

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica



TESIS

**ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES
DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA
PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

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

AUTOR:

Bach. EDGAR MICHEL CRUZADO BARBOZA

ASESOR:

Dr. Ing. SEGUNDO REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO

CAJAMARCA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado con mucho amor y cariño a mi madre María, por el apoyo incondicional, por su sacrificio y esfuerzo durante el trayecto de mi vida profesional y personal.

A mi padre Armando, mi hermana Silvia, mi hermano Willan por ser fuentes de motivación cada día.

A mis amigos y compañeros quienes estuvieron compartiendo anécdotas, alegrías y tristezas durante la etapa de estudiantes.

E.M.C.B

AGRADECIMIENTO

Agradezco en forma muy especial a Dios por haberme dado una vida llena de felicidad y por brindarme la oportunidad de seguir junto a mi familia.

A mi Alma Mater: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, y la gran Escuela de Ingeniería Geológica de haberme brindado la oportunidad de convertirme en un profesional de la Ingeniería Geológica.

A mis Padres por haberme apoyado durante toda mi vida en todos los retos que se presentaron, gracias a mi madre que nunca me dejo de apoyar, por estar dispuesta a acompañarme a lo largo de mi vida en cada día dándome las fuerzas para afrontar todos los obstáculos, a mis hermanos por haber creído y confiado en mí.

A mi asesor el Dr. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado. Por transmitirme sus conocimientos, experiencias y recomendaciones profesionales en el campo de la Ingeniería Geológica.

A todos mis maestros entre ellos la Ing. Lisseth Marisel Roncal Julcamoro, Ing. Filadelfio Mejía Cruzado, Dr. Zenón Quispe Mamani, MS.c. Víctor Arapa Vilca, MS.c. Roberto Gonzales Yana, Dr. Alejandro Lagos Manrique.

Gracias a todos.

E.M.C.B

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE FOTOS.....	xi
LISTA DE PLANOS.....	xii
ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	3
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	3
2.1.3 Antecedentes Locales.....	4
2.2 BASES TEÓRICAS.....	5
2.2.1 Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos.....	5
2.2.2 Deslizamientos.....	7
2.2.3 Clasificación de Movimientos de Masas.....	9
2.2.4 Caracterización de los Movimientos.....	10
2.2.5 Mecánica de Suelos.....	13
2.2.6 Consistencia del Suelo.....	15
2.2.7 Clasificación de Suelos.....	17
2.2.8 Mecánica de Rocas.....	23
2.2.9 Análisis de Inestabilidad.....	27
2.2.10 Sismicidad.....	30
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	31
CAPÍTULO III.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	33

	Pág.
3.1.1 Ubicación Geográfica.....	33
3.1.2 Ubicación Política	33
3.1.3 Accesibilidad	34
3.1.4 Clima	34
3.2 PROCEDIMIENTO.....	34
3.2.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	34
3.2.2 Población de Estudio	35
3.2.3 Muestra	35
3.2.4 Unidad de Análisis	35
3.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	35
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
3.4.1 Revisión y Consolidación de la Información	36
3.4.2 Etapa de Campo.....	36
3.4.3 Etapa de Análisis e Interpretación	36
3.4.4 Elaboración de la Tesis de Investigación	36
3.5 EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	37
3.6 ESTRATIGRAFÍA	38
3.6.1 Grupo Crisnejas	39
3.6.2 Grupo Pulluicana	41
3.6.3 Depósitos Cuaternarios.....	42
3.7 UNIDADES MORFOGENÉTICAS	43
3.8 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	47
3.9 HIDROLOGÍA	48
3.9.1 Transposición de Datos de Precipitaciones	49
3.9.2 Curvas de Precipitación Transpuesta en La Subcuenca Río La Encañada.....	51
3.9.3 Ecurrimiento e Infiltración.....	53
3.10 ANÁLISIS GEOTÉCNICO.....	56
3.10.1 Estación N° 01	58
3.10.2 Estación N° 02.....	65
3.10.3 Estación N° 03.....	72
3.10.4 Estación N° 04.....	77
CAPÍTULO IV	82
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82

	Pág.
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	82
4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	85
CAPÍTULO V	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1 CONCLUSIONES	86
5.2 RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXO 01	91
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	91
ANEXO 02	92
PLANOS.....	92
ANEXO 03	93
SECCIONES GEOLÓGICAS Y COLUMNA ESTRATIGRÁFICA.....	93

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Tamaño de tamices	14
Cuadro 2. Límites de separación de tamaño de suelo.	17
Cuadro 3. Sistema unificado de clasificación de suelo	20
Cuadro 4. Diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo Libro Anual de Normas ASTM 2010.....	21
Cuadro 5. Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo inorgánico y para suelos arcillosos suelo Libro Anual de Normas ASTM 2010.	22
Cuadro 6. Calidad de los macizos rocosos con relación al índice RMR.	25
Cuadro 7. Parámetros de clasificación Bieniawski RMR 1989.	25
Cuadro 8. Estimación del Índice Geológico de Resistencia de Hoek y Brown 1997, GSI, en base a una Descripción Geológica del Macizo Rcoso.	26
Cuadro 9. Métodos de estabilidad de taludes.....	30
Cuadro 10. Ubicación geográfica de la investigación.....	33
Cuadro 11. Accesibilidad al proyecto de investigación.....	34
Cuadro 12. Definición de variables.....	35
Cuadro 13. Unidades morfogénicas establecidas según su pendiente	44
Cuadro 14. Cálculo de Coordenadas Estación Augusto Weberbauer UTM Datum PSAD56.....	49
Cuadro 15. Factor de transposición.....	50
Cuadro 16. Transposición de precipitación.....	51
Cuadro 17. Balance hidrológico de la Subcuenca del Río de La Encañada	55
Cuadro 18. Parámetros característicos del suelo.....	57
Cuadro 19. Parámetros característicos de los suelos en las estaciones 01, 03 y 04.....	58
Cuadro 20. Valoración geomecánica del macizo rocos según GSI	60
Cuadro 21. Matriz de caracterización de deslizamiento Dz-01	64
Cuadro 22. Valoración geomecánica del macizo rocos según RMR.....	66
Cuadro 23. Matriz de caracterización de deslizamiento Dz-02	71
Cuadro 24. Matriz de caracterización de deslizamiento Dz-03	76
Cuadro 25. Matriz de caracterización de deslizamiento Dz-04	81
Cuadro 26. Caracterización geomecánica del macizo rocoso estación 01	82
Cuadro 27. Caracterización geomecánica del suelo estación 01	82

	Pág.
Cuadro 28. Cálculo del Factor de Seguridad estación 01	83
Cuadro 29. Caracterización geomecánica del macizo rocoso estación 02.....	83
Cuadro 30. Cálculo del Factor de Seguridad estación 02	83
Cuadro 31. Caracterización geomecánica del suelo estación 03	84
Cuadro 32. Cálculo del Factor de Seguridad Estación 03.....	84
Cuadro 33. Caracterización geomecánica del suelo estación 04	84
Cuadro 34. Cálculo del Factor de Seguridad Estación 04.....	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Nomenclatura de laderas y taludes.....	5
Figura 2. Partes Generales de un talud o ladera.....	6
Figura 3. Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Commission on Landslides 1990.	7
Figura 4. Deslizamiento rotacional en una Ladera.	9
Figura 5. Desplazamientos rotacionales simples y múltiples.	10
Figura 6. Clasificación de los movimientos del terreno de acuerdo con su estado de actividad Bajracharya 2006.	12
Figura 7. Definición de D_{10} , D_{30} y D_{60}	14
Figura 8. Límites de Atterberg.....	15
Figura 9. Grafica de plasticidad para la clasificación de suelos.	16
Figura 10. Falla de talud. Fuente: Obtenido de Das 2015	28
Figura 11. Zonificación sísmica en el Perú.	31
Figura 12. Ubicación del anticlinal en las Formaciones Yumagual, Chúlec y Pariatambo formado en rocas calcáreas entre calizas, arcillitas y margas.	47
Figura 13. Curvas de precipitación mensuales entre los años 2003 - 2015.....	53
Figura 14. Análisis Rock data de la estación 01 según el criterio generalizado de Hoek y Brown.....	59
Figura 15. Cálculo del Factor de Seguridad sección A-A' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales del deslizamiento Dz-01.....	61
Figura 16. Cálculo del Factor de Seguridad sección A-A' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales y sismicidad del deslizamiento Dz-01	62
Figura 17. Cálculo del Factor de Seguridad sección A-A' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones de saturación y sismicidad del deslizamiento Dz-01	63
Figura 18. Análisis Rock data de la estación 01 según el criterio generalizado de Hoek y Brown.....	67
Figura 19. Cálculo del Factor de Seguridad sección B-B' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales del deslizamiento Dz-02.....	68

	Pág.
Figura 20. Cálculo del Factor de Seguridad sección B-B' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales y sismicidad del deslizamiento Dz-02.....	69
Figura 21. Cálculo del Factor de Seguridad sección B-B' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones de saturación y sismicidad del deslizamiento Dz-02.....	70
Figura 22. Cálculo del Factor de Seguridad sección C-C' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales del deslizamiento Dz-03.....	73
Figura 23. Cálculo del Factor de Seguridad sección C-C' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales y sismicidad del deslizamiento Dz-03.....	74
Figura 24. Cálculo del Factor de Seguridad sección C-C' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones de saturación y sismicidad del deslizamiento Dz-03.....	75
Figura 25. Cálculo del Factor de Seguridad sección D-D' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales del deslizamiento Dz-04.....	78
Figura 26. Cálculo del Factor de Seguridad sección D-D' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales y sismicidad del deslizamiento Dz-04.....	79
Figura 27. Cálculo del Factor de Seguridad sección D-D' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones de saturación y sismicidad del deslizamiento Dz-04.....	80

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Conjunto de tamices para análisis de laboratorio.....	14
Foto 2. Se aprecia el relieve en rocas sedimentarias en el distrito de La Encañada...	38
Foto 3. Estratos de la Formación Chúlec, intercalación litológica en estratos medianos de calizas margosas, arcillitas moderadamente fracturadas.....	39
Foto 4. Contacto litológico entre la Formación Chúlec y Pariatambo, donde se observa el piso de la Formación Pariatambo, diferenciándose por la litología y la estratificación	40
Foto 5. Presencia del fósil <i>Oxytropidoceras carbonarium</i> , y de estructuras sedimentarias que evidencian la actividad biológica que hubo en la Formación Pariatambo.	40
Foto 6. Contacto litológico entre la Formación Yumagual y Pariatambo, diferenciándose por su litología y estratificación.....	41
Foto 7. Afloramiento de rocas calizas pertenecientes a la Formación Yumagual.....	41
Foto 8. Depósito cuaternario fluvial en las márgenes del río La Encañada.	42
Foto 9. Depósito coluvio-aluvial compuesto por fragmentos de roca, bloques angulosos en una matriz arcillosa.....	43
Foto 10. Planicies formadas en depósitos fluviales a la margen derecha e izquierda del río La Encañada.	44
Foto 11. Lomas en el distrito de La Encañada con inclinación de 15°	45
Foto 12. Laderas en el margen derecho de la carretera La Encañada - Celendín con inclinación de 45°	46
Foto 13. Escarpas en el margen izquierdo de la carretera La Encañada - Celendín con inclinación de 70°	46
Foto 14. Pliegue con vistas al NE-SO dentro de la Formación Pariatambo.....	48
Foto 15. Delimitación del deslizamiento Dz-01 que se encuentra afectando el talud.....	58
Foto 16. Delimitación del deslizamiento Dz-02 que se encuentra afectando el talud.....	65
Foto 17. Delimitación del deslizamiento Dz-03 que se encuentra afectando las edificaciones.....	72
Foto 18. Delimitación del deslizamiento Dz-04 que se encuentra afectando las edificaciones.....	77

LISTA DE PLANOS

Plano de Ubicación	P-01
Plano de Accesibilidad	P-02
Plano de Modelo Digital de Elevaciones MDE	P-03
Plano Geológico-Estructural	P-04
Plano de Unidades Morfogenéticas	P-05
Plano Geotécnico	P-06

ABREVIATURAS

Pág.	:	Página
D	:	Factor de Disturbación del Macizo Rocoso
DD	:	Dip Direction (Dirección del Buzamiento)
DIP	:	Buzamiento
C	:	Cohesión
ϕ	:	Ángulo de Fricción
GSI	:	Índice de Resistencia Geológica
GPS	:	Global Positioning System
KN	:	Kilo Newton
RMR	:	Rock Mass Rating
RQD	:	Rock Quality Designation
E	:	Estrato
S	:	Constante que Depende de las Propiedades del Macizo Rocoso
UTM	:	Universal Transversal de Mercator
WGS - 84	:	World Geodetic System 1984
Dz-01	:	Deslizamiento 01
Dz-02	:	Deslizamiento 02
Dz-03	:	Deslizamiento 03
Dz-04	:	Deslizamiento 04
MMC	:	Millones de Metros Cúbicos
ASTM	:	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
IAEG	:	Asociación Internacional de Ingeniería Geología y Medio Ambiente
NE	:	Noreste
SO	:	Suroeste
MDE	:	Modelo Digital de Elevaciones
LL	:	Limite liquido
LP	:	Limite plástico
PI	:	Índice de plasticidad
SUCS	:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
O	:	Oeste
L	:	Longitud total

H	:	Altura
mm	:	Milímetros
FSs	:	Factor de seguridad con respecto a la resistencia
Ds	:	Desviación estándar
LPRC	:	Línea de precipitación referencial conservadora
PP	:	Precipitación total
Pe	:	Precipitación efectiva
F	:	Infiltración
VF	:	Volumen de infiltración
Wd	:	Ancho de la masa desplazada
Wr	:	Ancho de la superficie de falla
Lr	:	Longitud de la superficie falla
Dd	:	Profundidad de la masa desplazada
Dr	:	Profundidad de la superficie falla
Lc	:	Longitud de la línea central
CL	:	Arcilla de baja plasticidad

RESUMEN

La investigación se desarrolló en los alrededores del distrito de La Encañada donde afloran rocas sedimentarias pertenecientes a las Formaciones Chúlec, Pariatambo, Yumagual, del Cretácico inferior hasta el Cretácico superior, además encontramos depósitos cuaternarios coluvio-aluvial y fluviales, afectados por eventos geodinámicos, la tectónica regional y acción de agentes geológicos externos, conformando laderas y taludes inestables por el fuerte fracturamiento, denominados deslizamientos (Dz-01, Dz-02, Dz-03, Dz-04), los cuales pueden activarse en un futuro inmediato. El objetivo fue realizar el análisis geotécnico de laderas y taludes de acuerdo a las características geomecánicas de los materiales además de las variables detonantes de precipitación y sismicidad que inciden directamente en la inestabilidad. La investigación se realizó en varias etapas iniciando con el reconocimiento del área de estudio, recopilación de la información bibliográfica, caracterización geomecánica de materiales, análisis de precipitación, infiltración y sismicidad, para luego procesar la información en el software Slide para calcular el Factor de Seguridad del cual se obtuvo valores menores a 1 en condiciones de saturación con sismicidad indicando que son zonas inestables en dichas condiciones.

Palabras clave: Precipitación, Sismicidad, Laderas, Taludes, Deslizamientos, Factor de Seguridad

ABSTRACT

The research was carried out in the surroundings of La Encañada district where sedimentary rocks belonging to the Chúlec, Pariatambo, Yumagual Formations, from the Lower Cretaceous to the Upper Cretaceous, also found Quaternary colluvial-alluvial and fluvial deposits, affected by geodynamic events, regional tectonics and the action of external geological agents, forming unstable slopes and slopes due to strong fracturing, called landslides (Dz-01, Dz-02, Dz-03, Dz-04), which may be activated in the immediate future. The objective was to carry out a geotechnical analysis of slopes according to the geomechanical characteristics of the materials, as well as the triggering variables of precipitation and seismicity that directly affect instability. The research was carried out in several stages starting with the reconnaissance of the study area, compilation of bibliographic information, geomechanical characterization of materials, analysis of precipitation, infiltration and seismicity, and then processing the information in the Slide software to calculate the Factor of Safety of which values less than 1 were obtained in saturation conditions with seismicity indicating that these are unstable zones in such conditions.

Keywords: Precipitation, Seismicity, hillsides, Slopes, Landslides, Safety Factor

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en los alrededores del distrito de La Encañada provincia de Cajamarca departamento de Cajamarca, donde se observan afloramientos de rocas carbonatadas intercaladas con arcillolitas, con fuerte fracturamiento, pertenecientes a las Formaciones Chúlec, Pariatambo, Yumagual, y depósitos cuaternarios coluvio-aluviales y fluviales producto de la meteorización, erosión y transporte de rocas en la zona, todos ellos conformando laderas y taludes en la carretera, con alta inestabilidad geotécnica por las características geomecánicas, morfogenéticas, estructurales y condiciones climáticas, implicando el movimiento de masas de materiales fracturados y sueltos. En los alrededores del poblado de La Encañada encontramos deslizamientos originados por agentes desencadenantes como la precipitación e infiltración del agua proveniente de las lluvias estacionales, así como por la actividad sísmica regional, considerándose zonas geotécnicamente críticas donde se desarrollan estos movimientos de masas.

Para la investigación se plantea la siguiente pregunta ¿La inestabilidad geotécnica de laderas y taludes en los alrededores de la ciudad de La Encañada se relacionan con las condiciones geoestructurales, morfogenéticas y geomecánicas, originadas por los agentes desencadenantes de precipitación, infiltración y sismicidad? Como hipótesis se plantea: La inestabilidad geotécnica de laderas y taludes en los alrededores de la ciudad de La Encañada, es originada por las condiciones litomorfoestructurales, inducidos por los agentes desencadenantes de precipitación, infiltración y sismicidad.

La finalidad de esta investigación es aportar información detallada acerca de la inestabilidad geotécnica en laderas y taludes en los alrededores de la ciudad de La Encañada considerando las variables geomecánicas, estructurales y unidades morfogenéticas, interactuando con los agentes desencadenantes como la precipitación, infiltración y sismicidad.

En el ámbito social buscamos mejorar la seguridad de los pobladores que se encuentran con viviendas construidas en áreas cercanas a los deslizamientos y en lo posible lograr su reubicación al tener la zonificación geodinámica de los deslizamientos. Es importante que

las autoridades distritales, provinciales y regionales utilicen la presente investigación para el plan de ordenamiento territorial y expansión urbana, realizando el monitoreo adecuado para reducir, controlar y evitar daños potenciales.

Además, servirá de base para futuros estudios e investigaciones que tengan que ver con la geodinámica, evaluación del peligro y riesgo, y científicamente será un aporte en la investigación la ingeniería geológica y la geotecnia.

El objetivo principal es realizar el análisis geotécnico de laderas y taludes, en suelos y rocas en las zonas críticas de los alrededores de la ciudad de La Encañada, originadas por la precipitación, infiltración y sismicidad, asimismo cartografiar las unidades litomorfoestructurales, realizar la caracterización geomecánica, analizar las variables desencadenantes precipitación e infiltración, calcular los Factores de Seguridad de las laderas y taludes y elaborar el plano de zonificación geotécnica.

La tesis comprende cinco capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I. Presenta la Introducción, donde se describe los rasgos de la zona de investigación, plantea y formula el problema, la justificación, el alcance y los objetivos generales y específicos.

Capítulo II. Presenta el Marco teórico que consiste en los antecedentes teóricos, las bases teóricas y la definición de términos básicos.

Capítulo III. Presenta los Materiales y Métodos que contiene la ubicación de la investigación, el procedimiento, definición de variables, técnicas de recolección de datos, equipos e instrumentos de recolección de datos, estratigrafía, unidades morfogenéticas, geología estructural y el análisis geotécnico.

Capítulo IV. Presenta el Análisis y Discusión de resultados que contiene el análisis de resultados y la contrastación de la hipótesis.

Capítulo V. Presenta las Conclusiones y Recomendaciones de la investigación

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Arévalo y Parias (2013). En su estudio denominado Amenaza por fenómenos de remoción de masa en los departamentos de Cundinamarca y Tolima en Colombia hace un aporte hacia la ciencia con un análisis predictivo haciendo uso de las variables topografía, geología, geomorfología e hidrología.

Gómez et al. (2013). En su estudio denominado SIG para determinar la susceptibilidad a movimientos en masa en la cuenca del río Campoalegre, determina las posibles zonas susceptibles a los movimientos en masa en los municipios de Santa Rosa de Cabal, Chinchiná, Villamaría y Palestina en el País de Colombia a través de un modelo cartográfico, donde realiza un diagnóstico de los lugares que podrían ocurrir los posibles eventos, concluyendo que los movimientos en masa de la cuenca son a causa de los factores detonantes de pendiente y precipitación.

Leyover (2016). En su investigación Movimientos en masa en el tramo Alóag-Tandapi en Ecuador determinó en base al estudio hidrológico y sismicidad las zonas susceptibles a movimientos de masa zonificando áreas propensas de en la vía, concluyendo que los factores desencadenantes como las fuertes precipitaciones y las fuertes pendientes en la zona pueden aumentar la peligrosidad, principalmente en áreas ya estudiadas.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Ochoa (2016). En su investigación llamada Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara en la ciudad de Huancavelica tiene como objetivo general determinar el Factor de Seguridad y el grado de susceptibilidad que presenta los taludes inestables obteniendo en los sectores de Yuraccrumi, Manzanayocc, Arbolitos y Puchccoc son estables por tener

$FS > 1$, por el contrario, los sectores de Asequia Alta y Motoy Huaycco son inestables por tener $FS < 1$

Gómez (2017). En su investigación denominada Evaluación geodinámica y modelamiento geotécnico del deslizamiento de madrigal – Arequipa analiza la inestabilidad del deslizamiento del tipo rotacional utilizando elementos finitos en condiciones estáticas y pseudoestática obteniendo Factores de Seguridad menores a 1 llegando a la conclusión de que se encuentra en una condición inestable crítica.

Sánchez (2018). En su estudio llamado zonificación y evaluación de peligros por geodinámica externa en la cuenca del río Pichari hace el análisis teniendo en cuenta las variables fisiográficas, litológicas y topográficas de la remoción de masas por los fenómenos hidrometeorológicos provocando inundaciones a causa de precipitaciones excepcionales desatando desbordes en ríos y lagunas.

2.1.3 Antecedentes Locales

Paredes (2016). En su investigación llamada evaluación geológico-geodinámico de la carretera de ingreso a la Central Hidroeléctrica Potrero – San Marcos tiene como objetivo general evaluar el comportamiento geológico-geodinámico de los taludes de la carretera de ingreso a la Central Hidroeléctrica Potrero analizando las variables de litología, relieve y precipitaciones concluyendo que cinco zonas presentan mayor inestabilidad en los taludes con Factores de Seguridad menor a uno según la data procesada en el software Slide

Rodríguez (2016). En su investigación denominada método de investigación geológico -geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos, analiza el comportamiento geoestructural, geomorfológico, geodinámico y geomecánico del macizo rocoso del cretácico superior que presentan las zonas inestables en la zona Ronquillo – Corisorgona.

Fuentes (2017). En su estudio hace el análisis geodinámico en los alrededores del Distrito de Jesús donde afirma que las variables detonantes son la precipitación y la sismicidad para que ocurran deslizamientos en rocas del cretácico inferior de las Formaciones Carhuaz y Farrat.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos

Los taludes y sus procesos son estudiados por varias disciplinas del conocimiento tales como la geología, la geomorfología, la geotecnia, la hidrología, etc. A continuación, se establece nomenclatura básica que se recomienda ser utilizada en la caracterización de taludes y deslizamientos de tierra desde el punto de vista geotécnico (Suarez 2009).

La nomenclatura más utilizada en las ciencias geotécnicas es por los sistemas de clasificación propuestos por Hutchinson (1968) y por Varnes (1958 y 1978). Este último sistema fue actualizado por Cruden y Varnes en el “Special Report 247” del Transportation Research Board de los Estados Unidos (1996) y es el sistema de nomenclatura y clasificación más utilizado en el mundo, además se agregaron términos que no se encontraba en el “Special Report 247” del Transportation Research Board (TBR) indicando que las laderas son masas de tierra que presentan una pendiente o cambios significativos de altura, técnicamente se denomina ladera cuando su origen o conformación actual ha sido provocado de forma natural; además que los taludes son masas de tierra que presentan una pendiente o cambios significativos de altura, técnicamente se denomina ladera cuando su origen o conformación actual ha sido provocado artificialmente por interacción antrópica (Suarez 2009).

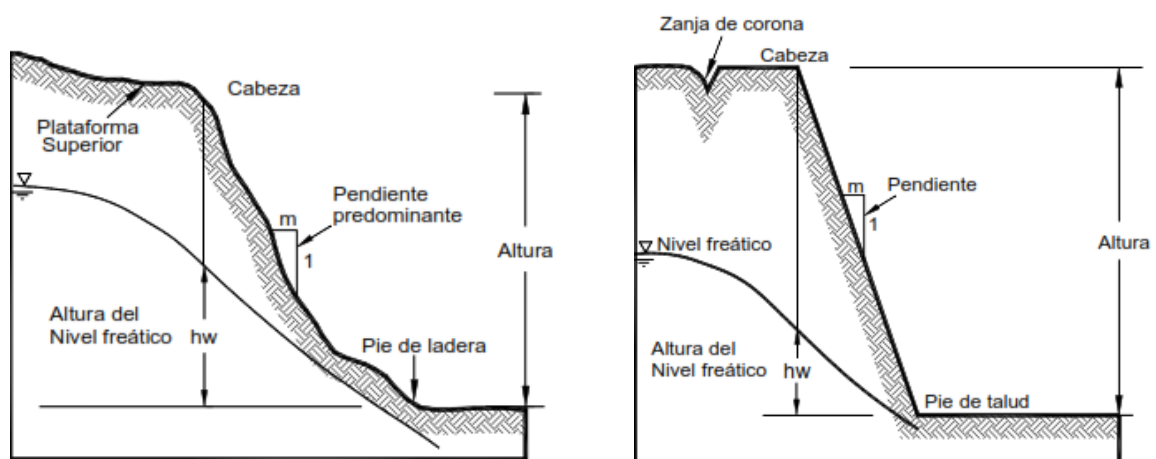


Figura 1. Nomenclatura de laderas y taludes
Fuente: Tomado de Suarez 2009

Suarez (2009) caracteriza las partes de un talud en varios elementos constitutivos que son detallados a continuación.

Pie o base: El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava.

Cabeza, cresta, cima o escarpe: Esta parte va dirigido al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud, cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semivertical o de alta pendiente, se le denomina escarpe. Los escarpes pueden coincidir con coronas de deslizamientos. La forma de la cabeza generalmente es convexa.

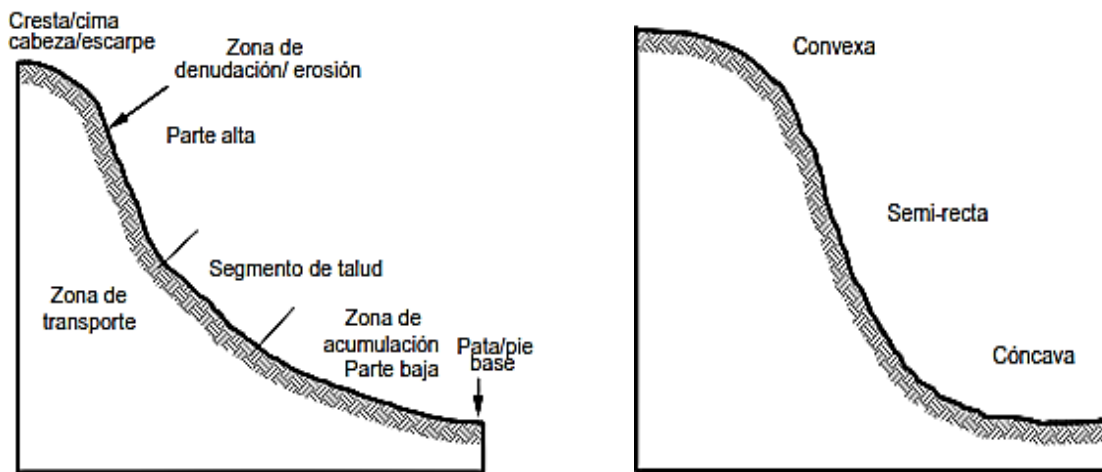


Figura 2. Partes Generales de un talud o ladera
Fuente: Tomado de Suarez 2009

Altura: Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados.

Altura de nivel freático: Es la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático se acostumbra a medir debajo de la cabeza del talud.

Pendiente: Es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación a metros.

Los materiales compuestos por suelos o rocas más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y viceversa con los materiales de menor resistencia.

Existen algunos términos para definir las partes de un talud o ladera, estos comprenden una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan procesos de denudación o erosión; una parte intermedia semirrecta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de depositación que a continuación se muestra en la siguiente figura (Suarez 2009).

2.2.2 Deslizamientos

Según Cruden (1991) citado en Suarez (2009) se denomina deslizamiento a los movimientos de masa de rocas, residuos o tierra, pendiente hacia debajo de un talud. Los movimientos de las masas son a menudo a lo largo de las superficies de falla, por caída libre, erosión o flujos.

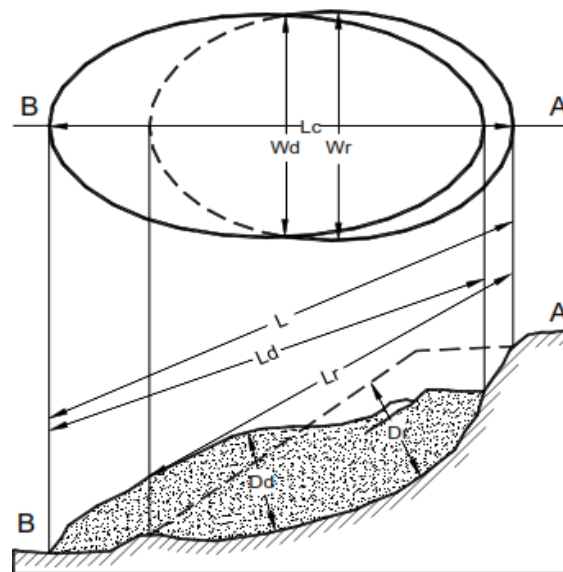


Figura 3. Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Commission on Landslides 1990.

Los deslizamientos muy a menudo se dan en zonas montañosas tropicales ya que estas son muy susceptibles por el mismo hecho de que se unen las variables detonantes como la precipitación y sismicidad conjuntamente con los relieves abruptos (Suarez 2009).

Suarez (2009) cita a Brabb y Hrod (1989), indicando que los deslizamientos de tierra es uno proceso geológico más destructivos que afectan a la humanidad teniendo como consecuencias grandes pérdidas económicas, daños ambientales, daños en la infraestructura, destrucción de viviendas, bloqueo de vías, además también producen cambios en la morfología del terreno.

Para la caracterización de las partes de un deslizamiento se hace uso de la terminología utilizada por el IAEG (1990) citado en Suarez (2009), como se indica a continuación.

Ancho de la masa desplazada W_d : Ancho máximo de la masa desplazada, perpendicular a la longitud L_d .

Ancho de la superficie de falla W_r : Ancho máximo entre los flancos del deslizamiento perpendicular a la longitud L_r .

Longitud de la masa deslizada L_d : Distancia mínima entre la punta y la cabeza.

Longitud de la superficie de falla L_r : Distancia mínima desde el pie de la superficie de falla y la corona.

Profundidad de la masa desplazada D_d : Máxima profundidad de la masa movida perpendicular al plano conformado por W_d y L_d .

Profundidad de la superficie de falla D_r : Máxima profundidad de la superficie de falla con respecto a la superficie original del terreno, medida perpendicularmente al plano conformado por W_r y L_r .

Longitud total: Distancia mínima desde la punta a la corona del deslizamiento.

Longitud de la línea central L_c : Distancia que hay desde la punta (o uña) hasta la corona del deslizamiento, a lo largo de los puntos ubicados sobre la superficie original y equidistantes de los bordes laterales o flancos.

2.2.3 Clasificación de Movimientos de Masas

Suarez (2009) cita a Varnes (1978) indicando la clasificación de los deslizamientos, tipificando los principales tipos de movimiento adicionando procesos de movimiento a los ya identificados por Varnes, en donde detalla principalmente los Deslizamientos en Masa que consisten en desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies que son un tipo de masa o de varias unidades semiindependientes, el movimiento puede darse de una forma gradual a lo largo de la superficie de falla. Los deslizamientos en masa se subdividen en deslizamientos rotacionales, deslizamientos traslacionales o planares y deslizamientos compuestos de rotación y traslación (Suarez 2009).

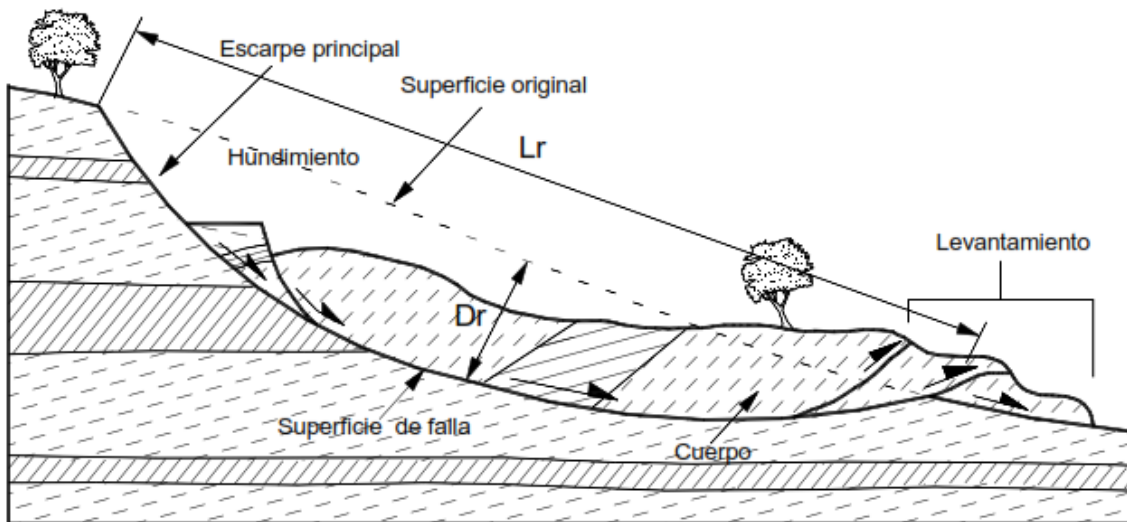


Figura 4. Deslizamiento rotacional en una Ladera.
Fuente: Tomado de Suarez 2009.

➤ ***Deslizamiento Rotacional***

Este deslizamiento es característico por la superficie de falla con una forma cóncava hacia arriba, y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie al deslizamiento. El centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento, el deslizamiento tiene una serie de agrietamientos cóncavos en la dirección del deslizamiento que generan flujos de materiales por debajo del pie de deslizamiento (Suarez 2009).

La curvatura de la superficie de falla en la mayoría de los desplazamientos rotacionales ocurre en suelos homogéneos o en rocas de calidad tipo IV o V donde la superficie generalmente tiene forma curva asemejándose a la forma de una cuchara pero no necesariamente circular, esta geometría se da por el hecho de que a profundidad va aumentando la resistencia al corte de los materiales (Suarez 2009).

2.2.4 Caracterización de los Movimientos

Es importante definir las características que poseen en cuanto a tipo de material, humedad, estilo, estado de la actividad, secuencia de repetición (Suarez 2009).

➤ *Tipo de material*

Los siguientes términos han sido adoptados como descripción de los materiales que componen un determinado movimiento del talud

Roca: Es utilizado para nombrar a materiales duros y firmes que estaban intactas en su lugar, antes de iniciar del movimiento.

Suelo: Son materiales no consolidados producto de macizos rocosos preexistentes que han sido meteorizados y erosionados.

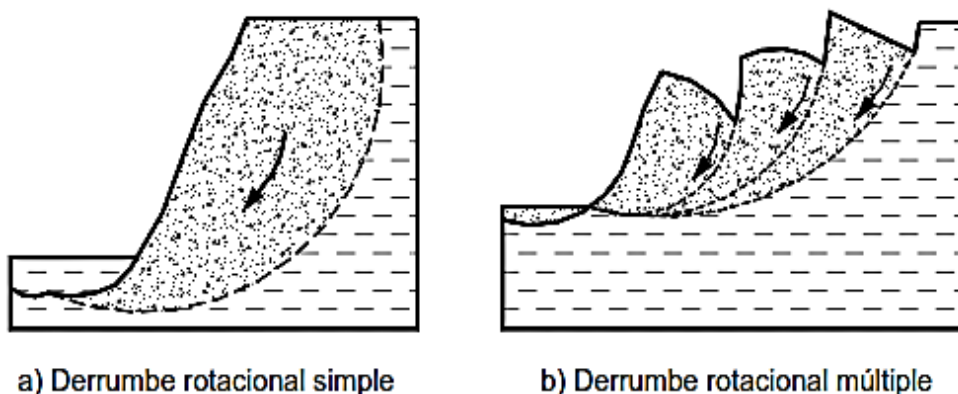


Figura 5 . Desplazamientos rotacionales simples y múltiples.
Fuente: Tomado de Suarez 2009.

➤ *Humedad*

La humedad de los materiales está caracterizada por cuatro términos:

Seco: No contiene humedad visible

Húmedo: Contiene algo de agua, pero no posee agua libre y puede comportarse como un sólido plástico, pero no como un líquido

Mojado: Contiene suficiente agua para comportarse en parte, como un líquido y posee cantidades visibles de agua que pueden salir del material.

Muy mojado: Contiene agua suficiente para fluir como líquido, aun en pendientes bajas.

➤ ***Estilo***

El estilo es cuando emergen un conjunto de diferentes tipos de movimientos en un deslizamiento.

Complejo: Un deslizamiento es aquel que tiene al menos, dos tipos de movimiento. Por ejemplo, inclinación y desplazamiento.

Compuesto: Se denomina compuesto cuando suceden varios tipos de movimientos en diferentes áreas de la masa desplazada.

Múltiple: Desplazamiento que muestra movimientos repetidos del mismo tipo, que generalmente amplía la superficie de falla.

Sencillo: Presenta un solo tipo de movimiento.

➤ ***Estado de Actividad***

Los deslizamientos de acuerdo con su estado de actividad se clasifican de la siguiente manera.

Activo: Deslizamiento que se encuentra en forma activa actualmente.

Reactivado: Movimiento que nuevamente está 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 no se están moviendo en la actualidad.

Relicto: Deslizamientos que probablemente ocurrieron hace varios miles de años

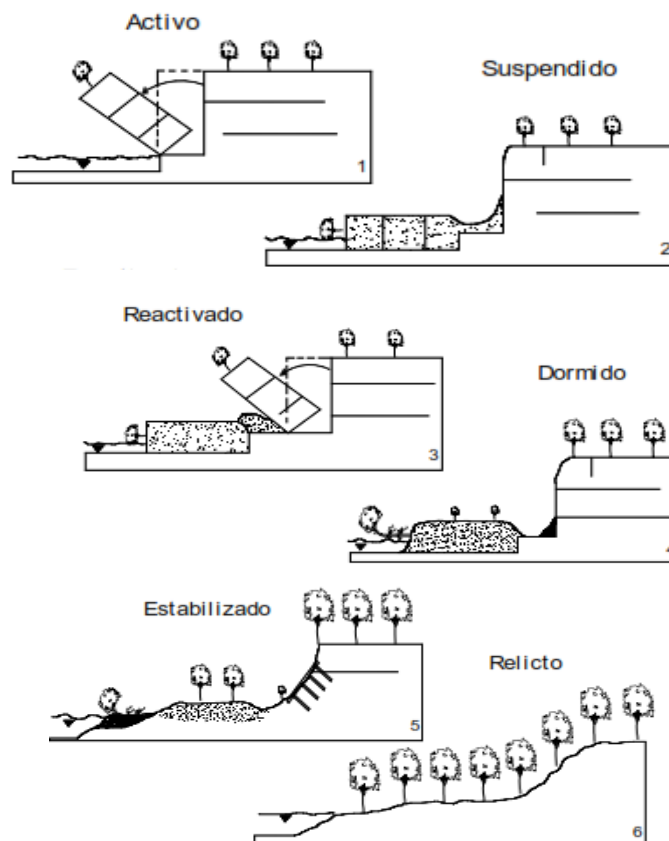


Figura 6. Clasificación de los movimientos del terreno de acuerdo con su estado de actividad
Bajracharya 2006.
Fuente: Tomado de Suarez 2009.

➤ ***Secuencia de Repetición***

La secuencia se refiere a como los movimientos que inician en un área local y progresan en una determinada dirección, a continuación, se utilizarán términos de cómo se da el proceso de secuencia en un deslizamiento.

Progresivo: La superficie de falla se extiende en la misma dirección del movimiento.

Retrogresivo o sucesivo: La superficie de falla se extiende en dirección opuesta al movimiento.

Ampliándose: La superficie de falla se extiende hacia una u otra de las márgenes laterales.

Alargándose: La superficie de falla se alarga agregándoles continuamente, volumen de material desplazada; la superficie de falla puede alargarse en una o varias direcciones.

Confinado: Se refiere a los movimientos que tienen un escarpe visible, pero no tienen superficie de falla visible en el pie de la masa desplazada.

Disminuyendo: El volumen de material que está siendo desplazado, disminuye con el tiempo.

2.2.5 Mecánica de Suelos

Según Das (2001). La mecánica de suelos es la rama de la ciencia que trata del estudio de las propiedades físicas y el comportamiento de masas de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas, para el análisis mecánico de suelos se determina el rango del tamaño de las partículas presentes en un suelo expresado como porcentaje de la masa total, se usa generalmente el método de tamizado para establecer la granulometría.

➤ ***Análisis por tamizado***

Este método consiste en agitar la muestra a través de los tamices que tienen aberturas más pequeñas progresivamente, a continuación, se muestra en la siguiente tabla los números estándar de tamiz y los tamaños de las aberturas (Das 2001).

Los resultados del análisis por tamizado se presentan generalmente en gráficas semilogarítmicas como curvas de distribución granulométrica. Los diámetros de las partículas se grafican en escala logarítmica y el porcentaje correspondiente de finos en escala aritmética (Das 2001).

Cuadro 1. Tamaño de tamices

Malla No	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088
200	0.075
270	0.053



Foto 1. Conjunto de tamices para análisis de laboratorio.

Fuente: Tomado de Das 2001.

Fuente: Tomado de Das 2001

La curva de distribución de tamaño de partícula puede ser utilizada para comparar diferentes suelos. A partir de estas curvas pueden determinarse también tres parámetros básicos de suelos que se usan para clasificar los suelos granulares. Estos tres parámetros son Tamaño efectivo, Coeficiente de uniformidad, Coeficiente de gradación. El diámetro en la curva de distribución de tamaño de partícula correspondiente al 10% más fino se define como *tamaño efectivo* o D_{10} . El coeficiente de uniformidad está dado por la siguiente relación.

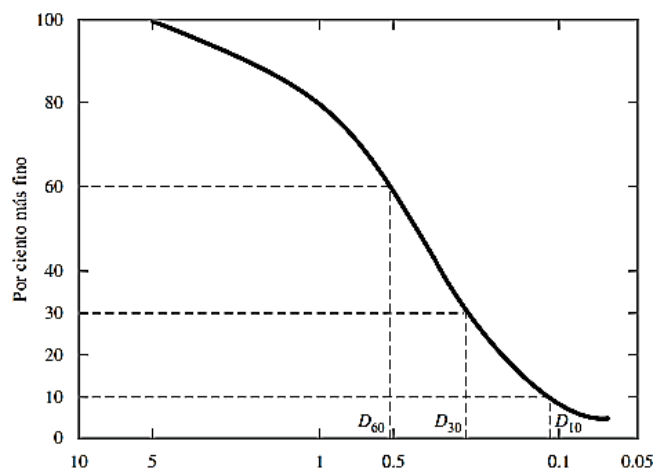


Figura 7. Definición de D_{10} , D_{30} y D_{60} .

Fuente: Tomado de Das 2001.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

C_u = Coeficiente uniformidad

D_{60} = Diámetro correspondiente al 60% más fino en la curva de distribución de tamaño de partícula

El Coeficiente de gradación puede ser expresado en la forma

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Para suelos bien gradados o clasificado tiene un coeficiente de uniformidad mayor que 4 para gravas, 6 para arenas y un coeficiente de gradación entre 1 y 3 para gravas y arenas.

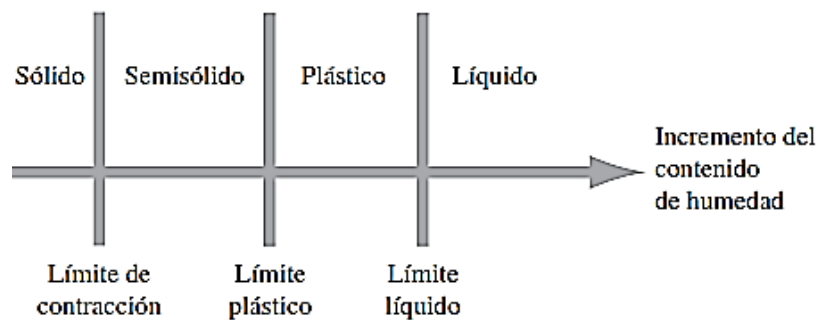


Figura 8. Límites de Atterberg.
Fuente: Tomado de Das 2015.

2.2.6 Consistencia del Suelo

Cuando los minerales de arcilla están presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone.

Esta naturaleza cohesiva se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. En 1900, el científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad. Con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Por lo tanto, sobre una base arbitraria, dependiendo del contenido de

humedad, la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido, como se muestra en la figura (Das 2015).

El contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la transición del estado sólido al estado semisólido se define como el límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. Estos límites son también conocidos como límites de Atterberg (Das 2015).

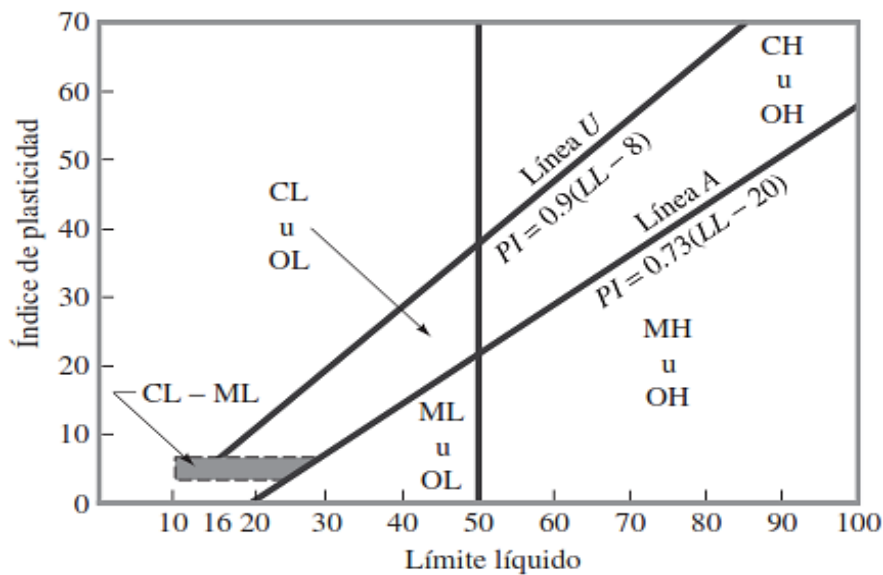


Figura 9. Grafica de plasticidad para la clasificación de suelos.
Fuente: Tomado de Das 2013.

Límite líquido (LL): El límite líquido es el contenido de agua, expresado en porcentaje respecto al peso del suelo seco, que delimita la transición entre el estado líquido y plástico de un suelo remoldeado o amasado (Das 2015).

Límite plástico (LP): El límite plástico se define como el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro se desmorona. El límite plástico es el límite inferior del escenario plástico del suelo (Das 2015).

Índice líquido (PI): Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo (Das 2015).

$$PI = LL - PL$$

2.2.7 Clasificación de Suelos

Según Das (2001) indica que el suelo ha sido clasificado por varias organizaciones en función del tamaño de partículas que lo componen, que generalmente van a ser llamados *grava, arena, limo* o *arcilla*, dependiendo del tamaño predominante de las partículas, a continuación, se detalla las organizaciones que han clasificado el suelo en rangos de acuerdo al tamaño de partículas.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizará la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) la cual ha sido aceptada universalmente por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Cuadro 2. Límites de separación de tamaño de suelo.

Nombre de la organización	Tamaño del grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	> 2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	> 2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (es decir, limos y arcillas)	

Fuente: Tomado de Das 2001.

➤ **Sistema unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

Sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras.

Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otro. Este sistema clasifica en dos grandes grupos a los suelos que a continuación se detalla (Das 2001).

1. Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos del 50% que pasa a través del tamiz número 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G se utiliza para denominar a suelos de grava, S para suelos arenosos (Das 2015).

2. Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz número 200. Los símbolos de grupo comienzan con el prefijo M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo P_t se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos (Das 2015).

Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son los siguientes:

W: bien clasificado

P: mal clasificado

L: baja plasticidad (Limite liquido menor de 50)

H: alta plasticidad (Limite liquido mayor de 50)

Para la clasificación adecuada de acuerdo con el sistema SUCS debe conocerse la siguiente información:

1. Porcentaje de grava, esto es, la fracción que pasa e tamiz de 76.2 mm y retenida en el tamiz número 4 (4.75 mm de apertura)

2. El porcentaje de arena, ed decir, la fracción que pasa el tamiz número 4 (4.75 mm de apertura) y es retenida en el tamiz número 200 (0.075mm de apertura)

3. El porcentaje de limo y arcilla, esto es, la fracción más fina que el tamiz número 200 (0.075 mm de abertura)

4. El coeficiente de uniformidad (C_u) y el coeficiente de gradación (C_c)

5. El límite líquido y el índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa el tamiz número 40

También debemos tener en cuenta los siguientes aspectos en la clasificación bajo el sistema de clasificación SUCS

Fracción fina = % que pasa el tamiz número 200

Fracción gruesa = % retenido en el tamiz número 200

Fracción grava = % retenido en el tamiz número 4

Fracción arena = (% retenido en el tamiz número 200) – (% retenido en el tamiz número 4)

Cuadro 3. Sistema unificado de clasificación de suelo

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo	
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Gravas Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	GW	
		Menos de 5% finos ^a	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^e$	GP	
		Gravas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	GM	
		Más de 12% finos ^{a,d}	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	GC	
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	SW	
		Menos de 5% finos ^b	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^e$	SP	
Arenas con finos		$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2)	SM		
Más de 12% finos ^{a,d}		$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2)	SC		
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 4.2) ^e $PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4.2) ^e	CL ML	
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OL	OL	
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4.2) Gráficos PI por debajo de "A" línea (figura 4.2)	CH MH	
		Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido: secado}}{\text{Límite líquido: no secado}} < 0.75$; vea la figura 4.2; zona OH	OH	
	Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico			Pt

^a Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC.

^b Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.

$$^c C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}; \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

^d Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM.

^e Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 4.2, se usa doble símbolo CL-ML.

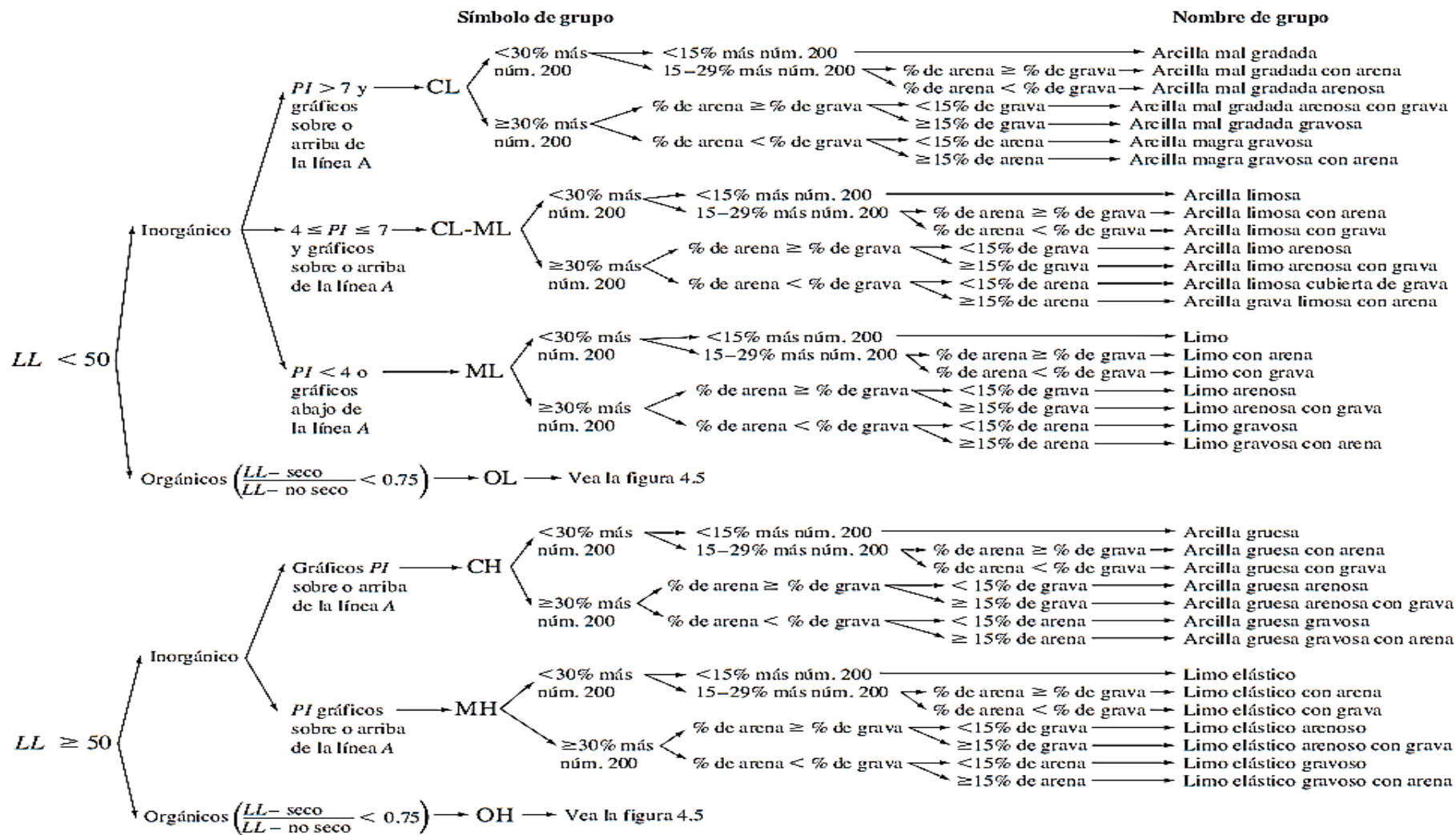
Fuente: Tomado de Das 2015

Cuadro 4. Diagrama de flujo para los nombres de los grupos de grava y arena del suelo Libro Anual de Normas ASTM 2010.

Símbolo de grupo		Nombre de grupo
GW	<15% de arena	Grava bien graduada
	≥15% de arena	Grava bien graduada con arena
GP	<15% de arena	Grava mal graduada
	≥15% de arena	Grava mal graduada con arena
GW-GM	<15% de arena	Grava bien graduada con limo
	≥15% de arena	Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	<15% de arena	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de arena	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	<15% de arena	Grava mal graduada con limo
	≥15% de arena	Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	<15% de arena	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de arena	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	<15% de arena	Grava limosa
	≥15% de arena	Grava limosa con arena
GC	<15% de arena	Grava arcillosa
	≥15% de arena	Grava arcillosa con arena
GC-GM	<15% de arena	Grava limo arcillosa
	≥15% de arena	Grava limo arcillosa con arena
SW	<15% de grava	Arena bien graduada
	≥15% de grava	Arena bien graduada con grava
SP	<15% de grava	Arena mal graduada
	≥15% de grava	Arena mal graduada con grava
SW-SM	<15% de grava	Arena bien graduada con limo
	≥15% de grava	Arena bien graduada con limo y grava
SW-SC	<15% de grava	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de grava	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	<15% de grava	Arena mal graduada con limo
	≥15% de grava	Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	<15% de grava	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥15% de grava	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	<15% de grava	Arena limosa
	≥15% de grava	Arena limosa con grava
SC	<15% de grava	Arena arcillosa
	≥15% de grava	Arena arcillosa con grava
SC-SM	<15% de grava	Arena limo arcillosa
	≥15% de grava	Arena limo arcillosa con grava

Fuente: Tomado de Das 2001.

Cuadro 5. Diagrama de flujo de nombres de los grupos para limo inorgánico y para suelos arcillosos suelo Libro Anual de Normas ASTM 2010.



Fuente: Tomado de Das 2015.

2.2.8 Mecánica de Rocas

Según González de Vallejo et al. (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 su entorno físico. Las masas rocosas aparecen en la mayoría afectadas por las discontinuidades o superficies de debilidad que separan bloques de matriz rocosa o roca intacta constituyendo en conjunto los macizos rocosos los cuales son objeto de estudio de la mecánica de rocas, pero principalmente los planos de discontinuidad son los que determinan el carácter diferencial de esta disciplina respecto a la disciplina de la mecánica de suelos. (González de Vallejo et al. 2004).

Las clasificaciones geomecánica de macizos rocosos tienen como objetivo evaluar sus características para determinar de forma cuantitativa y su calidad. El término macizo rocoso está referido al conjunto de uno o varios tipos de rocas con los diferentes tipos de discontinuidades que se encuentran en esta. Su caracterización requiere del conocimiento de los siguientes parámetros:

- Resistencia y comportamiento de la roca.
- Familias de discontinuidades existentes.
- Espaciado de los planos de discontinuidad y fracturación del macizo rocoso.
- Condición de las discontinuidades como longitud de la discontinuidad, abertura, rugosidad, relleno, alteración.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Tensiones in situ, naturales o inducidas
- Alteraciones producidas por el macizo rocoso.

Las clasificaciones geomecánicas más utilizadas actualmente son la de Bieniawski de 1989 denominada Rock Mass Rating, la clasificación RQD realizada por Deere y la clasificación GSI (Índice Geológico de Resistencia) desarrolladas por Hoek y Brown (1997).

➤ ***Rock Quality Designation (RQD)***

El índice RQD (Rock Quality Designation), fue propuesto por Deere donde se cuenta con testigos de sondeos o perforación, es así que para el área de investigación utilizaremos el método modificado por Priest y Hudson (1976) realizando la medición de discontinuidades en una superficie con la consideración que exista una longitud mínima de 10 cm a continuación mostramos la ecuación que se utilizara para el cálculo del RQD

$$RQD = 100 * e^{(-0.1\lambda)} * (0.1\lambda + 1)$$

Dónde:

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ discontinuidades}}{(L)m}$$

➤ ***Rock Mass Rating (RMR89)***

Clasificación Geomecánica fue desarrollado inicialmente por Bieniawski (1976). El sistema ha evolucionado debido a una mejor comprensión de la importancia de los diferentes parámetros y una mayor experiencia en la dirección de los cambios en las calificaciones de los parámetros. Este esquema utiliza cinco parámetros: resistencia a la compresión uniaxial de material de roca, grado de fracturamiento en términos (RQD), el espaciamiento de discontinuidades, condición de discontinuidades, las condiciones de agua subterránea; la estimación de RMR89 es la suma de las puntuaciones totales de cada uno de los arriba mencionados cinco parámetros (Bieniawski 1989).

- (1) Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- (2) Grado de fracturación en términos del RQD.
- (3) Espaciado de las discontinuidades.
- (4) Condiciones de las discontinuidades.
- (5) Condiciones hidrogeológicas.

$$RMR_{89} = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)$$

Cuadro 6. Calidad de los macizos rocosos con relación al índice RMR.

CLASE	CALIDAD	VALORACIÓN (RMR)	COHESIÓN	ÁNGULO DE ROZAMIENTO
I	Muy Buena	100 - 81	>4 Kg/cm ²	>45°
II	Buena	80 - 61	3-4 Kg/cm ²	35°-45°
III	Media	60 - 41	2-3 Kg/cm ²	25°-35°
IV	Mala	40 - 21	1-2 Kg/cm ²	15°-25°
V	Muy Mala	<20	<1 Kg/cm ²	<15°

Fuente: Tomado de González de Vallejo et al. 2004.

Cuadro 7. Parámetros de clasificación Bieniawski RMR 1989.





Parámetros de clasificación RMR (Bieniawski 1989)									
Parámetros		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de Resistencia de Carga Puntual	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Para estos rangos es recomendable ensayos de resistencia a la compresión uniaxial		
		Resistencia a la compresión uniaxial	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	<i>Puntaje</i>	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25			
	<i>Puntaje</i>	20	17	13	8	3			
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm			
	<i>Puntaje</i>	20	15	10	8	3			
4	Condición de las discontinuidades	Longitud	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
		<i>Puntaje</i>	6	4	2	1	0		
		Abertura	Ninguna	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
		<i>Puntaje</i>	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficies pulidas		
		<i>Puntaje</i>	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Duro < 5mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm		
		<i>Puntaje</i>	6	4	2	2	0		
5	Agua subterránea	Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
		<i>Puntaje</i>	15	10	7	4	0		

Fuente: Tomado de Gavilanes y Andrade 2004.

➤ **Índice Geológico de Resistencia (GSI)**

El Índice Geológico de Resistencia (GSI) es un sistema de caracterización de macizos rocosos que ha sido desarrollado en la ingeniería de rocas para satisfacer la necesidad de datos de entrada confiables relacionados con las propiedades del macizo rocoso requeridos para el análisis numérico o soluciones para el diseño de túneles, taludes o cimentaciones en rocas (Hoek y Brown 1997).

Cuadro 8. Estimación del Índice Geológico de Resistencia de Hoek y Brown 1997, GSI, en base a una Descripción Geológica del Macizo Rocos.

ÍNDICE GEOLÓGICO DE RESISTENCIA GSI (<i>geological strength index</i>) A partir de la clasificación obtenida en la Figura 3.94 seleccionar el cuadro correspondiente en este ábaco y obtener el valor medio del Índice GSI.		CONDICIÓN DEL FRENTE				
ESTRUCTURA		MUY BUENA (MB) Superficies muy rugosas sin alterar	BUENA (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas, con pátinas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos	MUY POBRE (MP) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos arcillosos
	BLOQUES REGULARES (BR) Macizo rocoso sin alterar. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.	80	70			
	BLOQUES IRREGULARES (BI) Macizo rocoso parcialmente alterado. Bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.		60	50		
	BLOQUES Y CAPAS (BC) Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.			40	30	
	FRACTURACIÓN INTENSA (FI) Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.				20	10

Fuente: Tomado de González de Vallejo et al. 2004.

2.2.9 Análisis de Inestabilidad

Para analizar las condiciones de inestabilidad de taludes y laderas se hará mediante la metodología de límite de equilibrio el cual nos permite obtener un Factor de Seguridad a través de un análisis regresivo. Una vez determinada las propiedades de resistencia al cortante de los suelos, las presiones de poros y otras propiedades del suelo, ladera o talud se procede a calcular el Factor de Seguridad, que se puede calcular por varios métodos que tienen en común la comparación de las fuerzas y momentos resistentes y actuantes sobre determinadas superficies de fallas (Suarez 2009).

➤ *Factor de Seguridad (FSs)*

Suarez (2009) cita a Fellenius (1992) para definir el Factor de Seguridad como la relación que hay entre la resistencia al corte real y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla.

La labor del ingeniero encargado de analizar la estabilidad o inestabilidad de un talud o una ladera es calcular el Factor de Seguridad. En general, el Factor de Seguridad se define como

$$FS_S = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Dónde

FS_S	:	Factor de Seguridad con respecto a la resistencia.
τ_f	:	Esfuerzo cortante promedio desarrollado.
τ_d	:	Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.

La resistencia cortante de un suelo consta de dos componentes, la cohesión y la fricción, y se expresa como

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

Dónde

c = Cohesión

ϕ = Ángulo de fricción drenada

σ' = Esfuerzo normal efectivo sobre la superficie potencial de falla

de manera similar, también escribimos

$$\tau_d = c_d + \sigma' \tan \phi_d$$

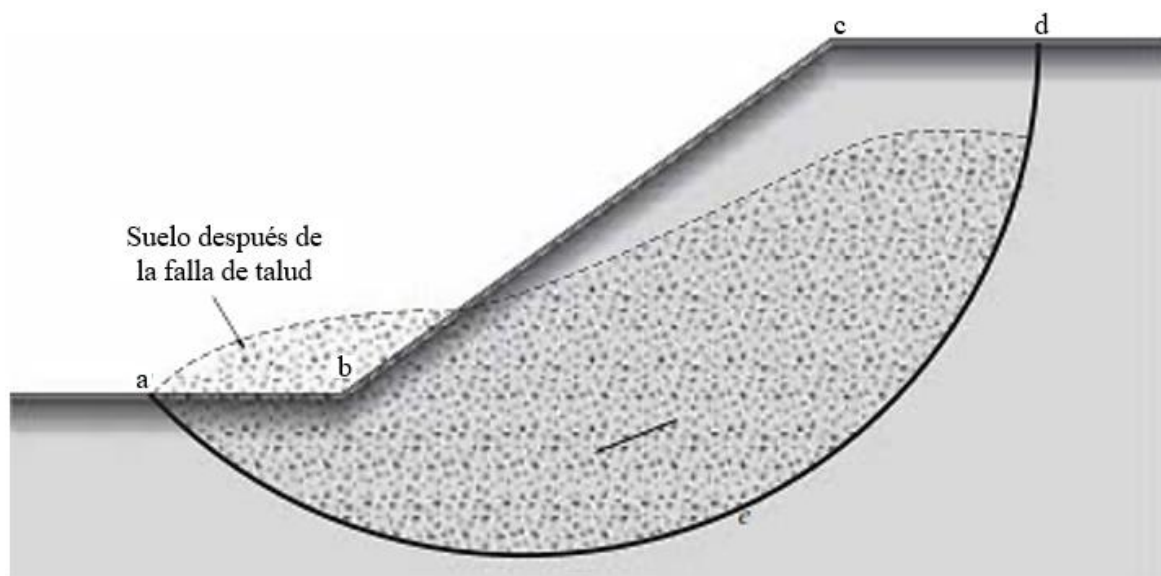


Figura 10. Falla de talud.
Fuente: Obtenido de Das 2015

Donde c_d y ϕ_d son, respectivamente, la cohesión efectiva y el ángulo de fricción que se desarrolla a lo largo de la superficie potencial de falla. Sustituyendo las ecuaciones anteriores, obtenemos

$$FS_S = \frac{\tau_f = c + \sigma' \tan \phi}{\tau_d = c_d + \sigma' \tan \phi_d}$$

Podemos ahora introducir algunos otros aspectos del Factor de Seguridad, es decir, el Factor de Seguridad con respecto a la cohesión FS_c y el Factor de Seguridad con respecto a la fricción FS_ϕ

Y se define como sigue:

$$FS_S = \frac{c}{c_d}$$

$$FS_\phi = \frac{\tan\phi}{\tan\phi_d}$$

Cuando se comparan las ecuaciones anteriores vemos que FS_c se vuelve igual a FS_ϕ , ese será el Factor de Seguridad con respecto a la resistencia. O si

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\tan\phi}{\tan\phi_d}$$

Podemos escribir

$$FS_S = FS_\phi = FS_c$$

Cuando F_S es igual a 1, el talud está en un estado de falla incipiente. Generalmente, un valor de 1.5 para el de Factor de Seguridad con respecto a la resistencia es aceptable para el diseño de un talud (Das 2015).

➤ **Métodos de equilibrio Límite**

Los métodos de equilibrio límite para el cálculo de estabilidad de taludes son los más utilizados en la práctica común, debido a su sencillez, y porqué el valor del coeficiente de seguridad obtenido no dista demasiado del valor real (Suarez 2009).

El método del equilibrio límite establece que la rotura del terreno se produce a través de una línea que representa la superficie de rotura. De esta forma, se interpreta que la masa de terreno por encima de dicha línea se desplaza respecto la masa inferior, produciéndose la rotura del terreno. En el momento de producirse la rotura, la resistencia al corte a lo largo de la superficie de deslizamiento está movilizadada, y el terreno se encuentra, en su totalidad, en equilibrio estático (Suarez 2009).

Cuadro 9. Métodos de estabilidad de taludes.

Método	Superficies de falla	Equilibrio	Características
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	De momento	De momentos cortante entre dovelas son cero. Asume que todas las fuerzas de momento. Reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobredeterminada debido a que no se establecen condiciones.
Spencer (1967)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y fuerza	Asume que la inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada. Rigurosamente satisface el equilibrio estático asumiendo que la fuerza resultante entre tajadas tiene una inclinación constante pero desconocida.
Morgenstem y Price (1965)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y fuerzas	Asume que las fuerzas laterales siguen un Sistema predeterminado. Ei método es muy similar al método Spencer con la diferencia que la inclinación de la resultante de las fuerzas entre dovelas se asume que. varía de acuerdo a una función arbitraria,

Fuente: Obtenido de Suarez 2009.

2.2.10 Sismicidad

La sismicidad es un factor importante en la activación de muchos tipos de deslizamientos la gran mayoría de los grandes deslizamientos y agrietamientos del suelo de gran magnitud corresponden al área del epicentro y van disminuyendo a medida que el punto considerado se aleja del área de epicentro y la intensidad del sismo disminuye.

➤ *Zonificación del territorio peruano*

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento ha realizado la zonificación sísmica del territorio Peruano emitiendo diferentes resoluciones a lo largo de los últimos años siendo la última denominada Resolución ministerial N° 355 – 2018 – Vivienda en donde indica que el territorio nacional se ha dividido en cuatro zonas, la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. Según esta zonificación, El distrito de La Encañada se encuentra en la zona 3, correspondiéndole una aceleración máxima de 0.35, siguiendo la metodología de Rodríguez 2016 el tesista el valor de la aceleración sísmica se ingresó al

software Loadcap obteniendo valores de aceleración sísmica horizontal de 0.175 y coeficiente de aceleración sísmica vertical de 0.088



Figura 11. Zonificación sísmica en el Perú.

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento 2018

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Geodinámica: Parte de la geología física o geomorfología que estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos o esfuerzos externos (Dávila 2011).

Ladera: Es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura, técnicamente se denomina así por su origen natural (Suarez 2009).

Talud: Superficie inclinada del terreno que se extiende de la base a la cumbre de un cerro (Dávila 2011).

Deslizamiento: Es un movimiento pendiente abajo de una masa de tierra o roca que se produce en superficies de rotura o en zonas relativamente delgadas de intensa deformación de corte (Highland y Bobrowsky 2008).

Deslizamiento rotacional: En un desplazamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento (Suárez 2009).

Unidades morfológicas: Es una clasificación de las geofomas según la geometría del relieve basándose en el ángulo de inclinación (Rodríguez 2016).

Matriz rocosa: Es el material rocoso libre de discontinuidades también denominado roca intacta que presenta un comportamiento heterogéneo y anisótropo condicionado por sus características de fábrica y estructura mineralógica (González de Vallejo et al. 2004).

Macizo rocoso: Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y las discontinuidades de todos los tipos que afectan al material rocoso, en la mecánica se considera un medio discontinuo, anisótropo y heterogéneo (González de Vallejo 2004).

Precipitación: Toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo, de acuerdo con esta definición la precipitación puede ser en forma de: lluvias, granizadas, garúas y nevadas (Villón 2002).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Ubicación Geográfica

El área de estudio se ubica en la cordillera occidental de los andes, en el norte del Perú, en la zona 17S en los alrededores del distrito de La Encañada delimitada por los siguientes puntos geográficos tomados en el sistema Universal Transversal Mercator con Datum WGS-84.

Cuadro 10. Ubicación geográfica de la investigación

VÉRTICES	COORDENADAS UTM-WGS84	
	ESTE	NORTE
1	793100	9217400
2	794500	9217400
3	794500	9215550
4	793100	9215550

3.1.2 Ubicación Política

La investigación se encuentra ubicada políticamente en la región de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de La Encañada (Ver anexo: P-01 Plano de Ubicación).

Región: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

Distrito: La Encañada

3.1.3 Accesibilidad

El distrito de La Encañada cuenta con una vía asfaltada (Ver anexo: P-02 Plano de Accesibilidad).

Cuadro 11. Accesibilidad al proyecto de investigación

ACCESIBILIDAD		
Vía	Estado	Distancia (Aprox)
Cajamarca - La Encañada	Asfaltada	40 km
La Encañada - Laderas	Trocha Carrozable	400 m
La Encañada - Taludes	Asfaltada	2 km

3.1.4 Clima

En La Encañada, los veranos son largos, frescos y nublados y los inviernos son cortos, muy fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 1 °C a 15 °C y rara vez baja a menos de -1 °C o sube a más de 18 °C (Weather Spark 2022)

3.2 PROCEDIMIENTO

3.2.1 Tipo y Diseño de Investigación

La metodología se realiza en base a Hernández et al. (2014) que comprende un diseño de investigación descriptiva, pasando por la correlacional para terminar en un estudio explicativo, por lo cual se inicia describiendo las características del problema, los parámetros que intervienen, como las Geoestructuras, Unidades Morfogenéticas, las condiciones geomecánicas, para luego correlacionarlas con las variables externas que inciden en el afloramiento de macizo suelo – roca como, la precipitación infiltración y sismicidad, llegando a un proceso final explicativo de posibles deslizamientos de laderas y taludes por la variabilidad de los parámetros.

3.2.2 Población de Estudio

Conformada por todas las unidades litológicas, geoestructurales, geoformas, condiciones geomecánicas, que constituyen las laderas y taludes en los alrededores de La Encañada con un área de 259 ha.

3.2.3 Muestra

Puntos de control litológicos, geoestructurales, geoformas, hidrológicos, geomecánicos de las laderas y taludes en zonas críticas.

3.2.4 Unidad de Análisis

Corresponde al índice de resistencia de la calidad de la roca (RQD), calidad del macizo rocoso (RMR), índice geológico de resistencia (GSI), factor de seguridad (FS), precipitación (PP) y Sismicidad.

3.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Las variables independientes son precipitación, infiltración y sismicidad y la variable dependiente es la inestabilidad de laderas y taludes.

Cuadro 12. Definición de variables

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLE DEPENDIENTE
Geoestructuras	Inestabilidad de laderas y taludes
Geoformas	
Precipitación	
Infiltración	
Sismicidad	

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada está definida en cuatro niveles, todos ellos interactuando a lo largo de la investigación, es decir que no se cumple el orden que se propone, sino más bien interactúan para dar dinámica a los datos, a continuación, se detalla cada nivel.

3.4.1 Revisión y Consolidación de la Información

Consiste en la búsqueda de papers, libros, investigaciones, tesis relacionadas con el análisis geotécnico de laderas y taludes en Formaciones calcáreas y depósitos cuaternarios, con la información encontrada se logró obtener el marco teórico y una mejor perspectiva de la investigación.

3.4.2 Etapa de Campo

Esta etapa consiste en el reconocimiento de la zona de estudio, caracterización del macizo roca – suelo en sus variables geoestructurales, morfogenéticas y geomecánicas, así como la toma de datos para hacerlos ingresar en el formato Geológico – Geotécnico.

3.4.3 Etapa de Análisis e Interpretación

Una vez obtenida los datos en campo, se procede a analizar en gabinete los datos pasando por un filtro obteniendo la data mejor posible para someter a un análisis acorde con los criterios de rotura de Mohr – Coulomb y Hoek y Brown, haciendo uso del software RocData, además se modela las secciones geológicas en el Software Slide para obtener los Factores de Seguridad dinámicos y estáticos, definiendo de esta manera el análisis geotécnico de laderas y taludes con los métodos de equilibrio límite.

3.4.4 Elaboración de la Tesis de Investigación

El resultado de la revisión bibliográfica y consolidación de la información, etapa de campo, fase de interpretación de datos dio resultado al análisis del modelo geológico, geotécnico de laderas y taludes.

3.5 EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la investigación se utilizaron los siguientes equipos:

Lupa 20X: Instrumento utilizado para el análisis de las texturas e identificación de minerales que presentan las muestras.

Ácido clorhídrico: Compuesto químico utilizado para la identificación de rocas carbonatadas.

Picota: Instrumento de percusión que sirve para determinar la resistencia de la roca y para extracción de muestras en cada salida de campo.

GPS de navegación: Instrumento utilizado para la toma de coordenadas UTM, configuradas en el sistema UTM WGS 1984 Zona 17 Sur, determinando la ubicación de contactos, y puntos críticos.

Cámara fotográfica Canon (12 Megapíxeles): Dispositivo utilizado para la captura de fotografías.

Libreta de campo: Instrumento utilizado para la toma de datos de campo.

Lápiz de dureza 10: Utilizado para el reconocimiento de la dureza de las muestras.

Flexómetro: Instrumento que se utilizará para la medición de espesores de las discontinuidades y medición de RQD.

Imagen satelital: es una herramienta importante en el apoyo de proyectos geotécnicos, son útiles para la preparación de mapas de afloramientos de rocas como también cobertura de vegetación.

Plano geológico-estructural: Sirve para ubicar en qué tipo de unidades se encuentran los deslizamientos.

Plano Modelo digital de elevaciones (MDE): Sirve para realizar el cartografiado de unidades estratigráficas.

Laptop: Sirve para el procesamiento de la información y elaboración de la tesis.

Protactor: Sirve para graficar rumbo y buzamiento de la estratificación de las unidades.

Brújula geotécnica: Sirve para tomar datos de dip y dip direction de discontinuidades

3.6 ESTRATIGRAFÍA

Geológicamente el área de investigación está conformada por rocas sedimentarias de ambiente marino del Sistema Cretácico Inferior y Superior, los cuales fueron afectados por la tectónica andina con orientación NO-SE; la cual generó transformación en el régimen extensional que ocasionaron estructuras geológicas como pliegues de anticlinales, fallas en las Formaciones geológicas.



Foto 2. Se aprecia el relieve en rocas sedimentarias en el distrito de La Encañada

En la zona de estudio aflora la Formación Chúlec y Pariatambo del Cretácico Inferior, la Formación Yumagual del Cretácico Superior, y depósitos cuaternarios recientes.

3.6.1 Grupo Crisnejas

➤ *Formación Chúlec (Ki-chu)*

La Formación Chúlec aflora al NO y SE de la ciudad de La Encañada, Litológicamente presenta intercalación de rocas calizas, calizas margosas, arcillitas en estratos de pequeño espesor. Debido al intemperismo los afloramientos se muestran con unas coloraciones amarillentas y moderadamente fracturadas (Bol. 31 INGEMMET 1980).

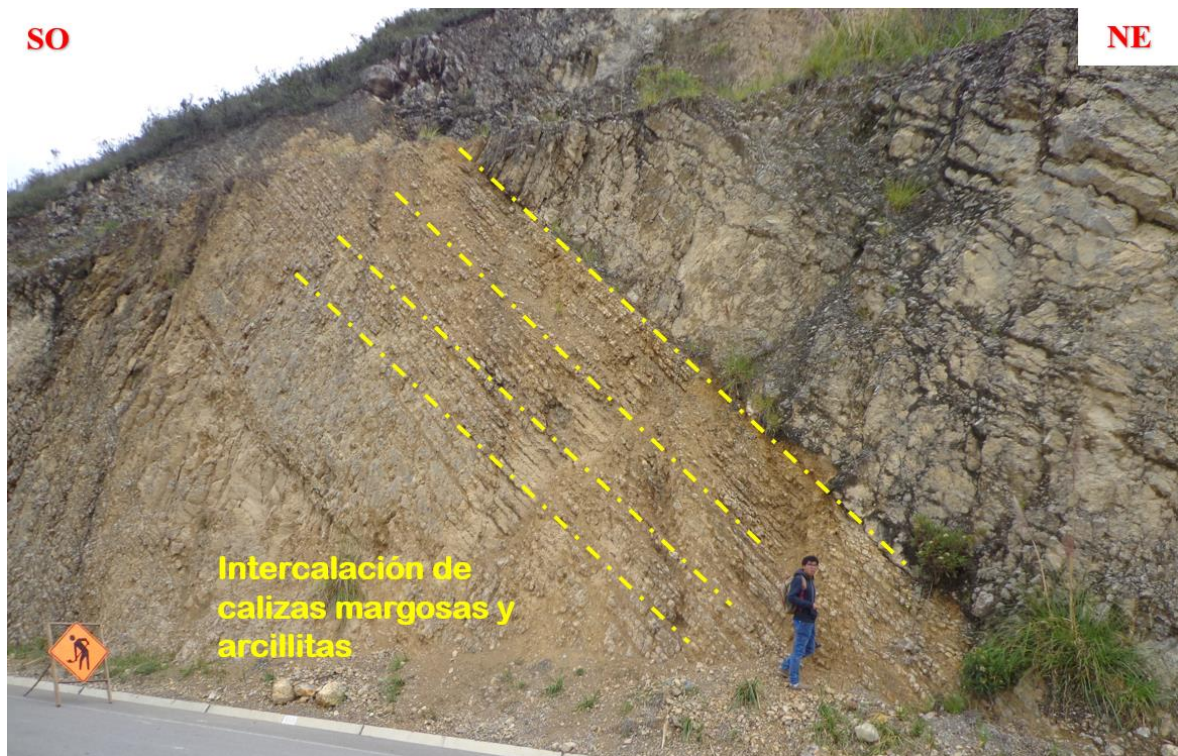


Foto 3. Estratos de la Formación Chúlec, intercalación litológica en estratos medianos de calizas margosas, arcillitas moderadamente fracturadas.

➤ *Formación Pariatambo (Ki-pa)*

Aflora al NO y SE del distrito de La Encañada, yace concordantemente con la Formación Chúlec, conformada por calizas bituminosas nodulares con intercalaciones de arcillitas negras, grano fino con venillas de calcita, se observa presencia del fósil *Oxytropidoceras carbonarium*, en estratos de espesor mediano, las calizas propias de dicha Formación presentan un olor fétido al momento de fracturarlas, por el alto contenido de materia orgánica (Bol. 31, INGEMMET 1980).

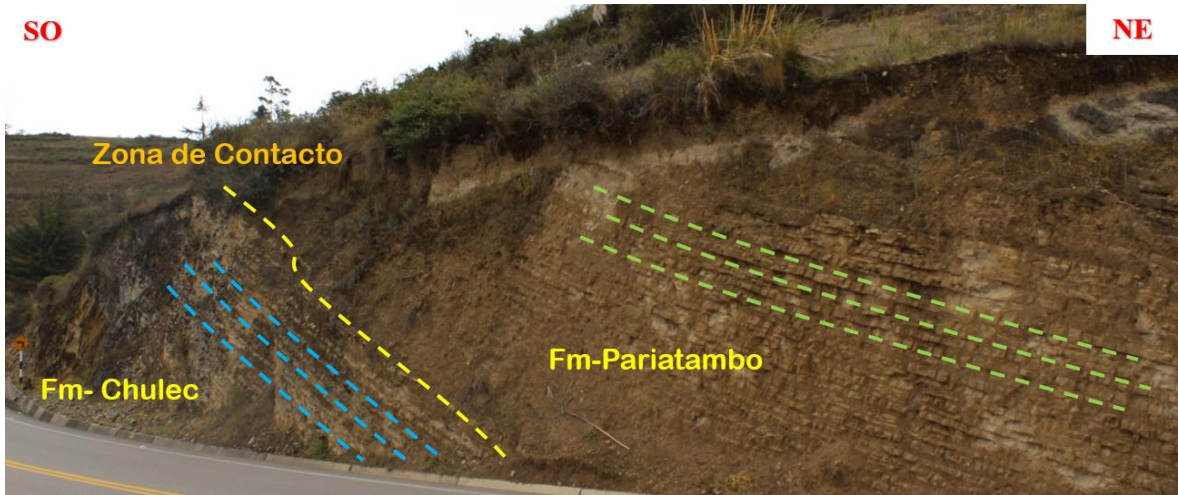


Foto 4. Contacto litológico entre la Formación Chulec y Pariatambo, donde se observa el piso de la Formación Pariatambo, diferenciándose por la litología y la estratificación

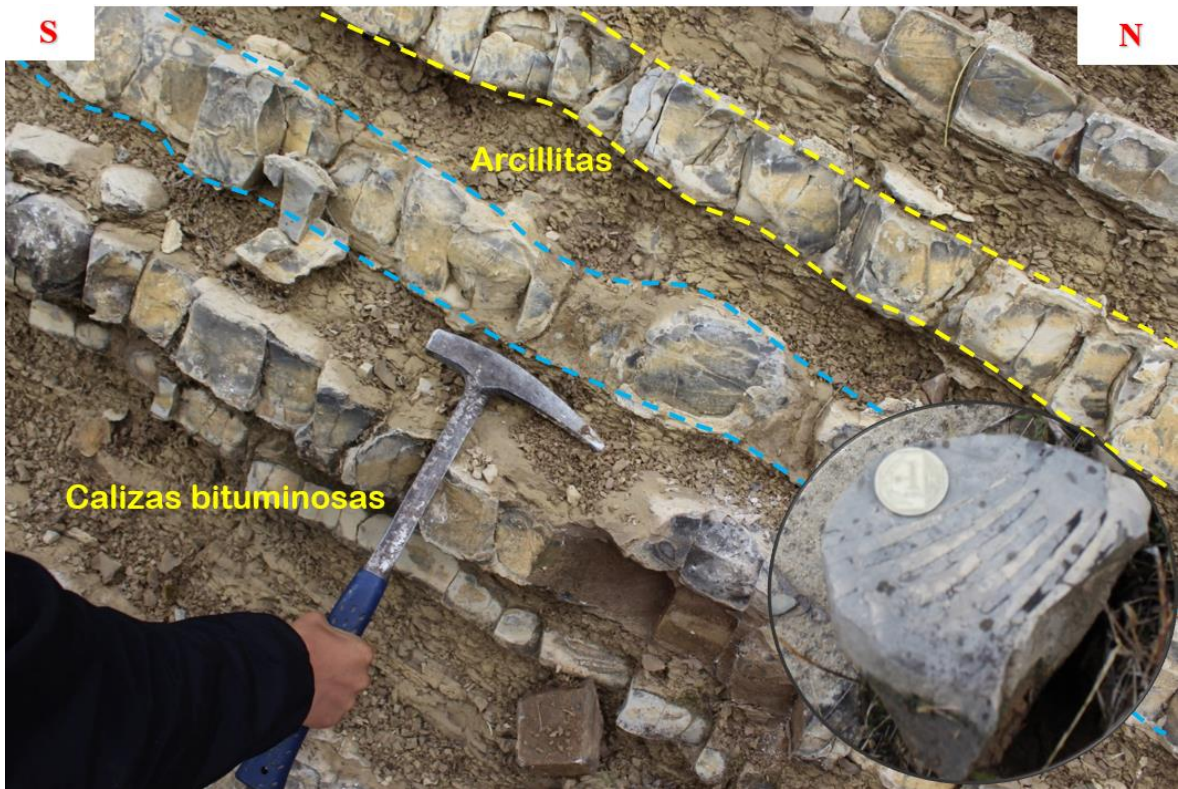


Foto 5. Presencia del fósil *Oxytropidoceras carbonarium*, y de estructuras sedimentarias que evidencian la actividad biológica que hubo en la Formación Pariatambo.

3.6.2 Grupo Pulluicana

➤ *Formación Yumagual (Ks-yu)*

Aflora al noreste del distrito de La Encañada, sobreyace a la Formación Pariatambo. Litológicamente presenta intercalación de calizas arcillosas grisáceas, arcillitas y margas. Presentes en estratos de gran a mediano espesor. Se evidencia meteorización por la presencia de coloración marrón (Bol. 31 INGEMMET 1980).

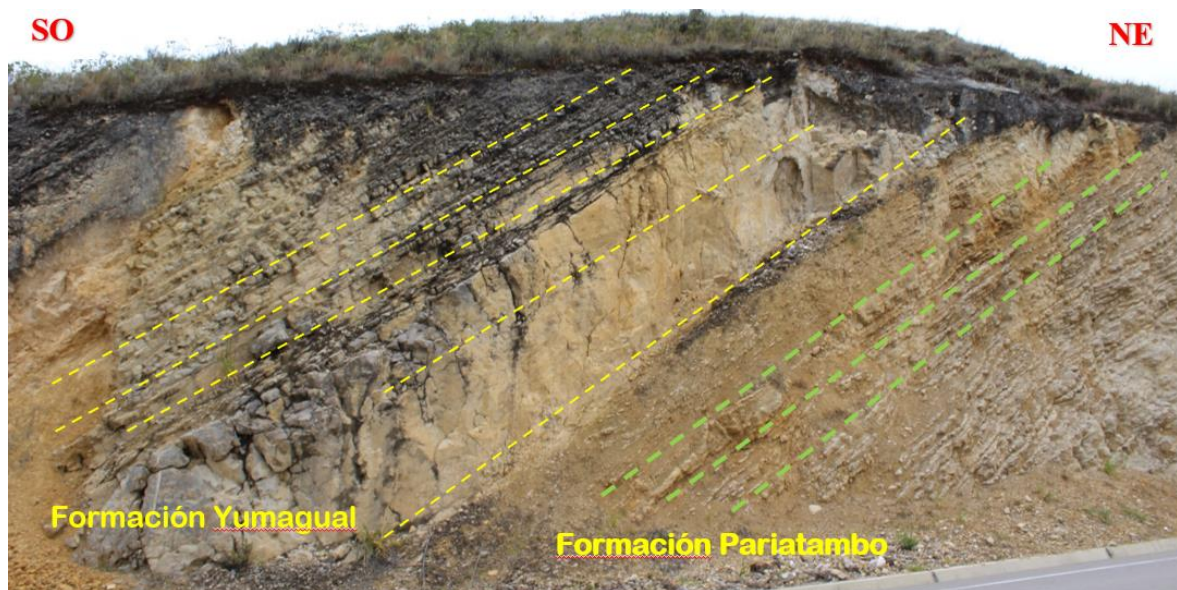


Foto 6. Contacto litológico entre la Formación Yumagual y Pariatambo, diferenciándose por su litología y estratificación.



Foto 7. Afloramiento de rocas calizas pertenecientes a la Formación Yumagual

3.6.3 Depósitos Cuaternarios

Los depósitos recientes del cuaternarios en el área de estudio se depositaron de manera irregular al NE y E de la ciudad de La Encañada, están compuestos de limos, arenas y gravas en general, los depósitos cuaternarios identificados son depósitos coluvio-aluvial y fluvial (Bol. 31 INGEMMET 1980).

➤ *Depósitos Fluviales (Qh-fl)*

Los materiales fluviales se han depositado en los márgenes del río La Encañada constituidos por clastos redondeados a subredondeados, el espesor de estos materiales oscila entre 5 a 10 metros conformando terrazas fluviales



Foto 8. Depósito cuaternario fluvial en las márgenes del río La Encañada.

➤ *Depósitos Coluvio-aluvial (Qh-co-al)*

Se encuentran alrededor de la zona de estudio en las laderas, conformado por diferentes dimensiones de fragmentos de roca, a causa de la meteorización, alteración y transporte de las rocas. Litológicamente está conformada por arcillas, gravas y bloques angulosos, los cuales fueron transportados por gravedad. Varios de los depósitos se observan a los márgenes de la carretera PE-08B (La Encañada a Celendín).



Foto 9. Depósito coluvio-aluvial compuesto por fragmentos de roca, bloques angulosos en una matriz arcillosa.

3.7 UNIDADES MORFOGENÉTICAS

Las diferentes unidades morfo genéticas se encuentran sobre rocas carbonatadas y depósitos cuaternarios en diferentes elevaciones altitudinales y su clasificación de unidades morfo genéticas del área de investigación se realizó según el grado de pendiente, mediante el ángulo tomada de la clasificación de Rodríguez (2016), donde conforman las estructuras geológicas por los procesos tectónicos del Cretácico Inferior y Superior, los cuales están expuestos contantemente a procesos exógenos, siendo expuestas directamente a los procesos de erosión de acuerdo con la litología que lo conforma.

Cuadro 13. Unidades morfogénicas establecidas según su pendiente

UNIDADES MORFOGENÉTICAS	
Pendiente	Tipo de unidad
0° - 8°	Planicies
8° - 20°	Lomadas
20° - 50°	Laderas
50° - 90°	Escarpas

Fuente: Tomado de Rodríguez 2016

➤ **Planicies (0° - 8°)**

Esta unidad se observa al margen izquierdo y derecho del Río La Encañada en la progresiva 34+500, consta de una zona con pendiente muy baja, bastante homogénea, ligeramente homogénea, se considera todo el valle fluvial ya que oscila entre los 8°, semi horizontales, Litológicamente comprende áreas de los depósitos fluviales.



Foto 10. Planicies formadas en depósitos fluviales a la margen derecha e izquierda del río La Encañada.

➤ ***Lomadas (8-20) •***

Las lomadas presentan elevaciones con pendientes suaves entre 8° a 20°, se evidencian alrededor de toda la zona de estudio. Tiene pendientes suaves. Litológicamente se encuentra en las Formaciones Cretácicas y depósitos cuaternarios.



Foto 11. Lomadas en el distrito de La Encañada con inclinación de 15°

➤ ***Ladera (20-50) •***

Unidad morfogenética con pendientes moderadas entre 20° a 50°, y están presentes en la margen derecha e izquierda del distrito de La Encañada. Lo conforman las Formaciones Cretácicas y depósitos cuaternarios.

➤ ***Escarpas (50-90) •***

Unidad morfogenética con pendientes entre 50° a 90°, son fuertes desniveles lo cual presenta mayor inestabilidad y están presentes en la margen derecha e izquierda del distrito de La Encañada, pero es menos abundante. Lo conforman las Formaciones Cretácicas y depósitos cuaternarios.



Foto 12. Laderas en el margen derecho de la carretera La Encañada - Celendín con inclinación de 45°



Foto 13. Escarpas en el margen izquierdo de la carretera La Encañada - Celendín con inclinación de 70°

3.8 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La estructura más importante es el anticlinal local, el cual está afectando las Formaciones geológicas en la zona de estudio esto debido a la tectónica del ciclo andino, caracterizándose este por ser de compresión las cuales tienen orientación andina (NO-SE).

➤ *Pliegues*

Los pliegues en la zona de estudio están asociados a la deformación regional con dirección de rumbo Andino NO-SE, los pliegues presentan una extensión amplia y están formando parte de las Formaciones geológicas (Bol. 31 INGEMMET 1980).

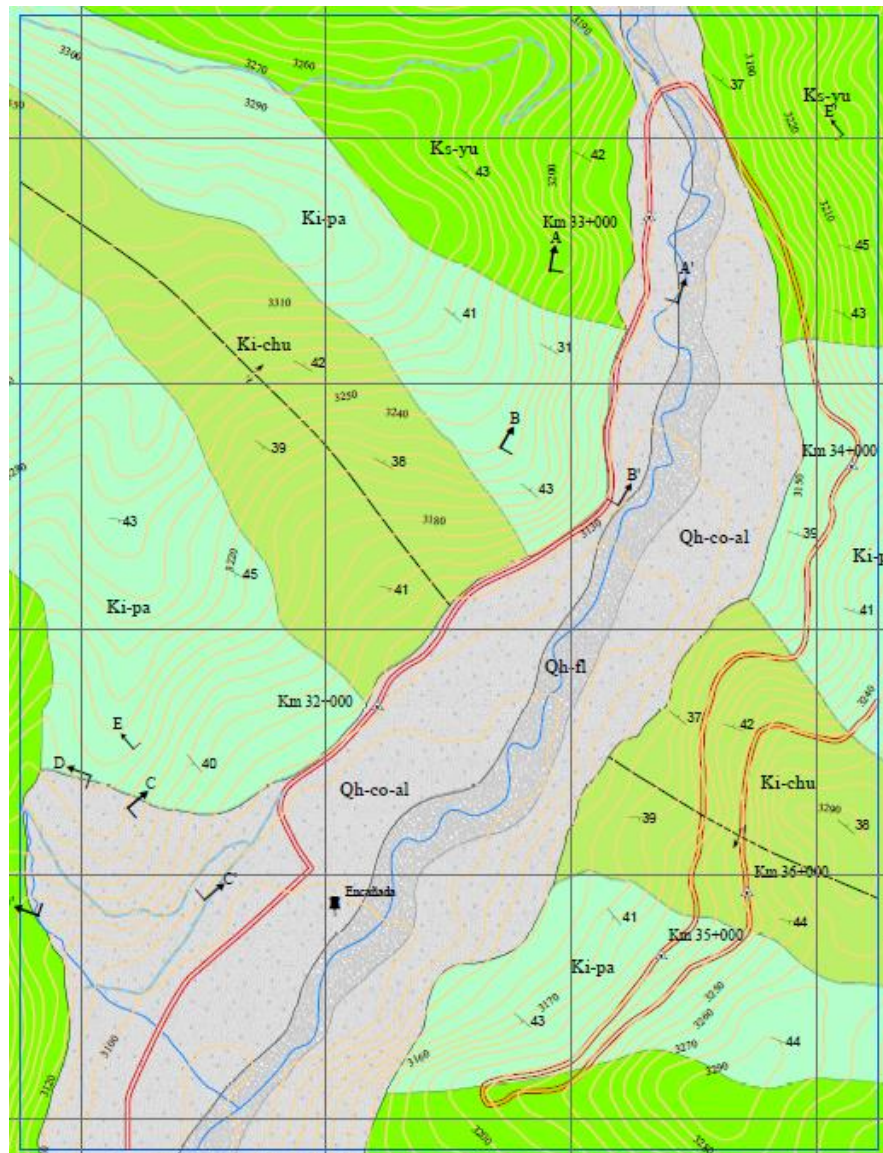


Figura 12. Ubicación del anticlinal en las Formaciones Yumagual, Chúlec y Pariatambo formado en rocas calcáreas entre calizas, arcillitas y margas.

➤ ***Anticlinal Regional***

La estructura más importante a nivel de plegamiento es el anticlinal, el cual se ubica al NO-SE de la zona de estudio en el distrito de la Encañada. El cual generó la deformación de los estratos de las Formaciones Cretácicas Yumagual, Chúlec y Pariatambo.

➤ ***Anticlinal Local***

El anticlinal se encuentra al NE de la zona de estudio, el flanco derecho buza hacia el SO y el flanco izquierdo buza hacia el NE; se encuentra en rocas calcáreas entre calizas bituminosas con intercalación de arcillitas y limolitas de la Formación Pariatambo conformando un macizo rocoso fracturado.

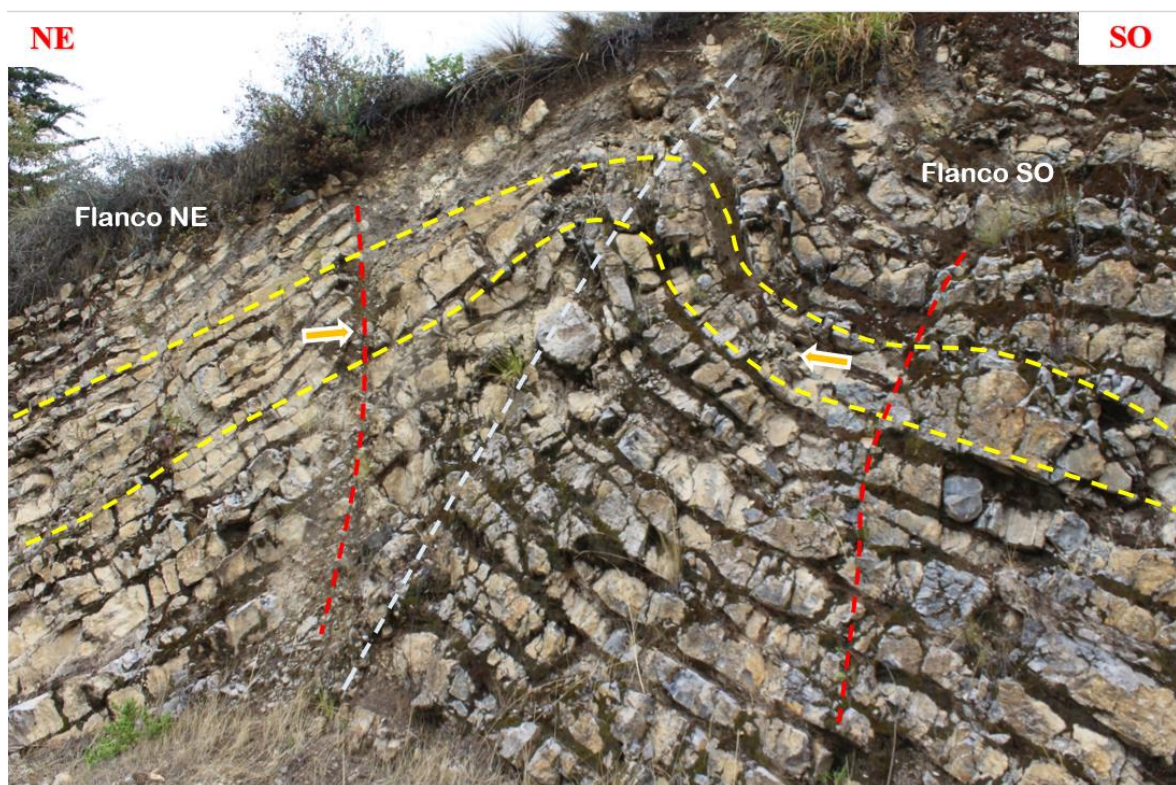


Foto 14. Pliegue con vistas al NE-SO dentro de la Formación Pariatambo

3.9 HIDROLOGÍA

Definida la variable precipitación para el análisis geotécnico de laderas y taludes se debe comprender los efectos de las lluvias sobre el área de estudio y analizar la data de

precipitaciones entre el año 2003 y 2015 de la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer-UNC cuyos datos de posición se encuentran en el Cuadro 14; data que fue analizada y recalculada para la Subcuenca Río de La Encañada mediante la fórmula de transposición precipitaciones de Ortiz (2004)

Cuadro 14. Cálculo de Coordenadas Estación Augusto Weberbauer UTM Datum PSAD56

		Datos tomados 23-01-15			Datos tomados 07-02-15	
		HITO UNC	HITO UNC	ESTACION HIDROLOGICA WEBERBAUER	ESTACION HIDROLOGICA WEBERBAUER	HITO UNC
		RPM - PSAD56	GPS - PSAD56	GPS - PSAD56	GPS - PSAD56	GPS - PSAD56
		22/08/2008				
ESTE	E		776,786	777,140	777,144	
NORTE	N		9,207,514	9,207,334	9,207,334	
Altura	H		2,674	2,632	2,620	
ESTE	E		776,782	777,142	777,143	
NORTE	N		9,207,516	9,207,332	9,207,332	
Altura	H		2,672	2,641	2,631	
ESTE	E	776,780.420	776,786	777,142	777,143	776,786
NORTE	N	9,207,507.062	9,207,514	9,207,332	9,207,332	9,207,516
Altura	H	2,676.209	2,616	2,645	2,655	2,675
PROMEDIO	E		776,784.7	777,141.3	777,143.3	
	N		9,207,514.7	9,207,332.7	9,207,332.7	
	H		2,654.0	2,639.3	2,655.0	

Fuente: Formato obtenido de Rodríguez 2016

3.9.1 Transposición de Datos de Precipitaciones

Los datos de precipitación recogidos por la Estación Weberbauer corresponden a una altitud de 2,655 msnm (H1), los cuales deben ser transpuestos hacia la Subcuenca Río de La Encañada según la Ecuación de Oswald (Ortiz 2004); cuya altitud media ha sido calculada en 3514.58 msnm (H), obtenida mediante las fórmulas de cálculos de los Parámetros Geomorfológicos de la Subcuenca, obtenidos por Rodríguez y Huamán (2005).

El procedimiento se inicia con la obtención del Factor de Transposición (Ft), cuyo valor es $Ft = 1.323758945$, y se presenta en el Cuadro 15, el cual multiplica a cada valor de

precipitación de la estación Weberbauer, obteniéndose los nuevos valores de precipitación para la Subcuenca Río de La Encañada, los cuales se indican en el Cuadro 16.

La Ecuación de Transposición de las precipitaciones es la siguiente:

$$PP = H / H1 * PP1$$

PP = Precipitación a la Altitud H

PP1 = Precipitación a la Altitud H1

H = Altitud Media de la Subcuenca a Trasponer

H1 = Altitud de la Estación de Origen

Cuadro 15. Factor de transposición

CALCULO DEL FACTOR DE TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIONES					
Estación Weberbauer (UNC) - a Subcuenca Río de La Encañada					
Ecuación de Oswald					
Subcuenca Río de La Encañada	Precipitación a la altitud H	PP	67.64	mm	PP1
Estacion Weberbauer	Precipitación a la altitud H1	PP1	51.10	mm	Enero
Subcuenca Río de La Encañada	Altitud Media de Subcuenca Río de La Encañada	H	3514.58	msnm	2003
Estacion Weberbauer	Altitud Media Estacion Weberbauer	H1	2655.00	msnm	51.1
Factor de transposición	Ft :	H/H1	1.32		
* Ortiz, Oswald (2015) - Investigador en Hidrología y Cuencas. UNC.					

Fuente: Formato obtenido de Rodríguez 2016

Cuadro 16. Transposición de precipitación.

TRANSPOSICIÓN DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN WEBERBAUER A LA SUBCUENCA RIO LA ENCAÑADA												
De Estación Weberbauer (UNC)												
Periodo 2003 - 2015												
CICLOS DE PRECIPITACIÓN	AÑO ANTERIOR							AÑO POSTERIOR				
	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
PRECIPITACIÓN: 2003-2004	29.5	2.4	14.0	19.6	60.9	84.5	106.8	47.8	75.3	58.9	56.1	2.8
PRECIPITACIÓN: 2004-2005	2.8	18.3	38.9	24.8	83.9	122.6	163.7	112.4	157.9	180.0	71.5	9.5
PRECIPITACIÓN: 2005-2006	6.0	0.8	4.6	41.3	122.2	39.7	116.2	110.1	134.5	263.8	102.7	10.2
PRECIPITACIÓN: 2006-2007	31.6	2.4	8.1	44.5	16.8	80.0	108.2	126.3	23.2	241.5	147.6	31.8
PRECIPITACIÓN: 2007-2008	1.9	14.2	8.5	15.4	157.4	129.2	91.1	106.2	176.5	156.7	131.2	30.0
PRECIPITACIÓN: 2008-2009	20.4	3.0	15.5	45.9	61.6	95.6	45.5	212.7	98.8	146.3	104.3	55.9
PRECIPITACIÓN: 2009-2010	23.0	16.3	5.2	15.6	103.9	144.8	98.2	65.5	149.5	163.0	146.8	53.0
PRECIPITACIÓN: 2010-2011	11.4	3.4	1.7	36.9	58.8	69.5	93.7	101.4	97.0	165.7	134.5	22.6
PRECIPITACIÓN: 2011-2012	0.5	11.0	0.0	62.3	41.7	32.3	145.2	201.6	180.8	167.3	96.4	68.2
PRECIPITACIÓN: 2012-2013	0.3	0.0	3.3	25.3	110.1	159.2	76.4	82.2	129.7	282.4	97.7	86.8
PRECIPITACIÓN: 2013-2014	9.9	7.5	28.5	4.9	146.5	14.4	68.7	99.9	118.7	253.9	138.6	50.7
PRECIPITACIÓN: 2014-2015	6.9	2.5	5.0	37.3	34.8	60.1	153.0	243.9	72.8	266.3	83.8	100.3

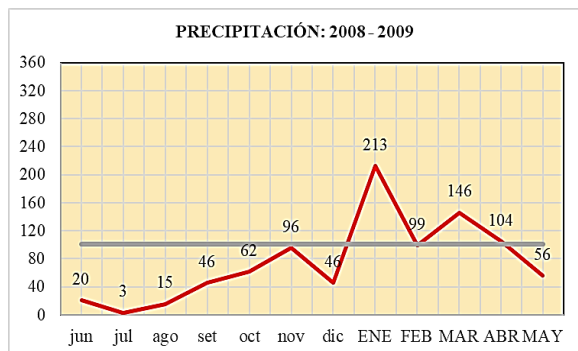
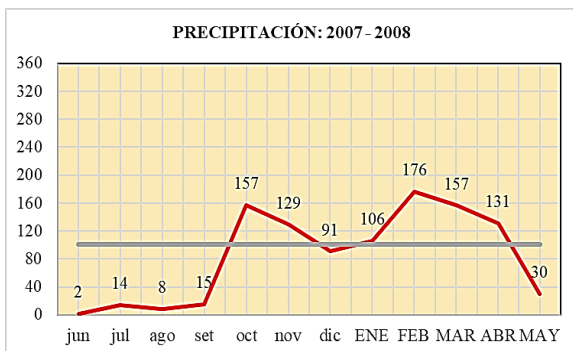
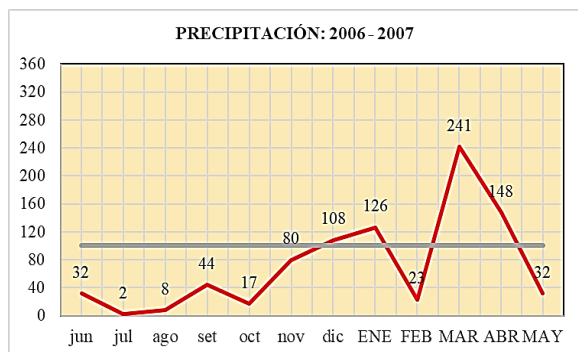
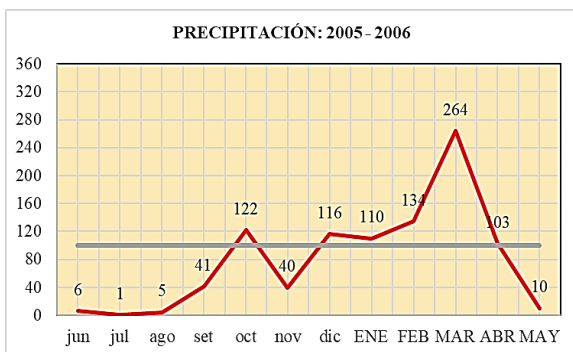
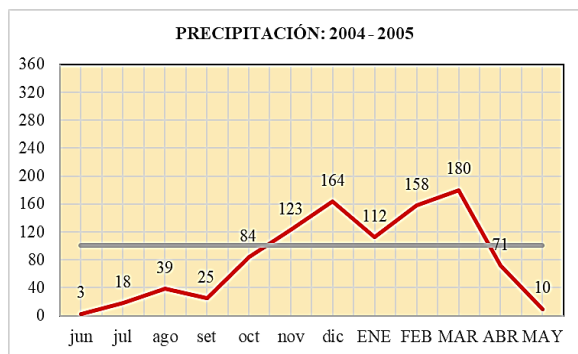
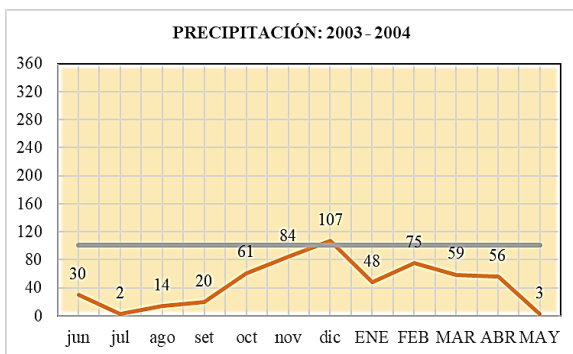
3.9.2 Curvas de Precipitación Transpuesta en La Subcuenca Río La Encañada

Para el análisis y desarrollo de curvas de transposición de precipitaciones se sigue la metodología de Rodríguez (2016), donde los resultados de los datos de las precipitaciones transpuestas se representan mediante el Software Excel por años y meses, teniendo en cuenta el inicio con un mes de pocas lluvias (junio año anterior) pasando por meses lluviosos hasta finalizar con un mes poco lluvioso (mayo del año posterior). Este ordenamiento sistemático respresenta curvas que muestran la mejor tendencia de los meses lluviosos hacia el centro de la curva y se los presenta en este ítem para tener una mejor visualización, correlación y análisis entre ellas (Ver Gráficos de precipitación 2003 – 2015).

Denominamos Línea de Precipitación Referencial Conservadora (LPRC), a la línea cuyo valor está constituido por el Promedio de Precipitaciones Anuales más la Desviación Estándar de dichos promedios. Por razones de manipulación de datos, lecturas con probabilidad de error, se castigó con el 13% de error estadístico. Esta línea tiene como objetivo proporcionar un valor límite hacia arriba para analizar el comportamiento de las

curvas de Precipitación Promedio Mensual y observar cómo son sus tendencias en cada mes por año según Rodríguez 2016 (Ver curvas 2003-2015).

En la investigación el Promedio de Precipitaciones Anuales 2003 - 2015 es ($X = 77.3$ mm) y la Desviación Estándar ($DS = 11.7$ mm), realizando la suma del Promedio de Precipitaciones (X), con la Desviación Estándar (DS) resulta ($X+DS= 89.00$ mm), valor que corresponde a Línea de Precipitación Referencial. Castigando con el 13% resulta 100.57 mm que corresponde a la LPRC (línea gris en cada gráfico), línea que sirve como referencia para realizar el análisis de la cantidad de precipitación en cada año, iniciando desde el mes de junio hasta el mes de mayo.



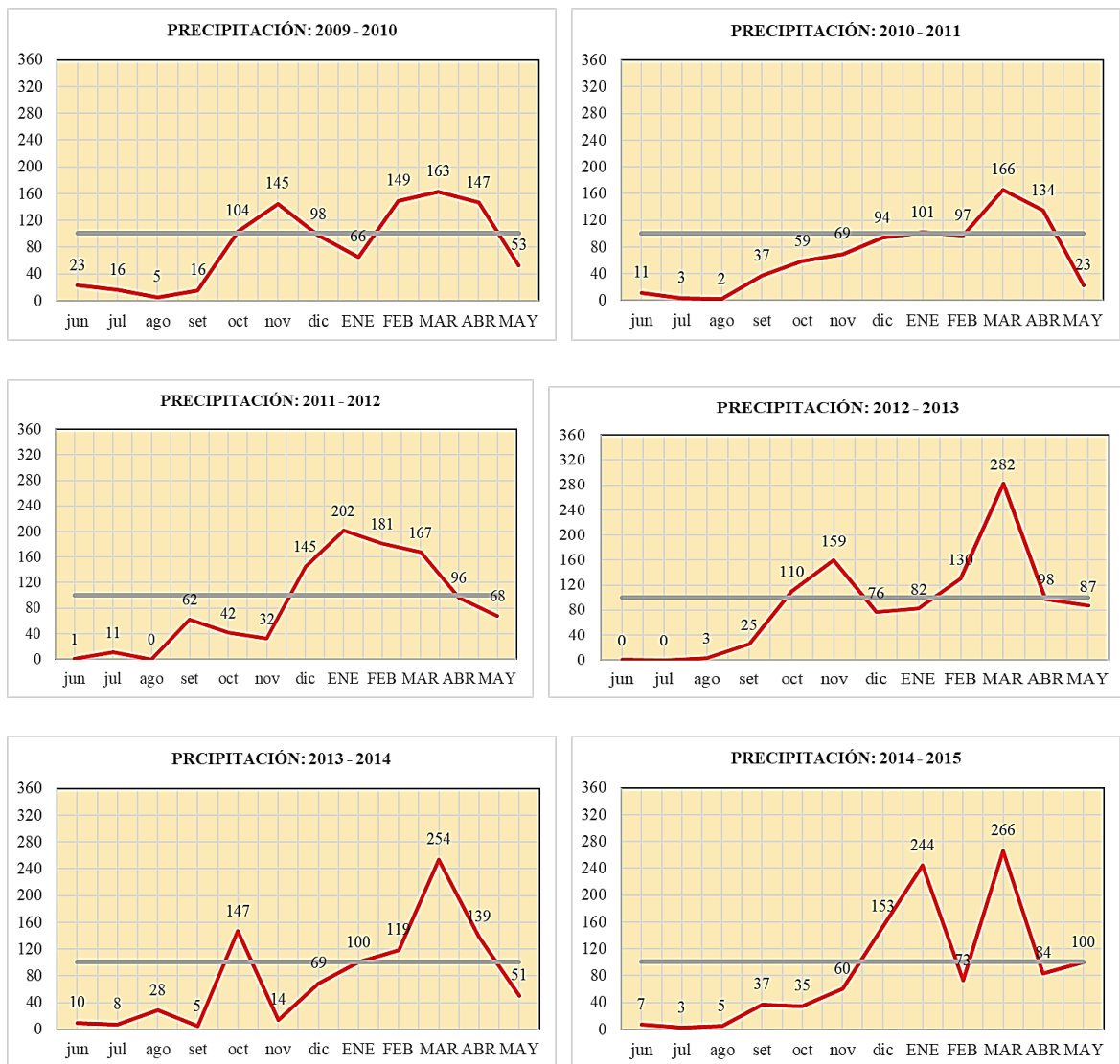


Figura 13. Curvas de precipitación mensuales entre los años 2003 - 2015

3.9.3 Esguerrimiento e Infiltración

Para el análisis de esguerrimiento e infiltración se sigue la metodología de Rodríguez (2016) donde los datos de precipitación constituyeron la base principal para obtener los parámetros de Precipitación Efectiva o Esguerrimiento (P_e en mm) y la infiltración (F en mm), con los cuales se calculó los volúmenes de Infiltración (VF) en la zona. Estos datos son fundamentales para el análisis del comportamiento geomecánico del macizo rocoso en la zona de investigación y están relacionados con los parámetros geomorfológicos de la Subcuenca Río La Encañada.

La infiltración es la variable externa más importante que afecta los parámetros geomecánicos como la resistencia a la cohesión y el ángulo de fricción, de las rocas y suelos de nuestra área cuando ingresa por la porosidad primaria y secundaria, y es probablemente la responsable de los eventos geodinámicos antiguos y activador de posibles deslizamientos en el futuro según Rodríguez (2016).

Las fórmulas para el cálculo se muestran a continuación:

$$PP = Pe + F$$

PP = Precipitación Total

Pe = Precipitación Efectiva o Escurrimiento

F = Infiltración

El Coeficiente de Escurrimiento o Coeficiente de Escorrentía será:

$$C = Pe / PP = 0.65$$

El Coeficiente de Infiltración es:

$$Ci = 1 - C = 0.35 \text{ cálculos según Huamán, F. 2010}$$

Las variables y cálculos están indicadas con sus símbolos y formulas en el Cuadro 17

En el balance hidrológico se realizó por medio del cuadro de Rodríguez (2016), llegando al análisis que el volumen de infiltración en la subcuenca río La Encañada es 198.2 MMC, y la infiltración en el área de estudio es de 9.74 MMC, que representa un 4.91% del total del volumen de infiltración.

Cuadro 17. Balance hidrológico de la Subcuenca del Río de La Encañada

BALANCE HIDROLÓGICO									
SUBCUENCA DEL RÍO DE LA ENCAÑADA									
CICLOS DE PRECIPITACIÓN EN AÑOS	NÚMERO AÑOS POR CICLO	1	2	3=1*2	4=1-3 en mm	5=4/1000 en m	6=5*Asc en m3	7=6/1000000 en MMC	8=7*100/192.8
		PP	C	Pe	F	F	VF	VF	%
			$C = Pe / PP$	$Pe = C * PP$	$F = PP - Pe$	$F = PP - Pe$	$VF = F * Asc$	$VF = F * Asc$	%
		mm		mm	mm	m	m ³	MMC	%
		PRECIPITACIÓN TOTAL (PP)	COEF. ESCORRENTÍA (C)	PRECIP. EFECTIVA O ESCURRIMIENTO (Pe)	INFILTRACIÓN (F)	INFILTRACIÓN (F)	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	VOLUMEN DE INFILTRACIÓN (VF)	% PARCIAL DE LA PRECIPIT. TOTAL
2003-2004	1	558.6	0.65	363.1	195.5	0.1955	9,946,669.6	9.9	5.02
2004-2005	1	986.2	0.65	641.1	345.2	0.3452	17,560,444.4	17.6	8.86
2005-2006	1	952.2	0.65	618.9	333.3	0.3333	16,954,121.8	17.0	8.55
2006-2007	1	861.8	0.65	560.1	301.6	0.3016	15,344,269.9	15.3	7.74
2007-2008	1	1018.1	0.65	661.8	356.3	0.3563	18,127,923.1	18.1	9.14
2008-2009	1	905.5	0.65	588.5	316.9	0.3169	16,122,090.0	16.1	8.13
2009-2010	1	984.7	0.65	640.1	344.7	0.3447	17,533,951.4	17.5	8.84
2010-2011	1	796.8	0.65	517.9	278.9	0.2789	14,186,967.8	14.2	7.16
2011-2012	1	1007.4	0.65	654.8	352.6	0.3526	17,937,003.6	17.9	9.05
2012-2013	1	1053.4	0.65	684.7	368.7	0.3687	18,757,250.3	18.8	9.46
2013-2014	1	942.4	0.65	612.5	329.8	0.3298	16,779,701.6	16.8	8.46
2014-2015	1	1066.7	0.65	693.4	373.3	0.3733	18,993,221.2	19.0	9.58
	12	11133.8	0.65	7237.0	3896.8	3.8968	198,243,614.7	198.2	100.0
Asc	ÁREA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO DE LA ENCAÑADA				50.87	Km2		198.2	
	ÁREA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO DE LA ENCAÑADA				50,873,109.91	m2			
Ainvest	ÁREA DE INVESTIGACIÓN				2.5	Km2		9.74	4.91

3.10 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

Para realizar el análisis geotécnico se empleó técnicas de campo y procesamiento de datos en gabinete, analizando el comportamiento geomecánico para cada tipo de material. El estudio está basado en las teorías de RMR y GSI para los macizos rocosos, para materiales de suelos se analizó las curvas granulométricas, límites de atterberg, propiedades físicas y luego se continuó con el cálculo del Factor de Seguridad en cada estación.

La zona de estudio cuenta con cuatro estaciones para calcular el Factor de Seguridad según los parámetros geomecánicos y geométricos de las laderas y taludes, la estación 01 y 02 consistió en calcular el Factor de Seguridad en los taludes que afectan la vía principal de acceso desde la provincia Cajamarca hacia Celendín, mientras que la estación 03 y 04 se evalúa las laderas en donde existe construcción de viviendas de los pobladores del distrito La Encañada. En las estaciones 01, 03 y 04 se realizó el estudio de mecánica de suelos mientras que para la estación 02 se realizó el estudio de mecánica de rocas. Cabe recalcar que se tomó parámetros mínimos de ángulo de fricción y cohesión para calcular el Factor de Seguridad. Los parámetros geomecánicos de suelos fueron tomados de la bibliografía de Rodríguez et al. 1989 y los parámetros geomecánicos de rocas fueron procesados mediante el software Roc Data aplicando el criterio de rotura de Hoek y Brown

Cuadro 18. Parámetros característicos del suelo

TIPO DE SUELO	PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DEL SUELO												
	GRANULOMETRÍA		LÍMITE DE ATTERBERG			PESO ESPECÍFICO		DEFORMABILIDAD		RESISTENCIA AL CORTE			PERMEABILIDAD
	<0.06	<2.00	(fracción < 0.04 mm)			Y	Ysum	Es= EO	(σ/σ_t)	Φ	c	Φ_p	K
	mm	mm	wL	wP	Ip	T/m3	T/m3	Es kp/cm2	σ	(°)	T/m ²		m/s
Grava	< 5	< 60	-	-	-	1.6	0.95	400	0.6	34	-	32	2.0E-01
			-	-	-	1.9	1.05	900	0.4	42	-	35	1.0E-02
Grava arenosa con pocos finos	< 5	< 60	-	-	-	2.1	1.15	400	0.7	35	-	32	1.0E-02
			-	-	-	2.3	1.35	1100	0.5	45	-	35	1.0E-06
Grava arenosa con finos limosos o arcillosos que no alteran la estructura granular	8	< 60	20	16	4	2.1	1.15	400	0.7	35	1	32	1.0E-09
	15		45	25	25	2.4	1.45	1200	0.5	43	0	35	1.0E-08
Mezcla de gravas y arenas envueltas por finos.	20	< 60	20	16	4	2	1.05	150	0.9	28	3	22	1.0E-09
	40		50	25	30	2.25	1.3	400	0.7	35	0.5	30	1.0E-11
Arena uniforme fina	< 5	< 100	-	-	-	1.6	0.95	150	0.75	32	-	30	2.0E-04
			-	-	-	1.9	1.1	300	0.6	40	-	22	1.0E-03
Arena uniforme gruesa	< 5	< 100	-	-	-	1.6	0.95	250	0.7	34	-	30	5.0E-03
			-	-	-	1.9	1.1	700	0.55	42	-	34	2.0E-04
			-	-	-	1.8	1	200	0.7	33	-	32	5.0E-04
Arena bien graduada y arena con grava	< 5	< 100	-	-	-	2.1	1.2	600	0.55	41	-	34	2.0E-03
			-	-	-	2.1	1.2	600	0.55	41	-	34	2.0E-03
Arena con finos que no alteran la estructura granular	8	> 60	20	16	4	2.9	1.05	150	0.8	32	1	30	1.0E-03
	15		45	25	25	2.25	1.3	500	0.65	40	0	32	1.0E-07
Arena con finos que alteran la estructura granular	20	> 60	20	16	4	1.8	0.9	50	0.9	25	5	22	1.0E-07
	40		50	30	30	2.15	1.1	250	0.75	32	1	30	1.0E-10
Limo poco plástico	>50	>80	25	20	4	1.75	0.95	40	0.8	28	2	25	1.0E-04
			35	28	11	2.1	1.1	110	0.6	35	0.5	30	5.0E-06
Limo de plasticidad media a alta.	>80	>100	35	22	7	1.7	0.85	30	0.9	25	3	22	2.0E-05
			50	25	20	2	1.05	70	0.7	33	1	29	2.0E-06
Arcilla de baja plasticidad	>80	100	25	15	7	1.9	0.95	20	1	24	6	20	1.0E-07
			35	22	16	2.2	1.2	50	0.9	32	1.5	28	2.0E-09
Arcilla de plasticidad media	>90	100	40	18	16	1.8	0.85	10	1	20	8	10	5.0E-06
			50	25	28	2.1	1.1	30	0.95	30	2	20	1.0E-10
Arcilla de alta plasticidad	100	100	60	20	33	1.65	0.7	6	1	17	10	6	1.0E-09
			85	35	55	2	1	20	1	27	3	15	1.0E-11
Limo o arcilla orgánicos	>80	100	45	30	10	1.55	0.55	5	1	20	7	15	1.0E-11
			70	45	30	1.9	0.9	20	0.8	26	2	22	1.0E-09
Turba	-	-	-	-	-	1.04	0.04	3	1	25	1.5	-	1.0E-05
	-	-	-	-	-	1.3	0.3	8	1	30	0.5	-	1.0E-09
Fango	-	-	100	30	50	1.25	0.25	4	1	22	2	-	1.0E-07
	-	-	250	80	170	1.6	0.6	15	0.9	28	0.5	-	1.0E-08

Cuadro 19. Parámetros característicos de los suelos en las estaciones 01, 03 y 04

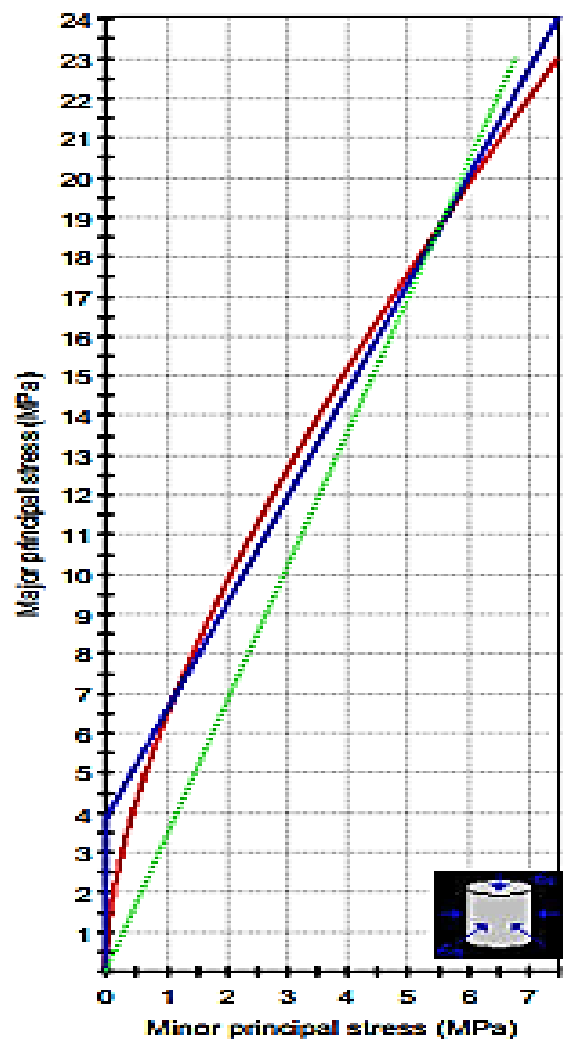
ESTACIÓN	CLASIFICACIÓN SUCS	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	COHESIÓN (c)	PESO ESPECÍFICO (γ)
ESTACIÓN 01	CL	24°	14.71 KN/m ²	18.15 KN/m ³
ESTACIÓN 03	CL	24°	14.71 KN/m ²	18.30 KN/m ³
ESTACIÓN 04	CL	24°	14.71 KN/m ²	18.40 KN/m ³

3.10.1 Estación N° 01

Se encuentra ubicada al NE del poblado de La Encañada Carretera Cajamarca – Celendín (PE-08B) en la progresiva Km 32 + 700 donde se encuentran un deslizamiento Dz-01 de dimensiones considerables del tipo rotacional que se encuentra afectando el talud, los tipos de materiales que encontramos son arcillas con poco porcentaje de gruesos perteneciendo a un depósito cuaternario de tipo coluvio-aluvial y macizos rocosos de mala calidad del tipo IV según la clasificación geomecánica GSI que pertenecen a la Formación Yumagual.



Foto 15. Delimitación del deslizamiento Dz-01 que se encuentra afectando el talud



Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 35 MPa
 GSI = 30 m_i = 12 Disturbance factor = 0
 intact modulus (E_i) = 17500 MPa
 modulus ratio (MR) = 500

Hoek-Brown Criterion
 m_b = 0.985 s = 0.0004 a = 0.522

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 1.187 MPa friction angle = 27.24 deg

Rock Mass Parameters:
 tensile strength = -0.015 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.602 MPa
 global strength = 4.215 MPa
 modulus of deformation = 1424.20 MPa

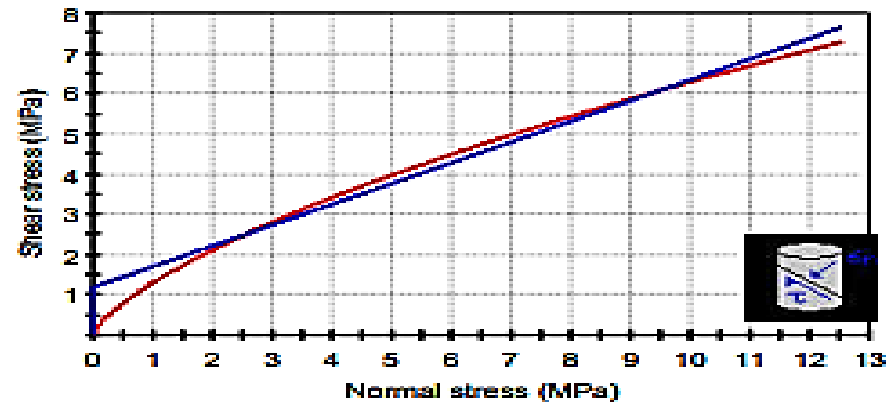







Figura 14. Análisis Rock data de la estación 01 según el criterio generalizado de Hoek y Brown

Cuadro 20. Valoración geomecánica del macizo rocos según GSI

ÍNDICE GEOLÓGICO DE RESISTENCIA GSI (<i>geological strength index</i>)		CONDICIÓN DEL FRENTE				
<p>A partir de la clasificación obtenida en la Figura 3.94 seleccionar el cuadro correspondiente en este ábaco y obtener el valor medio del índice GSI.</p>		MUY BUENA (MB) Superficies muy rugosas sin alterar	BUENA (B) Superficies rugosas ligeramente alteradas, con pátinas de oxidación	MEDIA (M) Superficies suaves moderadamente alteradas	POBRE (P) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos compactos conteniendo fragmentos rocosos	MUY POBRE (MP) Superficies de cizalla muy alteradas con rellenos arcillosos
ESTRUCTURA						
	BLOQUES REGULARES (BR) Macizo rocoso sin alterar. Bloques en contacto de forma cúbica formados por tres familias de discontinuidades ortogonales, sin relleno.	80 70				
	BLOQUES IRREGULARES (BI) Macizo rocoso parcialmente alterado. Bloques en contacto de forma angular formados por cuatro o más familias de discontinuidades con rellenos con baja proporción de finos.		80 50			
	BLOQUES Y CAPAS (BC) Macizo alterado, plegado y fracturado con múltiples discontinuidades que forman bloques angulosos y con baja proporción de finos.			60 30		
	FRACTURACIÓN INTENSA (FI) Macizo rocoso muy fracturado formado por bloques angulosos y redondeados, con alto contenido de finos.				20 10	



CARACTERIZACIÓN GEOMECAICA		
ESTACION	FORMACIÓN	GSI
ESTACION 01	FORMACIÓN YUMAGUAL	30 -35

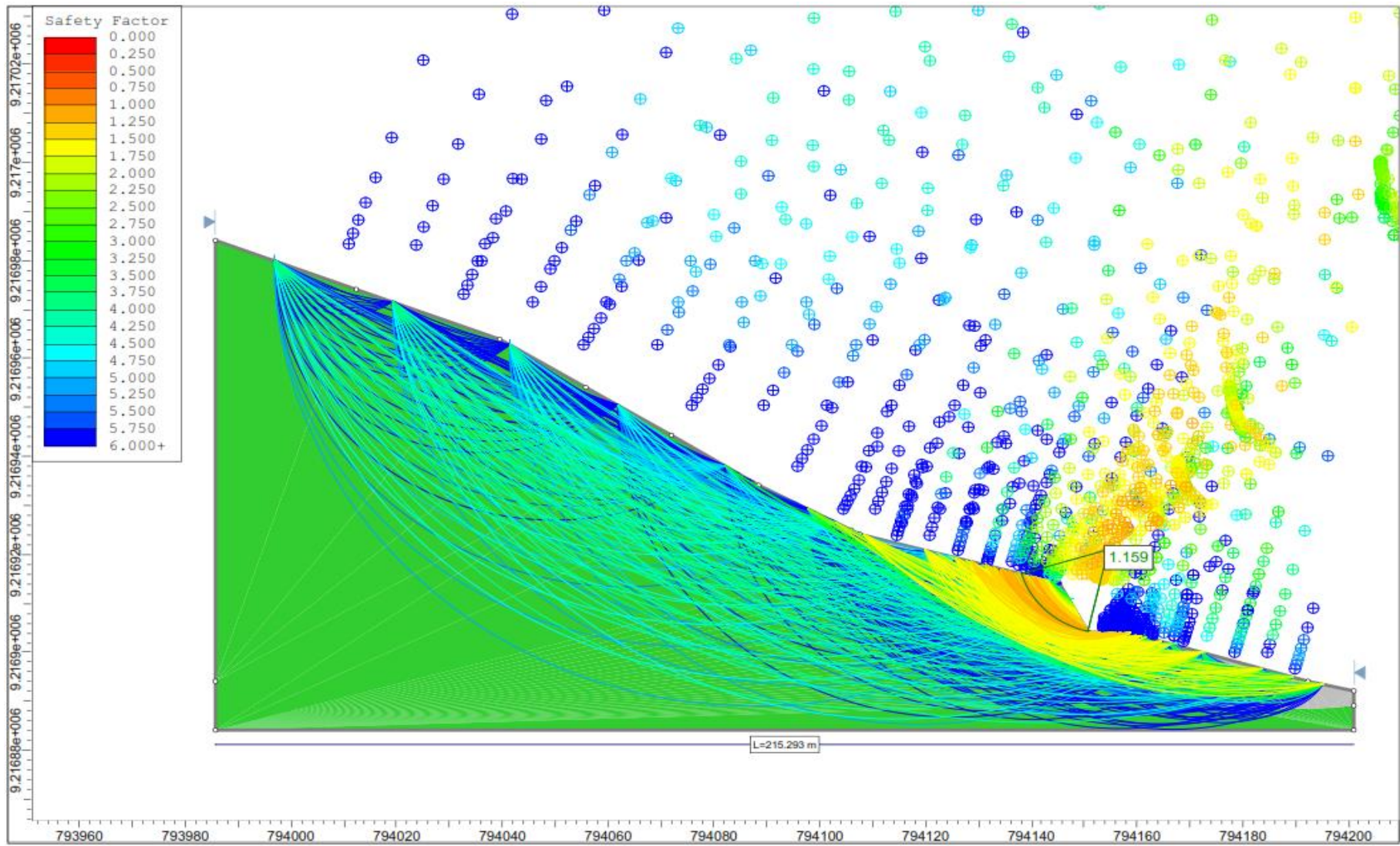


Figura 15. Cálculo del Factor de Seguridad sección A-A' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales del deslizamiento Dz-01

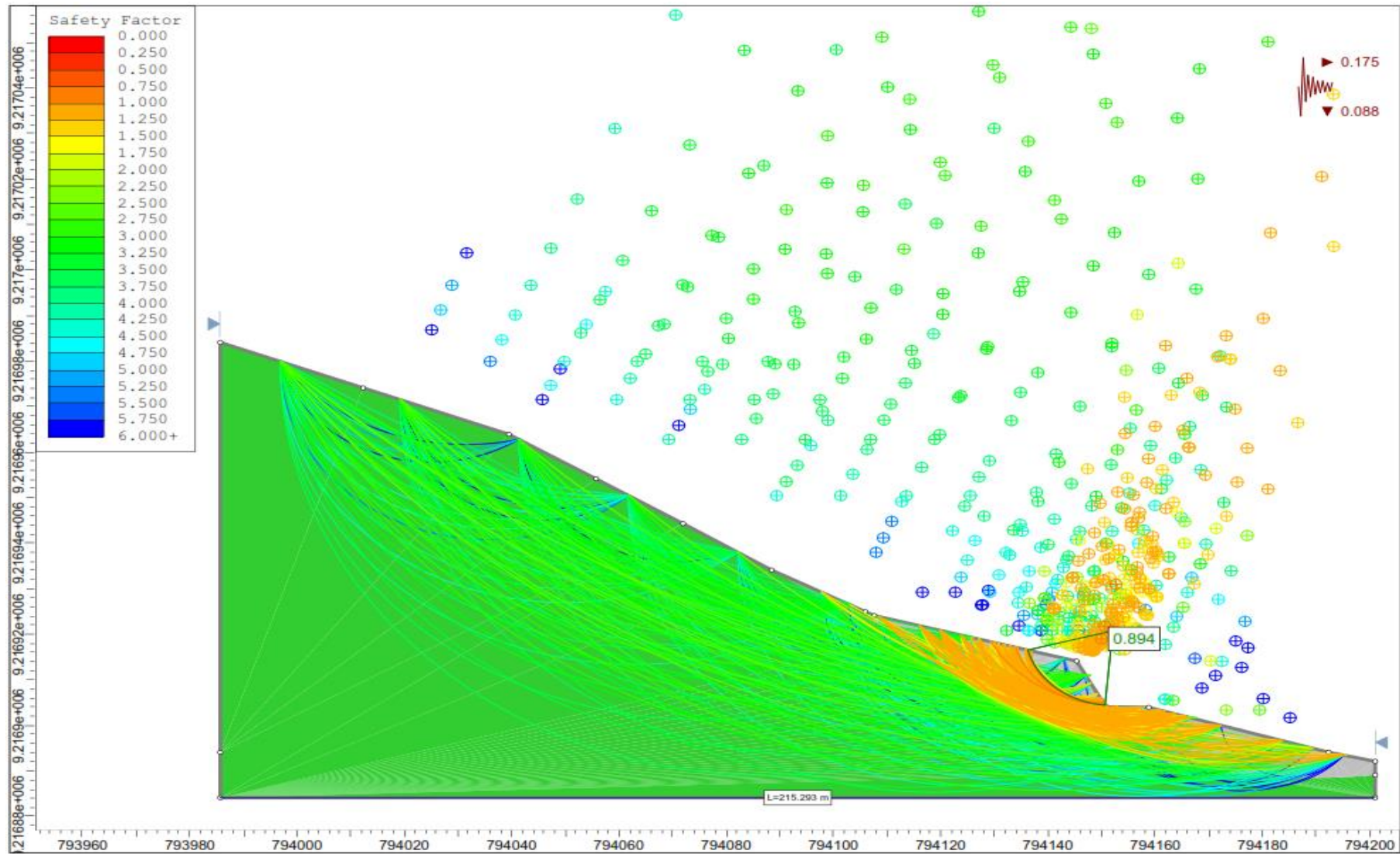


Figura 16. Cálculo del Factor de Seguridad sección A-A' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales y sismicidad del deslizamiento Dz-01

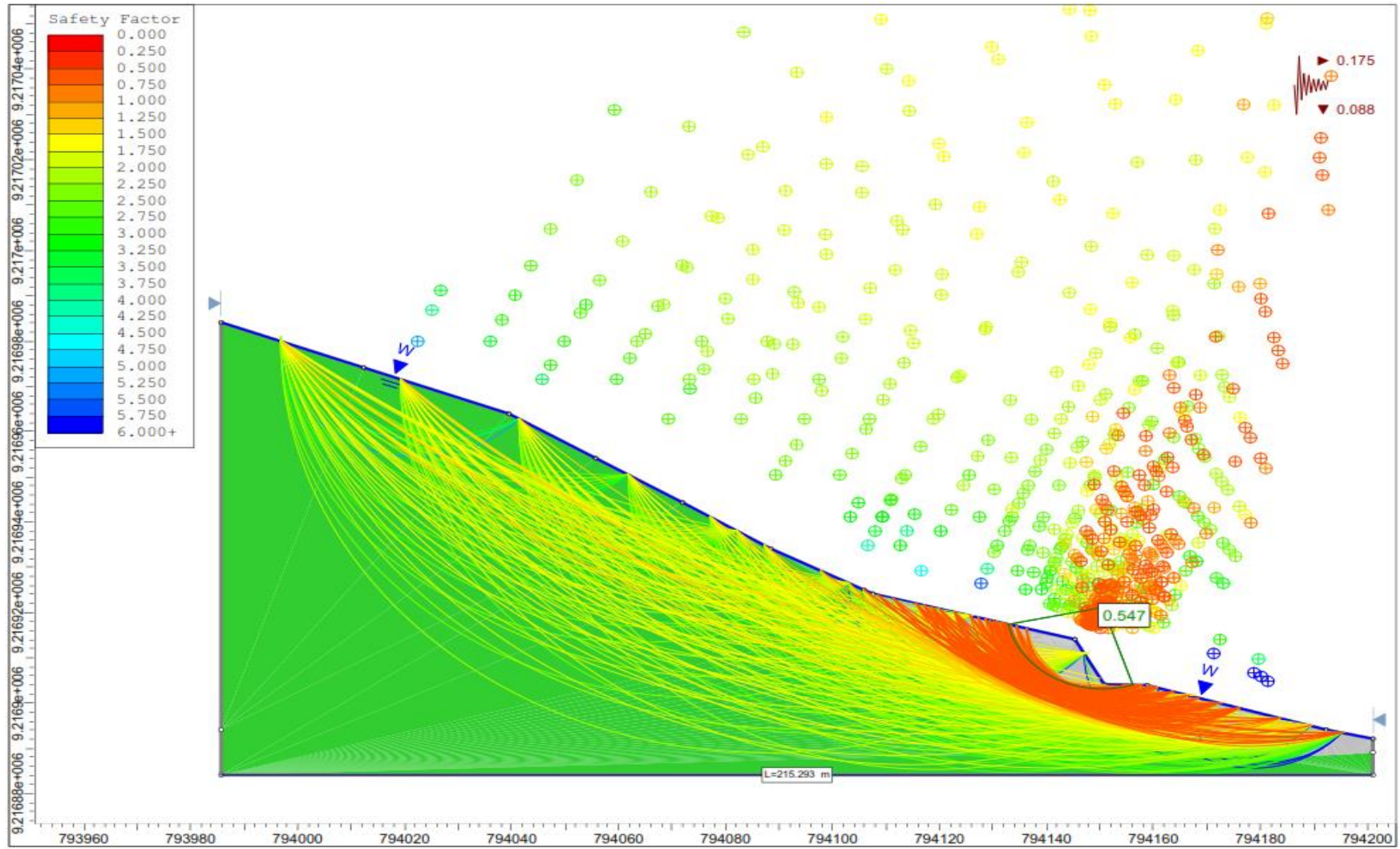


Figura 17. Cálculo del Factor de Seguridad sección A-A' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones de saturación y sismicidad del deslizamiento Dz-01

Cuadro 21. Matriz de caracterización de deslizamiento Dz-01

DESPLAZAMIENTO							
Código	Dz-01	Coordenada Este	794088	Coordenada Norte	9216943	Cota	3170
DIMENSIONES (m)							
Ancho de la masa desplazada (Wd)	Ancho de la superficie de falla (Wr)	Longitud de la masa desplazada (Ld)	Longitud de la superficie de falla (Lr)	Prof. De la masa desplazada (Dd)	Prof. De la superficie de falla (Dr)	Longitud total (L)	Longitud de la línea central (Lc)
70	60	30	27	11	13	40	36
MOVIMIENTO							
TIPO				MATERIAL			
Deslizamiento rotacional		Deslizamiento traslacional		Roca	Detritos	Suelo	Depósito
X				X		X	X
CAUSAS DEL MOVIMIENTO							
CONDICIÓN	EVENTO			DETONANTE	ESTADO DE LA ACTIVIDAD		
X	Lluvias			X	Activo	X	
X	Gravedad			X	Reactivo		
X	Vibración artificial (explosiones, sismicidad, otro)				Suspendido		
	Minería				Inactivo		
	Socavación del pie del talud por corriente de agua				Dormido		
	Excavación del pie del talud				Abandonado		
	Carga en la corona				Estabilizado		
	Erosión subterránea				REPETICIÓN		
	Irrigación				Progresivo		
	Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje				Retrogresivo		
	Escape de aguas de tubería				Ampliándose	X	
X	Material meteorizado				Alargándose		
	Material fisurado o agrietado				Confinado		
	Deforestación o ausencia de vegetación				Disminuyendo		
HUMEDAD							
Seco		Húmedo		Mojado		Muy mojado	
		X					
ESTILO DEL EVENTO				IMPORTANCIA			
Complejo				Muy alta			X
Compuesto				Alta			
Múltiple				Media			
Sencillo			X	Baja			

3.10.2 Estación N° 02

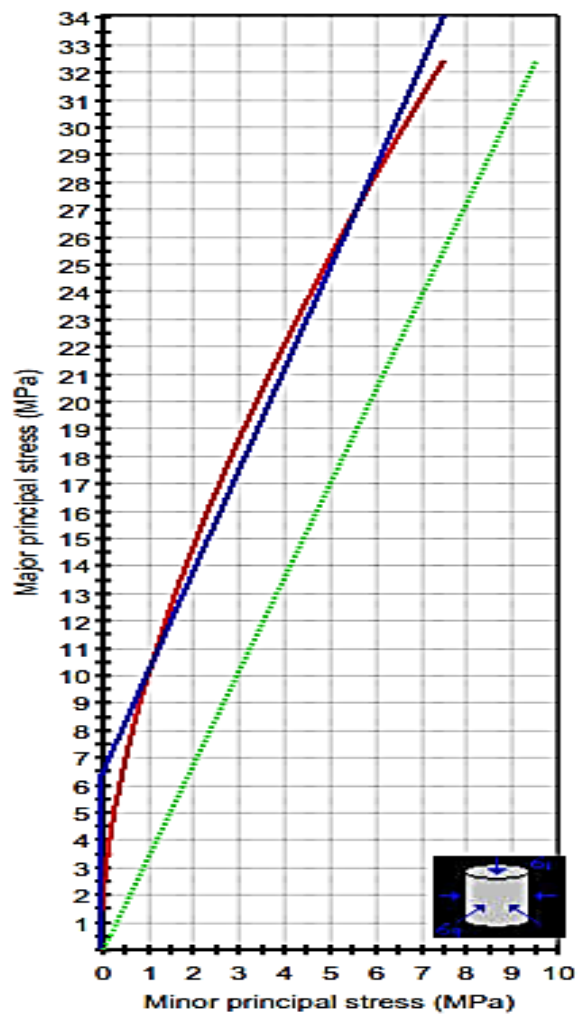
Se encuentra ubicada al NE del poblado de La Encañada Carretera Cajamarca – Celendín (PE-08B) en la progresiva Km 32 + 500 donde encontramos un deslizamiento Dz-02 de dimensiones considerables del tipo rotacional que se encuentra afectando el talud, el tipo de material que compone la zona son macizos rocosos que pertenecen a la Formación Pariatambo.



Foto 16. Delimitación del deslizamiento Dz-02 que se encuentra afectando el talud

Cuadro 22. Valoración geomecánica del macizo rocos según RMR

Parámetros de clasificación RMR (Bieniawski 1989)									
Parámetros		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de Resistencia de Carga Puntual	> 10 MPa	4 – 10 MPa	2 – 4 MPa	1 – 2 MPa	Para estos rangos es recomendable ensayos de resistencia a la compresión uniaxial		
		Resistencia a la compresión uniaxial	> 250 MPa	100 – 250 MPa	50 – 100 MPa	25 – 50 MPa	5 – 25 MPa	1 – 5 MPa	< 1 MPa
	<i>Puntaje</i>	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD (%)		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
	<i>Puntaje</i>		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2 m	0.6 – 2 m	200 – 600 mm	60 – 200 mm	< 60 mm		
	<i>Puntaje</i>		20	15	10	8	3		
4	Condición de las discontinuidades	Longitud	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 -20 m	>20 m		
		<i>Puntaje</i>	6	4	2	1	0		
		Abertura	Ninguna	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		<i>Puntaje</i>	6	5	4	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Lisa	Superficies pulidas		
		<i>Puntaje</i>	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Duro < 5mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm		
		<i>Puntaje</i>	6	4	2	2	0		
Meteorización	Inalterada	Ligeramente meteorizada	Moderadamente meteorizada	Altamente meteorizada	Descompuesta				
<i>Puntaje</i>	6	5	3	1	0				
5	Agua subterránea	Condiciones generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo		
		<i>Puntaje</i>	15	10	7	4	0		
RMR						39	Mala		



Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 75 MPa
 GSI = 35 m_i = 12 Disturbance factor = 0
 intact modulus (E_i) = 37500 MPa
 modulus ratio (MR) = 500

Hoek-Brown Criterion

m_b = 1.178 s = 0.0007 a = 0.516

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 1.683 MPa friction angle = 34.96 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.047 MPa
 uniaxial compressive strength = 1.806 MPa
 global strength = 10.223 MPa
 modulus of deformation = 4252.76 MPa

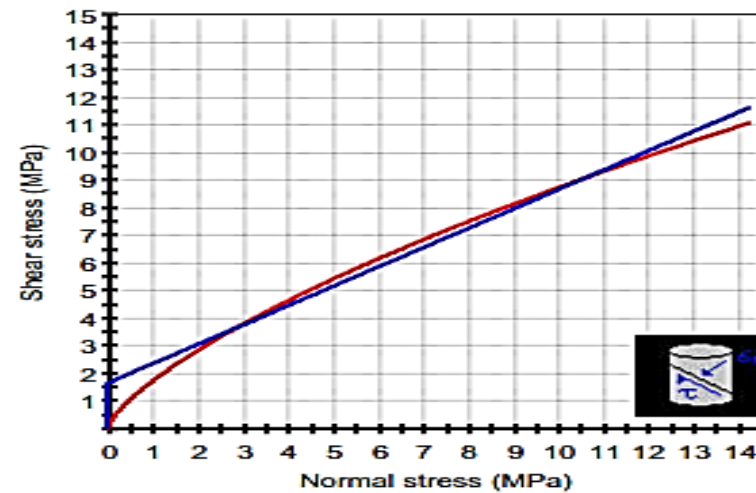


Figura 18. Análisis Rock data de la estación 01 según el criterio generalizado de Hoek y Brown

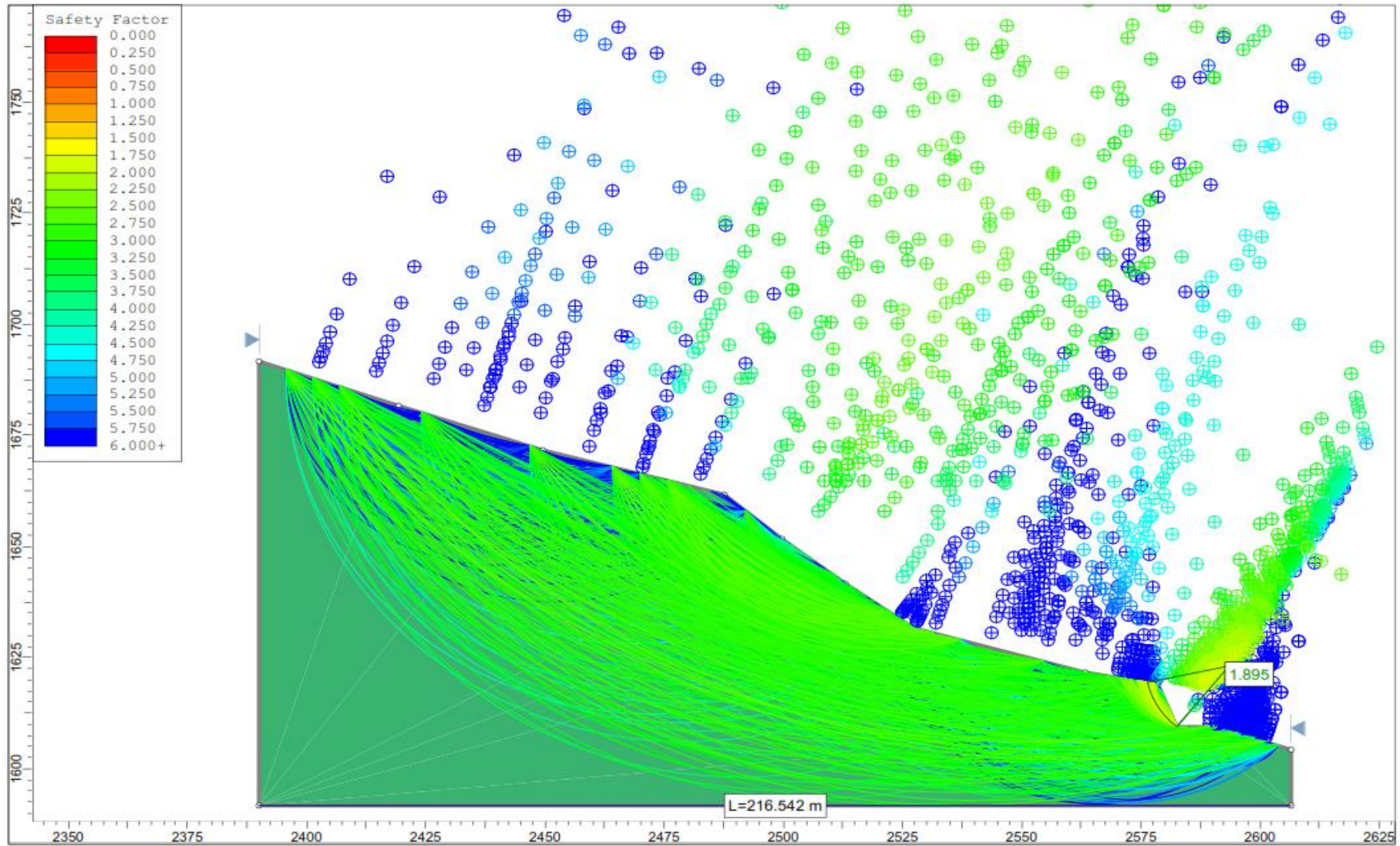


Figura 19. Cálculo del Factor de Seguridad sección B-B' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales del deslizamiento Dz-02

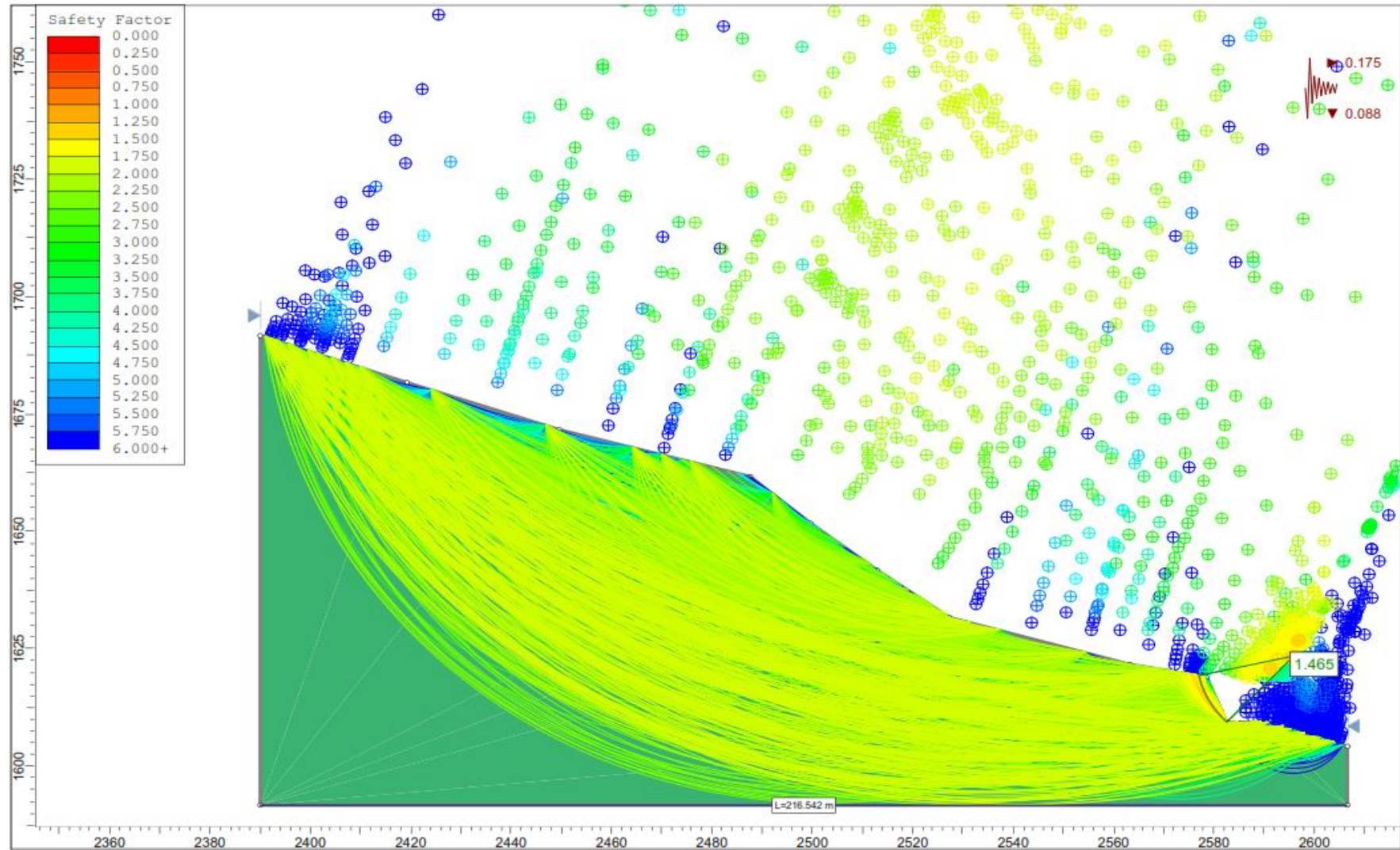


Figura 20. Cálculo del Factor de Seguridad sección B-B' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales y sismicidad del deslizamiento Dz-02

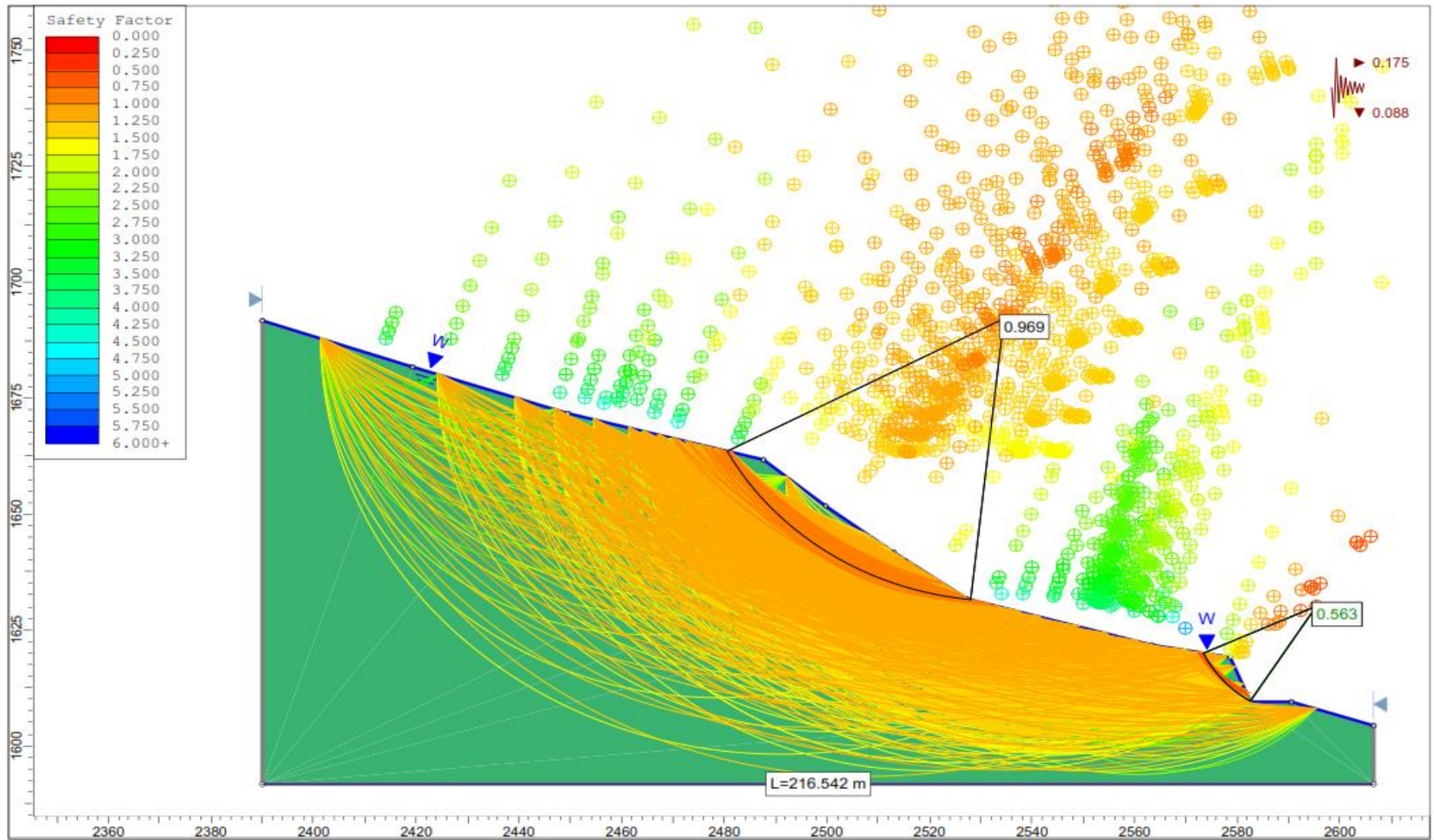


Figura 21. Cálculo del Factor de Seguridad sección B-B' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones de saturación y sismicidad del deslizamiento Dz-02

Cuadro 23. Matriz de caracterización de deslizamiento Dz-02

DESPLAZAMIENTO							
Código	Dz-02	Coordenada Este	794045	Coordenada Norte	9216656	Cota	3142
DIMENSIONES (m)							
Ancho de la masa desplazada (Wd)	Ancho de la superficie de falla (Wr)	Longitud de la masa deslizada (Ld)	Longitud de la superficie de falla (Lr)	Prof. De la masa desplazada (Dd)	Prof. De la superficie de falla (Dr)	Longitud total (L)	Longitud de la línea central (Lc)
110	120	65	62	12	14	67	61
MOVIMIENTO							
TIPO				MATERIAL			
Deslizamiento rotacional		Deslizamiento traslacional		Roca	Detritos	Suelo	Depósito
				X			
CAUSAS DEL MOVIMIENTO							
CONDICIÓN	EVENTO			DETONANTE	ESTADO DE LA ACTIVIDAD		
X	Lluvias				Activo		
X	Gravedad				Reactivo		
X	Vibración artificial (explosiones, sismicidad, otro)				Suspendido		
	Minería				Inactivo		
	Socavación del pie del talud por corriente de agua				Dormido		
	Excavación del pie del talud				Abandonado		
	Carga en la corona				Estabilizado		
	Erosión subterránea				REPETICIÓN		
	Irrigación				Progresivo		X
	Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje				Retrogresivo		
	Escape de aguas de tubería				Ampliándose		
X	Material meteorizado				Alargándose		
	Material fisurado o agrietado				Confinado		
	Deforestación o ausencia de vegetación				Disminuyendo		
HUMEDAD							
Seco		Húmedo		Mojado		Muy mojado	
		X					
ESTILO DEL EVENTO				IMPORTANCIA			
Complejo				Muy alta			X
Compuesto				Alta			
Múltiple			X	Media			
Sencillo				Baja			

3.10.3 Estación N° 03

Se encuentra ubicada al oeste del poblado de La Encañada el deslizamiento denominado Dz-03 afectando la ladera donde se encuentra edificaciones de los pobladores poniendo en potencial peligro por movimiento de masas, el tipo de material que compone la ladera es un depósito cuaternario del tipo coluvio-aluvial con composición de arcillas de baja plasticidad



Foto 17. Delimitación del deslizamiento Dz-03 que se encuentra afectando las edificaciones

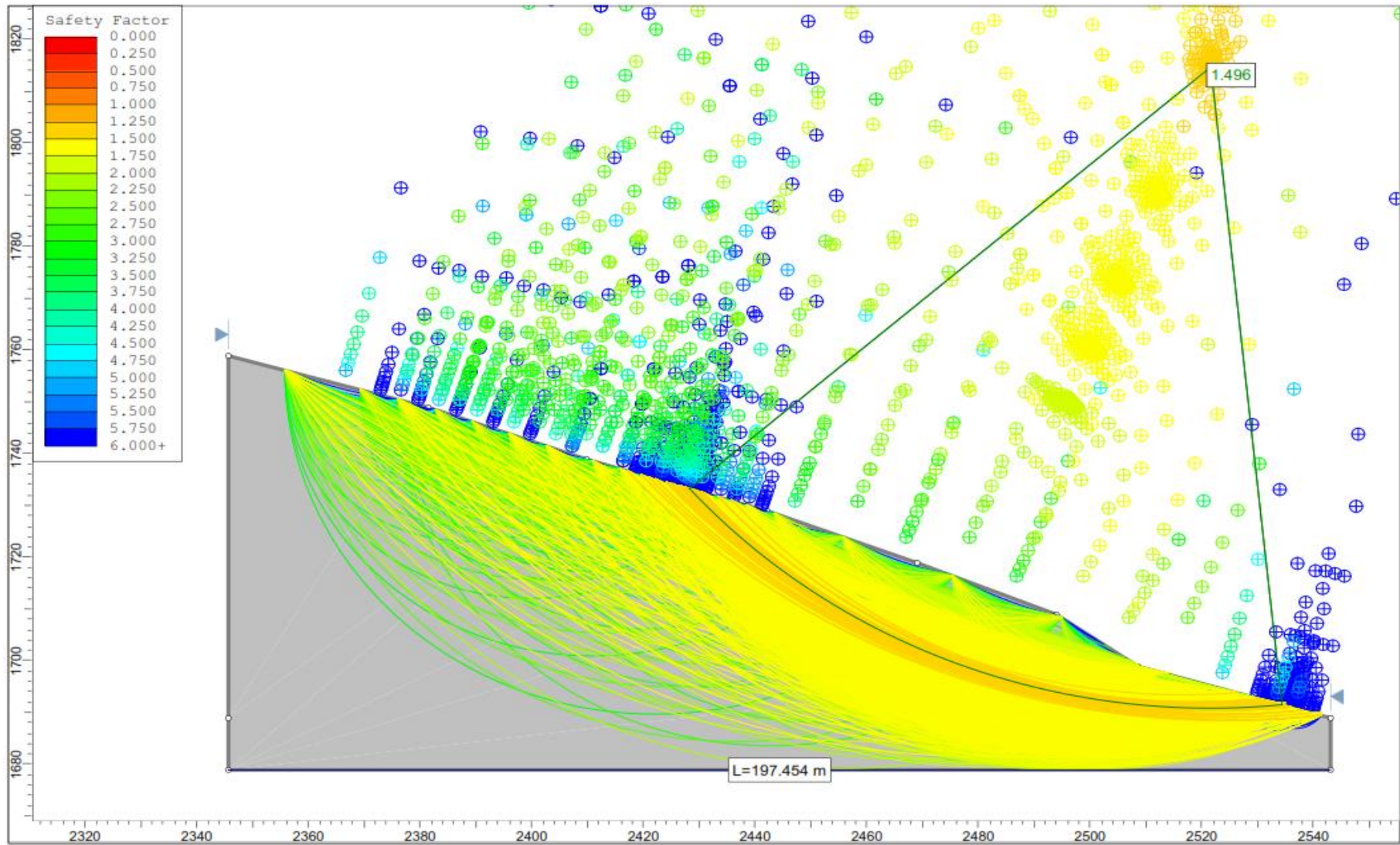


Figura 22. Cálculo del Factor de Seguridad sección C-C' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales del deslizamiento Dz-03

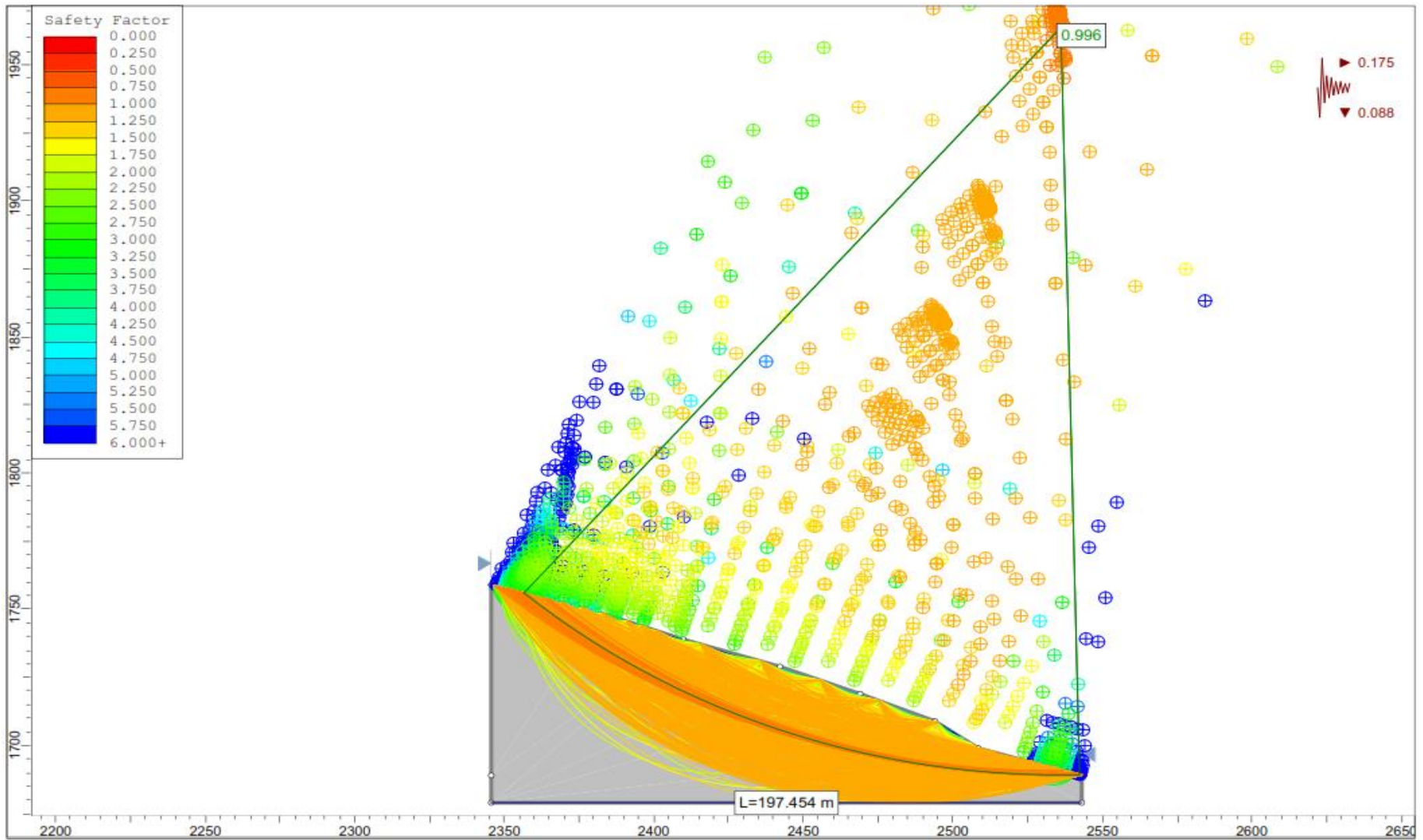


Figura 23. Cálculo del Factor de Seguridad sección C-C' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales y sismicidad del deslizamiento Dz-03

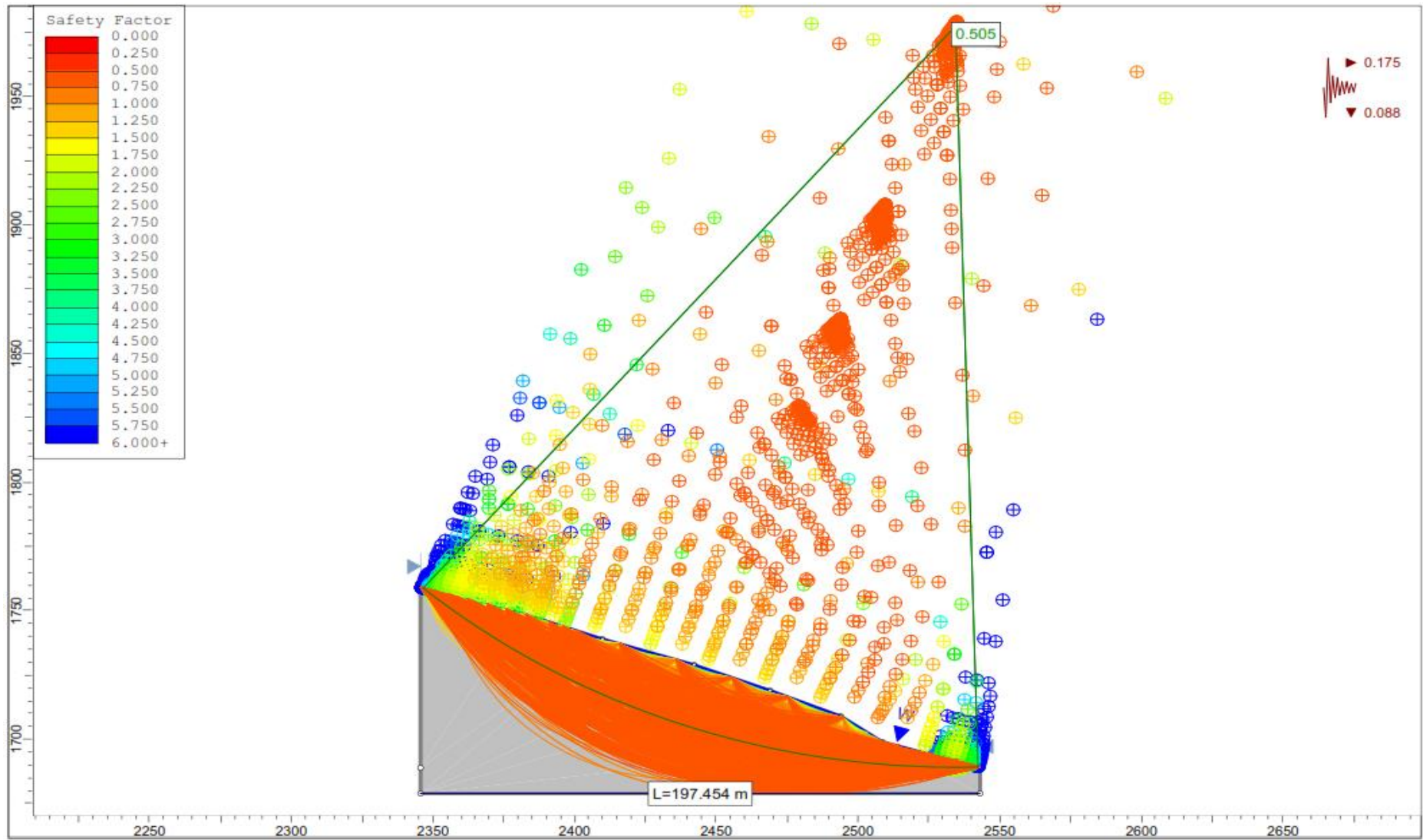


Figura 24. Cálculo del Factor de Seguridad sección C-C' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones de saturación y sismicidad del deslizamiento Dz-03

Cuadro 24. Matriz de caracterización de deslizamiento Dz-03

DESPLAZAMIENTO							
Código	Dz-03	Coordenada Este	793312	Coordenada Norte	9215981	Cota	3149
DIMENSIONES (m)							
Ancho de la masa desplazada (Wd)	Ancho de la superficie de falla (Wr)	Longitud de la masa deslizada (Ld)	Longitud de la superficie de falla (Lr)	Prof. De la masa desplazada (Dd)	Prof. De la superficie de falla (Dr)	Longitud total (L)	Longitud de la línea central (Lc)
86	90	172	95	25	30	200	192
MOVIMIENTO							
TIPO				MATERIAL			
Deslizamiento rotacional		Deslizamiento traslacional		Roca	Detritos	Suelo	Depósito
X						X	X
CAUSAS DEL MOVIMIENTO							
CONDICIÓN	EVENTO			DETONANTE	ESTADO DE LA ACTIVIDAD		
X	Lluvias			X	Activo		
X	Gravedad				Reactivo		
X	Vibración artificial (explosiones, sismicidad, otro)				Suspendido		
	Minería				Inactivo	X	
	Socavación del pie del talud por corriente de agua				Dormido		
	Excavación del pie del talud				Abandonado		
	Carga en la corona				Estabilizado		
	Erosión subterránea				REPETICIÓN		
	Irrigación				Progresivo		
	Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje				Retrogresivo		
	Escape de aguas de tubería				Ampliándose		
	Material meteorizado				Alargándose		
	Material fisurado o agrietado				Confinado	X	
	Deforestación o ausencia de vegetación				Disminuyendo		
HUMEDAD							
Seco		Húmedo		Mojado		Muy mojado	
		X					
ESTILO DEL EVENTO				IMPORTANCIA			
Complejo				Muy alta			X
Compuesto				Alta			
Múltiple				Media			
Sencillo			X	Baja			

3.10.4 Estación N° 04

Se encuentra ubicada al oeste del distrito de La Encañada el deslizamiento denominado Dz-04 afectando la ladera donde se encuentra edificaciones de los pobladores poniendo en riesgo a la población por movimiento de masas, el tipo de material que compone la ladera es un depósito cuaternario del tipo coluvio-aluvial con composición de arcillas de baja plasticidad con fragmentos de roca.



Foto 18. Delimitación del deslizamiento Dz-04 que se encuentra afectando las edificaciones

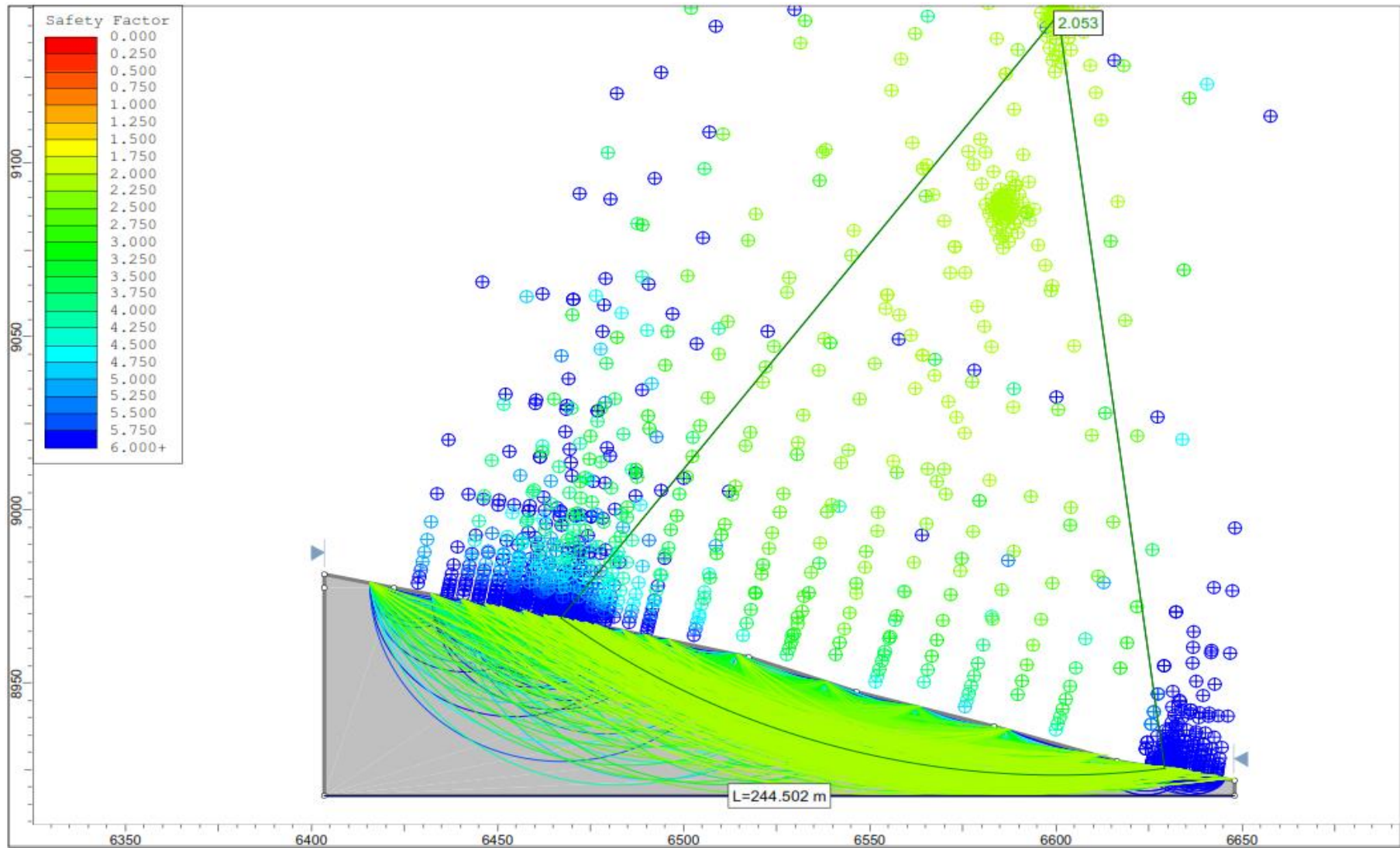


Figura 25. Cálculo del Factor de Seguridad sección D-D' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales del deslizamiento Dz-04

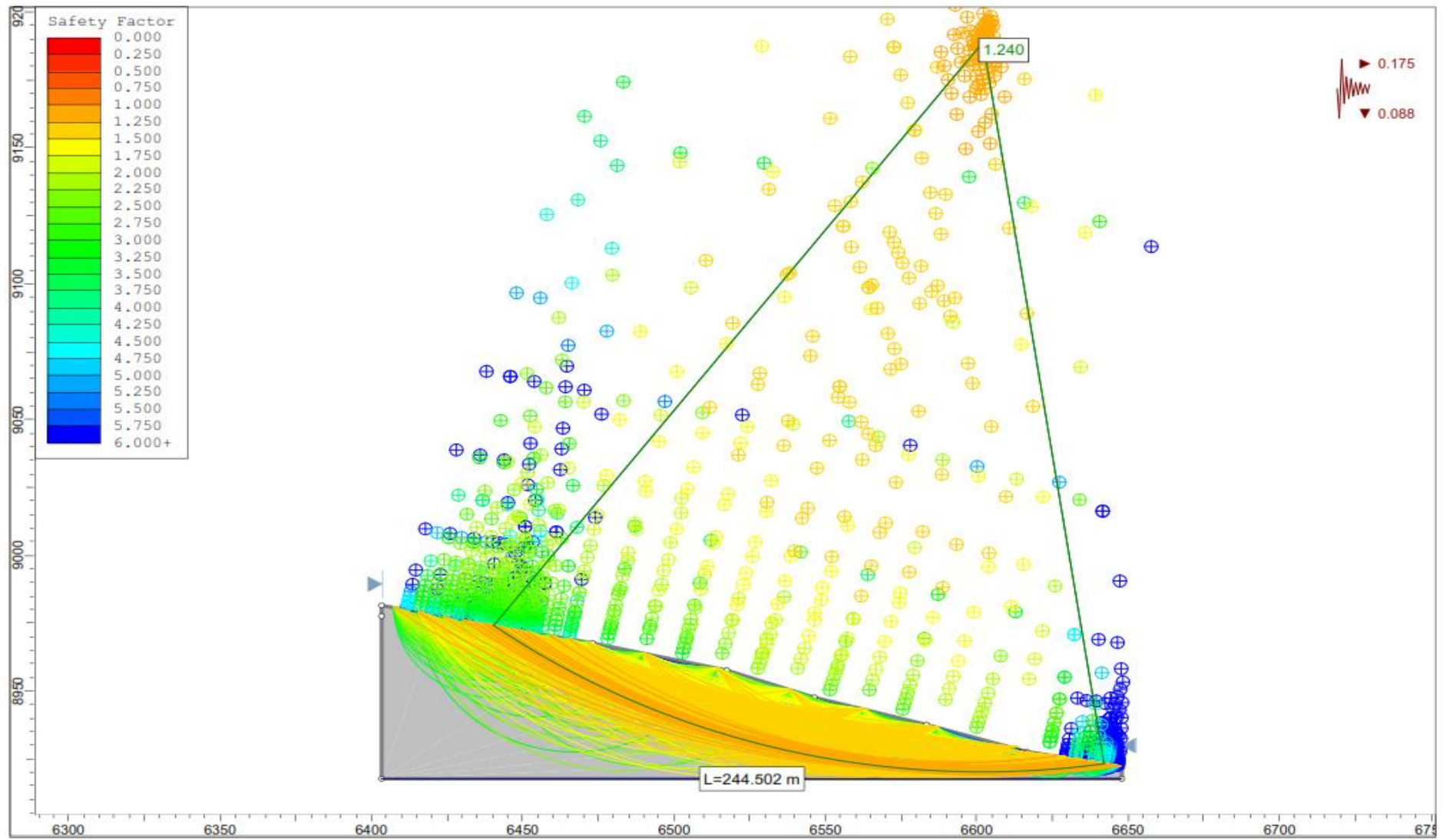


Figura 26. Cálculo del Factor de Seguridad sección D-D' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones naturales y sismicidad del deslizamiento Dz-04

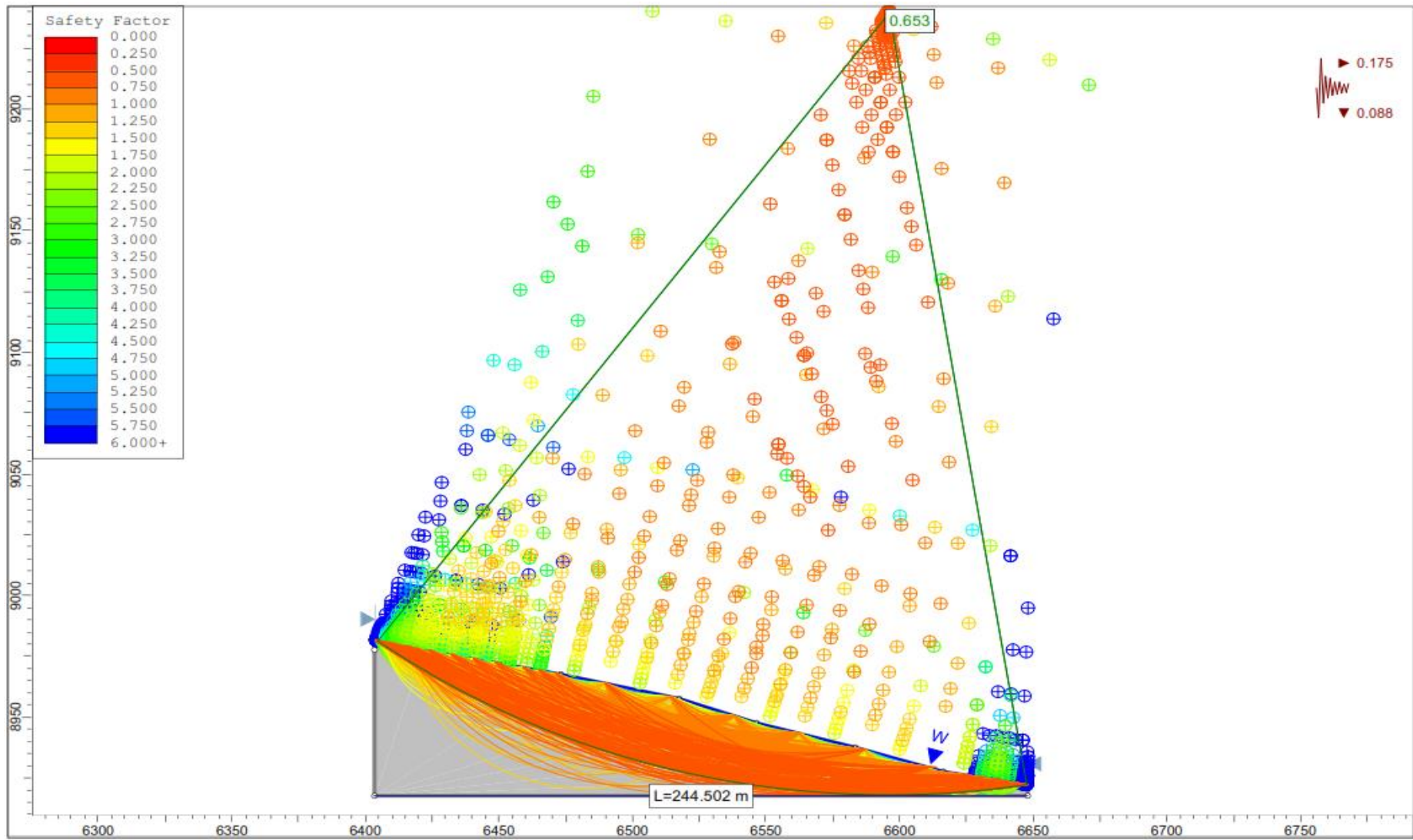


Figura 27. Cálculo del Factor de Seguridad sección D-D' con valores mínimos de c y ϕ en condiciones de saturación y sismicidad del deslizamiento Dz-04

Cuadro 25. Matriz de caracterización de deslizamiento Dz-04

DESPLAZAMIENTO							
Código	Dz-04	Coordenada Este	793178	Coordenada Norte	9216032	Cota	3169
DIMENSIONES (m)							
Ancho de la masa desplazada (Wd)	Ancho de la superficie de falla (Wr)	Longitud de la masa deslizada (Ld)	Longitud de la superficie de falla (Lr)	Prof. De la masa desplazada (Dd)	Prof. De la superficie de falla (Dr)	Longitud total (L)	Longitud de la línea central (Lc)
175	190	210	245	26	28	280	225
MOVIMIENTO							
TIPO				MATERIAL			
Deslizamiento rotacional		Deslizamiento traslacional		Roca	Detritos	Suelo	Depósito
X						X	X
CAUSAS DEL MOVIMIENTO							
CONDICIÓN	EVENTO			DETONANTE	ESTADO DE LA ACTIVIDAD		
X	Lluvias				Activo		
X	Gravedad				Reactivo		
X	Vibración artificial (explosiones, sismicidad, otro)				Suspendido		
	Minería				Inactivo		X
	Socavación del pie del talud por corriente de agua				Dormido		
	Excavación del pie del talud				Abandonado		
	Carga en la corona				Estabilizado		
	Erosión subterránea				REPETICIÓN		
	Irrigación				Progresivo		
	Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje				Retrogresivo		
	Escape de aguas de tubería				Ampliándose		
	Material meteorizado				Alargándose		
	Material fisurado o agrietado				Confinado		X
	Deforestación o ausencia de vegetación				Disminuyendo		
HUMEDAD							
Seco		Húmedo		Mojado		Muy mojado	
		X					
ESTILO DEL EVENTO				IMPORTANCIA			
Complejo				Muy alta			X
Compuesto				Alta			
Múltiple				Media			
Sencillo			X	Baja			

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis geotécnico de laderas y taludes del distrito de La Encañada se ha realizado cuatro estaciones geomecánicas de campo mediante caracterización geomecánica en macizos rocosos y muestreo de suelos en depósitos cuaternarios del tipo coluvio-aluvial, luego se utilizó el software Rock data para obtener los parámetros geomecánicos en rocas para procesar dichos resultados en el software Slide, donde se obtuvo los Factores de Seguridad (FS) en condiciones normales, condiciones normales con sismicidad y condiciones de saturación con sismicidad.

Estación 01

La valoración geomecánica de la estación 01 se realizó a detalle en los Cuadros 19 y 20, a continuación, mostramos el resumen en los Cuadros 26 y 27, además en el Cuadro 28 muestra el cálculo del Factor de Seguridad de dicha estación en el Software Slide.

Cuadro 26. Caracterización geomecánica del macizo rocoso estación 01

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE MACIZO ROCOSO								
ESTACIÓN	RMR	GSI	TIPO	Parámetros de Hoek y Brown			Parámetros Mohr - Coulomb	
				mb	s	a	Cohesión	Ángulo de Fricción
ESTACIÓN 01	35-40	30-35	MALA	35 MPa	0.0004	0.522	1.187 MPa	27.24°

Cuadro 27. Caracterización geomecánica del suelo estación 01

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE SUELOS				
ESTACIÓN	CLASIFICACIÓN SUCS	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ)	COHESIÓN (c)	PESO ESPECÍFICO (Y)
ESTACIÓN 01	CL	24°	14.71 KN/m ²	18.15 KN/m ³

Cuadro 28. Cálculo del Factor de Seguridad estación 01

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD – SECCIÓN A-A´			
	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NATURALES Y SISMICIDAD	CONDICIONES SATURACIÓN Y SISMICIDAD
Método	Factor de seguridad	Factor de seguridad	Factor de seguridad
GLE/ Morgenster - Price	1.159	0.894	0.547
Spencer	1.156	0.893	0.544
Bishop simplificado	1.109	0.888	0.231

Estación 02

La valoración geomecánica de la estación 02 se realizó a detalle en los Cuadros 19, a continuación, mostramos el resumen en los Cuadros 29, además en el Cuadro 30 muestra el cálculo del Factor de Seguridad de dicha estación en el Software Slide.

Cuadro 29. Caracterización geomecánica del macizo rocoso estación 02

CARACTERIZACIÓN GEOMECAÁNICA DE MACIZO ROCOSO								
ESTACIÓN	RMR	GSI	TIPO	Parámetros de Hoek y Brown			Parámetros Mohr - Coulomb	
				mb	s	a	Cohesión	Ángulo de Fricción
ESTACIÓN 02	40	30-35	REGULAR A MALA	75 MPa	0.0007	0.516	1.683 MPa	34.96°

Cuadro 30. Cálculo del Factor de Seguridad estación 02

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD - SECCIÓN B-B´			
	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NATURALES Y SISMICIDAD	CONDICIONES SATURACIÓN Y SISMICIDAD
Método	Factor de seguridad	Factor de seguridad	Factor de seguridad
GLE/ Morgenster - Price	1.895	1.465	0.563
Spencer	1.893	1.493	0.509
Bishop simplificado	1.895	1.475	0.506

Estación 03

La valoración geomecánica de la estación 03 se realizó a detalle en los Cuadros 19, a continuación, mostramos el resumen en los Cuadros 31, además en el Cuadro 32 muestra el cálculo del Factor de Seguridad de dicha estación en el Software Slide.

Cuadro 31. Caracterización geomecánica del suelo estación 03

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE SUELOS				
ESTACIÓN	CLASIFICACIÓN SUCS	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	COHESIÓN (c)	PESO ESPECÍFICO (Y)
ESTACIÓN 03	CL	24°	14.71 KN/m ²	18.15 KN/m ³

Cuadro 32. Cálculo del Factor de Seguridad Estación 03

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD - SECCIÓN C-C'			
	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NATURALES Y SISMICIDAD	CONDICIONES SATURACIÓN Y SISMICIDAD
Método	Factor de seguridad	Factor de seguridad	Factor de seguridad
GLE/ Morgenster - Price	1.496	0.996	0.505
Spencer	1.492	0.996	0.504
Bishop simplificado	1.491	0.998	0.501

Estación 04

La valoración geomecánica de la estación 04 se realizó a detalle en los Cuadros 19, a continuación, mostramos el resumen en los Cuadros 33, además en el Cuadro 34 muestra el cálculo del Factor de Seguridad de dicha estación en el Software Slide.

Cuadro 33. Caracterización geomecánica del suelo estación 04

CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DE SUELOS				
ESTACIÓN	CLASIFICACIÓN SUCS	ÁNGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	COHESIÓN (c)	PESO ESPECÍFICO (Y)
ESTACIÓN 03	CL	24°	14.71 KN/m ²	18.15 KN/m ³

Cuadro 34. Cálculo del Factor de Seguridad Estación 04

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD - SECCIÓN D-D'			
	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NATURALES Y SISMICIDAD	CONDICIONES SATURACIÓN Y SISMICIDAD
Método	Factor de seguridad	Factor de seguridad	Factor de seguridad
GLE/ Morgenster - Price	2.053	1.240	0.653
Spencer	2.050	1.238	0.656
Bishop simplificado	2.053	1.240	0.650

El cálculo del Factor de Seguridad de taludes y laderas de los alrededores del distrito de La Encañada son menores a 1 en condiciones de saturación y sismicidad que fueron analizados en base al comportamiento geoestructural, geomorfológico, geomecánico de los macizos rocosos, determinándose cuatro eventos geodinámicos de potencial peligro en tiempos de altas precipitaciones por encima de los 100 mm.

4.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Con la investigación se demostró que la inestabilidad geotécnica de laderas y taludes en los alrededores del distrito de La Encañada, es causada por los agentes detonantes de precipitación, infiltración y sismicidad, los cuales inciden sobre las estructuras, geoformas, y preferentemente sobre las discontinuidades, fracturas y fallas, disminuyendo los parámetros de resistencia de los materiales como son la cohesión y la fricción interna. De esta manera hemos contrastado la hipótesis propuesta en el proyecto de investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En el distrito de La Encañada, se determinó cuatro zonas críticas condicionadas por los deslizamientos Dz-01 y Dz-02 que estos impactan directamente en la vía principal de acceso, mientras que los deslizamientos Dz-03 y Dz-04 afectan las edificaciones de los pobladores

El cartografiado geológico determinó que los deslizamientos según la estratigrafía están en la Formación, Yumagual, Pariatambo y en depósitos coluvio-aluvial

La caracterización geomecánica en la estación 01 tiene un valor de GSI = 30-35 en roca tipo IV de Calidad Mala y en suelos una arcilla de baja plasticidad denominado CL; en la estación 02 se obtuvo una caracterización RMR89 en roca tipo IV considerada de Calidad Mala y por último en la estación 03 y 04 se caracterizó a los suelos como arcillas de baja plasticidad denominados CL.

El volumen de infiltración en la subcuenca río La Encañada es 198.2 MMC, mientras que la infiltración en el área de estudio es de 9.74 MMC, que representa un 4.91% del total del volumen infiltrado.

Se analizó la variable sismicidad con coeficientes de aceleración vertical y horizontal obteniendo valores de 0.088 y 0.175 respectivamente

Se calculó los Factores de Seguridad críticos en condiciones de saturación y sismicidad con el método GLE/ Morgenstern Price obteniendo en la Estación 01 un FS = 0.547, en la Estación 02 un FS = 0.563, en la Estación 03 un FS = 0.505 y en la Estación 04 un FS = 0.653 resultando todos estos inestables.

El plano de zonificación geotécnica se cartografió los cuatro deslizamientos de tipo rotacional en los alrededores del distrito de La Encañada

5.2 RECOMENDACIONES

El Municipio Distrital de La Encañada debe realizar constante monitoreo de los deslizamientos Dz-01, Dz-03 y Dz-04 teniendo especial atención en los tiempos de precipitaciones pluviales mayores a 100 mm/mes.

Se recomienda al Municipio de La Encañada realizar un estudio de peligro, vulnerabilidad y riesgo geológico en el distrito de La Encañada, en base a los deslizamientos Dz-01, Dz-03 y Dz-04

Se recomienda al Municipio de La Encañada realizar un plan de contingencias ante posible activación de los deslizamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo, D y Parias, J. 2013. Análisis de amenaza por fenómenos de remoción en masa en la región del boquerón ubicada entre los departamentos de Cundinamarca y Tolima mediante el uso de un sistema de información geográfica de libre distribución. Tesis título en Ing. Bogotá, Colombia, Universidad Católica de Colombia. 73 p.
- Bieniawski, Z. 1989. Ingeniería clasificaciones del macizo rocoso. Wiley y Sons, Nueva York, 251 p.
- Das, B. 2001. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Primera edición. Nevada, EUA, Imprenta Thomson Learning. 587 p.
- Das, B. 2015. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Cuarta edición. Nevada, EUA, Imprenta Cengage Learning. 658 p.
- Dávila, J. 2011. Diccionario Geologico. Lima, Perú. INGEMMET. 901 p.
- Fuentes, L. 2017. Análisis geodinámico de las zonas inestables en los alrededores del poblado de Jesús. Tesis título en ing. Cajamarca, Perú, UNC. 119 p.
- Gavilanes, H; Andrade Haro, B. 2004. Introducción a la Ingeniería de Túneles. Quito, Ecuador. 340 p.
- Gómez, J. 2017. Evaluación geodinámica y modelamiento geotécnico del deslizamiento de madrigal – Arequipa. Tesis Magister en Geología. Lima, Perú, UNMSM. 201 p.
- Gómez, N; Osorio, Y; Salazar, J. 2013. SIG para determinar la susceptibilidad a movimientos en masa en la cuenca del rio Campoalegre. Tesis título en Ing. Manizales, Colombia, Universidad de Manizales. 88 p.
- González de Vallejo, L. 2004. Ingeniería Geológica. Madrid, España. Imprenta Pearson Educación. 738p.

- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, L. 2014. Metodología de la investigación. Sexta Edición. McGraw-Hill. México D.F. México. 634p.
- Highland, L; Bobrowsky, Peter. 2008. Manual de derrumbes. Guía para entender todo sobre los derrumbes: Reston, Virginia, Circular 1325 del Sistema Geológico de los EUA, 129 p.
- Hoek, E y Brown, E. 1997. Estimación de la resistencia de macizos rocosos en la práctica. Chile. 32 p.
- Leyover, I. 2016. Movimientos en masa en el tramo Alóag – Tandapi en el año 2015. Tesis en Ing. Quito, Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 80 p.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2018. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Lima, Perú. 32 p.
- Ochoa, L. 2016. Inestabilidad de taludes en el sector de Santa Bárbara de la ciudad de Huancavelica. Tesis en Ing. Huancayo, Perú, Universidad Peruana los Andes. 107 p.
- Paredes, O. 2016. Evaluación geológico – geodinámica de la carretera de ingreso a la central hidroeléctrica potrero – San Marcos. Tesis en Ing. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 184 p.
- Reyes, L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Boletín No. 31. Instituto geológico minero y metalúrgico. Lima, Perú. 83 p.
- Rodríguez, J; Serra, J; Oteo, C. 1989. Curso aplicado de cimentaciones. España. 266 p.
- Rodríguez, S. 2016. Método de investigación geológico-geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos zona Ronquillo-Corisorgona. Tesis de Maestría en Geología. Lima, Perú, UNMSM. 151 p.
- Suarez, J. 2009. Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Publicaciones UIS. Colombia. 588p.

Sánchez, M. 2018. Zonificación y evaluación de peligros por geodinámica externa en la cuenca del río Pichari, distrito de Pichari, la convención – Cusco. Tesis en Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Federico Villareal. 117 p.

ANEXO 01

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANEXO 02

PLANOS

ANEXO 03

SECCIONES GEOLÓGICAS Y COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

ESTUDIO DE SUELOS

TESIS:

“ANÁLISIS GEOTECNICO DE LAS LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA- DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA”

SOLICITANTE:

Bachiller: Edgar Michel Cruzado Barboza

UBICACIÓN:

ENCAÑADA-CAJAMARCA-CAJAMARCA

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Nuñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

CODIGO	: LGI-INF-0176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	:20/08/2022

CAJAMARCA, AGOSTO 2022

CONTENIDO

DATOS GENERALES	2
INFORME TÉCNICO.....	4
INFORME LABORATORIO.....	11
ANEXO 1: ENSAYOS DE LABORATORIO	13
ANEXO 2: PLANO DE UBICACIÓN.....	35
ANEXO 3: MAPA SÍSMICO DEL PERÚ	38
ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO.....	40



Grupo
INGESA

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



Grupo
DATOS GENERALES
INGESA

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

DATOS GENERALES
LGI – INF – 176 – 2022

I. DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE DEL CLIENTE : BACHILLER.EDGAR MICHEL CRUZADO BARBOZA
TELEFONO : (+51) 970019413

II. DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DE LA TESIS : " ANALISIS GEOTECNICO DE LAS LADERAS
Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA
CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE
CAJAMARCA-DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA".

UBICACIÓN : DISTRITO DE ENCAÑADA, PROVINCIA
DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA.

III. FECHAS

FECHA DE MUESTREO : 2022-08-08
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2022-08-09
FECHA DE TERMINO DE ENSAYOS: 2022-08-18
FECHA DE INFORME : 2022-08-20

NOTAS:

1. El presente informe de ensayo solo puede ser difundido en su totalidad y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la aprobación escrita del laboratorio de GRUPO INGESA SAC
2. Informes sin firma y sello carecen de validez.
3. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Los resultados corresponden a los ensayos realizados a las muestras extraídas por el personal del Laboratorio de Grupo INGESA SAC

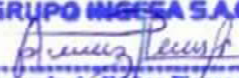
GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 76811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

CODIGO	: LGI-INF-176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022



INFORME TÉCNICO

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Bóbez Plazaencia
REG. CIP. 78819
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

INFORME TÉCNICO DE MECANICA DE SUELOS

1.0. GENERALIDADES

1.1. Objetivo del Informe

El presente Informe Técnico tiene por finalidad dar a conocer al Bachiller Edgar Michel Cruzado Barboza, los resultados de las investigaciones del suelo del terreno de fundación donde se ejecutará el Proyecto: "ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA – PROVINCIA DE CAJAMARCA – DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA", por medio de trabajos de campo a través de CUATRO (04) muestreos de exploración a cielo abierto, ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del subsuelo, y labores de gabinete en base a los cuales se define dichas características, conclusiones y recomendaciones generales para la cimentación.

1.2. Normatividad

El presente trabajo está elaborado en concordancia con la norma E-050 de suelos y cimentaciones del reglamento nacional de edificaciones.

1.3. Ubicación y Descripción del Área en Estudio.

El terreno destinado para la tesis: "ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA-DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA", se encuentra ubicado Distrito de la Encañada, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca.

1.4. Condición Climática y Altitud de la Zona

El distrito de la Encañada, es uno de los doce distritos que conforman la provincia de Cajamarca del departamento de Cajamarca. Limita al norte con Hualgayoc, por el sur con Namora, al este con el distrito de Baños del Inca y al oeste con parte de Celendín, se encuentra a una altitud media de 3098 m.s.n.m., con una superficie territorial de 635.06 Km².

El clima de la zona de proyecto es cálido y templado. La media anual de temperatura máxima y mínima es de 26 °C y 6 °C. Octubre y mayo son los meses de mayor periodo de lluvias. Con una precipitación anual promedio de 56 mm.

2.0. GEOLOGÍA Y SISMICIDAD EN EL ÁREA EN ESTUDIO

2.1. Geología

El departamento de Cajamarca se encuentra mayormente cubierta por rocas sedimentarias del Cretáceo, del Paleógeno - Neógeno y sedimentos del Cuaternario, en menor proporción rocas del Paleozoico (Ordovícico, Carbonífero, Pérmico), Triásico – Jurásico; así como también rocas del Precámbrico.

Las características geológicas que presenta el departamento de Cajamarca, se encuentran relacionadas a su origen, a su tectónica y a su cronología, siendo el Complejo Marañón el más antiguo y corresponde al Precámbrico.

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

2.2. Sismicidad

El Perú por estar comprendido como una de las regiones de más alta actividad sísmica, forma parte del Cinturón Circunpacífico, que es una de las zonas sísmicas más activas del mundo.

Razón por la cual debe tenerse la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades altas.

Dentro del territorio peruano se ha establecido diversas zonas sísmicas las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor presencia de los sismos. Según mapa de zonificación sísmica que se anexa, y de acuerdo a las Normas Sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones el suelo en estudio se encuentra en la Zona 2 y la fuerza sísmica horizontal se puede calcular de acuerdo a la siguiente relación:

$$H = \frac{Z x U x C x S x P}{Rd}$$

Donde:

S es el factor del suelo con un valor de 1.4, para un período predominante de Ts=0.9 Seg.

Z es el factor de zona con un valor de 0.25

C es factor de amplificación sísmica ($C = 2.5 \times (Ts/T)^{1.25} \leq 2.5$)

U es el factor de uso (para el caso de centros educativos U)

3.0. INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO

3.1. Trabajos Realizados.

El programa de trabajo realizado ha consistido en:

- Reconocimiento del terreno.
- Excavación para el muestreo.
- Toma de Muestras alteradas e inalteradas.
- Ejecución de Ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los Trabajos de Campo y Laboratorio.

3.2. Ubicación de la zona de estudio

3.2.1 Coordenadas:

Las calicatas estudiadas se encuentran localizadas, en las siguientes coordenadas UTM, según lo detallado a continuación:

TABLA 01. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE CALICATAS

CALICATA	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTE	794088	794108	793312	793178
NORTE	9216943	9216936	9215981	9216032
ZONA	17M			

GRUPO INGESA S.A.C.

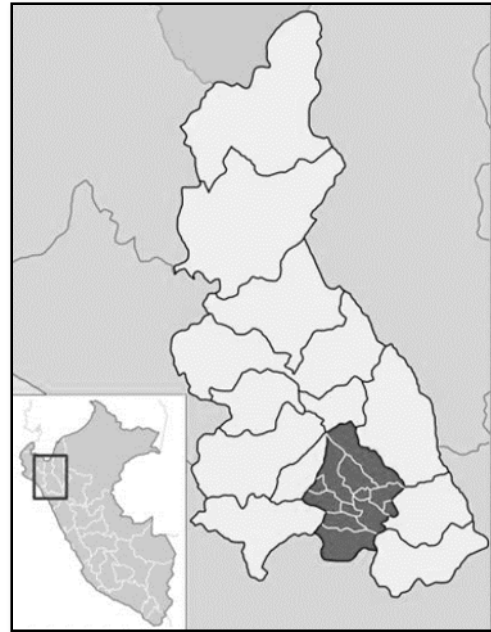
Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

CODIGO	: LGI-INF-176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

2.2.1 Macro localización:



UBICACIÓN DEPARTAMENTAL
DEPARTAMENTO CAJAMARCA



UBICACIÓN PROVINCIAL
PROVINCIA DE CAJAMARCA

2.2.2 Micro localización:



UBICACIÓN DISTRITAL
DISTRITO DE LA ENCAÑADA

GRUPO INGESA S.A.C.
Segundo A. Bóhez Pisencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

2.2.3 Datos de las muestras

TABLA 2. DATOS DEL MUESTREO SUPERFICIAL

CARACTERISTICAS	M-1	M-2	M-3	M-4
LUGAR	TALUD	TALUD	LADERA	LADERA
PROFUNDIDAD (m)	0.20	0.20	0.20	0.20

4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para la ejecución de los ensayos de laboratorio se tuvo en cuenta las Normas A.S.T.M., N.T.P Y MTC, de manera de poder determinar las características del material en estudio. Los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Contenido de Humedad (AASHTO T 265 / ASTM D 2216)
- Análisis granulométrico por tamizado (AASHTO T 88 / ASTM 422)
- Límite líquido (AASHTO T 89 – ASTM D 4318)
- Límite plástico (AASHTO T 89 – ASTM D 4318)
- Densidad Natural

Tomando en cuenta los ensayos mencionados; a continuación, se detalla las características del material proveniente de la cantera en estudio:

TABLA 3. RESULTADOS DE ENSAYOS ESTÁNDAR

MUESTRA		M-1	M-2	M-3	M-4
Contenido de Humedad		13.20	8.95	11.19	11.81
GRANULOMETRIA	% Pasa Tamiz N°10	88.60	90.10	88.50	89.10
	% Pasa Tamiz N°40	81.70	83.50	81.60	82.60
	% Pasa Tamiz N°200	75.50	77.90	75.50	77.00
LIMITES	Límite Líquido	30.00	32.00	32.00	30.00
	Límite Plástico	21.00	21.00	21.00	21.00
	Índice de Plasticidad	9.00	11.00	11.00	9.00
Densidad Natural		1.81	1.82	1.83	1.84
Clasificación SUCS		CL	CL	CL	CL

GRUPO INGESA S.A.C.


 Segundo A. Nuñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

5.0. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

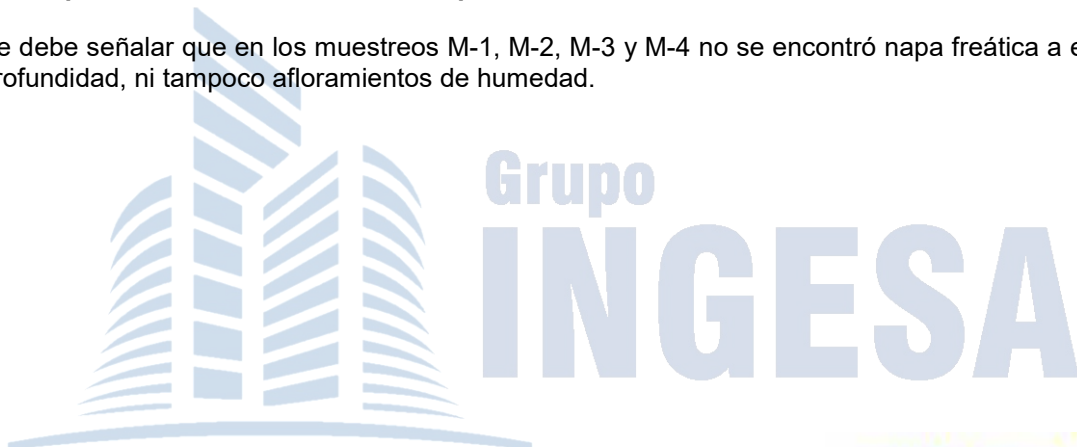
5.1. Descripción del Perfil Estratigráfico

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce la siguiente conformación:

- **Muestra M-1**, Esta muestra presenta un estrato de hasta 0.20 m. de profundidad, constituido por suelo color blanquecino con presencia de materia orgánica. Existe un segundo estrato constituido por arcilla de baja plasticidad, color marrón claro.
- **Muestra M-2**, Esta muestra presenta un estrato de hasta 0.20 m. de profundidad, constituido por suelo color blanquecino con presencia de materia orgánica y raíces. Existe un segundo estrato constituido por arcilla de baja plasticidad, color marrón claro.
- **Muestra M-3**, Esta muestra presenta un estrato de hasta 0.20 m. de profundidad, constituido por suelo color blanquecino. Existe un segundo estrato constituido por arcilla de baja plasticidad, color marrón claro.
- **Muestra M-4**, Esta muestra presenta un estrato de hasta 0.20 m. de profundidad, constituido por suelo color blanquecino. Existe un segundo estrato constituido por arcilla de baja plasticidad, color marrón claro.

5.2. Aspectos Relacionados con la Napa Freática.

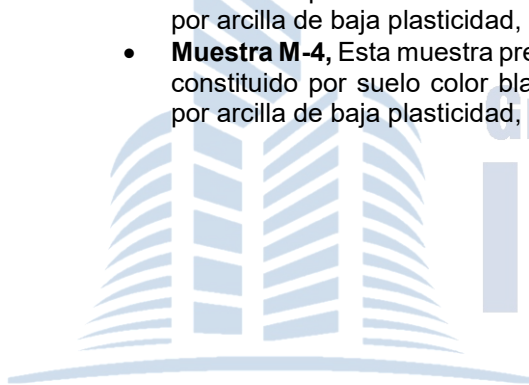
Se debe señalar que en los muestreos M-1, M-2, M-3 y M-4 no se encontró napa freática a esa profundidad, ni tampoco afloramientos de humedad.



6.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En función a los resultados de los ensayos de laboratorio, establecemos las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- El terreno en estudio, se encuentra ubicado en el Distrito de la Encañada, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca.
- El subsuelo del terreno donde se realizó dichos análisis para la tesis: "ANÁLISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA-DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA", está conformado básicamente por:
 - **Muestra M-1**, Esta muestra presenta un estrato de hasta 0.20 m. de profundidad, constituido por suelo color blanquecino con presencia de materia orgánica. Existe un segundo estrato constituido por arcilla de baja plasticidad, color marrón claro.
 - **Muestra M-2**, Esta muestra presenta un estrato de hasta 0.20 m. de profundidad, constituido por suelo color blanquecino con presencia de materia orgánica y raíces. Existe un segundo estrato constituido por arcilla de baja plasticidad, color marrón claro.
 - **Muestra M-3**, Esta muestra presenta un estrato de hasta 0.20 m. de profundidad, constituido por suelo color blanquecino. Existe un segundo estrato constituido por arcilla de baja plasticidad, color marrón claro.
 - **Muestra M-4**, Esta muestra presenta un estrato de hasta 0.20 m. de profundidad, constituido por suelo color blanquecino. Existe un segundo estrato constituido por arcilla de baja plasticidad, color marrón claro.



Grupo
INGESA

GRUPO INGESA S.A.C.


Segundo A. Nuñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

CODIGO	: LGI-INF-176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022



**INFORME
LABORATORIO**

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

INFORME DE LABORATORIO

El objetivo del siguiente informe es dar a conocer los resultados de laboratorio obtenidos a partir de los ensayos realizados a las muestras LGI-M-0154-2022, LGI-M-0155-2022, LGI-M-0156-2022 y LGI-M-0157-2022 ingresadas al laboratorio de GRUPO INGESA el día 09.08.2022, por lo cual se detalla lo siguiente:

I. MUESTRA Y CONTRAMUESTRA

GRUPO INGESA SAC no ha participado en la toma de muestras, el muestreo ha sido realizado el día 08/08/2022. Se almacena contramuestra por un periodo de 15 días, a continuación, se muestra un cuadro con las muestras recibidas:

CUADRO N° 01: MUESTRAS RECIBIDAS

N° DE MUESTRA	COORDENADAS	N° MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	TIPO	CANTIDAD
M-1	E: 794088 N: 9216943	M1	LGI-M-0154-2022	Mas	01
M-2	E: 794108 N: 9216936	M2	LGI-M-0155-2022	Mas	01
M-3	E: 793312 N: 9215981	M3	LGI-M-0156-2022	Mas	01
M-4	E: 793178 N: 9216032	M4	LGI-M-0157-2022	Mas	01

II. ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO

Los ensayos de las muestras se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos Pavimentos y Concreto de GRUPO INGESA SAC, ubicado en el Jr. Perea # 398. Los ensayos se realizaron bajo las normas ASTM, NTP y MTC. Los ensayos realizados son:

CUADRO N° 02: ENSAYOS DE LABORATORIO

CANTIDAD	ENSAYO	NORMA DE ENSAYO
04	Contenido de Humedad	ASTM D 2216 / NTP 339.127 / MTC E 108
04	Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D 422 / NTP 339.128 / MTC E 107
04	Límite líquido	ASTM D 4318 / NTP 339.129 / MTC E 110
04	Límite plástico	ASTM D 4318 / NTP 339.129 / MTC E 111

Los resultados de los ensayos a indicados, se presentan en el anexo 1 del presente informe

GRUPO INGESA SAC

Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

CODIGO	: LGI-INF-176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

ANEXO 1: ENSAYOS DE LABORATORIO

GRUPO INGESA S.A.C.


Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 76811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

CODIGO	: LGE-INF-0176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO	: "ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "
UBICACIÓN	: DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.
SOLICITANTE	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA

RESUMEN MUESTRAS RECIBIDAS

MUESTRA	COORDENADAS		N° MUESTRA	CODIGO MUESTRA	TIPO MUESTRA	NUMERO DE MUESTRAS
	ESTE	NORTE				
M-1	794088.000	9216943.000	M-1	M00154-LGI-2022	Mas	01
M-2	794108.000	9216936.000	M-1	M00155-LGI-2022	Mas	01
M-3	793312.000	9215981.000	M-1	M00156-LGI-2022	Mas	01
M-4	793178.000	9216032.000	M-1	M00157-LGI-2022	Mas	01

RESUMEN ENSAYOS LABORATORIO

MUESTRA	M-1	M-2	M-3	M-4	
Contenido de Humedad (%)	13.20	8.95	11.19	11.81	
Granulometria	% Pasa Tamiz N°10	88.60	90.10	88.50	89.10
	% Pasa Tamiz N°40	81.70	83.50	81.60	82.60
	% Pasa Tamiz N°200	75.50	77.90	75.50	77.00
Limites	Limite Liquido	30.00	32.00	32.00	30.00
	Limite Plástico	21.00	21.00	21.00	21.00
	Índice de Plasticidad	9.00	11.00	11.00	9.00
Clasificación SUCS	CL	CL	CL	CL	
Densidad Natural	1.81	1.82	1.83	1.84	

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	CODIGO	: LQFIN-0170-2022
		AREA	: LABORATORIO
		RESPONSABLE	: PRSA
		APROBADO	: GG
		FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	: "ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	: DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-1	ESTE:	794088.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216943.000

CONTENIDO DE HUMEDAD
A.S.T.M. D 2216 / NTP 339.127 / MTC E-108

CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° de Tara	C-10	C-21	C-5
W. Tara (g)	83.84	84.12	84.25
W. Tara + W. Muestra Húmeda (g)	525.27	523.24	535.31
W. Tara + W. Muestra Seca (g)	478.15	476.24	474.23
W. Agua (g)	47.12	47.00	61.08
W. Muestra Seca (g)	394.31	392.12	389.98
Contenido de Humedad (%)	11.95	11.99	15.66
w% PROMEDIO (%)	13.20		

GRUPO INGESA S.A.C.

 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

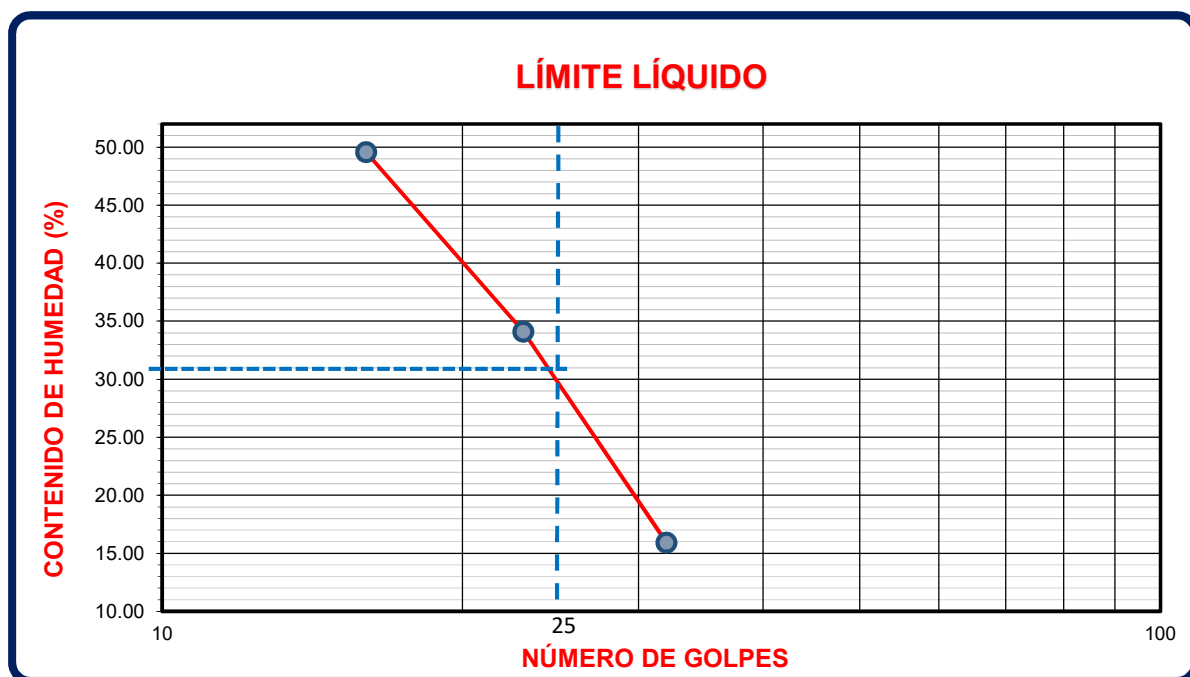
CODIGO	: LGI-INF-0176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-1	ESTE:	794088.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216943.000

LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318 / NTP 339.129 / MTC E-110 , MTC E-111

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:	Preparación Húmeda	EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO:	Manual
	Tamizado por lavado en el tamiz N° 40	EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO:	Manual
	Preparación con agua destilada	RANURADOR:	Plástico

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	TARA N°	1	2	3	4	5
W. Tara+ W. Muestra Húmeda (g)		24.87	23.95	24.81	18.48	18.46
W. Tara+ W. Muestra Seca (g)		20.12	20.53	22.84	17.05	17.04
W. Agua (g)		4.75	3.42	1.97	1.43	1.42
W. Tara (g)		10.54	10.50	10.47	10.20	10.23
W. Muestra Seca (g)		9.58	10.03	12.37	6.85	6.81
Contenido de Humedad (%)		49.58	34.10	15.93	20.88	20.85
N.GOLPES		16	23	32	PROMEDIO	20.86




LÍMITE LIQUIDO	30.00	LÍMITE PLÁSTICO	21.00	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9.00
-----------------------	-------	------------------------	-------	------------------------------	------

GRUPO INGESA S.A.C.

 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-1	ESTE:	794088.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216943.000

DENSIDAD NATURAL

DENSIDAD NATURAL		
PROPIEDADES	MOLDE METÁLICO	
	Peso del molde (Wc) (g)	165.12
	Diámetro (a) (cm)	4.14
	Altura (b) (cm)	6.03
	Volumen del molde (Vc) (cm ³)	81.17
Peso de la muestra + Peso del molde (Wh+c) (g)		312.35
Peso de la muestra (Wh) (g)		147.2
Dh (g/cm³)		1.81

GRUPO INGESA S.A.C.

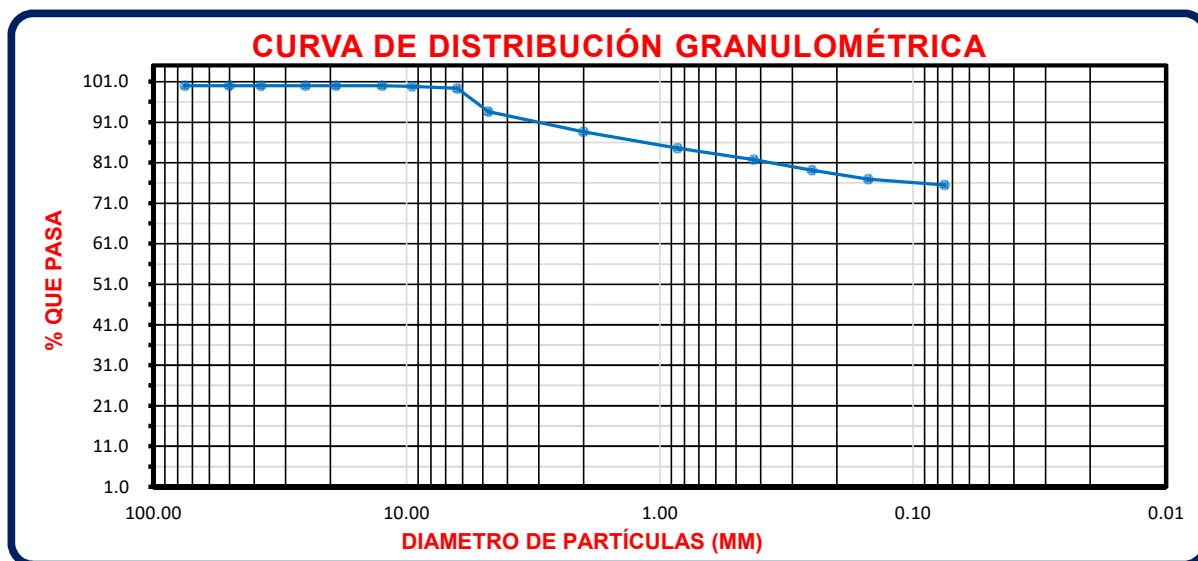
 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 74811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	CORRDENADAS	
MUESTRA	: M-1	ESTE:	794088.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216943.000

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

A.S.T.M. D 422 / NTP 339.128 / MTC E-107

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	E.T Afirmado Tipo A-1	Descripcion	
6 in.	150	0	0	100	-	-	Masa Muestra Húmeda: 2856.02
4 in.	100	0	0	100	-	-	Masa Seca Inicial: 2523.00
3 in.	75	0	0	100	-	-	Masa Seca Lavada: 620.04
2 in.	50	0	0	100	-	-	Bloques (>300 mm): 0%
1 1/2 in.	37.5	0	0	100	-	-	Bolones (75 mm - 300 mm): 0%
1 in.	25	0	0	100	-	-	Gravas (4.75 mm - 75 mm): 6%
3/4 in.	19	0	0	100	-	-	Arenas (0.075 mm - 4.75 mm): 18%
1/2 in.	12.5	0	0	100	-	-	Limos y Arcillas (<0.075 mm): 76%
3/8 in.	9.5	5.26	0.2	99.8	-	-	CARACTERÍSTICAS
1/4 in.	6.3	12.21	0.7	99.3	-	-	Diámetro Efectivo D ₆₀ (mm): -
No. 4	4.75	144.25	6.4	93.6	-	-	Diámetro Efectivo D ₃₀ (mm): -
No. 10	2	125.36	11.4	88.6	-	-	Diámetro Efectivo D ₁₀ (mm): -
No. 20	0.85	100.24	15.4	84.6	-	-	Coefficiente Uniformidad (Cu): -
No. 40	0.425	74.25	18.3	81.7	-	-	Coefficiente Curvatura (Cc): -
No. 60	0.25	65.25	20.9	79.1	-	-	Límite Líquido (LL): 30.00
No. 140	0.15	56.12	23.1	76.9	-	-	Límite Plástico (LP): 21.00
No. 200	0.075	35.42	24.5	75.5	-	-	Índice de Plasticidad (IP): 9.00
Cazoleta	-	1.5					Error de ensayo (%): 0.01%



	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	CODIGO	: LQFIN-0170-2022
		AREA	: LABORATORIO
		RESPONSABLE	: PRSA
		APROBADO	: GG
		FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	: "ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	: DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-2	ESTE:	794108.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216936.000

CONTENIDO DE HUMEDAD
A.S.T.M. D 2216 / NTP 339.127 / MTC E-108


CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° de Tara	C-25	C-36	C-20
W. Tara (g)	85.84	83.12	81.25
W. Tara + W. Muestra Húmeda (g)	515.47	503.24	515.34
W. Tara + W. Muestra Seca (g)	478.15	476.24	474.23
W. Agua (g)	37.32	27.00	41.11
W. Muestra Seca (g)	392.31	393.12	392.98
Contenido de Humedad (%)	9.51	6.87	10.46
w% PROMEDIO (%)	8.95		

GRUPO INGESA S.A.C.

 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-2	ESTE:	794108.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216936.000

DENSIDAD NATURAL	
-	

DENSIDAD NATURAL		
PROPIEDADES	MOLDE METÁLICO	
	Peso del molde (Wc) (g)	161.42
	Diámetro (a) (cm)	4.14
	Altura (b) (cm)	6.03
	Volumen del molde (Vc) (cm ³)	81.17
Peso de la muestra + Peso del molde (Wh+c) (g)		309.25
Peso de la muestra (Wh) (g)		147.8
Dh (g/cm³)		1.82

GRUPO INGESA S.A.C.

 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

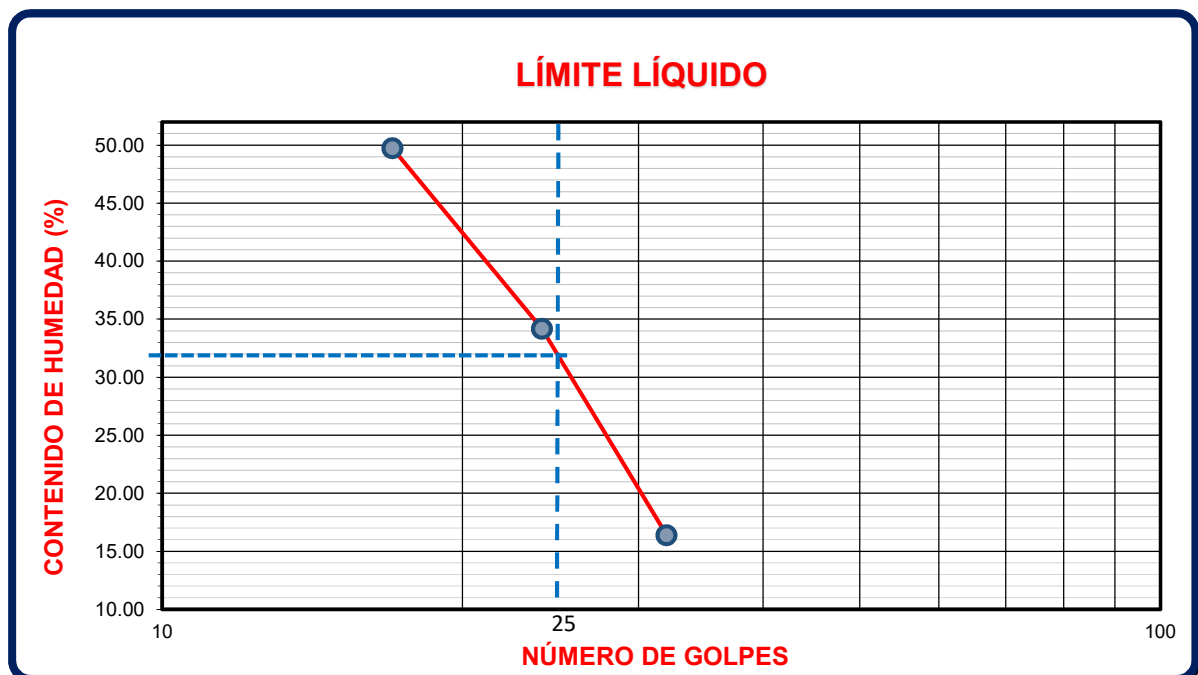
CODIGO	: LGI-INF-0176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-2	ESTE:	794108.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216936.000

LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318 / NTP 339.129 / MTC E-110 , MTC E-111

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:	Preparación Húmeda	EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO:	Manual
	Tamizado por lavado en el tamiz N° 40	EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO:	Manual
	Preparación con agua destilada	RANURADOR:	Plástico

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	TARA N°	1	2	3	4	5
W. Tara+ W. Muestra Húmeda (g)		24.88	23.93	24.83	18.47	18.43
W. Tara+ W. Muestra Seca (g)		20.11	20.51	22.80	17.04	17.02
W. Agua (g)		4.77	3.42	2.03	1.43	1.41
W. Tara (g)		10.52	10.51	10.43	10.20	10.21
W. Muestra Seca (g)		9.59	10.00	12.37	6.84	6.81
Contenido de Humedad (%)		49.74	34.20	16.41	20.91	20.70
N.GOLPES		17	24	32	PROMEDIO	20.81



LÍMITE LIQUIDO	32.00	LÍMITE PLÁSTICO	21.00	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11.00
-----------------------	-------	------------------------	-------	------------------------------	-------

GRUPO INGESA S.A.C.

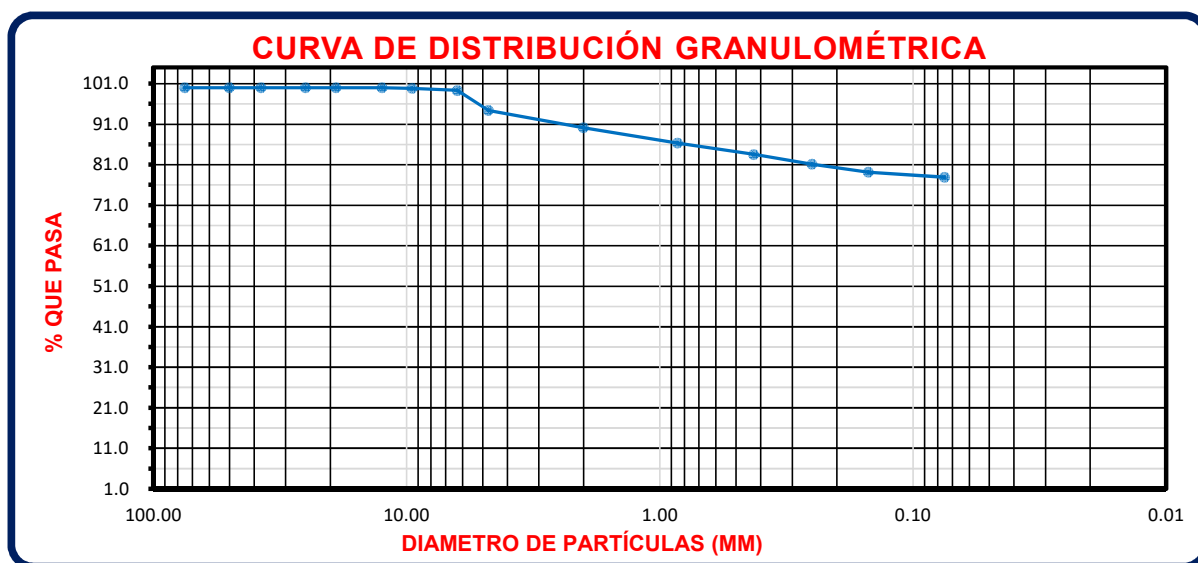
 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	CORRDENADAS	
MUESTRA	: M-2	ESTE:	794108.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216936.000

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

A.S.T.M. D 422 / NTP 339.128 / MTC E-107

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	E.T Afirmado Tipo A-1		Descripcion	
6 in.	150	0	0	100	-	-	Masa Muestra Húmeda:	2819.56
4 in.	100	0	0	100	-	-	Masa Seca Inicial:	2588.00
3 in.	75	0	0	100	-	-	Masa Seca Lavada:	588.04
2 in.	50	0	0	100	-	-	Bloques (>300 mm):	0%
1 1/2 in.	37.5	0	0	100	-	-	Bolones (75 mm - 300 mm):	0%
1 in.	25	0	0	100	-	-	Gravas (4.75 mm - 75 mm):	6%
3/4 in.	19	0	0	100	-	-	Arenas (0.075 mm - 4.75 mm):	17%
1/2 in.	12.5	0	0	100	-	-	Limos y Arcillas (<0.075 mm):	78%
3/8 in.	9.5	4.25	0.2	99.8	-	-	CARACTERÍSTICAS	
1/4 in.	6.3	12.41	0.7	99.3	-	-	Diámetro Efectivo D ₆₀ (mm):	-
No. 4	4.75	125.63	5.6	94.4	-	-	Diámetro Efectivo D ₃₀ (mm):	-
No. 10	2	110.23	9.9	90.1	-	-	Diámetro Efectivo D ₁₀ (mm):	-
No. 20	0.85	98.52	13.7	86.3	-	-	Coefficiente Uniformidad (Cu):	-
No. 40	0.425	71.24	16.5	83.5	-	-	Coefficiente Curvatura (Cc):	-
No. 60	0.25	60.89	18.9	81.1	-	-	Límite Líquido (LL):	32.00
No. 140	0.15	51.24	20.9	79.1	-	-	Límite Plástico (LP):	21.00
No. 200	0.075	30.12	22.1	77.9	-	-	Índice de Plasticidad (IP):	11.00
Cazoleta	-	1.4					Error de ensayo (%):	0.85%



	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	CODIGO	: LQFIN-0170-2022
		AREA	: LABORATORIO
		RESPONSABLE	: PRSA
		APROBADO	: GG
		FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-3	ESTE:	793312.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9215981.000

CONTENIDO DE HUMEDAD
A.S.T.M. D 2216 / NTP 339.127 / MTC E-108


CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° de Tara	C-15	C-42	C-23
W. Tara (g)	81.25	80.24	79.25
W.Tara + W. Muestra Húmeda (g)	523.14	520.17	518.26
W.Tara + W. Muestra Seca (g)	478.15	476.24	474.23
W. Agua (g)	44.99	43.93	44.03
W. Muestra Seca (g)	396.90	396.00	394.98
Contenido de Humedad (%)	11.34	11.09	11.15
w% PROMEDIO (%)	11.19		

GRUPO INGESA S.A.C.

 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-3	ESTE:	793312.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9215981.000

DENSIDAD NATURAL

DENSIDAD NATURAL		
PROPIEDADES	MOLDE METÁLICO	
	Peso del molde (Wc) (g)	163.11
	Diámetro (a) (cm)	4.14
	Altura (b) (cm)	6.03
	Volumen del molde (Vc) (cm ³)	81.17
Peso de la muestra + Peso del molde (Wh+c) (g)		311.42
Peso de la muestra (Wh) (g)		148.3
Dh (g/cm³)		1.83

GRUPO INGESA S.A.C.

 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

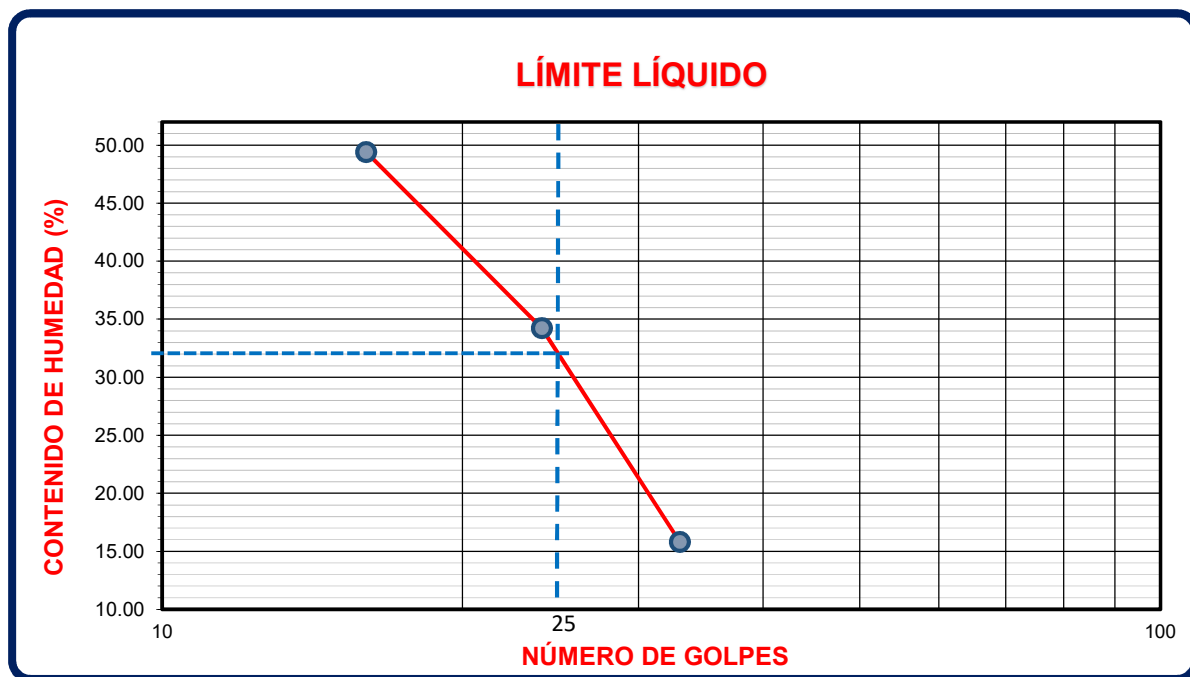
CODIGO	: LGI-INF-0176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-3	ESTE:	793312.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9215981.000

LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318 / NTP 339.129 / MTC E-110 , MTC E-111

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:	Preparación Húmeda	EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO:	Manual
	Tamizado por lavado en el tamiz N° 40	EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO:	Manual
	Preparación con agua destilada	RANURADOR:	Plástico

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	TARA N°	1	2	3	4	5
W. Tara+ W. Muestra Húmeda (g)		24.84	23.92	24.79	18.46	18.41
W. Tara+ W. Muestra Seca (g)		20.10	20.50	22.83	17.04	17.02
W. Agua (g)		4.74	3.42	1.96	1.42	1.39
W. Tara (g)		10.51	10.51	10.43	10.19	10.21
W. Muestra Seca (g)		9.59	9.99	12.40	6.85	6.81
Contenido de Humedad (%)		49.43	34.23	15.81	20.73	20.41
N.GOLPES		16	24	33	PROMEDIO	20.57



LÍMITE LIQUIDO	32.00	LÍMITE PLÁSTICO	21.00	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	11.00
-----------------------	-------	------------------------	-------	------------------------------	-------

GRUPO INGESA S.A.C.

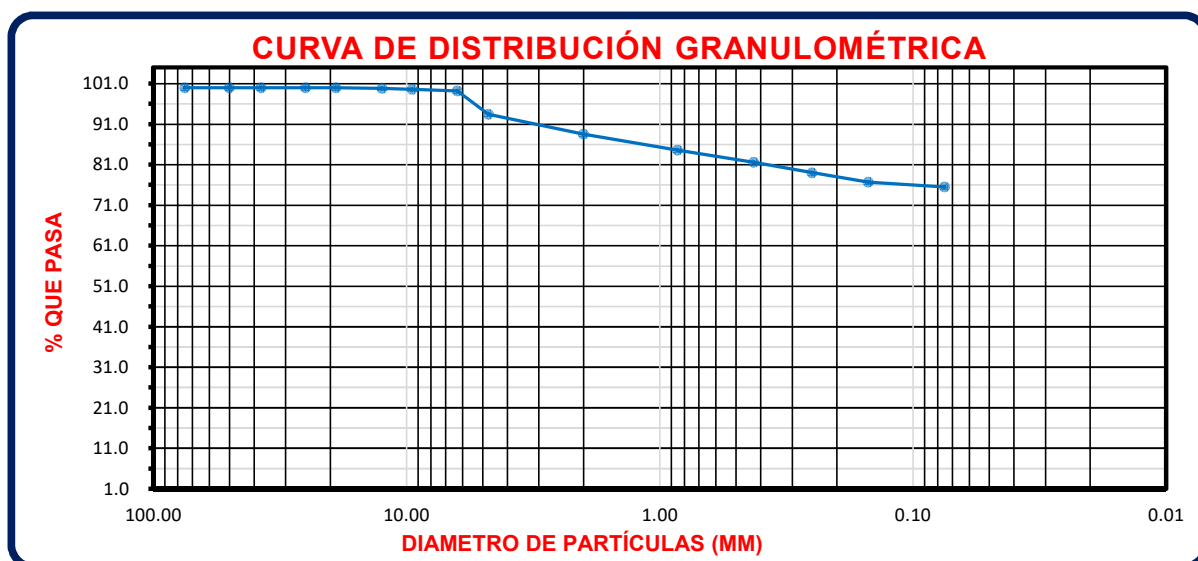
 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	CORRDENADAS	
MUESTRA	: M-3	ESTE:	793312.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9215981.000

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

A.S.T.M. D 422 / NTP 339.128 / MTC E-107

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	E.T Afirmado Tipo A-1		Descripcion	
6 in.	150	0	0	100	-	-	Masa Muestra Húmeda:	2807.60
4 in.	100	0	0	100	-	-	Masa Seca Inicial:	2525.00
3 in.	75	0	0	100	-	-	Masa Seca Lavada:	637.52
2 in.	50	0	0	100	-	-	Bloques (>300 mm):	0%
1 1/2 in.	37.5	0	0	100	-	-	Bolones (75 mm - 300 mm):	0%
1 in.	25	0	0	100	-	-	Gravas (4.75 mm - 75 mm):	7%
3/4 in.	19	0	0	100	-	-	Arenas (0.075 mm - 4.75 mm):	18%
1/2 in.	12.5	4.25	0.2	99.8	-	-	Limos y Arcillas (<0.075 mm):	76%
3/8 in.	9.5	5.12	0.4	99.6	-	-	CARACTERÍSTICAS	
1/4 in.	6.3	10.26	0.8	99.2	-	-	Diámetro Efectivo D ₆₀ (mm):	-
No. 4	4.75	145.26	6.6	93.4	-	-	Diámetro Efectivo D ₃₀ (mm):	-
No. 10	2	123.89	11.5	88.5	-	-	Diámetro Efectivo D ₁₀ (mm):	-
No. 20	0.85	98.56	15.4	84.6	-	-	Coefficiente Uniformidad (Cu):	-
No. 40	0.425	75.42	18.4	81.6	-	-	Coefficiente Curvatura (Cc):	-
No. 60	0.25	66.12	21	79	-	-	Límite Líquido (LL):	32.00
No. 140	0.15	57.41	23.3	76.7	-	-	Límite Plástico (LP):	21.00
No. 200	0.075	31.25	24.5	75.5	-	-	Índice de Plasticidad (IP):	11.00
Cazoleta	-	1.04					Error de ensayo (%):	0.75%



	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	CODIGO	: LQFIN-0170-2022
		AREA	: LABORATORIO
		RESPONSABLE	: PRSA
		APROBADO	: GG
		FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	: "ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	: DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-4	ESTE:	793178.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216032.000

CONTENIDO DE HUMEDAD
A.S.T.M. D 2216 / NTP 339.127 / MTC E-108


CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° de Tara	C-18	C-24	C-20
W. Tara (g)	82.15	80.16	81.75
W. Tara + W. Muestra Húmeda (g)	512.23	520.14	525.46
W. Tara + W. Muestra Seca (g)	476.50	472.15	470.52
W. Agua (g)	35.73	47.99	54.94
W. Muestra Seca (g)	394.35	391.99	388.77
Contenido de Humedad (%)	9.06	12.24	14.13
w% PROMEDIO (%)	11.81		

GRUPO INGESA S.A.C.

 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-4	ESTE:	793178.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216032.000

DENSIDAD NATURAL

DENSIDAD NATURAL		
PROPIEDADES	MOLDE METÁLICO	
	Peso del molde (Wc) (g)	161.25
	Diámetro (a) (cm)	4.14
	Altura (b) (cm)	6.03
	Volumen del molde (Vc) (cm ³)	81.17
Peso de la muestra + Peso del molde (Wh+c) (g)		310.48
Peso de la muestra (Wh) (g)		149.2
Dh (g/cm³)		1.84

GRUPO INGESA S.A.C.

 Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

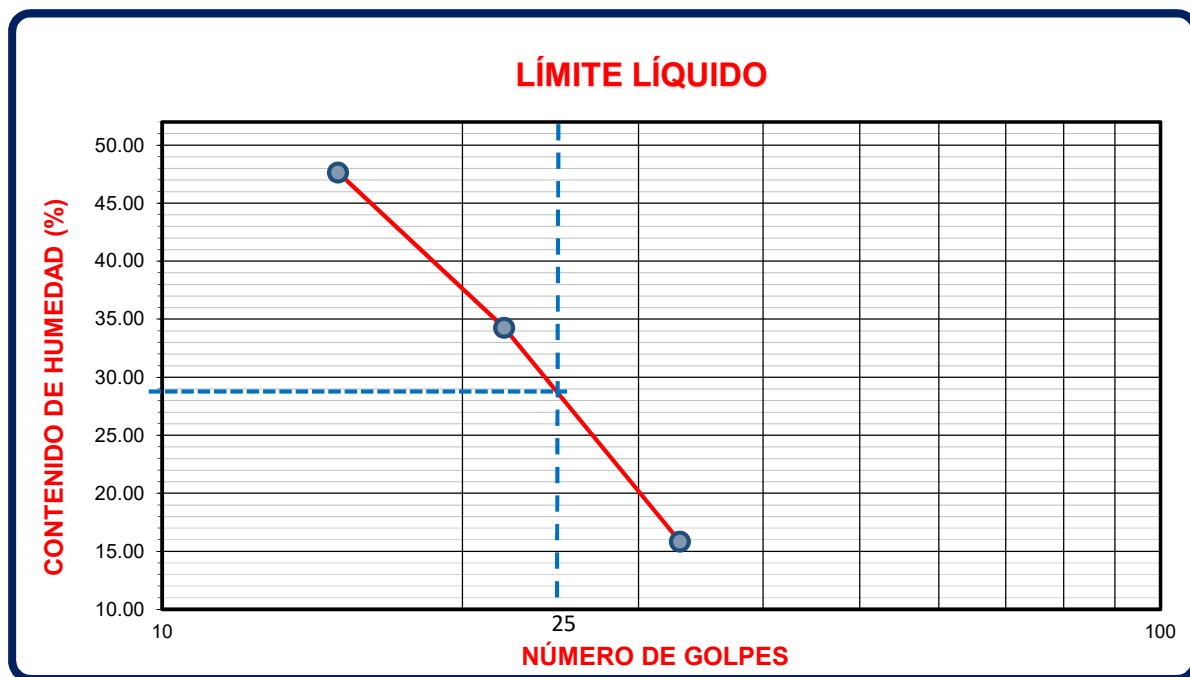
CODIGO	: LGI-INF-0176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	COORDENADAS	
MUESTRA	: M-4	ESTE:	793178.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216032.000

LÍMITES DE ATTERBERG
A.S.T.M. D 4318 / NTP 339.129 / MTC E-110 , MTC E-111

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:	Preparación Húmeda	EQUIPO PARA LÍMITE PLÁSTICO:	Manual
	Tamizado por lavado en el tamiz N° 40	EQUIPO PARA LÍMITE LÍQUIDO:	Manual
	Preparación con agua destilada	RANURADOR:	Plástico

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	TARA N°	1	2	3	4	5
W. Tara+ W. Muestra Húmeda (g)		24.86	23.94	24.79	18.46	18.45
W. Tara+ W. Muestra Seca (g)		20.10	20.51	22.83	17.04	17.03
W. Agua (g)		4.76	3.43	1.96	1.42	1.42
W. Tara (g)		10.11	10.50	10.47	10.22	10.21
W. Muestra Seca (g)		9.99	10.01	12.36	6.82	6.82
Contenido de Humedad (%)		47.65	34.27	15.86	20.82	20.82
N.GOLPES		15	22	33	PROMEDIO	20.82



LÍMITE LIQUIDO	30.00	LÍMITE PLÁSTICO	21.00	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9.00
-----------------------	-------	------------------------	-------	------------------------------	------

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

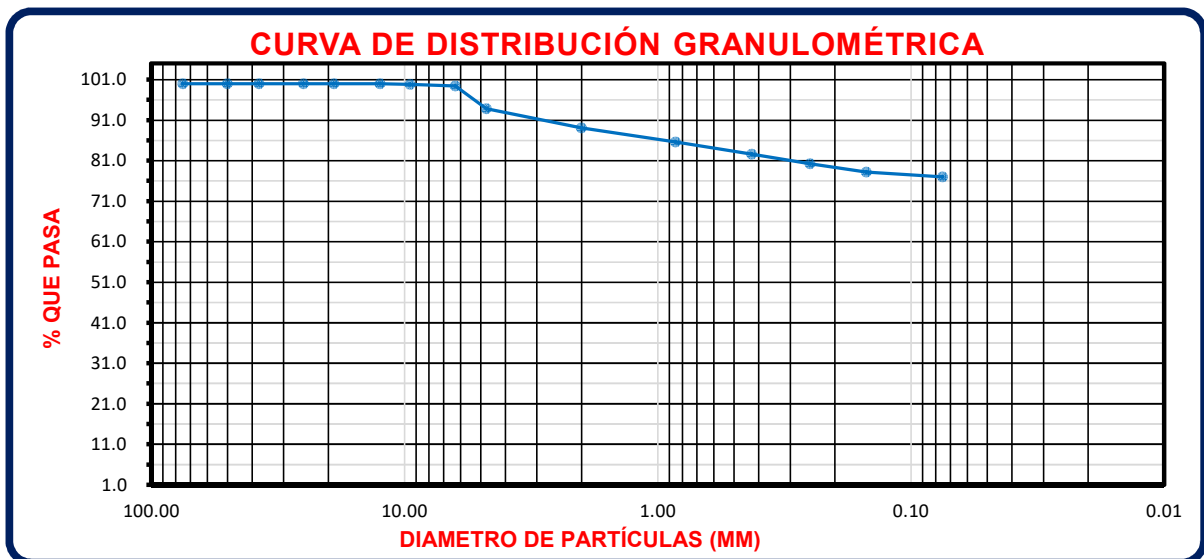
CODIGO	: LGI-INF-0176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

PROYECTO:	:"ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. "		
UBICACIÓN:	:DISTRITO DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA.		
SOLICITANTE:	: BACHILLER EDGAR MIHEL CRUZADO BARBOZA	CORRDENADAS	
MUESTRA	: M-4	ESTE:	793178.000
PROFUNDIDAD:	: 0.10 m a 0.20 m	NORTE:	9216032.000

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

A.S.T.M. D 422 / NTP 339.128 / MTC E-107

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	E.T Afirmado Tipo A-1	Descripcion	
6 in.	150	0	0	100	-	-	Masa Muestra Húmeda: 2841.17
4 in.	100	0	0	100	-	-	Masa Seca Inicial: 2541.03
3 in.	75	0	0	100	-	-	Masa Seca Lavada: 602.48
2 in.	50	0	0	100	-	-	Bloques (>300 mm): 0%
1 1/2 in.	37.5	0	0	100	-	-	Bolones (75 mm - 300 mm): 0%
1 in.	25	0	0	100	-	-	Gravas (4.75 mm - 75 mm): 6%
3/4 in.	19	0	0	100	-	-	Arenas (0.075 mm - 4.75 mm): 17%
1/2 in.	12.5	0	0	100	-	-	Limos y Arcillas (<0.075 mm): 77%
3/8 in.	9.5	4.21	0.2	99.8	-	-	CARACTERÍSTICAS
1/4 in.	6.3	10.26	0.6	99.4	-	-	Diámetro Efectivo D ₆₀ (mm): -
No. 4	4.75	142.55	6.2	93.8	-	-	Diámetro Efectivo D ₃₀ (mm): -
No. 10	2	120.36	10.9	89.1	-	-	Diámetro Efectivo D ₁₀ (mm): -
No. 20	0.85	89.56	14.4	85.6	-	-	Coefficiente Uniformidad (Cu): -
No. 40	0.425	75.42	17.4	82.6	-	-	Coefficiente Curvatura (Cc): -
No. 60	0.25	60.12	19.8	80.2	-	-	Límite Líquido (LL): 30.00
No. 140	0.15	50.14	21.8	78.2	-	-	Límite Plástico (LP): 21.00
No. 200	0.075	30.25	23	77	-	-	Índice de Plasticidad (IP): 9.00
Cazoleta	-	1.4					Error de ensayo (%): 0.72%

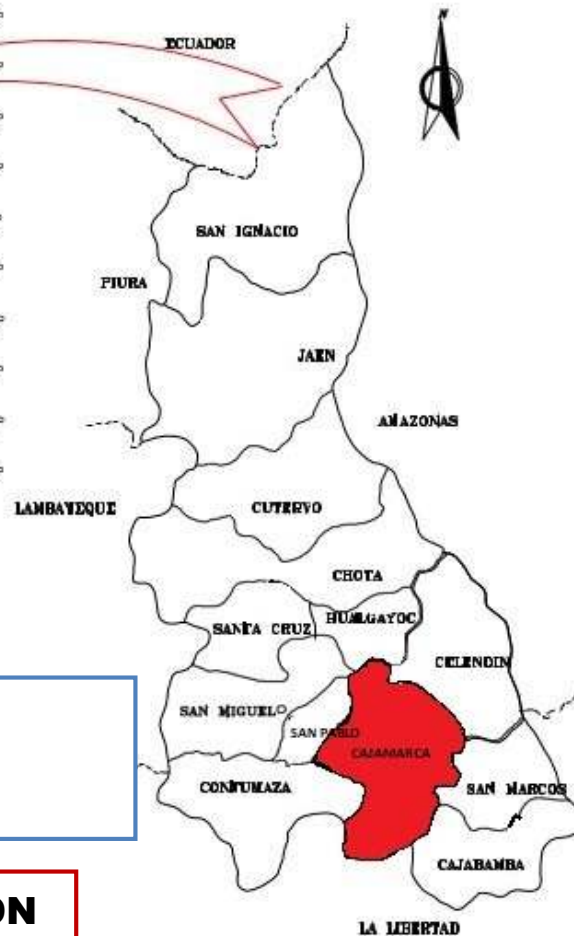
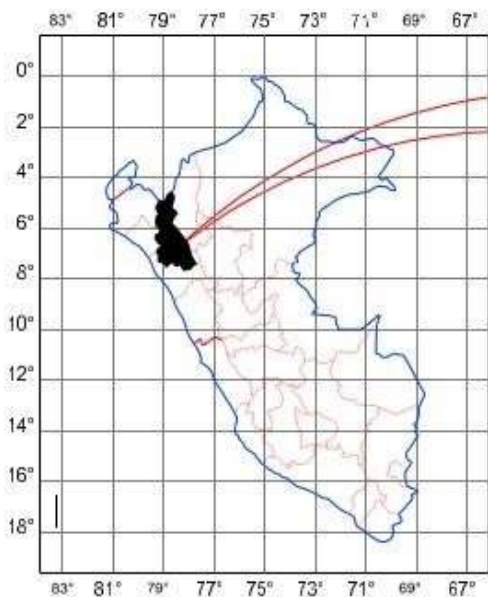




ANEXO 2: PLANO DE UBICACIÓN

GRUPO INGESA S.A.C.


Segundo A. Nuñez Plasencia
R.E.G. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



DISTRITO : ENCAÑADA
PROVINCIA : CAJAMARCA
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

PLANO DE UBICACIÓN

SISTEMA : WGS84
ZONA :17S

COORDENADAS

MUESTRA	NORTE	ESTE
M-1	9216943	794088
M-2	9216936	794108

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

SOLICITANTE:

BACHILLER:EDGAR MICHEL CRUZADO BARBOZA

LABORATORIO:



PROYECTO:

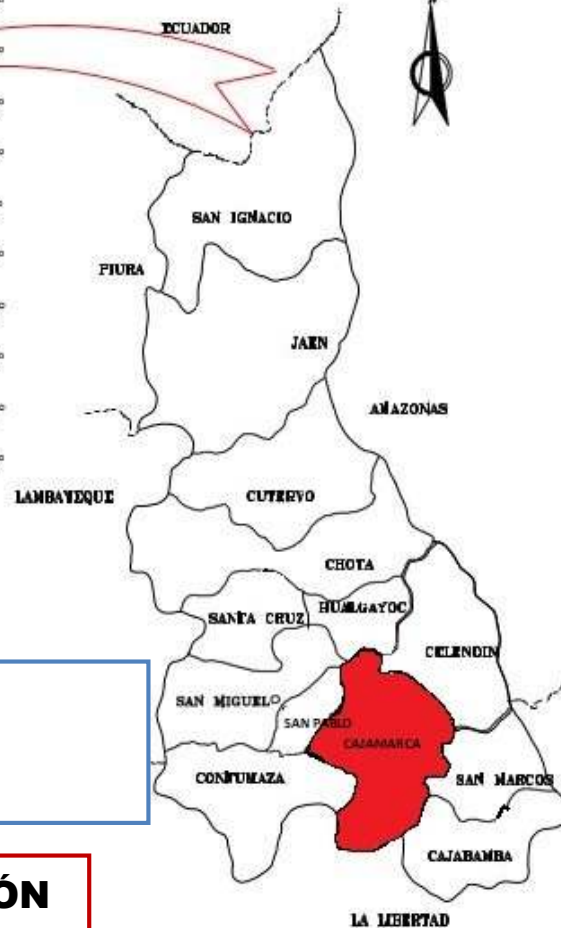
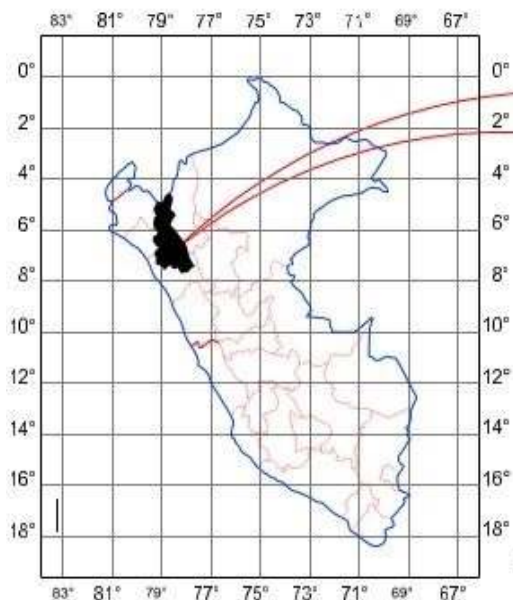
ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA-DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

PLANO:

UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS

FECHA:

AGOSTO DEL 2022



DISTRITO : ENCAÑADA
PROVINCIA : CAJAMARCA
DEPARTAMENTO : CAJAMARCA

PLANO DE UBICACIÓN

SISTEMA : WGS84
ZONA :17S



COORDENADAS		
MUESTRA	NORTE	ESTE
M-3	9215981	793312
M-4	9216032	793178

GRUPO INGESA S.A.C.
Segundo A. Nuñez Plasencia
Segundo A. Nuñez Plasencia
 REG. CIP. 78811
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

SOLICITANTE:

BACHILLER:EDGAR MICHEL CRUZADO BARBOZA

LABORATORIO:



PROYECTO:

ANALISIS GEOTECNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA PROVINCIA DE CAJAMARCA-DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

PLANO:

UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS

FECHA:

AGOSTO DEL 2022

CODIGO	: LGI-INF-176-2022
AREA	: LABORATORIO
RESPONSABLE	: PRSA
APROBADO	: GG
FECHA:	: 20/08/2022

ANEXO 3: MAPA SÍSMICO DEL PERÚ

GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



GRUPO INGESA S.A.C.

Segundo A. Nuñez Plasencia
Segundo A. Nuñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



ANEXO 4: PANEL FOTOGRAFICO

GRUPO INGESA S.A.C.


Segundo A. Núñez Plasencia
REG. CIP. 78811
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

PANEL FOTOGRAFICO

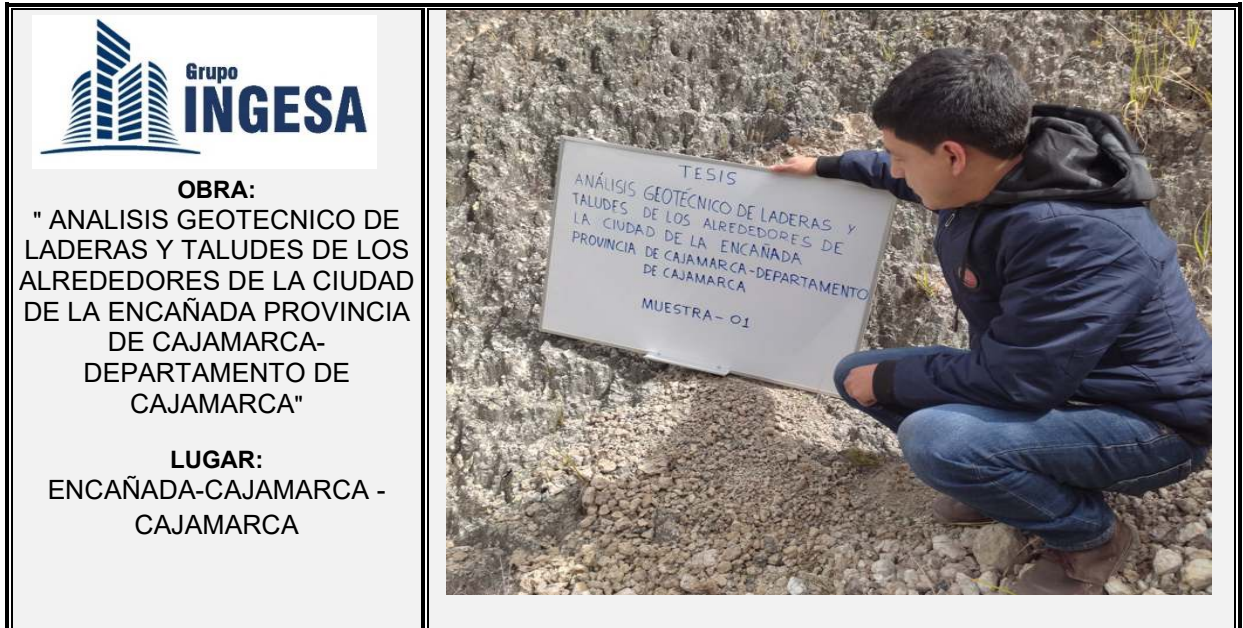


Foto N°01: Lugar de ubicación de la Muestra M-1
Fecha: 08.08.2022



Foto N°02: Lugar de ubicación de la Muestra M-1
Fecha: 08.08.2022



OBRA:
" ANALISIS GEOTECNICO DE
LADERAS Y TALUDES DE LOS
ALREDEDORES DE LA CIUDAD
DE LA ENCAÑADA PROVINCIA
DE CAJAMARCA-
DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA"

LUGAR:
ENCAÑADA-CAJAMARCA -
CAJAMARCA

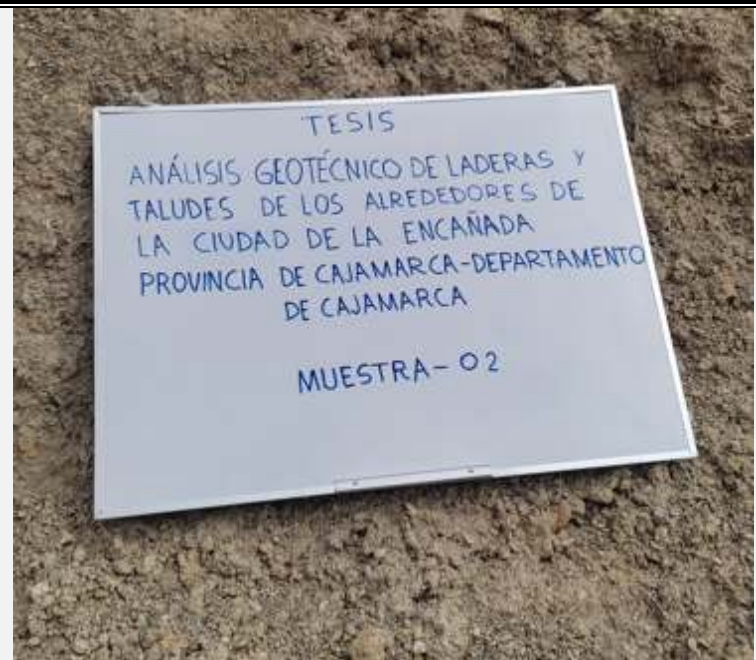


Foto N°03: Lugar de ubicación de la Muestra M-2
Fecha: 08.08.2022



OBRA:
" ANALISIS GEOTECNICO DE
LADERAS Y TALUDES DE LOS
ALREDEDORES DE LA CIUDAD
DE LA ENCAÑADA PROVINCIA
DE CAJAMARCA-
DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA"

LUGAR:
ENCAÑADA-CAJAMARCA -
CAJAMARCA



Foto N°04: Lugar de ubicación de la Muestra M-2
Fecha: 08.08.2022



OBRA:
" ANALISIS GEOTECNICO DE
LADERAS Y TALUDES DE LOS
ALREDEDORES DE LA CIUDAD
DE LA ENCAÑADA PROVINCIA
DE CAJAMARCA-
DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA"

LUGAR:
ENCAÑADA-CAJAMARCA -
CAJAMARCA



Foto N°05: Lugar de ubicación de la Muestra M-3
Fecha: 08.08.2022



OBRA:
" ANALISIS GEOTECNICO DE
LADERAS Y TALUDES DE LOS
ALREDEDORES DE LA CIUDAD
DE LA ENCAÑADA PROVINCIA
DE CAJAMARCA-
DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA"

LUGAR:
ENCAÑADA-CAJAMARCA -
CAJAMARCA



Foto N°06: Lugar de ubicación de la Muestra M-3
Fecha: 08.08.2022



OBRA:
" ANALISIS GEOTECNICO DE
LADERAS Y TALUDES DE LOS
ALREDEDORES DE LA CIUDAD
DE LA ENCAÑADA PROVINCIA
DE CAJAMARCA-
DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA"

LUGAR:
ENCAÑADA-CAJAMARCA -
CAJAMARCA

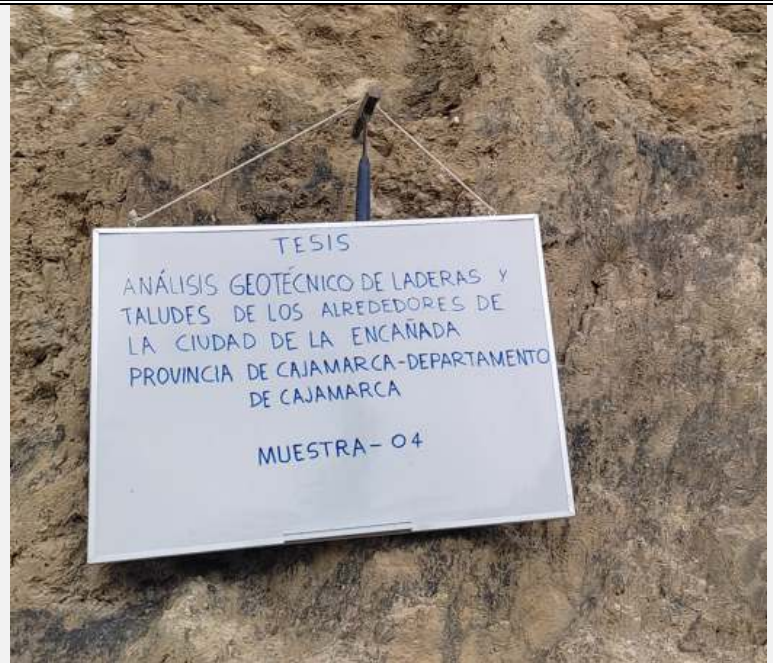


Foto N°07: Lugar de ubicación de la Muestra M-4
Fecha: 08.08.2022



OBRA:
" ANALISIS GEOTECNICO DE
LADERAS Y TALUDES DE LOS
ALREDEDORES DE LA CIUDAD
DE LA ENCAÑADA PROVINCIA
DE CAJAMARCA-
DEPARTAMENTO DE
CAJAMARCA"

LUGAR:
ENCAÑADA-CAJAMARCA -
CAJAMARCA

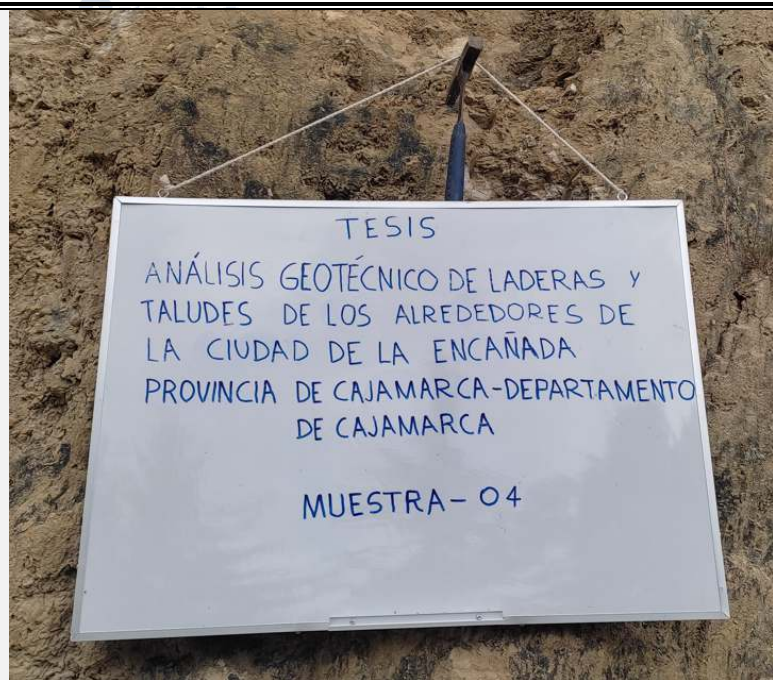
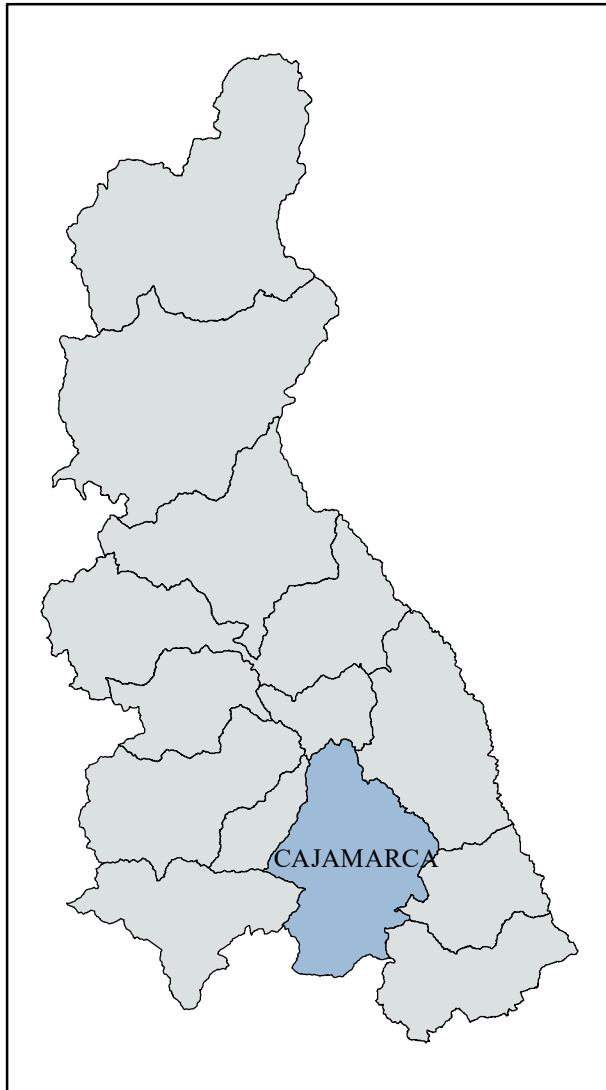
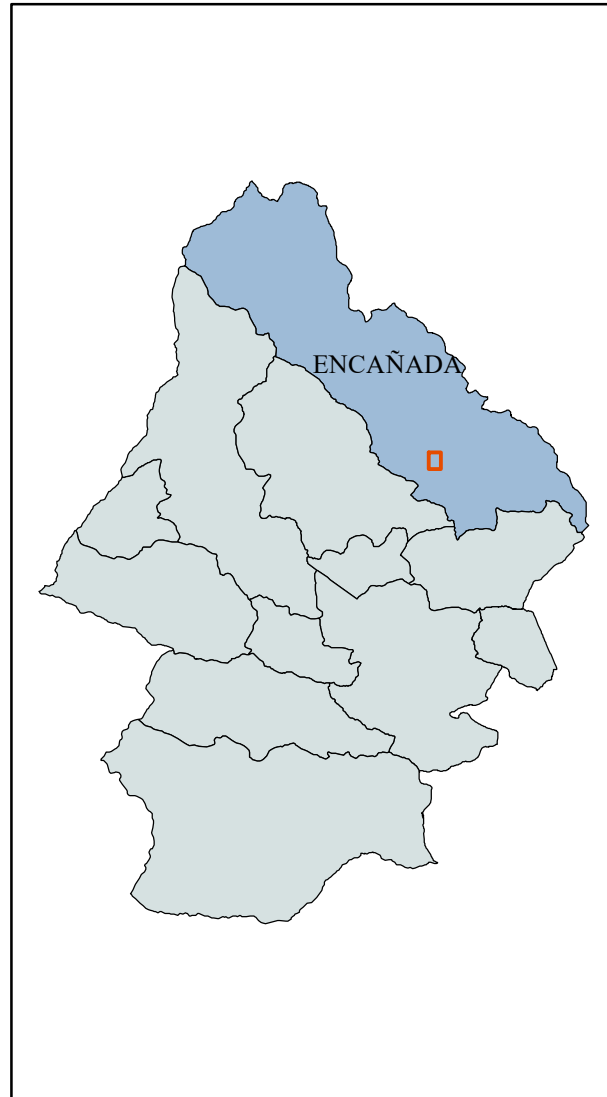


Foto N°08: Lugar de ubicación de la Muestra M-4
Fecha: 08.08.2022

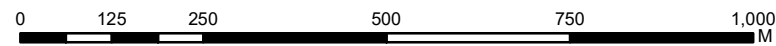
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA



PROVINCIA DE CAJAMARCA





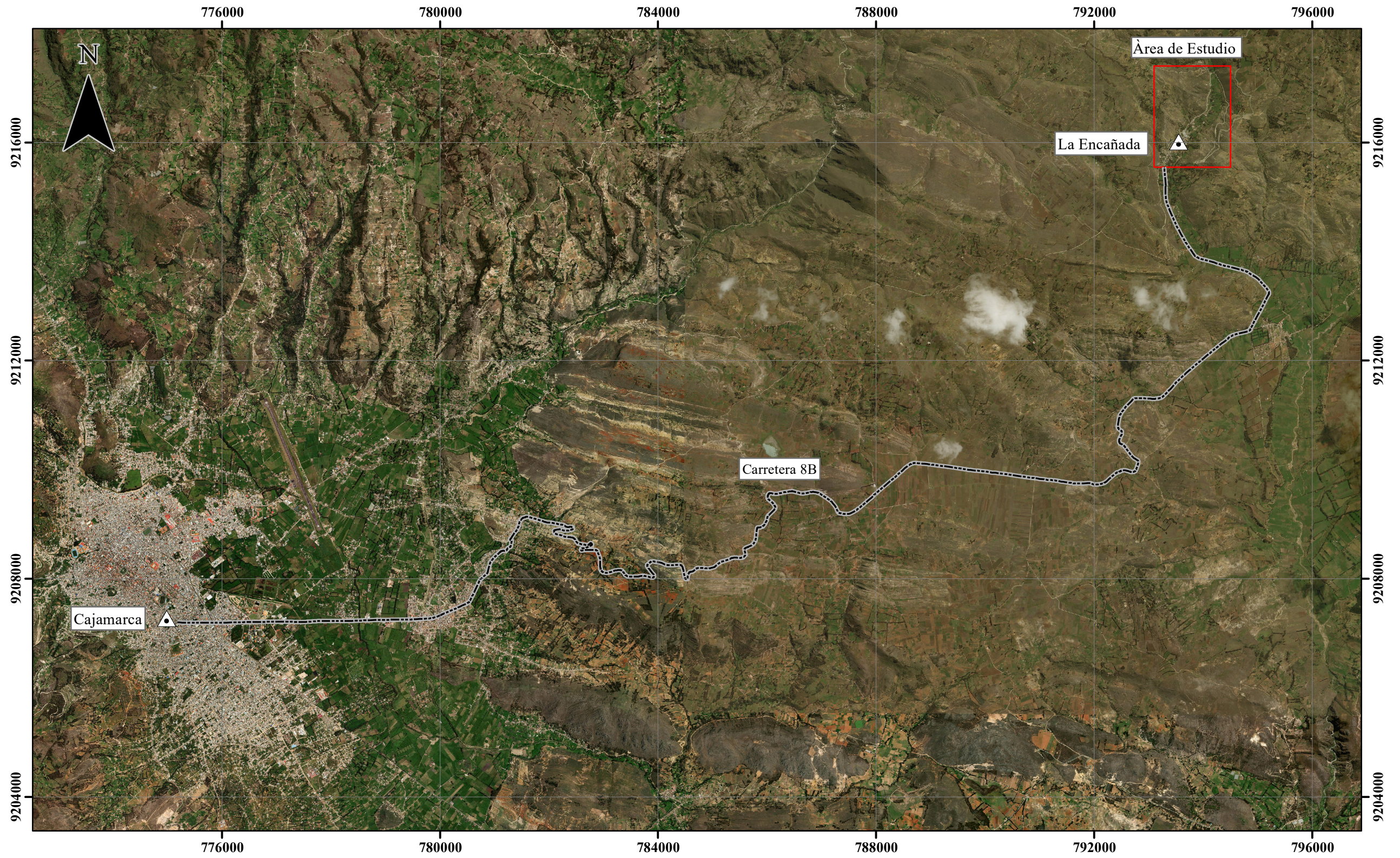
DISTRITO DE LA ENCAÑADA






VÉRTICES	COORDENADAS UTM -WGS84	
	ESTE	NORTE
1	793100	9217400
2	794500	9217400
3	794500	9215550
4	793100	9215550

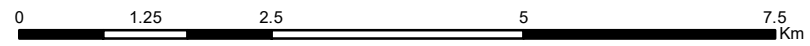
SIMBOLOGÍA	
	Área de Investigación



 <p align="center">UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA</p>			
<p align="center">TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA</p>			
<p>PLANO DE UBICACIÓN</p>			
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: DR. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	PLANO 01	
ESCALA: 1:10000	FECHA: MARZO DEL 2023		

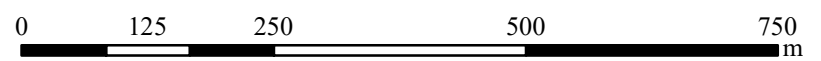
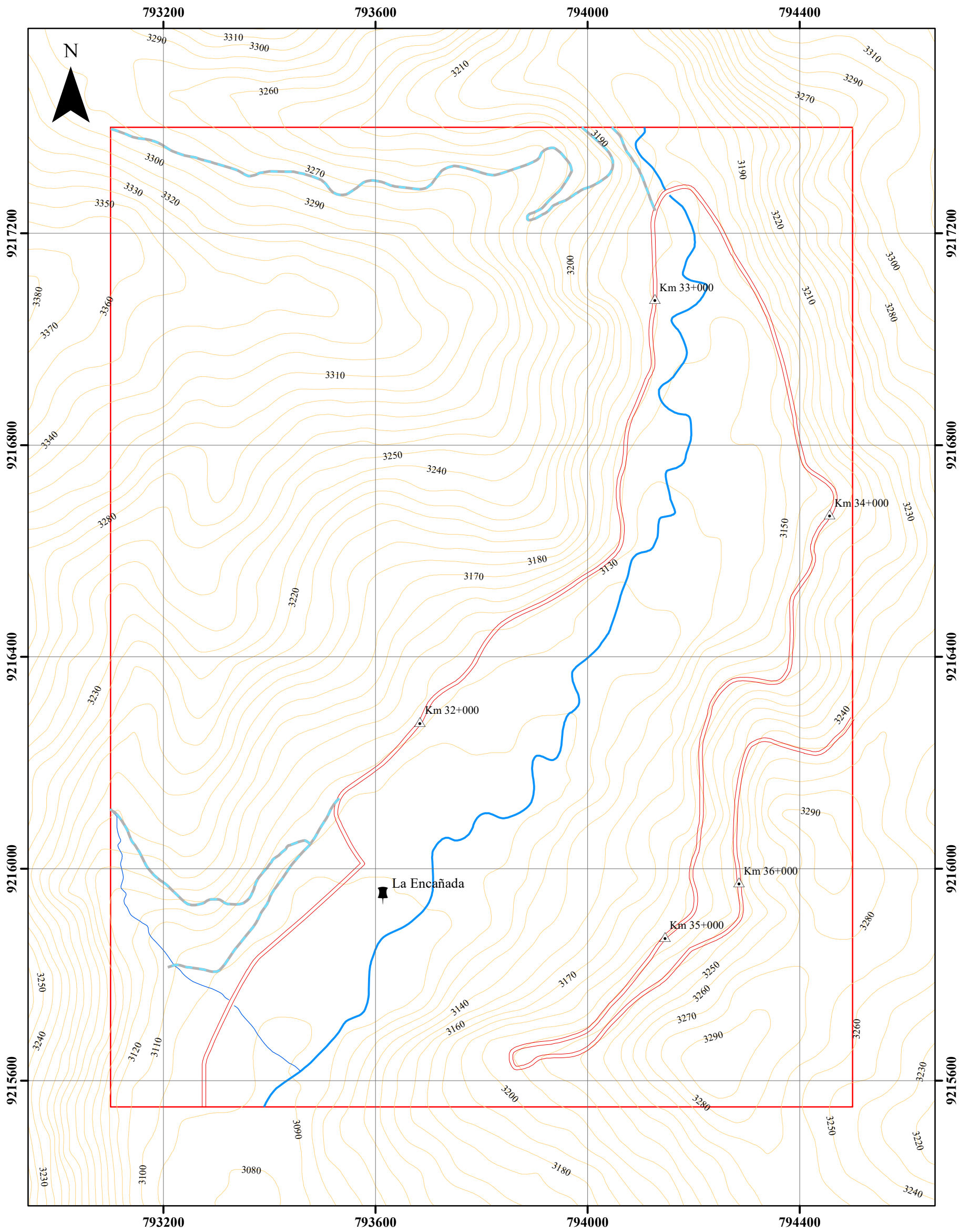


SIMBOLOGIA

-  Acceso
-  Ciudad
-  Area de Estudio



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
PLANO DE ACCESIBILIDAD		
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA		ASESOR: DR. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO
ESCALA: 1:75000	FECHA: MARZO DEL 2023	PLANO 02



SIMBOLOGÍA

- Área de estudio
- ~ Quebrada
- ~ Río La Encañada
- ~ Curvas de nivel
- ▲ Progresivas
- Ciudad
- Trocha Carrozable
- Via Principal (PE-08B)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES
 DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA
 DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

PLANO MDE

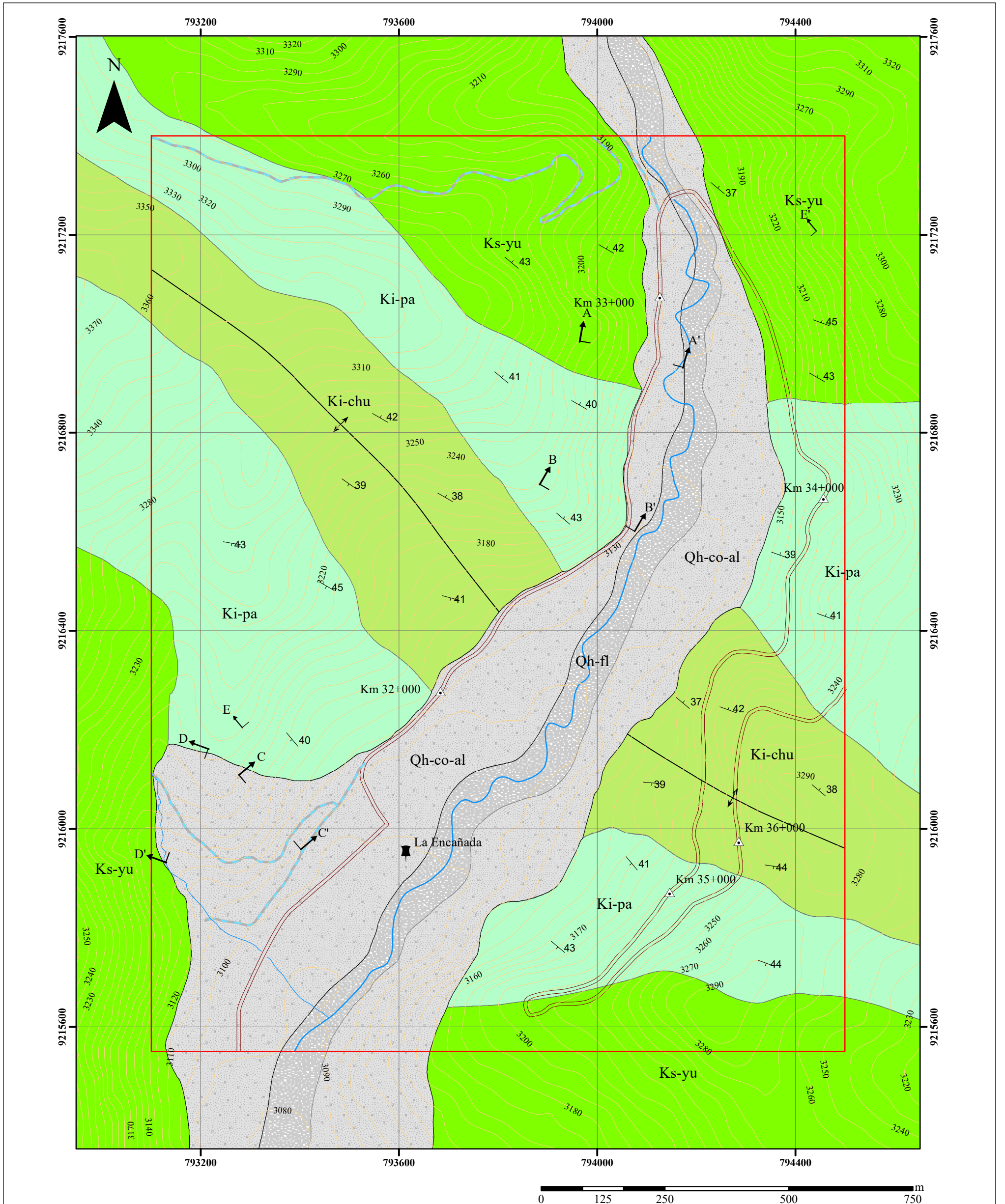
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA

ASESOR: DR. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO

PLANO
03

ESCALA:
1:7500

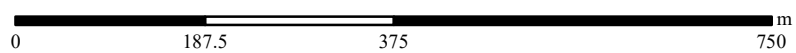
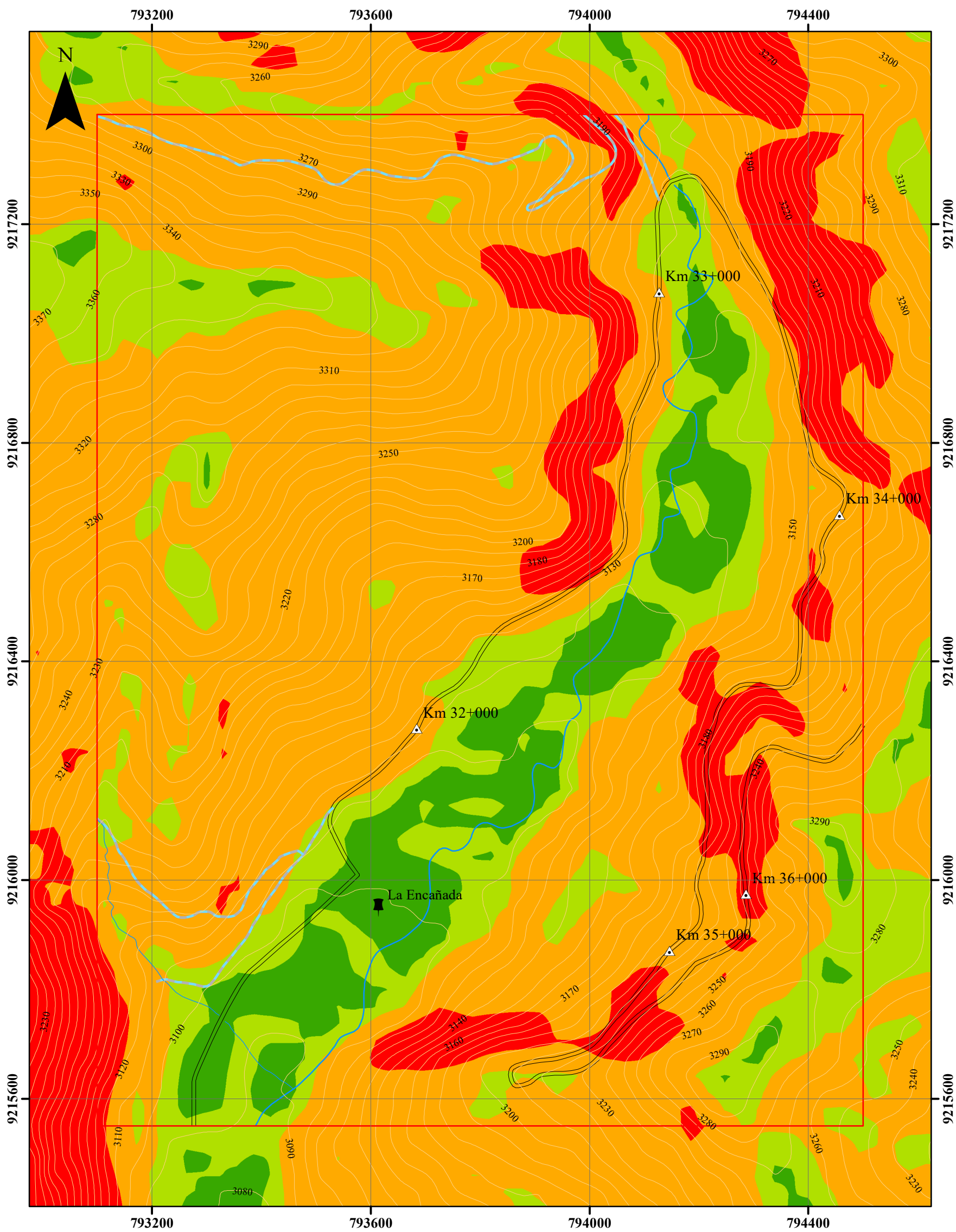
FECHA:
MARZO DEL 2023



SIMBOLOGÍA	
	Área de estudio
	Ciudad
	Curvas de nivel
	Quebrada
	Río La Encañada
	Trocha Carrozable
	Via Principal (PE-08B)
	Buzamiento
	Anticlinal
	Sección

LEYENDA	
	Qh-fl
	Qh-co-al
	Ks-yu
	Ki-pa
	Ki-chu

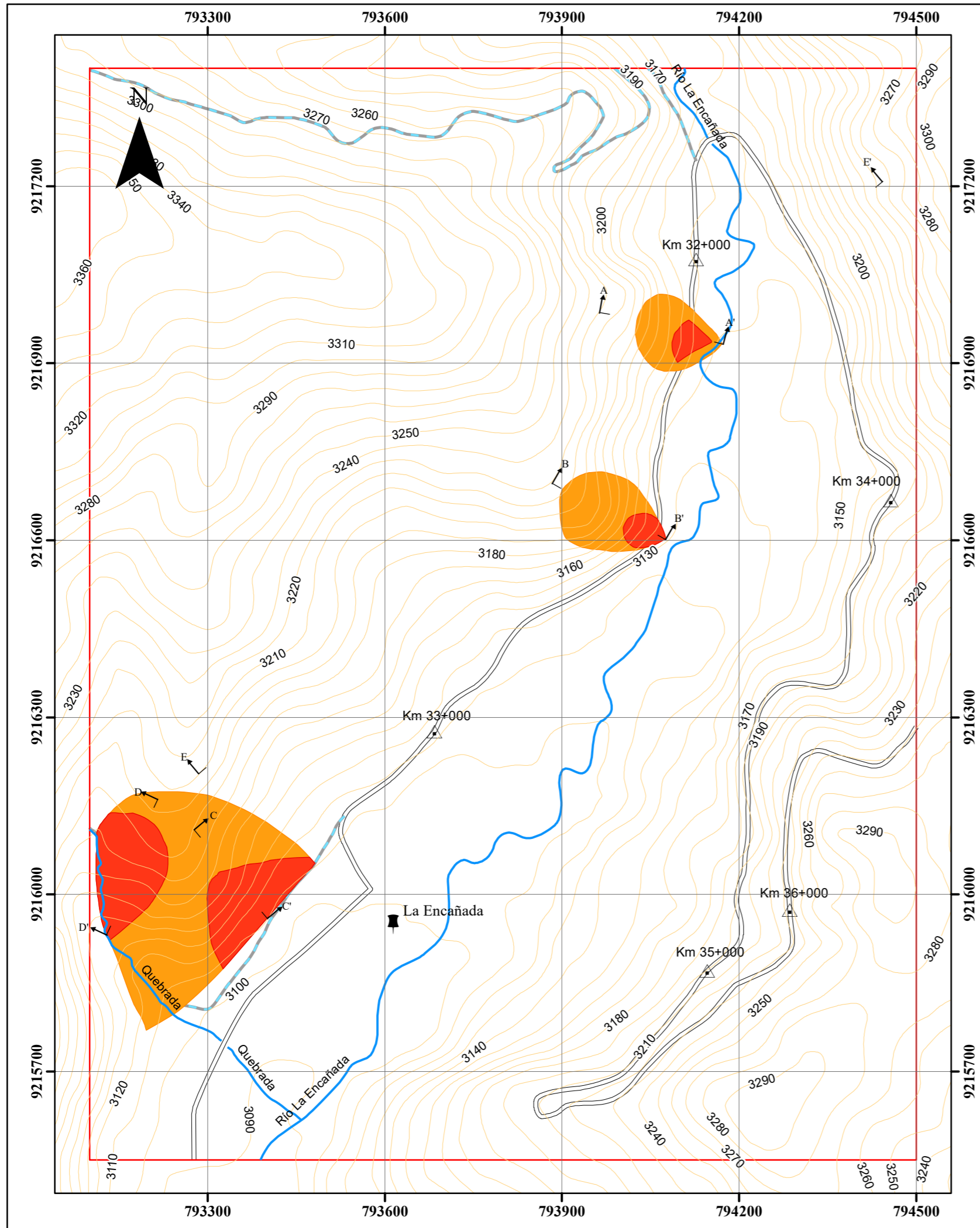
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
PLANO GEOLÓGICO - ESTRUCTURAL		
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: DR. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	PLANO 04
ESCALA: 1:7500	FECHA: MARZO DEL 2023	



SIMBOLOGÍA	
	Ciudad
	Área de estudio
	Progresivas
	Curvas de nivel
	Quebrada
	Río La Encañada
	Trocha Carrozable
	Via Principal (PE-08B)

UNIDADES MORFOGÉNICAS	
Pendientes	
	0° - 8° Planicie
	8° - 20° Lomada
	20° - 50° Ladera
	50° - 90° Escarpa

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
PLANO DE UNIDADES MORFOGÉNICAS		
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: DR. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	PLANO 05
ESCALA: 1:7500	FECHA: MARZO DEL 2023	



CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD – SECCIÓN A-A’

Método	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NATURALES Y SISMICIDAD	CONDICIONES SATURACION Y SISMICIDAD
	Factor de seguridad	Factor de seguridad	Factor de seguridad
GLE/ Morgenster - Price	1.159	0.894	0.547
Spencer	1.156	0.893	0.544
Bishop simplificado	1.109	0.888	0.231

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD - SECCIÓN B-B’

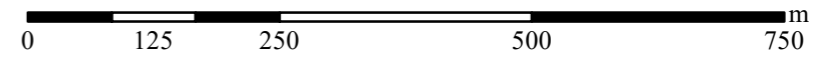
Método	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NATURALES Y SISMICIDAD	CONDICIONES SATURACION Y SISMICIDAD
	Factor de seguridad	Factor de seguridad	Factor de seguridad
GLE/ Morgenster - Price	1.895	1.465	0.563
Spencer	1.893	1.493	0.509
Bishop simplificado	1.895	1.475	0.506

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD - SECCIÓN C-C’

Método	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NATURALES Y SISMICIDAD	CONDICIONES SATURACION Y SISMICIDAD
	Factor de seguridad	Factor de seguridad	Factor de seguridad
GLE/ Morgenster - Price	1.496	0.996	0.505
Spencer	1.492	0.996	0.504
Bishop simplificado	1.491	0.998	0.501

CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD - SECCIÓN D-D’

Método	CONDICIONES NATURALES	CONDICIONES NATURALES Y SISMICIDAD	CONDICIONES SATURACION Y SISMICIDAD
	Factor de seguridad	Factor de seguridad	Factor de seguridad
GLE/ Morgenster - Price	2.053	1.240	0.653
Spencer	2.050	1.238	0.656
Bishop simplificado	2.053	1.240	0.650



SIMBOLOGÍA

- Ciudad
- Drenaje
- Curvas de Nivel
- Progresivas
- Trocha Carrozable
- Via Principal (PE-08B)
- Secciones

ZONIFICACIÓN

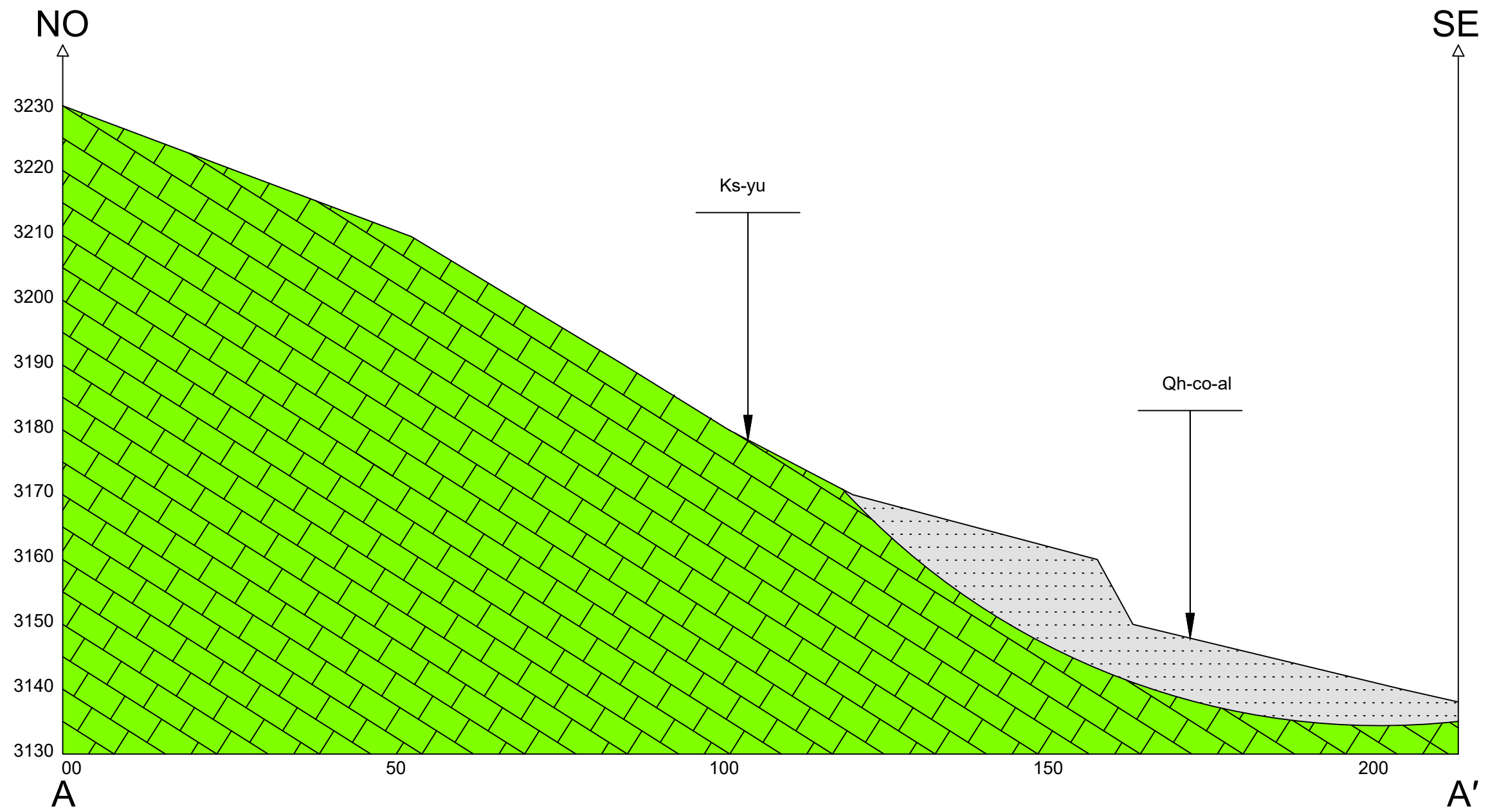
- Zona Altamente Crítica
- Zona Crítica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

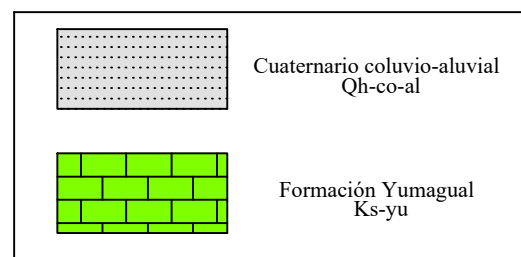
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

PLANO GEOTÉCNICO

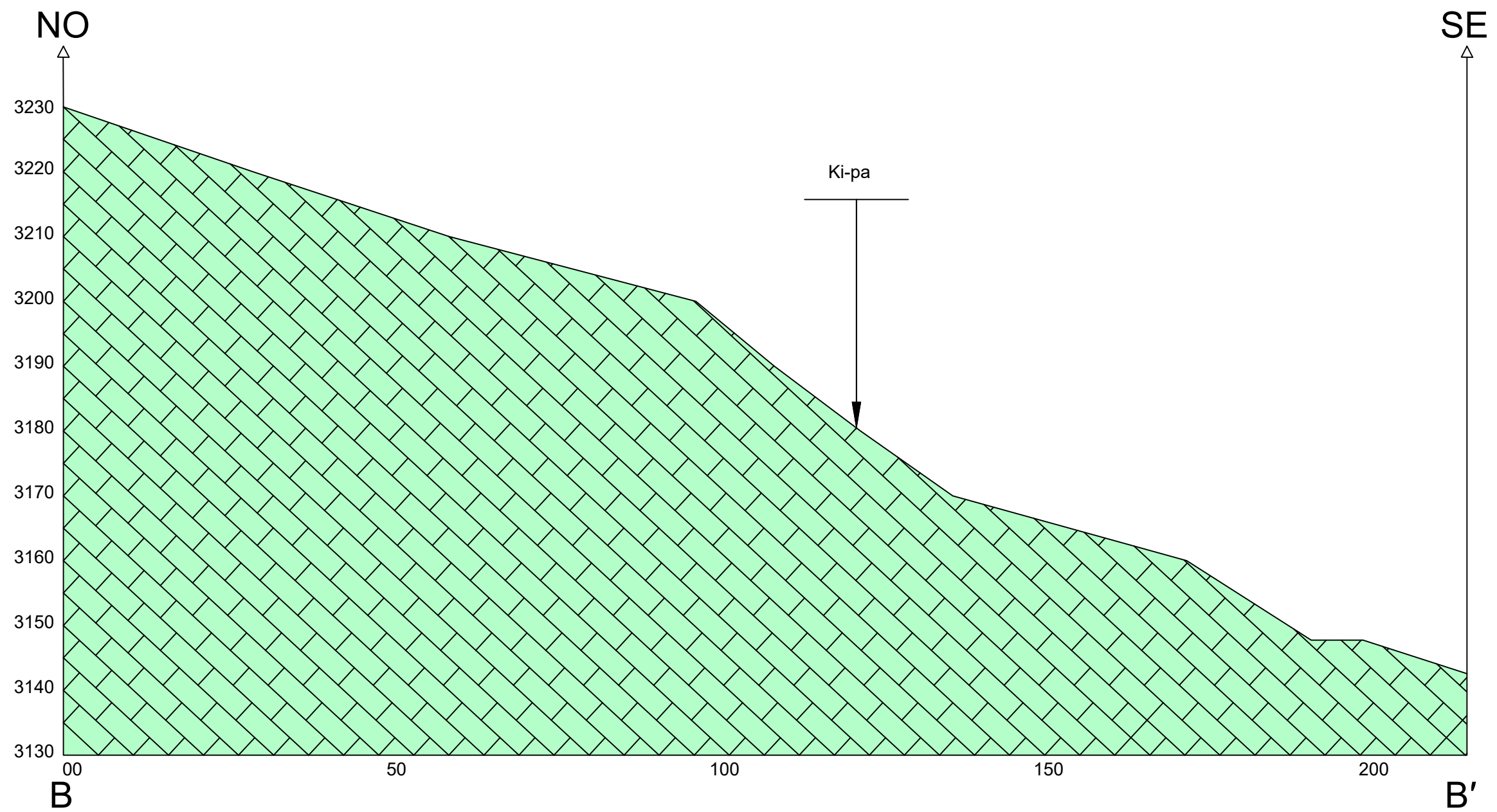
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: DR. REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	PLANO 06
ESCALA: 1:7500	FECHA: MARZO DEL 2023	



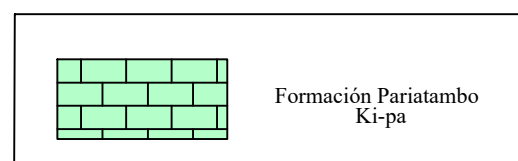
LEYENDA




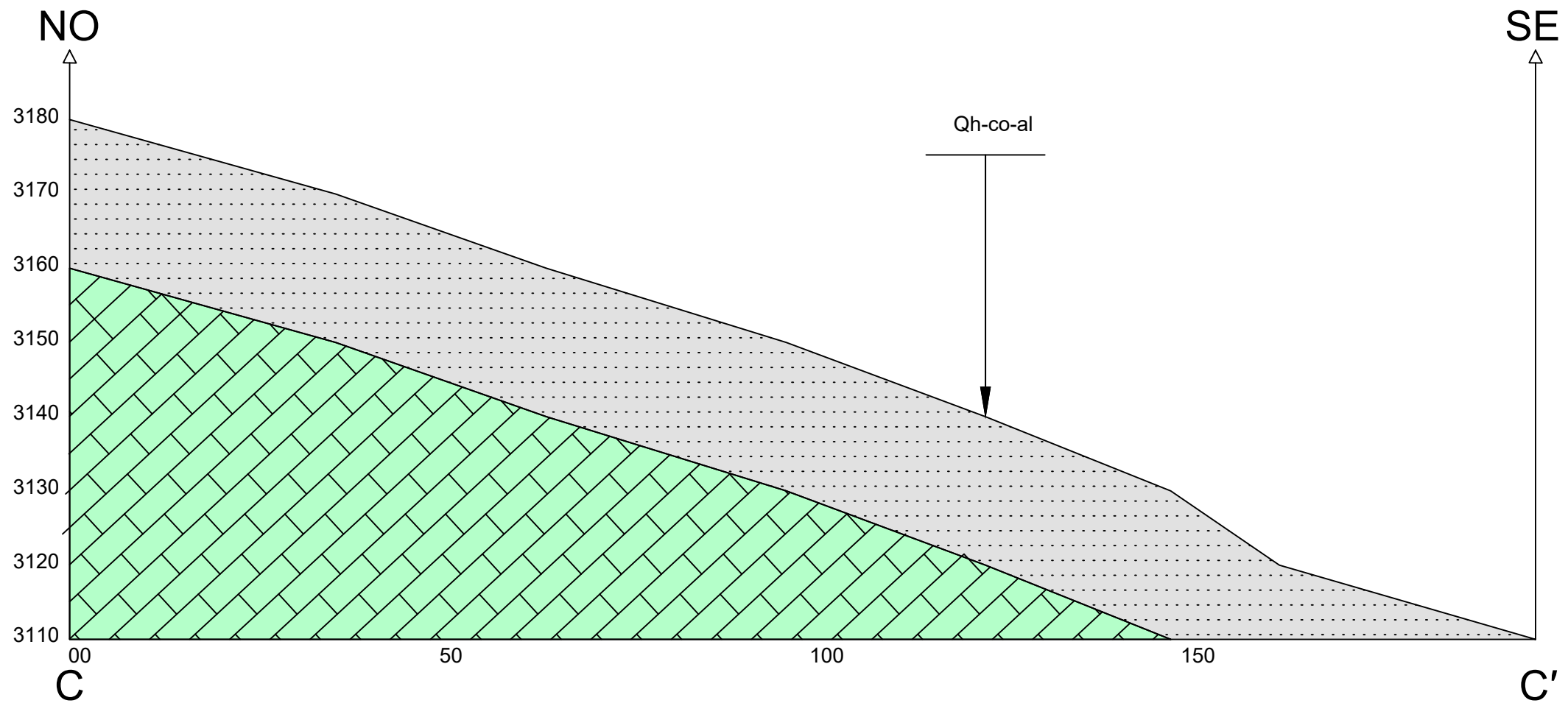
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA 		
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
SECCIÓN GEOLÓGICA A-A'		
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	SECCIÓN 01
ESCALA: 1:750	FECHA: MARZO DEL 2023	



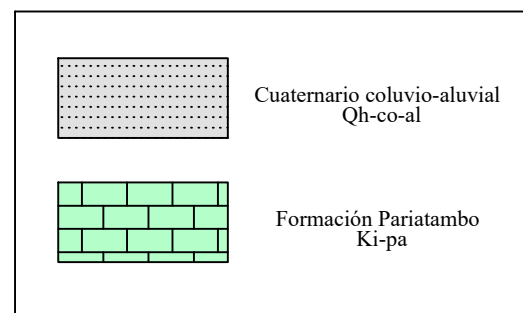
LEYENDA





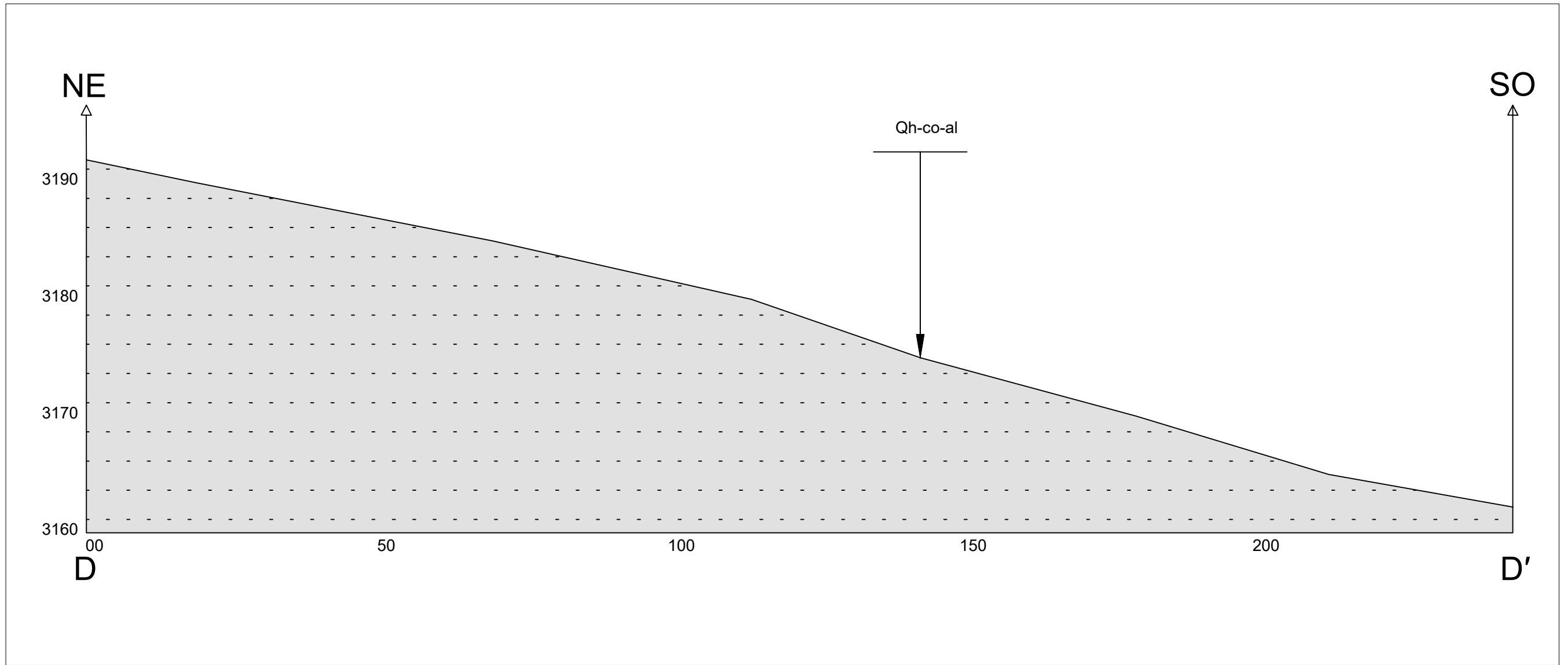
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA 	
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	
SECCIÓN GEOLÓGICA B-B'	
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO
ESCALA: 1:750	FECHA: MARZO DEL 2023
SECCIÓN 02	



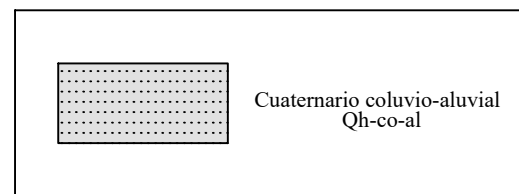
LEYENDA



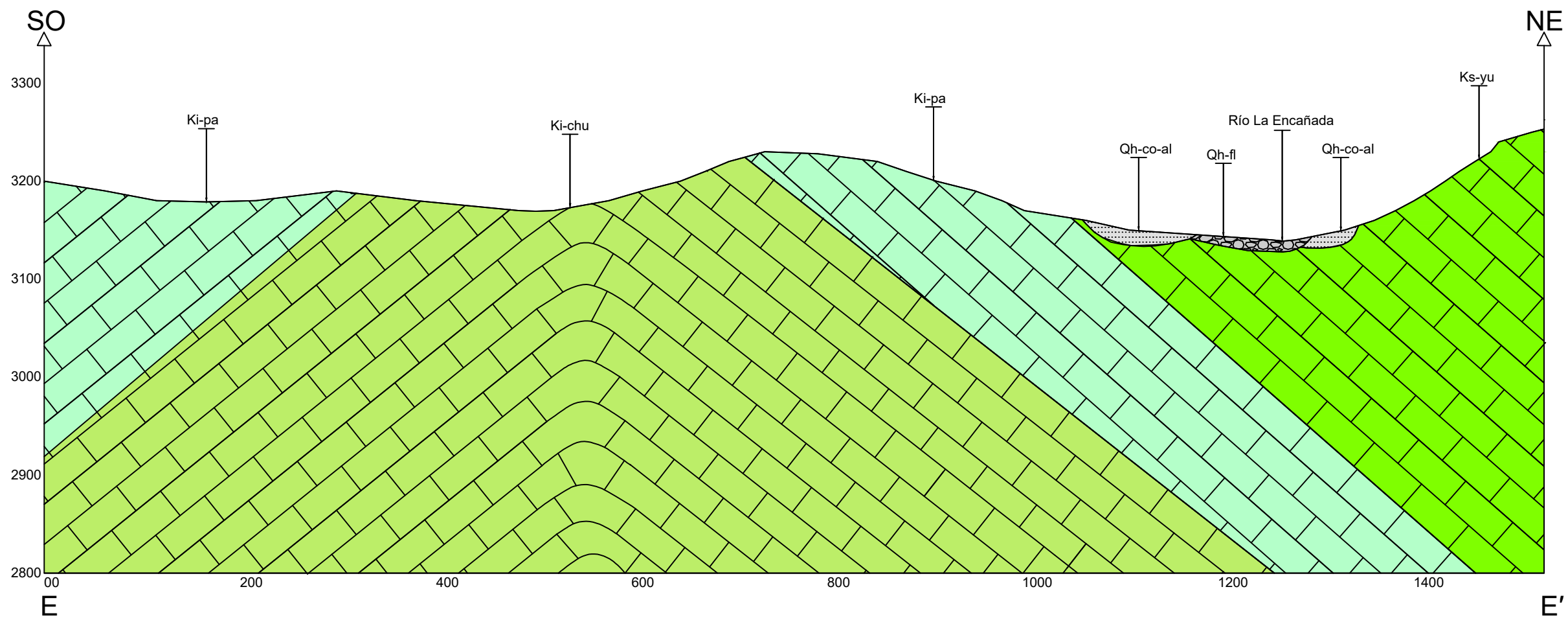
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA 	
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	
SECCIÓN GEOLÓGICA C-C'	
TESIS: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO
ESCALA: 1:750	FECHA: MARZO DEL 2023
SECCIÓN 03	



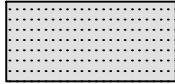
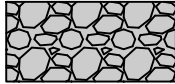

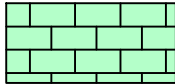
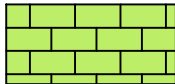
LEYENDA





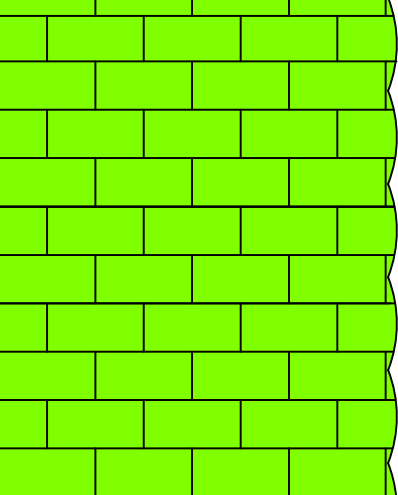
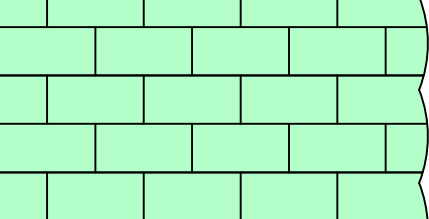
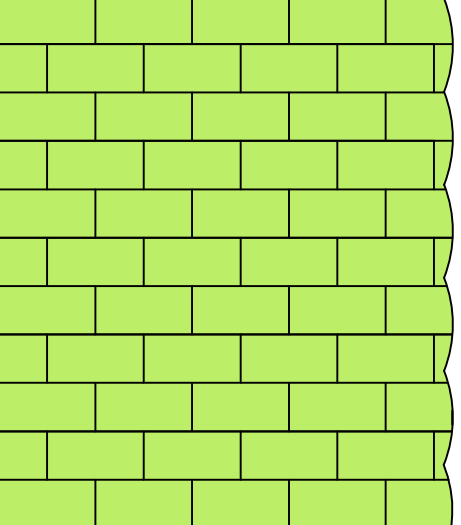
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA 	
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	
SECCIÓN GEOLÓGICA D-D'	
TESIS: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO
ESCALA: 1:750	FECHA: MARZO DEL 2023
SECCIÓN 04	



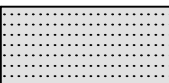
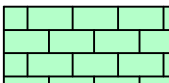
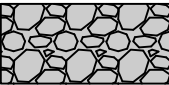
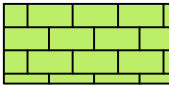

LEYENDA

	Cuaternario coluvio-aluvial Qh-co-al
	Cuaternario fluvial Qh-fl
	Formación Yumagual Ks-yu
	Formación Pariatambo Ki-pa
	Formación Chúlec Ki-chu

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
SECCIÓN GEOLÓGICA E-E'		
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	SECCIÓN 05
ESCALA: 1:5000	FECHA: MARZO DEL 2023	

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	LITOLOGÍA	ESPESOR	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	VERSILIANO	CUATERNARIO COLUVIO-ALUVIAL		±20 m	Arcillas de baja plasticidad
				CUATERNARIO FLUVIAL		±20 m	Gravas redondeadas a subredondeadas
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	CENOMANIANO	FORMACIÓN YUMAGUAL		±250 - 350 m	Intercalación de calizas arcillosas grisáceas, arcillitas y margas en estratos de mediano espesor
				FORMACIÓN PARIATAMBO		±100 - 150 m	Calizas bituminosas nodulares con intercalaciones de arcillitas negras, grano fino con venillas de calcita .
		INFERIOR	ALBIANO	FORMACIÓN CHÚLEC		±250 - 350 m	Intercalación de rocas calizas, calizas margosas, arcillitas en estratos de pequeño espesor.

LEYENDA

	Cuaternario coluvio-aluvial Qh-co-al		Formación Pariatambo Ki-pa
	Cuaternario fluvial Qh-fl		Formación Chúlec Ki-chu
	Formación Yumagual Ks-yu		

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA 		
TESIS: ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE LADERAS Y TALUDES DE LOS ALREDEDORES DE LA CIUDAD DE LA ENCAÑADA, PROVINCIA DE CAJAMARCA DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA		
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA		
TESISTA: EDGAR CRUZADO BARBOZA	ASESOR: REINALDO RODRÍGUEZ CRUZADO	COLUMNA 01
ESCALA: 1:5000	FECHA: MARZO DEL 2023	