refracción sísmica y MASW para obtener un modelo geológico detallado, Considerando las características geomorfológicas y topográficas de la zona de estudio, la tomografía eléctrica se realiza con la distribución electrónica ideado por Schlumberger para un arreglo dipolo-dipolo, el campo abierto con mucha dificultad por la topografía accidentado.

Estudio hidrogeológico consiste en la evaluación de sistema de riego por los agricultores y determinar la tasa de infiltración y permeabilidad mediante el método de Porchet, que se realiza a partir de Especificaciones Técnicas Diseño de Pruebas de Infiltración (UNATSABAR, 2003).

3.3. Trabajo de laboratorio

Antes de proceder con la ejecución de ensayos, primero se prepara la muestra en seco, siguiendo los procedimientos establecidos en la norma MTC E 106 – 2 000. Los ensayos de mecánica de suelos que se realizan son: contenido de humedad, análisis granulométrico de suelo por tamizado, límite líquido, límite plástico, peso específico de grava, gravedad específica de finos y corte directo. En la Tabla 2 se muestra las normas de cada ensayo.

Tabla 2.

Ensayos de mecánica de suelos y su respectiva norma

Ensayos	Normas
Obtención en laboratorio de muestras representativas (Cuarteo).	MTC E 105 - 2 000
Análisis Granulométrico de suelos por tamizado.	MTC E 107 - 2 000
Método de ensayo para determinar el contenido de Humedad de un suelo.	MTC E 108 - 2 000
Determinación del Límite Líquido de los suelos (L.L.)	MTC E 110 - 2 000
Determinación del Límite Plástico (L.P.) e Índice de Plasticidad (I.P.).	MTC E 111 - 2 000
Gravedad Específica (Picnómetro) de los suelos.	MTC E 113 - 2 000
Corte directo (consolidado drenado)	MTC E 123 - 2 000

Fuente: MTC. (2013).

3.4. Trabajo en gabinete

Se procede al procesamiento de la información obtenida en las fases anteriores. Para ello se han digitalizado mapas y organizado la información espacial. Este procedimiento consistió en:

- Procesamiento fotografías tomadas con DRONE, con el software Pix4D.
- Elaboración de mapa geomorfológico local.
- Elaboración de mapa geológico local.
- Elaboración de mapa ortofotografía.
- Elaboración de mapa topográfico.
- Elaboración de mapa área de cultivo.
- Elaboración de mapa de pendientes.
- Procesamiento de datos obtenido a través de prospección geofísica.
- Procesamiento de datos, obtenidos del laboratorio.
- Elaboración de perfiles geológicos.
- Análisis de factor de seguridad con respecto a la variación de grado de saturación mediante el software SLIDE.
- Elaboración de mapas de prospección geofísica.

CAPÍTULO IV

ESTUDIOS BÁSICOS

4.1. Movimiento de masa

Suarez (1998), un deslizamiento se puede definir como el movimiento de una masa de suelos provocado por la pérdida de la resistencia al esfuerzo cortante a lo largo de un eje o superficie de falla. Los deslizamientos pueden ocurrir en laderas constituidas naturalmente y en laderas o taludes producidos por intervención de construcción; a su vez, ocurren en suelos en condiciones de drenaje y sin drenaje, en forma muy general.

Para Terzaghi (1950), centra su definición de movimiento en masa como un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de la gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior.

Para Cruden (1991), el deslizamiento es el movimiento de una masa de roca, detritos y tierra, pendiente abajo, La ocurrencia de los deslizamientos es consecuencia de un complejo campo de esfuerzos (stress es un esfuerzo por unidad de área), el cual es activo sobre una masa de roca o suelo. El movimiento ocurre cuando el esfuerzo de corte (shear stress) excede el esfuerzo de resistencia (shear strength) del material.

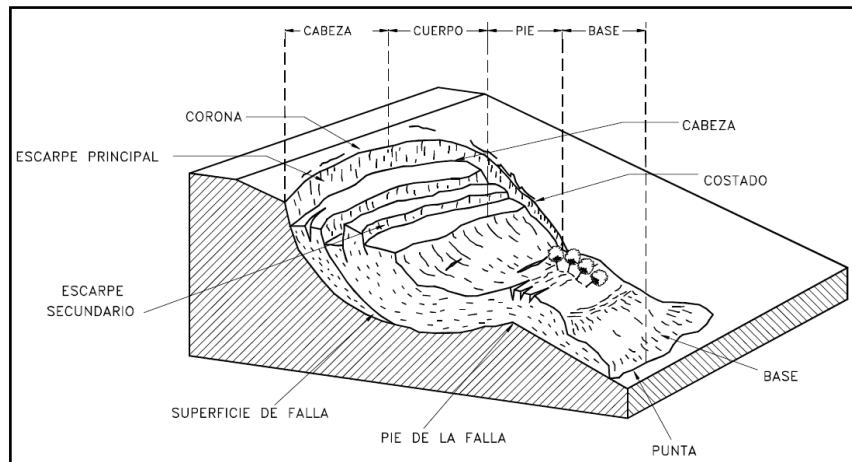


Figura 5: Nomenclatura de los procesos de movimiento (Suarez, 1998).

4.1.1. Clasificación de los movimientos de masa

La variedad de fenómenos incluidos como movimientos de ladera es grande y su clasificación compleja. Según (Varnes, 1978; Corominas y Yagüe, 1997; Suarez, 1998) clasifican los movimientos de ladera según el tipo de movimiento y estado de actividad.

En la Tabla 3, se muestra la clasificación de los movimientos en masa según el tipo de movimiento y en Tabla 4 la clasificación de movimiento en la según su estado de actividad.

Tabla 3.

Clasificación de los movimientos en masa

TIPOS DE MOVIMIENTOS EN MASA		ROCAS	TIPO DE MATERIALES		
			SUELOS		
			DE GRANO GRUESO	DE GRANO FINO	
Caídas		Caídas de rocas	Caída de detritos	Caída de tierras	
Volcamiento		Volcamiento de rocas	Volcamiento de detritos	Volcamiento de suelos	
Deslizamiento	Rotacional		Deslizamiento rotacional de rocas	Deslizamiento Rotacional de detritos	Deslizamiento Rotacional de suelos
	Traslacional	Unas cuantas unidades	Deslizamiento Traslacional de roca	Deslizamiento Traslacional de detritos	Deslizamiento Traslacional de suelos
		Varias unidades	Deslizamiento de roca	Deslizamiento de detritos	Deslizamiento de suelos
Separación lateral		Separaciones Laterales en roca	Separaciones Laterales en detritos	Separaciones Laterales en suelos	
Flujos		Flujo de roca Avalancha de rocas	Flujo de roca Avalancha de detritos	Flujos de suelos	
Movimientos complejos		Combinación de tiempo y/o espacio de dos o más tipos principales de movimiento			

Fuente: Varnes (1978).

Tabla 4.

Clasificación de movimiento de masa en estado activad

Clasificación de movimiento de masa	
Estado de movimiento de masa	Características
Activo	Deslizamiento que se está moviendo en los actuales momentos.
Reactivado	Movimiento que está nuevamente activo, después de haber estado inactivo. Por ejemplo, deslizamientos reactivados sobre antiguas superficies de falla.
Suspendido	Deslizamientos que han estado activos durante los últimos ciclos estacionales pero que no se está moviendo en la actualidad.
Inactivo	Deslizamientos que llevan varios ciclos estacionales sin actividad.
Dormido	Deslizamiento inactivo pero que las causas del movimiento aparentemente permanecen.
Abandonado	Es el caso de un río que cambió de curso y que estaba produciendo un deslizamiento.
Estabilizado	Movimiento suspendido por obras remediales artificiales.
Relicto	Deslizamientos que ocurrieron posiblemente, hace varios miles de años se pueden llamar deslizamientos Relictos.

Fuente: Suarez (1998).

4.1.2. Factores que influye en la inestabilidad de ladera

Los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas se dividen en: condicionantes y desencadenantes (Tabla 5); el primero depende de las características intrínsecas de las laderas, y el segundo, conocido también como factores externos, debidos a las condiciones climáticas regionales, por los eventos extremos y por el grado de impacto o deterioro ocasionado por las actividades del hombre (Cuanalo et al., 2005).

Tabla 5.

Factores de estabilidad de laderas naturales

AGENTES	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Condicionantes (dependen de las características de la ladera)	Morfología y Topografía	El relieve influye en la estabilidad, a mayor pendiente y altura aumenta el efecto gravitacional.
	Geología y características de los suelos superficiales	El tipo de roca, grado de alteración y meteorización, presencia de discontinuidades (grietas, fracturas, fallas), planos estratigráficos, porosidad, permeabilidad, propiedades físicas y mecánicas (resistencia y deformación), y estado de esfuerzos.
	Condiciones hidrogeológicas	El agua en el interior del terreno disminuye la resistencia cortante al aumentar la presión. Intersticial, además incrementa el peso volumétrico del terreno con el consiguiente aumento en los esfuerzos actuantes.
	Vegetación	Las raíces fijan los suelos superficiales a los estratos de roca más resistentes ubicados a mayor profundidad, absorben el agua contenida en el suelo y atenúan la erosión superficial al mitigar el impacto de las gotas de lluvia y reducir la velocidad de escurrimiento.
Desencadenantes (factores externos responsables de la inestabilidad)	Lluvias	Su efecto depende de la intensidad, duración y distribución de la lluvia; puede ocasionar disolución de cementantes y rotura de capilaridad, además influye directamente en factores condicionantes como la meteorización y el nivel de agua subterránea.
	Terremotos	Las vibraciones sísmicas originan fluctuaciones en el estado de esfuerzos en el interior del terreno y pueden originar todo tipo de movimientos (caídos, deslizamientos, flujos, avalanchas, etcétera), dependiendo además de la magnitud del sismo y la distancia al epicentro.
	Vulcanismo	Las erupciones volcánicas pueden originar deslizamientos o avalanchas de derrubios de gran magnitud y velocidad en las laderas de los conos volcánicos; además que el deshielo de las partes altas puede originar flujos rápidos.
	Congelación y deshielo	Factores climáticos que afectan principalmente a regiones frías; este fenómeno produce expansiones, contracciones e infiltración de agua en fisuras y grietas.
	Erosión y socavación	Incluye la acción erosiva de ríos y oleaje, produciendo los siguientes efectos: - Socavación del material en el pie de la ladera que modifica el estado tensional y aumenta las fuerzas cortantes actuantes. - El deslizamiento puede embalsar un río y después romper súbitamente.
	Actividad humana	Influye en la estabilidad al cambiar la geometría de la ladera por excavaciones, construcción de caminos y presas, sobrecargas debido a estructuras, terraplenes o rellenos, voladuras, etc.

Fuente: Cuanalo et al. (2005).

4.1.3. Inventariado de movimientos en masa

4.1.3.1. Deslizamiento antiguo

En el sector Quilahuani, se evidencia un mega – deslizamiento que presenta una corona con forma irregular y continua (Figura 6), con longitud de 10 km, el salto de la escarpa principal no se observa nítidamente por estar erosionada. Su masa desplazada llegó hasta el cauce del río Callaza. En el cuerpo del deslizamiento se aprecia lomeríos y quebradas profundas, estas últimas por la acción de filtración agua y aparentemente por una falla que cruza este sector, el cual posee un rumbo aproximado de N10E (Soncco y Manrique, 2018).

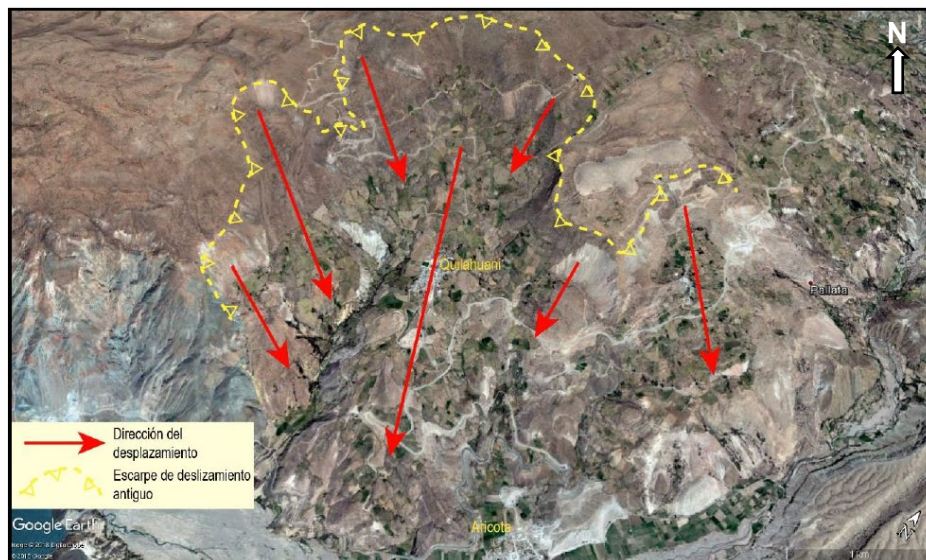


Figura 6: Escarpe de un mega - deslizamiento antiguo de zona de Quilahuani (Soncco y Manrique, 2018).

Se trata de un deslizamiento tipo rotacional, con avance lento retrogresivo, la corona del deslizamiento no es clara, debido a que la zona es afectada por un alto

grado de erosión. Aproximadamente esta corona mide 3 km, es de forma semicircular y continua, la distancia del escarpe hasta el pie del deslizamiento es de 4.8 km . Este evento está comprendido entre cotas 2 800 a 3 900 m.s.n.m. es decir representa un desnivel 1100 m la masa movilizada se estima que afecto un área 4,4 km² y el volumen movilizado fue de 1,0 km³ (Soncco y Manrique, 2018).

4.1.3.2. Deslizamiento en el sector Matarani

El deslizamiento del sector Matarani (Figura 7), se sitúa en las laderas de Quilahuani, específicamente en la parte superior se desarrolla la actividad agrícola, se tiene conocimiento que el deslizamiento ocurrió en diciembre de 2017. Se trata de un deslizamiento tipo rotacional aparentemente estable.

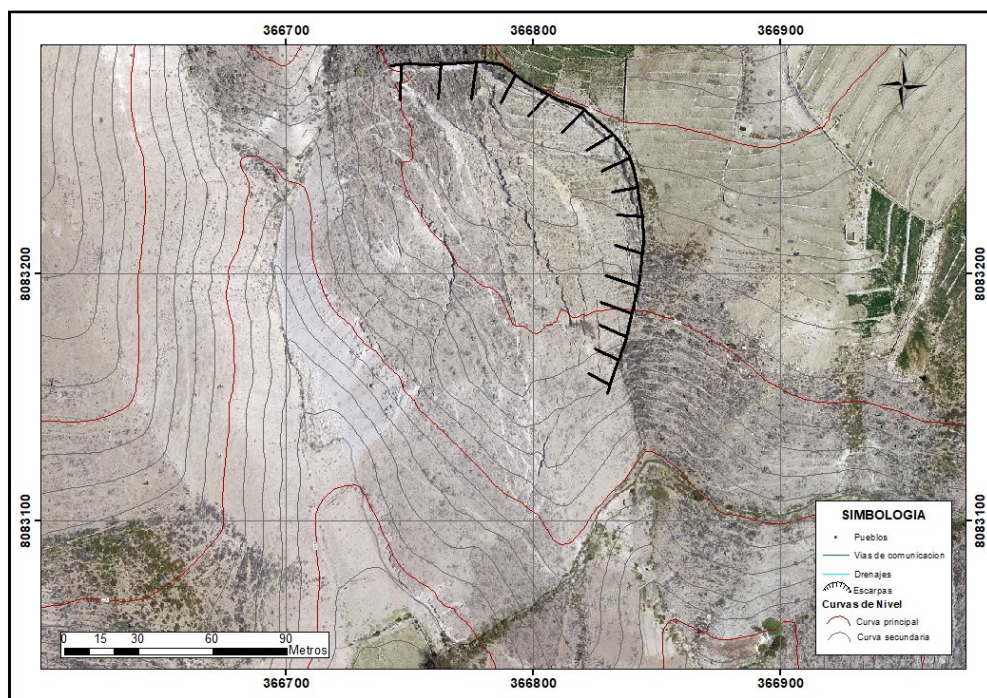


Figura 7: Vista aérea del deslizamiento de sector Matarani (Ortofotografía).

Las características (Figura 8) que presenta este deslizamiento son: tipo rotacional, tiene una dirección de desplazamiento SW, ángulo de inclinación 22°, uso de terreno en la parte superior de la falla para la actividad agrícola y en el cuerpo del deslizamiento presenta material suelto con muchas fisuras y grietas, presenta un alto riesgo por su grietas, fisuras y material suelto. Forma de masa deslizada es cóncava, recta y convexa.

La distancia desde la escarpa hasta la base de deslizamiento es 140 m , la corona presenta una forma semicircular, superficie de falla es de forma rotacional, mecanismo de movimiento fue un evento múltiple y lento, en la base de deslizamiento se encontró humedad.

Deslizamiento presenta escarpa muy evidente que tiene 4 m de altura de forma semicircular, no presenta vegetación en escarpa. En la parte superior del deslizamiento muestra una cantidad de grietas hasta de 1 m.



Figura 8: Características principales del deslizamiento de Matarani.

4.1.3.3. Deslizamiento Orcomaña 1

El deslizamiento Orcomaña 1 (Figura 9), se sitúa en la parte baja de la quebrada Orcomaña, en la parte superior se desarrolla la actividad agrícola, se trata de un deslizamiento antiguo con pendiente muy fuerte y estado activo de tipo rotacional.

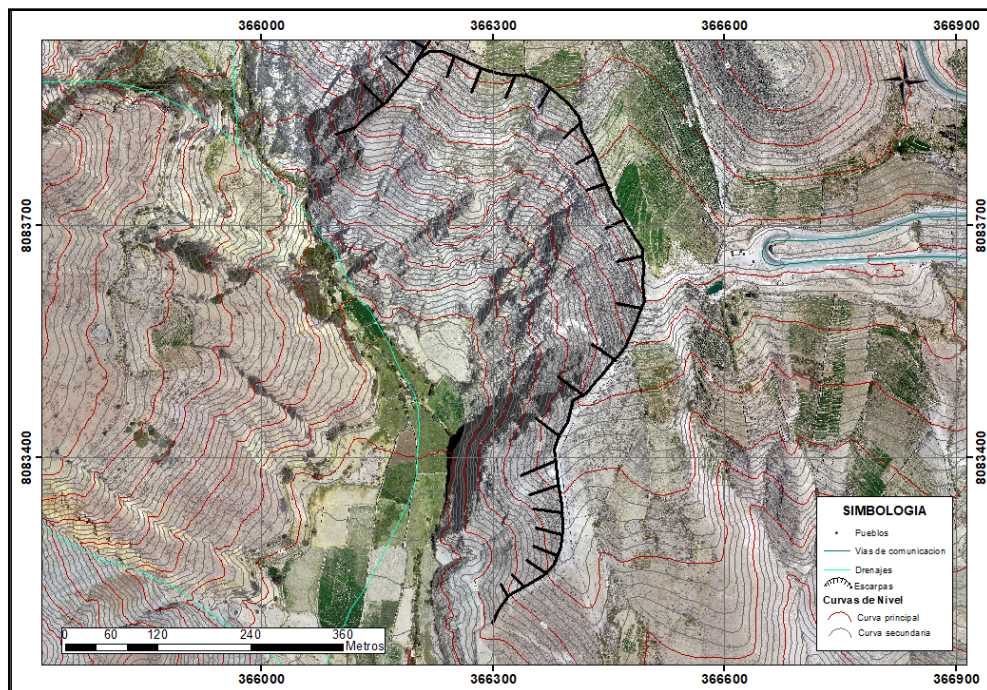


Figura 9: Vista aérea del deslizamiento de sector Orcomaña 1 donde se aprecia la escarpa (ortofotografía).

Las características (Figura 10) que presenta este deslizamiento son: tipo rotacional, tiene una dirección de desplazamiento SW, ángulo de inclinación 41° , uso de terreno en la parte superior de la falla, se desarrolla la actividad agricultura y en el cuerpo del deslizamiento presenta un alto riesgo por su pendiente fuerte y estado activo. Forma de masa deslizada es cóncava.

La distancia desde la escarpa hasta base de deslizamiento es 300 m , la corona presenta una forma semicircular alargada, superficie de falla es de forma rotacional, mecanismo de movimiento fue un evento sencillo y lento, en el cuerpo de deslizamiento se encontró afloramiento de agua (manantial) y zonas húmedas. Deslizamiento presenta escarpa muy evidente que tiene 50 m de altura de forma semicircular alargada, no presenta vegetación en la escarpa. En la parte baja de deslizamiento se desarrolla la actividad agrícola.



Figura 10: Características principales del deslizamiento Orcomaña 1.

4.1.3.4. Deslizamiento Orcomaña 2

El deslizamiento Orcomaña 2 (Figura 11), se ubica en la parte baja del cementerio de Quilahuani, es un deslizamiento de tipo rotacional, se encuentra debajo de una colina, su estado es activo. Se trata de un deslizamiento antiguo con pendiente fuerte.

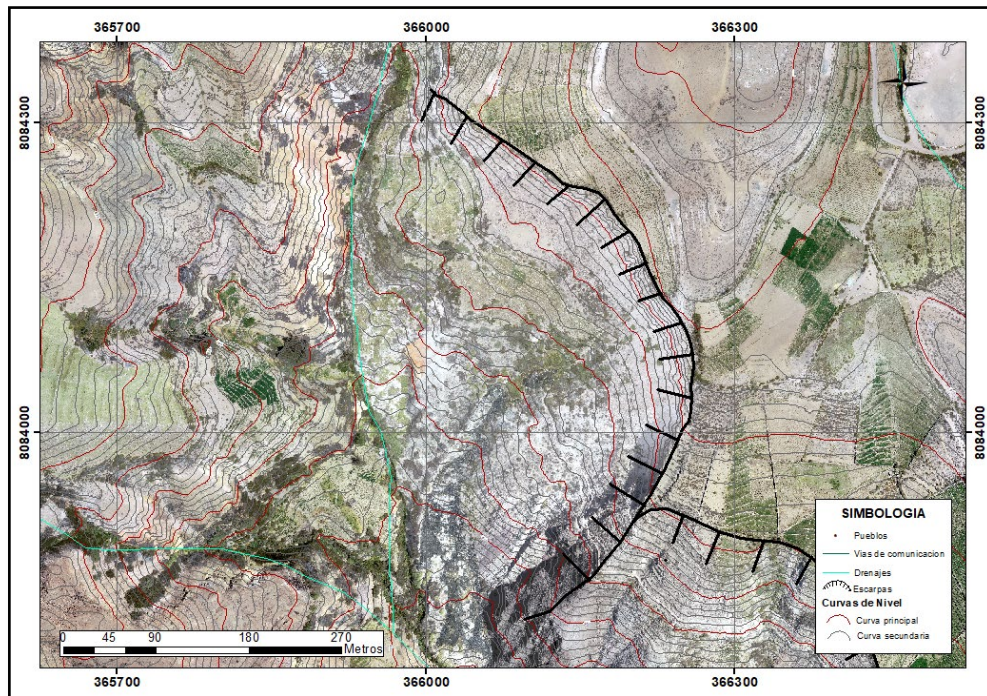


Figura 11: Vista aérea del deslizamiento Orcomaña 2.

Las características (Figura 12) que presenta este deslizamiento son: tipo rotacional, tiene una dirección de desplazamiento SW, ángulo de inclinación 26° , uso de terreno en la parte superior de la falla se desarrolla la actividad agricultura y en el cuerpo del deslizamiento también se desarrolla la agricultura, debido a su pendiente moderada y andenes. Forma de masa deslizada es cóncava.

La distancia desde la escarpe hasta base de deslizamiento es 340 m , la corona presenta una forma semicircular, superficie de falla es de forma rotacional, mecanismo de movimiento fue un evento sencillo y lento, en el cuerpo de deslizamiento se encontró zonas húmedas.

El deslizamiento presenta escarpa muy evidente que tiene 45 m de altura de forma semicircular, no presenta vegetación en escarpa. En la parte baja de deslizamiento se desarrolla la actividad agrícola.

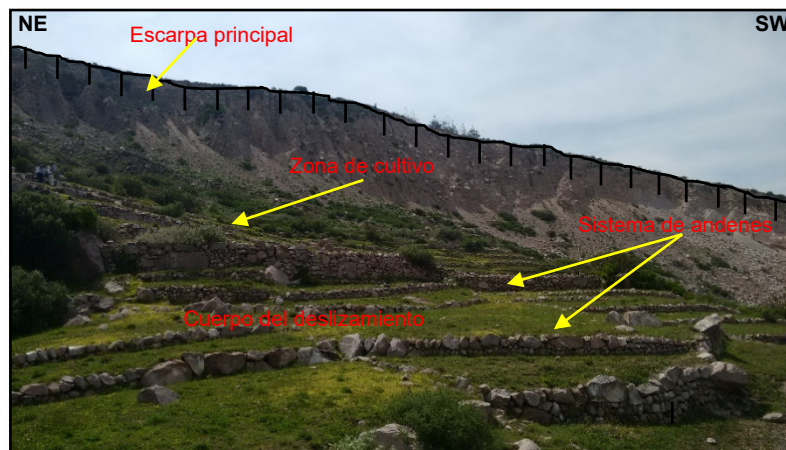


Figura 12: Características principales del deslizamiento Orcomaña 2.

4.1.3.5. Deslizamiento Millucaba

El deslizamiento Millucaba (Figura 13), se sitúa en la parte baja de pueblo Quilahuani, en la parte superior del deslizamiento se desarrolla la actividad agrícola. Se trata de un deslizamiento antiguo, con pendiente muy fuerte, estado activo y tipo rotacional.

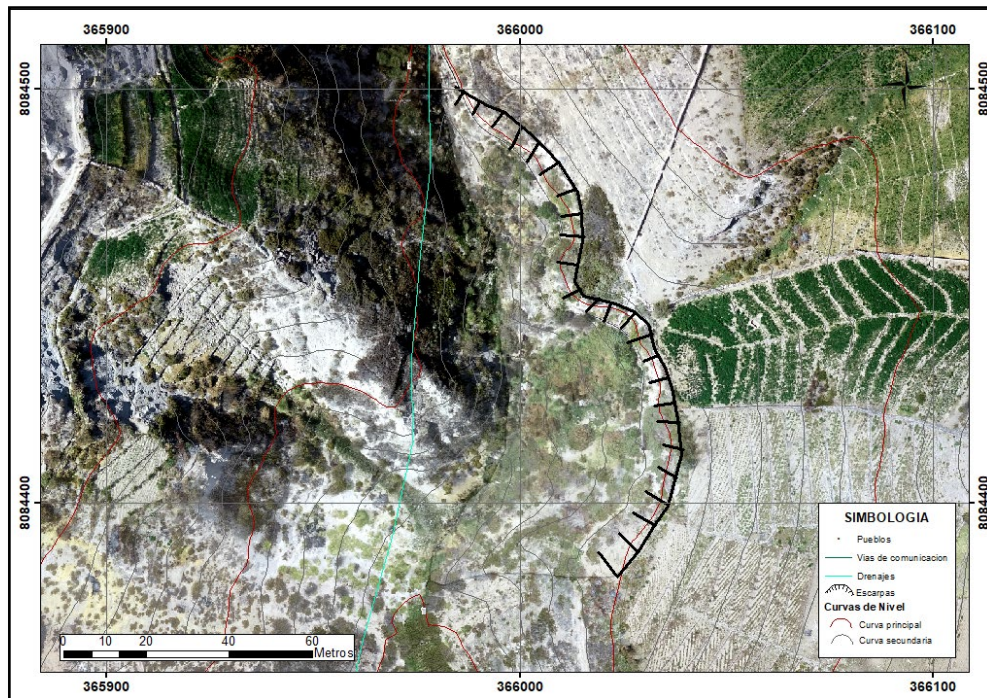


Figura 13: Vista aérea del deslizamiento Millucaba.

Las características que presenta este deslizamiento son: tipo rotacional, tiene una dirección de desplazamiento SW, ángulo de inclinación 32° , uso de terreno en la parte superior de la falla se desarrolla la actividad agrícola y en el cuerpo del deslizamiento presenta mucho arbusto. Pendiente muy fuerte y forma de masa deslizada es cóncava.

La distancia desde la escarpa hasta base de deslizamiento es 60 m , la corona presenta una forma semicircular alargada, superficie de falla es de forma rotacional, mecanismo de movimiento fue un evento sencillo y lento, en el cuerpo de deslizamiento se encontró afloramiento de agua (manantial) y zonas húmedas.

Deslizamiento presenta escarpa muy evidente que tiene 7 m de altura de forma semicircular, presenta vegetación en la escarpa. En cuerpo de deslizamiento hay mucho arbusto (Figura 14).



Figura 14: Vista de escarpa principal del deslizamiento Millucaba.

4.2. Topografía

Según Suarez (1998), la topografía puede controlar la meteorización, la infiltración y movimiento de agua a través del material del talud, afectando la cantidad de agua disponible, lo cual determina la ocurrencia y características de los niveles freáticos. El nivel de esfuerzos es también determinado por el volumen y ubicación de los bloques o masas de materiales, factores que dependen de las características topográficas. Entre los parámetros topográficos a estudiar se pueden extraer los siguientes: Pendiente, curvatura, largo – ancho y áreas de infiltración arriba del talud.

4.2.1. Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico con DRONE para la descripción de terreno, se representan todos los elementos existentes, desde las características naturales (accidentes geográficos, deslizamientos, quebradas pendientes y otros) hasta los elementos construidos (carretera, zonas de cultivo, reservorios y edificaciones). El DRONE está debidamente calibrado, a una altura de vuelo 150 m (Figura 15).



Figura 15: Programando al drone para su recorrido de vuelo.

Se tomaron 1 200 fotos y luego fueron procesados en software Pix4D (Figura 16), generando un mapa de ortofotografía (Anexo PT - 02) con una resolución de 7 cm de pixeles y mapa de curvas de nivel cada 5 metros.

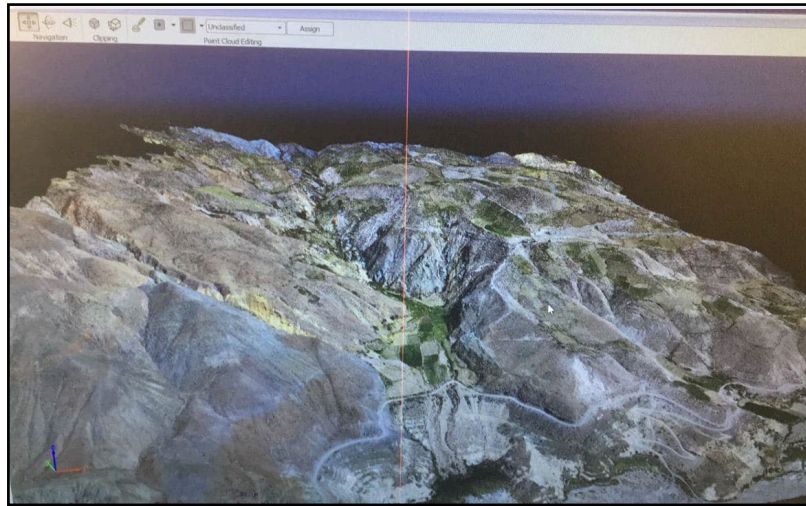


Figura 16: Procesamiento de datos en software Pix4D, vista en 3D la zona de estudio.

Plano topográfico se a cartografiado a una escala 1:7 500 . La importancia de plano topográfico es para realizar cortes topográficos y determinar pendientes de las laderas de zona de estudio. La información topográfica nos ayuda a determinar las zonas con mayor susceptibilidad a los deslizamientos.

4.2.2. Curvas de nivel

La elaboración de curvas de nivel, se generó partir de fotografías aéreas tomadas con DRONE, luego procesados en software Pix4D, cada 5 m a una escala 1:7 500 (Anexo PT - 04), la elevación de líneas es partir de 2 600 m.s.n.m. hasta 3 125 m.s.n.m. las curvas de nivel esta referenciado a sistema de coordenadas UTM (WGS 84, zona 19 S).

4.2.3. Pendiente

Unos de los aspectos más importantes en el análisis de infiltración de agua es la pendiente de terreno, debido a que en pendientes suaves favorece a la infiltración de agua en el terreno (Suarez, 1998).

El mapa de pendientes de la zona de estudio (Anexo PT - 05) ha sido elaborado usando mapas topográficos con curvas de nivel de 5 m, de la que se generó un Modelo Digital de Elevación. Las pendientes se han calculado en grados con programa Arcgis, a partir de grados de pendiente se ha clasificado según la metodología (Van Zuidam, 1986), las mismas se clasifican en 7 categorías diferentes.

Este parámetro utiliza las clases de pendiente de Van Zuidam (1986), con las cuales se describen los procesos característicos y esperados, y las condiciones del terreno, así como una leyenda de colores sugerida por el mismo autor (Tabla 6) las clases de pendiente pueden coincidir con los sectores críticos, donde los procesos de deslizamiento son dominantes (Van Zuidam, 1986).

Tabla 6.*Clasificación de pendiente*

Clase de pendiente		Condiciones del terreno	Color sugerido	Area cubierta (m ²)
Grados	Porcentaje			
0 - 2	0 - 2	Planicie, sin denudación apreciable.	Verde oscuro	97 665,12
2 - 4	2 - 7	Pendiente muy baja, peligro de erosión.	Verde claro	79 552,63
4 - 8	7 - 15	Pendiente baja, peligro severo de erosión.	Amarillo	272 462,63
8 - 16	15 - 30	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligros severos de erosión.	Naranja	860 900,00
16 - 35	30 - 70	Pendiente fuerte, procesos denudaciones intensos (deslizamientos), peligro extremo de erosión de suelos	Rojo claro	2 315 553,05
35 - 55	70 - 140	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos reforestación posible.	Rojo oscuro	377 921,73
> 55	mayor 140	Extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada.	Morado	2 659,92

Fuente: Van Zuidam (1986).

Seguidamente se presenta Tabla 7 en la cual se recopila las áreas para cada una de las diferentes categorías de pendiente en m² y el peso porcentual de cada una de ellas dentro del área que abarca en la zona de estudio.

Tabla 7.

Distribución relativa de pendientes de la ladera en zona de estudio

GRADOS	AREA (m ²)	PORCENTAJE (%)
0 - 2	97 665,12	2,44
2 - 4	79 552,63	1,99
4 - 8	272 462,63	6,80
8 - 16	860 900,00	21,49
16 - 35	2 315 553,05	57,79
35 - 55	377 921,73	9,43
> 55	2 659,92	0,07
Total	4 006 715,08	100,00

En cuanto a las pendientes, se puede observar un predominio de fuertes pendientes la zona de estudio (Figura 17), ya que predominan pendientes de 16° a 35° con mayor área, equivalente a 2 315 553,05 m², en segundo lugar, se aprecia pendientes moderados con rango de 8° a 16° con mayor área, equivalente a 860 900 m². Pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos deslizamientos, peligro extremo de erosión de suelos. En la zona de estudio presenta pendientes extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales severos (caída de rocas), cobertura vegetal limitada.

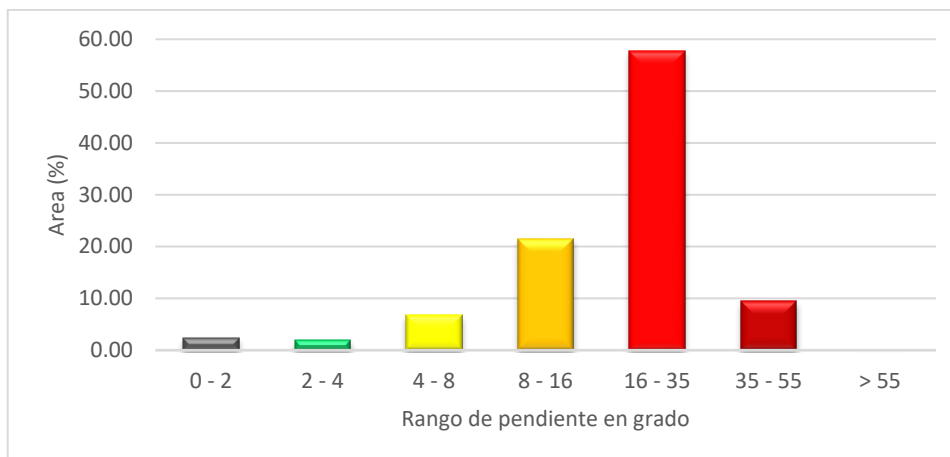


Figura 17: Histograma de clasificación de pendiente.

4.2.4. Drenaje superficial

La zona de estudio presenta mayormente sistemas de drenajes sub paralelos en dirección de la pendiente, este tipo de drenajes se presenta en depósitos cuaternario de origen coluvial.

4.3. Geomorfología, geología y marco estructural

4.3.1. Geomorfología regional

La zona de estudio geomorfológicamente se ubica al suroeste del volcán Yucamane, sobre un frente de flujos de piroclásticos (tobas) que por erosión forman mesetas disectadas por quebradas, formando laderas abruptas en la margen izquierda del río Callazas. Localmente las laderas presentan pendientes entre moderadas, abruptas (verticales), a suaves en el fondo del valle donde se ubica actualmente el poblado de Marjani (Tejada et al., 2017).

En las zonas proximales del área de estudio podemos citar diferentes geomorfologías (anexo PT - 06) como: Cono de deyección, laderas de montaña

terraceada, laguna, lomada, montaña de material volcánico moderadamente empinada, montaña de material volcánico muy empinada, montaña glaciaria moderadamente empinada, terraza fluvial alta, terraza fluvial media, valle estrecho, colinas altas disectadas y planicie fluvioglaciaria.

4.3.1.1. Unidad geomorfológica Flanco Occidental de los Andes

El Flanco Occidental de la Cordillera de los Andes corresponde a la vertiente Pacífica de los Andes, es visible desde distancias considerables, las mismas que están constituidas por montañas y lomadas, se observa un relieve abrupto y suave, formando zonas disectadas y zonas de planicies respectivamente (Jaen, 1965).

Subunidad geomorfológica zonas disectadas

En las partes más elevadas de las áreas interfluviales, destacan remanentes de superficies planas que corresponden a una superficie de erosión antigua, cuya reconstrucción ideal indica la pendiente inicial del flanco occidental andino antes de su intensa disección. Los valles principales muestran en general un perfil transversal en V, con pisos estrechos casi íntegramente ocupados por el cauce del río y pendientes que varían de 3 a 8%, solo localmente presentan pequeños desarrollos que son aprovechados en la agricultura; sus flancos son de fuerte pendiente alcanzando en algunos casos 35° - 40° de inclinación (Rodríguez, 2016).

Subunidad geomorfológica zonas de planicies

En la parte central occidental, entre la cadena volcánica por el norte y el flanco disectado por el sur, se nota un rasgo fisiográfico caracterizado por la presencia de una superficie suavemente ondulada que se levanta desde 3 600 a 4 000 msnm. La inclinación general de esta superficie es hacia el sur, con pendientes que varían desde 17% en el pie de los conos volcánicos hasta 4% en la parte superior de la zona disectada. La planicie se encuentra cortada por diversos cursos de agua de la cuenca hidrográfica del río Ilabaya (Rodríguez, 2016).

4.3.1.2. Unidad geomorfológica cadena volcánica

Esta unidad fisiográfica constituye la parte más elevada del área que nos ocupa, es un cordón montañoso de rumbo NO-SE que cruza diagonalmente el sector Nororiental del cuadrángulo con un ancho máximo de 30 km. La mayoría de estos conos volcánicos han sido fuertemente erosionados por la glaciación pleistocénica, algunos de ellos que en la hoja topográfica aparecen con la denominación de nevados, se presentan cubiertos de nieves durante ciertas épocas del año (Jaen, 1965).

Este rasgo orográfico está caracterizado por una sucesión de conos volcánicos, formados durante el Terciario Superior y Cuaternarios, dentro de los cuales destacan los volcanes Tutupaca (5 815 msnm), Calientes (5 358 msnm) y Yucamane (5 508 msnm). En su mayoría, estos conos volcánicos han sido fuertemente erosionados por la glaciación pleistocénica y algunos de ellos, que

aparecen con la denominación de nevados, se presentan cubiertos de nieve durante cierta época del año (Rodríguez, 2016).

4.3.2. Geomorfología local

En mapa geomorfológico (Anexo PT - 07) presenta descripción detallada de los diferentes tipos de relieves superficiales. La información relacionada con las condiciones y procesos geomorfológicos de interés para su aplicación geológica incluye la topografía, elementos del relieve (lomadas, terrazas, laderas, escarpes, etc), se encontró 6 unidades geomorfológicas en la zona de estudio

4.3.2.1. Ladera montañosa

En la zona de estudio se presenta laderas montañosas (Figura 18) de la formación Quellaveco, compuesto por rocas volcánicas y depósito coluvial provenientes de mega deslizamientos con pendientes muy fuertes 35° a 55° , está ubicado en el flanco derecho de la quebrada Orcomaña.



Figura 18: Vista de ladera montañosa en flanco derecho de la quebrada Orcomaña.

4.3.2.2. Lomada

Esta unidad geomorfológica se presenta en mayor cantidad en la zona de estudio, presentan en una sucesión de pequeñas lomadas bajas en la parte superior aplanadas, presenta en algunas partes en forma convexa. Está constituido de depósitos coluvial de compacidad alta (Figura 19).



Figura 19: Vista de la lomada compuesto material coluvial.

4.3.2.3. Colina

La zona de estudio presenta 4 colinas constituidas superficialmente por depósitos coluviales (Figura 20), en la cima de estas colinas presentan una pequeña planicie, las pendientes de estas colinas es de 16° a 35° . La distribución de las colinas se dispone siguiendo una determinada dirección NW.

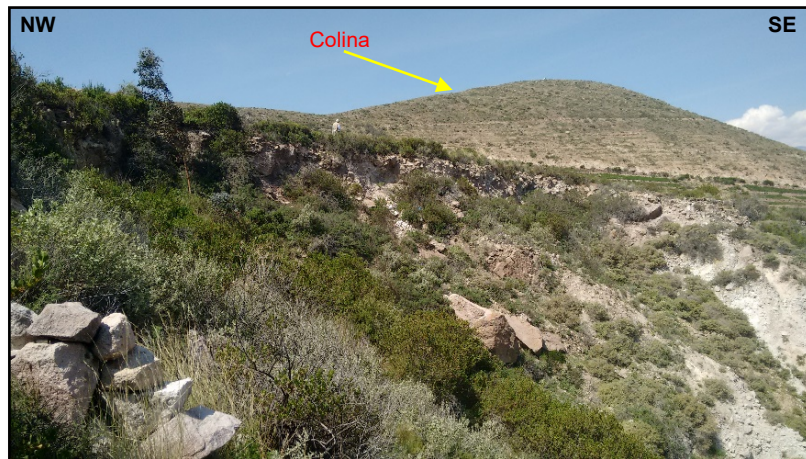


Figura 20: Colina constituida de depósito coluvial.

4.3.2.4. Altiplanicie

Zonas cuya superficie presenta planas y onduladas en algunas partes, con una pendiente menor a 10° , está constituido por deposito coluvial. Esta altiplanicie se encuentra a una altitud de 2 950 m.s.n.m. En ella se encuentra ubicada planta de tratamiento de aguas servidas (Figura 21).



Figura 21: vista de altiplanicie en la zona de estudio.

4.3.2.5. Terraza aluvial

Las terrazas aluviales (Figura 22) están constituidas por plataformas sedimentarias construidas por el agua en la quebrada Orcomaña y río Callazas. Con pendientes muy bajas menores a 8° , está constituido por depósitos aluviales. En las terrazas se desarrolla la actividad agrícola.

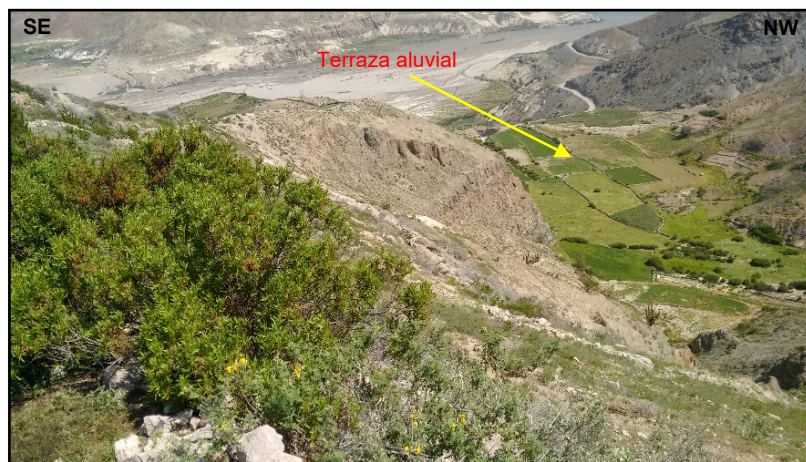


Figura 22: Terraza aluvial en la quebrada Orcomaña.

4.3.2.6. Cono de deyección

Los conos de deyección (Figura 23) esta ubica en la parte baja de las quebradas compuesto por depósitos proluvial, se formó a partir de corrientes temporales de agua y lluvia acumulando fragmentos, lodos en la parte baja de la quebrada. Presenta pendiente muy baja menor 10° .



Figura 23: Vista de cono de deyección.

4.3.3. Geología regional

En las zonas proximales del área de estudio (Anexo PT - 08) podemos encontrar, rocas más antiguas pertenecientes a formación quellaveco (Cretáceo Superior - Paleógeno eocena), compuesto por: Andesita Samanape porfirítica y Toba Samanape Cristalotica, infrayace a formación Tarata (Paleógeno oligocena; P-ta_i), compuesto por: Piroclastos, limolitas, Calizas oscuras, flujos de bloques y clastos volcánicos Perteneciente a Grupo Tacaza. Formación huilacollo (Neogeno miocena; Nm-hl) compuesto por flujos monotomo y clastos de estratos rojos. Esta formación yace con discordancia paralela debajo de la formación Huaylillas (Neogeno miocena; Nm-hl). las formaciones mas recientes pertenecen a desposito aluvial (Cuaternario holocena; Qh-al).

4.3.3.1. Grupo Toquepala (Cretáceo Superior al Eoceno Medio)

Consta de la secuencia volcánica tobacea constituida por las formaciones Paralaque y Quellaveco, esta última compuesto por unidades gruesas de tobas andesíticas y tobas liticas.

Formación Quellaveco (Cretáceo Superior - Paleógeno eocena)

Conocido como volcánico Quellaveco en el cuadrángulo de Moquegua, Comprende un conjunto de cinco unidades volcánicas cuya composición química riolítica abarca más del 80% de toda la secuencia (Martinez y Zuloaga, 2001) las que afloran en el área son la unidad de riolita Samanape.

Unidad inferior (Cretáceo Superior; KsP-sa)

Lavas coherentes de composición química andesítica, porfiríticas bien estratificadas color gris en fresco y blanquecino en afloramiento, se intercalan tobas grises con tono violáceo con fragmentos de plagioclasas y cuarzo la mayoría silicificados y sericitizados, se inclinan ligeramente (15°) en dirección SO (Martinez y Zuloaga, 2001).

Se cuenta con dataciones radimetricas para esta unidad de $52,3 \pm 1,6$ y $52,43 \pm 1,7$ en Mina Cuajone (Clark et.al., 1990) El grosor de esta Unidad se calcula en 600m en el cerro Huacuilcunca al este de Poquera valle de Curibaya.

Unidad superior (Cretáceo Superior-Paleógeno; KsP-sa/tb)

Tobas-lapilli, blanquecinas bien estratificadas que presentan en afloramiento formas redondeadas. Está compuesta de fragmentos líticos, pómez en matriz tobácea bastante alterada, en algunos sectores presentan textura eutaxítica y

reomórficas, se intercalan sistemas de lahares gris marrones compuestos de guijas polimícticas la mayoría de origen volcánico englobado en matriz de arenas gruesas, intercalándose con estratos de limolitas grises y areniscas finas (Martinez y Zuloaga, 2001).

Su relación con la base es discordante asentándose sobre la Unidad Inferior de andesitas e infrayace a la Formación Tarata (miembro Inferior) alcanzando un grosor de 350 m al Norte de Borogaña (De la Cruz y De la Cruz, 2001).

4.3.3.2. Grupo Tacaza

Este grupo aflora a 4 km al Sur y a 10 km al suroeste del volcán Yucamane. Las dataciones realizadas determinaron una edad comprendida entre 30 y 24 Ma , por lo cual se considera que el grupo Tacaza está comprendido entre el Oligoceno Medio al Mioceno Inferior (Mamani et al., 2004). Este grupo consiste en una secuencia de lavas andesíticas y depósitos de flujos piroclásticos soldados o consolidados (ignimbritas) de composiciones riolíticas, dacíticas y andesíticas

Formación Tarata inferior (Paleógeno oligocena; P-ta_i)

Secuencia volcánica de piroclastos arenosos flujo de tobas y lavas. La base al sur del cerro Sevacirca inicia con una intercalación piroclástica gris verdosa y violacea alteradas, también se encuentran flujo de toba de pomez y ceniza blanquecina biotitas amarillo marron, cuarzo, y ligeramente fisibles y laminares; sobre ello se expone secuencia litoclástica ampliamente expuesta, de aspecto masivo y composición básica, por intemperismo sueltos delesnables en bancos menores a 20 m . Las lavas al pie del volcan Yucamane son andesitas de color gris verdoso

y tobas clásticas gris rojizas (De la Cruz y De la Cruz, 2001). Por su posición estratigráfica sobreyaciendo a rocas del Cretaceo-Paleógeno, por el momento se le atribuye la edad que podía ser Paleógena.

Formación Tarata superior (Paleógeno oligocena; P-ta_s)

Secuencia volcánica sedimentaria de amplia extensión. Compuesta de sedimentos laminares (sineritas), seguido por piroclastos. Hacia la parte superior aumenta los clastos subredondeadas a redondeadas de rocas volcánicas, flujo lítico, volcánicos en estratos gruesos con intemperismo esferoidal, intercalación de limolitas y piroclásticos, pasan gradualmente a intercalaciones de limolitas con calizas y hacia el techo abundan niveles de cher. La base de la secuencia sobreyace a depósitos litoclasticos de la Formación Tarata inferior y a la Unidad superior de la Formación Quellaveco, al sur de Tarata el grosor aproximado es de 400 m (De la Cruz y De la Cruz, 2001).

La edad de esta formación se ha determinado en función de su posición estratigráfica, (Jaen, 1965) reporta ostracodos pero de de rango amplio, se le asigna al Paleógeno

Formación Huilacollo (Neogeno miocena; Nm-hl)

Litológicamente la formación Huilacollo se compone de derrames y piroclastos volcánicos, con un predominio de brechas, aglomerados y tufos de grano grueso. La mayor parte de las rocas son de composición andesíticas, aunque todavía se encuentra tufos dacíticos. Esta formación yace con discordancia paralela debajo de la formación Huaylillas. El grosor de la formación varía desde 200 m hasta

1 000 m. en el flanco occidental de la Cordillera de Barroso (Wilson y Garcia, 1962).

La edad de esta formación se le atribuye Neogeno debido a la superposición estratigráfica que sobreyace a rocas del Paleógeno e infrayace a volcánicos del Neógeno que tienen determinaciones radiométricas que fluctúan entre 18 y 22 Ma (De la Cruz y De la Cruz, 2001).

Formación Huaylillas (Neogeno miocena; Nm-hu)

La formación Huaylillas ha sido descrita como una secuencia de ignimbritas dacíticas a riolíticas, de edad 12 a 24 Ma que afloran en las regiones de Tacna y Moquegua prolongándose hasta el territorio chileno (INGEMMET, 1995).

El volcánico Huaylillas alcanza un grosor de 600 m y reposa con discordancia angular directamente encima de las rocas del grupo Toquepala, sin embargo en la localidad típica y otros lugares yace directamente sobre clásticos de la formación Moquegua; superiormente queda cubierto indistintamente y con relación discordante por el volcánico Sencca, la formación Capillune o el volcánico Barroso (Jaen, 1965).

4.3.3.3. Cuaternario

En zona de estudio está constituido por depósitos aluvial y coluvial.

Deposito aluvial (Cuaternario holocena; Qh-al)

Están constituidas por dos tipos de depósitos la primera de ellas son todas aquellas acumulaciones detríticas que se encuentran cubriendo en capas

delgadas no cartografiadas, conformado por rocas volcánicas compuesto por el mismo material de las rocas subyacentes conformando suelos residuales en algunos casos El otro grupo está dado por los depósitos expuestos en el fondo de los valles formando terrazas, o el mismo fondo de valle (De la Cruz y De la Cruz, 2001).

Los Terrazas Fluviales en diversos sectores de los diferentes valles del cuadrángulo, los ríos han cortado sobre sus propios depósitos formando terrazas de variado espesor y amplitud, que se hallan desde 5 hasta 30 m sobre los lechos actuales. Conos de Deyección formados por los ríos salado y callazas al desembocar en la laguna aricota han formado un cono de deyección bastante amplio que en su mayor parte es utilizado para fines agrícolas (Jaen, 1965).

Deposito Coluvial

Los depósitos coluviales se caracterizan por presentar acumulaciones de bloques, gravas, arena y limos en las laderas de los cerros y valles (Soncco y Manrique, 2018). Son acumulaciones constituidas por materiales de diverso tamaño, pero de litología homogénea, se caracterizan por contener gravas angulosas a subangulosas distribuidas en forma caótica, sin selección ni estratificación aparente, con regular a pobre consolidación.

4.3.3.4. Rocas intrusivas

En el sector meridional del cuadrángulo se encuentran afloramientos de rocas plutónicas en forma de stocks y apofis, probablemente pertenecientes al batolito

Andino en todos los casos intrusionan a los volcánicos de grupo Toquepala (Jaen, 1965).

Superunidad Yarabamba constituida por rocas intemperizadas, fácilmente disgregables y fracturadas que aparecen en el sector de Curibaya. Intruye a las formaciones Toquepala y Matalaque. Los afloramientos de granodiorita se encuentran tanto en la margen derecha como izquierda de la laguna Aricota y están intruidos por granitos de color rosáceo a rojizo débilmente actilonizado, que se prolonga desde el sureste de la localidad de Huanuara hasta la margen derecha de la laguna Aricota. Gran parte del afloramiento está cubierto por suelo residual debido a la alteración y el intemperismo (Rodriguez, 2016).

4.3.4. Geología local

En la zona de estudio presenta 5 unidades geológicas (Anexo PT – 09).

4.3.4.1. Deposito coluvial

Deposito coluvial se presenta en mayor cantidad en la zona de estudio ya que proviene de mega deslizamiento (Figura 24), formando lomadas, colinas y altiplanicie, encuentran bastante consolidados. Presenta pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligros severos de erosión.



Figura 24: Deposito coluviodeluvial, donde se aprecia los fragmentos de roca volcánica y matriz de arena limosa origen tobasea.

Los depósitos coluviales están compuestos 45% fragmentos de roca volcánica y 55% matriz fina aproximadamente, la mayor cantidad de fragmentos de rocas provienen de la formación Huaylillas como: ignembrita y toba de color blanco rosáceo a rojo pálido, de composición dacítica a riolítica. La matriz de este depósito es de origen tobasea de color blanco rosáceo.

Los fragmentos de rocas están compuestos por bloques, cantos y gravas de forma sub angulosas a angulosas de origen volcánico. La matriz presenta arenas, limos y arcilla de origen tobasea. Estos depósitos presentan alteración hidrotermal en la quebrada de Orcomaña de color anaranjado, rojo y amarillo (Figura 25).



Figura 25: Depósito coluvial, donde se aprecia alteración hidrotermal.

4.3.4.2. Depósito aluvial

Deposito aluviales (Figura 26) se presenta en la quebrada Orcomaña y en rio Callaza formando terrazas aluviales, se encuentra semi consolidados y con una pendiente muy baja. Estos depósitos se caracterizan por presencia de gravas sub redondeados, arenas y limos de color gris.

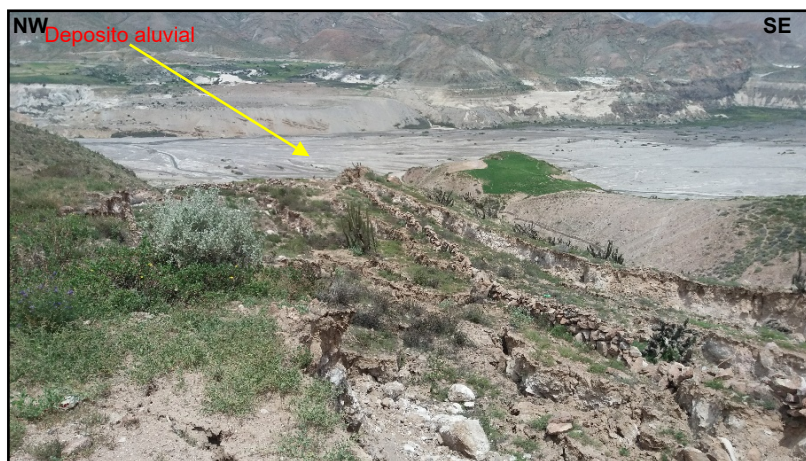


Figura 26: Vista del depósito aluvial en Rio Callaza.

4.3.4.3. Depósito proluvial

El depósito proluvial (Figura 27) está ubicado en la quebrada seca por el sector Matarani y en la quebrada Orcomaña, se caracteriza por contener cantos y gravas sub anguloso a sub redondeado con matriz de arena, limo y arcilla. Este depósito se formó a partir de corrientes temporales de agua y lluvia acumulando fragmentos y lodos en la parte baja de la quebrada.



Figura 27: Depósito proluvial en el sector Matarani.

4.3.4.4. Depósito eluvial

El depósito eluvial (suelo residual) se origina a partir de alteración supergena de rocas volcánicas provenientes de formación Quellaveco, el suelo residual esta debajo de depósito coluvial en los deslizamientos, se caracteriza por contener arena limosa de color gris oscuro, suelo permeable (Figura 28).

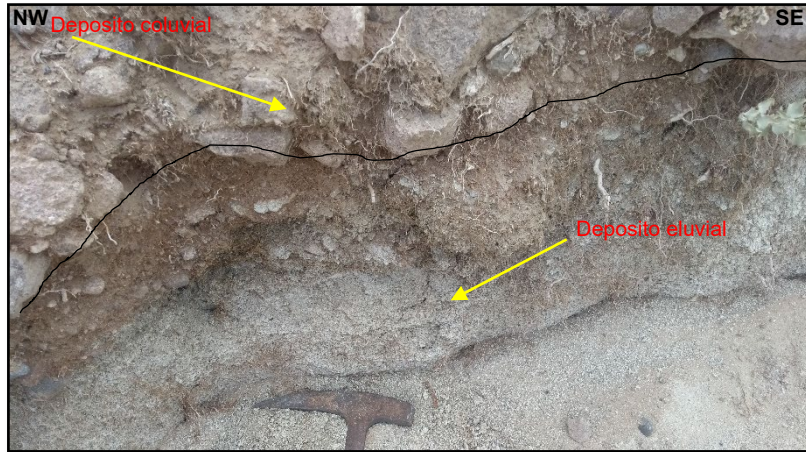


Figura 28: Deposito eluvial subyacen con deposito coluvial en deslizamiento de Orcomaña 1.

4.3.4.5. Formación Quellaveco

La Formación Quellaveco (Figura 29) subyacen a deposito coluvial, se presenta consolidado y alterado superficialmente por altas y bajas temperaturas. En la quebrada Orcomaña aflora en flanco derecho formando ladera de montaña. En flanco izquierda aflora en el deslizamiento de Orcomaña 1.



Figura 29: Afloramiento de la formación Quellaveco en la quebrada Orcomaña.

Esta formación altamente competente, tiene baja permeabilidad ya que está formado por rocas volcánicas como traquiandesitas y tobas piroclásticas son de color gris oscuro. La composición mineralógica tiene a plagioclasa 60% como fenocristales, cuarzo 10% y minerales máficos 30%. Presenta epidotización de plagioclasas y cloritización de minerales máficos.

4.3.5. Estructuras tectónicas

Los Andes Centrales del Sur del Perú constituyen un área clásica de levantamiento debido, principalmente, a tectonismo compresivo; sin embargo, este tectonismo debe haber sido cíclico y episódico, reflejado por la presencia de eventos de extensión relacionado a periodos de relajación entre los eventos compresivos (Noble y Mckee, 1999).

En las zonas adyacentes de la zona de estudio se presenta un pliegue anticlinal de nombre Anticlinal de Cairani, esta estructura está desarrollada en la formación Chachacumane sobre las cuarcitas, es un anticlinal asimétrico cuyo eje tiene rumbo general N60°O y se hunde en el mismo sentido, las formaciones suprayacentes como la formación Toquepala no está afectada; asimismo, dentro de las fallas se encuentra una de las más sobresalientes denominada falla de Incapuquio con un rumbo preferencial N40°-60°O, esta falla afecta directamente a las rocas del sustrato emplazados en el Cretáceo (Formación Toquepala) y en el Mioceno (Formación Huaylillas) y con estructuras de carácter regional, siendo reconocida su traza desde Chile (Sistema de Fallas Domeyko), con más de 200 km de longitud (Tacna,

Moquegua, Arequipa). Esta falla es de tipo transcurrente sinistral (Acosta et al., 2012).

4.4. Mecánica de suelos

La mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas, independientemente de que tenga o no materia orgánica (Terzaghi y Peck, 1973).

Los sistemas de clasificación de suelos tienen por objetivo ordenar los suelos en familias de similares características geotécnicas (Tabla 8), permiten agrupar todas las muestras tomadas durante una campaña de exploración de un terreno y construir perfiles geotécnicos del sitio. Dicha información complementa los datos geológicos, ya que suelos de un mismo origen geológico pueden tener características muy distintas desde un punto de vista geotécnico (Saez, 2010).

Tabla 8.

Clasificación SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Para clasificación visual puede usarse % cm como equivalente a la abertura de la malla N° 4	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Cu= $D_{60}/D_{10}>4$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.
			GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
			SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cu= $D_{60}/D_{10}>6$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4. Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	Arriba de la línea A y con IP entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.		
	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.				
	SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	Equivalencia de símbolos: G = Gravas, S = Arenas, O = Suelos Organicos, P = Turba, M = Limo, C = Arcilla. W = Bien Grada, P = Mal Gradada, L = Baja, Compresibilidad, H = Alta Compresibilidad.
				CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
OL				Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50			MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.		
			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		

Para clasificación visual puede usarse % cm como equivalente a la abertura de la malla N° 4

Las partículas de 0.074 mm de diámetro de malla N° 200 son, aproximadamente, las mas pequeñas visibles a simple vista

Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%-> casos límite que requieren usar doble símbolo.

Carta de plasticidad

Fuente: Crespo (2004).

4.4.1. Excavación de trincheras

En la zona de estudio se realizaron 6 excavaciones de trincheras (Anexo 3.1) de manera estratégica, que permitió obtener muestras representativas del terreno para ensayos de mecánica de suelos, donde a través de sus características se demostrará efecto de infiltración de agua en los deslizamientos de ladera (Figura 30).

En las trincheras se realizó una descripción de perfil estratigráfica (Anexo 3.1), el muestreo de material representativo para determinar las características de suelo y ensayo de densidad in situ por método cono de arena (Figura 31). La muestra obtenida fue derivada a laboratorio para realizar ensayos correspondientes.



Figura 30: Vista del perfil estratigráfico de T-05 en deslizamiento de Matarani.



Figura 31: Ensayo densidad in situ por el método de cono.

Se realizaron 2 excavaciones de trincheras por deslizamiento, la ubicación de las trincheras se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9.

Coordenadas de ubicación de trincheras.

N°	COORDENADAS		UBICACIÓN	DESCRIPCION
	TRIN	ESTE		
T - 01	366 160	8 084 235	Deslizamiento de Orcomaña 2	Suelo de cobertura vegetal
T - 02	366 157	8 083 913	Deslizamiento de Orcomaña 2	suelo coluvial, masa deslizado
T - 03	366 321	8 083 798	Deslizamiento de Orcomaña 1	suelo residual
T - 04	366 368	8 083 847	Deslizamiento de Orcomaña 1	suelo coluvial, masa deslizado
T - 05	366 805	8 083 279	Deslizamiento de Matarani	suelo coluvial, masa deslizado
T - 06	366 749	8 083 282	Deslizamiento de Matarani	suelo coluvial, masa deslizado

4.4.2. Ensayos estándares de suelo

Los ensayos de mecánica de suelos se realizaron según la norma de ministerio de transportes y comunicación (MTC – 2 000), con el fin de obtener las propiedades físicas de los materiales extraídos (Figura 32), los resultados obtenidos permitieron clasificar el tipo de suelo según SUCS, grado de humedad, límite de consistencia (Figura 33) y peso específico (Anexo 3.2 a 3.6).

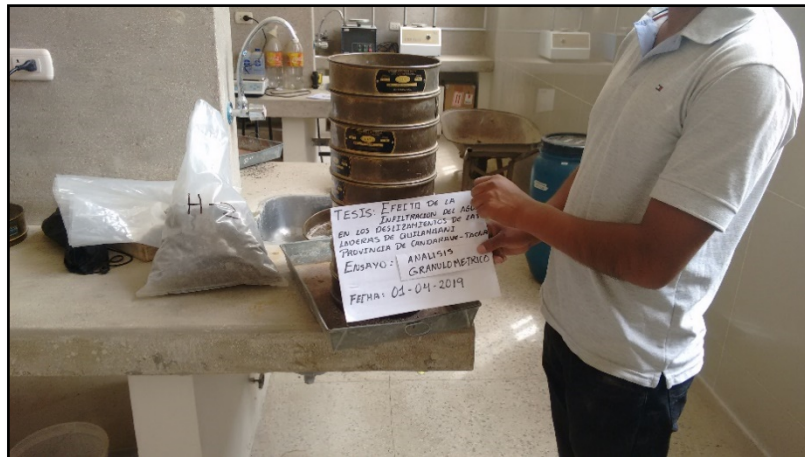


Figura 32: Ensayo análisis granulométrico de suelos por tamizado.

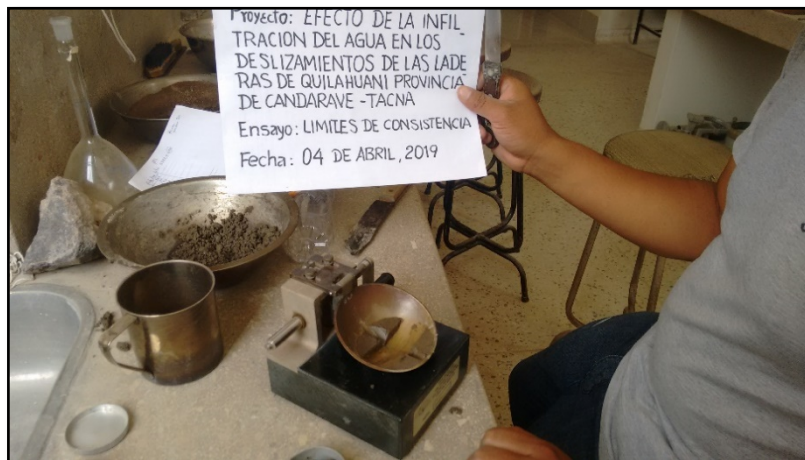


Figura 33: Ensayo de límites de consistencia de suelo.

Los ensayos de mecánica de suelo siguiendo los procedimientos de las normas establecidas de manual de ensayos de materiales (E M 2 000).

A continuación, se muestra la Tabla 10 y 11 con el resumen de los resultados de laboratorio, los ensayos de mecánica de suelos están en los anexos correspondiente

Tabla 10.

Resumen de los ensayos de la muestra obtenida en las trincheras.

N°	CLAS.	PROF.	LÍMITE DE CONSISTENCIA			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			HUMEDAD	PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³)		DENSIDAD IN SITU (gr/cm ³)
			L.L.	L.P.	I.P.	% G	% A	% F		Grueso	Fino	
TRINCHERA	SUCS	(m)							(%)			
T - 01	SM	1,05	31,6	NP	NP	21,4	47,1	31,5	19,2	2,3	2,3	-
T - 02	SM	2,40	28,1	NP	NP	34,7	52,3	13,0	9,7	2,0	2,2	1,53
T - 03	SW - SM	1,23	40,9	NP	NP	19,2	70,0	10,8	9,3	-	2,2	-
T - 04	SW - SM	2,40	26,3	NP	NP	42,2	47,0	10,8	8,5	2,4	2,3	1,87
T - 05	SM	4,90	19,9	NP	NP	27,7	60,3	12,0	5,7	2,2	2,4	-
T - 06	SP - SM	4,90	25,1	NP	NP	37,2	55,8	7,1	4,1	2,4	2,4	-

Tabla 11.

Propiedades físicas del suelo en la zona de estudio.

N°	HUMEDAD	DENSIDAD IN SITU	PESO ESPECÍFICO	RELACION DE VACIOS	POROSIDAD	GRADO DE SATURACION
TRINCHERA	(%)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)	e	n	%
T - 01	19,2	1,53	2,30	0,50	0,33	87,75
T - 02	9,7	1,53	2,12	0,39	0,28	53,31
T - 03	9,3	1,53	2,20	0,44	0,30	46,72
T - 04	8,5	1,87	2,35	0,26	0,20	78,16
T - 05	5,7	1,53	2,34	0,53	0,35	25,25
T - 06	4,1	1,87	2,40	0,28	0,22	34,72

4.4.3. Ensayo especial de suelo

El método de corte directo (Figura 34) se utilizó para determinar la resistencia de corte consolidado drenado de un suelo residual. La prueba de corte directo (Anexo 3.7) es adecuada para un ensayo consolidado drenado para demostrar los objetivos del proyecto, se realizó a un suelo premoldeado siguiendo los procedimientos de la norma *ASTM - D3080* (Figura 35 y 36).

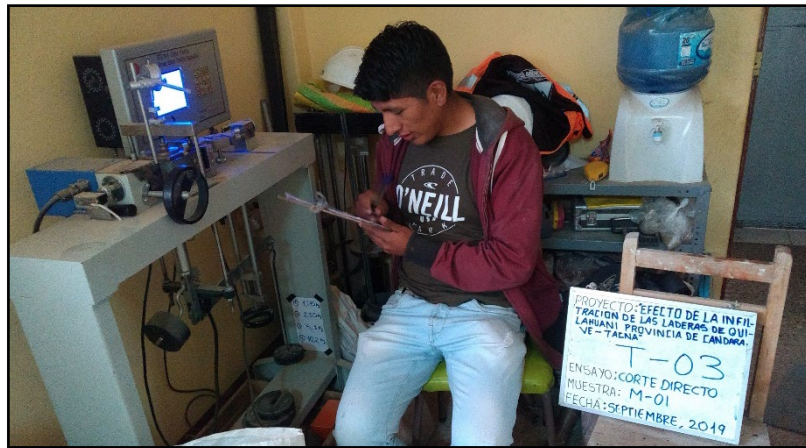


Figura 34: Ensayo de corte directo (*ASTM - D3080*).

Los resultados del ensayo son aplicables a situaciones de campo donde la consolidación completa ha ocurrido bajo la sobrecarga existente, y la falla es alcanzada lentamente de modo tal que los excesos de presiones de poro son disipados. El ensayo también es útil para determinar la resistencia al corte a lo largo de planos débiles reconocibles dentro del material de suelo.

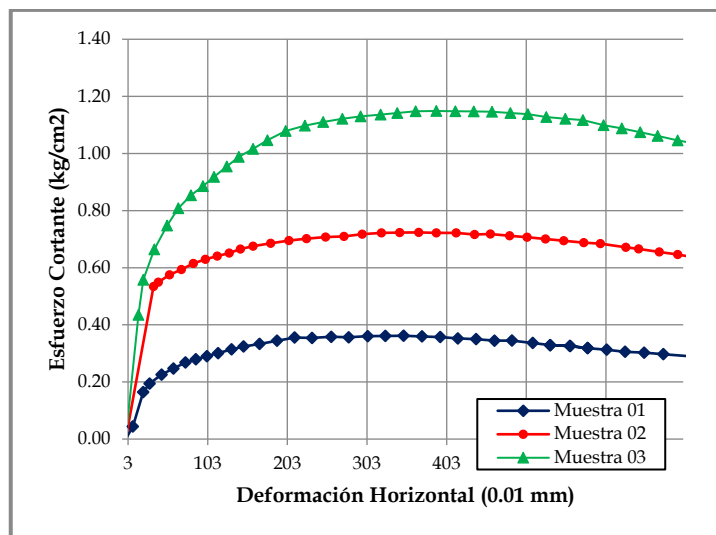


Figura 35: Envolvente de falla, ensayos corte directo suelo eluvial (T-03).

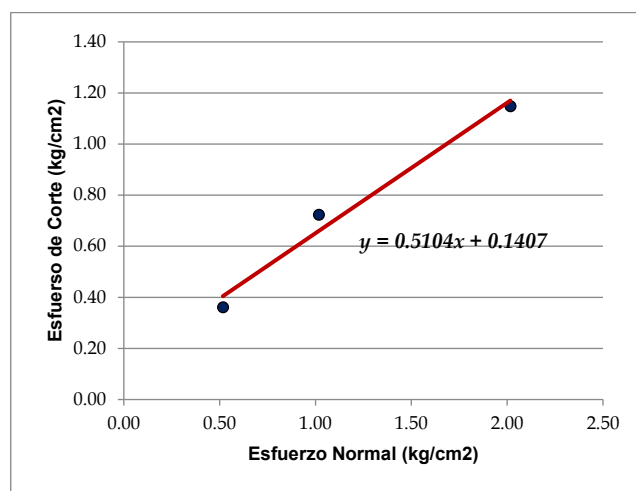


Figura 36: parámetros de resistencia del suelo eluvial (T-03). Ensayo de corte directo. Norma ASTM 3080.

Tabla 12

Resultados de ensayo de corte directo

	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN Kg/cm2 (C)	0.140	0.133
ANGULO DE FRICCIÓN (°)	27.04	26.43

Ensayo de corte directo fue realizado a partir de una muestra obtenida en campo ubicado en deslizamiento de Orcomaña 1 en la trinchera T-3, la muestra pertenece a deposito eluvial (suelo residual) producto de alteración supérgena de las rocas volcánicas, según la clasificación SUCS es suelo de tipo SW-SM (Arena bien graduadas con limo).

Los resultados de ensayo de corte directo (Tabla 12) es cohesión 0.140 kg/cm² y el ángulo de fricción máximo fue de 27.04° condiciones drenados con agua, valores que son típicos de los suelos granulares.

4.5. Caracterización de macizo rocoso

La mecánica de rocas es la predicción del comportamiento mecánico del macizo rocoso en una determinada obra o explotación sujeta a las cargas que se le apliquen a lo largo de toda su vida operativa contemplada desde este punto de vista la mecánica de rocas se debería llamar más propiamente ingeniería de los macizos rocosos (Ramirez y Alejano, 2004). La mecánica de rocas se ocupa del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos, y de su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en tu entorno físico (Gonzales de Vallejo, 2002).

Se realizo la caracterización geomecánica del afloramiento de roca volcánica (Figura 37) ubicado en deslizamiento de Orcomaña 1 con coordenadas UTM 366 145 E 8 083 851 N, Las propiedades Geomecánicas de los materiales fueron obtenidas a partir de: Ensayos in situ, bajo un estricto programa de investigación y cartografiado geológico y geotécnico.



Figura 37: Afloramiento de rocas volcánicas en deslizamiento de Orcomaña 2.

4.5.1. Resistencia

De acuerdo de la estimación aproximada de resistencia de la roca con golpes de picota de geólogo se determinó la resistencia de las rocas que se afloran en los deslizamientos de Orcomaña 1. En campo se golpeó 5 veces antes que se fracturara la roca volcánica según la Tabla 13 pertenece a roca dura con una compresión simple de 50 – 100 Mpa.

Tabla 13.

Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de rocas a partir de índices de campo

Clase	Descripción	Identificación de campo	compresión simple (Mpa)
S1	Arcilla muy blanda	El puño penetra fácilmente varios cm.	< 0,025
S2	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0,025-0,05
S3	Arcilla firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo	0,05-0,1
S4	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,1-0,25
S5	Arcilla muy rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25-0,5
S6	Arcilla dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	> 0,5
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25-1,0
R1	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente	1,0-5,0
R2	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5,0-2,5
R3	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla.	50-100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla.	100-250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo solo saltan esquirlas.	>250

Fuente: Gonzales de Vallejo (2002).

4.5.2. Designación de la calidad de la roca (RQD)

Para determinar la calidad de roca hay que tomarla con las debidas precauciones, ya que su valor depende no solo de la fracturación del macizo rocoso sino también de otros factores, actividades antrópicos y alteración de la roca en la superficie.

Se determino RQD a partir de datos en afloramientos de macizo rocoso, se utilizó la siguiente relación, la cual nos proporciona una estimación visual (Deere, 1963).
 $RQD = 110 - 2.5 \times J_v$, donde J_v es el índice volumétrico de juntas o numérico de juntas por metro cubico.

En campo se seleccionó una zona representativa de 1 m^3 en el cual se determino numero de juntas que intersecta a macizo rocoso $J_v = 23$, Se determino la calidad de roca como REGULAR, ($RQD = 110 - 2.5 \times 23 = 52.5$).

4.5.3. Evaluación geomecánica de Bieniawski (RMR)

La clasificación RMR (Tabla 14) ha sido desarrollada por Bieniawski entre los años 1972 a 1989 y está basada en mediciones de campo de más de 300 casos de túneles, cavernas y cimentaciones en el mundo (Bieniawski, 1989).

Esta clasificación toma en cuenta seis parámetros básicos que son:

- Resistencia de la roca inalterada (usando la clasificación de la resistencia a la compresión uniaxial de Deere y Miller)
- Estado de las discontinuidades (abertura, continuidad, rugosidad, estado de las paredes, relleno en fisuras).
- Espaciamiento de las discontinuidades.
- El RQD (índice de la calidad de la roca, Deere).
- Las condiciones del agua subterránea.
- La orientación de las discontinuidades respecto a la excavación.

Tabla 14.*Valoración del RMR de Bieniawski respecto a la Condición de Fractura Detallada*

Parámetro de Discontinuidad	Condición o Característica				
	<1	1 - 3	3 - 10	10 – 20	>20
Continuidad (m)	<1	1 - 3	3 - 10	10 – 20	>20
Valoración	6	4	2	1	0
Apertura (mm)	0	<0.1	0.1 - 1	1 - 5	>5
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Lisa o Suave	Pulida
Valoración	6	5	3	1	0
Condición de Relleno	Sin Relleno	Duro <5mm	Duro >5mm	Blando <5mm	Blando >5mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Fresca	Ligeramente Alterada	Moderadamente Alterada	Muy Alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0

*Fuente: Gonzales de Vallejo (2002).***Tabla 15.***Resultados de evaluación RMR básico del macizo de rocoso*

Parámetros	Valor	Valuación
Resistencia a la compresión simple (Mpa)	50 - 100	7.0
RQD (%)	52,5	13.0
Espaciamiento entre diaclasas (m)	0,2 - 0,6 m	10.0
Persistencia	3,0 - 10,0 m	2.0
Abertura	1,0 - 5,0mm	1.0
Rugosidad	Algo rugosa	3.0
Relleno	Duro (< 5 mm)	2.0
Intemperización	Moderadamente Alterado	3.0
Agua subterránea	Seco	15.0
Valuación RMR		56.0
Descripción		Roca regular

Tabla 16.*Escala de calidades de la clasificación RMR*

Valoración RMR (%)	Clase	Descripción
8 - 19	V	Roca muy mala
20 - 39	IV	Roca mala
40 - 59	III	Roca regular
60 - 79	II	Roca buena
80 - 99	I	Roca muy buena

Fuente: Gonzales de Vallejo (2002).

En el Tabla 15 y 16 se muestra la evaluación de RMR, según la zonificación del presente estudio. En ella se incluyen las puntuaciones para cada rubro, el detalle de los parámetros que definen el estado de las diaclasas, así también, clasifica según la valoración. El resultado obtenido es de roca regular de clase III. La relación entre RMR y las propiedades geomecánicas (Tabla 17) tiene una cohesión de 2 – 3 kg/cm³ y ángulo de fricción de 25° – 35°.

Tabla 17.*Relación entre RMR y propiedades geomecánicas*

Clase	Calidad del Macizo	RMR	Cohesión (kg/cm ²)	Angulo de fricción (°)
I	muy buena	81 - 100	> 4	> 45
II	buena	61 - 80	3 - 4	35 - 45
III	regular	41 - 60	2 - 3	25 - 35
IV	mala	21 - 40	1 - 2	15 - 25
V	muy mala	0 - 20	<1	<15

Fuente: Gonzales de Vallejo (2002).

4.5.4. Análisis estereográfico

Este análisis identifica las familias de discontinuidades principales y secundarias para la determinación de los dominios estructurales. La información estructural obtenida de la revisión de información y de las investigaciones de campo ha sido procesada con el apoyo del software Dips V6 (Rocscience). Presenta tres familias bien definidas, Fm 01, Fm 02 y Fm 03 (Figura 38, Tabla 18).

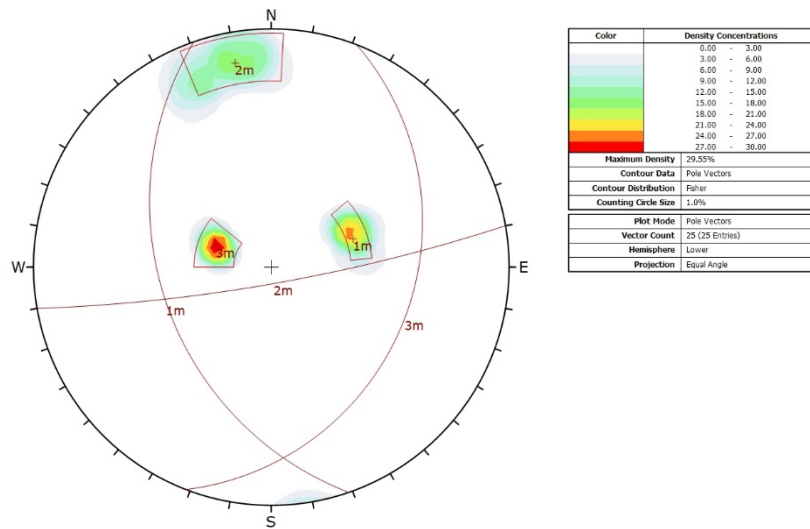


Figura 38: Proyección de densidad de polos en estereofalsilla y determinación de número de familias.

Tabla 18.

Resumen de familias de discontinuidades

Familia	Buzamiento (°)	Dirección de buzamiento (°)
Fm - 01	40	251
Fm - 02	10	170
Fm - 03	28	111

4.6. Prospección geofísica

Los métodos geofísicos basan su aplicación en un fuerte contraste de las propiedades físicas de los materiales geológicos, entre las que se encuentran, densidad, potenciales naturales, permeabilidad magnética, potenciales REDOX, conductividad térmica, etc., y dependiendo de las condiciones físicas y morfológicas del sitio de estudio, se podrán aplicar diversas técnicas geofísicas para resolver un problema (Manilla, 2003).

En este proyecto se realizó tres métodos geofísicos, con la finalidad de obtener un modelo geológico bien definido, así poder explicar las características de estrato. Los métodos geofísicos realizados son: Tomografía eléctrica, refracción sísmica y ensayos de masw, todos los métodos son indirectos.

Refracción sísmica

Los ensayos de refracción sísmica se realizaron la finalidad de determinar de forma indirecta la estratigrafía y las principales características sísmicas del suelo, se generaron perfiles de velocidades de ondas sísmicas primarias. A partir de los ensayos geofísicos es posible evaluar el comportamiento del terreno. Se ejecutaron un total de 7 líneas de refracción sísmica con una longitud máxima de 115 m, la ubicación de los ensayos sísmicos se presenta en las Tablas 19, la interpretación de los ensayos sísmicos fue correlacionada con el mapeo geológico - geotécnico realizado en campo.

Los ensayos sísmicos fueron ejecutados en la zona de estudio (Figura 39). Los procedimientos de refracción sísmica para cada línea, se realizó siguiendo la norma técnica ASTM D-5777-00 (2011).

Tabla 19.

Ubicación de las líneas de refracción sísmica

Línea de refracción sísmica	Longitud (m)	Coordenadas iniciales UTM (WGS84)		Coordenadas finales 1UTM (WGS84)	
		Este	Norte	Este	Norte
LS - 01	115	366 779	8 083 313	366 874	8 083 203
LS - 02	115	366 769	8 083 276	366 866	8 083 169
LS - 03	115	366 739	8 083 266	366 833	8 083 152
LS - 04	115	366 284	8 083 929	366 410	8 083 861
LS - 05	115	366 331	8 083 830	366 435	8 083 753
LS - 06	115	366 199	8 084 203	366 273	8 084 079
LS - 07	115	366 102	8 084 050	366 159	8 083 927



Figura 39: refracción sísmica, origen de ondas primarias a través de un tiro, luego son registrados en cada geófono.

A continuación (Tabla 20), se muestra los resultados de refracción sísmica, desde Anexo PGF – 01 a PGF – 07, se muestra los perfiles sísmicos de velocidades de onda P (V_p) desarrollados y con sus respectivas ubicaciones en la zona de estudio.

Tabla 20.*Resumen de las líneas de refracción sísmica*

Ubicación	Línea de refracción sísmica	Estrato sísmico	Espesor (m)	Vp (m/s)	Descripción
Deslizamiento de Matarani	LS - 01 (PGF -01)	1	1 - 3	100 - 400	Suelo de cobertura vegetal
		2	3 - 17	400 - 800	Deposito coluvial
		3	0.5 - 10	800 – 1 000	Deposito Eluvial (Residual)
		4	-	1 000 - 1 400	Roca volcánica fracturada
	LS - 02 (PGF -02)	1	1 - 2	100 - 400	Suelo de cobertura vegetal
		2	1 - 27	400 - 800	Deposito coluvial
		3	0.5 - 8	800 – 1 000	Deposito Eluvial (Residual)
		4	-	1 000 - 1 400	Roca volcánica fracturada
	LS - 03 (PGF -03)	1	2 - 3	100 - 400	Suelo de cobertura vegetal
		2	1 - 30	400 - 800	Deposito coluvial
		3	2 - 7	800 – 1 000	Deposito Eluvial (Residual)
		4	-	1 000 – 1 400	Roca volcánica fracturada
Deslizamiento de Orcomaña 1	LS - 05 (PGF -05)	1	1 - 2	100 - 400	Suelo de cobertura vegetal
		2	3 - 25	400 - 800	Deposito coluvial
		3	6 - 25	800 – 1 000	Deposito Eluvial (Residual)
		4	-	1 000 – 1 400	Roca volcánica fracturada
	LS - 07 (PGF -07)	1	4 - 8	400 - 800	Deposito coluvial
		2	1 - 8	800 – 1 000	Deposito Eluvial (Residual)
		3	-	1 000 – 1 400	Roca volcánica fracturada
Deslizamiento de Orcomaña 2	LS - 04 (PGF -04)	1	1 - 2,5	100 - 400	Suelo de cobertura vegetal
		2	4 - 26	400 - 800	Deposito coluvial
		3	1 - 10	800 – 1 000	Deposito Eluvial (Residual)
		4	-	1 000 - 1400	Roca volcánica fracturada
	LS - 06 (PGF -06)	1	4 - 7	400 - 800	Deposito coluvial
		2	1 - 2	800 – 1 000	Deposito Eluvial (Residual)
		3	-	1 000 - 1 400	Roca volcánica fracturada

Las líneas de refracción sísmica tienen una dirección NW - SE, con una longitud de 115 ml, se ubican de forma longitudinal paralela a escarpa logrando alcanzar una profundidad aproximada de investigación de 50 m.

La interpretación se muestra en Tabla 20. Se aprecia un primer estrato de cobertura vegetal (velocidades primarias entre 100 a 400 m/s) con espesores que varían entre 1 y 3 metros. Debajo continúa un estrato con velocidades primarias entre 400 a 800 m/s conformado por depósito coluvial compuesto por bloques cantos y gravas con matriz arena limosa de naturaleza tobacea que correspondiente a mega deslizamiento de formación Huaylillas, espesores que varían entre 1 y 27 metros. Debajo de suelo coluvial está Depósito eluvial (suelo residual) con velocidades primarias entre 800 a 1 000 m/s conformado por arena limosa producto de alteración supergena de rocas volcánicas, espesores que varían entre 0.5 y 10 metros. En la base se aprecia las rocas volcánicas de formación Quellaveco, son rocas muy fracturadas con velocidades primarias entre 1 000 – 1 400 m/s.

Método MASW

Ensayo de MASW se realizó mediante el registro in situ de las formas de onda sísmicas en el terreno, se ha procedido a su producción artificial sobre el suelo en puntos arbitrarios, y su detección mediante geófonos distribuidos a lo largo de la superficie de manera rectilíneas y alineados, con el punto de origen de la perturbación (punto de tiro), en cada geófono se registra el tiempo de llegada de ondas secundarias, en arreglo multicanal de ondas superficiales (MASW).

En total se realizó 4 ensayos de MASW en la zona de estudio (Tabla 21), cada punto 72 metros de longitud y profundidad de 30 metros (Imagen 40), Los procedimientos de ensayos de MASW para cada punto, se consideró la norma Peruana de Diseño Sismo Resistente E.030.



Figura 40: Ensayo de MASW, conexión de geófonos cada 3 metros para el ensayo de MASW.

Tabla 21.

Ubicación de ensayos de ondas superficiales MASW

MASW	Profundidad (m)	Coordenadas UTM (WGS84)	
		Este	Norte
MASW - 01	30	366347	8083901
MASW - 02	30	366388	8083790
MASW - 03	30	366125	8083990
MASW - 04	30	366229	8084137

En la Tabla 22, se muestra los resultados de ensayo de MASW, desde Anexo PGF – 08 a PGF – 11 se presentan los resultados de velocidades de onda S (V_s) desarrollados y con sus respectivas ubicaciones en la zona de estudio.

Tabla 22.*Resumen de los ensayos MASW*

Ubicación	Ensayo de MASW	Estrato sísmico	Profundidad (m)	Vs (m/s)	Descripción
Deslizamiento de Orcomaña 1	MASW - 02 (PGF -09)	1	0 - 15	290 - 353	Suelo coluvial medianamente denso
		2	15 - 30	353 - 382	Suelo coluvial muy denso
	MASW - 04 (PGF -11)	1	0 - 4	293 - 329	Suelo coluvial medianamente denso
		2	4 - 30	377 - 516	Roca fracturada
Deslizamiento de Orcomaña 2	MASW - 01 (PGF -08)	1	0- 4	310 - 365	Suelo coluvial medianamente denso
		2	4 - 30	365 - 410	Suelo coluvial muy denso
	MASW - 03 (PGF -10)	1	0 - 9	240 - 352	Suelo coluvial medianamente denso
		2	9 - 30	384 - 460	Roca fracturada

La interpretación de resultados se muestra en Tabla 22. Se aprecia un primer estrato de suelo coluvial medianamente denso (velocidades secundarias entre 240 a 365 m/s) con espesores que varían entre 4 y 15 metros. Debajo continúa un estrato con velocidades secundarias entre 353 a 410 m/s conformado por depósito Suelo coluvial muy denso, espesores que varían entre 15 y 26 metros. En MASW – 3 y MASW 4 se encontró roca muy fracturada con velocidades secundarias entre 377 a 516 m/s.

Tomografía eléctrica

Tomografía eléctrica se realizó mediante el registro in situ de las formas de resistividad multielectrónico de terreno, El arreglo geométrico de electrodos que se utilizó es dipolo – dipolo, con la finalidad de buscar zonas húmedas, saturadas

y suelos permeables. la medición del potencial eléctrico en un semiespacio homogéneo se hace mediante arreglo geométrico de electrodos (dipolo – dipolo).

El mayor conveniente en esta fase de trabajo fue el suelo húmedo, por el desarrollo de la agricultura, la humedad de suelo permitió el contacto de los electrodos con el suelo, solo así fue posible enviar corriente eléctrica al subsuelo (Tabla 23, Figura 41).

Tabla 23.

Ubicación de las líneas de tomografía eléctrica

Línea de tomografía eléctrica	Longitud (m)	Coordenadas iniciales UTM (WGS84)		Coordenadas finales UTM (WGS84)	
		Este	Norte	Este	Norte
TM - 01	305	366 718	8 083 398	366 943	8 083 193
TM - 02	299	366 871	8 083 363	366 752	8 083 088
TM - 03	288	366 369	8 083 910	366 513	8 083 628
TM - 04	285	366 146	8 084 292	366 313	8 084 022



Figura 41: *Prospección geofísica con método de Tomografía Eléctrica.*

Sección Tomográfica LTG – 01

Tiene una dirección NW - SE, longitud de 305 ml, presenta pendiente baja, se ubica de forma paralela a la escarpa del deslizamiento de Matarani, logrando alcanzar una profundidad de investigación de 35 metros.

La interpretación numérica se muestra en Anexo PFG - 12. En primer estrato entre las progresivas 0 y 260 metros, con bajas resistividades (5,5 a 150 Ohm*m) que corresponde a arenas limosas, cantos y bloques que son zonas permeables y húmedas con espesores entre 5 y 15 metros. Por debajo del primer estrato entre las progresivas 100 a 180 metros a una profundidad de 15 metros corresponde material compuesto por bloques de roca, cantos y matriz arena limosa con resistividad de 50 a 200 Ohm*m. Desde la progresiva 180 metros hasta el final se presenta una zona de alta resistividades que indicaría que el material conformado por rocas volcánicas intacta. Entre las progresivas 20 a 100 metros a una profundidad de 8 metros corresponde a roca volcánica fracturado con resistividades.

Sección Tomográfica LTG – 02

Tiene una dirección NE - SW, longitud de 299 ml, presenta pendiente moderada, se ubica de forma perpendicular a la escarpa del deslizamiento de Matarani, logrando alcanzar una profundidad de investigación de 45 metros.

La interpretación se muestra en Anexo PFG - 13. En primer estrato entre las progresivas 0 y 110 metros, con bajas resistividades (30 a 600 Ohm*m) que corresponde a arenas limosas, cantos y bloques que son zonas permeables y

húmedas con espesores entre 5 y 10 metros. Por debajo del primer estrato a una profundidad de 10 metros corresponde rocas volcánicas con resistividad de 1 500 a 37 000 Ohm*m. Desde la progresiva 110 metros hasta el final se presenta una zona de masa deslizada, material suelto con baja resistividades 10 a 1 000 Ohm*m con espesores 15 y 20 metros. Por debajo de suelo deslizada a una profundidad de 18 metros corresponde a roca volcánica con resistividades elevados.

Sección Tomográfica LTG – 03

Tiene una dirección NW - SE, longitud de 288 ml, presenta pendiente baja, se ubica de forma paralela a la escarpa del deslizamiento de Orcomaña 2, logrando alcanzar una profundidad de investigación de 45 metros.

La interpretación se muestra en Anexo PFG - 14. En primer estrato entre las progresivas 0 y 160 metros, con bajas resistividades (10 a 400 Ohm*m) que corresponde a arenas limosas, gravas y cantos que son zonas permeables y húmedas con espesores entre 5 y 45 metros. Por debajo del primer estrato a una profundidad de 5 metros corresponde bloques y cantos con una matriz arena limosa con resistividad de 400 a 37 000 Ohm*m. Desde la progresiva 160 metros hasta el final presenta resistividades altas (1 500 a 37 000 Ohm*m), constituyen rocas volcánicas, Entre la progresiva 120 y 180 presenta una zona de baja resistividades que indica roca volcánica muy fracturada.

Sección Tomográfica LTG – 04

Tiene una dirección NW - SE, longitud de 285 m, presenta pendiente moderada, se ubica de forma paralela a la escarpa del deslizamiento de Orcomaña 1, logrando alcanzar una profundidad de investigación de 47 metros.

La interpretación se muestra en Anexo PFG - 15. En primer estrato la superficie entre las progresivas 0 y 285 metros, con bajas resistividades (10 a 400 Ohm*m) que corresponde a arenas limosas, gravas y cantos que son zonas permeables y húmedas con espesores entre 5 y 45 metros. Por debajo del primer estrato entre progresivas 100 y 180 metros a una profundidad de 5 metros corresponde roca volcánica fracturada con resistividad de 800 a 10 000 Ohm*m. Desde la progresiva 180 metros hasta el final presenta resistividades altas (1 500 a 3 700 Ohm*m), constituyen rocas volcánicas intactas.

4.7. Hidrología e hidrogeología

La hidrogeología es un factor determinante en la ocurrencia de deslizamientos de tierra. La mayoría de los deslizamientos que ocurren en las zonas tropicales están relacionados con eventos de lluvias. Si se conoce con cierta precisión el comportamiento hidrogeológico de un sitio o área determinada, es posible pronosticar la ocurrencia de deslizamientos, flujos o avalanchas, relacionados con los eventos de lluvias, lo cual permitiría activar programas de manejo de riesgos. Sin embargo, la mayoría de los deslizamientos ocurren en condiciones geológicas complejas y la modelación hidrogeológica es difícil (Suarez, 2010).

(Lan et al., 2003), reportan que la respuesta más rápida ocurre en taludes con espesores residuales poco profundos y los taludes con perfil de meteorización más profundos tienen una respuesta más lenta. En este proceso al inicio de la lluvia, la presión de poros es negativa y la succión debida a la situación no saturada produce inicialmente un estado de estabilidad del talud. Al continuar el proceso de lluvia y de infiltración se inicia un proceso de disminución de la succión y aumento de la presión positiva con disminución de las condiciones de estabilidad y llega un momento en el cual, el factor de seguridad puede ser inferior a uno y se produce un deslizamiento.

4.7.1. Hidrografía

Las quebradas y los ríos que se forman en esta región pertenecen a la cuenca del río Locumba, son de naturaleza irregular y torrentosa, poco profunda y dada la calidad del agua, tienen tendencia a incrementar su nivel de salinidad (Fidel y Huaman, 2001).

4.7.2. Nivel freático

Se define como nivel freático al lugar geométrico de puntos del suelo en los que la presión de agua es igual a la atmosférica. Corresponde además al lugar geométrico de los niveles que alcanza la superficie del agua en los pozos de observación en comunicación libre con los huecos del suelo. Por debajo del nivel freático las presiones neutras son positivas. Para condiciones estáticas del agua, en un cierto suelo, el nivel freático sería una superficie horizontal, sin embargo, si existe la posibilidad de que el agua fluya dentro del suelo, ya no hay razón para que el nivel freático siga siendo horizontal. (Jimenez y Justo, 1975).

4.7.3. Permeabilidad e infiltración

El valor del coeficiente de permeabilidad (K) se usa como una medida de resistencia al flujo ofrecida por el suelo (Tabla 24). También podemos definirla como la facilidad con que se mueve un fluido a través de cualquier medio poroso. Cualquier material con vacíos es poroso y si los vacíos están interconectados, posee permeabilidad (Valoyes, 2013).

Tabla 24.

Intervalos de valores de k (cm/s)

k (cm/s)	Tipo de material	Descripción
10 ²	Gravas limpias	Muy buen drenaje
10 ¹		
10 ⁰		
10 ⁻¹		
10 ⁻²	Arenas limpias	Buen drenaje
10 ⁻³		
10 ⁻⁴		
10 ⁻⁵	Mezclas gravas-arena (arcilla fisurada y alterada)	Mal drenaje
10 ⁻⁶	Arenas muy finas	
10 ⁻⁷	Limos y arenas limosas	Prácticamente impermeable
10 ⁻⁸	Limos arcillosos (mayor de 20% arcilla)	
10 ⁻⁹	Arcillas sin fisuras	

Fuente: Terzaghi y PeckR (1980).

Se utilizó el método de Porchet es para determinar la permeabilidad de suelo, consiste en un agujero cilíndrico, excavado en tierra, de radio y profundidad constante, en el cual se mide el descenso del nivel del agua dentro del pozo a través del tiempo (Imagen 42 y 43) (Kessler y Oosterbaan, 1994).

Ecuación de permeabilidad K_{fs}

$$k_{fs} = \frac{a}{2(t_2 - t_1)} * \ln \left(\frac{2H_1 + a}{2H_2 + a} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Donde: permeabilidad (k_f), tiempo inicial (t_1), tiempo final (t_2), altura de agua inicial (H_1), altura de agua final (H_2) y radio (a).

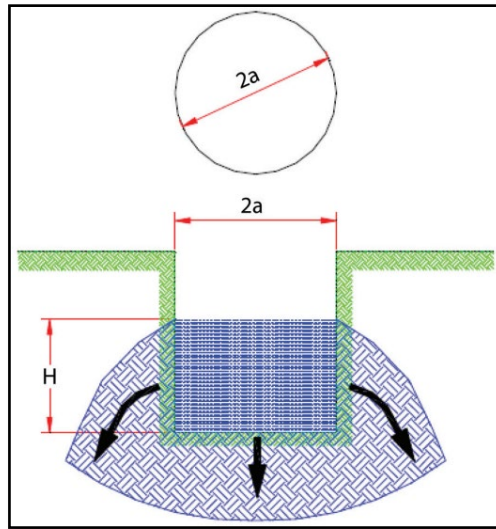


Figura 42: Esquema del método de Porchet (Kessler y Oosterbaan, 1994).



Figura 43: Ensayo de permeabilidad in situ (método porchet).

Se realizaron 2 ensayos en el campo luego en gabinete se procesaron los resultados (Tabla 25, Figura 44).

Tabla 25.

Datos obtenidos en campo para determinar la permeabilidad del suelo

Descenso (cm)	Total altura de agua (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (s)
1.45	19.25	0,0000	0
2.20	17.80	0,5000	30
1.90	15.60	1,0000	60
1.70	13.70	1,5000	90
1.20	12.00	2,0000	120
1.09	10.80	2,5000	150
0.86	9.71	3,0000	180
0.85	8.85	3,5000	210
0.95	8.00	4,0000	240
0.80	7.05	4,5000	270
0.70	6.25	5,0000	300
0.63	5.55	5,5000	330
0.53	4.93	6,0000	360
0.38	4.39	6,5000	390
0.29	4.02	7,0000	420
0.32	3.73	7,5000	450
0.28	3.41	8,0000	480
0.01	3.13	8,5000	510
0.02	3.12	9,0000	540
0.11	3.10	9,5000	570
0.02	2.99	10,0000	600
0.02	2.97	10,5000	630
0.01	2.95	11,0000	660
0.01	2.94	11,5000	690
2.93	2.93	12,0000	720

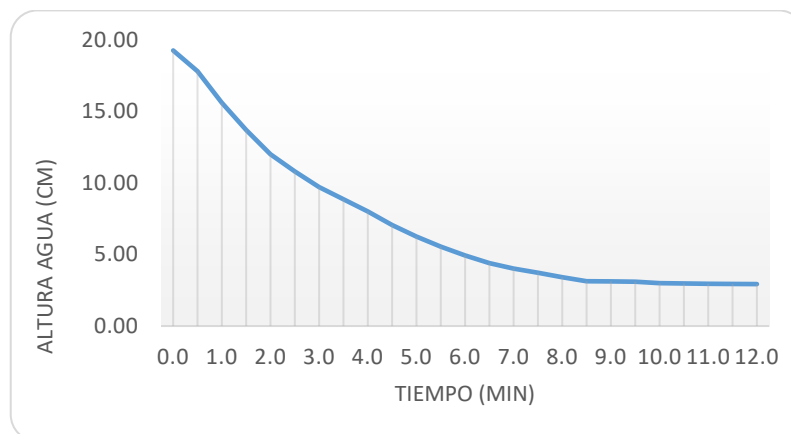


Figura 44: Prueba de permeabilidad por metodo Porchet

Remplazando valores obtenidos de la tabla a la ecuación (3) determinamos valor de la permeabilidad k_{fs} es equivalente a $4,49 \times 10^{-4}$ cm/seg.

Tiempo inicial (t1) = 90 s.

Tiempo final (t2) = 720 s.

Altura de agua inicial (H1) = 0,137 m.

Altura de agua final (H2) = 0,0293 m.

Radio a = 0.105 m.

La infiltración es la entrada de agua dentro del perfil del suelo en forma vertical, es un proceso de gran importancia práctica para el diseño y la evaluación del riego en la parcela. Inicialmente, al aplicar agua, el valor de infiltración es alto y, a medida que se incrementa el contenido de agua en el suelo, disminuye paulatinamente hasta llegar a un valor constante denominado velocidad de infiltración básica (Delgadillo y Perez, 2016).

Factores que afectan la velocidad de infiltración del agua en el suelo (Gurovich, 1985): Sellamiento superficial, Compactación del suelo, Partículas o grietas del suelo, Preparación del suelo, Materia orgánica y rotación de cultivos, Sales del suelo y del agua, Sedimentos en el agua de riego y Perfil del suelo. La tasa de infiltración se realiza a partir de Especificaciones Técnicas Diseño de Pruebas de Infiltración (UNATSABAR, 2003) se determina mediante ecuación 4 (Figura 45 y Tabla 26).

$$Q = 315.5x\left(\frac{h}{t}\right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (4)$$

Donde: Q = Tasa de infiltración de lt/m² - día

h = Descenso de nivel de agua en el tiempo de la prueba (mm).

t = Tiempo demandado para el descenso del nivel de agua expresado en segundos



Figura 45: Excavación del hoyo para realizar la prueba de tasa de infiltración.

Tabla 26.

Cálculo de tasa de infiltración de la zona de estudio

ITEM	Total altura de agua (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (Seg)	Infiltración (cm)	Tasa Infiltración (min/cm)	Tiempo (min) 1cm	Q (lt/m ² /día)
1	19.25	0.00	0	0	0	0	0
2	17.80	0.50	30	1.45	20.69	20.69	28.32
3	15.60	1.00	60	2.20	13.64	13.64	34.88
4	13.70	1.50	90	1.90	15.79	15.79	32.41
5	12.00	2.00	120	1.70	17.65	17.65	30.66
6	10.80	2.50	150	1.20	25.00	25.00	25.76
7	9.71	3.00	180	1.09	27.52	27.52	24.55
8	8.85	3.50	210	0.86	34.88	34.88	21.81
9	8.00	4.00	240	0.85	35.29	35.29	21.68
10	7.05	4.50	270	0.95	31.58	31.58	22.92
11	6.25	5.00	300	0.80	37.50	37.50	21.03
12	5.55	5.50	330	0.70	42.86	42.86	19.67
13	4.93	6.00	360	0.63	48.00	48.00	18.59
14	4.39	6.50	390	0.53	56.07	56.07	17.20
15	4.02	7.00	420	0.38	80.00	80.00	14.40
16	3.73	7.50	450	0.29	103.45	103.45	12.66
17	3.41	8.00	480	0.32	95.24	95.24	13.20
18	3.13	8.50	510	0.28	105.63	105.63	12.53
19	3.12	9.00	540	0.01	5000.00	5000.00	1.82
20	3.10	9.50	570	0.02	1500.00	1500.00	3.33
21	2.99	10.00	600	0.11	272.73	272.73	7.80
22	2.97	10.50	630	0.02	1500.00	1500.00	3.33
23	2.95	11.00	660	0.02	1500.00	1500.00	3.33
24	2.94	11.50	690	0.01	3000.00	3000.00	2.35
25	2.93	12.00	720	0.01	3000.00	3000.00	2.35
					Promedio	79,97	17,14

Se realizaron 2 ensayos en el campo luego en gabinete se procesaron los resultados (Tabla 26), en la Figura 46 se aprecia los resultados de tasa de infiltración.

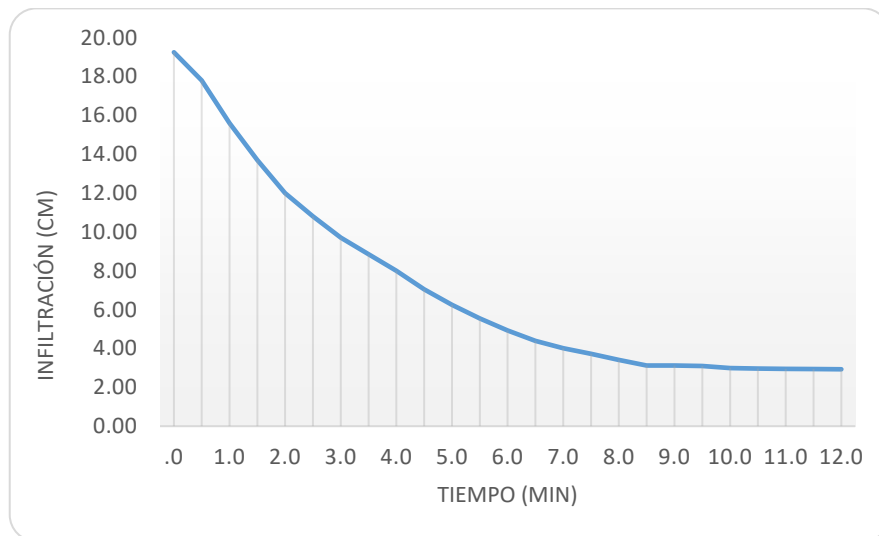


Figura 46: Curva de infiltración vs tiempo.

Remplazando valores obtenidos de la Tabla 26 a la ecuación (11) determinamos valor promedio de tasa de infiltración Q es equivalente a 17,14 lt/m²/día.

4.7.4. Caracterización climática

La localidad de Quilahuani se caracteriza por presentar temperaturas medias mensuales de 10,5 °C en promedio; Temperatura máxima media promedio de 17,3 °C principalmente en el mes de febrero; Temperaturas mínimas medias mensuales de 3,3 °C que por lo general se dan en el mes de mayo. La precipitación promedio anual de 176,0 mm; Presenta también una evapotranspiración promedio total anual de 50.8 mm; humedades relativas

promedios de 58,0 % que ocurren más a menudo en enero, febrero y marzo (SENAMHI, 2018).

4.7.5. Precipitación

La precipitación desde el punto de vista de la hidrología es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua (Villón, 2004). La precipitación es provocada por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental (Musy, 2001).

En la Tabla 27, Figura 47 y 48 se muestra los histogramas de precipitaciones mensuales y anuales totales para la zona de Quilahuani, se puede apreciar que los meses que presentan mayores registros de precipitación son de diciembre a marzo, en cuanto a los años de mayor precipitación estos se encuentran relacionados a fenómeno del Niño. La estación analizada corresponde a la CO Candarave (SENAMHI, 2018).

Tabla 27.

Precipitación total mensual (mm) estación de Candarave

ESTACION : CO-CANDARAVE						LAT.: 17° 17' 26,2"				DPTO. : TACNA			
PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL (mm)						LONG. : 70° 16'2,18"				PROV.: CANDARAVE			
CODIGO : 110876						ALT. : 3415 msnm.				DIST. : CANDARAVE			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	SUMA
1978	97,7	13,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	2,0	117,7
1979	52,7	1,5	53,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	38,8	146,7
1980	8,7	18,1	34,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	2,5	74,4
1981	60,8	132,8	14,6	11,2	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	1,5	24,1	246,6
1982	60,1	48,6	40,5	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	1,2	3,1	155,7
1983	61,6	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	7,5	80,9
1984	133,8	125,9	92,9	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	9,5	365,6
1985	7,4	135,6	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,7	25,6	196,1
1986	65,6	58,4	40,6	1,7	0,0	0,2	0,0	0,0	1,4	2,7	1,0	37,1	208,7
1987	102,8	5,4	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	112,8
1988	54,9	0,0	18,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,1
1989	8,7	82,0	2,4	2,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	2,9	1,5	12,0	112,4
1990	15,1	7,6	15,2	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	12,1	83,7
1991	5,6	1,5	5,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,6	17,2
1992	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	72,3	81,5
1993	108,8	9,2	18,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	10,0	146,9
1994	75,0	134,1	2,1	17,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	17,5	247,6
1995	43,5	0,0	73,9	2,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	12,2	133,1
1996	43,6	25,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,7	3,4	75,7
1997	60,7	70,3	39,6	0,0	0,2	0,0	0,0	9,5	23,6	0,0	0,0	11,9	215,8
1998	92,1	31,9	1,6	2,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	8,3	146,6
1999	22,1	146,5	121,6	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2	0,0	17,2	319,7
2000	117,7	63,2	101,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	292,9
2001	55,6	225,1	61,2	7,1	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	8,8	360,8
2002	21,6	82,5	33,7	2,8	0,0	6,3	26,3	0,0	0,0	2,5	3,5	13,3	192,5
2003	19,4	13,3	56,4	0,0	1,6	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	3,2	94,8
2004	63,8	51,5	1,3	0,0	0,0	0,0	12,4	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	130,5
2005	52,8	1,7	14,5	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	0,0	1,1	20,1	103,5
2006	58,7	72,2	40,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	5,9	178,0
2007	49,5	90,0	2,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	9,9	155,8
2008	61,6	34,8	18,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,0	0,0	4,2	122,6
2009	8,9	144,1	59,2	3,1	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	4,1	1,5	221,4
2010	4,8	34,6	1,7	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	9,6	54,8
2011	89,1	146,1	4,9	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	94,5	346,1
2012	121,9	196,7	80,4	19,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	44,1	464,3
2013	93,1	60,4	63,6	0,0	10,3	3,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	19,0	251,5
2014	83,5	2,1	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	1,2	96,4
2015	39,3	83,8	81,2	12,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	218,3
2016	2,3	89,2	0,0	9,9	0,0	3,5	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	113,7
2017	113,9	68,1	71,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,7	282,5
PROM.	56,2	62,9	32,2	2,9	0,4	1,0	1,2	0,6	1,0	0,8	1,9	15,2	176,0

Fuente: SENAMHI (2018).

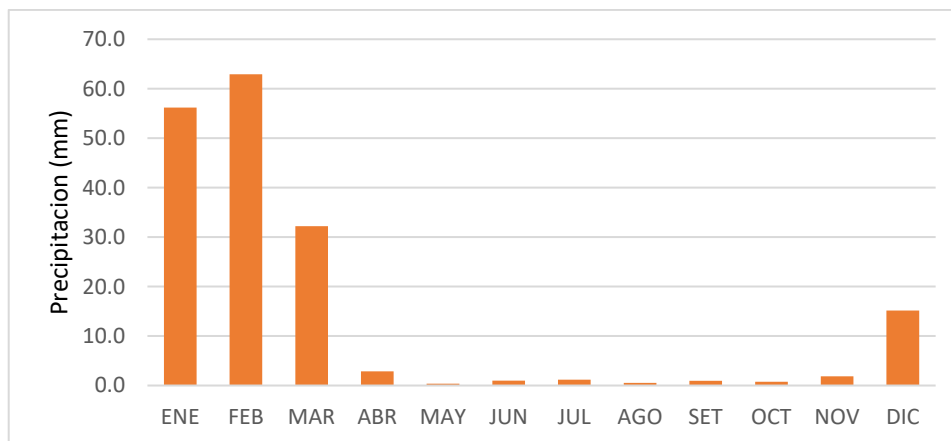


Figura 47: Histograma de precipitación promedio mensual (mm).

En la zona de estudio podemos señalar que presenta una precipitación de alrededor de 176,00 mm/año. De acuerdo a la información obtenida del promedio anual de precipitación (Tabla 27), las mayores precipitaciones se presentan en los meses de diciembre a marzo (Figura 47), siendo el mes de febrero el más lluvioso (35,7% de la precipitación anual total). El resto de meses (abril a noviembre), corresponde al periodo seco, siendo el mes de mayo el más seco (0,21% de la precipitación anual total).

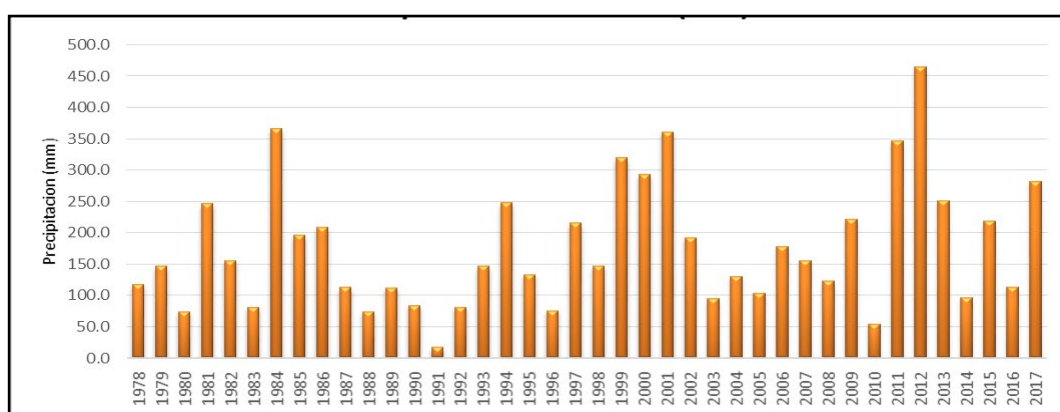


Figura 48: Análisis Grafico de Variación de la Precipitación Total Anual (mm).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Factores que influyen en la estabilidad de laderas naturales

5.1.1. Topografía y geomorfología

La topografía y la geomorfología son factores condicionantes para la estabilidad de laderas, se encontraron 6 unidades geomorfológicas los cuales son: ladera montañosa, lomada, colina, altiplanicie, terraza aluvial y cono de deyección. La actividad agrícola se desarrolla en las lomadas y laderas, donde hay mayor uso de agua en superficie por tanto mayor infiltración de la misma.

La zona de estudio presenta una topografía accidentada debido a que se ubica en la gran geoforma conocida como Flanco Occidental Disectado de los Andes (Paredes et al., 2002), el 58% de superficie de la zona de estudio presenta pendientes fuertes (Figura 17), predominan pendientes de 16° a 35°, lo que hace que la zona sea susceptible al deslizamiento, pendiente fuerte, procesos denudacionales intensos deslizamientos, peligro extremo de erosión de suelos.

En la Figura 49 se aprecia corte topográfico, en la parte superior se desarrolla la actividad agrícola, presenta una superficie horizontal con pendiente muy baja permitiendo mayor infiltración de agua (Suarez, 1998), en la parte te baja se aprecia pendiente muy fuerte propensa a la erosion de ladera, deslizamientos intensos y caida de bloques (Van Zuidam, 1986). La topografía son procesos geodinámicos que afectan a los deslizamientos.

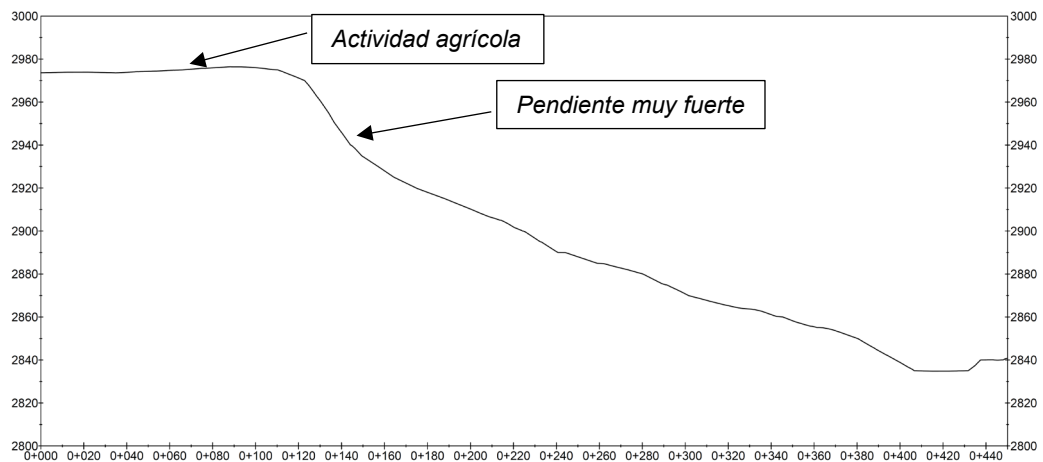


Figura 49: Sección topográfica en sector de Orcomaña 2, sección C – C’.

5.1.2. Geología

En la zona de estudio presenta 5 unidades geológicas: deposito coluvial, deposito aluvial, deposito proluvial, deposito eluvial y formación Quellaveco. Las rocas volcánicas de formación Quellaveco de composición de traquiandesita, son más antiguas está compuesto por los minerales principalmente feldespato alcalino y plagioclasa sódica de una permeabilidad muy bajo, las rocas volcánicas sufren una alteración supergena generando suelo residual conocido como deposito eluvial, conformado por arenas limosas de color gris oscuro.

Deposito coluvial subrayase a deposito eluvial y por debajo esta las rocas volcánicas (Figura 50), los suelos coluviales tienen una textura de clasto soportado, presenta bloques cantos clastos y gravas de origen de roca volcánica. En su matriz está conformado por arena limosa, son depósitos permeables debido a su estructura de suelo.



Figura 50: Unidades geológicas en pie de deslizamiento de Matarani.

Las secciones geológicas se obtuvieron a partir de la interpretación de ensayos de geofísica (refracción sísmica, ensayo de MASW y tomografía eléctrica) y mapeo geológico de la zona de estudio (Anexo PT- 09).

En la Figura 51 se aprecia la sección geológica del deslizamiento de Matarani (Anexo PT- 09), en la parte base de perfil se encuentra las rocas volcánicas (Traquiandesitas) de formación Quellaveco que subyace deposito eluvial (suelo residual) producto de la alteración supérgena de las rocas volcánicas, en la parte superior se presenta deposito coluvial compacidad media, con buena permeabilidad, se desarrolla actividad. En la progresiva 50 metros presenta grieta de tensión posible deslizamiento en corto plazo, Entre las progresivas 140 a 320 metros material deslizado, material suelto y presencia muchas grietas de tensión.

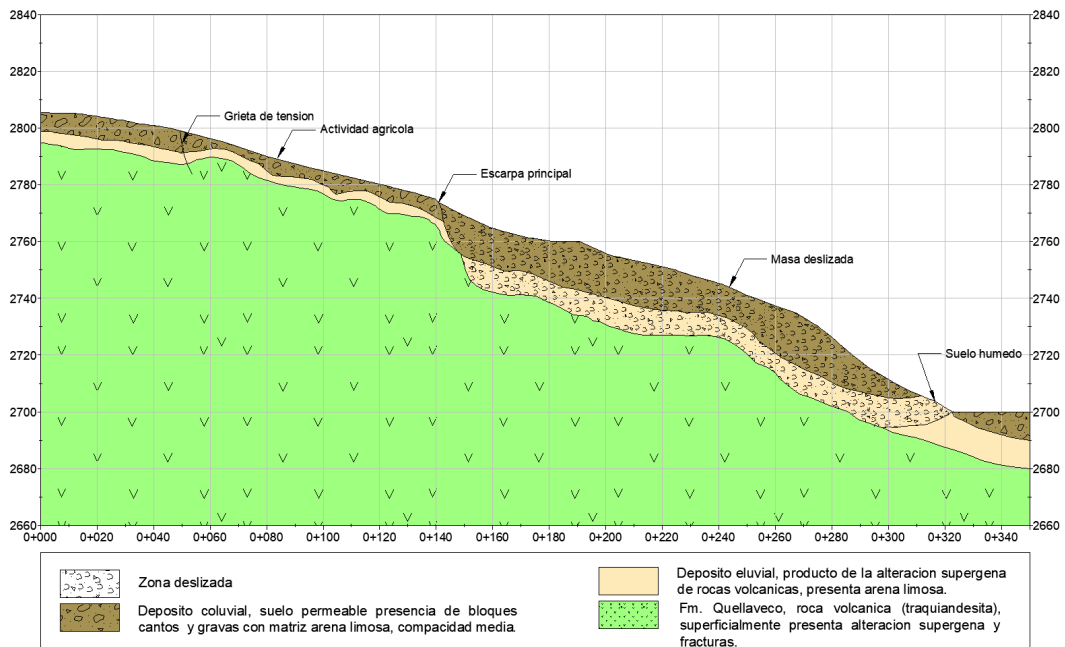


Figura 51: Perfil geológico del deslizamiento de Matarani, corte A – A’.

En la Figura 52 se aprecia la sección geológica del deslizamiento de Orcomaña 1 (Anexo PT – 9), Entre las progresivas 60 a 160 metros presenta pendiente baja, suelo permeable, se desarrolla actividad agrícola, constituido por deposito coluvial que subyace a deposito eluvial compuesto por arena limosa, En las progresivas 160 a 360 metros material deslizado, compacidad baja, permeabilidad media. Desde 360 metros hasta final se aprecia afloramiento de rocas volcánicas de formación Quellaveco.

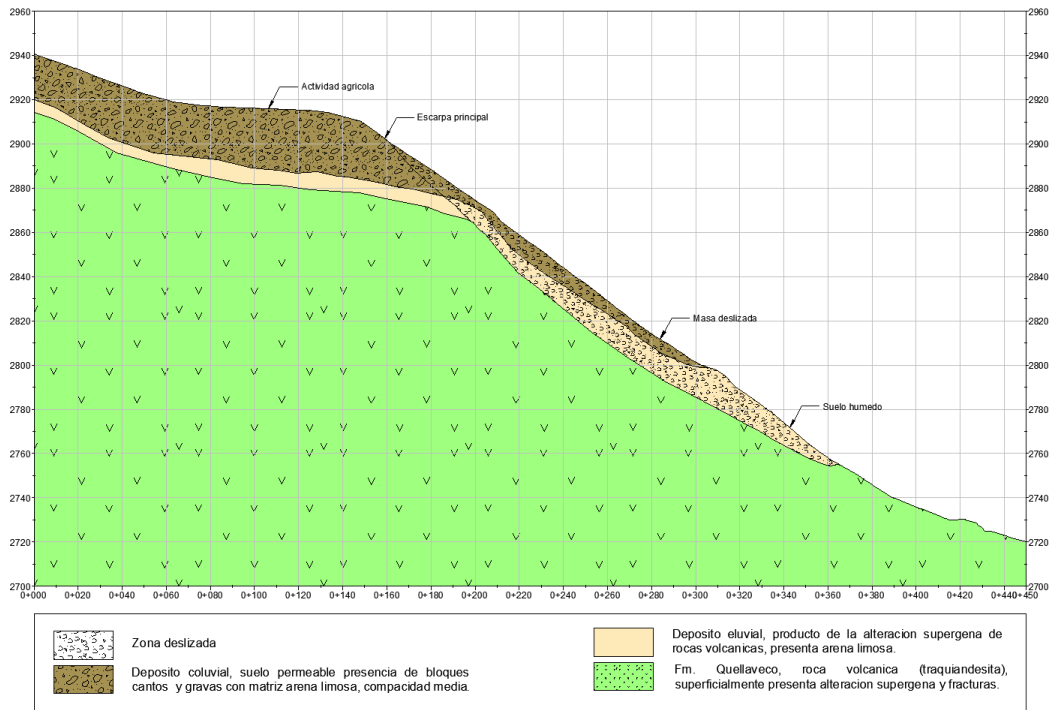


Figura 52: Perfil geológico del deslizamiento de Orcomaña 1, corte B – B’.

En la Figura 53 se aprecia la sección geológica del deslizamiento de Orcomaña 2 (Anexo PT – 09), con fuerte pendiente en la escarpa, en la parte superior se desarrolla la actividad agrícola constituido por deposito coluvial que subyace a deposito eluvial. Desde la progresiva 140 metros hasta final se aprecia material desplazado con compactad media y buena permeabilidad. En la parte base de perfil geológico se encuentra las rocas volcánicas de la formación Quellaveco

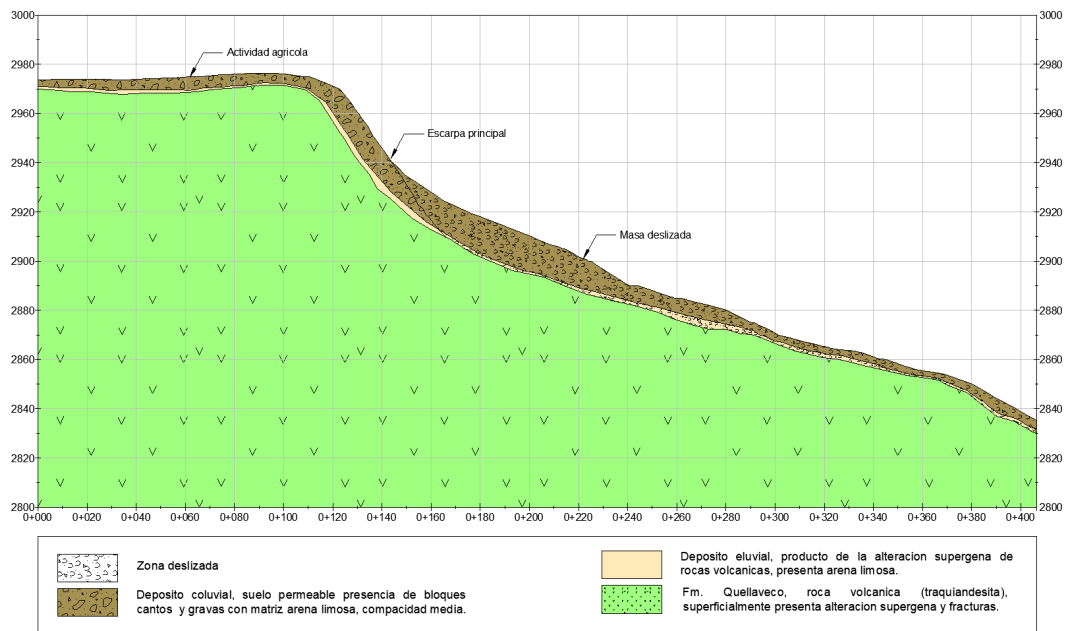


Figura 53: Perfil geológico del deslizamiento de Orcomaña 2, corte C – C’.

5.1.3. Geotecnia

5.1.3.1. Mecánica de suelos

El suelo de cobertura vegetal es preparado por los pobladores de Quilahuani para la actividad agrícola, la mayor infiltración de agua por riego ocurre en este suelo. Según la Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) pertenece a suelo arena limosa (SM), las propiedades físicas y mecánicas son: limite liquido 31,6, presenta limite plástico, peso específico 2,3 gr/cm³, humedad natural es de 19%, porosidad 0.33, grado de saturación 87.75% y permeabilidad 4,49x10⁻⁴ cm/seg. Tiene alto de grado saturación debido a constante riego por los agricultores de la zona.

Suelos coluviales constituyen las masas deslizadas en las laderas naturales, están conformados por bloques cantos y gravas, en su matriz presenta tres tipos de

suelos, que se clasificaron por el Según la Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS) en: arena limosa (SM), arena bien graduadas con limo y arena mal graduadas con limo, las propiedades físicas y mecánicas de matriz de un suelo coluvial son: limite liquido varía desde 19,9 a 28,1 , la humedad natural varía desde 4.1% a 9.7%, peso específico promedio 2.28 gr/cm³, densidad insitu 1.87 gr/cm³, porosidad varía desde 0,20 a 0,35 y grado saturación varía desde 25,25% a 78,16. Grado de saturación es bajo en deslizamiento de Matarani. Las propiedades físicas y mecánicas (MTC., 2018) de suelos coluviales son: ángulo de fricción 32°, cohesión 7.5 kpa y peso específico 16 KN/m³.

Suelo residual conocido como Deposito eluvial es formado a partir de la alteración supérgena de roca volcánica, la infiltración de agua se ocurre verticalmente hasta el depósito eluvial ya que tiene una permeabilidad superior a las rocas volcánicas, los deslizamientos ocurren cuando la capa de suelo residual empieza fallar (Figura 56), Según Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) perteneces a suelo arena bien graduado con limo (SW -SM), las propiedades físicas y mecánicas son: limite liquido 40,9 , no presenta limite plástico, peso específico 2,2 gr/cm³, humedad natural es de 9,9%, porosidad 0.30, grado de saturación 46,72%, cohesión 0,140 kg/cm² y el ángulo de fricción máximo fue de 27,04° condiciones drenados con agua (Tabla 12).

5.1.3.2. Mecánica de rocas

La caracterización geomecánica se realizó a las rocas volcánicas (Traquiandesita) pertenecientes a formación Quellaveco, las rocas volcánicas presentan permeabilidades muy bajas, la infiltración de agua es de manera vertical hasta llegar a las rocas, luego discurre de manera paralela a la superficie de las rocas volcánicas.

Las características de la rocas son: la resistencia de compresión simple de 50 – 100 Mpa. , la calidad de la roca determinado mediante método índice volumétrico RQD = 52,5 (Roca regular), RMR obtenido es de 56 (Roca regular de clase III), presenta tres tipos de familias en sus discontinuidades con dirección de buzamiento y buzamiento 251/40, 170/10 y 111/28. Según la relación entre RMR y propiedades geomecánicas se obtuvo la cohesión de 2 - 3 kg/cm² y ángulo de fricción de 25° - 35°.

5.1.4. Hidrogeología

La precipitación tiene una influencia directa en la infiltración que afecta a la estabilidad de laderas(Suarez, 1998), los periodos de lluvia son diciembre a marzo (Figura 47) con una precipitación promedio anual de 176,00 mm/año, es común en la zona de estudio, la ocurrencia de aguaceros de gran magnitud en periodo de tiempo, saturan superficialmente y empieza la escorrentía superficial generando erosión, épocas de lluvia intensa, en donde el suelo no saturado es saturado de repente, produciendo la falla de ladera. Las laderas de Quilahuani

están compuesta por arena limosa tiene buen drenado (Tabla 25) en tiempo de lluvia la infiltración es más rápido que otro material.

La infiltración es movimiento de agua desde la superficie de terreno hacia la roca volcánica (traquiandesita), la lluvia y riego por inundación sobre la superficie de la tierra se infiltra y es saturado las laderas variando los rangos de cohesión dependiendo de su granulometría. La incorporación de agua en la estructura del suelo, que en ciertos casos puede llegar a la saturación, genera una disminución en la resistencia del material, disminuyendo su tensión efectiva producto de la generación de presiones de poros (Lambe & Whitman, 1972). Una infiltración alta puede producir problemas de presión interna y generar deslizamientos, la presencia de mantos permeables (suelo coluvial) de evacuación de agua favorecen a la estabilidad de laderas. La infiltración es mayor al inicio de precipitación pluvial o riego a medida que pasa tiempo disminuye hasta alcanzar una velocidad constante, tasa promedio de infiltración Q es equivalente a 17,14 lt/m²/día.

5.1.5. Actividad humana

5.1.5.1. Aguas servidas

Las aguas servidas (Figura 54) se encuentra en altiplanicie, sobre un depósito coluvial con una buena permeabilidad, que permite la infiltración de aguas servidas.

Las aguas servidas se circulan de dos maneras, superficialmente y subterráneamente con una dirección SE, como se muestra en mapa

geomorfológico (Anexo PT - 08). Una parte de fluidos de agua discurre superficialmente por la quebrada, y la otra parte circula en subsuelo paralelamente a fluido superficial, ya que el suelo tiene buena permeabilidad.

Las aguas servidas no afectan a los deslizamientos, circulan en dirección de SE, paralelo las colinas, las colinas esta constituidos por formación samanape compuesto por rocas volcánicas (litología impermeable) y superficialmente aflora deposito coluvial constituidos por bloques, clastos y matriz de arena limosa.

Las aguas servidas al infiltrarse llegan hasta formación samanape luego circula paralelamente a dicha formación, ya que el depósito coluvial tiene mayor permeabilidad que formación samanape que tiene baja permeabilidad.



Figura 54: Depósito de aguas servida, producto de mal uso de planta de tratamiento.

5.1.5.2. Actividad Agricultura

En la zona de estudio se desarrolla la actividad agrícola (Anexo PT – 03) que abarca un área de $3\,320\,648,8\ m^2$, equivalente a 46% de área total de la zona de estudio (Figura 55). La zona de cultivo se encuentra en terrazas artificiales

construidos por hombre, las terrazas tienen una pendiente mínima y permite mayor infiltración de agua. El pueblo de Quilahuani se encuentra en una zona muy accidentado topográficamente, con pendientes fuertes. Los canales fueron constituidos artesanalmente (Figura 56) con piedras generando perdida e infiltración de agua hacia las laderas.



Figura 55: Área de cultivo en la cabecera de deslizamiento de Matarani, donde se aprecia cultivos en forma de andenes.

En Quilahuani para desarrollar la actividad agrícola riega por dos métodos, riego por inundación en alfalfa y riego por surco es para cultivos de papa, maíz, orégano, etc. El riego inundación es la forma más antigua de aplicar el agua a los cultivos; no se efectúan mayores trabajos para emparejar o nivelar el suelo, perdiéndose gran cantidad del agua. La eficiencia promedio del método de riego por surcos alcanza al 50%, es decir de 100 litros que se aplican, sólo 50 litros quedan disponibles para las plantas (DGIAR, 2015).



Figura 56: Canales de conducción de agua para riego por inundación, en las zonas de cultivos.

5.2. Efectos de infiltración de agua en los deslizamientos

Se analizó los efectos de infiltración de agua en la estabilidad de ladera en los deslizamientos de la zona de estudio, en suelos no saturados. En condiciones iniciales se consideró una tasa de infiltración de 0,412 m/h, Para los análisis se utilizó el software Slide 6,0 basados en el método de elementos finitos.

Las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas, que se utilizaron para análisis de estabilidad ladera, se consideraron valores típicos de parámetros geotécnicos en suelos in situ (Suarez, 1998). Suelo coluvial; peso específico $16,0 \text{ KN/m}^3$, cohesión $7,5 \text{ kpa}$, ángulo de fricción 32° y permeabilidad $4,49 \times 10^{-4}$. Suelo eluvial; peso específico $21,56 \text{ KN/m}^3$, cohesión $5,0 \text{ kpa}$, ángulo de fricción 33° y permeabilidad $1,10 \times 10^{-4}$. Roca volcánica; peso específico $25,48 \text{ KN/m}^3$, cohesión $24,5 \text{ kpa}$, ángulo de fricción 30° y permeabilidad $1,10 \times 10^{-9}$. Los valores de corte directo no se consideraron debido a que son muy altos para suelo residuales.

El efecto de la infiltración del agua se evaluó considerando el flujo transitorio debido a la precipitación y riego por la actividad agrícola. Para el modelo se consideró una precipitación pluvial hasta 3 meses, la mayor probabilidad de ocurrencia del deslizamiento en la zona de Quilahuani, son los meses de enero, febrero y marzo. A continuación, se presenta el modelo empleado y algunos de los resultados obtenidos.

5.2.1. Estabilidad de ladera en deslizamiento de Matarani

El modelo geológico de deslizamiento de Matarani, fue utilizado para análisis de la estabilidad de ladera, considerado 3 tipos de litología (isotrópico), asumiendo las siguientes condiciones iniciales en suelo no saturado, pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligros severos de erosión (Figura 57).

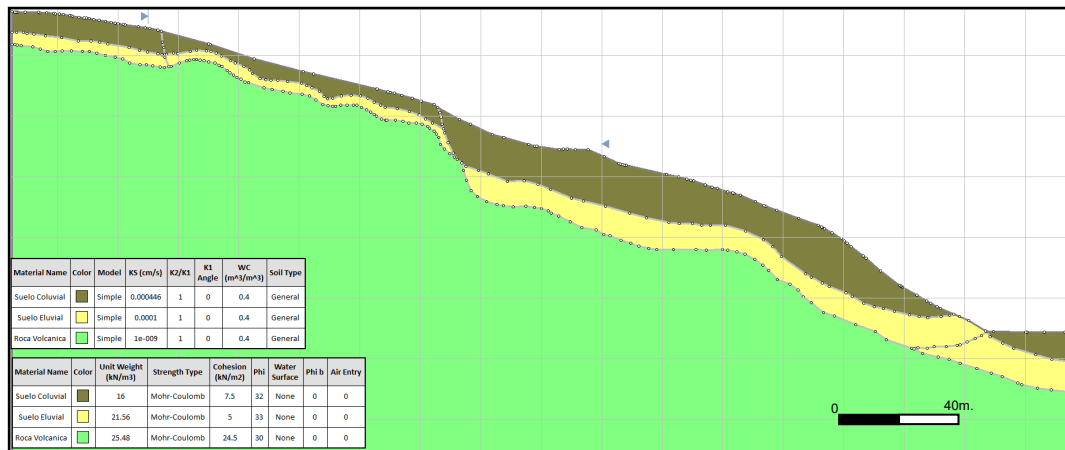


Figura 57: Modelo utilizado en el software Slide 6.0. Deslizamiento de Matarani.

En la siguiente Figura 58, se muestra la discretización del modelo, para análisis de estabilidad de ladera en el deslizamiento de Matarani. En la parte superior se diseñó flujo transitorio debido a su baja pendiente, actividad agrícola y precipitación pluvial.

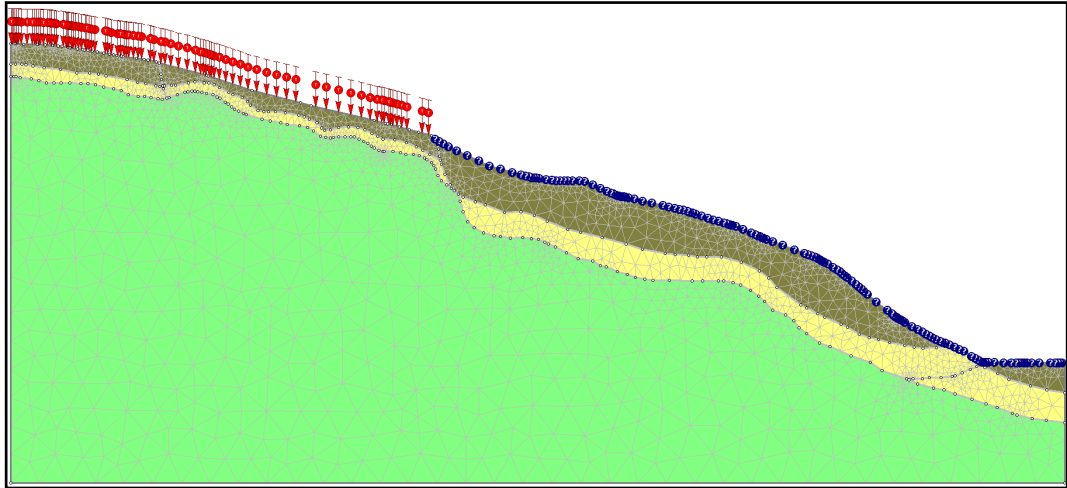


Figura 58: La malla de elementos finitos, modelo usado para infiltración de agua, deslizamiento de Matarani.

El resultado obtenido para el flujo transitorio en tiempo 0 horas, presenta un factor de seguridad 1,799 (Jambu simplified), en condiciones iniciales es estable (Figura 59). Se puede apreciar que las presiones de poros son negativas en la parte superficie antes que ocurra el efecto infiltración de agua, lo cual favorece a la estabilidad de ladera.

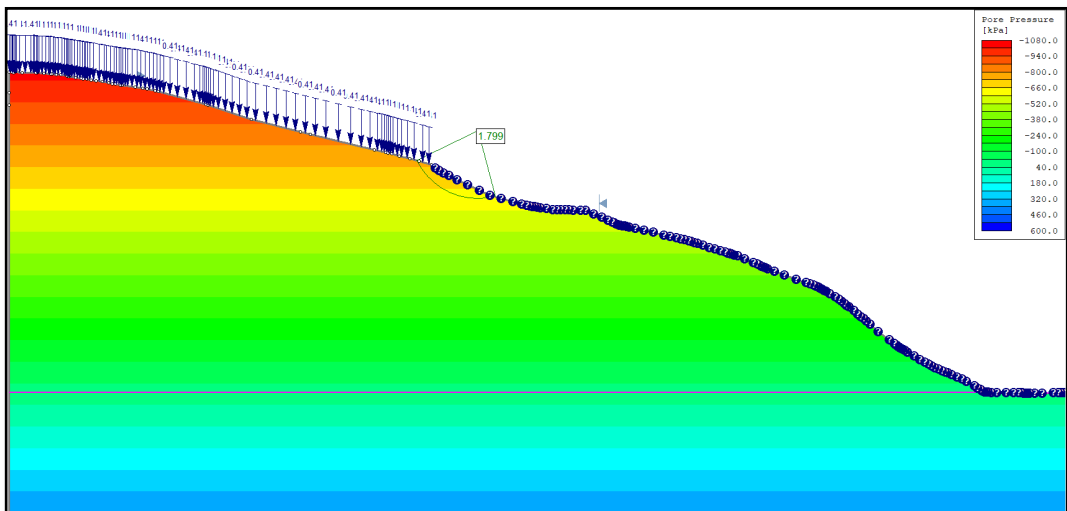


Figura 59: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 0 horas, deslizamiento de Matarani.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos por efectos de infiltración de agua en condiciones de flujo transitorio, variación de presión de poros y factor de seguridad en diferentes tiempos.

En la Figura 60 se muestra resultados de la simulación a 24 horas, la infiltración de agua es en forma vertical desde la superficie, antes de llegar a suelo residual, las presiones negativas suben considerablemente debido a que grado de saturación aumenta, Factor de seguridad es 1,799 (Jambu simplified). Al infiltrarse el agua de lluvia y riego se forma inicialmente un frente húmedo que avanza en sentido vertical, el cual satura los suelos a su paso, eliminando la succión o cohesión aparente que producía el estado de no-saturación.

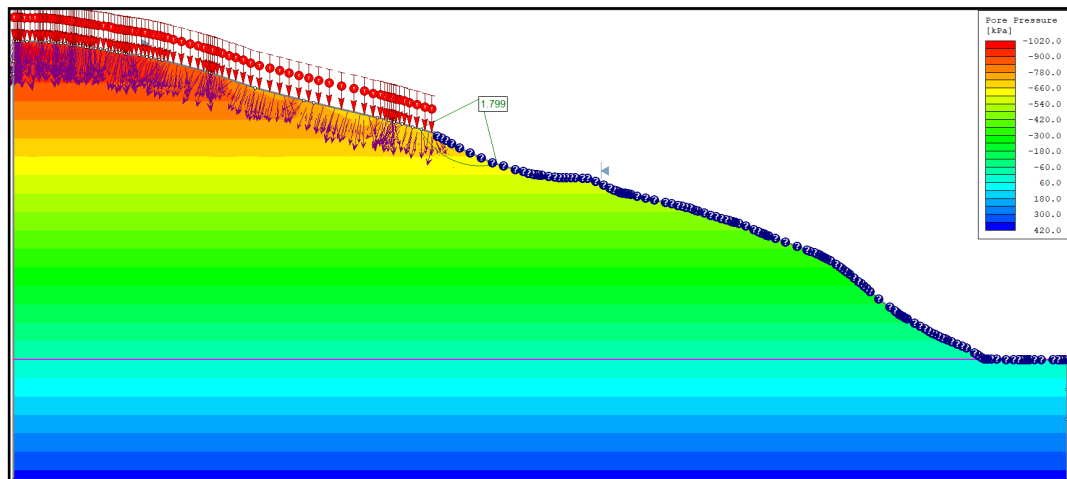


Figura 60: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 24 horas, deslizamiento de Matarani.

En la Figura 61 se muestra resultados de la simulación a 48 horas, la infiltración de agua es en forma vertical desde la superficie hasta llegar a suelo eluvial, las presiones negativas siguen subiendo considerablemente, Factor de seguridad se mantienen en 1,799 (Jambu simplified).

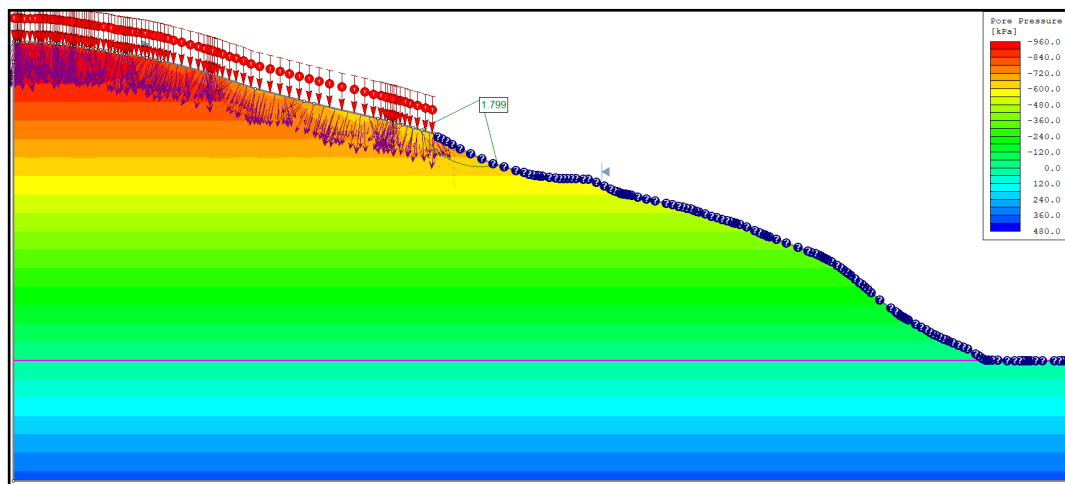


Figura 61: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 48 horas, deslizamiento de Matarani.

Asimismo, en la Figura 62 se muestra resultados de la simulación a 168 horas (una semana), la infiltración de agua es en forma vertical desde la superficie hasta llegara a la roca (litología impermeable), las presiones negativas se acercan a 0 aumenta grado de saturación, Factor de seguridad se mantienen en 1,799 (Jambu simplified). El frente húmedo desciende verticalmente, bajo la influencia de la fuerza de gravedad, aún después de terminada la lluvia, hasta que encuentre manto impermeable.

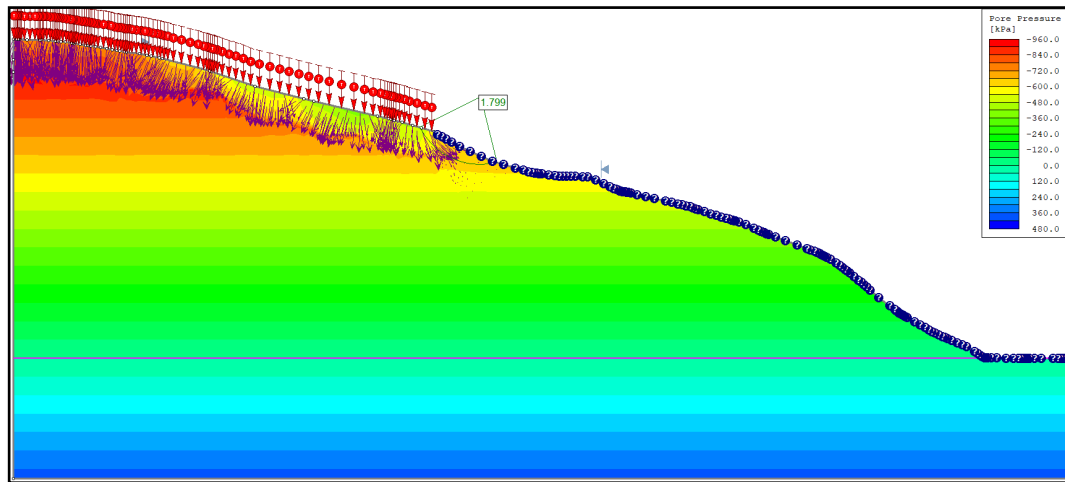


Figura 62: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 168 horas, deslizamiento de Matarani.

En la Figura 63 se muestra resultados de la simulación a 720 horas (un mes), la infiltración de agua es en forma vertical y horizontal, el grado de saturación al 100% en la parte derecha de la figura, en la parte izquierda aún no está saturado, presencia de presiones positivas, Factor de seguridad baja a 1,74 (Jambu simplified). La conductibilidad hidráulica es constante en zona saturada, flujos de agua avanza en dirección de la pendiente, generando presiones hidrodinámicas sobre el suelo en la dirección del flujo. Esta fuerza actúa como un elemento desestabilizante sobre la masa del suelo y disminuye en forma considerable, el factor de seguridad de la ladera. La fuerza hidrodinámica puede ocasionar el movimiento de las partículas y la destrucción de la masa de suelo (“tubificación”).

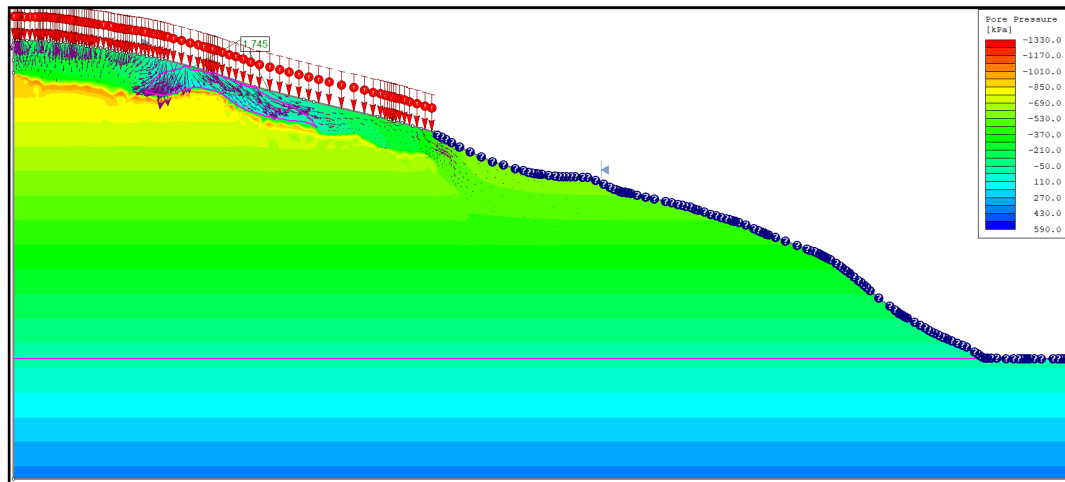


Figura 63: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 720 horas, deslizamiento de Matarani.

Figura 64 se muestra resultados de la simulación a 1 440 horas (dos meses), flujo transitorio es de forma horizontal, el grado de saturación 100% presencia de presiones positivas, Factor de seguridad disminuye a 1,47. En suelo saturados ejerce presiones de poros sobre las partículas de suelo, disminuye la presión efectiva y la resistencia al cortante. Al incrementar grado de saturación al 100% aumenta la densidad o peso de los materiales del suelo. Al aumentar el peso, aumentan los esfuerzos de cortante y se disminuye el factor de seguridad de la ladera.

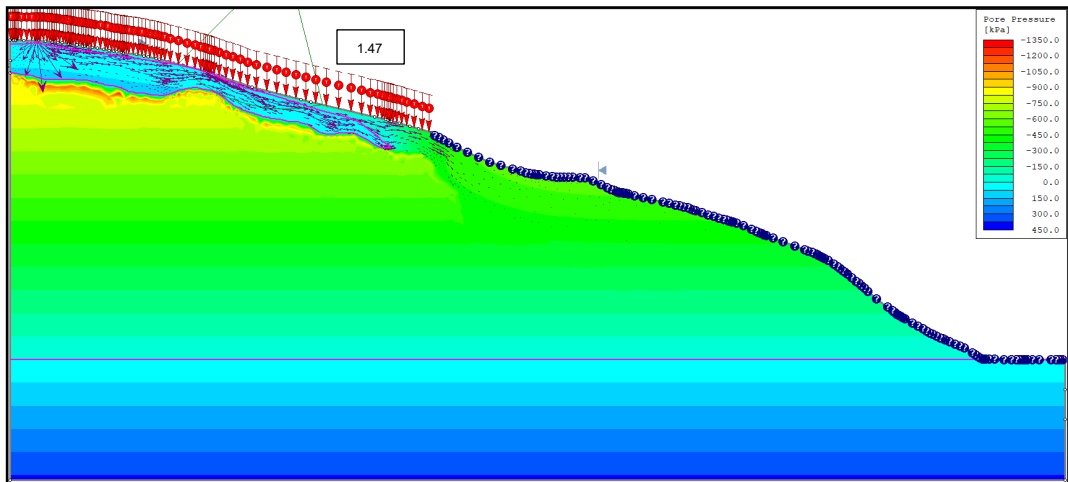


Figura 64: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 1440 horas, deslizamiento de Matarani.

En la Figura 65 se muestra resultados de la simulación a 2 160 horas (tres meses), flujo transitorio es de forma horizontal, el grado de saturación 100% presencia de presiones positivas, Factor de seguridad mantiene 1,358 debido a la permeabilidad que permite la fluidez de agua en un medio saturado. La estabilidad de factor de seguridad después que haya bajado considerablemente.

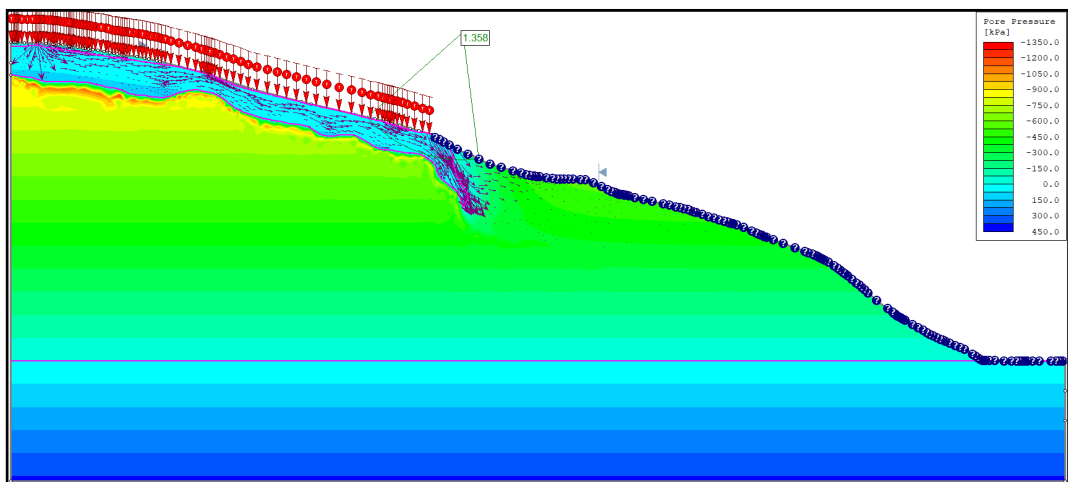


Figura 65: Resultados obtenidos en el flujo transitorio con tiempos 2160 horas, deslizamiento de Matarani.

los factores de seguridad (Figura 66) se mantiene constante por una semana, luego empieza a bajar de manera considerable hasta 2 meses, debido al incremento del grado de saturación ocasionado por la infiltración de agua, ocasionando el incremento de probabilidad de falla aumenta en la misma proporción. Entre 2 y 3 meses se mantiene constante.

En la Tabla 28, se muestra factor de seguridad con respecto al tiempo. Análisis de estabilidad de ladera con diferentes métodos.

Tabla 28

Factor de seguridad con respecto tiempo (h)

Factor de seguridad				
Tiempo (h)	Bishop simplified	Janbu simplified	Janbu corrected	Corps of Engineers #1
0	1,914	1,799	1,904	1,921
24	1,914	1,799	1,904	1,921
48	1,914	1,799	1,904	1,921
168	1,914	1,799	1,904	1,921
720	1,877	1,745	1,858	1,910
1440	1,634	1,540	1,623	1,655
2160	1,410	1,358	1,421	1,414

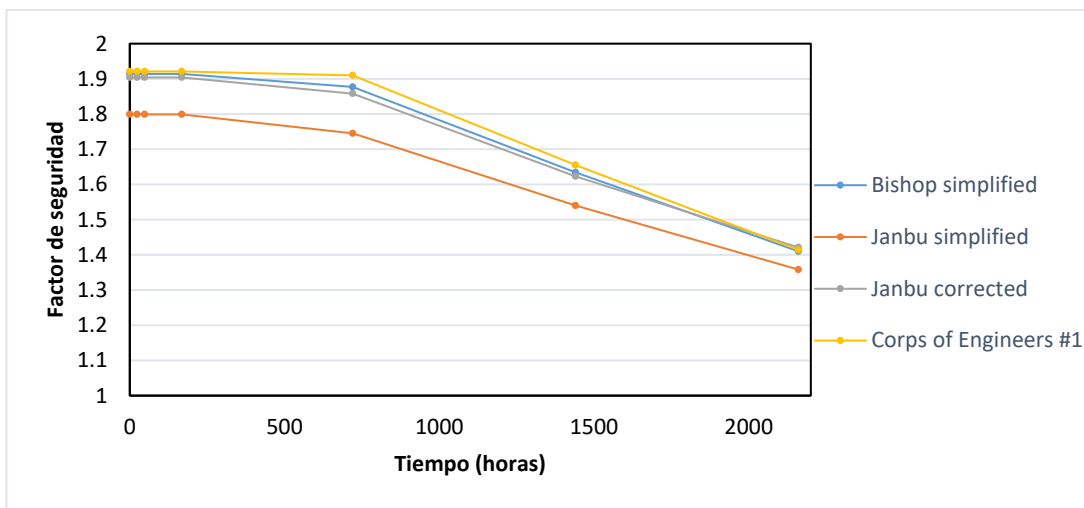


Figura 66: Factor de seguridad vs Tiempo (h), deslizamiento de Matarani.

Para el método de Janbu simplified se puede definir ecuaciones de factor de seguridad en función de tiempo (Figura 66).

Ecuación de factor de seguridad en tiempo 0 horas hasta 168 horas.

$$F_s(t) = 1.799 \dots \dots \dots (5)$$

Ecuación de factor de seguridad en tiempo 168 horas hasta 2880 horas.

$$F_s(t) = -5 \times 10^{-8} t^2 - 0.0001 t + 1.83 \dots \dots \dots (6)$$

5.2.2. Estabilidad de ladera en deslizamiento de Orcomaña 1

El modelo geológico de deslizamiento de Orcomaña 1 (Figura 67), fue utilizado para el análisis de estabilidad de ladera, considerando 3 tipos de litologías y suelo no saturado en condiciones iniciales, con pendiente baja en la parte superior y pendiente fuerte en otra parte.

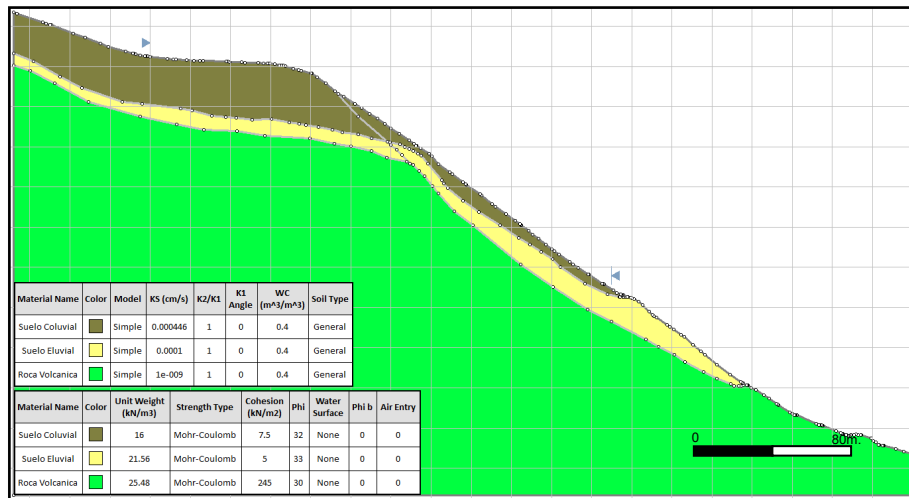


Figura 67: Modelo utilizado en el software Slide 6.0. Deslizamiento de Orcomaña 1.

El análisis de estabilidad de ladera en deslizamiento de Orcomaña 1, en condiciones estáticas y en tiempo 0 horas la ladera es **INESTABLE**, el resultado de factor de seguridad es 0.5 (Jambu simplified), presenta mayor susceptibilidad al deslizamiento debido a la pendiente muy fuerte (41°), En campo se encontró desprendimiento de masa de suelo y caída de rocas recientes. El análisis de efectos de infiltración de agua no es necesario debido a su inestabilidad.

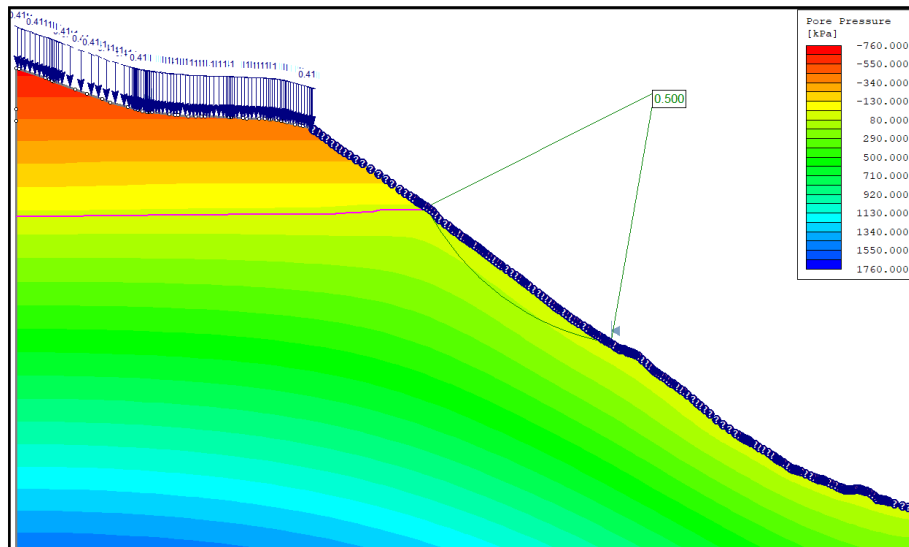


Figura 68: Resultados de análisis de estabilidad de ladera para deslizamiento de Orcomaña 1.

5.2.3. Estabilidad de ladera en deslizamiento de Orcomaña 2

El modelo geológico de deslizamiento de Orcomaña 2 (Figura 53), fue utilizado para análisis de estabilidad de ladera, considerando 3 tipos de litología y suelo no saturado para condiciones iniciales, con pendiente baja en la parte superior de la corana, presenta escarpa que tiene un salto de 45 metros aproximadamente con un pendiente de 75°.

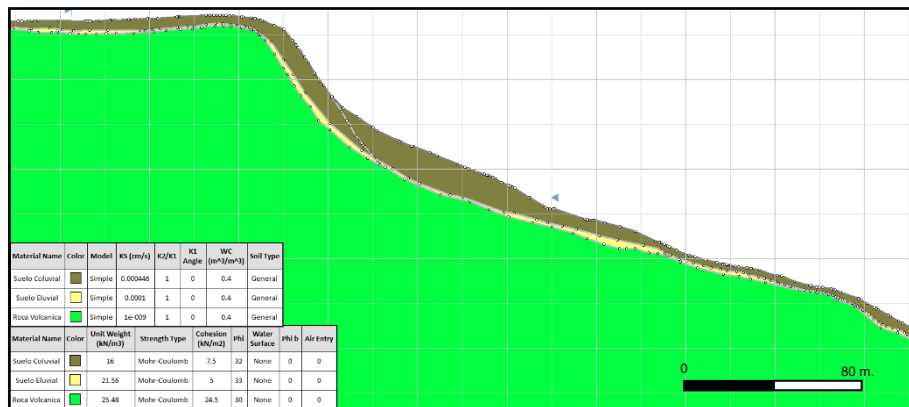


Figura 69: Modelo utilizado en el software Slide 6.0. Deslizamiento de Orcomaña 2.

El análisis de estabilidad de ladera en deslizamiento de Orcomaña 2, se muestra **INESTABLE** en condiciones estáticas y tiempo 0 horas los resultados de factor de seguridad es 0.459 (Jambu simplified), debido a que presenta una escarpa que tiene 45 m. de salto y pendiente muy fuerte, la susceptibilidad al deslizamiento es mayor, presenta desprendimiento de masa de suelo y caída de fragmento de rocas, análisis de efectos de infiltración de agua no es necesario debido a su inestabilidad.

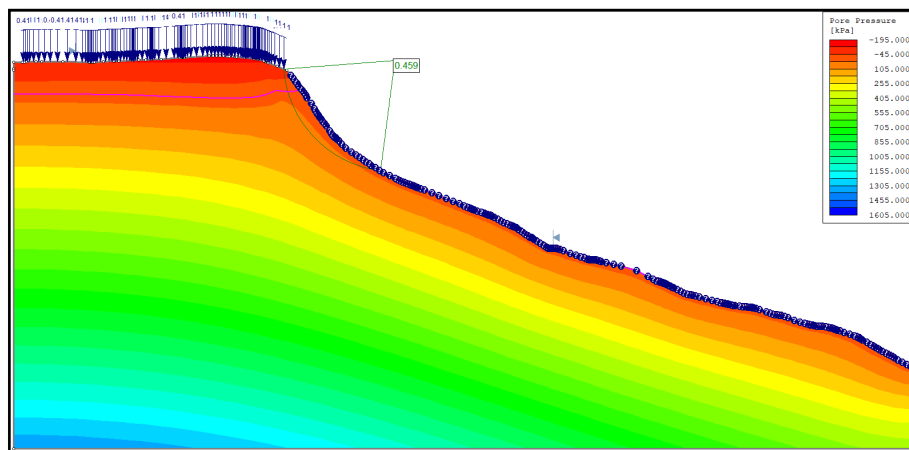


Figura 70: Resultados de análisis de estabilidad de ladera para deslizamiento de Orcomaña 1.

5.3. Geodinámicas de los deslizamientos

5.3.1. Deslizamiento de Orcomaña 1

El deslizamiento de Orcomaña 1 se encuentra en un estado activo en movimiento de masas, presenta mayor susceptibilidad al deslizarse, en campo se registró caída de bloques de rocas. El principal factor de la inestabilidad es la topografía y geomorfología (pendiente muy fuerte). El suelo está compuesto por materiales permeables en la superficie de la ladera, depósitos coluviales y depósitos eluviales

tiene poca potencia, en la parte superior se desarrolla actividad agrícola, generando infiltración de agua. Producto de la infiltración, más las características del suelo pueden ocurrir deslizamiento con movimiento sísmico y precipitaciones pluviales de mayor intensidad

5.3.2. Deslizamiento de Orcomaña 2

El deslizamiento de Orcomaña 2 se encuentra en un estado activo en movimiento de masas, el principal factor de la inestabilidad es la topografía (pendiente extremadamente fuerte). En la zona se identificaron movimientos de masas de tierra, tipo deslizamientos antiguos y recientes derrumbes de masa de suelo; asociados a la presencia de abundantes zonas de cárcavamiento y erosión.

La superficie de ruptura del deslizamiento de Orcomaña 2 está constituido por depósitos coluviales, la pendiente empinada de la escarpa (70°) del deslizamiento favorece la ocurrencia de caída de rocas y desprendimiento de suelo que generan reducción de tierra (Figura 71). Los agrietamientos y hundimientos en la masa deslizada, incrementan sus dimensiones en el periodo lluvioso. Los depósitos de deslizamientos incrementan grado de saturación, por las aguas de lluvia y de los terrenos de regadío.



Figura 71: Deslizamiento activo en la zona de Orcomaña 2, en imagen se puede apreciar la erosión y caída de masa tierra reduciendo caminos.

5.3.3. Deslizamiento de Matarani

La infiltración de agua ocasionado por la actividad agrícola de manera permanente, incrementa grado de saturación. Al infiltrarse el agua en el depósitos coluviales y suelo residual, se forma inicialmente un frente húmedo que avanza en sentido vertical influenciado por fuerzas de gravedad, hasta llegar a las rocas volcánicas (litología impermeable). Luego de haber llegado a la zona impermeable, la humedad avanza de forma paralela a la superficie de la roca volcánica hasta aflorar en la base del deslizamiento (Figura 72). La falla del deslizamiento ocurre en depósito eluvial (suelo residual) debido a la erosión de partículas finas, aumento de densidad de suelo y presiones hidrodinámicas incrementando considerablemente el esfuerzo de corte y reduciendo la resistencia del corte.



Figura 72: Se muestra humedad en la parte baja del deslizamiento de Matarani, proveniente de la infiltración por riego en las áreas de cultivo.

El deslizamiento de sector Matarani comenzó a deslizarse en el mes de diciembre del 2017 hasta marzo de 2018 fue un movimiento lento y progresivo, en la actualidad alcanzo su estabilidad aparente.

El deslizamiento fue provocado por factor antrópico y el detonante fue la precipitación pluvial, en el mes de diciembre de 2017 empezó a llover con una precipitación de 28,7 mm provocando el deslizamiento. En las imágenes satelitales del Google Earth de los años 2003 (Figura 73), se aprecia que no presenta areas de cultivo en la zona de deslizamiento, pero en las imágenes satelitales del Google Earth de los años 2013 (Figura 74), presenta areas de cultivo, que modificaron la geometria de la ladera por construcciones de andenes. Las imágenes satelitales del Google Earth de los años 2019 (Figura 75), se parecia deslizamiento.

Los andenes construidas en la parte alta de la ladera, presenta pendiente baja y buena permeabilidad. La pendiente baja permiten mayor infiltracion de agua

proviente de riegos por inundacion y la precipitacion pluvial en los meses de verano, al realizar la preparaci3n de terreno para cultivo aumenta la permeabilidad.



Figura 73: Se muestra imagen satelital del Google Earth de los a1os 2003, donde se aprecia ladera sin desarrollo de agricultura.



Figura 74: Se muestra imagen satelital del Google Earth de los a1os 2013, donde se aprecia el desarrollo de la agricultura conformado por andenes.



Figura 75: Se muestra imagen satelital del Google Earth de los años 2019, donde se aprecia el deslizamiento de masa.

5.4. Alternativas de solución

Podemos considerar factible sellar las grietas, de 40 cm de amplitud y 50 cm de profundidad, ubicadas en la parte superior de escarpas (Figura 76), con suelo arcilloso o material existente de la zona, para evitar la infiltración del agua a través de las mismas, mezclando con cal en la última capa. Se puede tomar como referencia la cartilla de especificaciones de Construcción y Mantenimientos de obras biomecánicas y mecánicas para la Mitigación del Riesgo (Joana & Orozco, 2012). Construir canales de conducción de agua por encima de la corona del deslizamiento con la finalidad captar agua de escorrentía, antes que llegue a grietas de tensión.



Figura 76: *Grietas paralelas a escarpa de deslizamiento en sector de Matarani.*

Forestar la parte superior del deslizamiento (En las laderas de Quilahuani), con plantas que no requieran abundante agua (pinos, eucaliptos, etc.), con la finalidad de reducir la saturación hídrica del terreno.

Cambiar el sistema de riego de inundación por aspersión siendo un sistema presurizado con 75% de eficiencia de riego. Con este método de riego no es necesario nivelar el suelo, y se puede regar terraza recién sembrada sin causar problemas de erosión o de corrimiento de las semillas, si se usa la presión y el aspersor adecuado. El riego por surco debe ser cambiado por riego por goteo, porque permite la aplicación del agua y los fertilizantes al cultivo en forma de "gotas" y localizada con alta frecuencia, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno u óptimo (DGIAR, 2015).

CONCLUSIONES

- El deslizamiento de Matarani fue provocado por acciones antrópicas y el factor detonante fue la precipitación pluvial, en mes de diciembre de 2017.
- Las aguas servidas no influyen en el deslizamiento de Matarani, debido a que circulan en la dirección de SE, paralelo a las colinas, dicha unidad geomorfológica está constituida por rocas volcánicas que tienen una permeabilidad muy baja.
- Los efectos de la infiltración de agua en los deslizamientos de la zona de estudio, afectan a medida que aumenta grado de saturación y el factor de seguridad disminuye.
- Los deslizamientos de Orcomaña 1, Orcomaña 2 están en un estado de movimiento de masa activo, debido al análisis de estabilidad por los métodos de Bishop Simplificado y Janbu, resultan ser inestable (F.S. <1), las evidencias encontrados en campo fueron desprendimientos de suelo recientes y caída de bloques.
- Los factores condicionantes que intervienen en la estabilidad de ladera en la zona de estudios son: la geología (suelos permeables), geotecnia (arena limosa), la topografía (pendientes fuertes) hidrogeología (precipitación pluvial , permeabilidad).
- Los factores detonantes responsables a la ocurrencia de los deslizamientos en la zona de estudio son: agente antrópico (actividad agrícola) y precipitación pluvial.

RECOMENDACIONES

Después de haber realizado el estudio se proponen las siguientes recomendaciones:

- Sellar las grietas las grietas existentes en la parte superior del deslizamiento con suelo arcilloso o material existente en la zona, para evitar la infiltración del agua y monitorear los nuevos agrietamientos que están formándose.
- Forestar la parte superior del deslizamiento en la zona de estudio con plantas con bajo consumo de agua (pinos, eucaliptos, etc.), con la finalidad de reducir la saturación hídrica del terreno.
- El riego sin control causa efectos en la activación de los deslizamientos por eso se debe cambiar el sistema de riego por inundación, por el de aspersion, el riego por surcos por el riego por goteo.
- Reubicación la actividad agrícola que se desarrolla en la parte superior de la corona en el deslizamiento Orcomaña 2 debido a su INESTABILIDAD.
- Construir canales de conducción de agua por encima de la corona del deslizamiento.
- Es posible minimizar los riegos para evitar pérdidas económicas, se debe desarrollar un plan mitigación.

BIBLIOGRÁFICAS

- Arvizu, G. (2009). *El Deslizamiento en el Rio Grijalva Chis. Mexico, 14.*
- ASTM. (2011). *Guia Estandar para Utilizando el Metodo de Refraccion Sismica para la Investigacion del Subsuelo.*
- Brand, E. (1992). *Slope Instability in Tropical Areas. Proc., 6th Int. Symp. on Landslides, D. H. Bell, ed., Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 2031–2051.*
- Calderon, F. (2007). *Evaluacion para Presidencia de la Republica. Mexico.*
- Carrasco, S. (2006). *Metodología de la Investigación científica.* Editorial San Marcos. Lima
- Clark, A., Farrar, E., Kontak, D., Landgridge, R., Arenas, M., France, L., Archibald, D. (1990). *Geologic and geochronologic constraints on the metallogenesis of the Andes of southeastern Peru, Economic Geology, v. 85, 1521-1583.*
- Corominas, J., & Yagüe, A. (1997). *Terminología de los Movimientos de Ladera. Actas del IV Simposio Nacional Sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada, 1051 - 1072.*
- Cotrina, G., Orlate, Y., Vargas, V., Sanchez, M., & Pari, W. (2009). *Hidrogeología de la Cuenca del Rio Locumba. Boletín N°2 Serie H.*
- Crespo, C. (2004). *Mecanica de Suelos y Cimentaciones.* Mexico: Limusa S.A. 5a ed.
- Cruden, D. (1991). *Simple definicion of a Landslide. Bullrtin of the International Association of Engineering Geology N° 43. Paris.*

- Cuanalo, O., Oliva, A., & Flores, C. (2005). *Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos de laderas en las Sierras Norte y Nororiental de Puebla, México*. Valencia España, 705 - 715.
- Cuanalo, O., Oliva, A., & Gallardo, R. (2011). *Inestabilidad de Laderas Influencia de la Actividad Humana*, 43
- De la cruz B., M., & De la cruz M., O. (2001). *Memoria Explicativa de la Revision Geologica Cuadrangulo de Tarata*. Lima: INGEMMET.
- Deere, D. (1963). *Technical Description of Rock Cores for Engineering Purposes*, *Rock Mech. Eng. Geol.*, 16-22.
- Delgadillo, O., & Perez, L. (2016). *Medicion de la Infiltracion del Agua en el Suelo - Metodo de la Doble Anilla*. Bolivia: 1 - 4.
- Delgado, G., Zerathe, S., Benavente, C., Audin, L., & Robert, X. (2016). *Datacion de Depositos Coluviales Utilizando Nucleidos Cosmogonicos (10Be) - Cronologia del Deslizamiento Aricota*. INGEMMET.
- DGIAR. (2015). *Manual del Calculo de Eficiencia Para Sistema de Riego*. Dirección General de Infraestructura Agraria y. Riego. Lima - Peru.
- Dorenbos, J., & Pruitt, W. (1977). *La Necesidades de Agua de los Cultivos. Riego y Drenaje*. FAO, 195.
- Fellenius, W. (1936). *Dynamic Analysis in Geotechnical Engineering*, 337 - 371
- Fidel, L., & Huaman, A. (2001). *Mapa Preliminar de Amenaza Volcanica Potencial del Volcan Yucamane*. Lima: INGEMMET, 18.
- Fredlund, D., & Fredlund, H. (1993). *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. Wiley, New York.

- Geotechnical Contro Office. (1984). *Prediction of Soil Suction for Slopes in Hong Kong*, 243.
- Gonzales de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geologica*. Madrid - España: Pearson Educación.
- Gurovich, L. (1985). *Fundamentos y Diseño de Sistemas de Riego*. Sn José Costa Rica, 433.
- Hidalgo, C., Muñoz, F., Urrego, P., Londoño, V., & Mateus, B. (2014). *Evaluación del Efecto de la Infiltración de Agua Sobre la Estabilidad de un Talud en Suelos Residual*. Colombia.
- IBC. (2015). *International Building Code*. U.S.A.: International Code Council.
- INEI. (2015). *Estimacion anual de Poblacion del Distrito de Quilahuani, Elaborado por Instituto Nacional de Estadistica e Informatica*.
- INGEMMET. (1995). *Geología del Perú. Boletín No.55 Serie A: Carta Geológica Nacional*.
- Jaen la Torre, H. (1965). *Geologia del Cuadrangulo de Tarata (35 - V)*. Lima.
- Jimenez, J., & Justo, J. (1975). *Geotecnia y Cimientos I*. Madrid, España: Editorial Rueda.
- Joana, A., & Orozco, B. (2012). *Construccion y Mantenimientos de Obras Biomecanicas y Mecanicas para la Mitigacion del Riego*. Colombia p67.
- Kessler, J., & Oosterbaan, R. (1994). *Determining Hydraulic Conductivity of Soils. Drainages Principles and Applications, v. 3*. Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement P. O.
- Lambe, W., & Whitman, R. (1972). *Mecxanica de suelos. I*. Instituto Tecnologico de Massachusetts: Editorial Limusa - Wiley S.A., 583

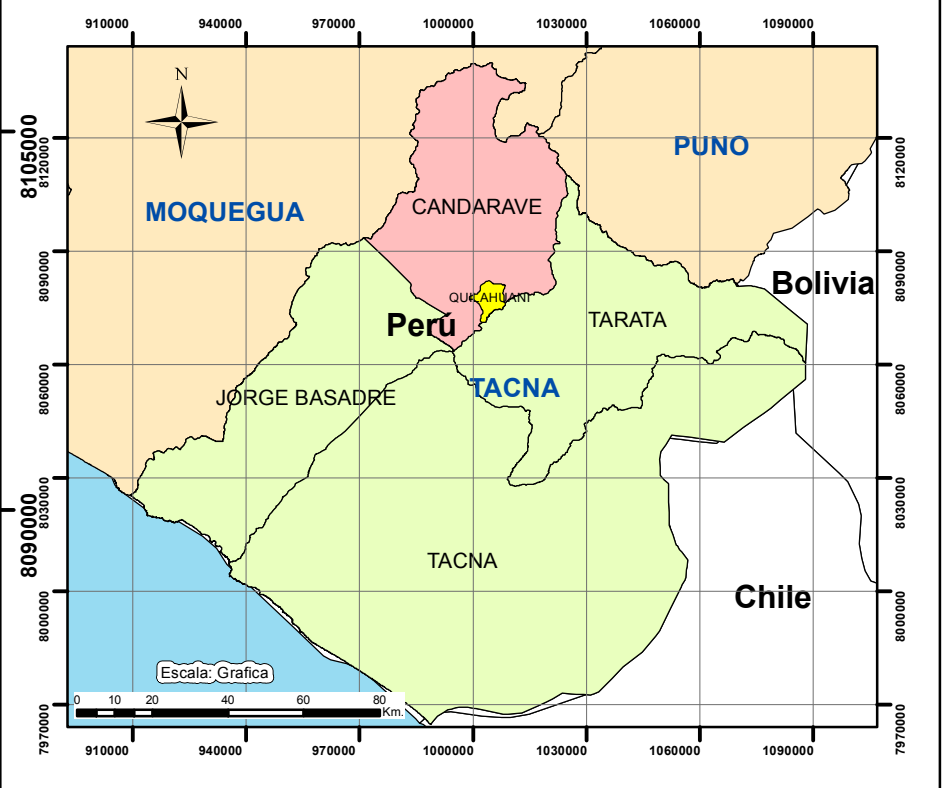
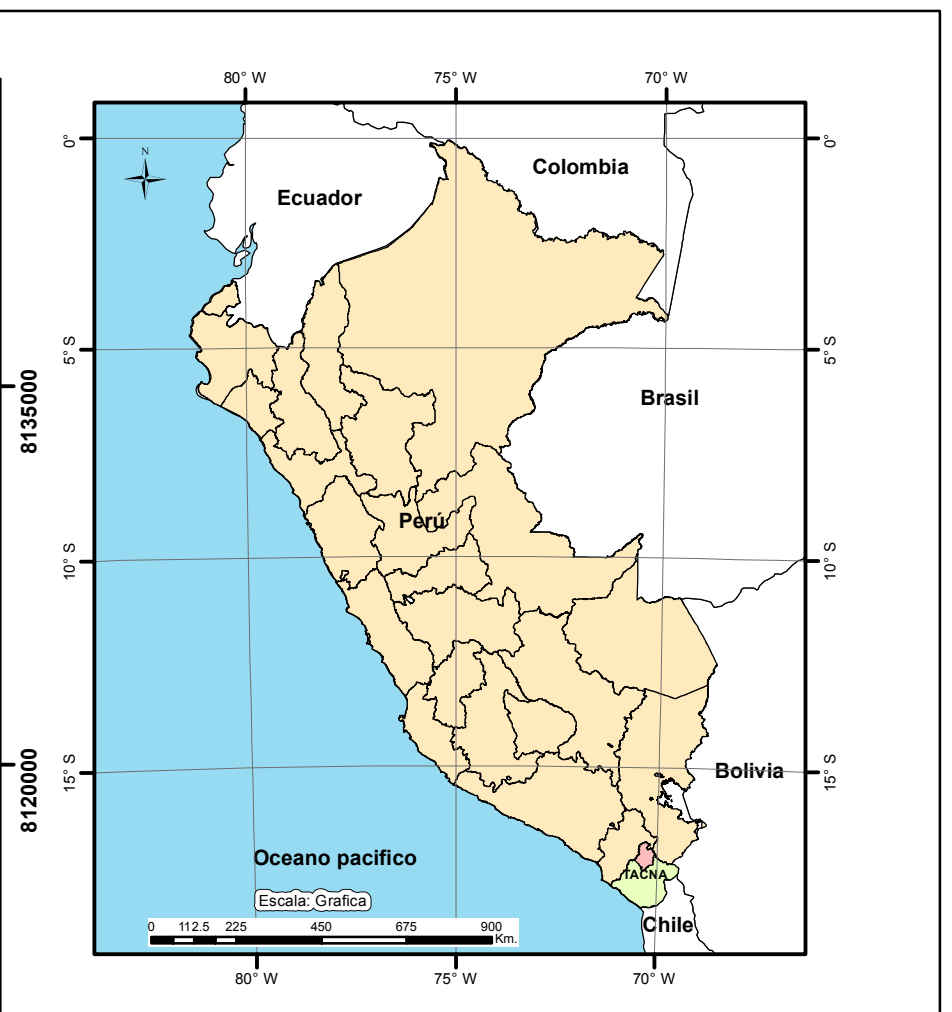
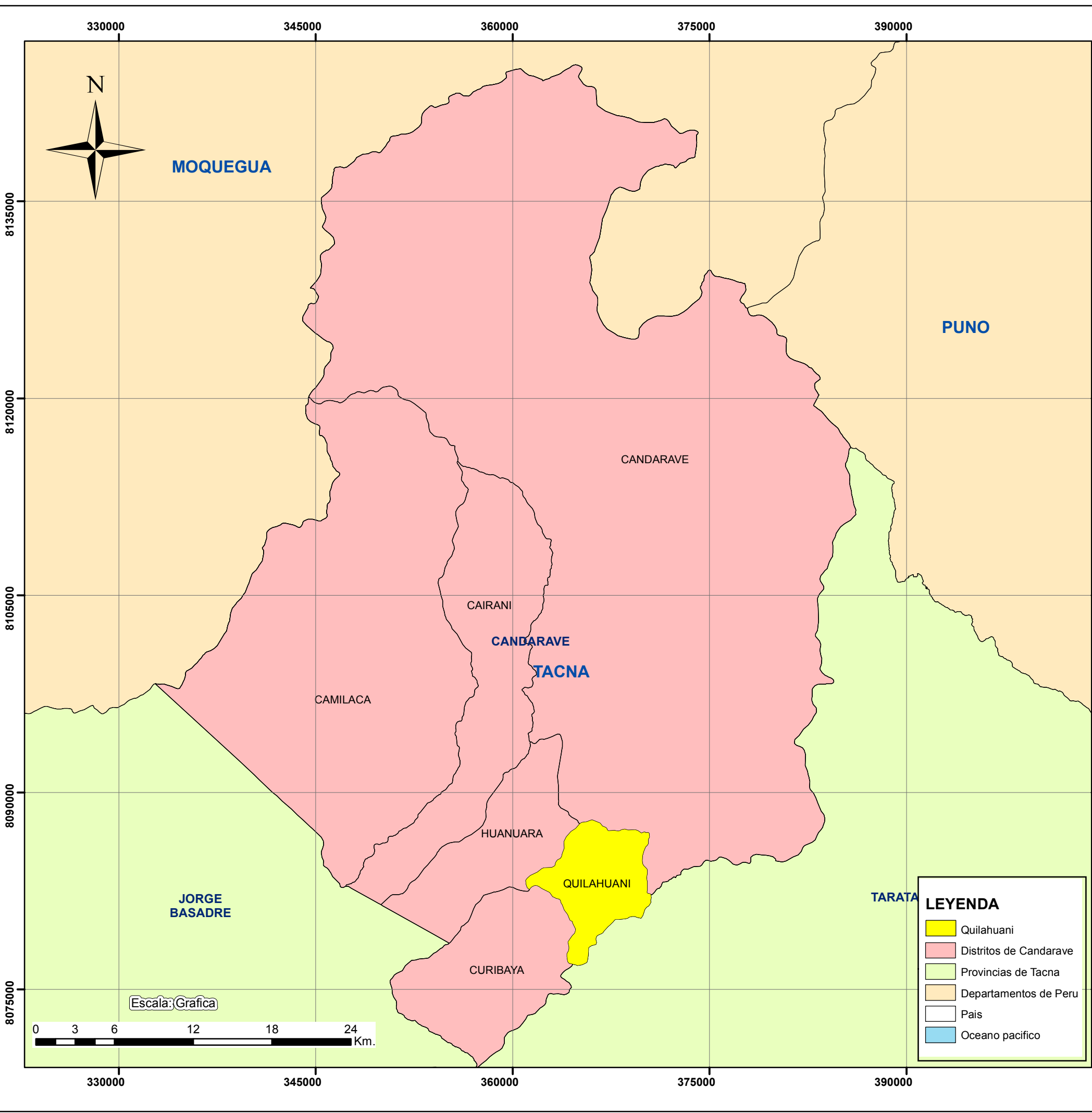
- Lan, H., Zhou, C., Wang, S., & Wu, F. (2003). *Rainfall-induced landslide stability analysis in response to transient pore pressure. Science in China Ser. E Technological Sciences. Vol. 46, 52-68.*
- Luque, G. (2016). *Zonas Criticas por Peligros Geologicos en la Region de Tacna, INGEMMET. 13.*
- Mamani, M., Ibarra, I., Carlier, G., & Fornari, M. (2004). *Petrología y Geoquímica del Magmatismo Alcalino de la Zona Noroeste del Altiplano peruano (departamento de Puno) 157–174.*
- Manilla, A. (2003). *Geofísica Aplicada en los Proyectos Basicos de Ingenieria Civil, 8*
- Martinez, W., & Zuloaga, A. (2001). *Memoria Explicativa de la Geología del Cuadrángulo de Moquegua (35-u). INGEMMET.*
- Matteis, A. (2003). *Estabilidad de Taludes, Geologia - Geotecnia. Argentina, 4.*
- Mora, R., & Rojas, E. (2012). *Efectos de la Saturacion en el Deslizamientos de Talud en la Comunidad San Juan de Grijalva Chiapas. Mexico.*
- Morgenstern, N., & Matos, M. (1975). *Stability of slopes in residual Soils. Buenos Aires.: 5th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol 3.*
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras: suelos, geologia, geotecnia y pavimentos. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 350.*
- MTC. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geometrico DG - 2018. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Peru.*
- Musy, A. (2001). *Cours "Hydrologie générale". Ecole Polytechnique Fédérale deLausanne. IATE/HYDRAM. Laboratoire d'Hydrologie et Aménagement.*

- Noble, D., & Mckee, E. (1999). *The mioceno metallogenic belt of central and northern Peru. Geology and Ore Deposits of the Central Andes, Society of Economic Geologists, Special Publication, 155-193.*
- Paredes, O., Juarez, R., Bedoya, C., Acosta, J., Pino, E., Barriga, J., & Lara, M. (2002). *Estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Candarave.* Tacna: INDICE, 8.
- Pidwirny, M. (2006). *Infiltration and Soil Water Storage.* Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition.
- Ramirez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecanica de Rocas: Fundamentos e Ingenieria de Taludes, 3.*
- Rodriguez, E. (2016). *Estudio de los Recursos Hidricos Superficiales y Subterranos e Infraestructura Hidraulica Para el Plan de Aprovechamiento en la Cuenca del Rio Locumba, en la Region Tacna - Estudio Hidrologico Cuenca Locumba.* Tacna 41- 44.: Consorsio Rio Locumba.
- Saez, E. (2010). *Fundamentos de Geotencias.* Santiago: Pontificia Universidad Catolica de Chile.
- SENAMHI. (2018). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).*
- Soncco, Y., & Manrique, N. (2018). *Peligro por Deslizamientos en el Sector Matarani (Distrito Quilahuani, Candarave - Tacna).* INGEMMET.
- Suarez, J. (1998). *Deslizamiento y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales.* Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda.
- Suarez, J. (2010). *Respuesta Hidrologica de los Deslizamientos de Tierra.* II Congreso Colombiano de Hidrologia, 1.
- Tavera, H., & Burfon, E. (1998). *Revista Fisica de la Tierra, No 10. Lima, 210*

- Tejada, G., Huisa, C., Sarmiento, Z., & Cerdeña, R. (2005). *Estudio Geologico - Minero y Geoeconomio Preliminar de un Yacimientos de Silice (Cuarcita) en Candarave 84*. Tacna, 83 - 86.
- Terzaghi, K. (1950). *Mechanisms of Landslides, Geotechnical Society of America. USA*, 83 - 125.
- Terzaghi, K., & Peck, R. (1973). *Mecanica de Suelos en los Ingenieria Practica*. España: El ateneo S.A.
- UNATSABAR. (2003). *Especificaciones Técnicas Diseño de Pruebas de Infiltración*. Lima: Unidad de Apoyo Tecnico Para el Saneamiento Basico del Area Rura, OPS/CEPIS.
- Valoyes, E. (2013). *Valores del Coeficiente "c" Para el Cálculo de la Permeabilidad de los Materiales de las Fuentes de Atrato, Cabi, Samurindo, Tanando y Tutunendo*. Quibdo.
- Van Zuidam, R. (1986). *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smits Publishes, The Hague, 442.
- Varnes, D. (1978). *Slope movement types and processes*. Washington: Transportation Reserch Borrada. Nacional Reserch Council.
- Villón, M. (2004). *Hidrologia*. Lima: Segunda Edicion: Editorial Villon, 69-308.
- Wilson, J., & Garcia, W. (1962). *Geologia de los Cuadrangulos de Pachia y Palca*. Lima: INGEMMET.

ANEXOS

1.PLANOS TEMÁTICOS



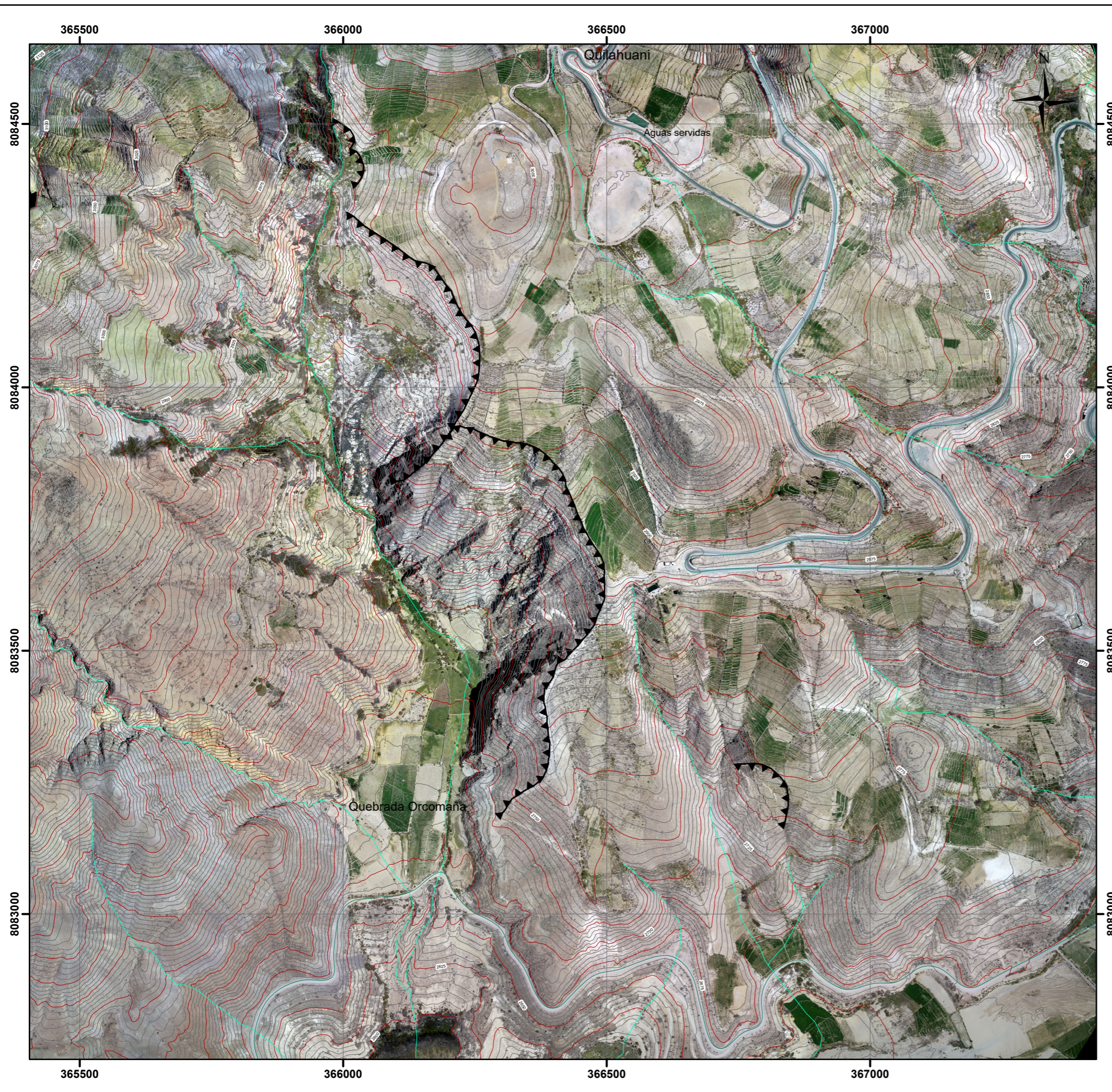
LEYENDA

- Quilahuani
- Distritos de Candarave
- Provincias de Tacna
- Departamentos de Peru
- Pais
- Oceano pacifico

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: MAPA DE UBICACIÓN		LAMINA: PT 0
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1:300,000
FECHA: JULIO, 2018		Departamento: TACNA
SIG: BACH, ROBERT ARO ARO		Provincia: CANDARAVE
ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS		Distrito: QUILAHUANI



LEYENDA

BANDAS

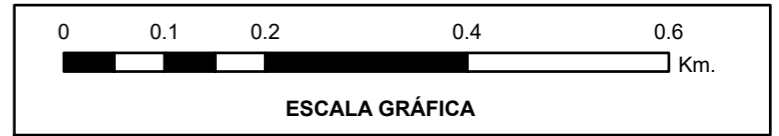
- Banda 1: Rojo
- Banda 2 Verde
- Banda 3 Azul

SIMBOLOGÍA

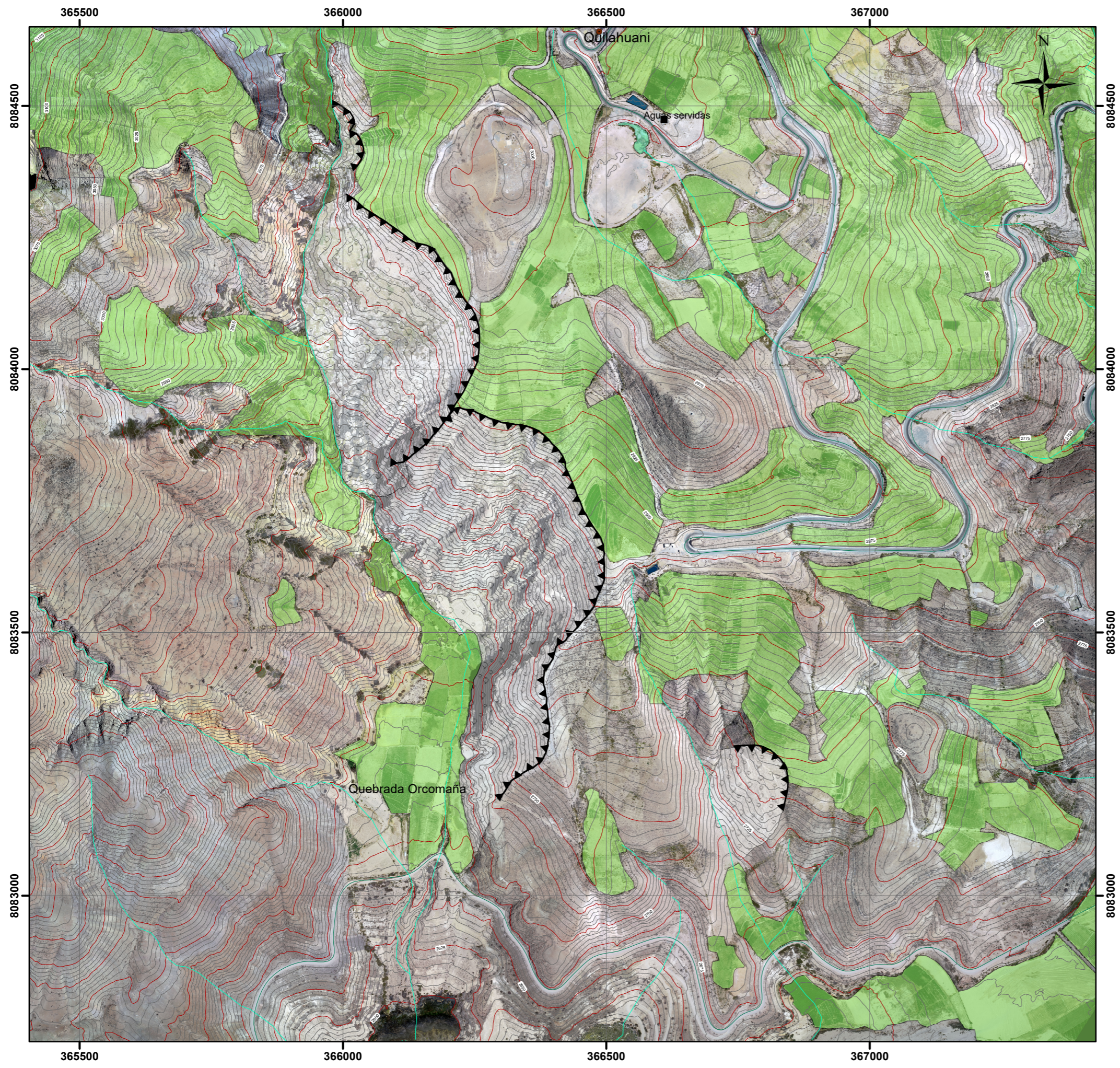
- Pueblos
- Vías de comunicación
- Drenajes
- ⚡ Escarpas

Curvas de Nivel

- ~ Curva principal
- ~ Curva secundaria



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura, Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia		
Proyecto: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
Plano: ORTOFOTOGRAFÍA		LAMINA: PT - 02
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1:7.500
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		FECHA: Marzo, 2019
ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS		DEPARTAMENTO: TACNA PROVINCIA: CANDARAVE DISTRITO: QUILAHUANI



SIMBOLOGÍA

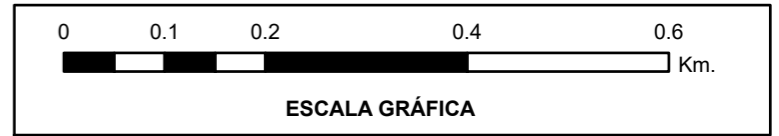
- Pueblo
- Planta de aguas servidas
- Vias de comunicacion
- Drenaje
- ⚔ Escarpa

Curvas de Nivel

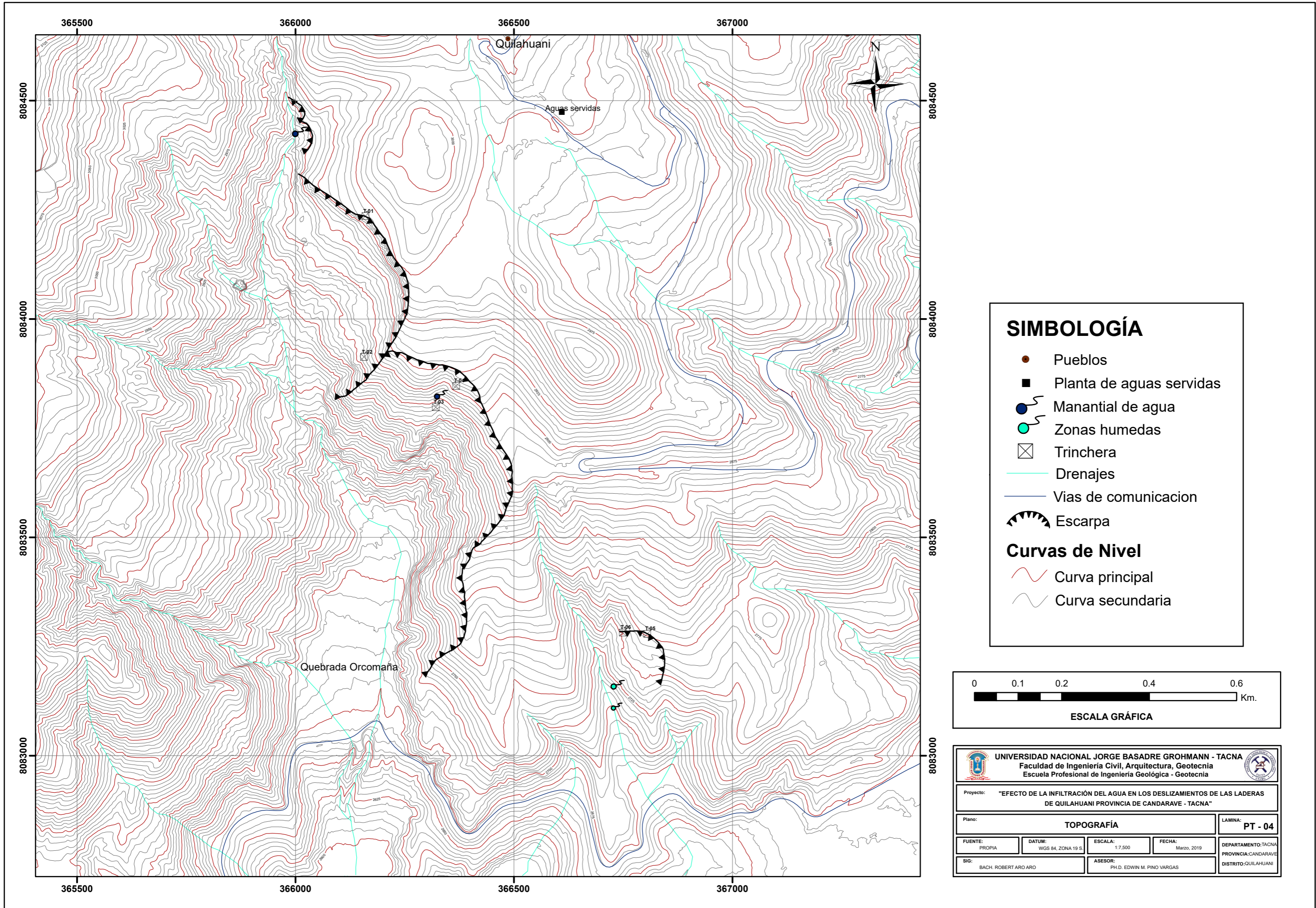
- Curva principal
- Curva secundaria

LEYENDA

- Area de cultivo
- Deposito de aguas servidas
- Reservoirio
- Masa deslizada



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura, Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia		
Proyecto: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
Plano: ÁREAS DE CULTIVO		LAMINA: PT - 03
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1:7.500
		FECHA: Marzo, 2019
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS
		DEPARTAMENTO: TACNA PROVINCIA: CANDARAVE DISTRITO: QUILAHUANI

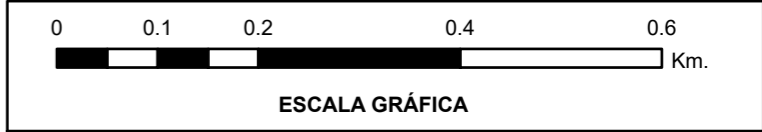


SIMBOLOGÍA

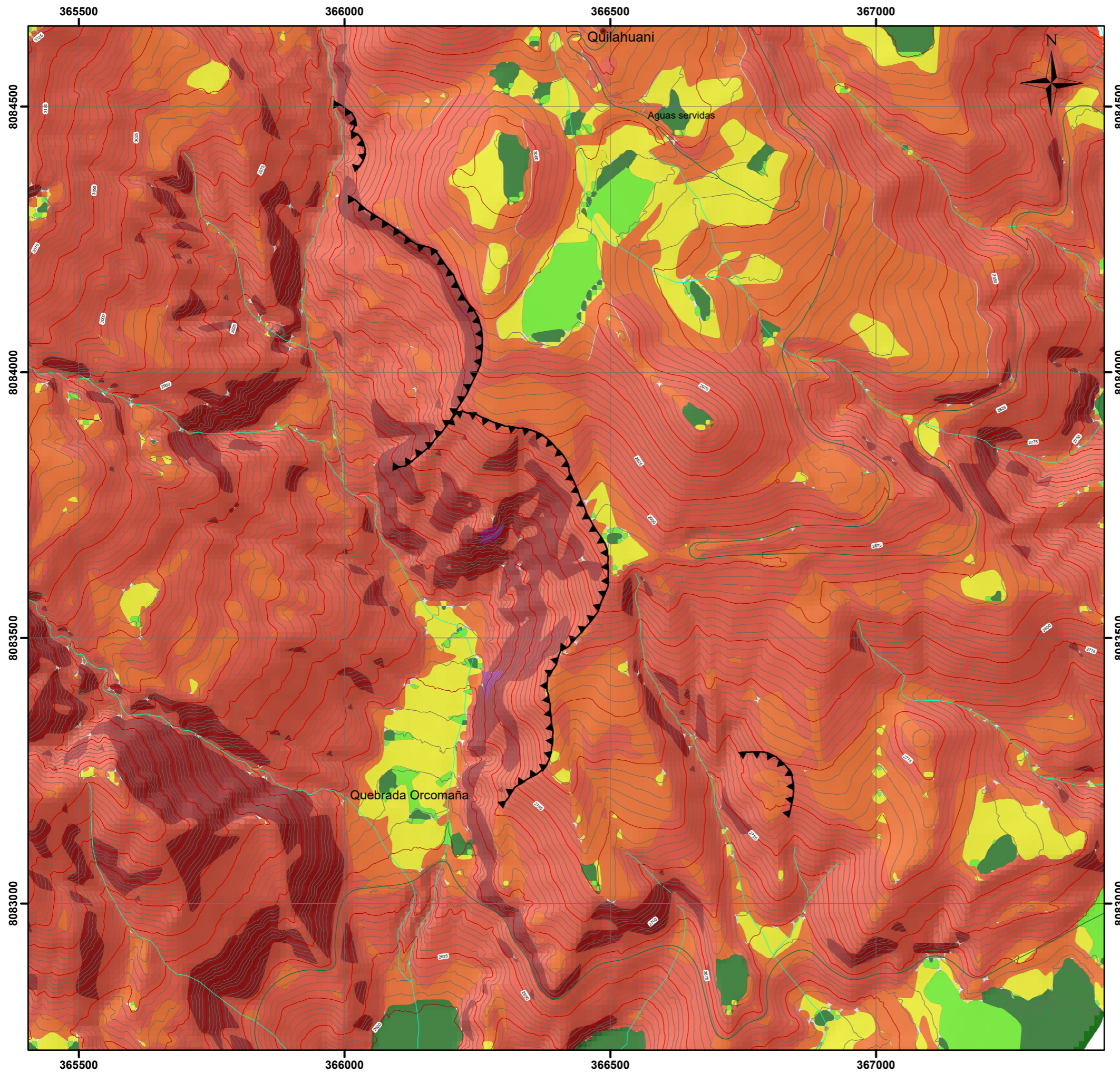
- Pueblos
- Planta de aguas servidas
- Manantial de agua
- Zonas húmedas
- Trinchera
- Drenajes
- Vías de comunicación
- ⌒ Escarpa

Curvas de Nivel

- Curva principal
- Curva secundaria



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura, Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia		
Proyecto: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
Plano: TOPOGRAFÍA		LAMINA: PT - 04
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1:7.500
		FECHA: Marzo, 2019
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS
		DEPARTAMENTO: TACNA PROVINCIA: CANDARAVE DISTRITO: QUILAHUANI



SIMBOLOGÍA

- Pueblos
- Vias de comunicacion
- Drenajes
- ⚡ Escarpas

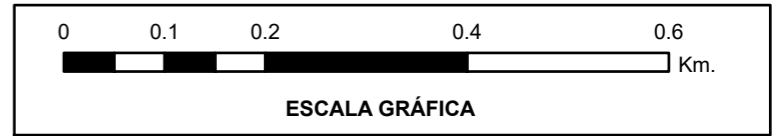
Curvas de Nivel

- Curva principal
- Curva secundaria

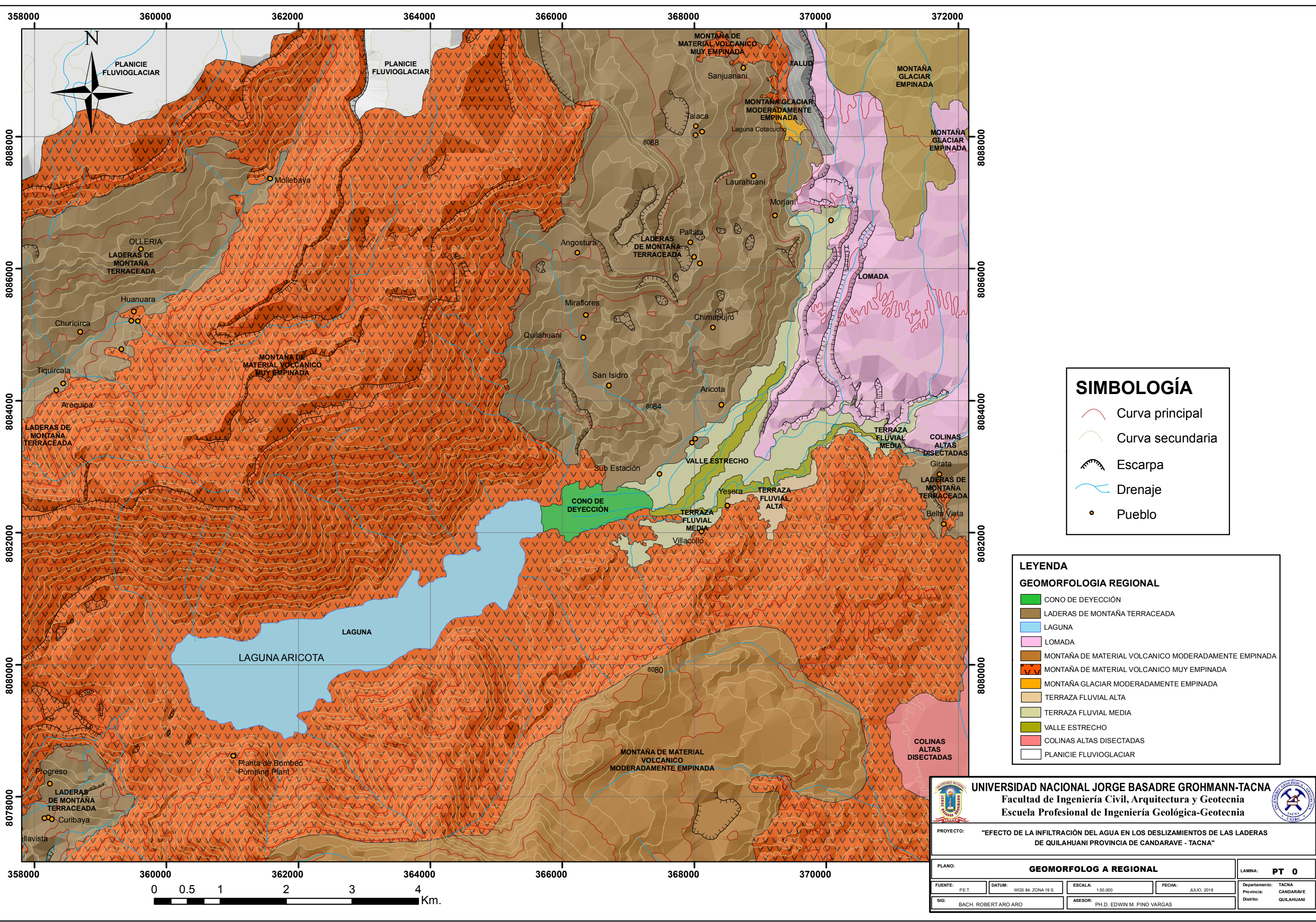
LEYENDA

Pendiente

- 0° - 2° Planicie, sin denudacion
- 2° - 4° Pendiente muy baja
- 4° - 8° Pendiente baja
- 8° - 16° Pendiente moderada
- 16° - 35° Pendiente fuerte
- 35° - 55° Pendiente muy fuerte
- > 55° Pendiente extremadamente fuerte (Van Zuidam, 1986)



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura, Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia		
Proyecto: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
Plano: PENDIENTES		LAMINA: PT - 05
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1:7.500
		FECHA: Marzo, 2019
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS
		DEPARTAMENTO: TACNA PROVINCIA: CANDARAVE DISTRITO: QUILAHUANI



SIMBOLOGÍA

- Curva principal
- Curva secundaria
- Escarpa
- Drenaje
- Pueblo

LEYENDA

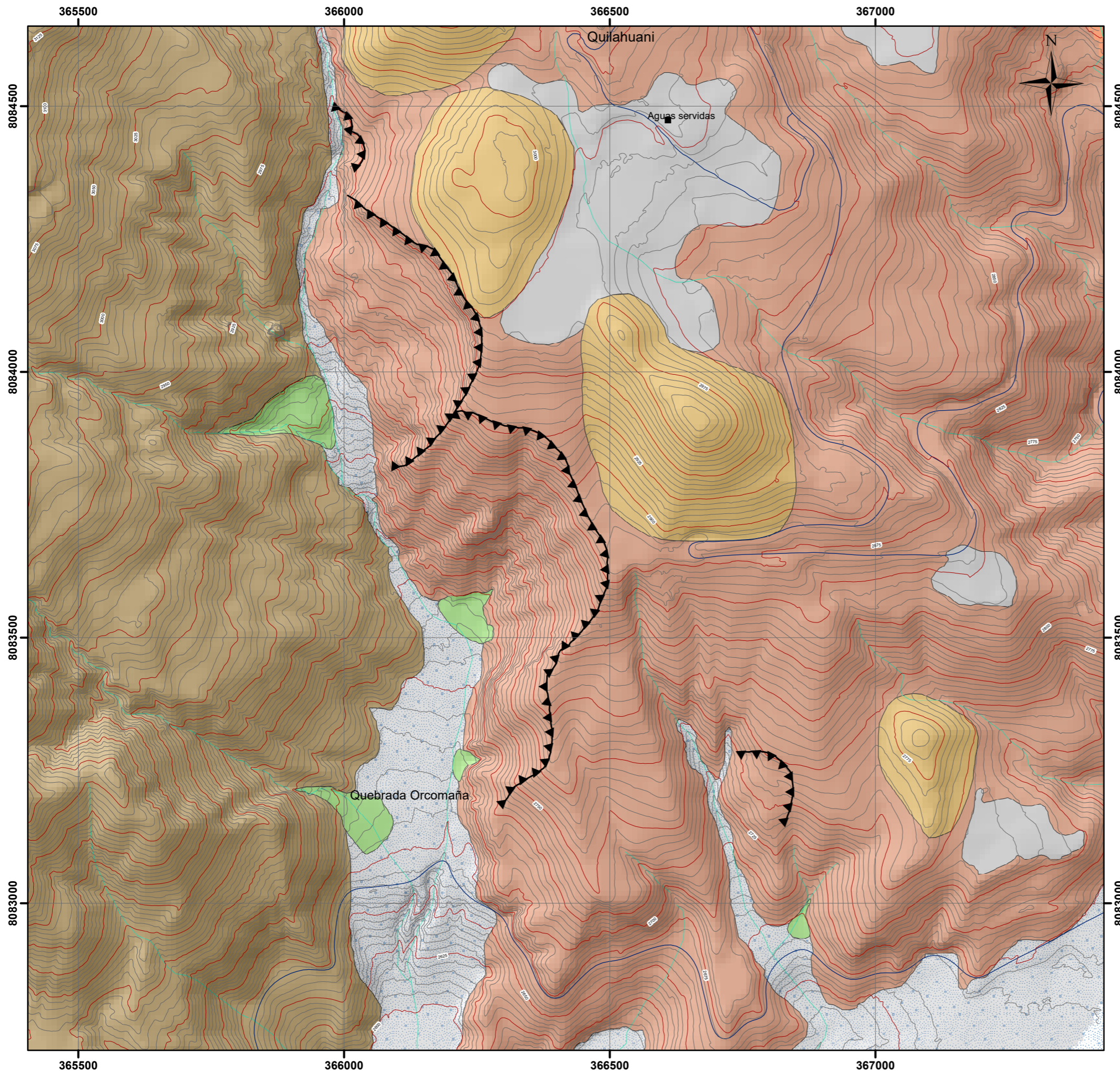
GEOMORFOLOGIA REGIONAL

- CONO DE DEYECCIÓN
- LADERAS DE MONTAÑA TERRACEADA
- LAGUNA
- LOMADA
- MONTAÑA DE MATERIAL VOLCANICO MODERADAMENTE EMPINADA
- MONTAÑA DE MATERIAL VOLCANICO MUY EMPINADA
- MONTAÑA GLACIAR MODERADAMENTE EMPINADA
- TERRAZA FLUVIAL ALTA
- TERRAZA FLUVIAL MEDIA
- VALLE ESTRECHO
- COLINAS ALTAS DISECTADAS
- PLANICIE FLUVIOGLACIAR

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia
 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: GEOMORFOLOGIA REGIONAL		LAMINA: PT 0
FUENTE: P.E.T.	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1:50,000
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		FECHA: JULIO, 2018
ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS		Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI

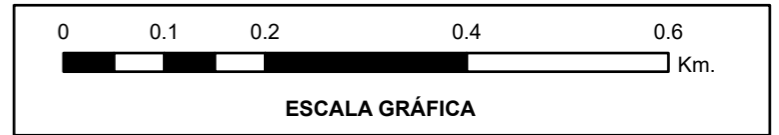


SIMBOLOGÍA

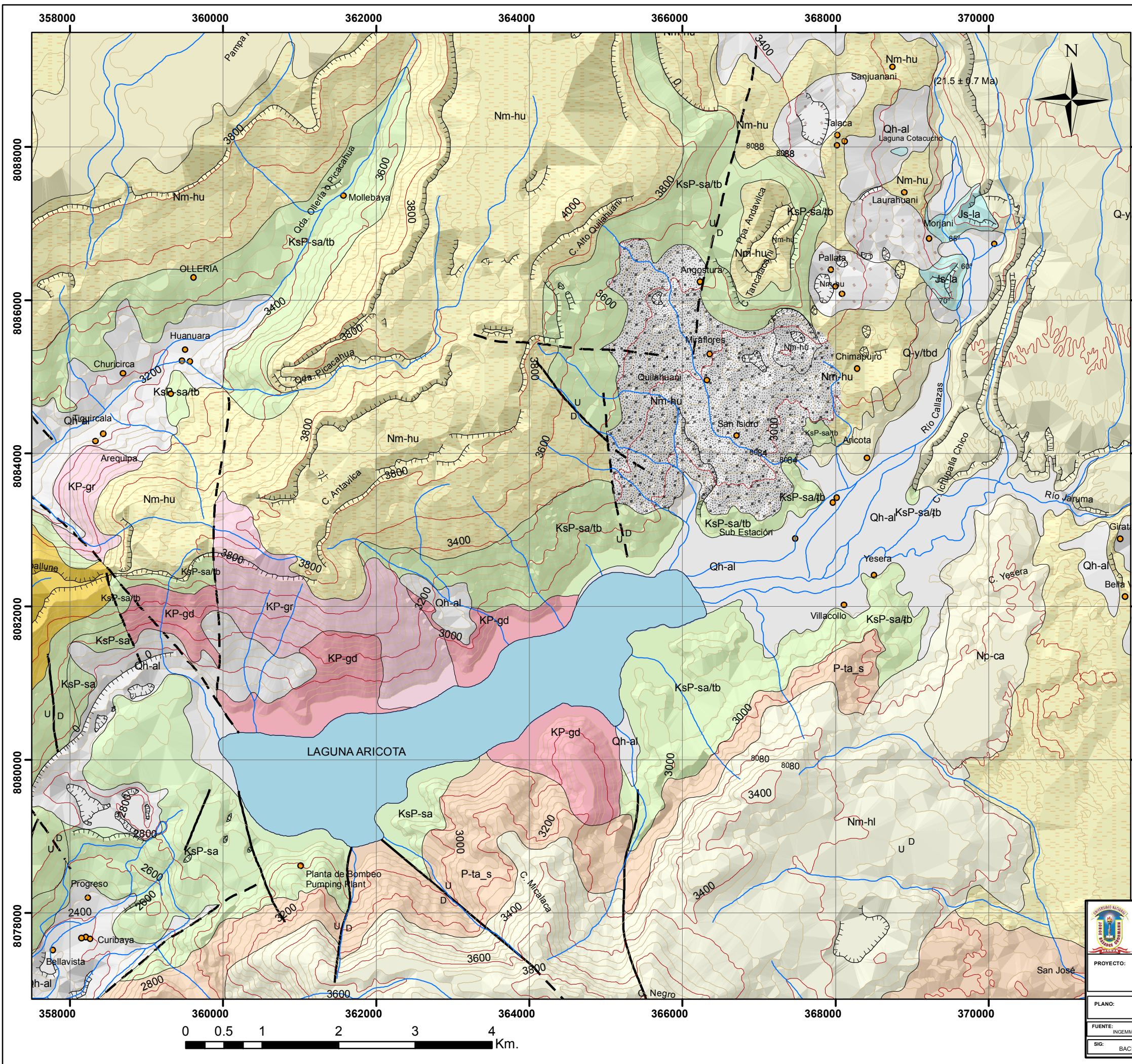
- Pueblos
 - Planta de agua servida
 - Drenajes
 - ⚔ Escarpa
 - Vias de comunicacion
- Curvas de nivel**
- ~ Curva principal
 - ~ Curva secundaria

LEYENDA

- Altiplanicie
- Colina
- Cono de deyección
- Ladera de Montaña
- Terraza aluvial
- Lomada



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura, Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia		
Proyecto: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
Plano: GEOMORFOLOGÍA LOCAL		LAMINA:
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1:7.500
		FECHA: Abril, 2019
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS
		DEPARTAMENTO: TACNA PROVINCIA: CANDARAVE DISTRITO: QUILAHUANI



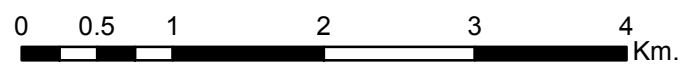
Leyenda

- Drenaje
- Curva principal
- Curva secundaria
- Pueblos
- Laguna

SIMBOLOGÍA

- Buzamiento de capas
- Contacto conocido
- Contacto inferido
- Lineamiento
- Falla dextral
- Falla sinistral
- Falla inversa de alto ángulo
- Falla Normal
- Falla Inversa
- Dirección de Eup
- Escarpa de deslizamiento activo

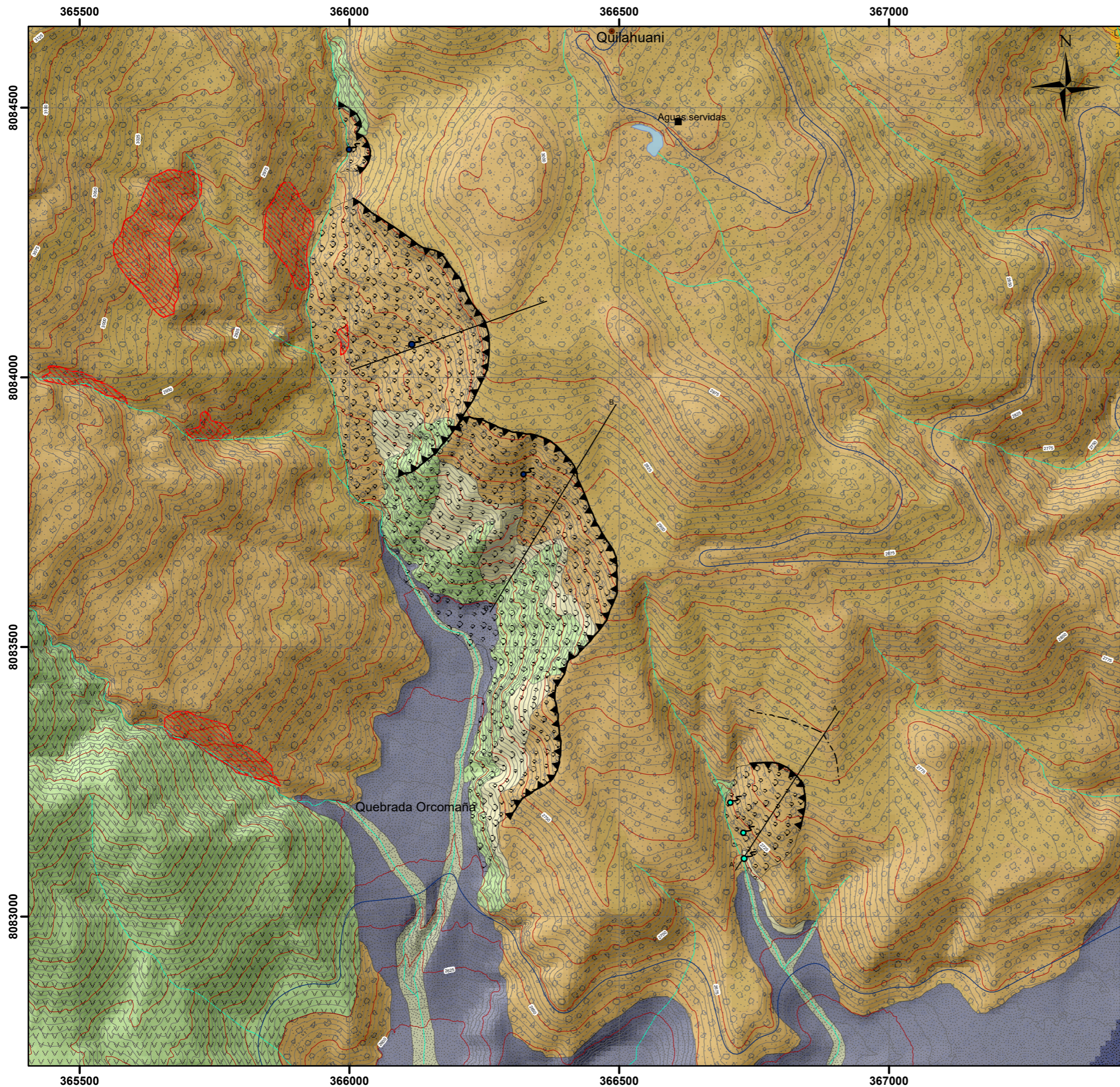
ERAT. SIST.	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	GEOCRONO. METRIS. MA.	
CUATERNARIO	Holocena	Qh-al Depósito aluvial			
	Pleistocena	Depósito coluvial			
CENOZOICA	NEOGENO	Nm-hu Fm. Huayllas Tbas e ignimbritas rodacíticas beige rosáceas (18.15 a 0.43 a 22.03 a 0.51 Ma)		ss1	
		Miocena		ss1	
		Pliocena		ss1	
PALEOGENO	OLIGOCENA	Nm-hi Fm. Huacollo: Flujo monotono y rítmico de bloques y clastos de estratos rojos			
		Eocena	Gpo. Tacaza Fm. Tacaza superior: Precólitas, limolitas, calizas oscuras		ss1
		Gpo. Toquepala Fm. Toquepala inferior: Flujos de bloques y clastos de volcánicos		ss1	
MESOZOICA	CRETACEO SUPERIOR	KsP-qu Fm. Quetereco Taba Samanaga cristofórica, trachada subulcata			
		KsP-sa Fm. Andesita Samanaga porfírica, microporfírica y tbas vitólicas			
		KsP-sa/tb Taba Samanaga cristofórica, trachada subulcata			
INFERIOR	SUPERIOR		KP-gr Granito		
			KP-gd Granodiorita		



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA
 Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia
 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO:	GEOLOGIA REGIONAL		LAMINA:	PT 0					
FUENTE:	INGEMMET	DATUM:	WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA:	1:50,000	FECHA:	JULIO, 2018	Departamento:	TACNA
SIG:	BACH. ROBERT ARO ARO	ASESOR:	PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS	Provincia:	CANDARAVE	Distrito:	QUILAHUANI		



SIMBOLOGÍA

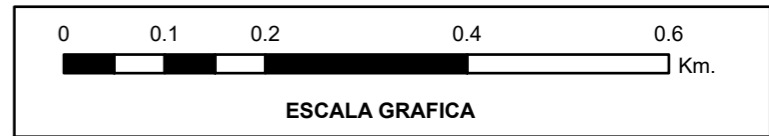
- Pueblo
- Planta de aguas servidas
- Mamantal de agua
- Zonas húmedas
- Vía de comunicación
- Drenaje
- Corte geológico
- - - Grieta inferida
- Escarpa
- Masa deslizada
- Deposito de agua servida
- Alteracion hidrotermal

Curvas de Nivel

- ~ Curva principal
- ~ Curva secundaria

LEYENDA GEOLOGÍCA

- Deposito proluvial, Acumulacion de cantos, gravas, limos y arcilla en la terraza
- Deposito aluvial, acumulacion de gravas, arenas y limos, depositados en las terrazas recientes
- Deposito coluvial. Acumulacion de bloques, gravas, arenas, limo y arcillas en las colinas y lomadas
- Deposito eluvial: Suelo residual producto de la alteracion supergena de rocas volcanicas. arena limosa de color gris oscuro.
- Fm. Quellaveco, lavas andesiticas y deposito de flujo piroclastico alterado e hidrotermalizados

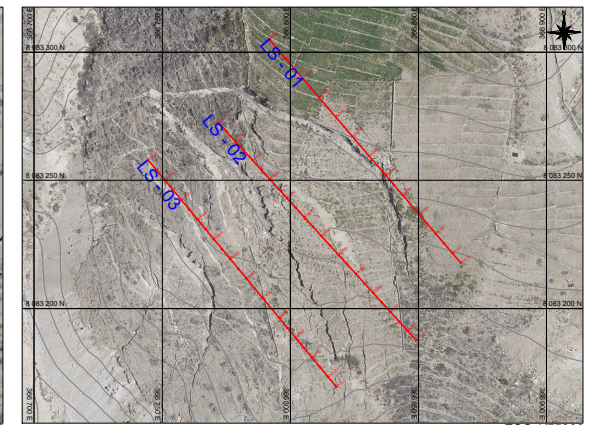


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura, Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica - Geotecnia		
Proyecto: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
Plano: GEOLOGÍA LOCAL		LAMINA: PT - 09
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1:7.500
		FECHA: Marzo, 2019
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS
		DEPARTAMENTO: TACNA PROVINCIA: CANDARAVE DISTRITO: QUILAHUANI

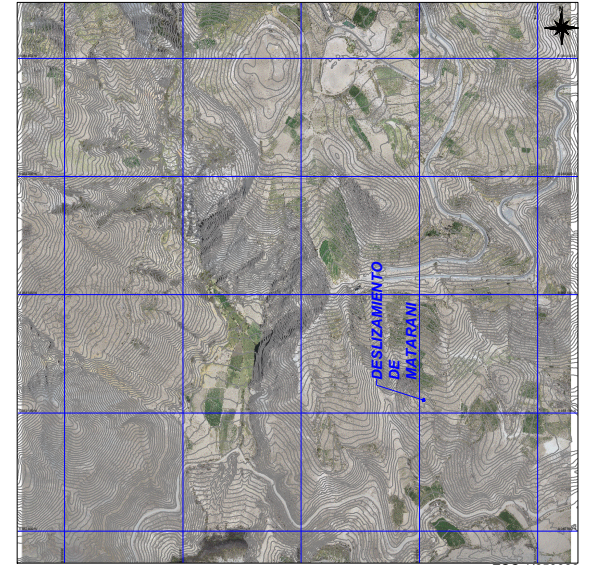
2.PLANOS GEOFÍSICOS



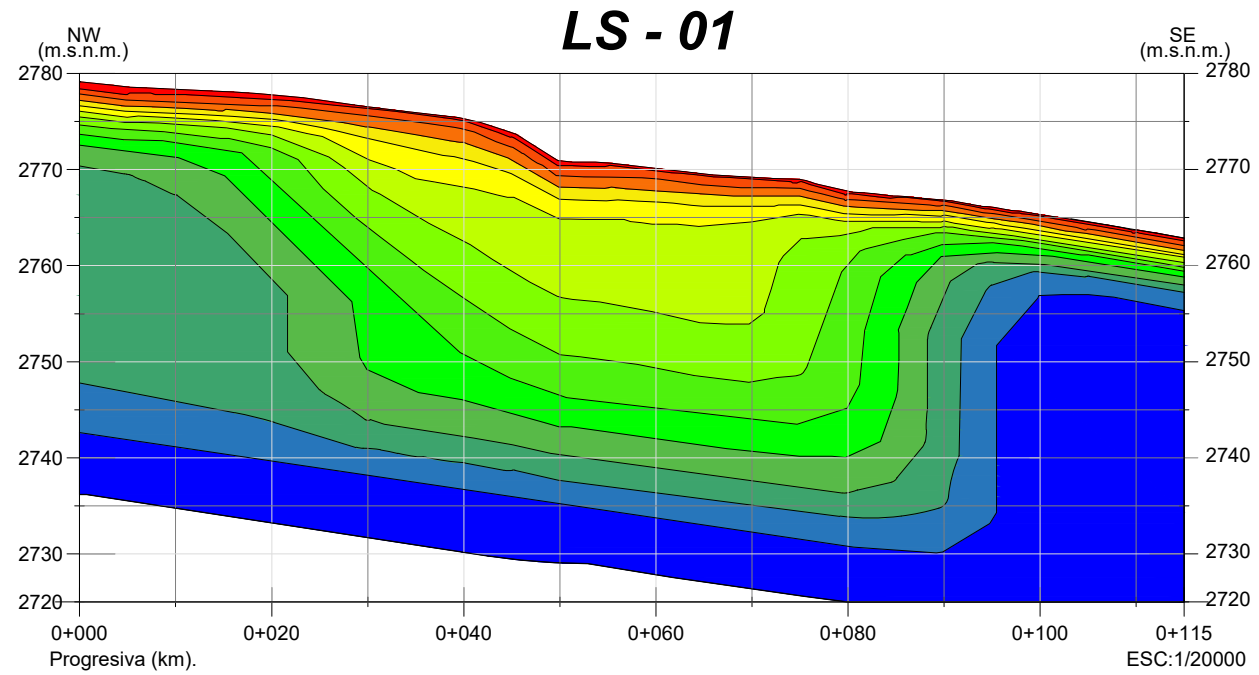
ESC:1/20000



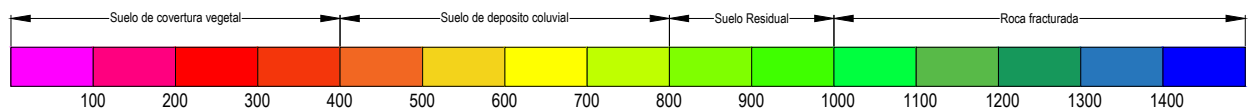
ESC:1/75000



ESC:1/650000

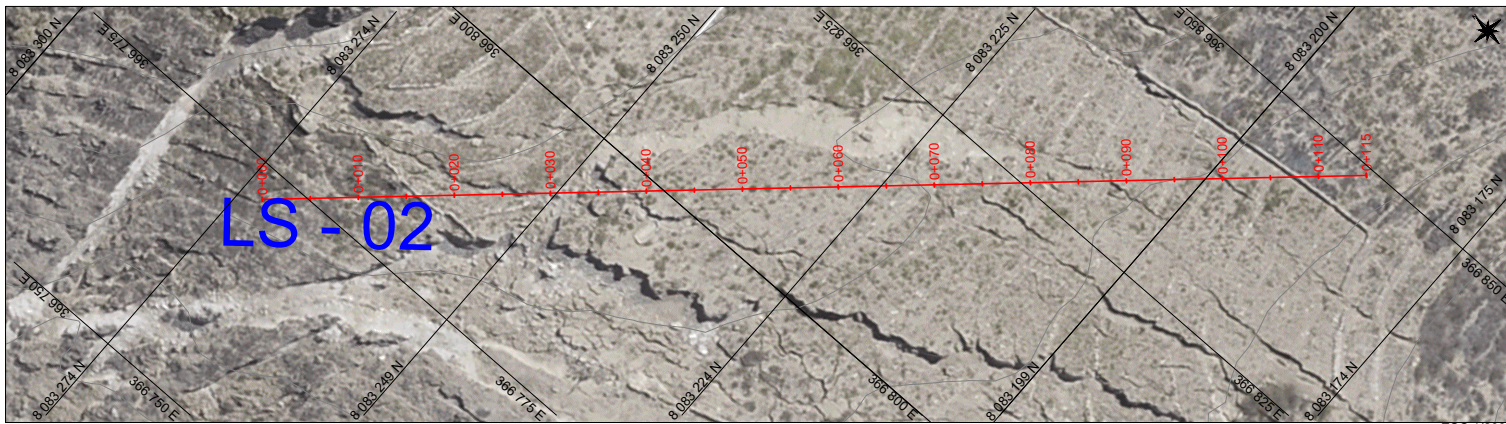


ESC:1/20000

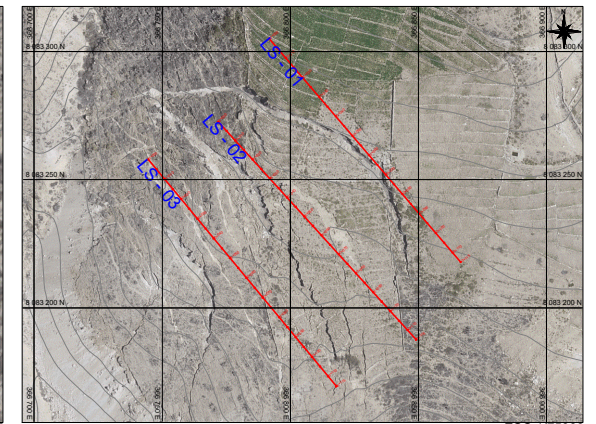


Velocidad Vp en m/s

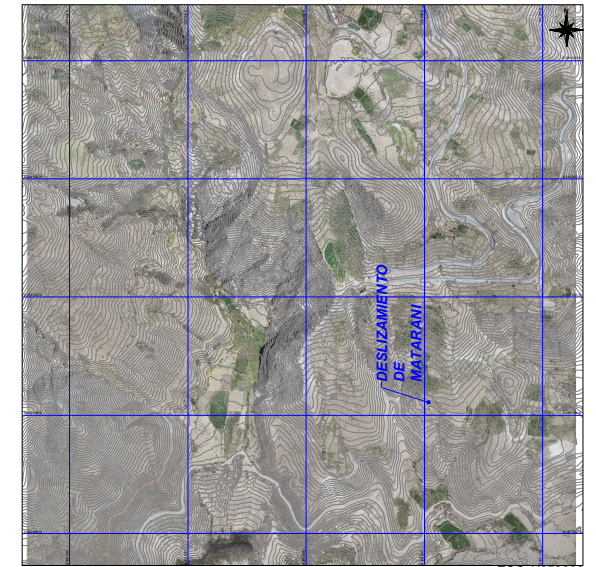
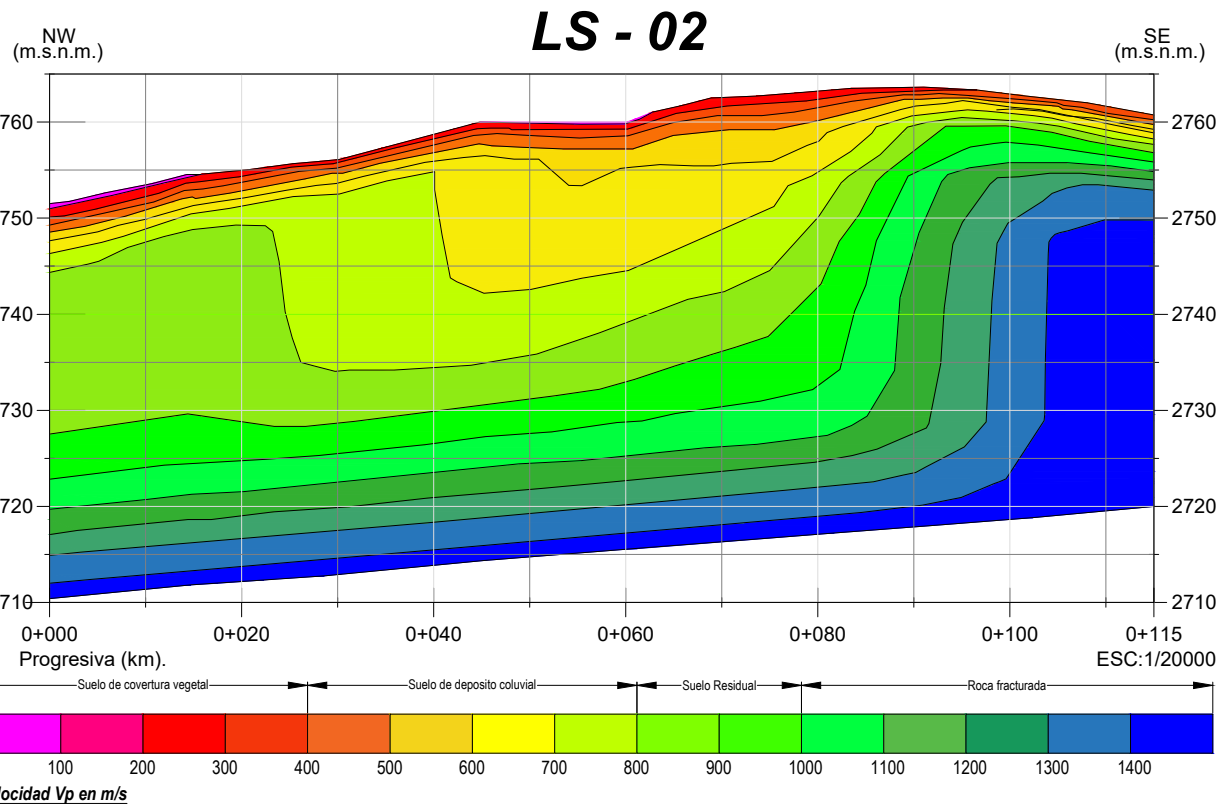
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
PLANO: REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 01		LAMINA: PGF - 01
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: 1/20000
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		FECHA: SETIEMBRE 2019
ABESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS		Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI



ESC:1/20000

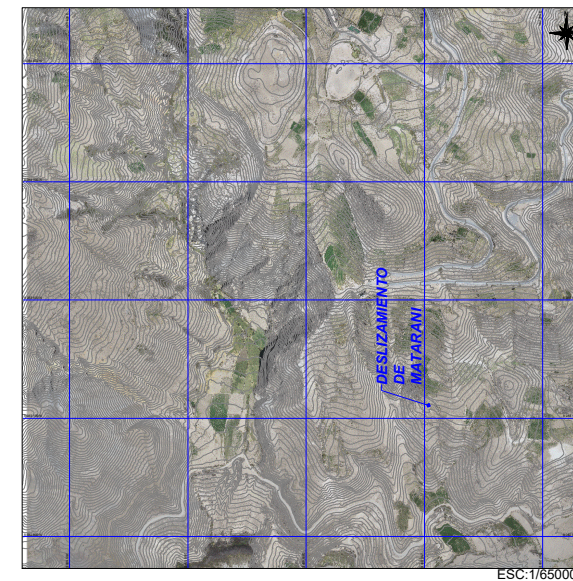
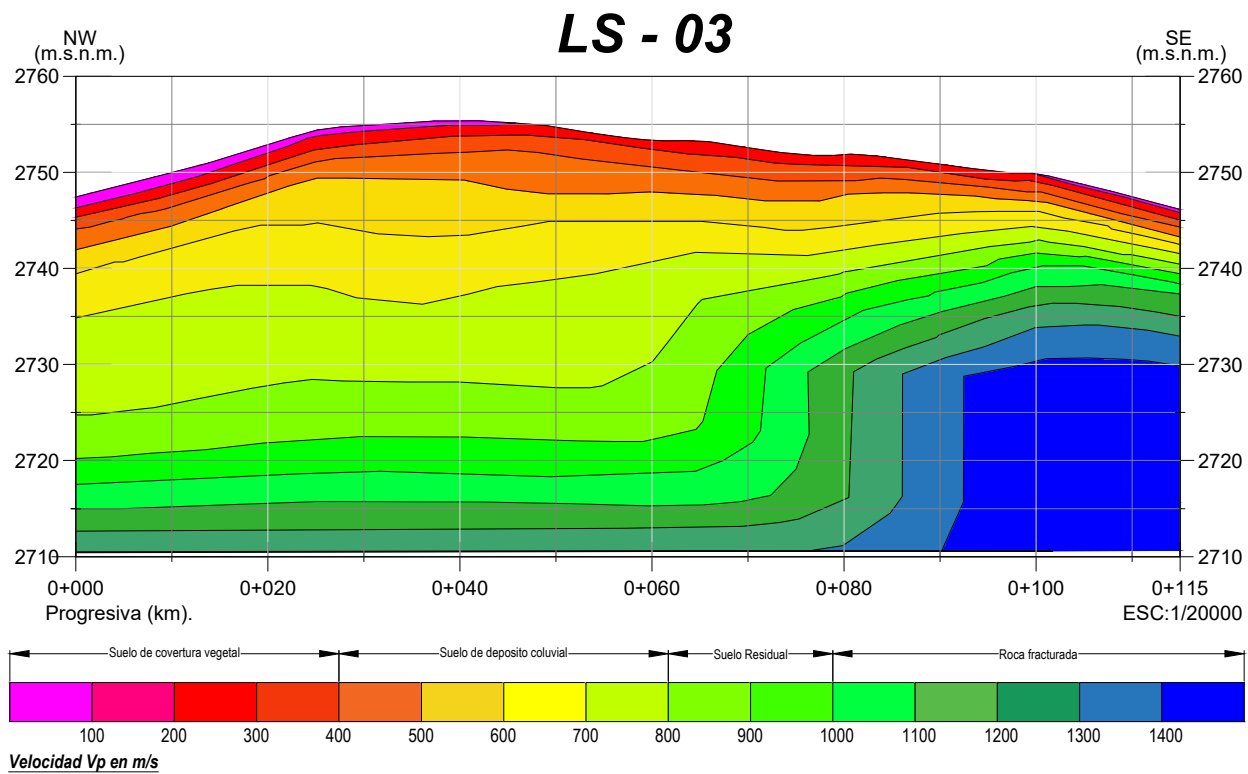
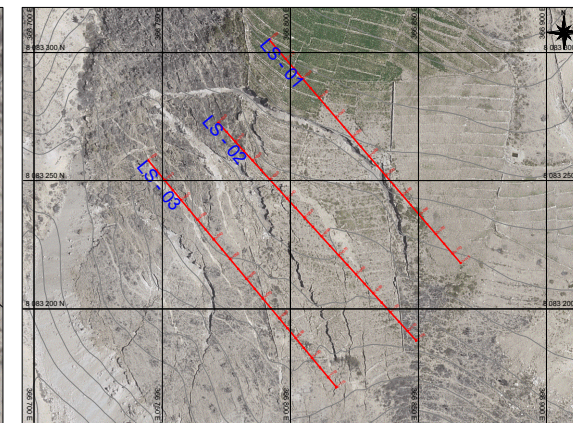
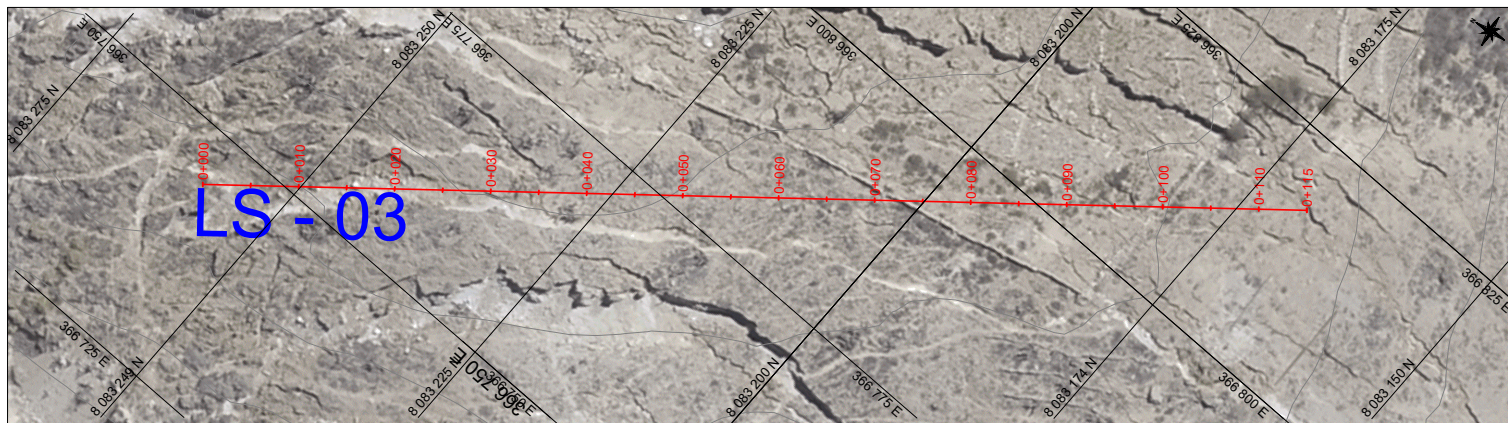




ESC:1/75000



ESC:1/650000

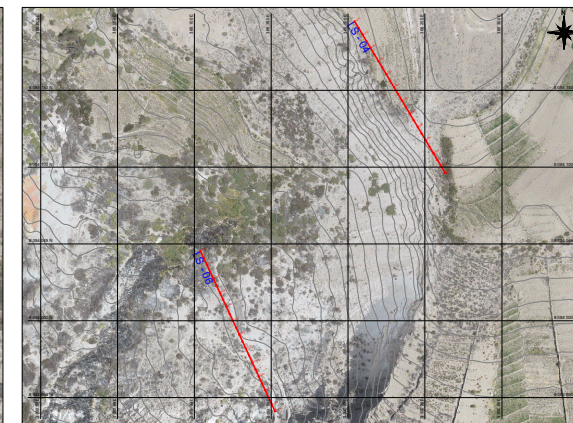
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
PLANO: REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 02		LAMINA: PGF - 02
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: 1/20000
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		FECHA: SETIEMBRE, 2019
ASesor: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS		Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI



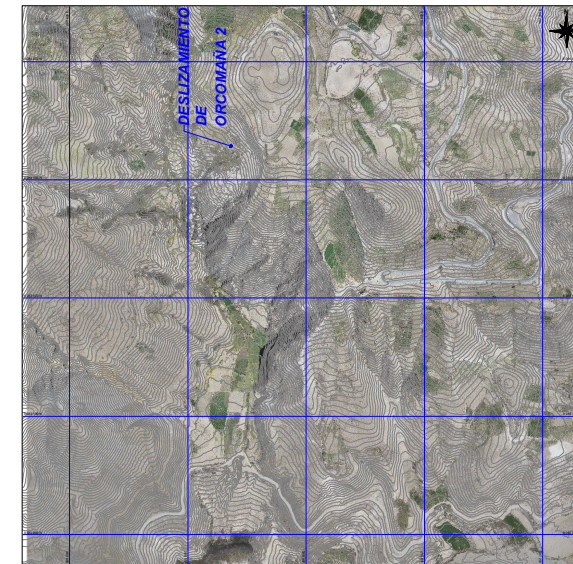
 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia			
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"			
PLANO:		REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 03	
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: 1/20000	FECHA: SETIEMBRE, 2019
BACH. ROBERT ARO ARO		ABESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS	
LAMINA: PGF - 03		Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI	



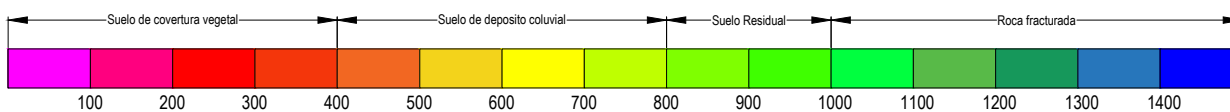
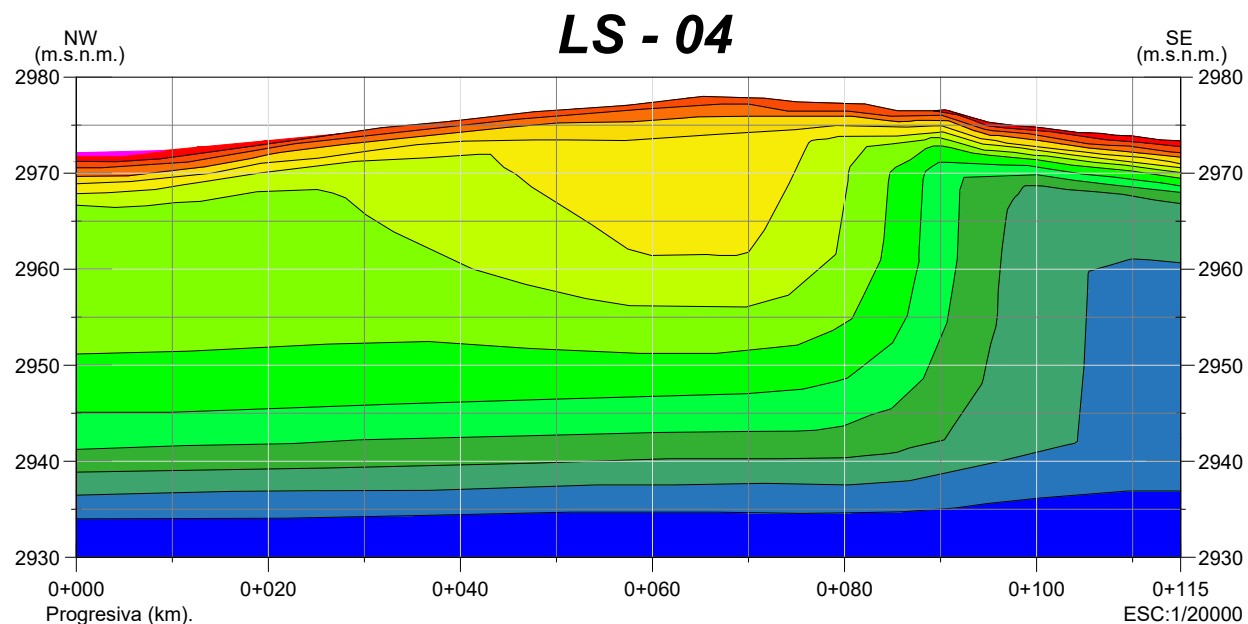
ESC:1/20000



ESC:1/125000

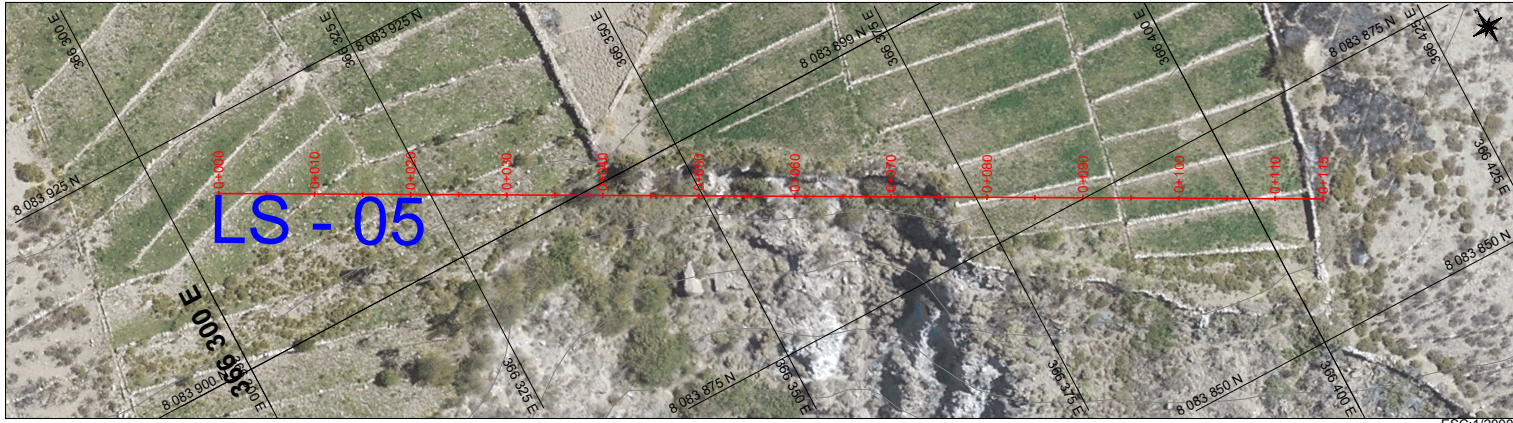


ESC:1/650000

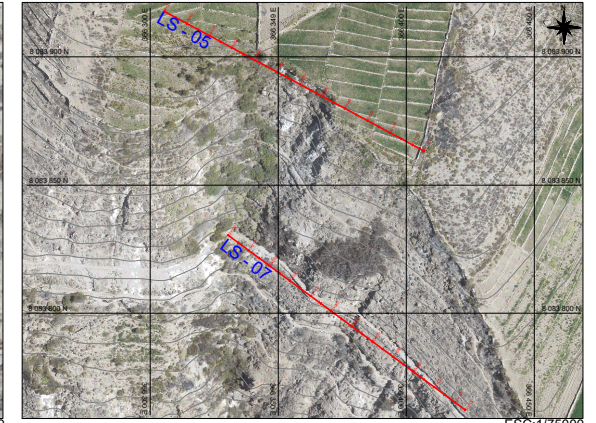


Velocidad V_p en m/s

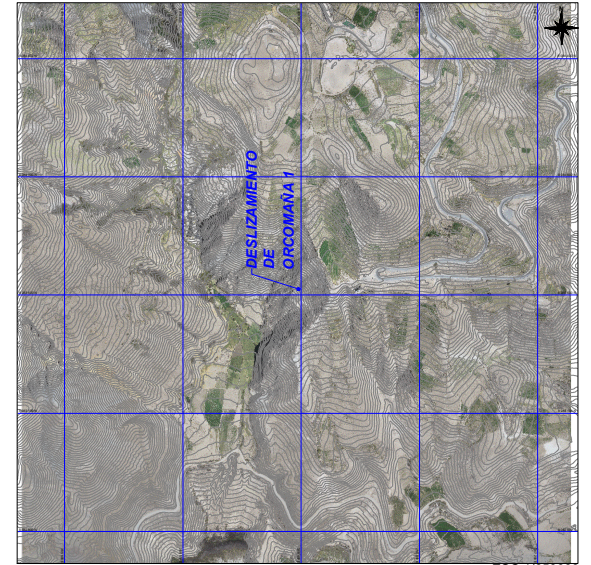
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
PLANO: REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 04		LAMINA: PGF - 04
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: 1/20000
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		FECHA: SETIEMBRE, 2019
ASesor: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS		Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI



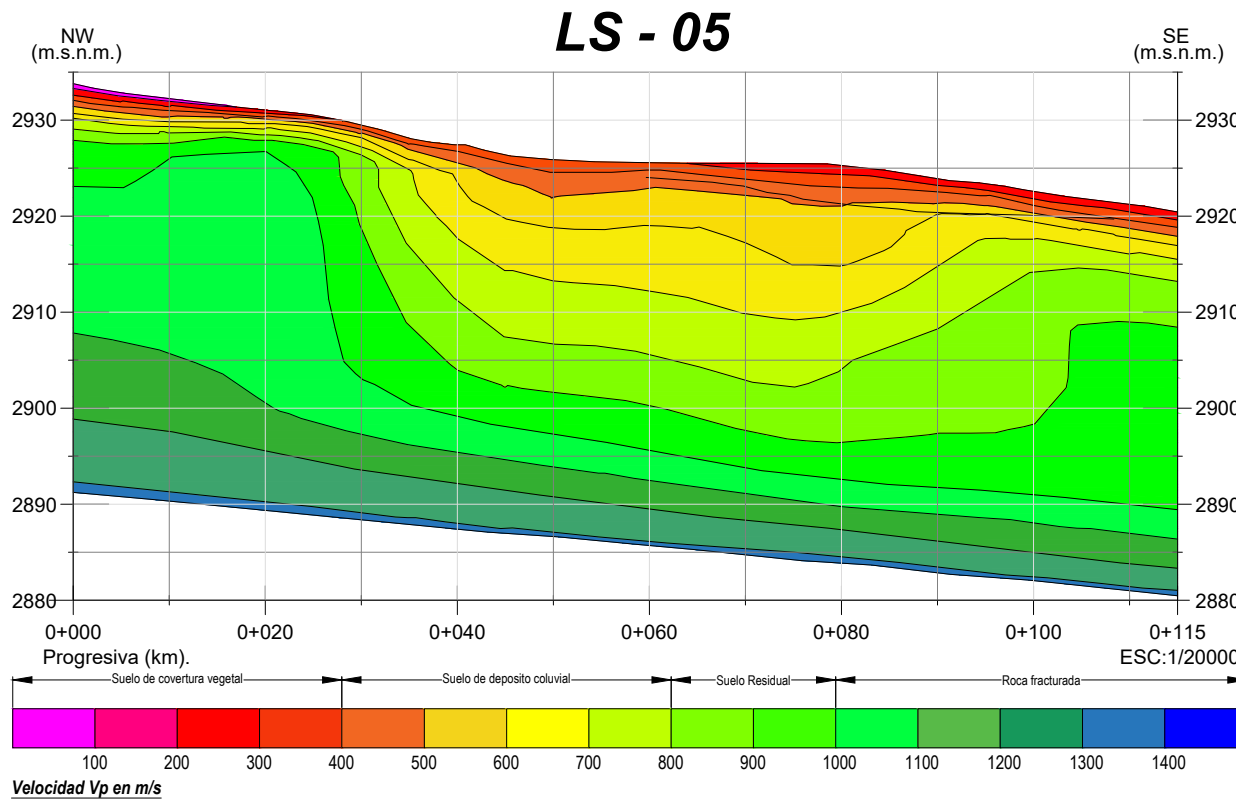
ESC:1/20000



ESC:1/75000



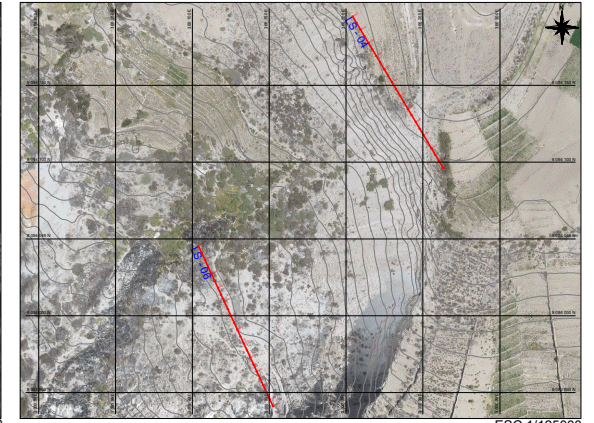
ESC:1/650000



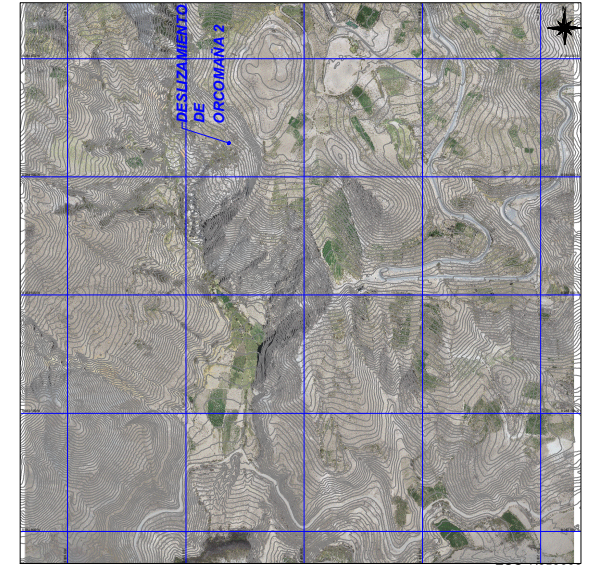
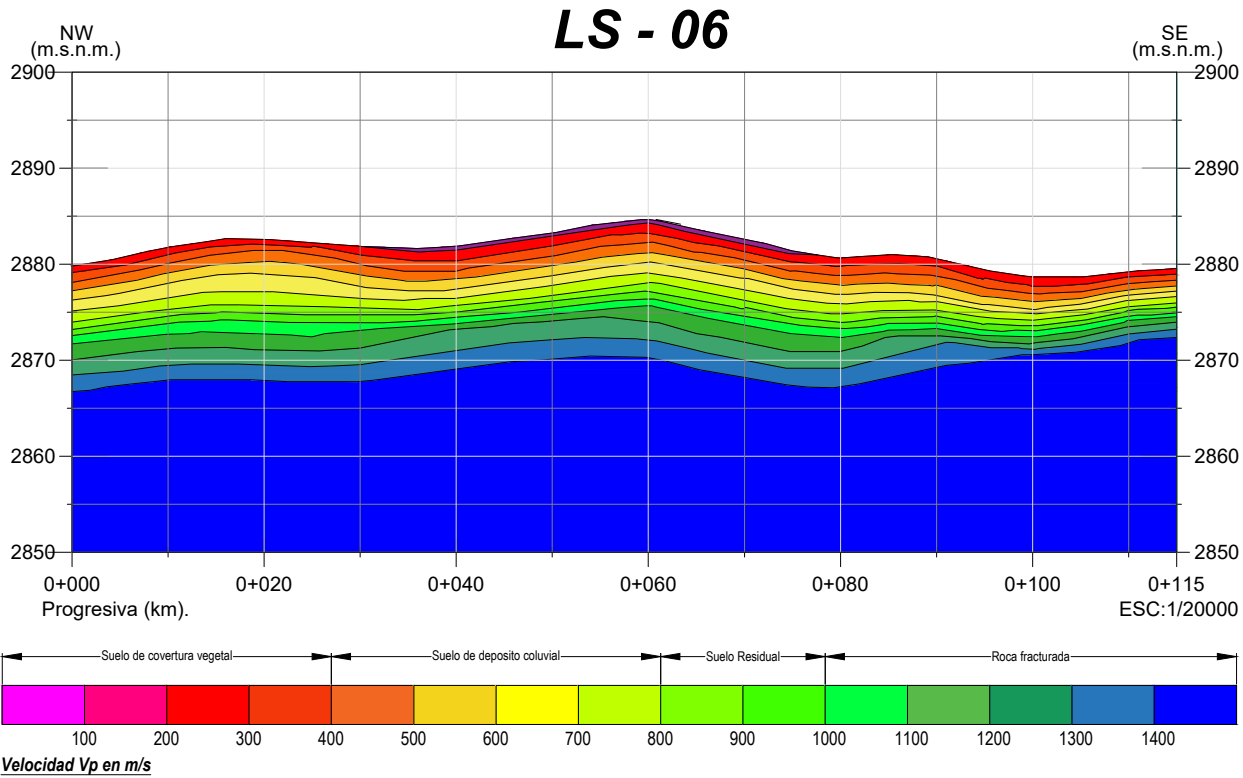
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
PLANO: REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 05		LAMINA: PGF - 05
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84_ZONA 18 S.	ESCALA: 1/20000
FECHA: SETIEMBRE 2019		Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO	ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS	



ESC:1/20000

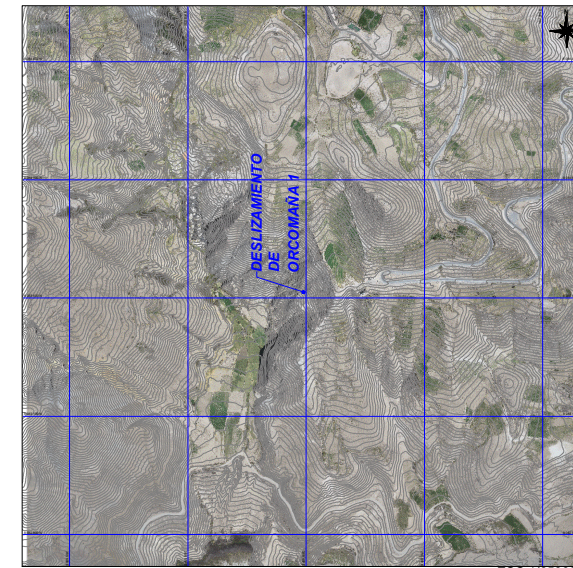
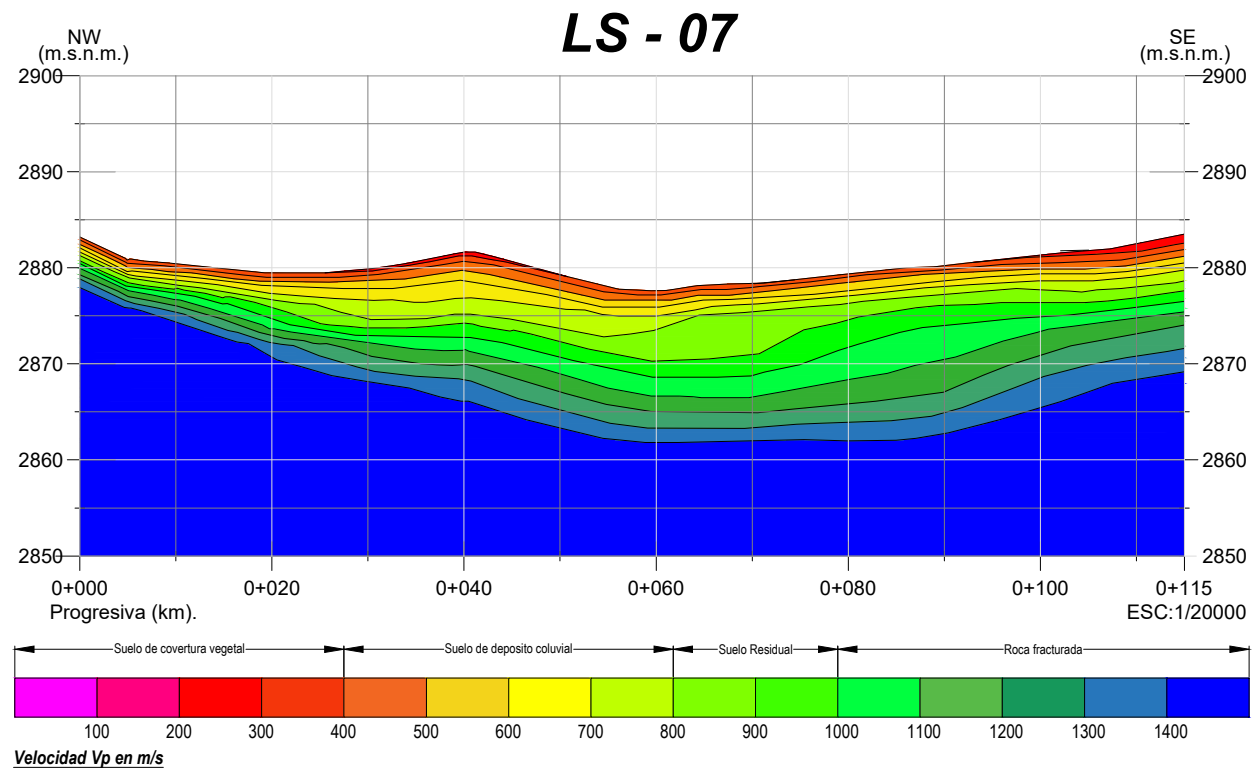
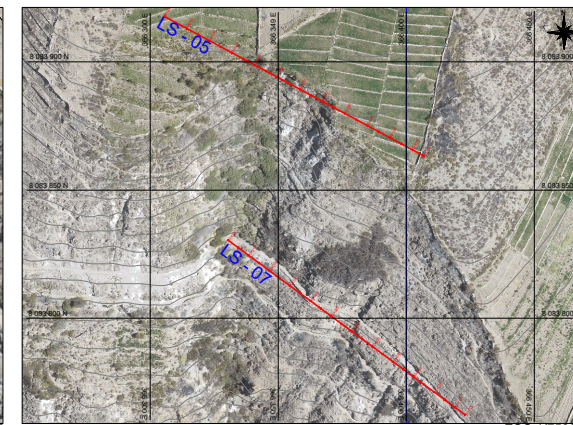


ESC:1/125000



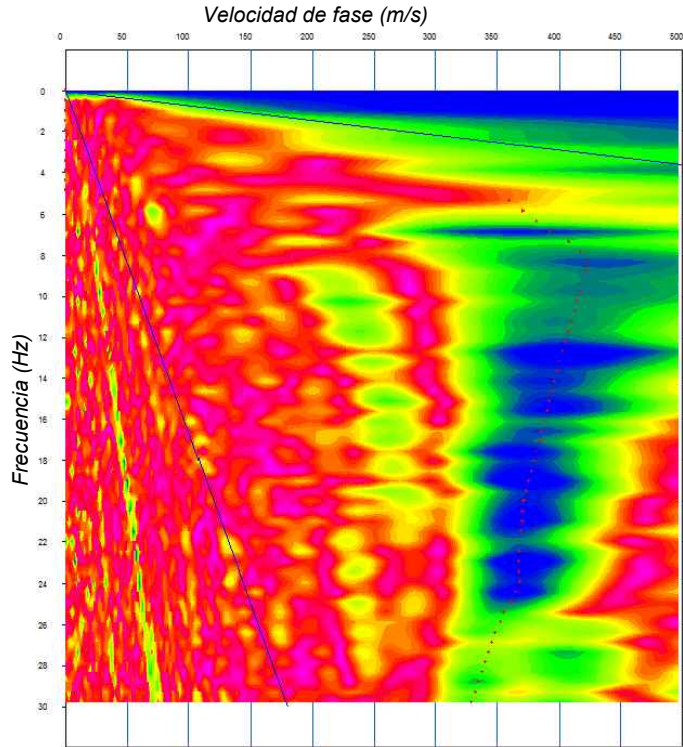
ESC:1/650000

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
PLANO: REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 06		LAMINA: PGF - 06
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84_ZONA 18 S.	ESCALA: 1/20000
BACH. ROBERT ARO ARO		ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS
Departamento: TACNA		Provincia: CANDARAVE
Distrito: QUILAHUANI		Fecha: SETIEMBRE 2019

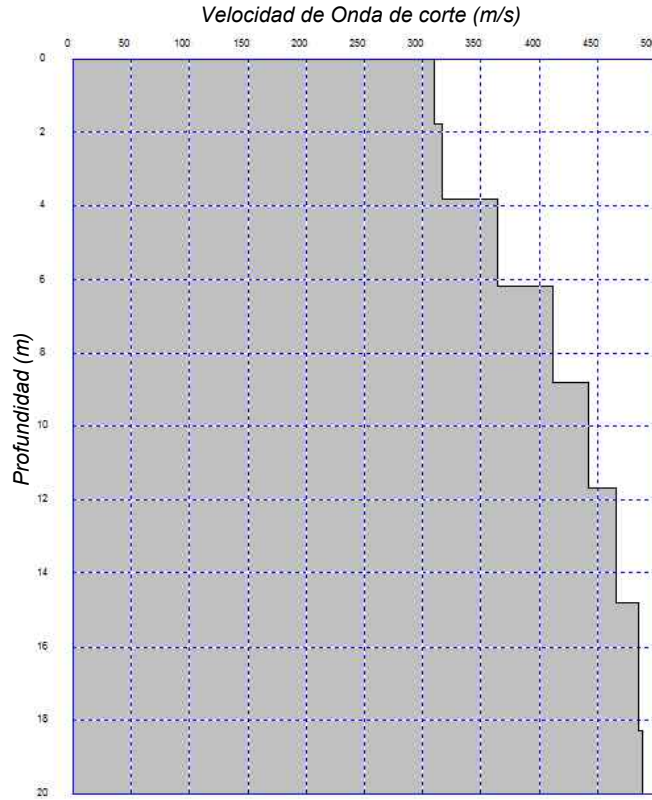


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
PLANO: REFRACCIÓN SÍSMICA LS - 07		LAMINA: PGF - 07
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: 1/20000
BACH. ROBERT ARO ARO		ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS
DEPARTAMENTO: TACNA		PROVINCIA: CANDARAVE
DISTRITO: QUILAHUANI		FECHA: SETIEMBRE 2019

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Interpretación

Prof. (m)	vs (m/s)	ρ (g/cm ³)	Tipo de material
0.00	310.15	1.85	Suelo Coluvial medianamente denso
1.79	317.45	1.85	
3.85	364.60	1.86	
6.18	411.06	1.87	Suelo Coluvial muy denso
8.79	442.38	1.87	
11.68	466.17	1.87	
14.84	485.16	1.87	
18.27	488.74	1.87	
21.98	451.18	1.86	
25.96	432.70	1.86	
30.22	409.93	1.86	

ρ * = Densidad, valor referencial calculado mediante ondas de corte.

Clasificación del Sitio (Fuente IBC, 2015)*

TIPO DE SUELO	NOMBRE	Propiedades Promedios en los 30 Primeros Metros		
		Velocidades de ondas de corte Vs*(m/s)	Resistencia a la penetración estandar N*	Resistencia al corte no drenada Su*(psf)
A	Roca muy dura	Vs* > 1500	N/A	N/A
B	Roca	760 < Vs* ≤ 1500	N/A	N/A
C	Suelo muy denso, Roca Blanda	360 < Vs* ≤ 760	N* < 50	Su* ≥ 2000
D	Suelo rígido	180 ≤ Vs* ≤ 360	15 ≤ N* ≤ 50	1,000 ≤ Su* ≤ 2000
E	Suelo blando	Vs* < 180	Vs* < 15	Su* < 1000

Vs 30* (m/s) 416

Tipo de suelo C

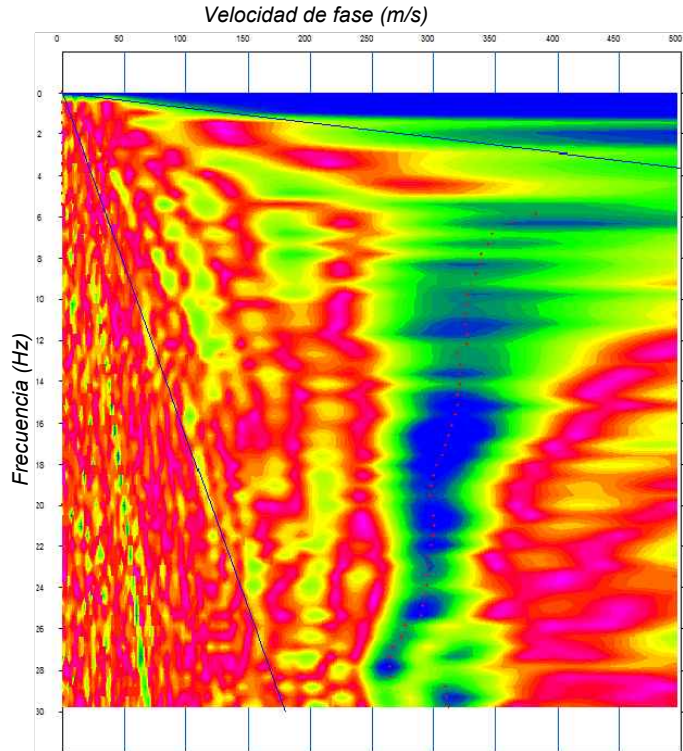
Suelo muy denso

Vs30*: Velocidad promedio de ondas de corte en los primeros 30 m de profundidad.

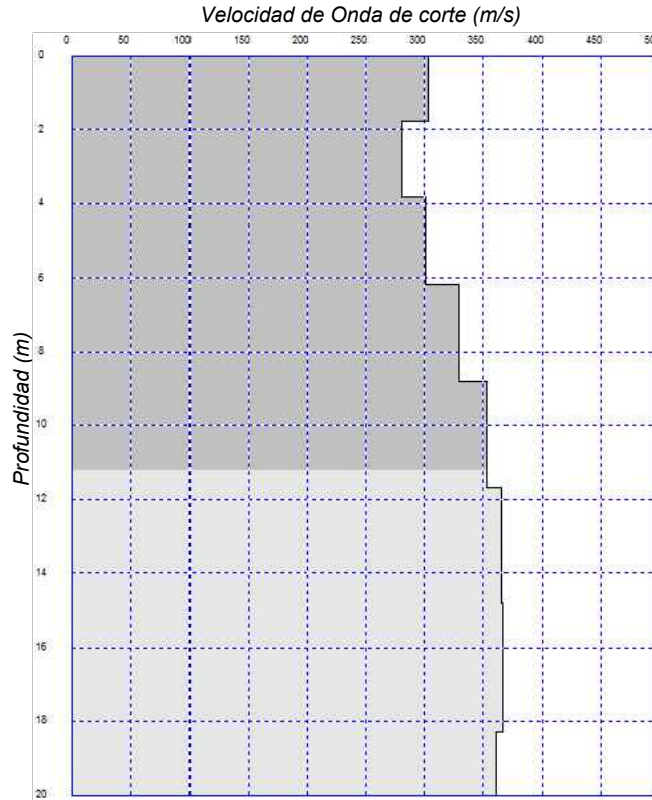
UBICACION DE ENSAYO MASW - 01
COORDENAS UTM: 366347 E ; 8083901 N

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"				
PLANO:		PERFIL MASW - 01		LAMINA: PGF - 08
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: INDICADA	FECHA: SETIEMBRE, 2019	Departamento: TACNA
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO	ABESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS		Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI	

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Interpretación

Prof. (m)	vs (m/s)	ρ (g/cm ³)	Tipo de material
0.00	290.10	1.83	Suelo Coluvial medianamente denso
1.79	291.91	1.83	
3.85	311.20	1.84	
6.18	325.19	1.84	
8.79	334.09	1.84	
11.68	341.38	1.84	
14.84	353.64	1.84	Suelo Coluvial muy denso
18.27	366.35	1.84	
21.98	375.79	1.84	
25.96	380.80	1.84	
30.22	382.12	1.84	

ρ * = Densidad, valor referencial calculado mediante ondas de corte.

Clasificación del Sitio (Fuente IBC, 2015)*

TIPO DE SUELO	NOMBRE	Propiedades Promedios en los 30 Primeros Metros		
		Velocidades de ondas de corte Vs*(m/s)	Resistencia a la penetración estandar N*	Resistencia al corte no drenada Su*(psf)
A	Roca muy dura	Vs*>1500	N/A	N/A
B	Roca	760 < Vs* ≤ 1500	N/A	N/A
C	Suelo muy denso, Roca Blanda	360 < Vs* ≤ 760	N* < 50	Su* ≥ 2000
D	Suelo rígido	180 ≤ Vs* ≤ 360	15 ≤ N* ≤ 50	1,000 ≤ Su* ≤ 2000
E	Suelo blando	Vs* < 180	Vs* < 15	Su* < 1000

Vs 30* (m/s) 341

Tipo de suelo D

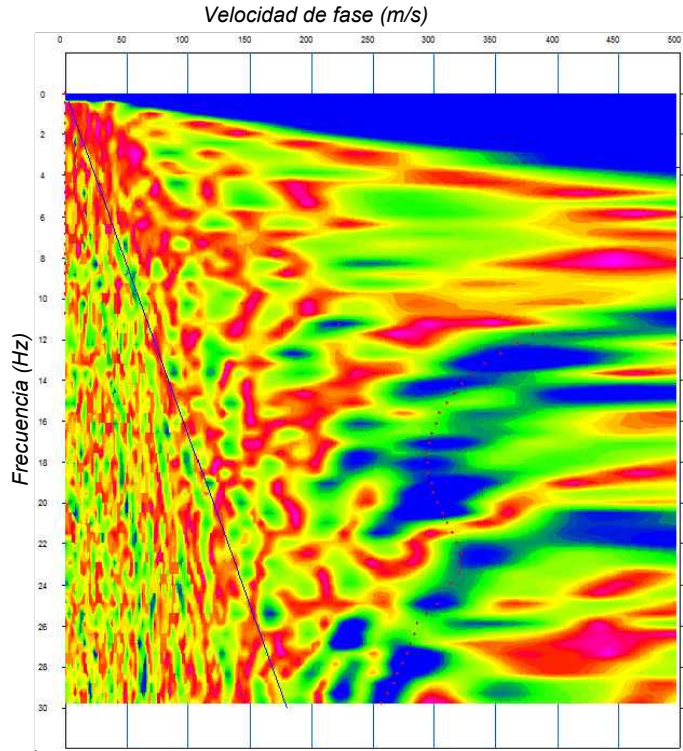
Suelo rígido

Vs30*: Velocidad promedio de ondas de corte en los primeros 30 m de profundidad.

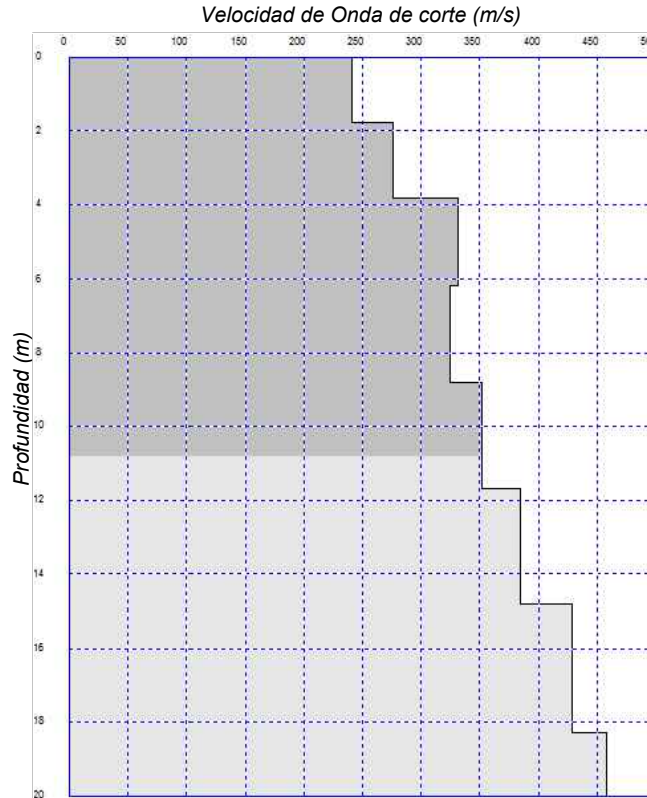
UBICACION DE ENSAYO MASW - 02
COORDENAS UTM: 366388 E ; 8083790 N

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"				
PLANO: PERFIL MASW - 02		LAMINA: PGF - 09		
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: INDICADA	FECHA: SETIEMBRE 2019	Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO	ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS			
Distrito: QUILAHUANI				

Curva de Dispersión



Perfil Unidimensional



Interpretación

Prof. (m)	vs (m/s)	ρ (g/cm ³)	Tipo de material
0.00	240.88	1.82	Suelo Coluvial medianamente denso
1.79	275.51	1.83	
3.85	331.68	1.84	
6.18	325.57	1.84	
8.79	352.08	1.85	Roca fracturada
11.68	384.47	1.85	
14.84	429.11	1.85	
18.27	458.66	1.85	
21.98	469.10	1.85	
25.96	467.21	1.85	
30.22	460.28	1.85	

ρ * = Densidad, valor referencial calculado mediante ondas de corte.

Clasificación del Sitio (Fuente IBC, 2015)*

TIPO DE SUELO	NOMBRE	Propiedades Promedios en los 30 Primeros Metros		
		Velocidades de ondas de corte Vs*(m/s)	Resistencia a la penetración estandar N*	Resistencia al corte no drenada Su*(psf)
A	Roca muy dura	Vs*>1500	N/A	N/A
B	Roca	760 < Vs* ≤ 1500	N/A	N/A
C	Suelo muy denso, Roca Blanda	360 < Vs* ≤ 760	N* < 50	Su* ≥ 2000
D	Suelo rígido	180 ≤ Vs* ≤ 360	15 ≤ N* ≤ 50	1,000 ≤ Su* ≤ 2000
E	Suelo blando	Vs* < 180	Vs* < 15	Su* < 1000

Vs 30* (m/s) 381

Tipo de suelo C

Suelo muy denso y Roca blanda

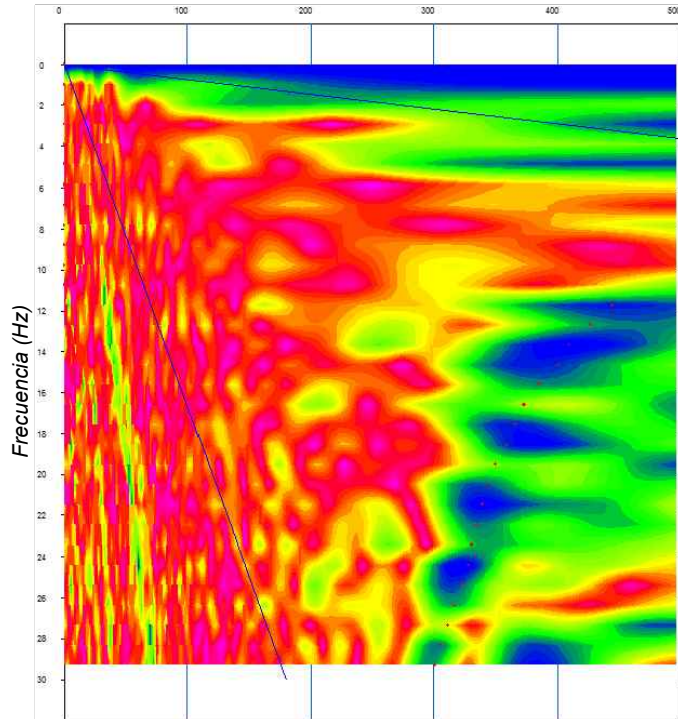
Vs30*: Velocidad promedio de ondas de corte en los primeros 30 m de profundidad.

UBICACION DE ENSAYO MASW - 03
COORDENAS UTM: 366125 E ; 8083990 N

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"				
PLANO: PERFIL MASW - 03		LAMINA: PGF - 10		
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: INDICADA	FECHA: SETIEMBRE 2019	Departamento: TACNA
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO	ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS			Distrito: QUILAHUANI

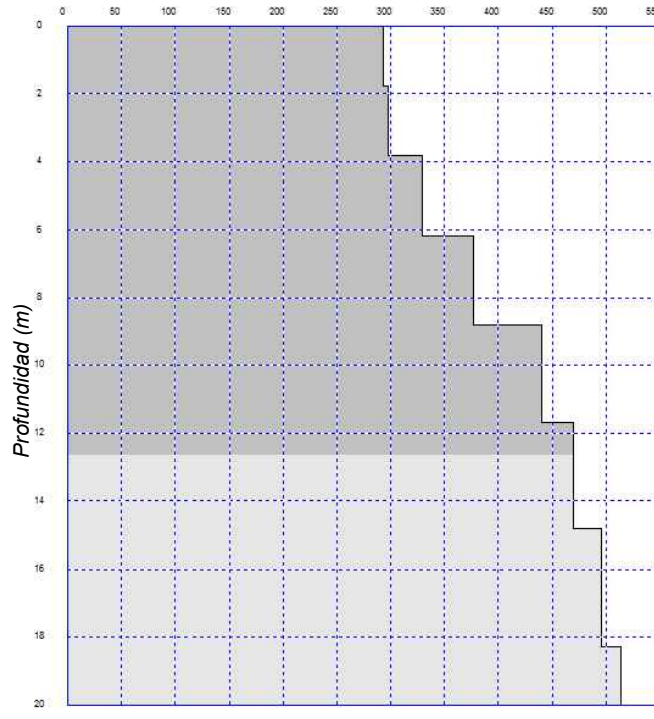
Curva de Dispersión

Velocidad de fase (m/s)



Perfil Unidimensional

Velocidad de Onda de corte (m/s)



Interpretación

Prof. (m)	vs (m/s)	ρ (g/cm3)	Tipo de material
0.00	293.60	1.84	Suelo Coluvial medianamente denso
1.79	298.34	1.84	
3.85	329.98	1.85	
6.18	377.29	1.86	Roca fracturada
8.79	440.44	1.88	
11.68	469.03	1.88	
14.84	496.10	1.88	
18.27	513.98	1.88	
21.98	521.38	1.88	
25.96	521.10	1.88	
30.22	516.73	1.88	

ρ * = Densidad, valor referencial calculado mediante ondas de corte.

Clasificación del Sitio (Fuente IBC, 2015)*

TIPO DE SUELO	NOMBRE	Propiedades Promedios en los 30 Primeros Metros		
		Velocidades de ondas de corte Vs*(m/s)	Resistencia a la penetración estandar N*	Resistencia al corte no drenada Su*(psf)
A	Roca muy dura	Vs*>1500	N/A	N/A
B	Roca	760 < Vs* ≤ 1500	N/A	N/A
C	Suelo muy denso, Roca Blanda	360 < Vs* ≤ 760	N* < 50	Su* ≥ 2000
D	Suelo rígido	180 ≤ Vs* ≤ 360	15 ≤ N* ≤ 50	1,000 ≤ Su* ≤ 2000
E	Suelo blando	Vs* < 180	Vs* < 15	Su* < 1000

Vs 30* (m/s) 429

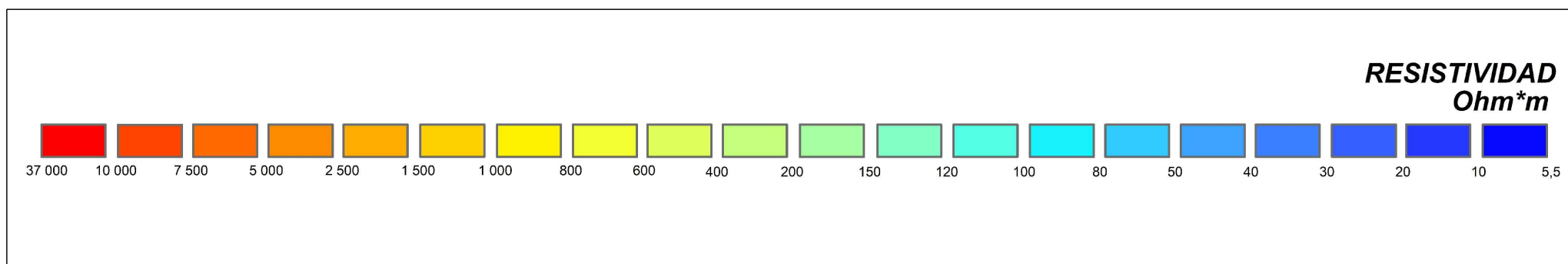
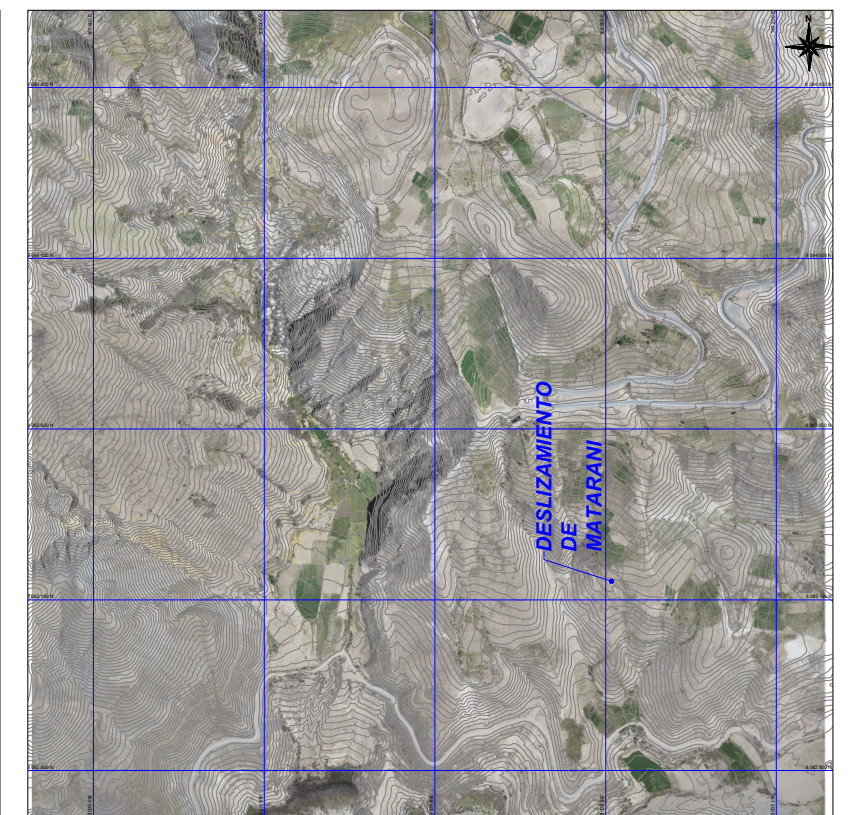
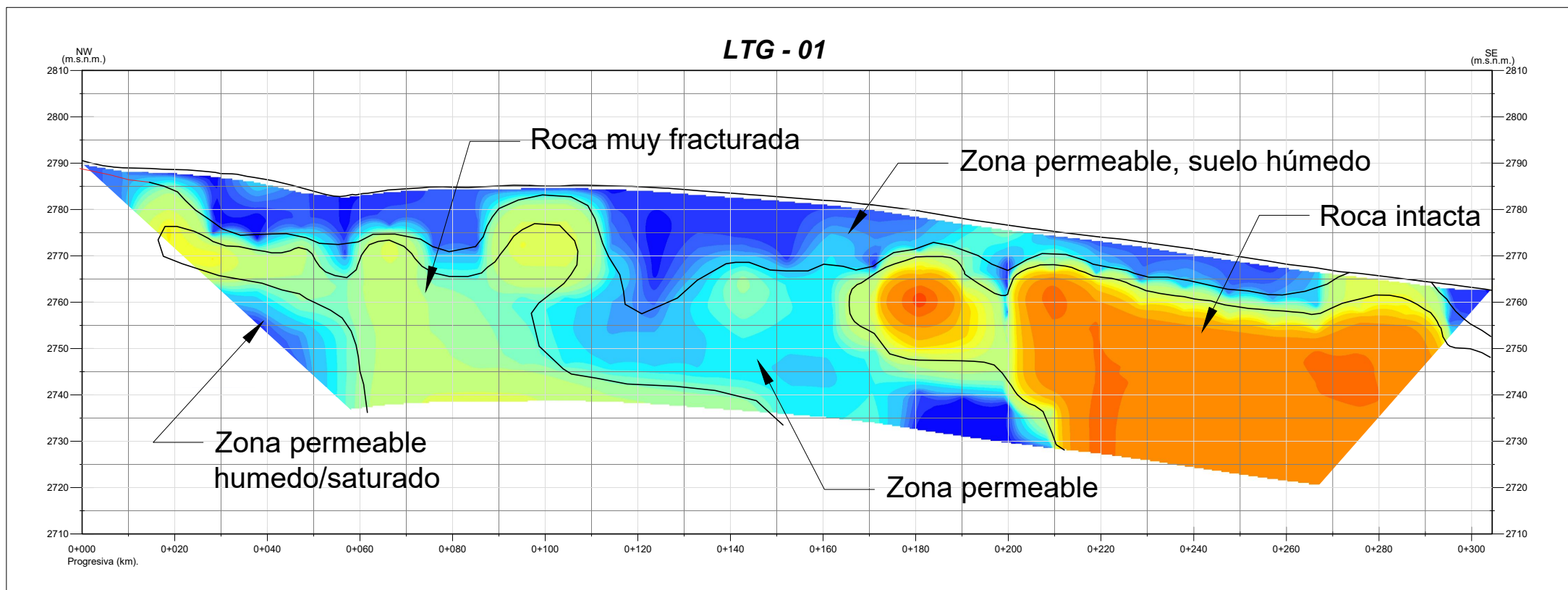
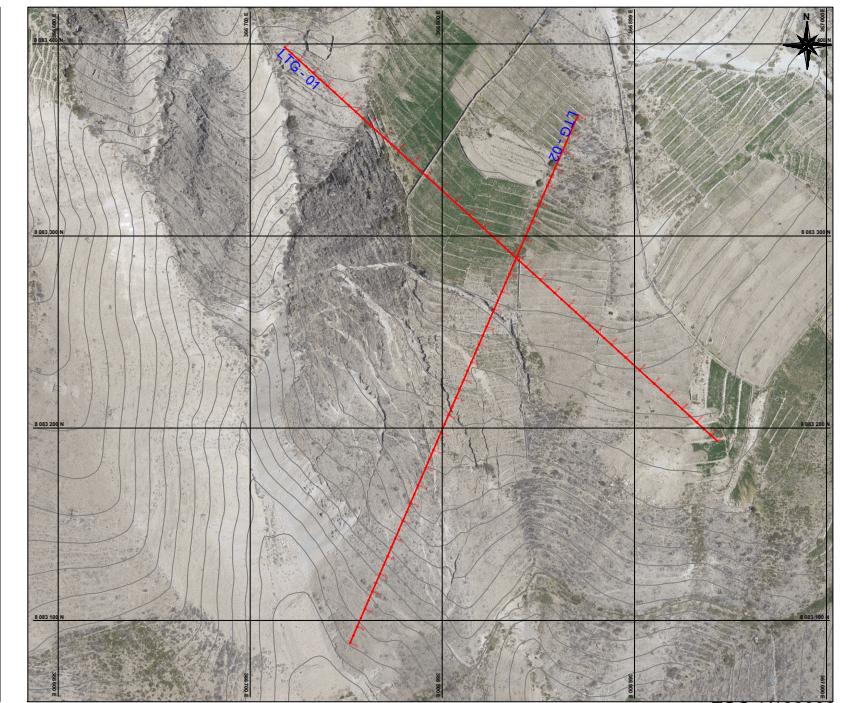
Tipo de suelo C

Suelo muy denso y Roca blanda

Vs30*: Velocidad promedio de ondas de corte en los primeros 30 m de profundidad.

UBICACION DE ENSAYO MASW - 04
COORDENAS UTM: 366229 E ; 8084137 N

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"				
PLANO: PERFIL MASW - 04		LAMINA: PGF - 11		
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 18 S.	ESCALA: INDICADA	FECHA: SETIEMBRE 2019	Departamento: TACNA
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO	ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS			
Distrito: QUILAHUANI				



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

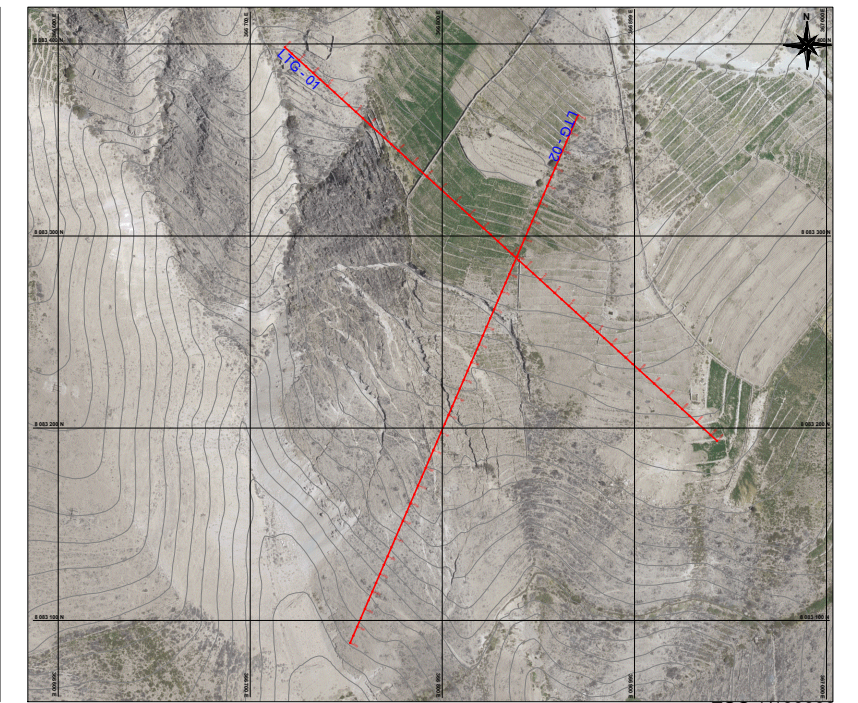
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA LTG - 01 LAMINA: PGF - 12

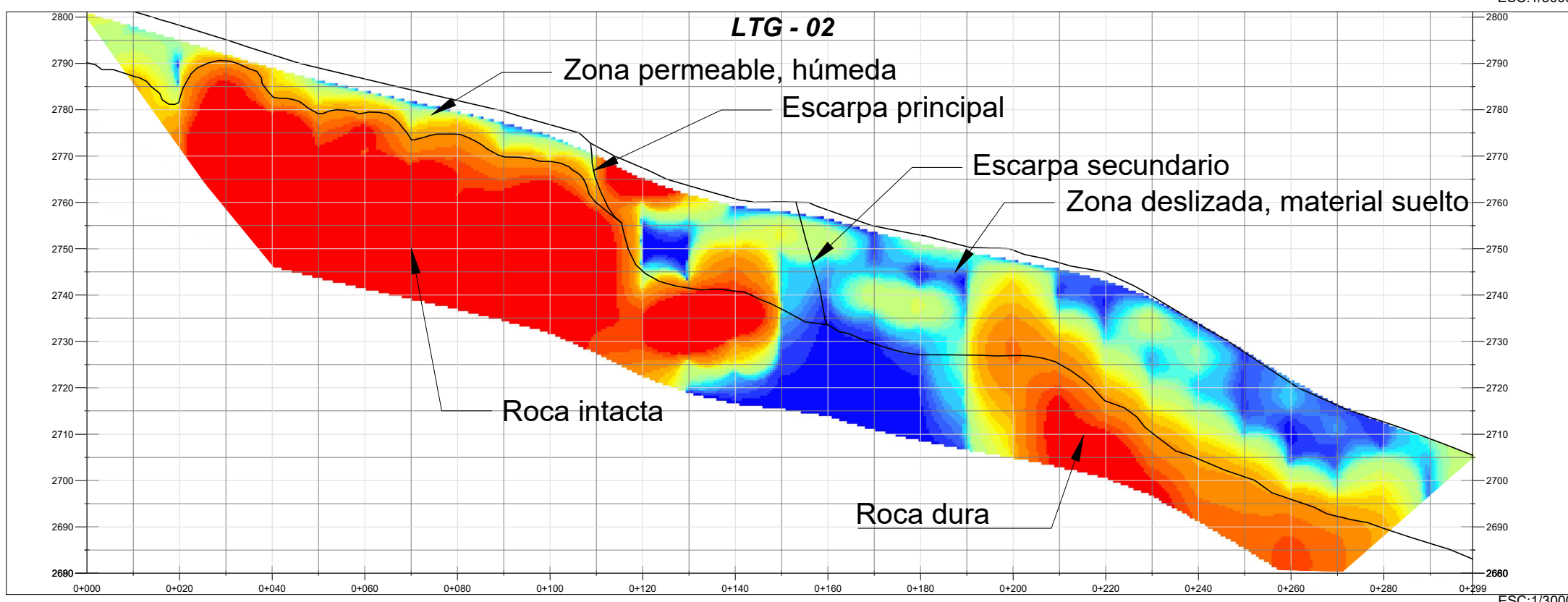
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1/30000	FECHA: SETIEMBRE, 2019	Departamento: TACNA
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO	ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS			Provincia: CANDARAVE
				Distrito: QUILAHUANI



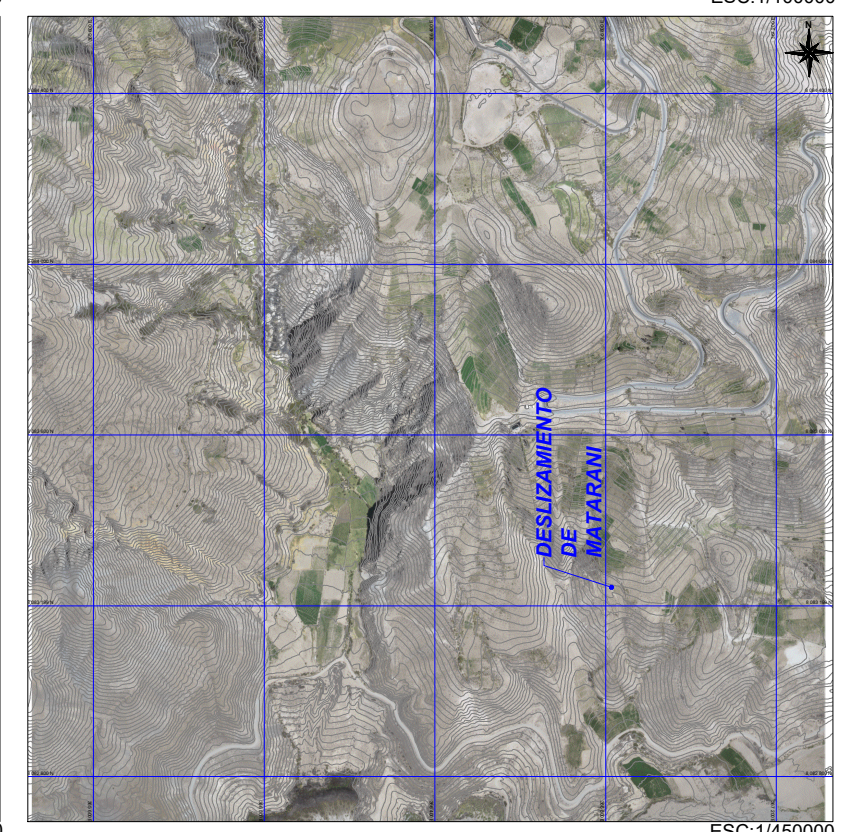
ESC:1/30000



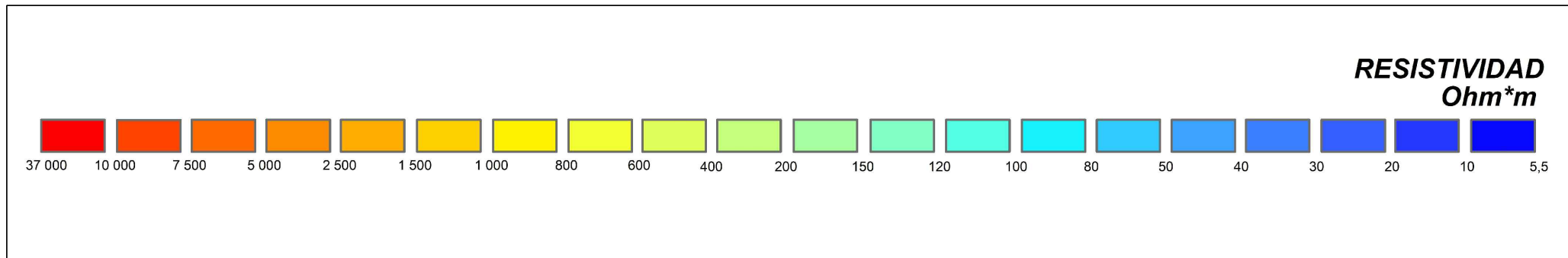
ESC:1/100000





ESC:1/30000



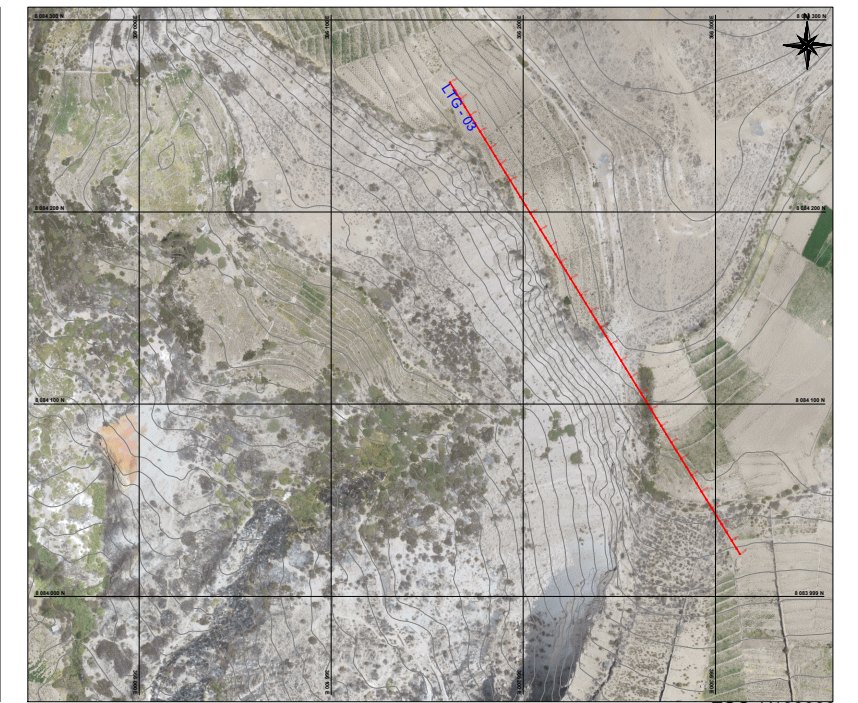
ESC:1/450000



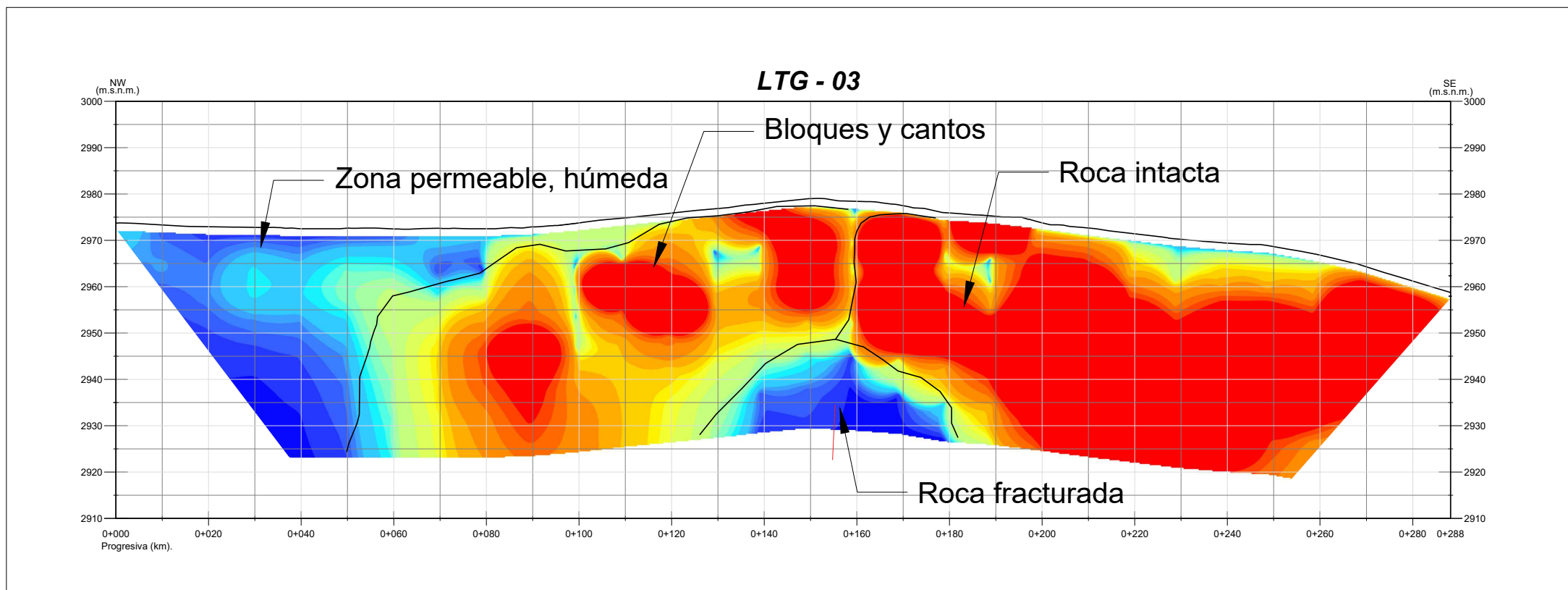
 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia		
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"		
PLANO: TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA LTG - 02		LAMINA: PGF - 13
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1/30000
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		FECHA: SETIEMBRE, 2019
ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS		Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI



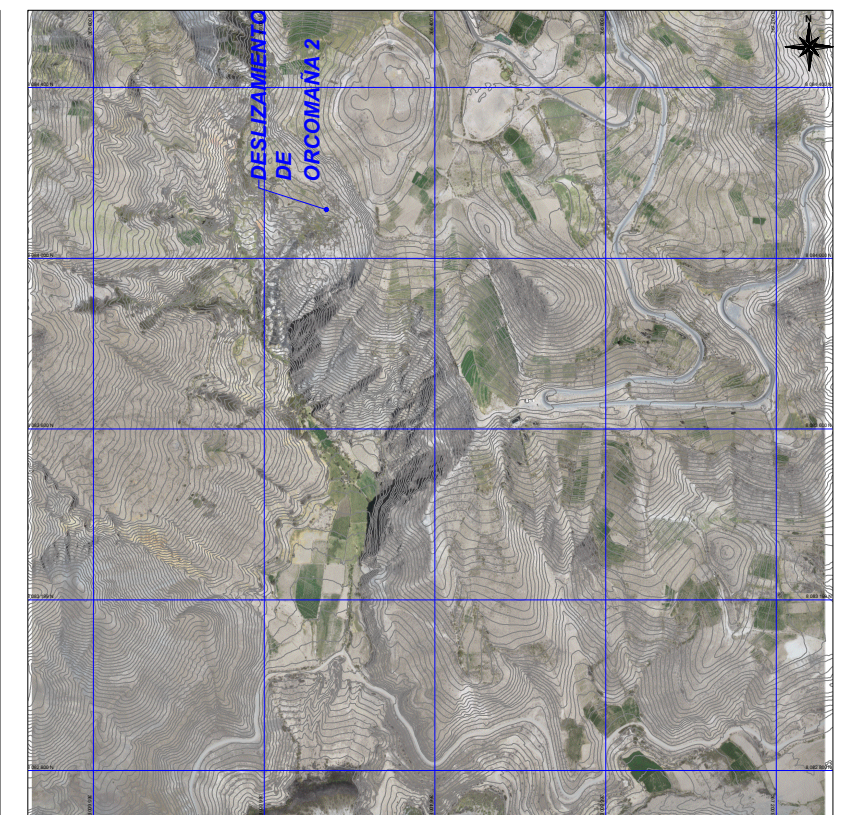
ESC:1/30000



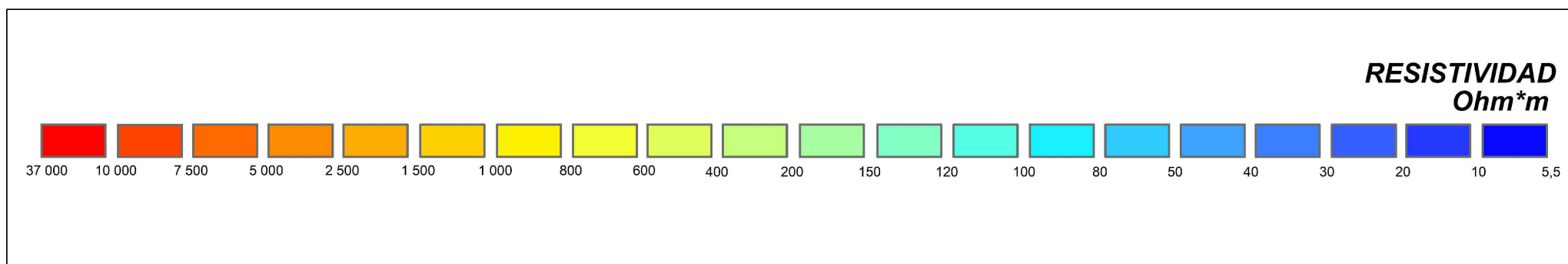
ESC:1/100000



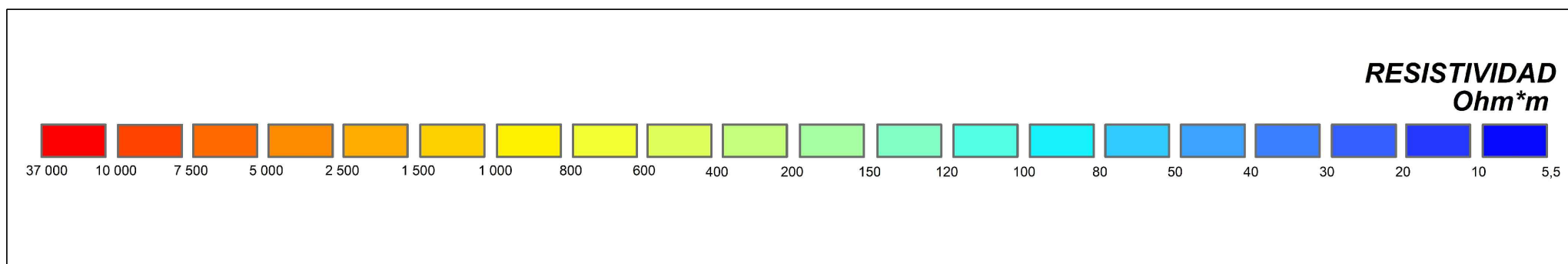
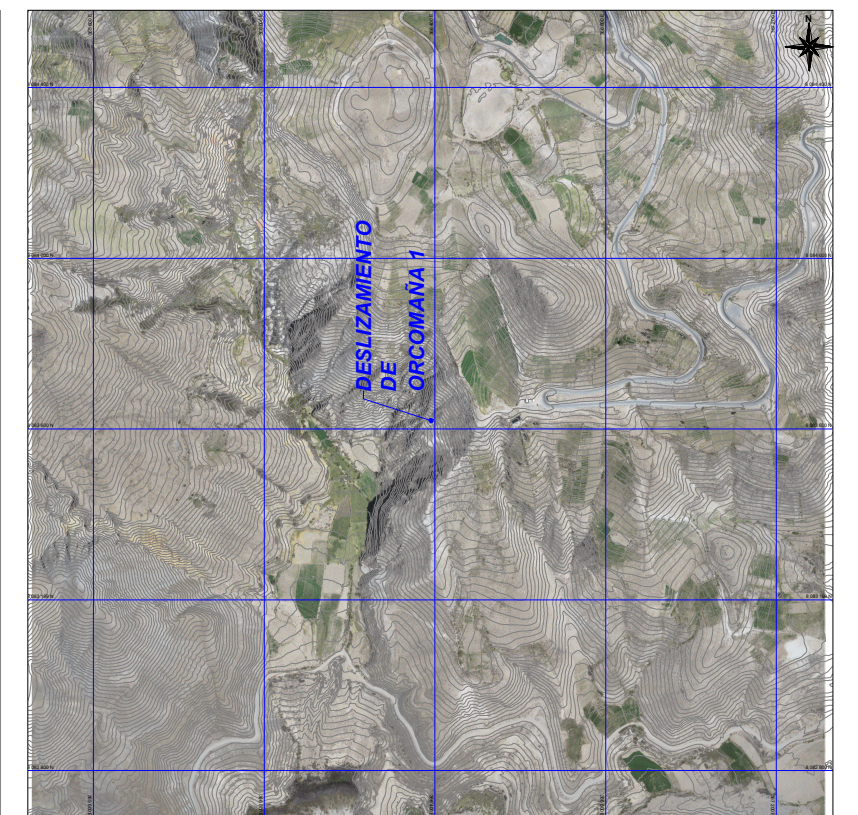
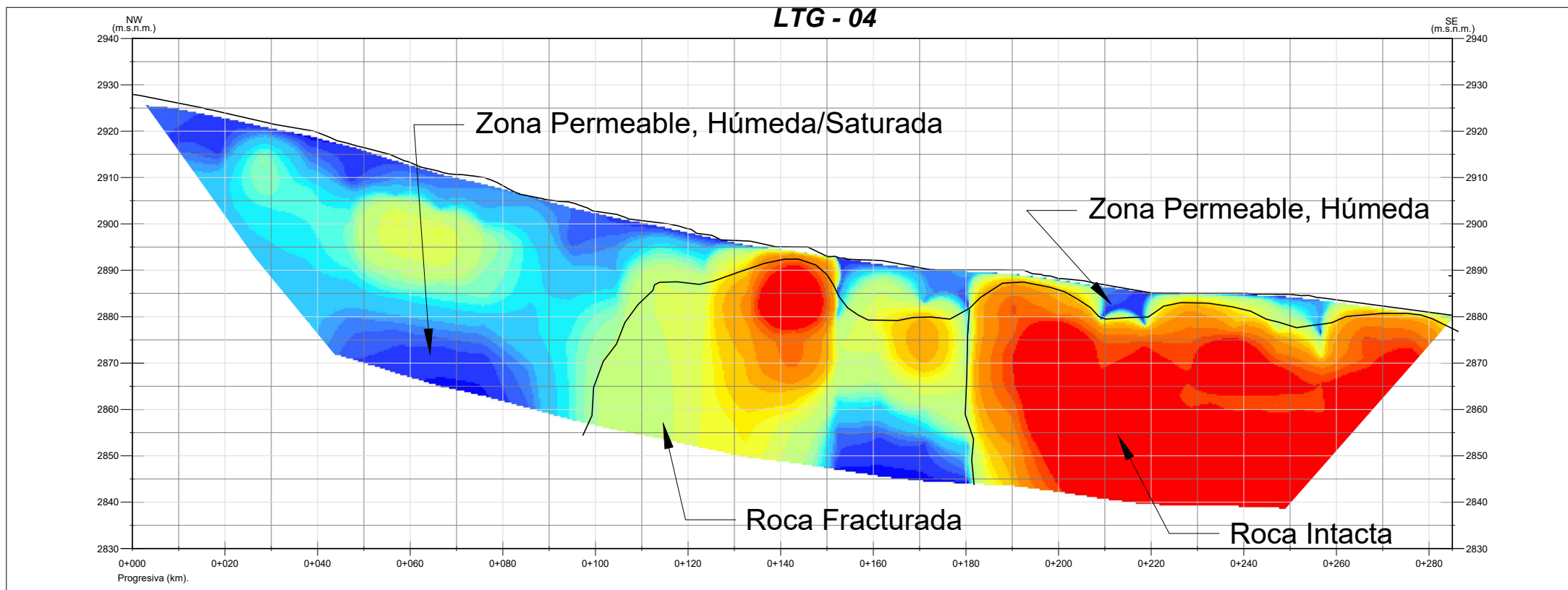
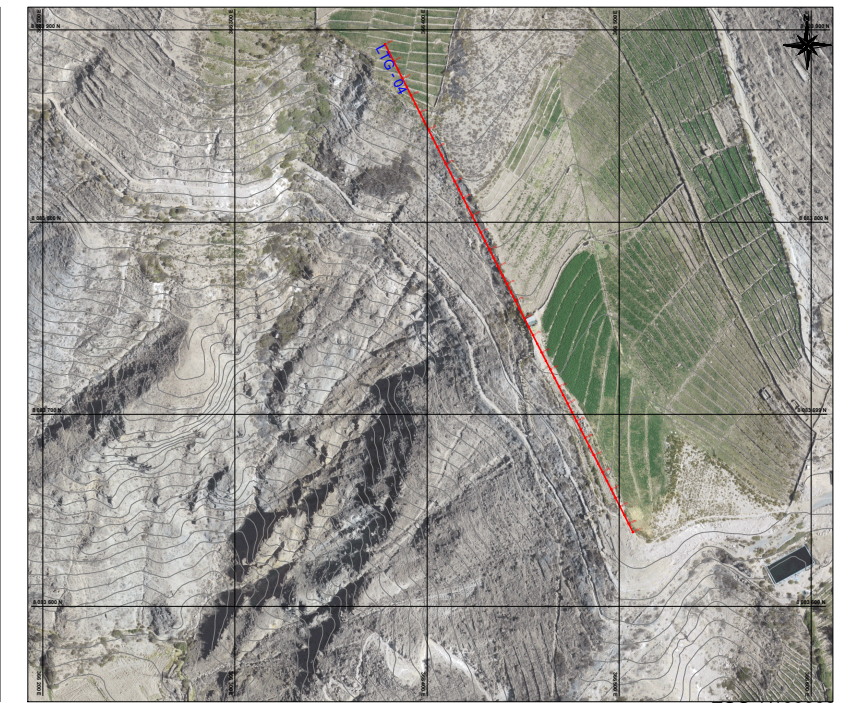
ESC:1/30000



ESC:1/450000



		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia			
PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"					
PLANO: TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA LTG - 03			LAMINA: PGF - 14		
FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1/30000	FECHA: SETIEMBRE, 2019	Departamento: TACNA Provincia: CANDARAVE Distrito: QUILAHUANI	
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO		ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS			



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA LTG - 04 LAMINA: PGF - 15

FUENTE: PROPIA	DATUM: WGS 84, ZONA 19 S.	ESCALA: 1/30000	FECHA: SETIEMBRE, 2019	Departamento: TACNA
SIG: BACH. ROBERT ARO ARO	ASESOR: PH.D. EDWIN M. PINO VARGAS			Provincia: CANDARAVE
				Distrito: QUILAHUANI

3.MECÁNICA DE SUELOS

3.1.RECORD EXCAVACIONES



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquetectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológico - Geotecnia



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

UBICACION: **DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA**

DATOS DE MUESTRA

INVESTIGACIÓN: TRINCHERA
 IDENTIFICACION: T - 01
 UBICACIÓN: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2
 COORDENADA (N): 8084235
 COORDENADA (E): 366160
 COTA (m.s.n.m.): -
 PROFUNDIDAD (m): 1.05
 NIVEL FREATICO (m): NO PRESENTA
 FECHA: 27 - 04 - 2019



(m)	PROFUNDIDAD (m)	ESTRATIGRAFIA	LABORATORIO			DATOS, E INTERPRETACION DE CAMPO				
			SUCS	HUMEDAD (%)	INDICE DE PLASTICIDAD	COLOR	DIAMETRO MÁXIMO DE CLASTOS (cm)	TEXTURA	NATURALEZA DE CLASTO	DESCRIPCION
	1.05		SM	19.2	NP			Matriz Soportada	Origen Volcanico	<p>Arena limosa de coloración marrón con compacidad baja a media, matriz soportada de origen suelo coluvial. presenta gravas y cantos aislados con formas de sub angulosa y angulosa.</p> <p>Los porcentajes que componen son: cantos 10%, gravas 20%, arena 42% y finos 28%.</p>
		Arcilla Limo Arena fina Arena mediana Arena gruesa Gravelo Gujaro Canto Bloque					20 40 60 80 100 120 140			



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquetectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológico - Geotecnia



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

UBICACION: **DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA**

DATOS DE MUESTRA

INVESTIGACIÓN: TRINCHERA
 IDENTIFICACION: T - 02
 UBICACIÓN: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2
 COORDENADA (N): 8083913
 COORDENADA (E): 366157
 COTA (m.s.n.m.): -
 PROFUNDIDAD (m): 2.4
 NIVEL FREATICO (m): NO PRESENTA
 FECHA: 27 - 04 - 2019



(m)	PROFUNDIDAD (m)	ESTRATIGRAFIA	LABORATORIO			DATOS, E INTERPRETACION DE CAMPO				
			SUCS	HUMEDAD (%)	INDICE DE PLASTICIDAD	COLOR	DIAMETRO MÁXIMO DE CLASTOS (cm)	TEXTURA	NATURALEZA DE CLASTO	DESCRIPCION
	3.83		SM	9.2	NP			Matriz Soportada	Origen Volcanico	<p>Arena limosa de colaracion beige con compacidad media, matriz soportado de origen volcanico. Presenta cantos y bloques con tamaño maximo de 0.9 m. con formas de sub angulosa y angulosa. Los porcentajes que componen son: bloques 15%, cantos 30%, gravas 19%, arenas 29% y finos 7%.</p>
		Arcilla Limo Arena fina Arena mediana Arena gruesa Gravelo Gujaro Canto Bloque					20 40 60 80 100 120 140			



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquetectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológico - Geotecnia



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

UBICACION: **DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA**

DATOS DE MUESTRA

INVESTIGACIÓN: TRINCHERA
 IDENTIFICACION: T - 03
 UBICACIÓN: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1
 COORDENADA (N): 8083798
 COORDENADA (E): 366321
 COTA (m.s.n.m.): -
 PROFUNDIDAD (m): 1.23
 NIVEL FREATICO (m): NO PRESENTA
 FECHA: 27 - 04 - 2019



(m)	PROFUNDIDAD (m)	ESTRATIGRAFIA	LABORATORIO			DATOS, E INTERPRETACION DE CAMPO				
			SUCS	HUMEDAD (%)	INDICE DE PLASTICIDAD	COLOR	DIAMETRO MÁXIMO DE CLASTOS (cm)	TEXTURA	NATURALEZA DE CLASTO	DESCRIPCION
	1.23		SW - SM	9.3	NP	10YR 6/6	20	Matriz Soportada	Origen Volcanico	Arena limosa bien graduada de coloración beige con compactación media, matriz soportada de origen volcánico. Presenta cantos y gravas con tamaño máximo de 20cm. con formas de sub angulosa y angulosa. Los porcentajes que componen son: cantos 25%, gravas 15%, arenas 52% y finos 8%.



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquetectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológico - Geotecnia



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

UBICACION: **DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA**

DATOS DE MUESTRA

INVESTIGACIÓN: TRINCHERA
 IDENTIFICACION: T - 04
 UBICACIÓN: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1
 COORDENADA (N): 8083847
 COORDENADA (E): 366368
 COTA (m.s.n.m.): -
 PROFUNDIDAD (m): 2.4
 NIVEL FREATICO (m): NO PRESENTA
 FECHA: 27 - 04 - 2019



(m)	PROFUNDIDAD (m)	ESTRATIGRAFIA	LABORATORIO		DATOS, E INTERPRETACION DE CAMPO					
			SUCS	HUMEDAD (%)	INDICE DE PLASTICIDAD	COLOR	DIAMETRO MÁXIMO DE CLASTOS (cm)	TEXTURA	NATURALEZA DE CLASTO	DESCRIPCION
	2.4		SW - SM	8.5	NP			Matriz Soportada	Origen Volcanico	<p>Arena limosa bien graduada de coloracion beige con compacidad media, matriz soportado de origen volcanico. Presenta cantos y bloques con tamaño maximo de 50cm. con formas de sub angulosa y angulosa. Los porcentajes que componen son: bloques 5%, cantos 20%, gravas 32%, arenas 35% y finos 8%.</p>
		Arcilla Limo Arena fina Arena mediana Arena gruesa Gravelo Gujaro Canto Bloque				20 40 60 80 100 120 140				



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquetectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológico - Geotecnia



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

UBICACION: **DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA**

DATOS DE MUESTRA

INVESTIGACIÓN: TRINCHERA
 IDENTIFICACION: T - 05
 UBICACIÓN: DESLIZAMIENTO DE MATARANI
 COORDENADA (N): 8083271
 COORDENADA (E): 366805
 COTA (m.s.n.m.): -
 PROFUNDIDAD (m): 4.9
 NIVEL FREATICO (m): NO PRESENTA
 FECHA: 27 - 04 - 2019



(m)	PROFUNDIDAD (m)	ESTRATIGRAFIA	LABORATORIO			DATOS, E INTERPRETACION DE CAMPO				
			SUCS	HUMEDAD (%)	INDICE DE PLASTICIDAD	COLOR	DIAMETRO MÁXIMO DE CLASTOS (cm)	TEXTURA	NATURALEZA DE CLASTO	DESCRIPCION
	0.9		SM	5.7	NP	10YR 6/6		Matriz Soportada	Origen Volcanico	Suelo de cobertura vegetal de coloracion beige con compacidad media, matriz soportada, presenta cantos y gravas con tamaño maximo de 40cm. Con formas de sub angulosa y angulosa, Presenta material organico.
	1.2									Arena limosa de origen tobacea (ceniza volcanica) de color blanquesino
	4.9		SM	5.7		10YR 6/6		Matriz Soportada	Origen Volcanico	Arena limosa de coloracion beige con compacidad media, matriz soportada de arena limosa origen volcanico. Presenta cantos y bloques con tamaño maximo de 80cm. con formas de sub angulosa y angulosa. Los porcentajes que componen son: bloques 5%, cantos 30%, gravas 17%, arenas 40% y finos 8%.
		Arcilla Limo Arena fina Arena mediana Arena gruesa Gravelo Gujaro Canto Bloque					20 40 60 80 100 120 140			



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
Facultad de Ingeniería Civil, Arquetectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológico - Geotecnia



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

PLANO: **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

UBICACION: **DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA**

DATOS DE MUESTRA

INVESTIGACIÓN: TRINCHERA
 IDENTIFICACION: T - 06
 UBICACIÓN: DESLIZAMIENTO DE MATARANI
 COORDENADA (N): 8083282
 COORDENADA (E): 366744
 COTA (m.s.n.m.): -
 PROFUNDIDAD (m): 4.9
 NIVEL FREATICO (m): NO PRESENTA
 FECHA: 27 - 04 - 2019



(m)	PROFUNDIDAD (m)	ESTRATIGRAFIA	LABORATORIO			DATOS, E INTERPRETACION DE CAMPO				
			SUCS	HUMEDAD (%)	INDICE DE PLASTICIDAD	COLOR	DIAMETRO MÁXIMO DE CLASTOS (cm)	TEXTURA	NATURALEZA DE CLASTO	DESCRIPCION
0.5			SM	19.2	NP	10YR 5/6	~1.5	Matriz Soportada	Origen Volcanico	Suelo de cobertura vegetal de colaracion cafe claro con compacidad media. matriz soportado de origen suelo coluvial presenta cantos y gravas.
4.9			SP - SM	4.1	NP	10YR 6/6	~1.1	Matriz Soportada	Origen Volcanico	Arena limosa mal graduada de colaracion blanquesino con compacidad media. matriz soportado de origen volcanico. Presenta cantos y bloques con tamaño maximo de 1.1 m. con formas de sub angulosa y angulosa. Los porcentajes que componen son: bloques 20%, cantos 20%, gravas 23%, arenas 33% y finos 4%.

- Arcilla
- Limo
- Arena fina
- Arena mediana
- Arena gruesa
- Gravalo
- Gujaralo
- Canto
- Bloque

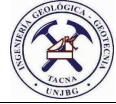
- 20
- 40
- 60
- 80
- 100
- 120
- 140

3.2.DENSIDAD IN SITU

3.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO(ASTM D 422 / AASHTO T 88 / MTC E107)

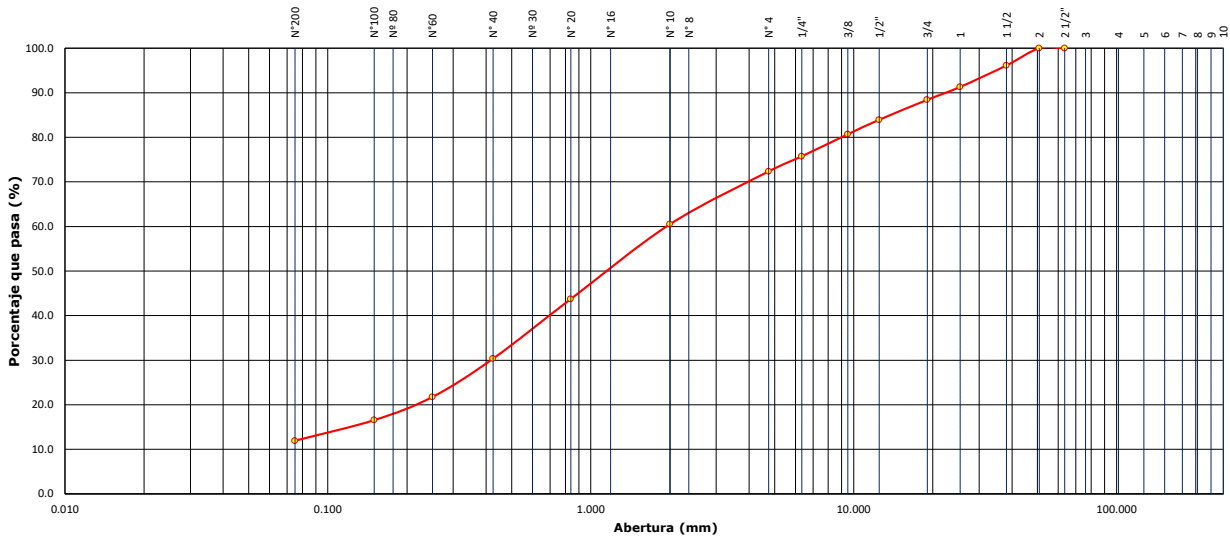
UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha:	02/04/2019	Coordenada:	366805 E 8083279 N
Ubicación de la Muestra:	DESPLAZAMIENTO DE MATARANI	Profundidad (m):	4,9
Codigo Muestra:	M - 05	Trinchera:	T - 05
Tamaño Máximo:	1 1/2"	Peso Inicial Seco :	10,904
		Fraccion Fino Seco :	700.0

TAMIZ	MTC E204 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0		Contenido de Humedad (%) : 5.7
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0		Límite Líquido (LL) : 19.9
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		Límite Plástico (LP) : NP
1 1/2"	38.100	422.6	3.9	3.9	96.1		Índice Plástico (IP) : NP
1"	25.400	526.2	4.8	8.7	91.3		Clasificación (SUCS) : SW - SM
3/4"	19.050	314.3	2.9	11.6	88.4		Cu: 31.682
1/2"	12.500	488.4	4.5	16.1	83.9		Cc: 1.452
3/8"	9.500	354.2	3.2	19.3	80.7		Datos:
1/4"	6.350	538.1	4.9	24.2	75.8		Bolonería > 3" : 0.0 %
Nº 4	4.750	370.7	3.4	27.6	72.4		Grava 3" - Nº 4 : 27.65 %
Nº 8	2.360		0.0	27.6	72.4		Arena Nº4 - Nº 200 : 60.43 %
Nº 10	2.000	114.7	11.9	39.5	60.5		Finos < Nº 200 : 11.93 %
Nº 16	1.190		0.0	39.5	60.5		Observaciones:
Nº 20	0.840	162.1	16.8	56.3	43.7		
Nº 30	0.600		0.0	56.3	43.7		
Nº 40	0.425	129.6	13.4	69.7	30.3		
Nº 50	0.297		0.0	69.7	30.3		
Nº 60	0.250	83.1	8.6	78.2	21.8		
Nº 80	0.177		0.0	78.2	21.8		
Nº 100	0.150	50.4	5.2	83.5	16.5		
Nº 200	0.075	44.7	4.6	88.1	11.9		
< Nº 200	FONDO	115.4	11.9	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica cap. 30kg

OBSERVACIONES:

Área reservada para las observaciones del ensayo, actualmente vacía.



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO(ASTM D 422 / AASHTO T 88 / MTC E107)

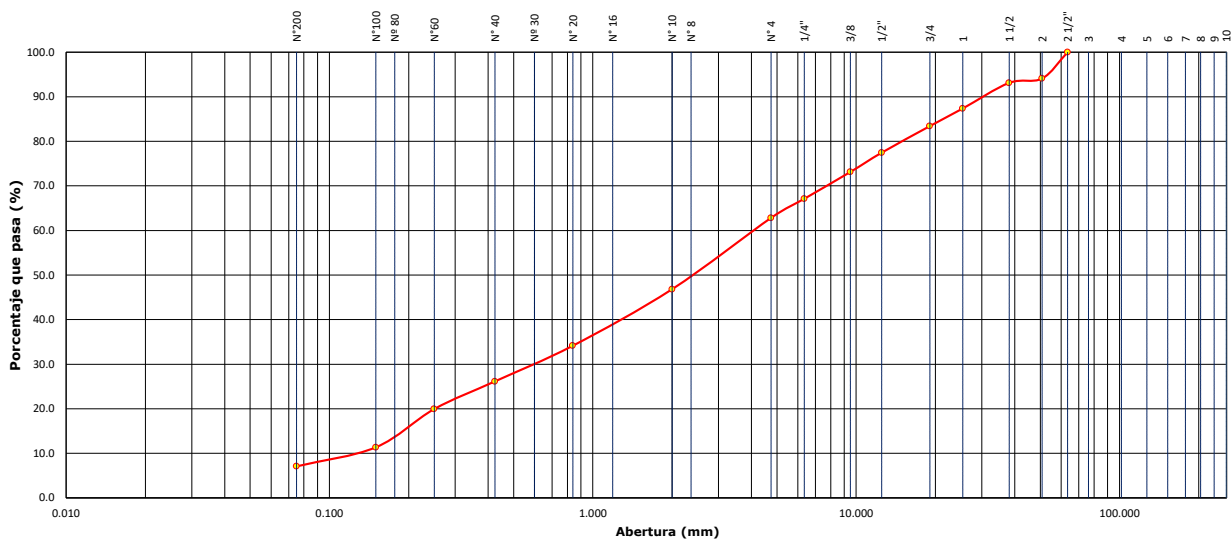
UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha:	03/04/2019	Coordenada:	366749 E 8083282 N
Ubicación de la Muestra:	DESLIZAMIENTO DE MATARANI	Profundidad (m):	4,9
Codigo Muestra:	M - 06	Trinchera:	T - 06
Tamaño Máximo:	2"	Peso Inicial Seco :	9,229
		Fraccion Fino Seco :	700.0

TAMIZ	MTC E204 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0		Contenido de Humedad (%) : 4.1
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0		Límite Líquido (LL) : 25.1
2"	50.800	545.0	5.9	5.9	94.1		Límite Plástico (LP) : NP
1 1/2"	38.100	90.0	1.0	6.9	93.1		Índice Plástico (IP) : NP
1"	25.400	530.0	5.7	12.6	87.4		Clasificación (SUCS) : SP - SM
3/4"	19.050	365.0	4.0	16.6	83.4		Cu: 34.101
1/2"	12.500	550.0	6.0	22.5	77.5		Cc: 0.731
3/8"	9.500	400.5	4.3	26.9	73.1		Datos:
1/4"	6.350	555.0	6.0	32.9	67.1		Bolonería > 3" : 0.0 %
Nº 4	4.750	395.0	4.3	37.2	62.8		Grava 3" - Nº 4 : 37.17 %
Nº 8	2.360		0.0	37.2	62.8		Arena Nº4 - Nº 200 : 55.76 %
Nº 10	2.000	178.3	16.0	53.2	46.8		Finos < Nº 200 : 7.07 %
Nº 16	1.190		0.0	53.2	46.8		Observaciones:
Nº 20	0.840	141.2	12.7	65.8	34.2		
Nº 30	0.600		0.0	65.8	34.2		
Nº 40	0.425	89.2	8.0	73.9	26.1		
Nº 50	0.297		0.0	73.9	26.1		
Nº 60	0.250	69.2	6.2	80.1	19.9		
Nº 80	0.177		4.3	84.4	15.6		
Nº 100	0.150	47.8	4.3	88.6	11.4		
Nº 200	0.075	47.7	4.3	92.9	7.1		
< Nº 200	FONDO	78.8	7.1	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica cap. 30kg

OBSERVACIONES:

Área reservada para las observaciones del ensayo, actualmente vacía.

3.4. CONTENIDO DE HUMEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (ASTM D 2216/MTC E108)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 01/04/2019 Coordenada: 366160 E 8084235 N
 Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2 Profundidad (m): 1,05
 Código Muestra M - 01 Trincheras : T - 01

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Tara	Nº	3	4	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	34.9	38.0	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	31.7	34.4	
Peso de Agua (A-B)	gr.	3.2	3.6	
Peso de Tara	gr.	15.1	15.6	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	16.6	18.8	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	19.28	19.15	19.2

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 01/04/2019 Coordenada: 366157 E 8083913 N
 Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2 Profundidad (m): 2.4
 Código Muestra M - 02 Trincheras : T - 02

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Tara	Nº	3	4	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	41.8	42.5	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	39.5	40.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	2.3	2.5	
Peso de Tara	gr.	15.1	15.1	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	24.4	24.9	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	9.43	10.04	9.7

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'

ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (ASTM D 2216/MTC E108)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 01/04/2019 Coordenada: 366321 E 8083798 N
 Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1 Profundidad (m): 1,23
 Código Muestra M - 03 Trinchera : T - 03

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Tara	Nº	5	6	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	45.2	48.1	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	42.6	45.3	
Peso de Agua (A-B)	gr.	2.6	2.8	
Peso de Tara	gr.	15.1	15.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	27.5	30.3	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	9.45	9.24	9.3

DATOS DE LA MUESTRA

Material: 01/04/2019 Coordenada: 366368 E 8083847 N
 Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1 Profundidad (m): 2.4
 Código Muestra M - 04 Trinchera: T - 04

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Tara	Nº	7	8	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	39.0	44.5	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	37.0	42.4	
Peso de Agua (A-B)	gr.	2.0	2.1	
Peso de Tara	gr.	15.4	15.3	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	21.6	27.1	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	9.26	7.75	8.5

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'
ENSAYO: CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (ASTM D 2216/MTC E108)
UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 02/04/2019 **Coordenada:** 366805 E 8083279 N
Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO DE MATARANI **Profundidad (m):** 4,9
Codigo Muestra M - 05 **Trinchera :** T - 05

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Tara	Nº	9	10	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	45.2	49.6	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	43.6	47.7	
Peso de Agua (A-B)	gr.	1.6	1.9	
Peso de Tara	gr.	15.2	15.2	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	28.4	32.5	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	5.63	5.85	5.7

DATOS DE LA MUESTRA

Material: 02/04/2019 **Coordenada:** 366749 E 8083282 N
Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO DE MATARANI **Profundidad (m):** 4,9
Codigo Muestra M - 06 **Trinchera n°:** T - 06

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Tara	Nº	11	12	
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	53.4	61.1	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	52.0	59.2	
Peso de Agua (A-B)	gr.	1.4	1.9	
Peso de Tara	gr.	15.1	15.5	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	36.9	43.7	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	3.79	4.35	4.1

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:

3.5.LÍMITE DE CONSISTENCIA



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

ENSAYO: LÍMITES DE CONSISTENCIA(ASTM D 4318 / AASHTO T 89 / MTC E 110, 111)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 01/04/2019 **Coordenada:** 366160 E 8084235 N
Ubicación de Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2 **Profundidad (m):** 1.05
Codigo Muestra: M - 01 **Trinchera:** 01

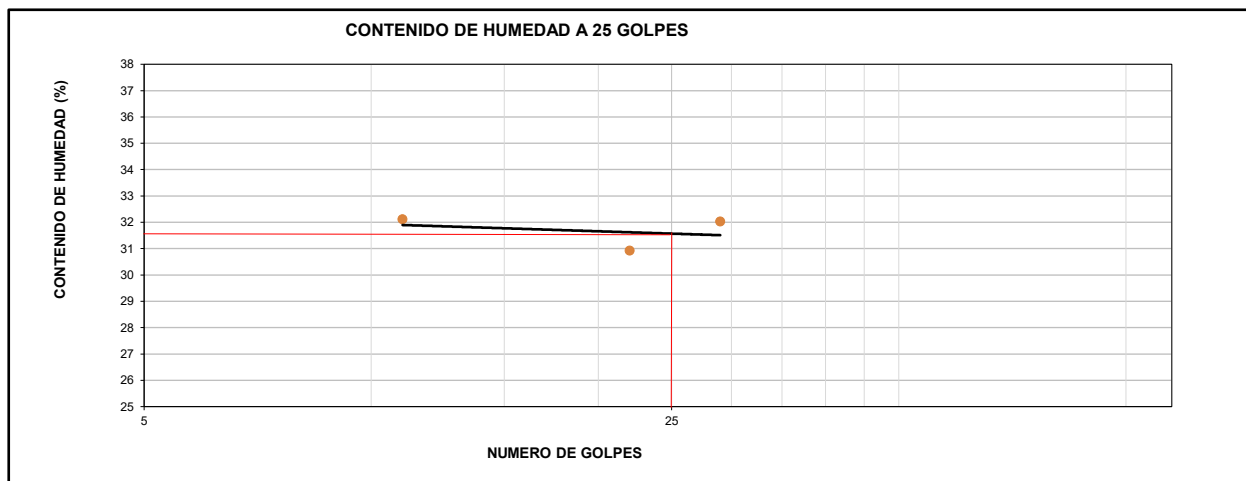
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		4	2	7	
Nº TARRO		4	2	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	32.67	26.65	26.25	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.47	22.91	22.60	
PESO DE AGUA	(g)	5.20	3.74	3.65	
PESO DEL TARRO	(g)	11.27	10.81	11.20	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.20	12.10	11.40	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.10	30.91	32.02	
NUMERO DE GOLPES		11	22	29	

LIMITE PLASTICO (MTC E111)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		4	2	7	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)				

NP



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	31.61	%
LIMITE PLASTICO	NP	
INDICE DE PLASTICIDAD	NP	

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA(ASTM D 4318 / AASHTO T 89 / MTC E 110, 111)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 01/04/2019 **Coordenada:** 366157 E 8083913 N
Ubicación de Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2 **Profundidad (m):** 2,4
Codigo Muestra: M - 02 **Trinchera n°:** T - 02

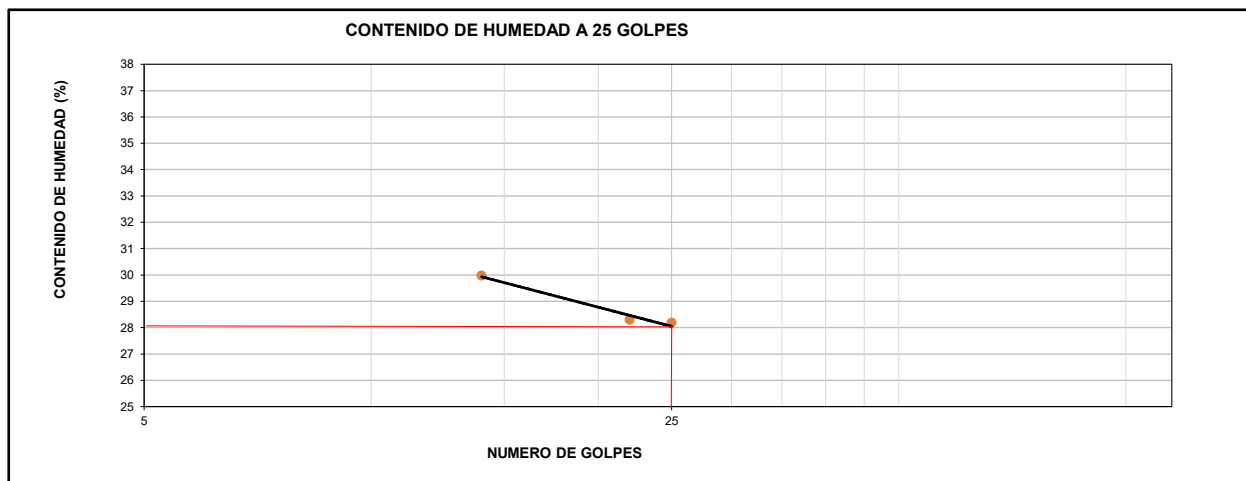
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		4	2	7	
N° TARRO		4	2	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	32.24	34.12	27.71	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.19	29.09	24.08	
PESO DE AGUA	(g)	5.05	5.03	3.63	
PESO DEL TARRO	(g)	10.34	11.31	11.20	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.85	17.78	12.88	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.97	28.29	28.18	
NUMERO DE GOLPES		14	22	25	

LIMITE PLASTICO (MTC E111)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		4	2	7	
N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)				

NP



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	28.05	%
LIMITE PLASTICO	NP	
INDICE DE PLASTICIDAD	NP	

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA(ASTM D 4318 / AASHTO T 89 / MTC E 110, 111)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 01/04/2019 **Coordenada:** 366321 E 8083798 N
Ubicación de Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1 **Profundidad (m):** 1,23
Codigo Muestra: M - 03 **Trinchera:** T - 03

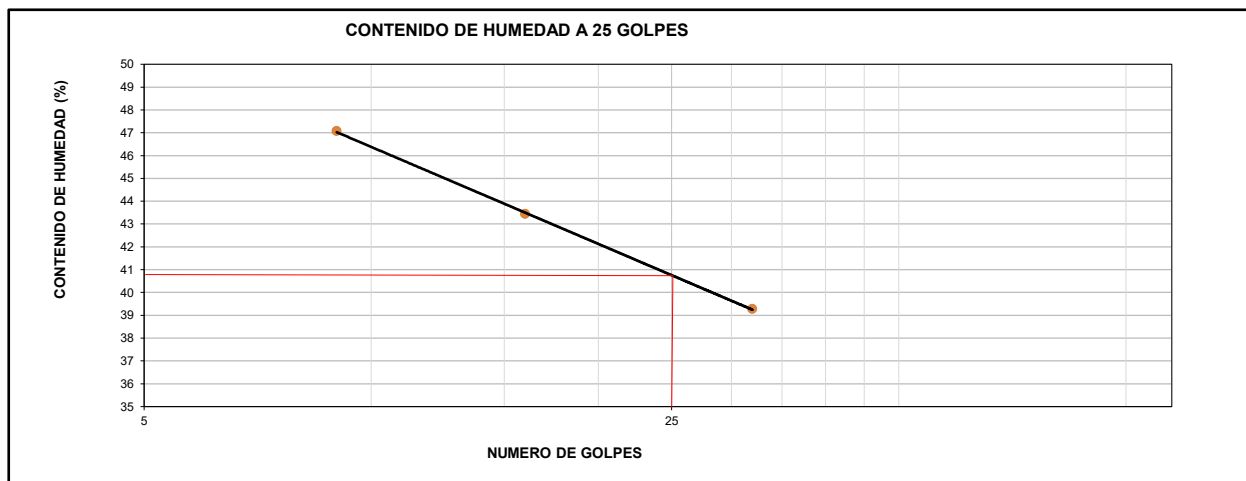
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		1	2	3	
Nº TARRO		4	2	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	29.33	30.53	31.19	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	23.49	24.58	25.57	
PESO DE AGUA	(g)	5.84	5.95	5.62	
PESO DEL TARRO	(g)	11.08	10.88	11.26	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	12.41	13.70	14.31	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	47.06	43.43	39.27	
NUMERO DE GOLPES		9	16	32	

LIMITE PLASTICO (MTC E111)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		1	2	3	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)				

NP



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	40.85	%
LIMITE PLASTICO	NP	
INDICE DE PLASTICIDAD	NP	

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA(ASTM D 4318 / AASHTO T 89 / MTC E 110, 111)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 02/04/2019 Coordinada: 366368 E 8083847 N
 Ubicación de Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1 Profundidad (m): 2,4
 Código Muestra: M - 04 Trincheras n°: T - 04

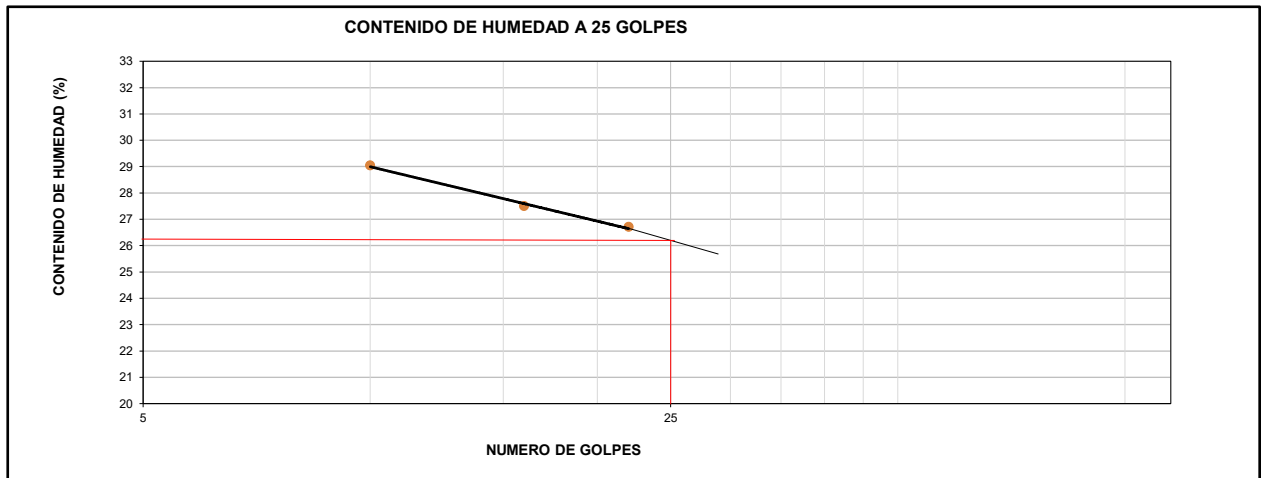
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
N° TARRO		4	1	17	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	29.80	28.85	28.60	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	25.57	24.97	24.75	
PESO DE AGUA	(g)	4.23	3.88	3.85	
PESO DEL TARRO	(g)	11.00	10.86	10.33	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.57	14.11	14.42	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.03	27.50	26.70	
NUMERO DE GOLPES		10	16	22	

LIMITE PLASTICO (MTC E111)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)				

NP



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

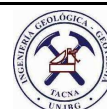
LIMITE LIQUIDO	26.25	%
LIMITE PLASTICO	NP	
INDICE DE PLASTICIDAD	NP	

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: EFECTO DE LA INFILTRACION DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA(ASTM D 4318 / AASHTO T 89 / MTC E 110, 111)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: 02/04/2019 **Coordenada:** 366805 E 8083279 N
Ubicación de Muestra: DESLIZAMIENTO DE MATARANI **Profundidad (m):** 4,9
Codigo Muestra: M - 05 **Trinchera n°:** T - 05

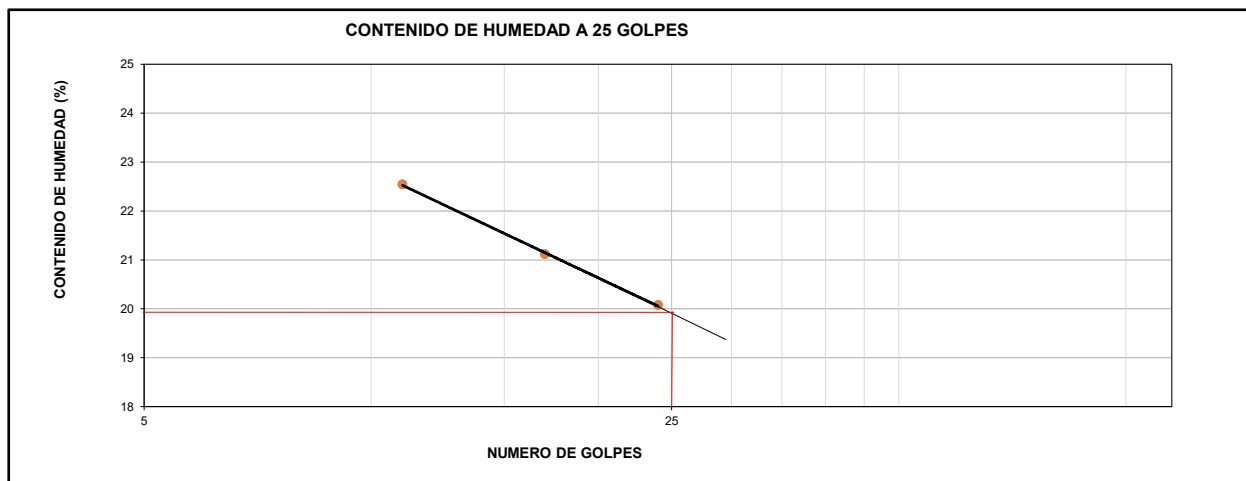
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		1	17	24	
N° TARRO		4	1	17	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	30.99	31.76	24.38	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.28	28.15	22.12	
PESO DE AGUA	(g)	3.71	3.61	2.26	
PESO DEL TARRO	(g)	10.82	11.05	10.86	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.46	17.10	11.26	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.54	21.11	20.07	
NUMERO DE GOLPES		11	17	24	

LIMITE PLASTICO (MTC E111)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		11	17	24	
N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)				

NP



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

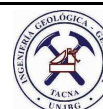
LIMITE LIQUIDO	19.91	%
LIMITE PLASTICO	NP	
INDICE DE PLASTICIDAD	NP	

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



#|REF| **"EFECTO DE LA INFILTRACION DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"**

ENSAYO: **LIMITES DE CONSISTENCIA(ASTM D 4318 / AASHTO T 89 / MTC E 110, 111)**

UBICACION: **DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA**

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha: **03/04/2019** Coordinada: **366749 E 8083282 N**
 Ubicación de Muestra: **DESIZAMIENTO DE MATARANI** Profundidad (m): **4,9**
 Código Muestra: **M - 06** Trinchera: **T - 06**

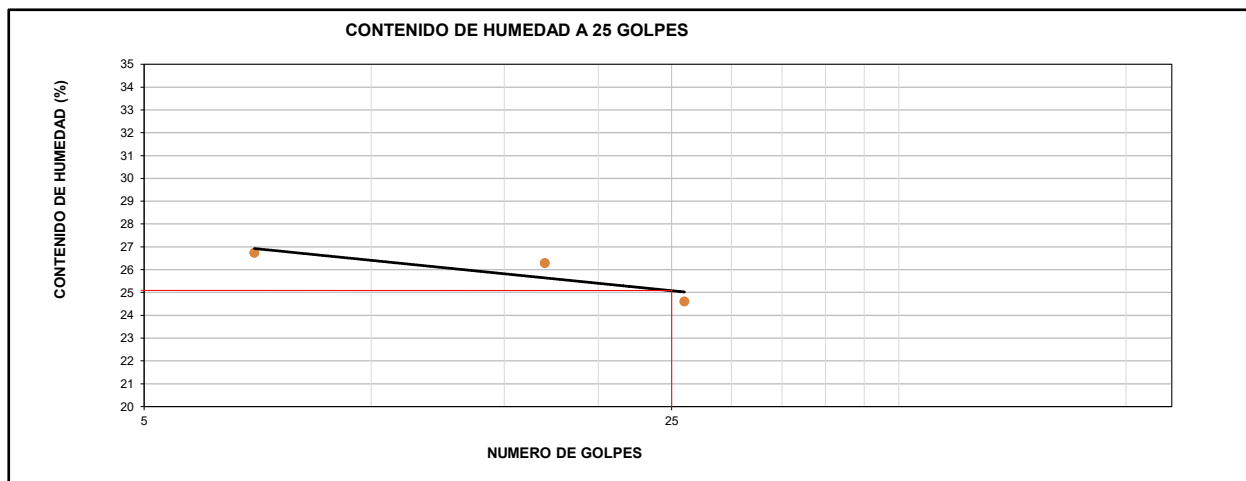
LIMITE LIQUIDO (MTC E110)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		9	6	61	
Nº TARRO		9	6	61	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	32.25	35.66	35.82	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.78	30.58	30.90	
PESO DE AGUA	(g)	4.47	5.08	4.92	
PESO DEL TARRO	(g)	11.05	11.25	10.89	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.73	19.33	20.01	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.72	26.28	24.59	
NUMERO DE GOLPES		7	17	26	

LIMITE PLASTICO (MTC E111)

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)				
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)				
PESO DE AGUA	(g)				
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)				
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)				

NP



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	25.05	%
LIMITE PLASTICO	NP	
INDICE DE PLASTICIDAD	NP	

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:

3.6.PESO ESPECÍFICO



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'

ENSAYO: PESO ESPECIFICO DE AGREGADO GRUESO Y DE SUELO FINO (MTC E 113/MTC E 206)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA GRUESO

Fecha: 01/04/2019 Coordinada: 366160 E 8084235 N

Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2 Profundidad (m): 1,05

Codigo Muestra M - 01 Trinchera: T - 01

PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Peso de la grava humedad superficialmente seca	gr.	750		
Peso de la grava sumergida	gr.	432		
Volumen inicial de la probeta	cm3	-		
Volumen final de la probeta	cm3	-		
Volumen de la grava = volumen desalojado	cm3	-		
Peso de la grava seca	gr.	727.7		
Absorción (Ab)	%	3.0		3.0
Peso Especifico de masa (Pem)	gr/cm3	2.3		2.3
Peso especifico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	gr/cm3	2.4		2.4
Peso especifico aparente (Pea)	gr/cm3	2.5		2.5

DATOS DE LA MUESTRA FINA

Material: 01/04/2019 Estructura: 366160 E 8084235 N

Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2 Profundidad (m): 1,05

Codigo Muestra T-01 Trinchera: T - 01

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Fiola	Nº	1		
Capacidad de la fiola	cm3	500.0		
Peso de la fiola	gr.	148.5		
Peso de la suelo superficialmente seca	gr.	459.2		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiona	gr.	607.7		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola + peso de agua	gr.	912.2		
Peso de agua	gr.	304.5		
Peso de la muestra seca	gr.	446.8		
Peso en gramos o volumen en cm3 de agua añadida al frasco.	cm3	195.5		
Peso Especifico de masa (Pem) 20°C	gr./cm3	2.3		2.3
Absorcion	%	2.8		2.8

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

ENSAYO: PESO ESPECIFICO DE AGREGADO GRUESO Y DE SUELO FINO (MTC E 113/MTC E 206)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA GRUESO

Fecha: 01/04/2019 Coordinada: 366157 E 8083913 N
 Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2 Profundidad (m): 2,4
 Código Muestra M - 02 Trincheras n°: T - 02

PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA TOTAL

Descripción	Und.	Ensayos		Promedio
Peso de la grava humedad superficialmente seca	gr.	1432		
Peso de la grava sumergida	gr.	768		
Volumen inicial de la probeta	cm3	-		
Volumen final de la probeta	cm3	-		
Volumen de la grava = volumen desalojado	cm3	-		
Peso de la grava seca	gr.	1339.6		
Absorción (Ab)	%	6.9		6.9
Peso Especifico de masa (Pem)	gr./cm3	2.0		2.0
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	gr./cm3	2.2		2.2
Peso específico aparente (Pea)	gr./cm3	2.3		2.3

DATOS DE LA MUESTRA FINA

Fecha: 01/04/2019 Coordinada: 366157 E 8083913 N
 Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 2 Profundidad (m): 2,4
 Código Muestra M - 02 Trincheras n°: T - 02

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripción	Und.	Ensayos		Promedio
Fiola	Nº	1		
Capacidad de la fiola	cm3	500.0		
Peso de la fiola	gr.	148.5		
Peso de la suelo superficialmente seca	gr.	413.0		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola	gr.	561.5		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola + peso de agua	gr.	882.7		
Peso de agua	gr.	321.2		
Peso de la muestra seca	gr.	385.2		
Peso en gramos o volumen en cm3 de agua añadida al frasco.	cm3	178.8		
Peso Especifico de masa (Pem) 20°C	gr./cm3	2.2		2.2
Absorción	%	7.2		7.2

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

ENSAYO: PESO ESPECIFICO DE AGREGADO GRUESO Y DE SUELO FINO (MTC E 113/MTC E 206)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA GRUESO

Fecha: 01/04/2019 Coordinada: 366321 E 8083798 N
 Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1 Profundidad (m): 1,3
 Código Muestra M - 03 Trinchera: T - 03

PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA TOTAL

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
Peso de la grava humedad superficialmente seca	gr.				
Peso de la grava sumergida	gr.				
Volumen inicial de la probeta	cm3				
Volumen final de la probeta	cm3				
Volumen de la grava = volumen desalojado	cm3				
Peso de la grava seca	gr.				
Absorción (Ab)	%	-			-
Peso Especifico de masa (Pem)	gr/cm3	-			-
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	gr/cm3	-			-
Peso específico aparente (Pea)	gr/cm3	-			-

DATOS DE LA MUESTRA FINA

Fecha: 01/04/2019 Estructura: 366321 E 8083798 N
 Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1 Profundidad (m): 1,3
 Código Muestra M - 03 Trinchera n°: T - 03

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
Fiola	Nº	1			
Capacidad de la fiola	cm3	500.0			
Peso de la fiola	gr.	148.5			
Peso de la suelo superficialmente seca	gr.	500.0			
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiona	gr.	648.5			
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola + peso de agua	gr.	935.3			
Peso de agua	gr.	286.8			
Peso de la muestra seca	gr.	474.1			
Peso en gramos o volumen en cm3 de agua añadida al frasco.	cm3	213.2			
Peso Especifico de masa (Pem) 20°C	gr./cm3	2.2			2.2
Absorción	%	5.5			5.5

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'

ENSAYO: PESO ESPECIFICO DE AGREGADO GRUESO Y DE SUELO FINO (MTC E 113/MTC E 206)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA GRUESO

Fecha:	02/04/2019	Coordenada:	366368 E 8083847 N
Ubicación de la Muestra:	DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1	Profundidad (m):	2.4
Código Muestra	M - 04	Trinchera:	T - 04

PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA TOTAL

Descripción	Und.	Ensayos		Promedio
Peso de la grava humedad superficialmente seca	gr.	1914		
Peso de la grava sumergida	gr.	1120		
Volumen inicial de la probeta	cm3	-		
Volumen final de la probeta	cm3	-		
Volumen de la grava = volumen desalojado	cm3	-		
Peso de la grava seca	gr.	1888.5		
Absorción (Ab)	%	1.3		1.3
Peso Especifico de masa (Pem)	gr/cm3	2.4		2.4
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	gr/cm3	2.4		2.4
Peso específico aparente (Pea)	gr/cm3	2.5		2.5

DATOS DE LA MUESTRA FINA

Fecha:	02/04/2019	Estructura:	-
Ubicación de la Muestra:	DESLIZAMIENTO ORCOMAÑA 1	Profundidad (m):	2.4
Código Muestra	M - 04	Trinchera n°:	T - 04

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripción	Und.	Ensayos		Promedio
Fiola	Nº	1		
Capacidad de la fiola	cm3	500.0		
Peso de la fiola	gr.	148.5		
Peso de la suelo superficialmente seca	gr.	407.7		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola	gr.	556.2		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola + peso de agua	gr.	886.1		
Peso de agua	gr.	329.9		
Peso de la muestra seca	gr.	396.0		
Peso en gramos o volumen en cm3 de agua añadida al frasco.	cm3	170.1		
Peso Especifico de masa (Pem) 20°C	gr./cm3	2.3		2.3
Absorción	%	3.0		3.0

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'

ENSAYO: PESO ESPECIFICO DE AGREGADO GRUESO Y DE SUELO FINO (MTC E 113/MTC E 206)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA GRUESO

Fecha: 02/04/2019 Coordinada: 366805 E 8083279 N
Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO DE MATARANI Profundidad (m): 4,9
Codigo Muestra M - 05 Trinchera n°: T - 05

PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Peso de la grava humedad superficialmente seca	gr.	1580		
Peso de la grava sumergida	gr.	890		
Volumen inicial de la probeta	cm3	-		
Volumen final de la probeta	cm3	-		
Volumen de la grava = volumen desalojado	cm3	-		
Peso de la grava seca	gr.	1514.5		
Absorción (Ab)	%	4.3		4.3
Peso Especifico de masa (Pem)	gr/cm3	2.2		2.2
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	gr/cm3	2.3		2.3
Peso específico aparente (Pea)	gr/cm3	2.4		2.4

DATOS DE LA MUESTRA FINA

Fecha: 02/04/2019 Estructura: 366805 E 8083279 N
Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO DE MATARANI Profundidad (m): 4,9
Codigo Muestra M - 05 Trinchera n°: T - 05

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Fiola	N°	1		
Capacidad de la fiola	cm3	500.0		
Peso de la fiola	gr.	148.5		
Peso de la suelo superficialmente seca	gr.	450.0		
Peso agua + peso de la fiola	gr.	598.5		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola + peso de agua	gr.	918.5		
Peso de agua	gr.	320.0		
Peso de la muestra seca	gr.	440.8		
Peso en gramos o volumen en cm3 de agua añadida al frasco.	cm3	180.0		
Peso Especifico de masa (Pem) 20°C	gr./cm3	2.4		2.4
Absorción	%	2.1		2.1

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'
ENSAYO: PESO ESPECIFICO DE AGREGADO GRUESO Y DE SUELO FINO (MTC E 113/MTC E 206)
UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA GRUESO

Fecha: 03/04/2019 **Coordenada:** 366749 E 8083282 N
Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO DE MATARANI **Profundidad (m):** 4,9
Codigo Muestra M - 06 **Trinchera:** T - 06

PESO ESPECIFICO DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Peso de la grava humedad superficialmente seca	gr.	1980.7		
Peso de la grava sumergida	gr.	1167.4		
Volumen inicial de la probeta	cm3	-		
Volumen final de la probeta	cm3	-		
Volumen de la grava = volumen desalojado	cm3	-		
Peso de la grava seca	gr.	1928.4		
Absorción (Ab)	%	2.7		2.7
Peso Especifico de masa (Pem)	gr/cm3	2.4		2.4
Peso especifico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	gr/cm3	2.4		2.4
Peso especifico aparente (Pea)	gr/cm3	2.5		2.5

DATOS DE LA MUESTRA FINA

Fecha: 03/04/2019 **Estructura:** 366749 E 8083282 N
Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTO DE MATARANI **Profundidad (m):** 4,9
Codigo Muestra M - 06 **Trinchera:** T - 06

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA TOTAL

Descripcion	Und.	Ensayos		Promedio
Fiola	Nº	1		
Capacidad de la fiola	cm3	500.0		
Peso de la fiola	gr.	148.5		
Peso de la suelo superficialmente seca	gr.	400.0		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola	gr.	548.5		
Peso de la suelo superficialmente seca + peso de la fiola + peso de agua	gr.	887.6		
Peso de agua	gr.	339.1		
Peso de la muestra seca	gr.	381.7		
Peso en gramos o volumen en cm3 de agua añadida al frasco.	cm3	160.9		
Peso Especifico de masa (Pem) 20°C	gr./cm3	2.4		2.4
Absorción	%	4.8		4.8

DETALLE DE EQUIPOS UTILIZADOS:

Balanza Electronica 30kg (Marca Ohaus)

COMENTARIOS Y OBSERVACIONES:

3.7. CORTE DIRECTO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO



(ASTM - D3080)

PROYECTO : "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

SECTOR : LADERAS DE QUILAHUANI

TRINCHERA : T-3

MUESTRA : M-01

ESPECIMEN : O1

FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2019

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DE CORTE	
Diametro (cm.)	6.00	Sobre carga (gr.)	503.50
Altura (cm.)	2.00	Peso de Muestra (gr.)	94.20
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.570	Carga Adicionada (kg.)	15.00
Area (cm ²)	30.00	Relación de Carga	0.50
Volumen (cm ³)	60.00	Carga Normal Total (kg.)	15.50
Peso (gr.)	94.20	Velocidad de Carga (mm/min)	0.138
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.440	Esfuerzo Normal (kg/cm²)	0.517

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara (gr.)	99.00	Natural	
P. Suelo Seco + Taca (gr.)	92.10	Compactado	X
P. de Tara (gr.)	15.80	Humedad laboratorio	9.34%
Contenido de Humedad	9.04%	Clasificación (SUCS)	SW-SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
9.00	0.09	130.00	1.3000	13.00	0.04
22.00	0.22	131.00	1.3100	49.00	0.16
30.00	0.30	132.50	1.3250	58.00	0.19
45.00	0.45	133.50	1.3350	68.00	0.23
60.00	0.60	134.50	1.3450	75.00	0.25
75.00	0.75	135.00	1.3500	82.00	0.27
88.00	0.88	135.50	1.3550	86.00	0.28
102.00	1.02	136.00	1.3600	90.00	0.29
116.00	1.16	137.00	1.3700	94.00	0.30
133.00	1.33	137.00	1.3700	99.00	0.31
148.00	1.48	137.00	1.3700	103.00	0.32
168.00	1.68	137.00	1.3700	107.00	0.33
190.00	1.90	137.20	1.3720	112.00	0.34
212.00	2.12	137.40	1.3740	117.00	0.36
234.00	2.34	137.50	1.3750	118.00	0.35
258.00	2.58	137.80	1.3780	121.00	0.36
280.00	2.80	137.90	1.3790	122.00	0.36
304.00	3.04	138.00	1.3800	125.00	0.36
326.00	3.26	138.00	1.3800	127.00	0.36
349.00	3.49	138.00	1.3800	129.00	0.36
372.00	3.72	138.00	1.3800	130.00	0.36
395.00	3.95	138.00	1.3800	131.00	0.36
417.00	4.17	138.00	1.3800	131.00	0.35
440.00	4.40	138.10	1.3810	132.00	0.35
463.00	4.63	138.20	1.3820	132.00	0.34
485.00	4.85	138.40	1.3840	134.00	0.34
511.00	5.11	138.50	1.3850	133.00	0.34
533.00	5.33	138.50	1.3850	132.00	0.33
558.00	5.58	138.60	1.3860	133.00	0.33
580.00	5.80	138.70	1.3870	132.00	0.32
604.00	6.04	138.80	1.3880	132.00	0.31
627.00	6.27	138.90	1.3890	131.00	0.31
651.00	6.51	138.90	1.3890	132.00	0.30
675.00	6.75	138.95	1.3895	132.00	0.30
701.00	7.01	139.00	1.3900	132.00	0.29
724.00	7.24	139.00	1.3900	132.00	0.29
745.00	7.45	139.00	1.3900	131.00	0.28
773.00	7.73	139.00	1.3900	131.00	0.27
799.00	7.99	139.00	1.3900	131.00	0.27



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)



PROYECTO : "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

UBICACION : LADERAS DE QUILAHUANI

TRINCHERA : T-3

MUESTRA : M-01

ESPECIMEN : O2

FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2019

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro (cm.)	6.00		Sobre carga (gr.)	503.50
Altura (cm.)	2.00		Peso de Muestra (gr.)	94.20
Densidad Natural (gr/cm ³)	1.570		Carga Adicionada (kg.)	30.00
Area (cm ²)	30.00		Relación de Carga	1.00
Volumen (cm ³)	60.00		Carga Normal Total (kg.)	30.50
Peso (gr.)	94.20		Velocidad de Carga (mm/min)	0.138
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.448		Esfuerzo Normal (kg/cm²)	1.017

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara (gr.)	100.30	Natural	
P. Suelo Seco + Tara (gr.)	93.60	Compactado	X
P. de Tara (gr.)	14.30	Humedad laboratorio	9.34%
Contenido de Humedad	8.45%	Clasificación (SUCS)	SW-SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
35.00	0.35	271.50	2.7150	160.00	0.53
41.00	0.41	271.30	2.7130	165.00	0.55
55.00	0.55	272.00	2.7200	174.00	0.57
70.00	0.70	273.00	2.7300	181.00	0.59
85.00	0.85	273.10	2.7310	189.00	0.61
100.00	1.00	273.80	2.7380	195.00	0.63
115.00	1.15	274.00	2.7400	200.00	0.64
130.00	1.30	275.00	2.7500	205.00	0.65
144.00	1.44	275.40	2.7540	211.00	0.67
160.00	1.60	275.50	2.7550	216.00	0.68
182.00	1.82	275.50	2.7550	222.00	0.69
205.00	2.05	275.70	2.7570	228.00	0.70
227.00	2.27	275.80	2.7580	233.00	0.70
251.00	2.51	276.00	2.7600	238.00	0.71
274.00	2.74	276.10	2.7610	242.00	0.71
297.00	2.97	276.20	2.7620	248.00	0.72
321.00	3.21	276.40	2.7640	253.00	0.72
344.00	3.44	276.50	2.7650	257.00	0.72
368.00	3.68	276.70	2.7670	261.00	0.72
390.00	3.90	276.80	2.7680	264.00	0.72
415.00	4.15	276.90	2.7690	268.00	0.72
438.00	4.38	277.00	2.7700	270.00	0.72
458.00	4.58	277.00	2.7700	274.00	0.72
482.00	4.82	277.00	2.7700	276.00	0.71
504.00	5.04	277.00	2.7700	278.00	0.71
527.00	5.27	277.10	2.7710	280.00	0.70
550.00	5.50	277.10	2.7710	282.00	0.69
575.00	5.75	277.10	2.7710	284.00	0.69
596.00	5.96	277.20	2.7720	287.00	0.68
628.00	6.28	277.20	2.7720	288.00	0.67
644.00	6.44	277.30	2.7730	289.00	0.67
670.00	6.70	277.40	2.7740	290.00	0.66
693.00	6.93	277.50	2.7750	291.00	0.65
718.00	7.18	277.50	2.7750	291.00	0.63
742.00	7.42	277.70	2.7770	292.00	0.62
764.00	7.64	277.80	2.7780	292.00	0.61
782.00	7.82	277.90	2.7790	291.00	0.60
785.00	7.85	277.90	2.7790	278.00	0.57
788.00	7.88	278.00	2.7800	277.00	0.57



ENSAYO DE CORTE DIRECTO



(ASTM - D3080)

PROYECTO : "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

UBICACION : LADERAS DE QUILAGUANI

TRINCHERA : T-3

MUESTRA : M-01

ESPECIMEN : 03

FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2019

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA		DATOS DE CORTE	
Diametro (cm.)	6.00	Sobre carga (gr.)	503.50
Altura (cm.)	2.00	Peso de Muestra (gr.)	94.20
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.570	Carga Adicionada (kg.)	60.00
Area (cm ²)	30.00	Relación de Carga	2.00
Volumen (cm ³)	60.00	Carga Normal Total (kg.)	60.50
Peso (gr.)	94.20	Velocidad de Carga (mm/min)	0.14
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.443	Esfuerzo Normal (kg/cm²)	2.02

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara (gr.)	97.00	Natural	
P. Suelo Seco + Taca (gr.)	90.30	Compactado	X
P. de Tara (gr.)	14.30	Humedad laboratorio	9.34%
Contenido de Humedad	8.82%	Clasificación (SUCS)	SW-SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
16.00	0.16	366.00	3.6600	129.00	0.43
22.00	0.22	367.00	3.6700	166.00	0.56
36.00	0.36	367.90	3.6790	199.00	0.66
52.00	0.52	368.70	3.6870	226.00	0.75
66.00	0.66	369.00	3.6900	246.00	0.81
82.00	0.82	370.00	3.7000	262.00	0.85
97.00	0.97	370.10	3.7010	274.00	0.89
111.00	1.11	370.20	3.7020	286.00	0.92
127.00	1.27	370.80	3.7080	300.00	0.95
142.00	1.42	371.00	3.7100	313.00	0.99
160.00	1.60	371.20	3.7120	325.00	1.02
178.00	1.78	371.50	3.7150	338.00	1.05
201.00	2.01	372.00	3.7200	353.00	1.08
225.00	2.25	371.50	3.7150	364.00	1.10
248.00	2.48	372.00	3.7200	373.00	1.11
272.00	2.72	372.20	3.7220	382.00	1.12
295.00	2.95	372.30	3.7230	390.00	1.13
320.00	3.20	372.60	3.7260	398.00	1.14
341.00	3.41	373.00	3.7300	405.00	1.14
364.00	3.64	373.20	3.7320	413.00	1.15
390.00	3.90	373.50	3.7350	420.00	1.15
414.00	4.14	373.80	3.7380	426.00	1.15
437.00	4.37	373.90	3.7390	432.00	1.15
460.00	4.60	374.00	3.7400	438.00	1.15
483.00	4.83	374.00	3.7400	443.00	1.14
505.00	5.05	374.00	3.7400	448.00	1.14
528.00	5.28	374.20	3.7420	451.00	1.13
552.00	5.52	374.20	3.7420	456.00	1.12
574.00	5.74	374.20	3.7420	461.00	1.12
600.00	6.00	374.20	3.7420	462.00	1.10
623.00	6.23	374.40	3.7440	465.00	1.09
646.00	6.46	374.60	3.7460	467.00	1.07
668.00	6.68	374.80	3.7480	469.00	1.06
693.00	6.93	375.00	3.7500	471.00	1.05
715.00	7.15	375.00	3.7500	474.00	1.03
741.00	7.41	375.00	3.7500	474.00	1.01
765.00	7.65	375.00	3.7500	477.00	1.00
788.00	7.88	375.00	3.7500	475.00	0.98
811.00	8.11	375.00	3.7500	474.00	0.96



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

PROYECTO : "EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA"

UBICACION : LADERAS DE QUILAHUANI

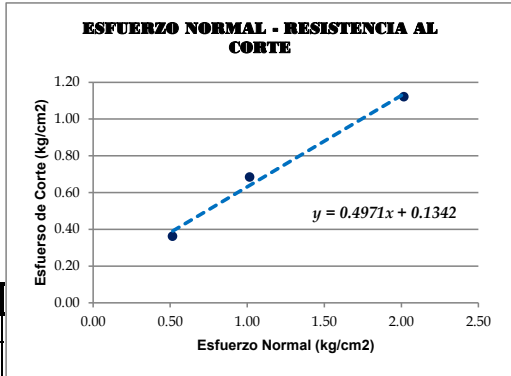
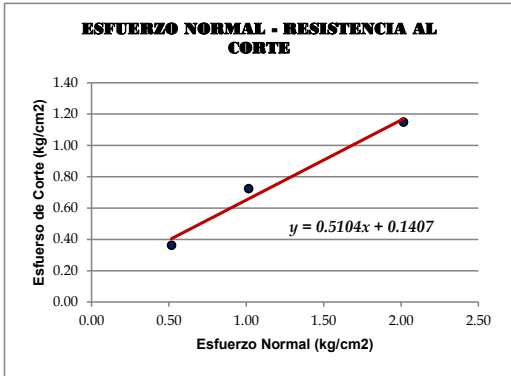
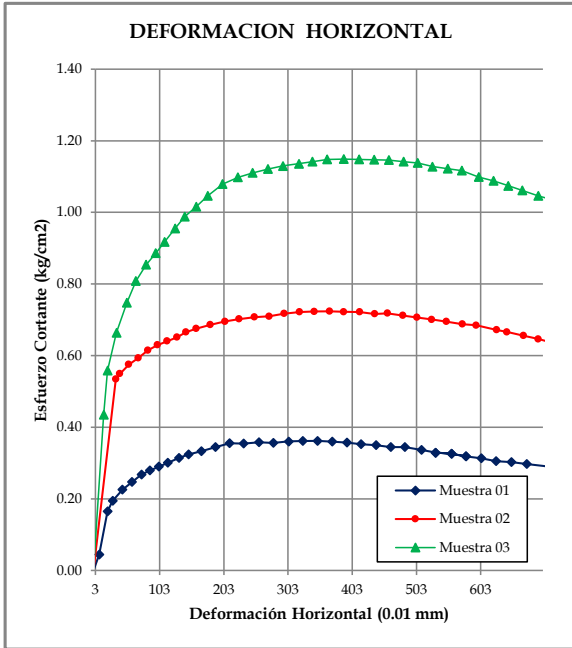
TRINCHERA : T-3

MUESTRA : M-01

ESPECIMEN : O1, O2 y O3

FECHA: SEPTIEMBRE DEL 2019

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



		MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN Kg/cm2	(C)	0.140	0.133
ANGULO DE FRICCIÓN	(φ)	27.04	26.43

4. GEOMECÁNICA

5.HIDROLOGÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'

ENSAYO: TASA DE INFILTRACIÓN

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

Material: **MATERIAL TOMADO DE LA TRINCHERA** Coordenadas: **366825 E 8083336 N**
 Ubicación de la Muestra: **DESLIZAMIENTO N° 2** Profundidad (m): **0,3**
 Código Muestra: **-** Prueba n°: **1,0**

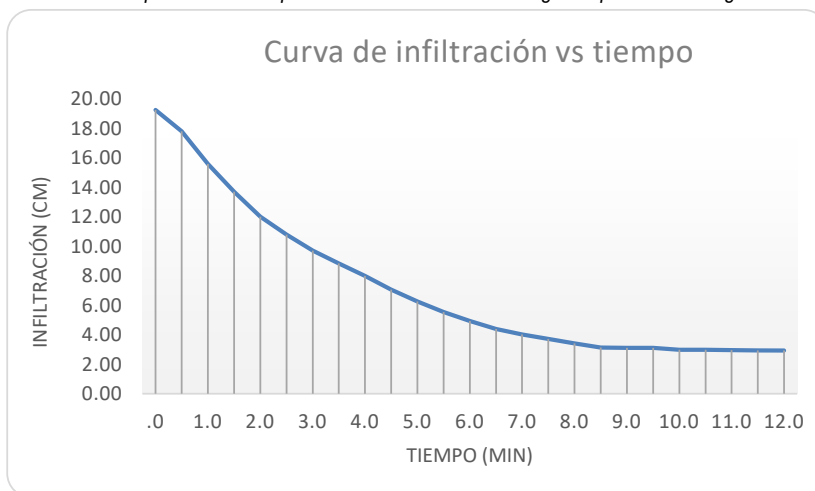
ITEM	Total altura de agua (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (Seg)	Infiltración (cm)	Tasa Infiltr (min/cm)	Tiempo (min) 1cm	Q (lt/m ² /día)
1	19.25	0.00	0	0	0	0	0
2	17.80	0.50	30	1.45	20.69	20.69	28.32
3	15.60	1.00	60	2.20	13.64	13.64	34.88
4	13.70	1.50	90	1.90	15.79	15.79	32.41
5	12.00	2.00	120	1.70	17.65	17.65	30.66
6	10.80	2.50	150	1.20	25.00	25.00	25.76
7	9.71	3.00	180	1.09	27.52	27.52	24.55
8	8.85	3.50	210	0.86	34.88	34.88	21.81
9	8.00	4.00	240	0.85	35.29	35.29	21.68
10	7.05	4.50	270	0.95	31.58	31.58	22.92
11	6.25	5.00	300	0.80	37.50	37.50	21.03
12	5.55	5.50	330	0.70	42.86	42.86	19.67
13	4.93	6.00	360	0.63	48.00	48.00	18.59
14	4.39	6.50	390	0.53	56.07	56.07	17.20
15	4.02	7.00	420	0.38	80.00	80.00	14.40
16	3.73	7.50	450	0.29	103.45	103.45	12.66
17	3.41	8.00	480	0.32	95.24	95.24	13.20
18	3.13	8.50	510	0.28	105.63	105.63	12.53
19	3.12	9.00	540	0.01	5000.00	5000.00	1.82
20	3.10	9.50	570	0.02	1500.00	1500.00	3.33
21	2.99	10.00	600	0.11	272.73	272.73	7.80
22	2.97	10.50	630	0.02	1500.00	1500.00	3.33
23	2.95	11.00	660	0.02	1500.00	1500.00	3.33
24	2.94	11.50	690	0.01	3000.00	3000.00	2.35
25	2.93	12.00	720	0.01	3000.00	3000.00	2.35
					Promedio	719.25	17.14

$$Q = 315.5 * \left(\frac{h}{t}\right)^{1/2}$$

Q = Tasa de infiltración en lt/m² - día

h = Descenso de nivel de agua en el tiempo de la prueba (mm).

t = Tiempo demandado para el descenso del nivel de agua expresado en segundos.





UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICO - GEOTECNIA



PROYECTO: 'EFECTO DE LA INFILTRACIÓN DEL AGUA EN LOS DESLIZAMIENTOS DE LAS LADERAS DE QUILAHUANI PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA'

ENSAYO: ENSAYO DE PERMEABILIDAD IN SITU (Metodo Porchet)

UBICACION: DISTRITO QUILAHUANI, PROVINCIA DE CANDARAVE - TACNA

DATOS DE LA MUESTRA

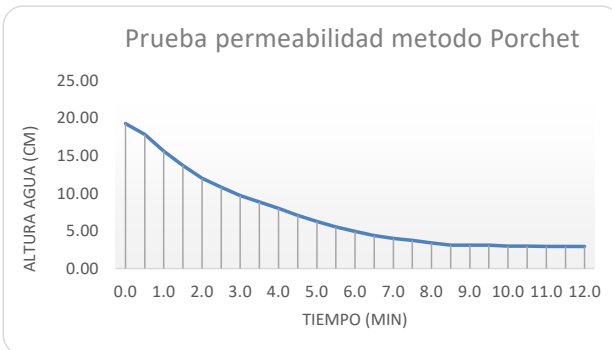
Fecha: 27/032019 Coordenadas: 366825 E 8083336 N

Ubicación de la Muestra: DESLIZAMIENTODE MATARANI Profundidad (m): 0,3

Codigo Muestra: - Prueba n°: 1,0

Descenso (cm)	Total altura de agua (cm)	Tiempo (min)	Tiempo (Seg)
1.45	19.25	0.0000	0
2.20	17.80	0.5000	30
1.90	15.60	1.0000	60
1.70	13.70	1.5000	90
1.20	12.00	2.0000	120
1.09	10.80	2.5000	150
0.86	9.71	3.0000	180
0.85	8.85	3.5000	210
0.95	8.00	4.0000	240
0.80	7.05	4.5000	270
0.70	6.25	5.0000	300
0.63	5.55	5.5000	330
0.53	4.93	6.0000	360
0.38	4.39	6.5000	390
0.29	4.02	7.0000	420
0.32	3.73	7.5000	450
0.28	3.41	8.0000	480
0.01	3.13	8.5000	510
0.02	3.12	9.0000	540
0.11	3.10	9.5000	570
0.02	2.99	10.0000	600
0.02	2.97	10.5000	630
0.01	2.95	11.0000	660
0.01	2.94	11.5000	690
2.93	2.93	12.0000	720

Dimensiones del Ensayo	
Diametro superior (cm)	10.50
Diametro medio (cm)	10.50
Diametro inferior (cm)	10.50
Altura (cm)	10.00
Nivel de agua inicial (cm)	19.25
Diámetro promedio (cm)	10.50



$$f = \frac{R}{2 \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \ln \left(\frac{2h_1 + R}{2h_2 + R} \right)$$

Donde:

- D : Diámetro del pozo = 0.105 m.
- t1 : Tiempo inicial = 90.00 Seg.
- t2 : Tiempo final = 720 Seg.
- h₁ : Altura de agua inicial = 0.14 m.
- h₂ : Altura de agua final = 0.03 m.

Permeabilidad = 4.49E-05 m/seg
4.49E-03 cm/seg
3.88E+00 m/dia
161.70 mm/hora