



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Geológica

“ANÁLISIS GEOMECÁNICO PARA DETERMINAR LOS FACTORES CRITICOS QUE GENERAN LA INESTABILIDAD DE LOS TALUDES, TRAMO DE LA CARRETERA CON PROGRESIVAS KM3+000 – KM7+000 BAÑOS DEL INCA – LLACANORA, 2021.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Nilo Fernando Luza Sucapuca

Asesor:

Mg. Ing. Ricardo Portilla Castañeda

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres, por haberme permitido llegar hasta este punto y velar por mi salud, para lograr mis objetivos; también, por su invaluable y perseverante apoyo con mi carrera profesional; a mis padres, hermanos, familiares y amigos cercanos por participar directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

Nilo Fernando Luza Sucapuca

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi familia y a la Universidad Privada del Norte por el apoyo brindado en cada momento y por la oportunidad brindada para realizarme como persona y profesional.

Nilo Fernando Luza Sucapuca

Tabla de contenidos

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos	12
1.4. Hipótesis general.....	13
1.5. Justificación.....	13
CAPÍTULO II. MÉTODO.....	14
2.1. Tipo y método de investigación.....	14
2.2. Población y muestra.....	14
2.3. Procedimiento	18
2.4. Generalidades.....	19
2.5. Geología local	22
2.6. Geomorfología	24
2.7. Geología estructural.....	29
2.8. Hidrología.....	30
2.9. Descripción y características geotécnicas	32
CAPÍTULO III. RESULTADOS	83
CAPITULO IV DISCUSIÓN	84
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	87
REFERENCIAS	88
ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Metodología De La Investigación	14
Tabla 2 Para la toma de datos geomecánicos en campo (modificado de Vallejo)	16
Tabla 3 Vértices de la zona del área de la zona de investigación	20
Tabla 4 Accesibilidad a la zona de investigación	21
Tabla 5 Cuadro Climatológico de Cajamarca 2016	22
Tabla 6 Unidades geomorfométricas (Rodríguez, 2014)	25
Tabla 7 Datos geomecánicos de la estación 01	34
Tabla 8 Datos geomecánicos de la estación 02	39
Tabla 9 Datos geomecánicos de la estación 03	44
Tabla 10 Datos geomecánicos de la estación 04	49
Tabla 11 Datos geomecánicos de la estación 05	54
Tabla 12 Datos geomecánicos de la estación 06	59
Tabla 13 Datos geomecánicos de la estación 07	64
Tabla 14 Datos geomecánicos de la estación 08	69
Tabla 15 Datos geomecánicos de la estación 09	74
Tabla 16 Datos geomecánicos de la estación 10	79
Tabla 17 Cuadro resumen de las estaciones geomecánicas	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Metodología para obtener el factor de seguridad	19
Figura 2 Ubicación de la investigación	20
Figura 3 Estratos de la formación Carhuaz	23
Figura 4 Contacto litológico entre la formación Carhuaz y Farrat	24
Figura 5 Unidades geomorfológicas: ladera y lomada	26
Figura 6 Unidad geomorfológica: escarpe	27
Figura 7 Plegamiento del anticlinal de baños del inca	28
Figura 8 Diaclasas de la formación Carhuaz	29
Figura 9 Río chonta	30
Figura 10 Río Chonta	31
Figura 11 Talud de la Estación 01	33
Figura 12 Análisis en el software RocData de la estación 01	35
Figura 13 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 0	36
Figura 14 Análisis determinístico de la Estación 01	37
Figura 15 Talud de la Estación 02	38
Figura 16 Análisis en el software RocData de la estación 02	40
Figura 17 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 02	41
Figura 18 Análisis determinístico de la Estación 02	42
Figura 19 Talud de la Estación 03	43
Figura 20 Análisis en el software RocData de la estación 03	45
Figura 21 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 03	46
Figura 22 Análisis determinístico de la Estación 03	47
Figura 23 Talud de la Estación 04	48
Figura 24 Análisis en el software RocData de la estación 04	50
Figura 25 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 04	51
Figura 26 Análisis determinístico de la Estación 04	52
Figura 27 Talud de la Estación 05	53
Figura 28 Análisis en el software RocData de la estación 05	55
Figura 29 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 05	56
Figura 30 Análisis determinístico de la Estación 05	57
Figura 31 Talud de la Estación 06	58
Figura 32 Análisis en el software RocData de la estación 06	60
Figura 33 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 06	61
Figura 34 Análisis determinístico de la Estación 06	62
Figura 35 Talud de la Estación 07	63
Figura 36 Análisis en el software RocData de la estación 07	65
Figura 37 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 07	66
Figura 38 Análisis determinístico de la Estación 07	67
Figura 39 Talud de la Estación 08	68
Figura 40 Análisis en el software RocData de la estación 08	70
Figura 41 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 08	71
Figura 42 Análisis determinístico de la Estación 08	72
Figura 43 Talud de la Estación 09	73
Figura 44 Análisis en el software RocData de la estación 09	75
Figura 45 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 09	76
Figura 46 Análisis determinístico de la Estación 09	77
Figura 47 Talud de la Estación 10	78
Figura 48 Análisis en el software RocData de la estación 10	80

Figura 49 Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 10	81
Figura 50 Análisis determinístico de la Estación 10.....	82

RESUMEN

La presente tesis realizó el análisis geomecánico de los taludes críticos en las progresivas de la carretera Km3+000 – Km700+000 de la carretera Baños del inca - Llacanora. Así mismo identificando los parámetros geomecánicos se determinó el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, calculando el factor de seguridad y elaborando un mapa geotécnico. se realizó las tomas fotográficas en cada una de las estaciones que se ha determinado, luego se realizó las medidas correspondientes en cada una de las estaciones haciendo uso de un formato diseñado para una mejor recolección de los datos en campo, y finalmente llevamos los datos obtenidos a los softwares de la firma RocScience. Consiguiendo así que los taludes críticos en las progresivas de la carretera Km3+000 – Km700+000 de la carretera Baños del Inca – Llacanora cuyos factores de seguridad son bajos por lo cual se consideran inestables y son un riesgo para la población y transporte que circula, evidenciando también que es necesario una estabilización de los taludes con factor de seguridad menores a 1, antes de las temporadas de lluvia.

Palabras Clave: Caracterización geomecánica, Inestabilidad de Taludes, Factor de seguridad.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La inestabilidad de los taludes es un problema común que la ingeniería soluciona en todas partes del mundo, hay taludes que según sus características litológicas geoestructurales y geomecánicas pueden ser un riesgo y realizando estudios se determinará qué tipo de reforzamiento se empleará para su estabilidad y que no generen ningún accidente o interrupción en las actividades de transporte o comunicación; esta inestabilidad se puede analizar mediante diferentes métodos, revisando antecedentes teóricos del tema usando tablas empíricas propuestas por (Bieniawski, 1989) o también el índice de resistencia geológica (GSI) realizando perfiles geológicos en 2D, tomando el rumbo y buzamiento, y también con tomando directamente del afloramiento rocoso muestras de roca y llevarlas a analizar en el laboratorio.

Ramos (2017), en su investigación el compara el uso de dos software para el análisis de taludes en afloramientos rocosos, el Slide vs LS-DYNA, el cual el segundo es un software con base en elementos finitos y proporciona información como aceleraciones, deformaciones, desplazamientos, mientras que el Slide solo la estabilidad de los taludes, mientras que (Maknoon, 2016) realiza una investigación en taludes de pilas de rocas de desecho en condiciones insaturadas después de grandes precipitaciones; esta tesis elaborada en Francia aborda el análisis de estabilidad de grandes pilas en la superficie formadas de rocas estériles, teniendo en cuenta los parámetros que influyen en los taludes.

Chambi (2015) realiza un estudio de estabilidad de taludes en los macizos rocosos de la carretera Ticaco-Candarave en las progresivas: 124+560 a

129+00km, Tacna en donde se estudió de estabilidad de taludes en los macizos rocosos para prevenir la inestabilidad de los macizos rocosos evaluando su comportamiento estructural y el factor de seguridad. Llegando a concluir que el criterio de Hoek y Brown se ajusta a los rangos establecidos por Bieniawski 1989, que la rotura planar es más predominante así mismo los factores de seguridad presentes en los taludes variaban de 3.95 a 1.4 en un análisis estático y de 3.28 a 1.06 para el análisis pseudoestático, finalmente recomienda que realicen manteamientos periódicos a los taludes y ensayos triaxiales.

Montoya (2014) realiza una investigación en la evaluación geotecnia de los taludes de la carretera Cruz Blanca – El Gavilán”, donde se analiza la inestabilidad de los taludes de la carretera, teniendo en cuenta el contexto geológico local, regional y su relación estrecha que existen con los agentes geodinámicos. en ésta investigación analizan la resistencia a la compresión simple. El índice geológico de resistencia(GSI), Dip y Dip Direction. Trabajándolo con el software “Dips” reportan que es su zona de estudio dos roturas planares y 3 roturas en cuña de manera similar (Mercado 2014) analiza la inestabilidad de taludes en zonas críticas en la carretera Cajamarca – Celendín en el tramo Km. 52+000 – Km 94+400”, donde zonifica la inestabilidad de taludes en zonas críticas, teniendo en cuenta características litológicas, geomorfológicas, estructurales, obteniendo factores de seguridad cercanos a 1 por lo cual recomienda que se realicen actividades de sostenimiento, como disminuyendo el ángulo del talud.

Arteaga, (2017) En su investigación del Análisis geológico - geotécnico en los taludes de la carretera Choropampa – Magdalena, estudió el comportamiento

geológico - geotécnico en los taludes de la carretera, y cómo influye en su inestabilidad; para ello, se identificaron características litológicas, físicas, geomecánicas de las rocas que conforman los taludes, y factores condicionantes, lo que le lleva a concluir que los factores geométricos y topográficos han sido afectados por procesos geodinámicos, y estos incrementan con factores de saturación y sismicidad, su factor de seguridad en condiciones normales varían entre 1.00 a 1.29, y la 8 de sus taludes críticos presentan inestabilidad absoluta en condiciones de sismicidad, su recomendación en esta investigación es que en las quebradas se realice obras ya que los causes en temporada de lluvia producen derrumbes y aceleran los procesos de meteorización.

Dado dichos antecedentes para comprender el comportamiento de las rocas, en nuestro trabajo de investigación analizamos, la litología, geomorfología geología estructura, geomecánica hallando los parámetros de rotura y además prevenir riesgos causados por deslizamientos de macizos rocosos, que afectan a la población y su accesibilidad. El trabajo de investigación se desarrollara en el tramo de la carretera con progresivas km3+000 – km7+000 baños del inca - Llacanora, distrito de Llacanora, provincia Cajamarca y departamento de Cajamarca se encuentran afloramientos pertenecientes a la Formación Carhuaz y Farrat, dichas formaciones están meteorizadas, reduciendo la calidad de la roca y convirtiéndolas los taludes inestables, con caídas de rocas y deslizamientos, y más aún en la época de lluvia ya que la infiltración del agua altera drásticamente la estabilidad. Analizando los parámetros geomecánicos como la evaluación del macizo rocoso (RMR), el índice de resistencia geológica (GSI) y el índice de calidad de roca (RQD). Analizamos geomecánicamente los taludes críticos para que el presente estudio

pretenda obtener un adecuado control de mitigación de los taludes para tener una mejor seguridad vial.

Por lo expuesto formulamos el problema ¿Cómo el análisis geomecánico permite determinar la inestabilidad de los taludes críticos en el tramo de la carretera con progresivas km3+000 – km7+000 Baños del inca - Llacanora? Entonces consideramos que la inestabilidad está relacionada con la geomecánica que ésta a su vez se relaciona con el comportamiento litológico, estructural y morfológico y son afectadas por las variables detonantes como la precipitación, la infiltración y la sismicidad producidas por los vehículos, lo cual provoca la inestabilidad de los taludes.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo el análisis geomecánico permite determinar la inestabilidad de los taludes críticos en el tramo de la carretera con progresivas km3+000 – km7+000 Baños del inca - Llacanora?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar el análisis geomecánico análisis geomecánico para determinar los factores críticos que generan la inestabilidad de los taludes, tramo de la carretera con progresivas de km3+000 – km700+000 de la carretera baños del inca – Llacanora, en el año 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar los parámetros geomecánicos determinar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos,
- Calcular el factor de seguridad de los taludes

- Elaborar mapa geotécnico.

1.4. Hipótesis general

La caracterización geomecánica de los taludes críticos de la carretera de Baños del Inca a Llacanora, está relacionada con el comportamiento de los macizos rocosos, con el ángulo de los taludes la cohesión, el ángulo de fricción la litología de la formación Carhuaz y las estructuras geológicas, variables que son afectadas por la precipitación siendo erosionadas y también que presentan bajo ángulo de fricción y los taludes son muy empinados sobre todo en la parte final de la zona de estudio. Además de Los controles estructurales, como lo son las fallas y fracturas son importantes para determinar las familias de diaclasas que den origen a tipos de rotura y deslizamientos, la precipitación también afectaría porque la infiltración del agua provoca inestabilidad del talud al igual que la sismicidad por lo que encontraremos taludes inestables.

1.5. Justificación

Esta investigación busca realizar la caracterización geomecánica de los taludes críticos de la carretera Baños de Inca - Llacanora, para prevenir accidentes u obstrucciones viales en los tramos críticos, Por lo tanto, este trabajo aporta información nueva sobre el comportamiento del macizo rocoso y su inestabilidad, a través del uso tablas geomecánicas y softwares como RocData 4.0, DIPS 4.0 y ArcGIS 2019. Además, puede ser útil para futuros proyectos realizados por estudiantes o profesionales, permitiendo diagnosticar, comparar, comprobar y buscar soluciones a problemas como la transitabilidad y seguridad de los pobladores.

CAPÍTULO II. MÉTODO

2.1. Tipo y método de investigación

Esta investigación se realizó tipo descriptivo ya que tiene por objetivo principal describir el comportamiento de las variables dependientes de la muestra definida. no experimental, debido a que nos va a permitir describir, analizar y las variables no serán manipuladas de manera directa; es cuantitativo porque se centra en el estudio y análisis de la realidad mediante diversos procedimientos basados en la medición. Es aplicada ya que se centra en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado. (Oblitas Cruz, 2018)

Tabla 1

Metodología De La Investigación

CLASIFICACIÓN	TIPOS DE INVESTIGACIÓN
Según su profundidad	Descriptivo
Según la manipulación de la variable	No Experimental
Según la naturaleza de sus datos	Cuantitativo
Según su propósito	Aplicativa

2.2. Población y muestra

Como población de estudio de la investigación se ha considerado los taludes en el tramo de la carretera con progresivo km 3+000 – 7+000; así mismo como muestra de estudio se tomó 08 estaciones geomecánicas en los taludes críticos en el tramo de la carretera con progresivo km 3+000 – 7+000 que presentan evidencia de inestabilidad.

2.2.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.2.1.1. técnicas

En las técnicas empleadas para el acopio de la información y el análisis documental que constituye un proceso ideado por el individuo como medio para organizar y representar el conocimiento registrado en los documentos, cuyo índice de producción excede sus posibilidades de lectura y captura (Peña Vera & Pirela Morilo, 2007); luego tenemos: la observación dirigida a la zona de estudio para determinar los taludes críticos existentes, posteriormente se realizó las tomas fotográficas en cada una de las estaciones que se ha determinado, seguidamente se determinó las coordenadas en cada estación para luego ser plasmadas en el plano geotécnico, luego se realizó las medidas correspondientes en cada una de las estaciones haciendo uso de un formato diseñado para una mejor recolección de los datos en campo, y finalmente llevamos los datos obtenidos al software Dips y Swedge.

2.2.1.2. Instrumentos de recolección de datos

- Ficha de observación geomecánica
- Cuaderno de campo para anotar toda la data recolectada en campo.
- GPS GARMIN MAP 60 CSX Navegador: Para determinar las coordenadas de cada talud analizado.
- Brújula Para determinar el rumbo y buzamiento de los estratos; así como también la pendiente del talud.
- Planos (topográficos, geológicos,): Para determinar la ubicación de la zona de estudio; así como también para identificar la litología que aflora en dicha zona.
- Martillo de Schmidt, para poder calcular la resistencia a la compresión.

2.2.2. Materiales

La toma de datos se realizará con los siguientes instrumentos y equipos:

- Wincha de 50m: Para realizar las mediciones correspondientes en los taludes.
- Protactor: Para plasmar los datos obtenidos en campo en los planos a escala.
- Picota Geológica Estwing: Para sacar las diferentes muestras en campo, para su respectivo análisis.
- Lupa 20X – 10X: Para determinar los cristales y el tamaño de grano que presentan las diferentes muestras obtenidas.
- Lápiz de dureza: Para determinar el grado de dureza que presentan los clastos de las muestras obtenidas.
- Libreta de campo: Para anotar toda la data recolectada en campo.
- Bolsas de muestreo: Para recolectar y transportar las muestras obtenidas en campo.
- Cámara fotográfica digital
- Planos (topográficos, geológicos,): Para determinar la ubicación de la zona de estudio; así como también para identificar la litología que aflora en dicha zona.

2.3. Procedimiento

2.3.1. Etapa Pre campo o de gabinete

Se ha recompilado y analizado la información previa obtenida de fuentes primarias y secundarias. Para la búsqueda y revisión bibliográfica se recurrió a la consulta de tesis, libros, revistas geológicas y base bibliográfica buscada en internet, Consultando bases de datos como: Scielo, Scops, Alicia, repositorio UNC, Redalyc Para la recopilación cartográfica y parte de la geología se recurrió a la información contenida en la base de datos del INGEMMET.

2.3.2. Etapa Campo

Se realizó el cartografiado geológico-geotécnico y la caracterización geomecánica mediante la toma directa de datos en fichas de los taludes, buzamiento, dirección de buzamiento, de los estratos y de las discontinuidades presentes en los taludes con evidencia de inestabilidad en el tramo de la carretera Baños del Inca – Llacanora logrando un análisis comparativo y descriptivo, para luego clasificar el RMR-89 permitiendo definir las zonas críticas mediante puntos de control a través de todo el tramo de la carretera, para luego analizarlos en gabinete.

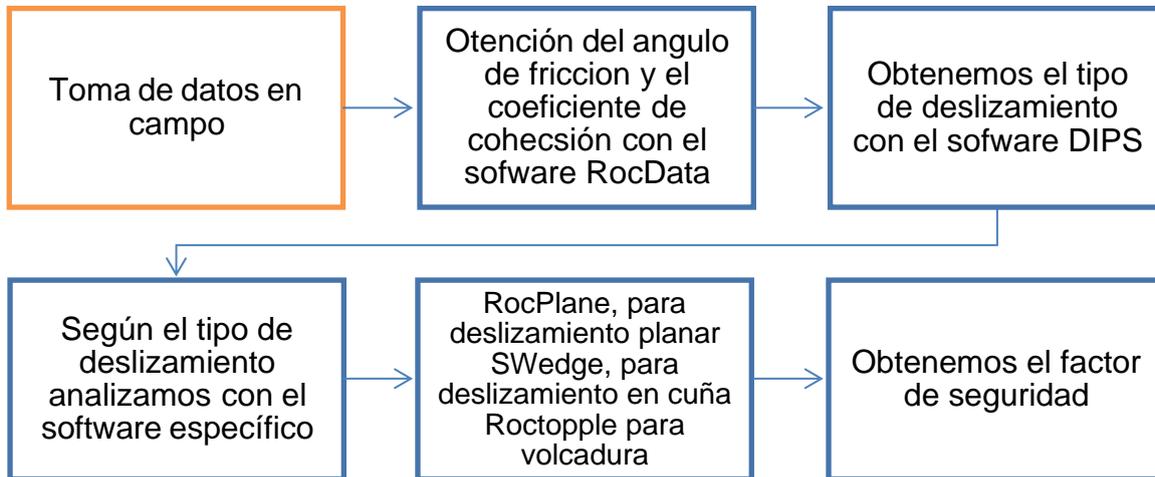
2.3.3. Etapa post campo o gabinete II

Con los datos obtenidos en las fichas de la etapa de campo, se procesó e interpreto mediante el uso del software: RockData, para obtener parámetros como la cohesión ángulo de fricción, resistencia a la compresión uniaxial, luego en el software Dips, se definió la tendencia de tipo de rotura de los taludes, los cuales obtuvimos deslizamientos planares, en cuña y por volcadura y finalmente para hallar el factor de seguridad usamos los siguientes software de acuerdo al tipo de deslizamiento SWegde, Rocplane y Roctopple; así mismo se realizó la elaboración de planos

mediante el uso del software ArcGIS y por último, se realizó la discusión de los resultados obtenidos y redacción del informe final.

Figura 1

Metodología para obtener el factor de seguridad



Nota: Esta secuencia es necesaria para obtener el factor de seguridad ya que un software nos da los datos para usarlo en el siguiente

2.4. Generalidades

2.4.1. Ubicación

2.4.1.1. Geográfica

Geográficamente el tramo de la carretera se encuentra emplazada en los andes de la cordillera occidental de Perú; la cual está comprendida entre los 2200 a 2600 m.s.n.m. con clima templado con variantes en las estaciones del año, con lluvias en los meses de octubre a marzo y sequía de abril a septiembre.

El tramo de carretera con coordenadas en UTM: DATUM WGS84, ZONA – 17S, abarca una longitud de 4 km aproximadamente.

Tabla 3

Vértices de la zona del área de la zona de investigación

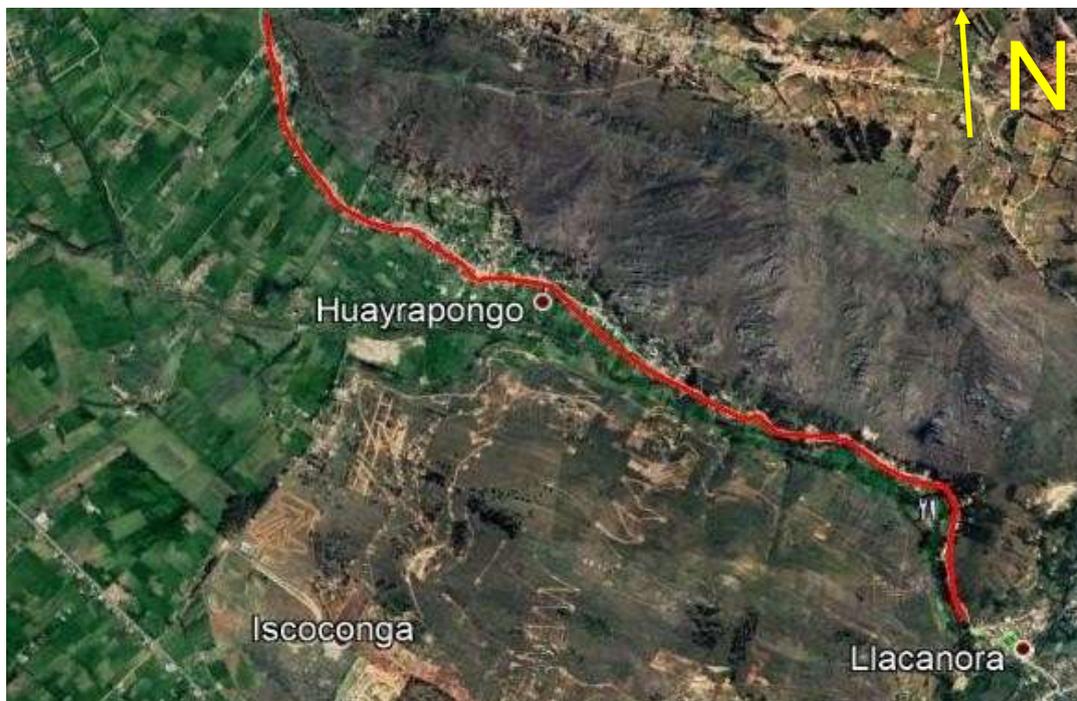
Vértice	Este	Norte
01	780552	9206268
02	784364	9206268
03	780552	9203658
04	784364	9203658

2.4.1.2. Política

Políticamente la carretera de la zona de investigación, se ubica en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca y distrito de Llacanora

Figura 2

Ubicación de la investigación



Nota: Figura obtenida de Google Earth, la línea roja representa la carretera baños del inca - Llacanora

2.4.2. Accesibilidad

El acceso al tramo de la carretera baños del inca - Llacanora; se realiza por dos rutas, una carretera principal Cajamarca – baños del Inca, con un tiempo estimado de 30 minutos desde la Ciudad de Cajamarca en automóvil. Y la segunda es por la carretera de Cajamarca – Llacanora con un tiempo estimado de 45 minutos en automóvil.

Tabla 4

Accesibilidad a la zona de investigación

Tramo	Cajamarca - baños del inca	Baños del inca - Llacanora
Tipo	Carretera asfaltada	Carretera asfaltada
Tiempo	15 min en auto	30 min en auto
Distancia	4.5 km	7 km

2.4.3. Clima y vegetación

La zona de estudio presenta un clima variado, desde templado a templado frío el cual depende de la altitud, latitud y época del año. Los periodos de precipitación comprenden desde octubre a mayo, el promedio de temperatura anual es de 18 °C, las temporadas más frías hasta los 9.41 °C, y en los días más calurosos hasta 26.54°C. (Fuente: SENAMHI)

En cuanto a la vegetación propia de la zona encontramos; árboles y arbustos como: retama, eucalipto, aliso, llantén. En Cultivos comprende; maíz, papa, cebolla, arveja, alfalfa, caña de azúcar, papa, manzana, capulí, membrillo, palta, chichayo, caigua y verduras.

Tabla 5

Cuadro Climatológico de Cajamarca 2016

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación (mm)	74,40	86,91	107,41	51,47	5,03	0,60	1,43	0,70	21,78	54,80	14,40	56,15
Tem. del aire Máx. °C	19,24	18,79	18,89	18,56	18,59	17,32	17,26	18,13	18,20	18,52	18,50	17,75
Tem. del aire Mín. °C	10,26	11,75	10,45	9,71	7,73	6,38	5,12	6,45	7,63	8,41	6,37	9,57
Tem. del aire Med. °C	14,75	15,27	14,67	14,13	13,16	11,85	11,19	12,29	12,92	13,46	12,43	13,66
Hum. Rel. Máx. (%)	91,21	92,78	93,96	94,50	91,53	85,99	84,14	81,74	84,79	86,85	77,73	91,13
Hum. Rel. Mín. (%)	52,37	59,95	57,54	57,00	49,37	44,88	40,27	40,22	43,58	44,70	34,51	52,99
Hum. Rel. Med. (%)	71,79	76,36	75,75	75,75	70,45	65,43	62,20	60,98	64,19	65,77	56,12	72,06
Dirac. Viento (grados)	161,62	151,46	156,91	159,29	175,86	163,13	175,97	153,74	160,29	171,16	177,90	169,17
Vel. Viento (Nudos)	1,51	1,31	1,26	1,26	1,40	1,60	1,71	1,89	1,61	1,60	1,74	1,48
Presión atm. (mb)	12,80	12,81	12,82	12,82	12,82	12,83	12,83	12,82	12,82	12,79	12,79	12,79

2.5. Geología local

El área de investigación abarca depósitos cuaternarios fluviales, coluviales y aluviales, y los taludes críticos se encuentran en la formación Carhuaz y la formación Farrat

2.5.1. Formación Carhuaz

La formación Carhuaz se encuentra en su mayoría cubierto por material orgánico o erosionado, presente notablemente en el margen izquierdo de la zona de estudio, presenta intercalaciones de areniscas de grano fino con presencia de óxidos en los estratos que están contiguos a las arcillitas las cuales altamente meteorizados en la parte superior de la formación encontramos lutitas bituminosas lo que indica que su ambiente de sedimentación fue en las cercanías de la orilla y con transporte de material orgánico como el ambiente deltaico.

Figura 3

Estratos de la formación Carhuaz



Nota: arcillita, lutitas areniscas y limonitas presentes en la formación Carhuaz (E: 784017; N: 9204116)

2.5.2. Formación Farrat

La formación Farrat Suprayace estratigráficamente a la formación Carhuaz, está compuesta principalmente por areniscas blanquecinas con patinas de óxidos de hierro sus rocas son más competentes y más resistentes meteorización, se encuentra sobre los taludes críticos lo cual su peso es una fuerza que generaría los deslizamientos, sobre esta se encuentra material orgánico y está cubierto por la vegetación.

Figura 4

Contacto litológico entre la formación Carhuaz y Farrat



Nota: contacto litológico entre la formación Carhuaz que infra yace a la formación Farrat este último cubierto por material orgánico y vegetación (E:783499, N:9204736)

2.6. Geomorfología

Para determinar las unidades geomorfo genéticas usé la clasificación definida por Rodríguez, 2014.

Tabla 6

Unidades geomorfométricas (Rodríguez, 2014)

Unidades geomorfométricas	
Ángulo de pendiente	Descripción
0° – 8°	Planicies
8° – 25°	Lomadas
25° – 50°	Laderas
50° – 90°	Escarpes

2.6.1. Planicies

En los alrededores cercanos a la zona de estudio hemos observado planicies que la mayoría se encuentran al inicio, están cercanas al río Chonta conformada en su mayoría por material orgánico y son utilizados como zonas de cultivo y pastoreo por los pobladores.

Figura

Unidad geomorfológica de Planicie



Nota: Planicie en el margen izquierdo (aguas abajo) del río Chonta y al costado de la carretera a Baños del Inca – Llacanora (E: 783881; N: 9204441)

2.6.2. Lomadas

Se encuentran en su mayoría en el margen derecho aguas abajo del río Chonta y sobre todo es utilizado como zona de cultivo por los pobladores

2.6.3. Laderas

Se identificó mayor cantidad de laderas cerca al centro poblado de Llacanora, en su mayoría en el cerro Iscoconga que está a la derecha del río Chonta aguas abajo.

Figura

Unidades geomorfométricas: ladera y lomada



Nota: Ladera y Lomada en el margen derecho del río Chonta aguas abajo (E: 782413; N: 9205062)

2.6.4. Escarpes

Los escarpes se presentan mayormente en la formación Farrat, que está al margen izquierdo del Río Chonta aguas abajo, y en los taludes.

Figura 7

Unidad geomorfométrica: escarpe



Foto 1 Escarpe de las Rocas de la formación Farrat (E: 780857; N:9205861)

2.7. Geología estructural

2.7.1. Pliegues

Se observó deformaciones en la formación Carhuaz que evidencian ser un flanco del anticlinal de baños del inca en los taludes que evidencia esfuerzos tectónicos con orientación de suroeste a noreste.

Figura 8

Plegamiento del anticlinal de baños del inca



Nota: Plegamiento de un Flanco del Anticlinal de Baños del Inca en la Formación Carhuaz. (E: 783866, N: 9204392)

2.7.2. Fallas

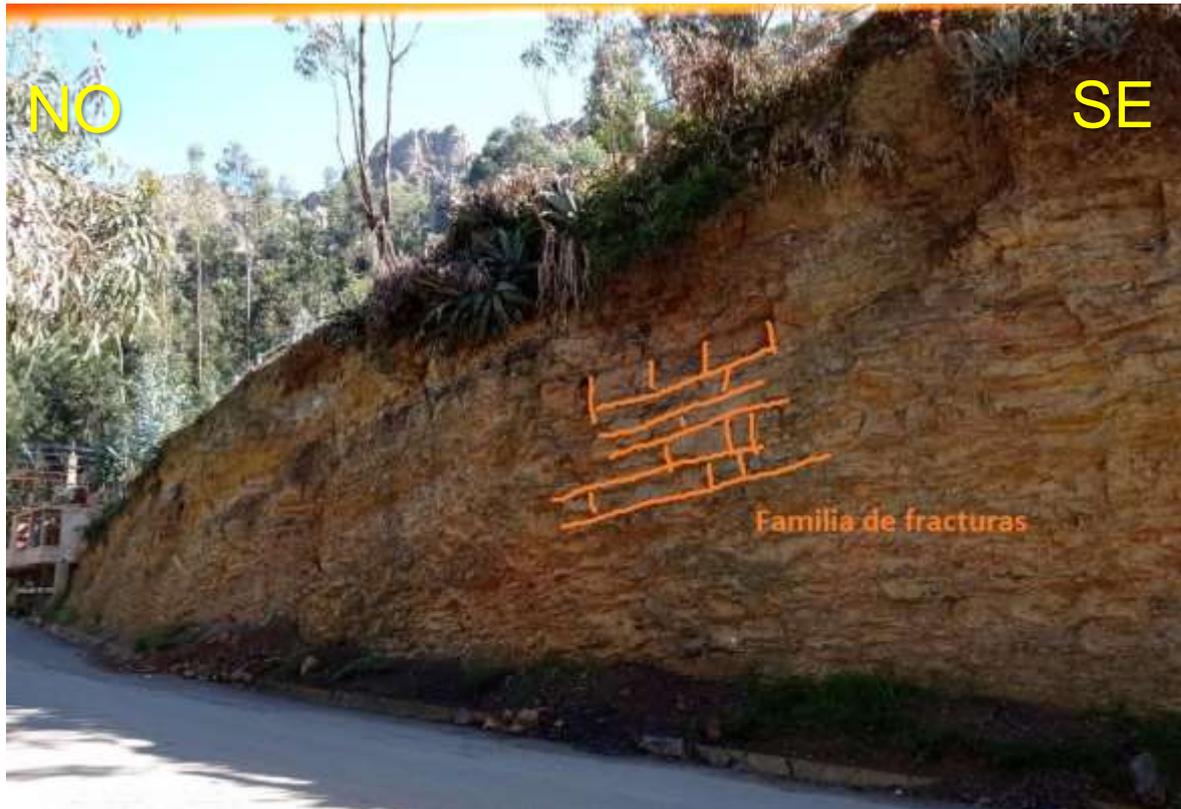
Se ha inferido una falla de desplazamiento cerca al centro poblado de Llacanora producto de los mismos esfuerzos tectónicos que formaron los pliegues. (Ver Plano geológico-geotécnico en el Anexo 2).

2.7.3. Diaclasas

Se observó también en los taludes fracturas sin desplazamiento en rocas sedimentarias, areniscas.

Figura 9

Diaclasas de la formación Carhuaz



Nota: Familia de Fracturas Presentes en la formación Carhuaz

2.8. Hidrología

Los taludes críticos de la carretera Baños del Inca Llacanora se encuentra en el margen izquierdo, aguas abajo, del río chonta.

Figura 10

Río chonta



Nota: Río Chonta, los parámetros geomorfológicos de la microcuenca, según Merino, 2017, es que abarca 68.56 kilómetros cuadrados y la longitud del cauce principal es 41.46 kilómetros

2.9. Descripción y características geotécnicas

Para esta caracterización y clasificación se realizó la toma de datos en 10 estaciones en el tramo de la carretera baños del inca Llacanora, la mayoría de taludes están compuestos por 3 familias de discontinuidades, se tomaron los datos en tablas de campo (Dip, Dip Direction, propiedades de las discontinuidades, referencia geográfica) para hallar el RMR, y RQD; luego se tomaron datos del estrato y discontinuidades para llevarlos al software ROCDATA que está basado en los métodos de clasificación de Hoek y Brown , para obtener el coeficiente de cohesión, y el ángulo de fricción, luego analizamos el tipo de rotura de los taludes, mediante el software DIPS los cuales obtuvimos deslizamiento planares, en cuña y por volcadura, posterior a ello analizamos mediante los software RocPlane, Swedge y RocTopple según el tipo de deslizamiento que presentara para así poder hallar el factor de seguridad.

2.9.1. Estación 01

El talud de la estación N° 1, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 45 por lo que es de clase III, tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 35 MPa, un ángulo de fricción de 23.96° y un coeficiente de cohesión de 1.256 MPa. El talud se encuentra inactivo pero está presente el riesgo del desprendimiento de rocas el software nos dio un factor de seguridad de 1.031.

Figura 11

Talud de la Estación 01



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204115, E: 784015

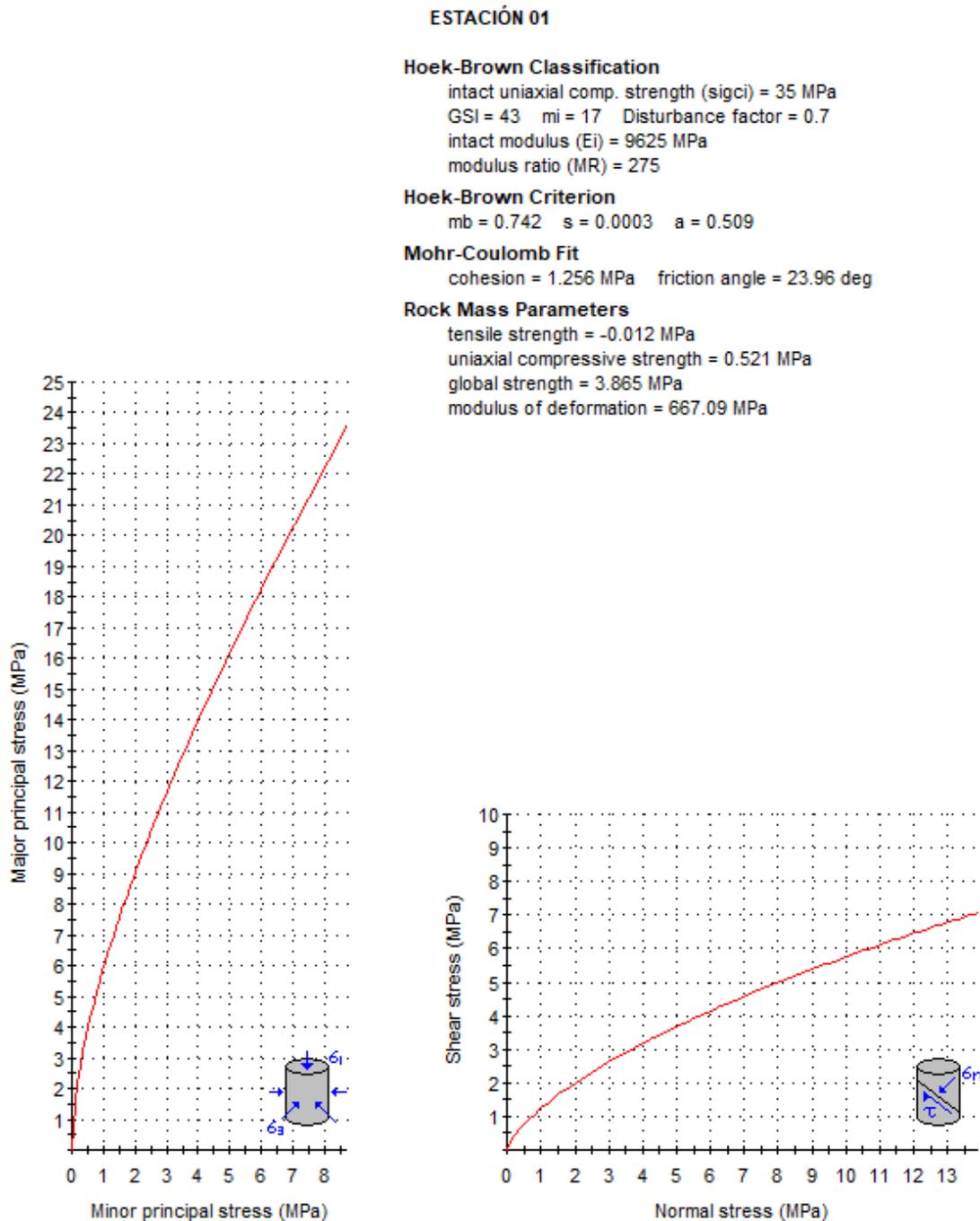
Tabla 7

Datos geomecánicos de la estación 01

REGISTRO GEOLÓGICO-GEOTECNICO				Datos de Discontinuidades																			
SISTEMA : WGS 84				RESPONSABLE : Nilo Fernando Luza Sucapuca																			
				CODIGO : EST - 1																			
				FECHA : mayo del 2021																			
DIS. Nro.	DATA GPS.			MACIZO ROCOSO				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS															
	ESTE	NORTE	COTA	LITOLOG / FORMAC.	METEORIZ	GRADO DE FRACT.	ROD	GSI	TIPOS	RESIST. DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa)		DIRECCIÓN		ESPACIADO (m)	long. de la discontd. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC. METEOR.	AGUA		
					Fresco		$100^{e\%} \cdot 0.1\lambda^{(0.1\lambda+1)}$		E=Estratif.	Ensayo de carga puntual	Compresion simple	ORIENTACIÓN		20pts => 2m	6pts = < 1	6pts = Nada	6pts = Muy Rug.	Arcilloso	6pts = Ninguna	6pts = Inalterada	15pts = Seco		
					Lev		$\lambda = ND/m$		D=Diaclasa					15pts = 2 - 0, 6	4pts = 1-3	5pts = < 0,1	5pts = Rugosa	Qz / Silic	4pts = Duro<5	5pts = Lig. Alt	10pts = Humed		
					Mod	Alto	5,587	1= Bloq-regular	Ff=Falla Norm	15pts >10	15pts > 250			10pts = 0, 6 - 0,2	2pts = 3-10	3pts = 0,1 - 1,0	3pts = Lig. Rug.	Calcita	2pts = Duro<5r	3pts = Mod. Alt	7pts = Mojado		
					Alt	Med		2= Bloq -irregular	Fi=f. inversa	12pts = 10 - 4	12pts 250 - 100			8pts = 0,2 - 0,06	1pts = 10-20	1pts = 1,0-5,0	1pts = Ond-Lisa	Oxidos	2pts = Suave<C	1pts = Muy Alt	4pts = Goteo		
					Compl	Bajo		3= Bloq y capas	Fd=falla Direcc	7pts = 4 - 2	7pts 100 - 50			5pts = < 0,06	0pts = >20	0pts = >5	5= Suave - pulida	Roca Tritur	0pts =Suave<5mm.	0pts = Descomp	0pts = Flujo		
					Suelo			4= Fract- inter	mf=Microfalla	4pts = 2 - 1	4pts 50 - 25	DIP DD						Bx					
									SE=Sobrees.		2pts = 25 - 5							Panizo					
									C=Contacto		1pts = 5 - 1							Veta					
											0pts < 1												
1							41.86		E		4	54	200	0.23	8	1 mm	ligeramente rugosa	Arcilla	Duro < 5mm	Moderadamente Alterada	Seco		
												71	181										
												71	183										
												75	215										
												71	171										
												79	179										
												70	172										
												73	168										
												70	170										
												78	175	10	2	3	3		4	3	15	50	
2	784015	9204115	2648	formacion carhuaz	3	2			D1		4	35	5	0.09	2.4	5 mm	ligeramente rugosa	Patinas de Oxido de hierro	Duro > 5 mm	Ligeramente Alterada	Seco		
												13	5										
												19	12										
												26	10										
												8	3										
												14	2										
												10	4										
												30	8										
												23	3										
												19	12										
												11	7	5	4	1	3		2	5	15	45	
3							6		D2		4	35	71	0.22	10.56	5 mm	ligeramente rugosa	Silice	Duro > 5 mm	Ligeramente Alterada	Seco		
												71	71										
												78	69										
												70	94										
												73	84										
												70	89										
												85	103										
												75	89										
												78	97										
												76	79										
												71	86	10	1	1	3		2	5	15	47	
												Talud	65	195	RMR				45	Media III			

Figura 12

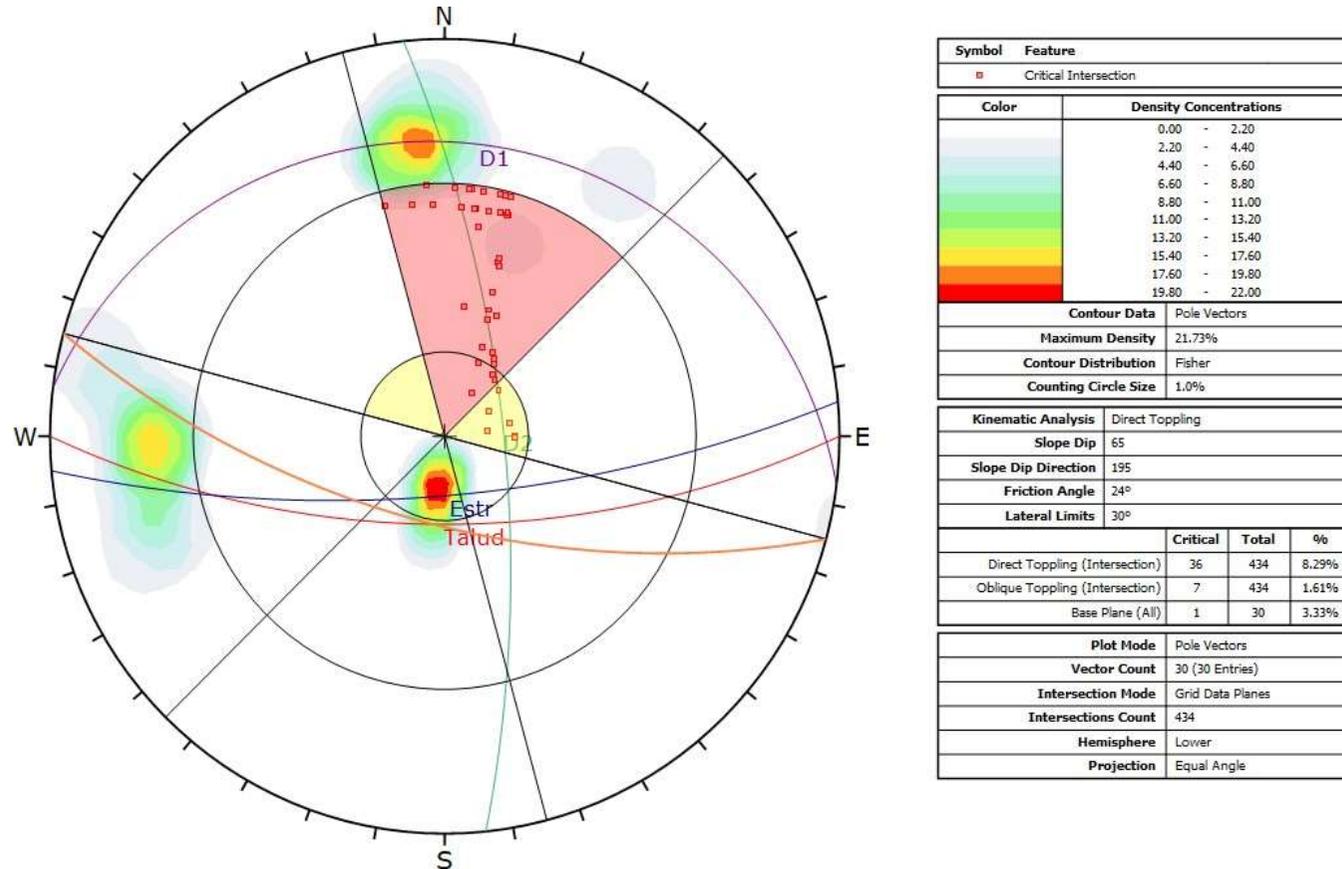
Análisis en el software RocData



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 13

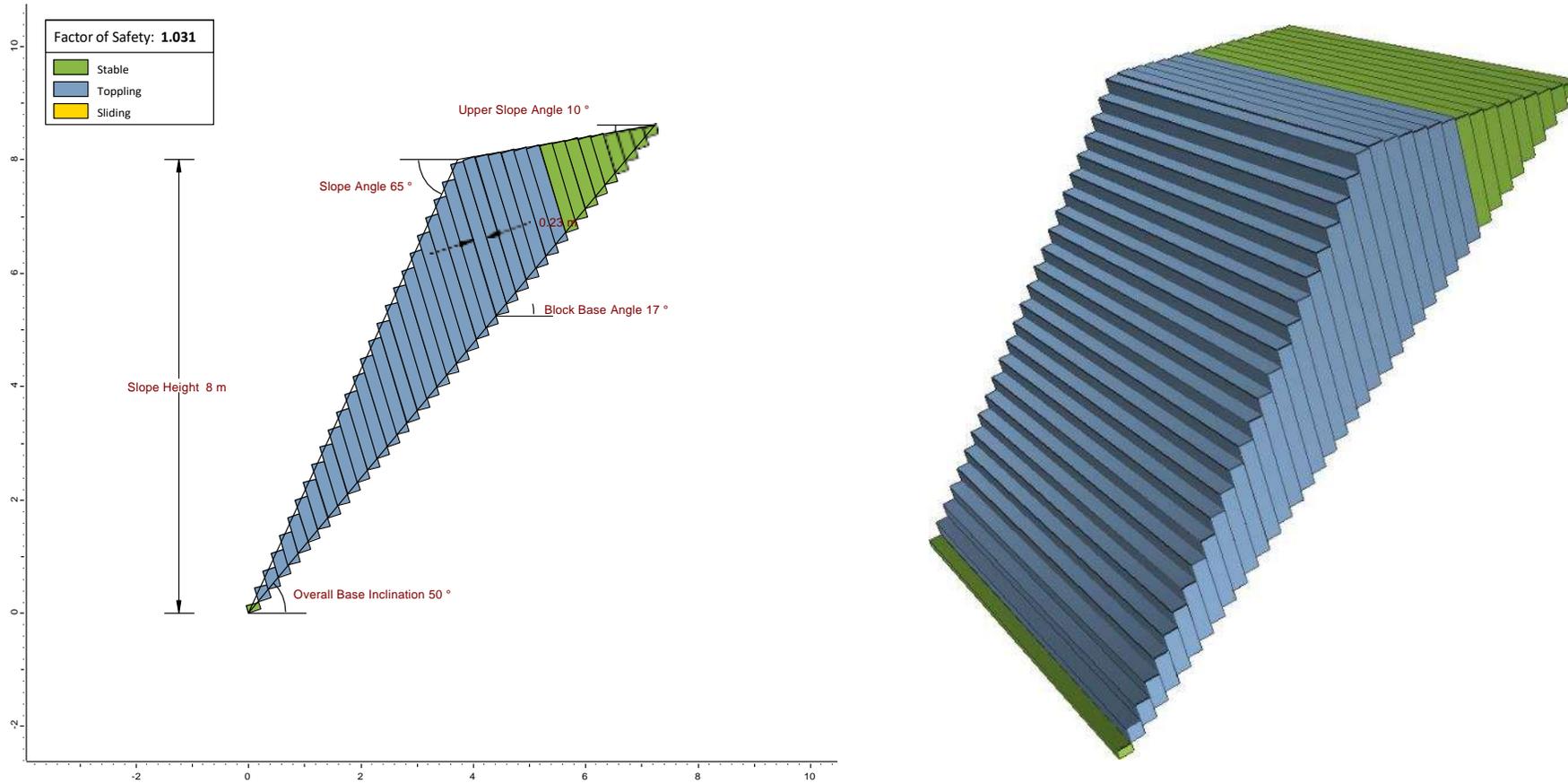
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 01



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es el de volcamiento

Figura 14

Análisis determinístico de la Estación 01



Nota con el software RocTopple analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.2. Estación 02

El talud de la estación N° 1, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 45 por lo que es de clase III la compresión uniaxial aproximada de 15 MPa, un ángulo de fricción de 15.49° y un coeficiente de cohesión de 0.330 MPa. Durante el estudio nos percatamos que ha habido deslizamientos anteriores que lo evidencian los troncos de los eucaliptos presenta el riesgo del desprendimiento de rocas una familia de diaclasas presenta grandes

Figura 15

Talud de la Estación 02



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204165, E: 783988

Tabla 8

Datos geomecánicos de la estación 02

REGISTRO GEOLOGICO-GEOTECNICO																											
IDENTIFICACION DE DATOS DE IDENTIFICACION																											
RESPONSABLE: Nilo Fernando Luz Fernandez																											
CANTON: WILSH																											
CODIGO EST-1										FECHA: 04/06/2021																	
DEL Nro.	DATOS GPS.			MATERIAL ROCOSO				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES Y ARTICULACIONES																			
	ESTE	NORTE	COTA	METRODE	GRADO DE PRAC.	RQD	GR	TIPOS		DIRECCION	ESPACIAMIENTO			ABERTURA			RUGOSIDAD			RELLENO			ALTERACION	AGUA			
								Fracturas	Concreción simple		10pts = x 2m	0pts = x 1	0pts = hasta	0pts = Muy rugosa	1pts = Medio	2pts = Suave	3pts = Sin	4pts = Muy Suave	5pts = Muy Suave	6pts = Sin	7pts = Sin	8pts = Sin			9pts = Sin	10pts = Sin	
litolog. / Formac.	lim	Alto	Med	Bajo	Muy Bajo	1 = Bloq regular	2 = Bloq irregular	3 = Bloq y capas	4 = Fract. inter. / Entrelazadas	5 = Fract. / Entrelazadas	6 = Fract. / Entrelazadas	7 = Fract. / Entrelazadas	8 = Fract. / Entrelazadas	9 = Fract. / Entrelazadas	10 = Fract. / Entrelazadas	11 = Fract. / Entrelazadas	12 = Fract. / Entrelazadas	13 = Fract. / Entrelazadas	14 = Fract. / Entrelazadas	15 = Fract. / Entrelazadas	16 = Fract. / Entrelazadas	17 = Fract. / Entrelazadas	18 = Fract. / Entrelazadas				
1						20.45		E	1	90	00	0.27	>20	0.1-1	rugosa	rocosa	duras-5mm	mod. Alterada	Seco		88	281					
																					80	283					
																					76	280					
																					76	281					
																					84	282					
																					78	282					
																					80	200					
																					80	200					
																					72	258					
																					82	258					
2	78398	5004165	2021	Formación calizas	leve	med	Bloques y capas	D1	1	80	00	0.32	1-3 m	<0.1	rugosa	sin relleno	duras-5mm	mod. Alterada	Seco	med.	80	93					
																					77	94					
																					75	8					
																					83	98					
																					76	98					
																					78	98					
																					81	92					
																					82	94					
																					88	95					
																					73	200					
3					1			D2	1	18	00	0.30	1-3 m	0.1-1	rugosa	rocosa	duras-5mm	mod. Alterada	Seco	med.	18	7					
																					14	20					
																					18	2					
																					20	2					
																					14	25					
																					24	20					
																					8	8					
																					18	14					
																					15	25					
																					18	90					
										Total			70			200			43			Medio			87		

Figura 16

Análisis en el software RocData

ESTACIÓN 02

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 15 MPa
 GSI = 37 m_i = 7 Disturbance factor = 0.7
 intact modulus (E_i) = 5625 MPa

Hoek-Brown Criterion

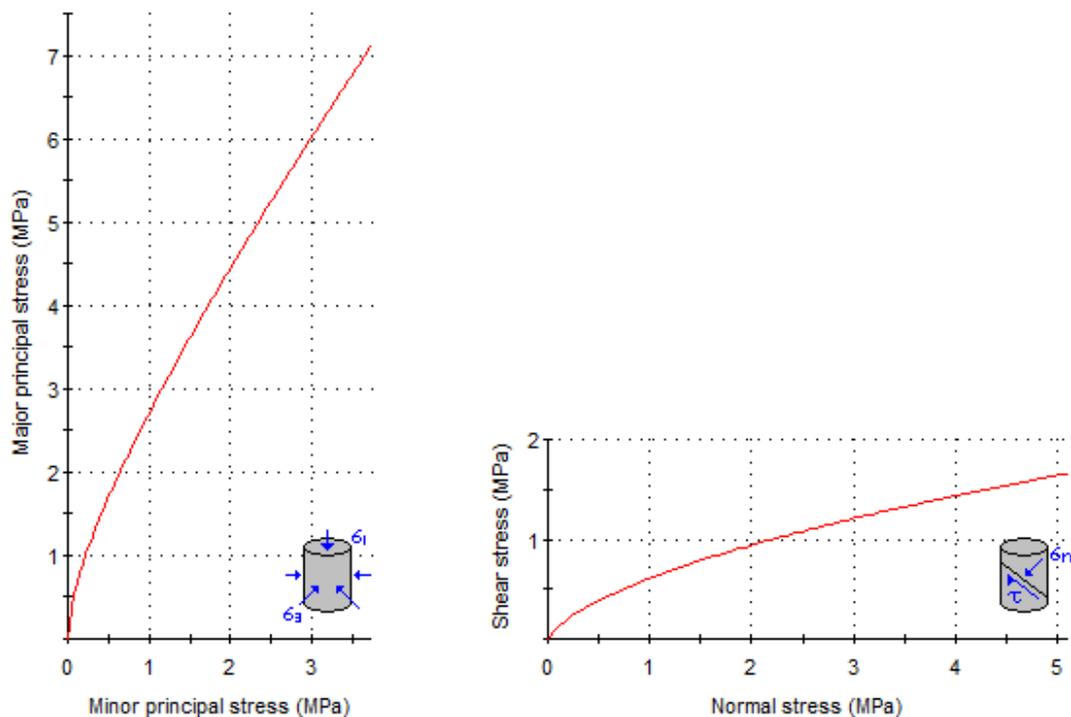
m_b = 0.220 s = 0.0001 a = 0.514

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.330 MPa friction angle = 15.49 deg

Rock Mass Parameters

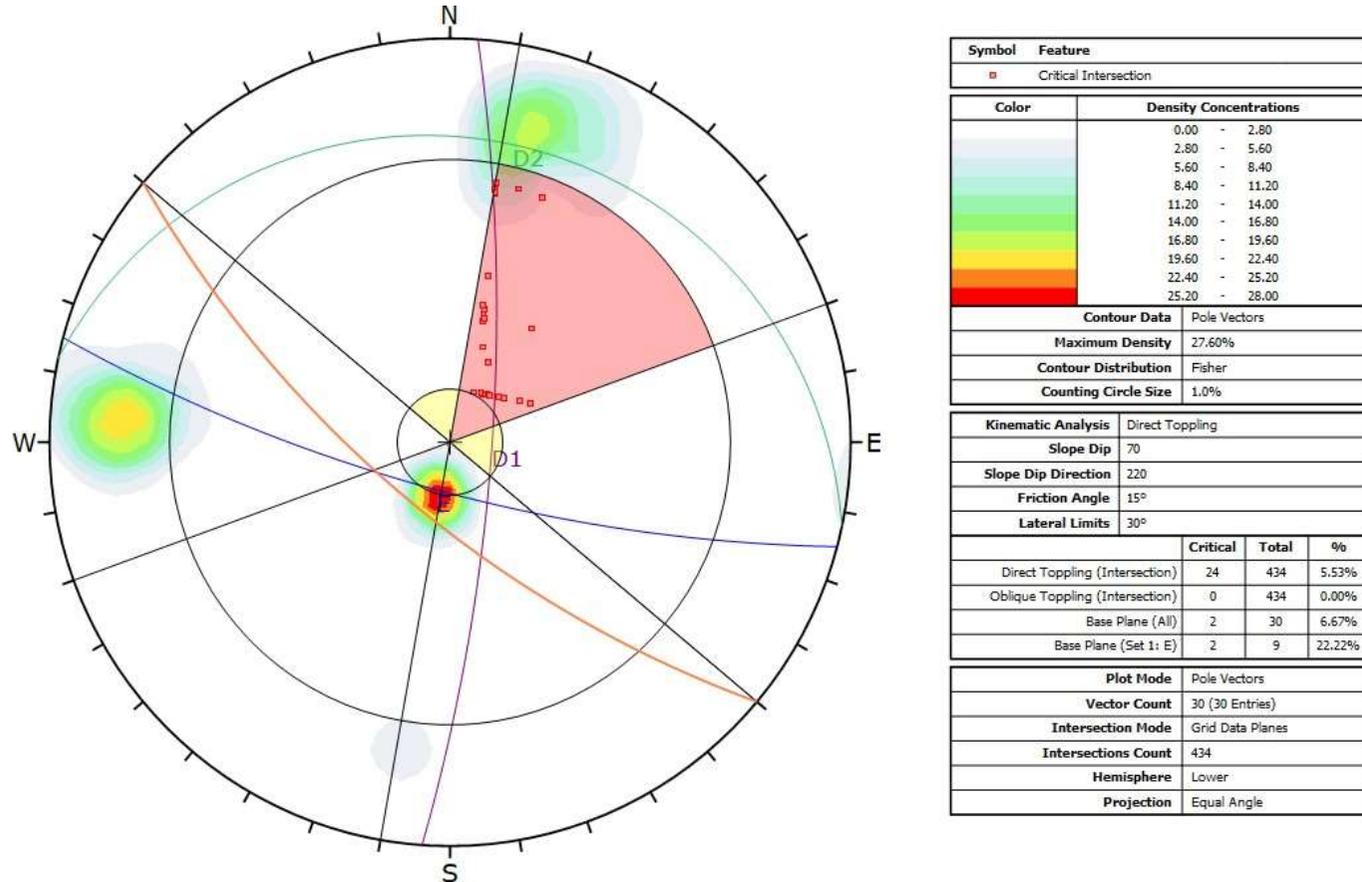
tensile strength = -0.007 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.137 MPa
 global strength = 0.869 MPa
 modulus of deformation = 278.55 MPa



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 17

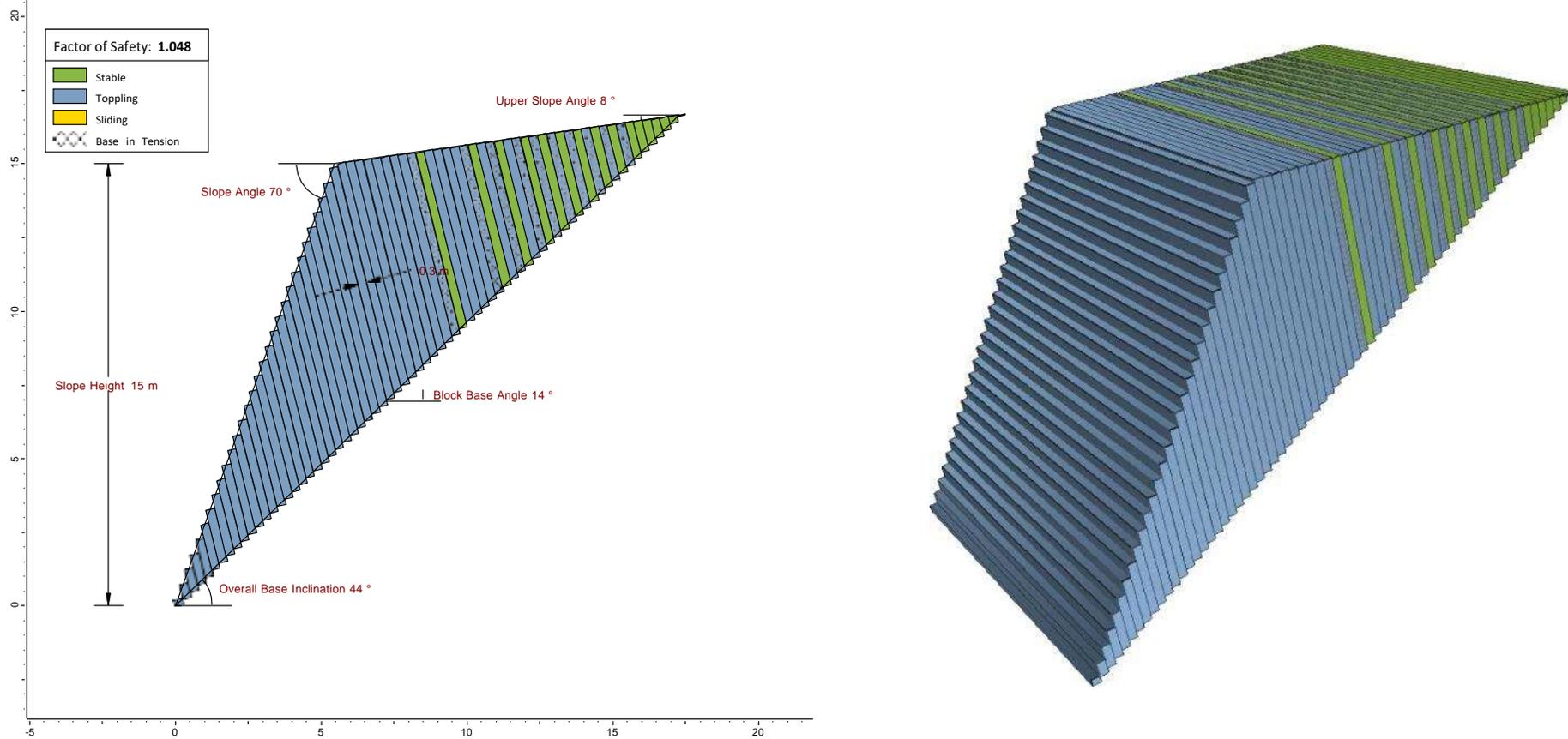
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 02



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es el de volcamiento

Figura 18

Análisis determinístico de la Estación 02



Nota con el software RocTopple analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.3. Estación 03

El talud de la estación N° 3, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 38 por lo que es de clase II; el macizo rocoso tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 20 MPa, un ángulo de fricción de 29.25° y un coeficiente de cohesión de 0.934 MPa. el tipo de deslizamiento es por volcadura y el software nos dio un valor de 0.964 como factor de seguridad.

Figura 19

Talud de la Estación 03



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204176, E: 783973

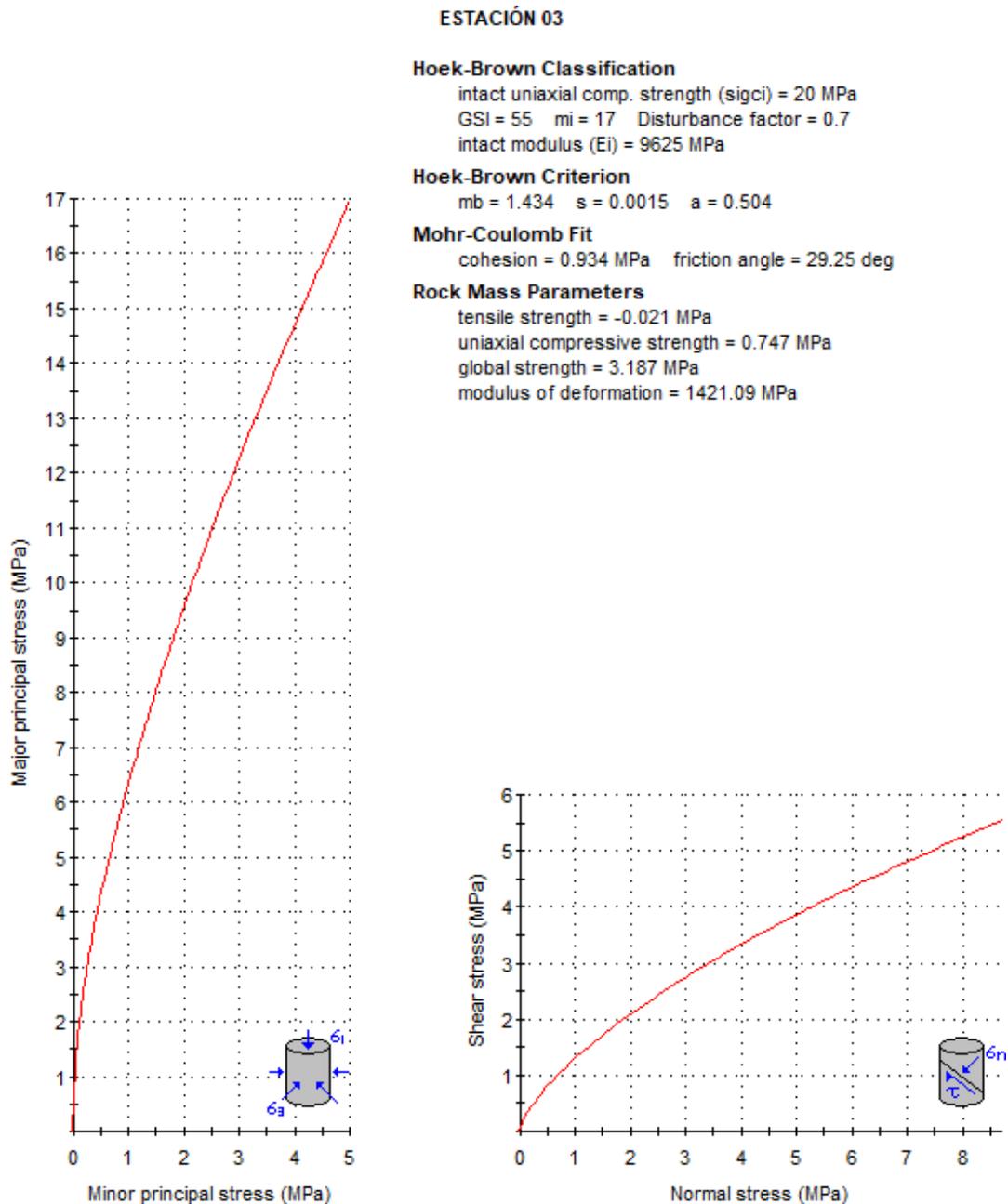
Tabla 9

Datos geomecánicos de la estación 03

REGISTRO GEOLÓGICO-GEOTECNICO																							
REGISTRO Nº : Datos de Discontinuidades																							
RESPONSABLE: Nilo Fernando Luza Sucapuca																							
SISTEMA : WGS84																							
CODIGO : EST - 1																							
FECHA : mayo del 2021																							
DIS. Nro.	DATA GPS.			MACIZO ROCOSO				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS															
	ESTE	NORTE	COTA	LITOLOG / FORMAC.	METEORIZ	GRADO DE FRACT.	RQD	GSI	TIPOS	RESIST. DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa)		DIRECCIÓN		ESPACIADO (m)	long. de la discontd. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC-METEOR	AGUA		
					Fresco		$100 * \frac{RQD}{(0.1A + 1)}$		E=Estratíf. D=Diaclasa Norm	Ensayo de carga puntual	Compresion simple	ORIENTACIÓN		20pts => 2m	6pts < 1	6pts = Nada	6pts = Muy rug.	TIPO	DUREZA	6pts = Ninguna	6pts = Inalterada	15pts = Seco	
					Lev	$\lambda = ND/m$			F=falla Norm	15pts > 10	15pts > 250			15pts = 2 - 0, 6	4pts = 1-3	5pts = < 0,1	5pts = Rugosa	Qz / Silic	4pts = Duro<5	5pts = Lig. Alt	10pts = Humed		
					Mod	Alto	8.8372093	1= Bloq-regular	F=f. inversa	12pts = 10 - 4	12pts 250 - 100			10pts = 0, 6 - 0,2	2pts = 3-10	3pts = 0,1 - 1,0	3pts = Lig. Rug.	Calcita	2pts = Duro>5m	3pts = Mod. Alt	7pts = Mojado		
					Alt	Med	20pts= 90-100%	2= Bloq-irregular	F=falla Direcc	7pts = 4 - 2	7pts 100 - 50			8pts = 0,2 - 0,06	1pts=10-20	1pts =1,0-5,0	1pts = Ond- Lisa	Oxidos	2pts =Suave<5	1pts = Muy alt	4pts = Goteo		
					Compl	Bajo	17pts = 75 - 90%	3= Bloq y capas	m=Microfalla	4pts = 2 - 1	4pts 50 - 25			5pts = < 0,06	0pts => 20	0pts => 5	5= Suave-pulida	Roca Tritur	0pts =Suave>5mm	0pts = Descomp	0pts = Flujo		
					Suelo		13pts = 50 - 75%	4= Fract-inter	SE=Sobrees.	2pts= 25 - 5								Bx					
							6pts = 25 - 50%		C=Contacto	1pts= 5- 1								Parizo					
							3pts < 25%			0pts < 1								Veta					
1							18,93		E		20	76	188	0.31	15	1.0 - 5.0	rugoso	S.R.	ninguno	Mod. Alterada	Seco		
											20	78	190										
											20	79	182										
											20	72	178										
											20	91	181										
											20	92	181										
											20	75	175										
											20	83	179										
											20	78	183										
											20	82	178	10	1	1	5			6	3	15	43
											20	63	90										
											20	63	94										
											20	83	88	0.12	8	1.0 - 5.0	rugoso	Patinas de Oxido de hierro	Duro > 5 mm	Mod. Alterada	Seco	total	
											20	84	92										
											20	86	88										
											20	74	92										
											20	76	86										
											20	77	96										
											20	69	89										
											20	80	84	8	2	1	5			2	3	15	38
											20	10	39										
											20	32	43										
											20	10	45										
											20	26	40										
											20	24	48	0.18	7	1.0 - 5.0	rugoso	Patinas de Oxido de hierro	Duro > 5 mm	Mod. Alterada	Seco	total	
											20	28	44										
											20	22	38										
											20	30	42										
											20	16	37										
											20	25	43	8	2	1	5			2	3	15	38
												Talud		76	232	RMR		38	maia		II		

Figura 20

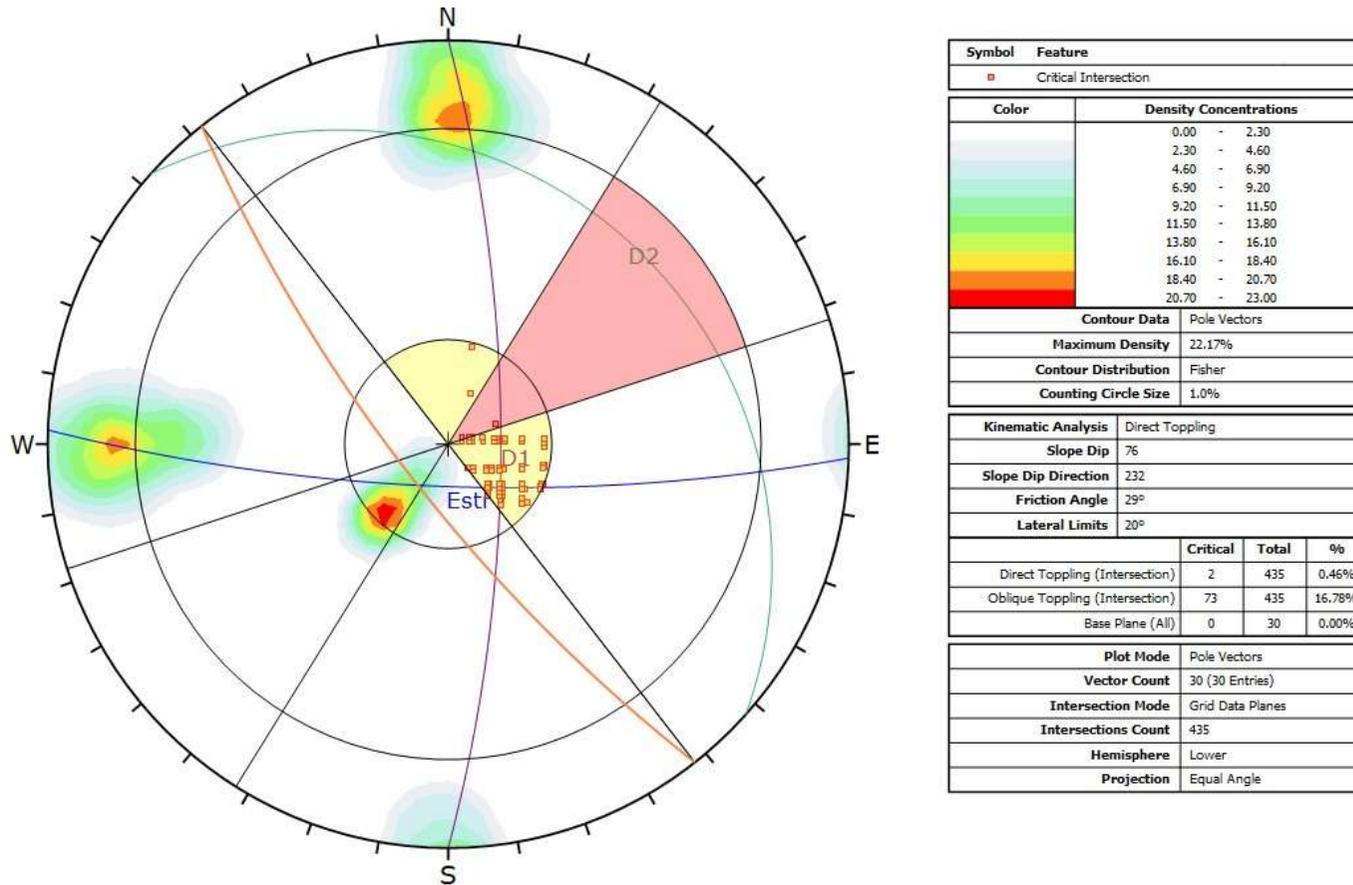
Análisis en el software RocData



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 21

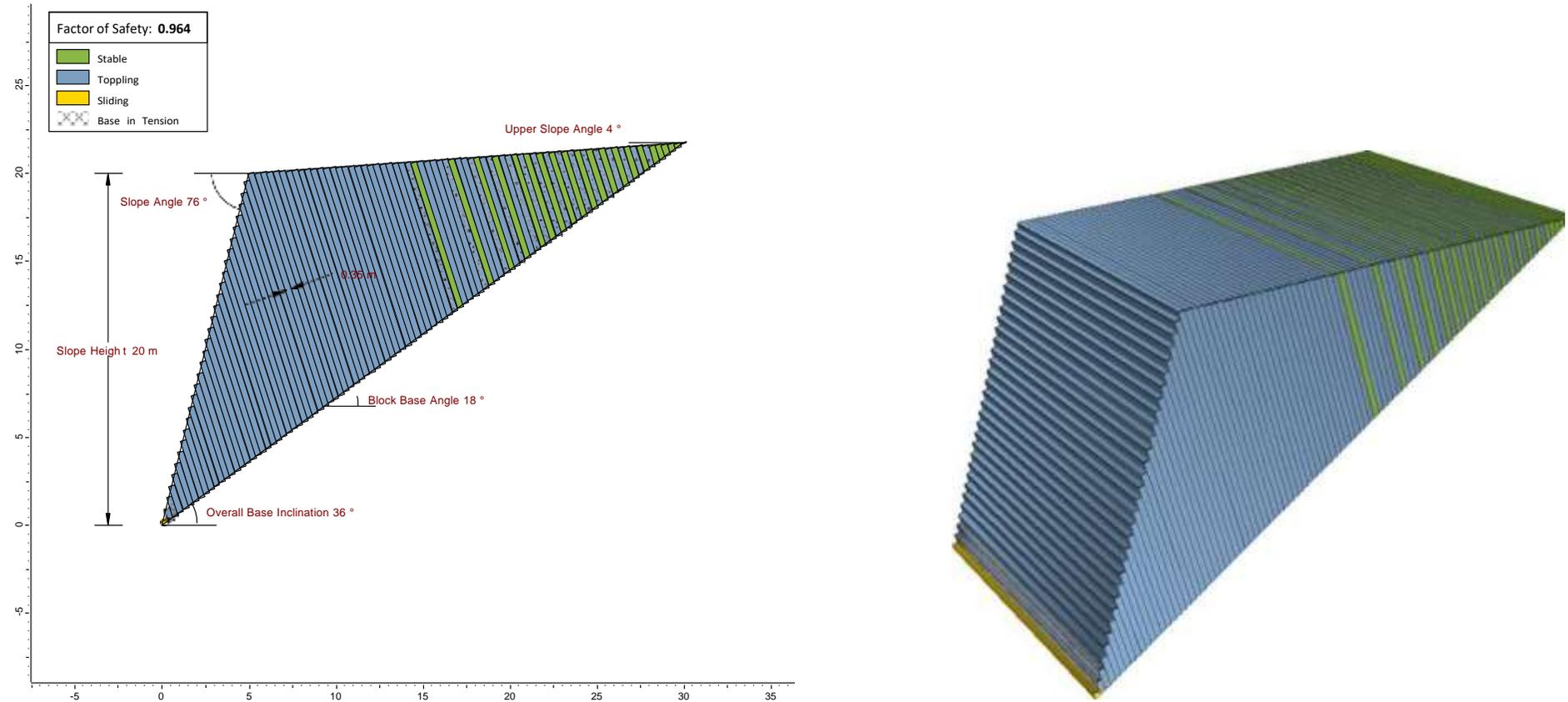
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 03



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es el de volcamiento

Figura 22

Análisis determinístico de la Estación 03



Nota con el software RocTopple analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.4. Estación 04

El talud de la estación N° 4, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 39 por lo que es de clase II; el macizo rocoso tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 15 MPa, un ángulo de fricción de 15.14° y un coeficiente de cohesión de 0.934 MPa. el tipo de deslizamiento es en cuña y el software nos dio un valor de 1.11 como factor de seguridad.

Figura 23

Talud de la Estación 04



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204115, E: 784015

Figura 24

Análisis en el software RocData

ESTACIÓN 04

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 15 MPa
 GSI = 36 m_i = 7 Disturbance factor = 0.7
 intact modulus (E_i) = 5625 MPa

Hoek-Brown Criterion

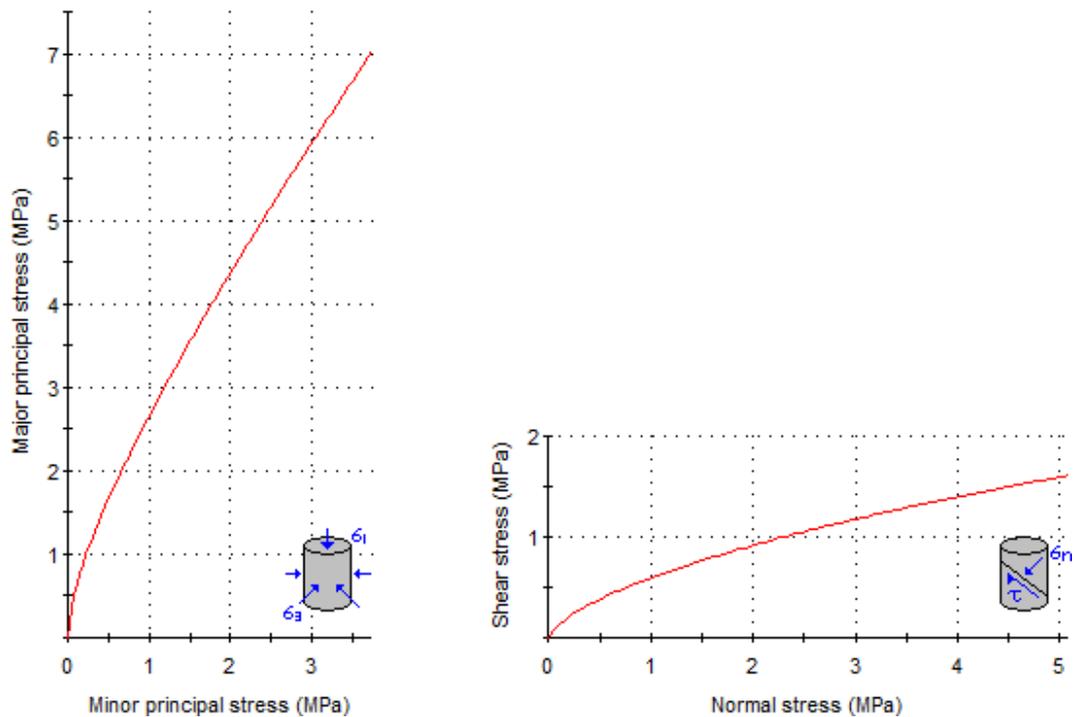
m_b = 0.208 s = 0.0001 a = 0.515

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.321 MPa friction angle = 15.14 deg

Rock Mass Parameters

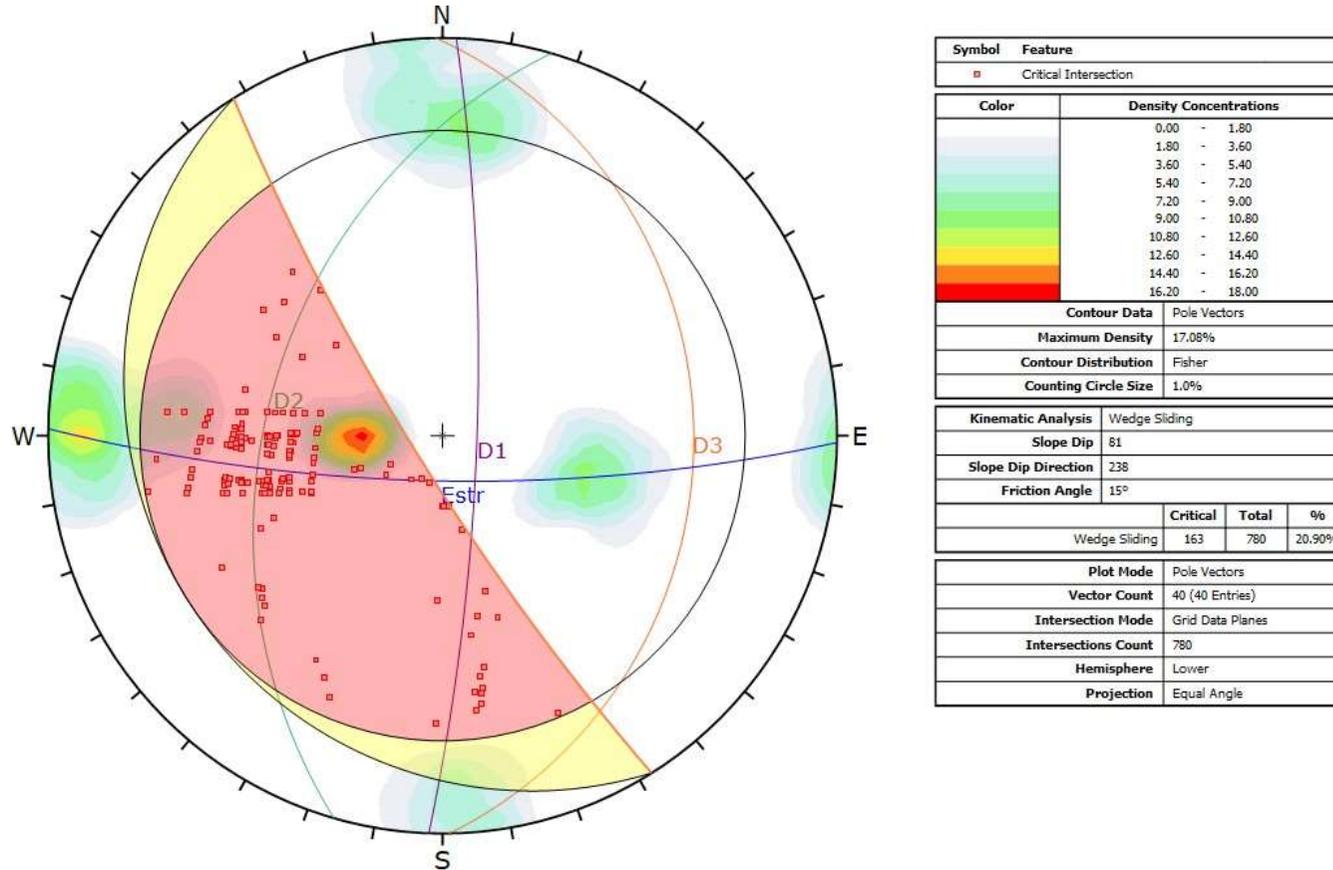
tensile strength = -0.007 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.126 MPa
 global strength = 0.839 MPa
 modulus of deformation = 264.72 MPa



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 25

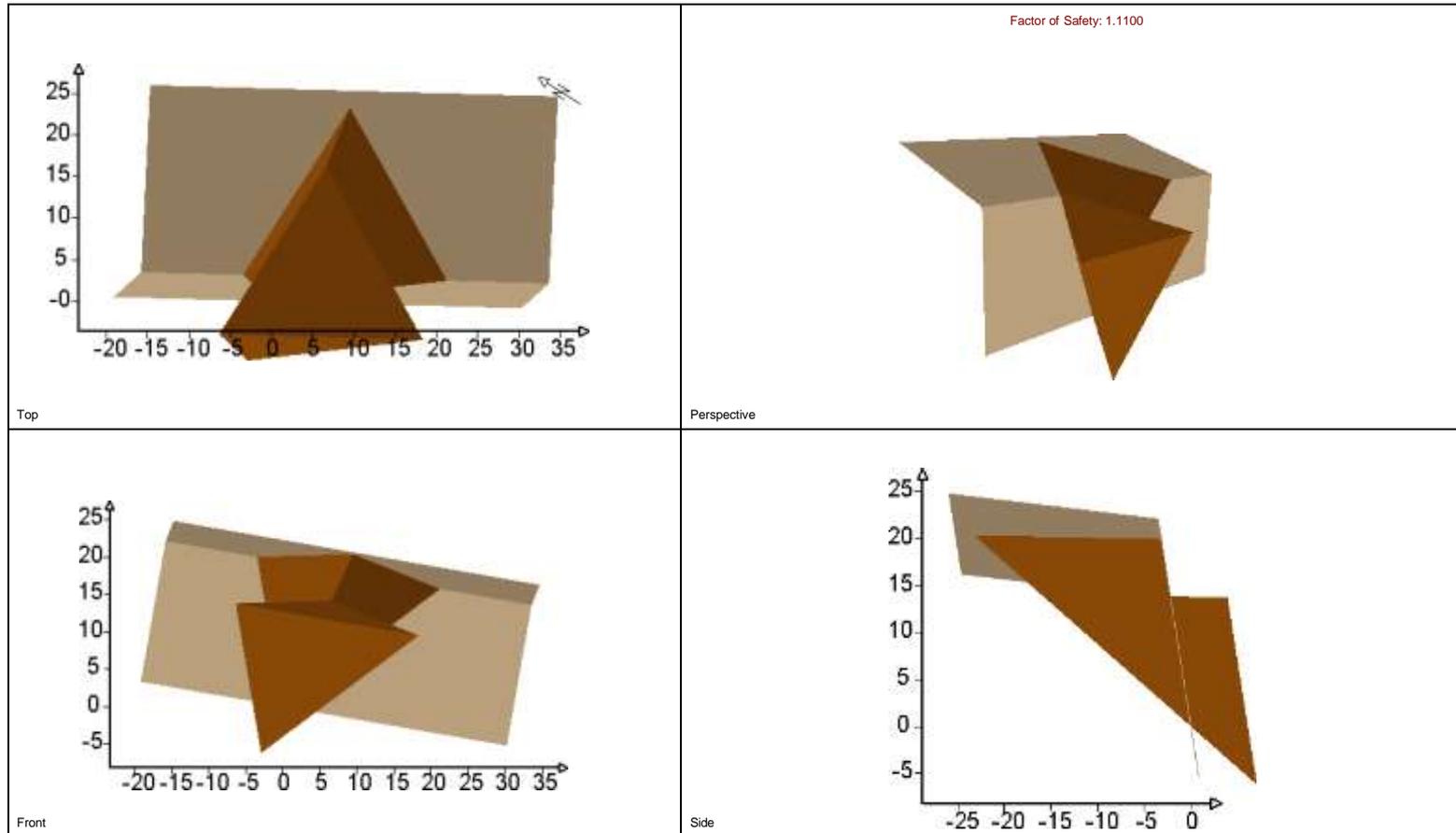
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 04



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es en cuña

Figura 26

Análisis determinístico de la Estación 04



Nota: con el software SWedge analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.5. Estación 05

El talud de la estación N° 5, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 46 por lo que es de clase III; el macizo rocoso tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 15 MPa, un ángulo de fricción de 12.44° y un coeficiente de cohesión de 0.25 MPa. el tipo de deslizamiento planar y el software nos dio un valor de 0.939 como factor de seguridad.

Figura 27

Talud de la Estación 05



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204383, E: 783862

Figura 28

Análisis en el software RocData

ESTACIÓN 05

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 15 MPa
 GSI = 28 m_i = 7 Disturbance factor = 0.7
 intact modulus (E_i) = 5625 MPa

Hoek-Brown Criterion

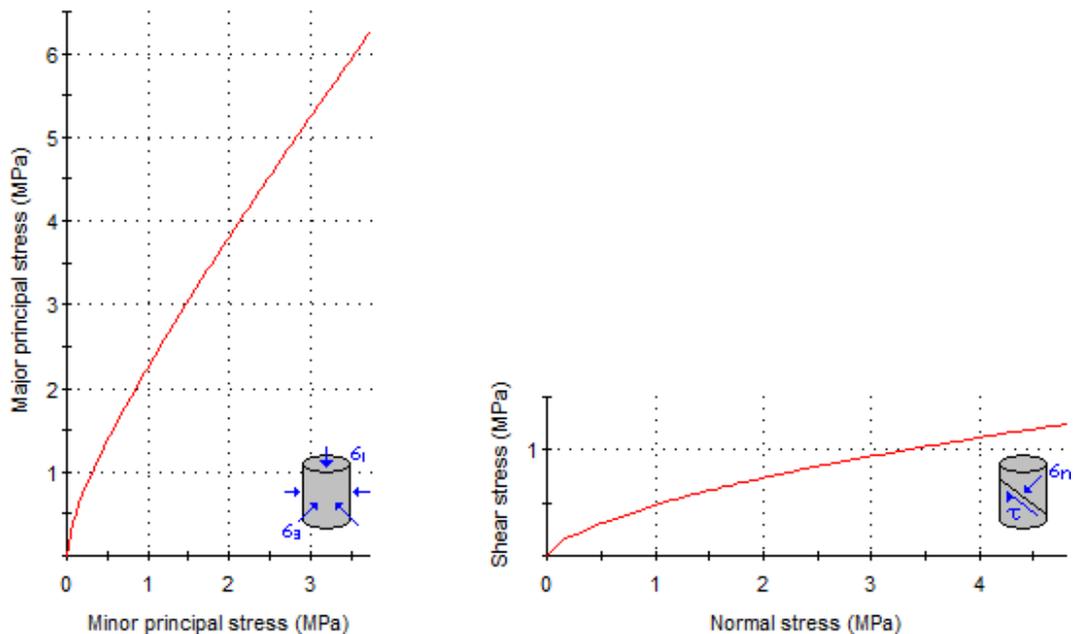
m_b = 0.134 s = 2.94e-5 a = 0.526

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.250 MPa friction angle = 12.44 deg

Rock Mass Parameters

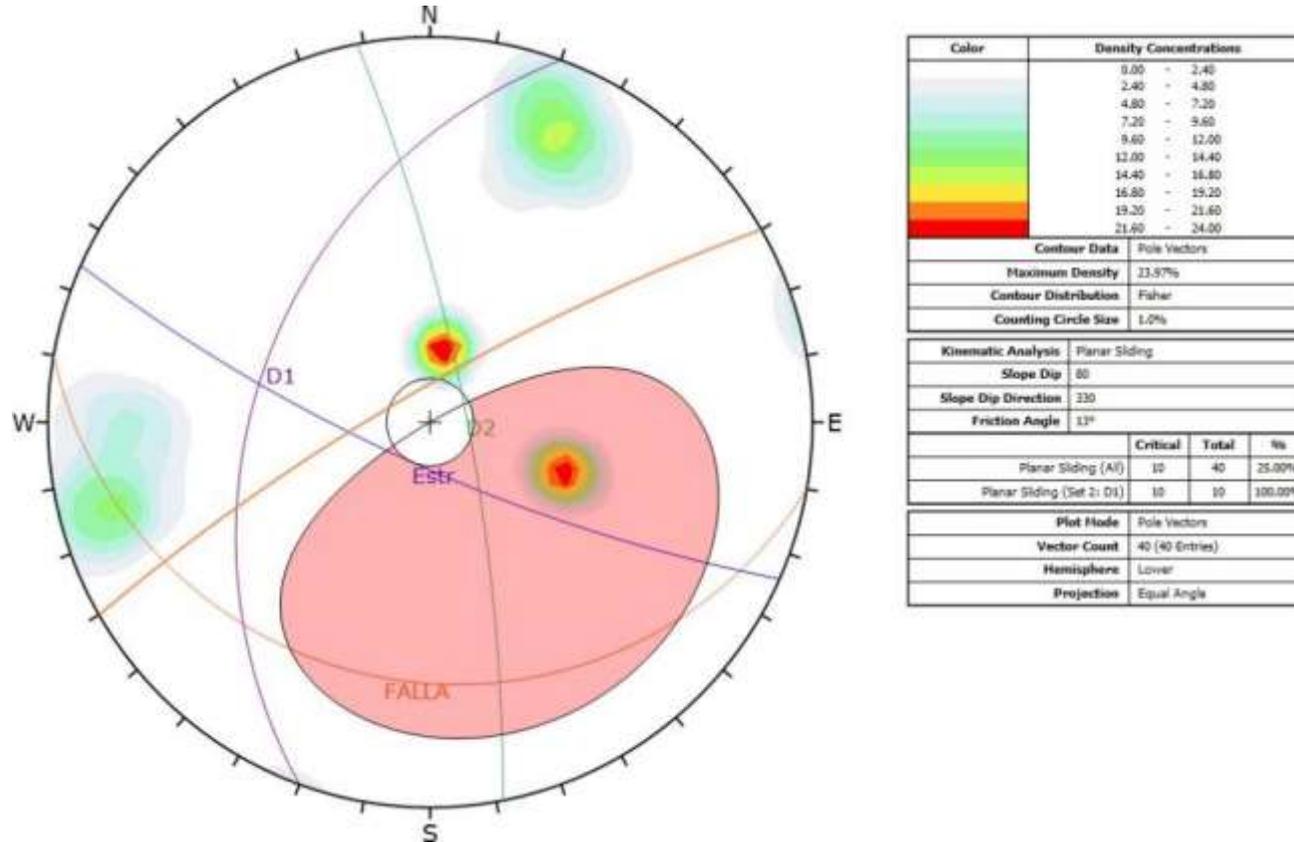
tensile strength = -0.003 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.062 MPa
 global strength = 0.622 MPa
 modulus of deformation = 187.67 MPa



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 29

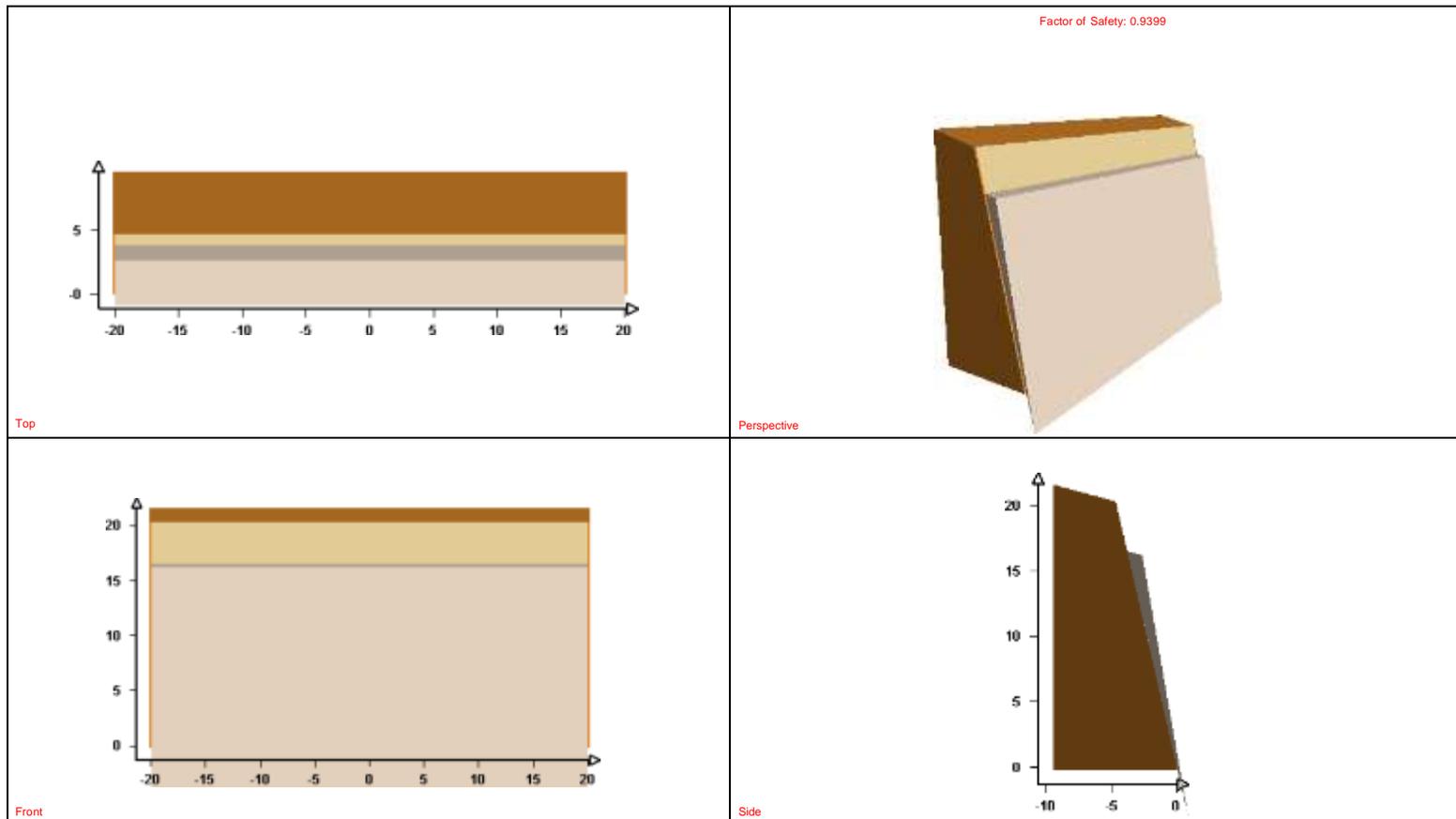
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 05



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es planar

Figura 30

Análisis determinístico de la Estación 05



Nota con el software Rocplane analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.6. Estación 06

El talud de la estación N° 6, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 42 por lo que es de clase II; el macizo rocoso tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 10 MPa, un ángulo de fricción de 24.39° y un coeficiente de cohesión de 0.367 MPa. el tipo de deslizamiento es planar y el software nos dio un valor de 1.6617 como factor de seguridad.

Figura 31

Talud de la Estación 06



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204383, E: 783862

Figura 32

Análisis en el software RocData

ESTACIÓN 06

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 10 MPa
 GSI = 44 m_i = 17 Disturbance factor = 0.7
 intact modulus (E_i) = 8250 MPa

Hoek-Brown Criterion

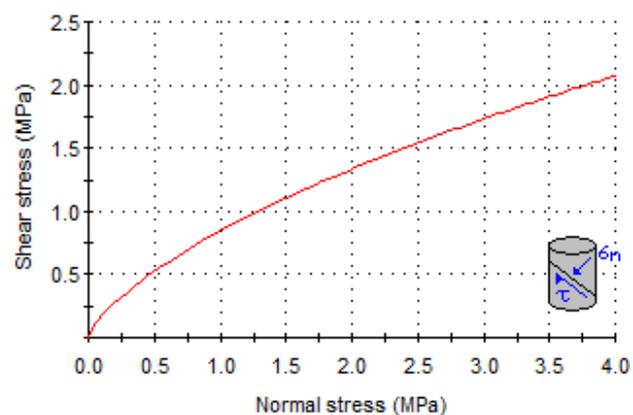
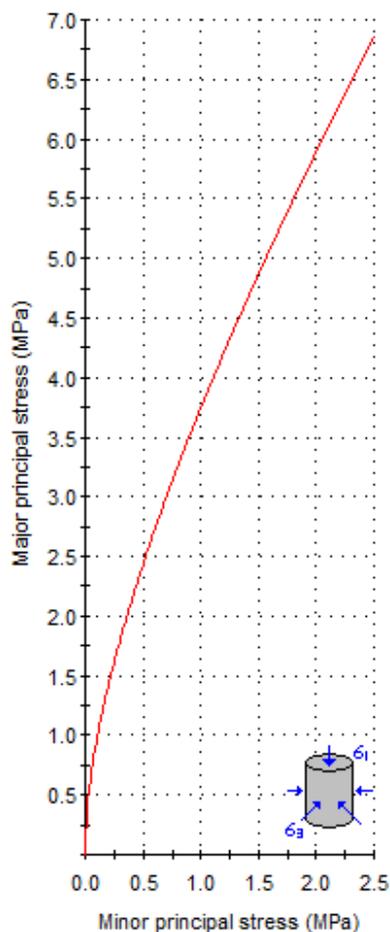
m_b = 0.784 s = 0.0003 a = 0.509

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.367 MPa friction angle = 24.39 deg

Rock Mass Parameters

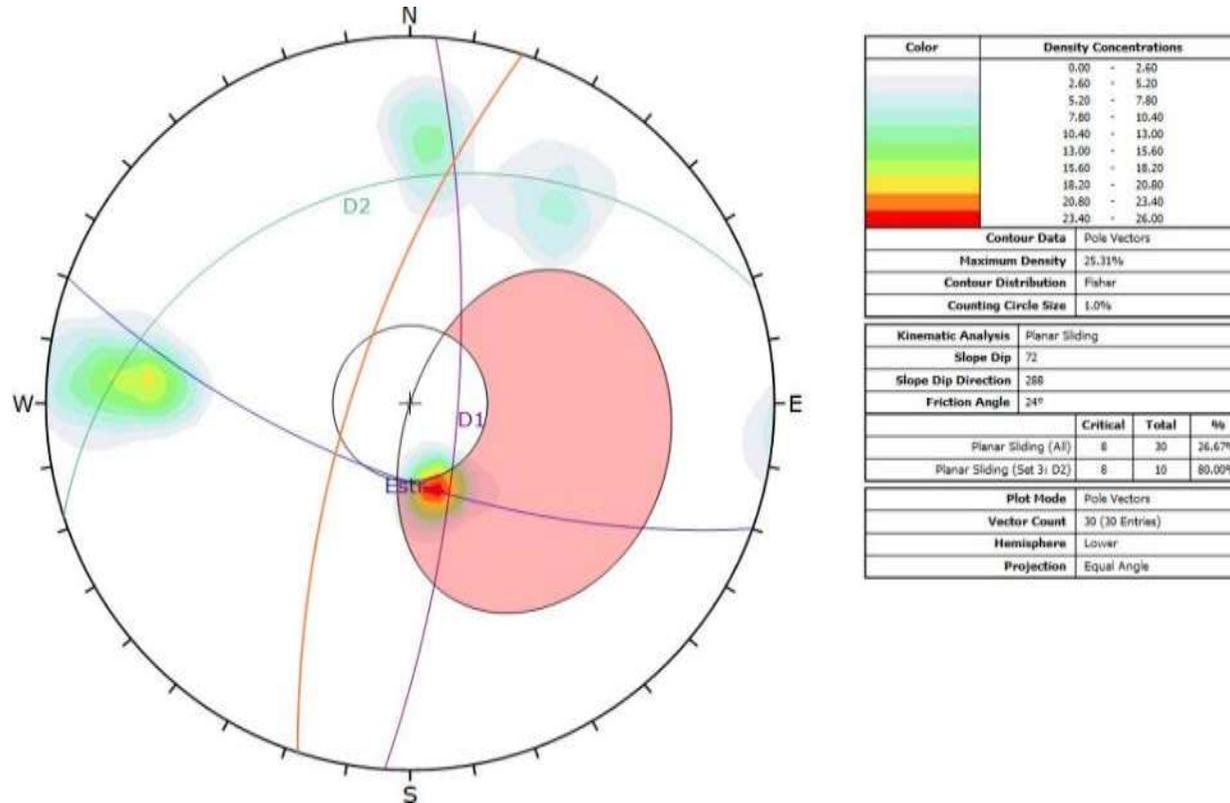
tensile strength = -0.004 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.161 MPa
 global strength = 1.139 MPa
 modulus of deformation = 607.31 MPa



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 33

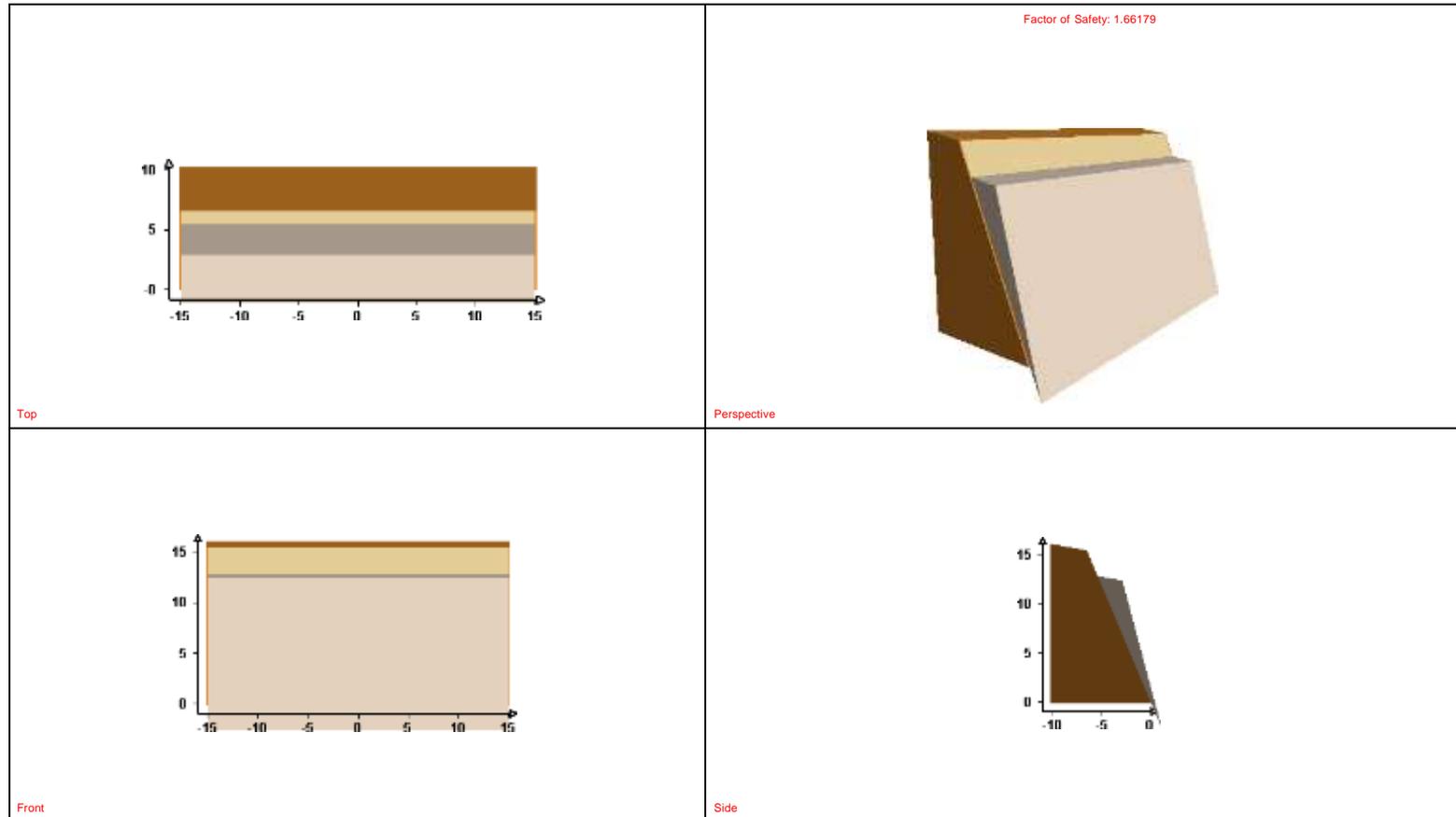
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 06



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es planar

Figura 34

Análisis determinístico de la Estación 06



Nota con el software Rocplane analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.7. Estación 07

El talud de la estación N° 7, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas, estratos con materia orgánica y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 45 por lo que es de clase III; el macizo rocoso tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 8 MPa, un ángulo de fricción de 16.55° y un coeficiente de cohesión de 0.191 MPa. el tipo de deslizamiento es por volcadura y el software nos dio un valor de 1.18 como factor de seguridad.

Figura 35

Talud de la Estación 07



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204550, E: 783890

Tabla 13

Datos geomecánicos de la estación 07

REGISTRO GEOLÓGICO-GEOTECNICO																							
REGISTRO Nº : Datos de Discontinuidades																							
RESPONSABLE : Nilo Fernando Luza Sucapuca																							
SISTEMA : WGS 84																							
CODIGO : EST - 1					FECHA : mayo del 2021																		
DIS. Nro.	DATA GPS.			MACIZO ROCOSO				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS															
	ESTE	NORTE	COTA	LITOLOG./FORMAC.	METEORIZ	GRADO DE FRACT.	RGD 100*e[-0.1λ*(0.1λ+1)] λ = ND/m	GSI	TIPOS	RESIST. DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa)		DIRECCIÓN		ESPACIADO (m)	long. de la discontd. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO			ALTERAC-METEOR	AGUA	
										Ensayo de carga puntual	Compresion simple	ORIENTACIÓN						TIPO	DUREZA	AGUA			
												D=Diaclasa Norm	F=Falla										Esp = < 0,1
F= Falla Inversa																							
	1						24.31		E	8	2	66	10	0.16	6	ninguna	ligeramente rugosa	Oxidos	Duro < 5 mm	Moderadamente alterada	Sexo	total	
80												3											
72												8											
2	783890	9204550	2644	formacion carhuaz	moderadamente	medio	3	D1	8	2	70	6	0.10	2	1.0 - 5.0	Rugosa	Oxidos	Duro < 5 mm	Moderadamente alterada	Sexo	total		
											73	5											
											74	7											
											76	10											
											78	4											
											68	8											
											64	3											
											74	82											
											69	95											
											70	90											
3						3	D2	8	2	72	88	0.10	2	ninguna	Muy rugosa	Oxidos	Duro < 5 mm	Moderadamente alterada	Sexo	total			
										70	86												
										76	95												
										72	98												
										74	88												
										60	82												
										40	245												
										38	228												
										42	242												
										39	225												
38	205																						
36	233																						
42	226																						
38	230																						
40	241																						
44	228																						
										Talud		78		264		RMR		45		Media		III	

Figura 36

Análisis en el software RocData

ESTACIÓN 07

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 8 MPa
 GSI = 40 m_i = 7 Disturbance factor = 0.7
 intact modulus (E_i) = 11250 MPa

Hoek-Brown Criterion

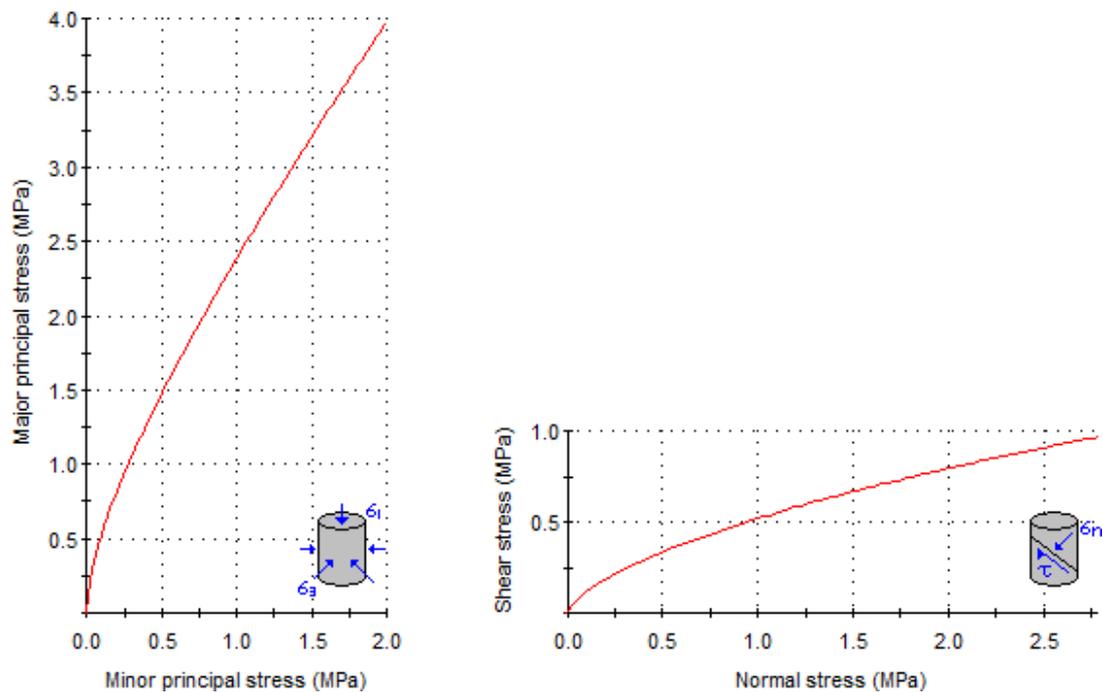
m_b = 0.259 s = 0.0002 a = 0.511

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.191 MPa friction angle = 16.55 deg

Rock Mass Parameters

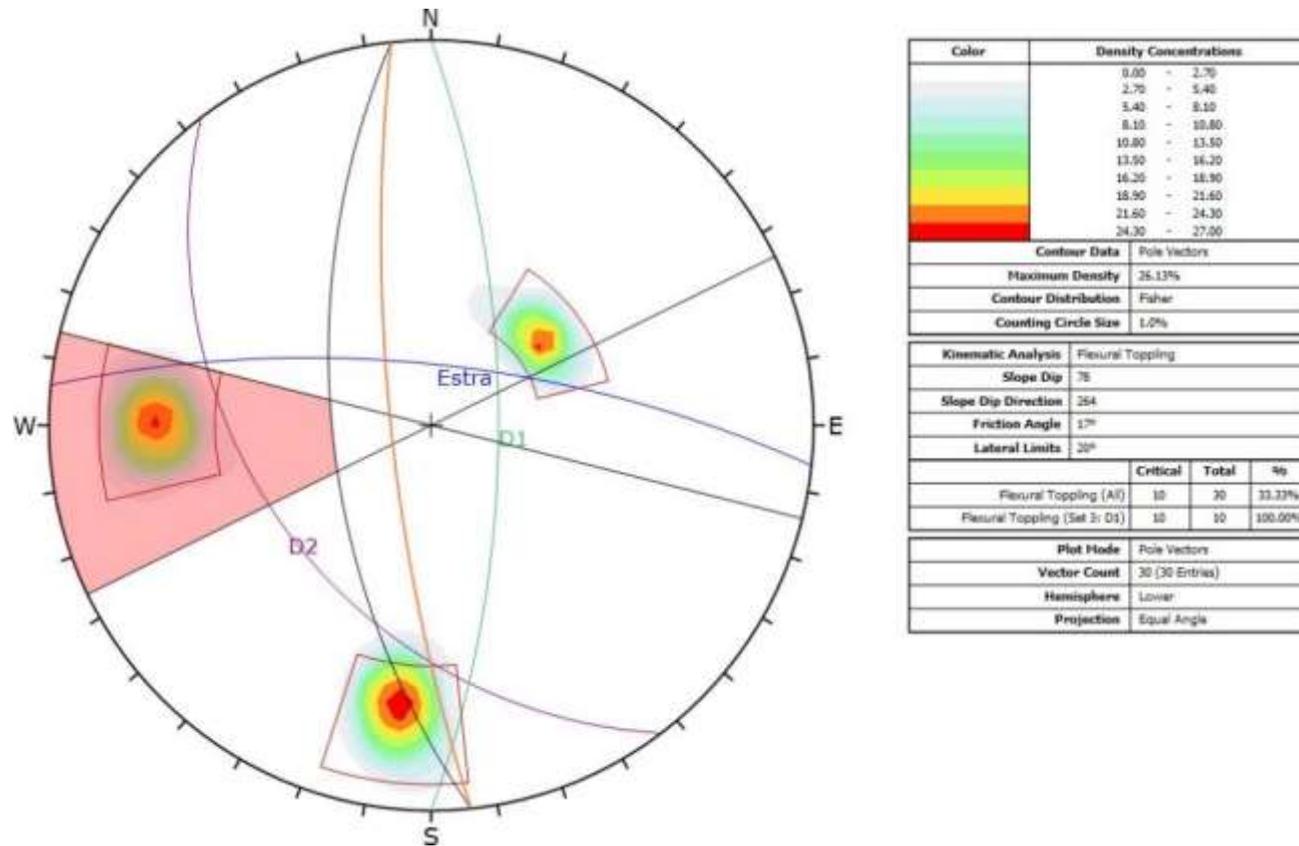
tensile strength = -0.005 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.094 MPa
 global strength = 0.513 MPa
 modulus of deformation = 655.09 MPa



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 37

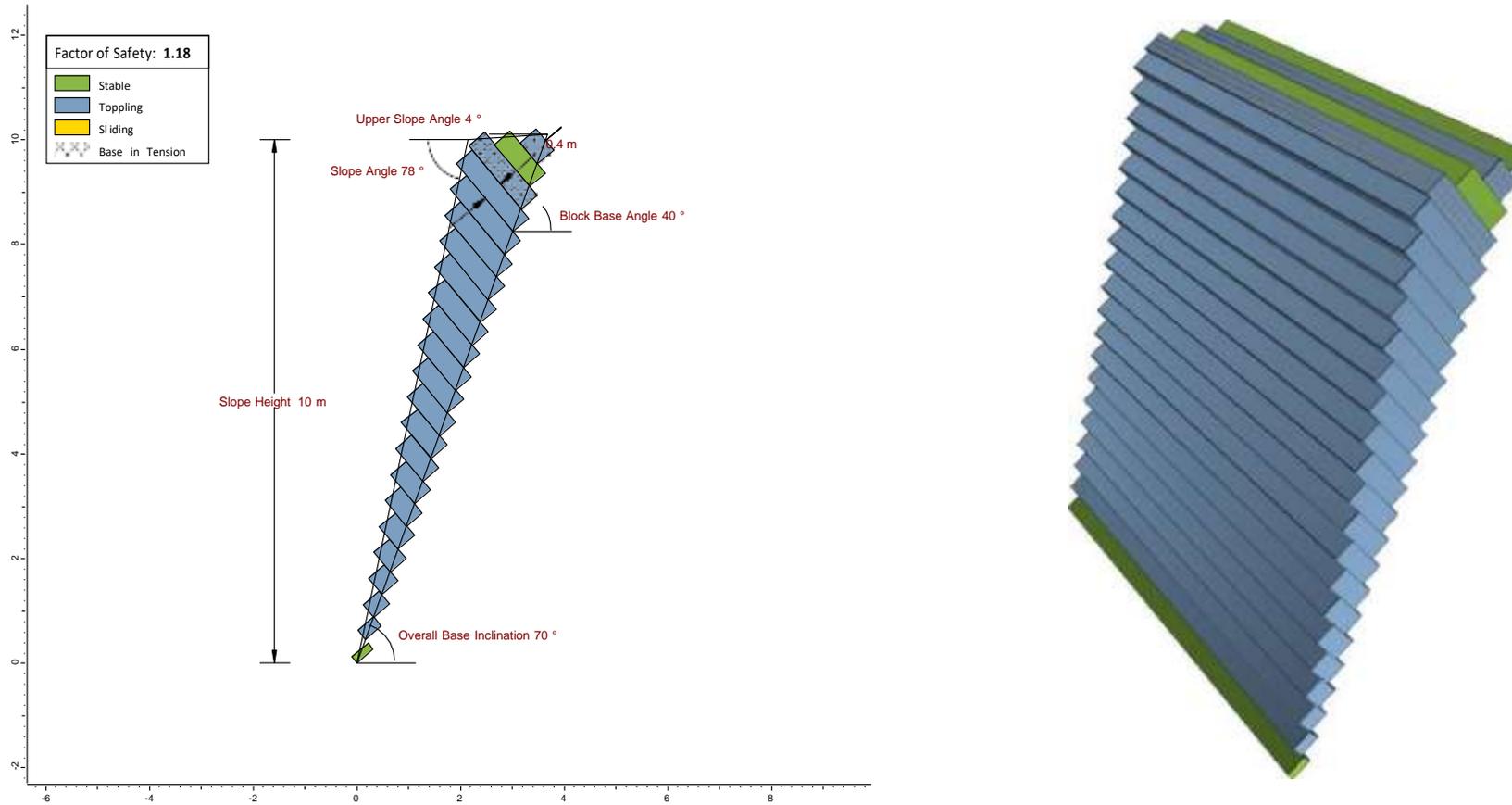
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 07



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es el de volcamiento

Figura 38

Análisis determinístico de la Estación 07



Nota con el software Rocptopple analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.8. Estación 08

El talud de la estación N° 8, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 42 por lo que es de clase III; el macizo rocoso tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 20 MPa, un ángulo de fricción de 29.25° y un coeficiente de cohesión de 0.934 MPa. el tipo de deslizamiento es por volcadura y el software nos dio un valor de 1.151 como factor de seguridad.

Figura 39

Talud de la Estación 08



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204701, E: 783491

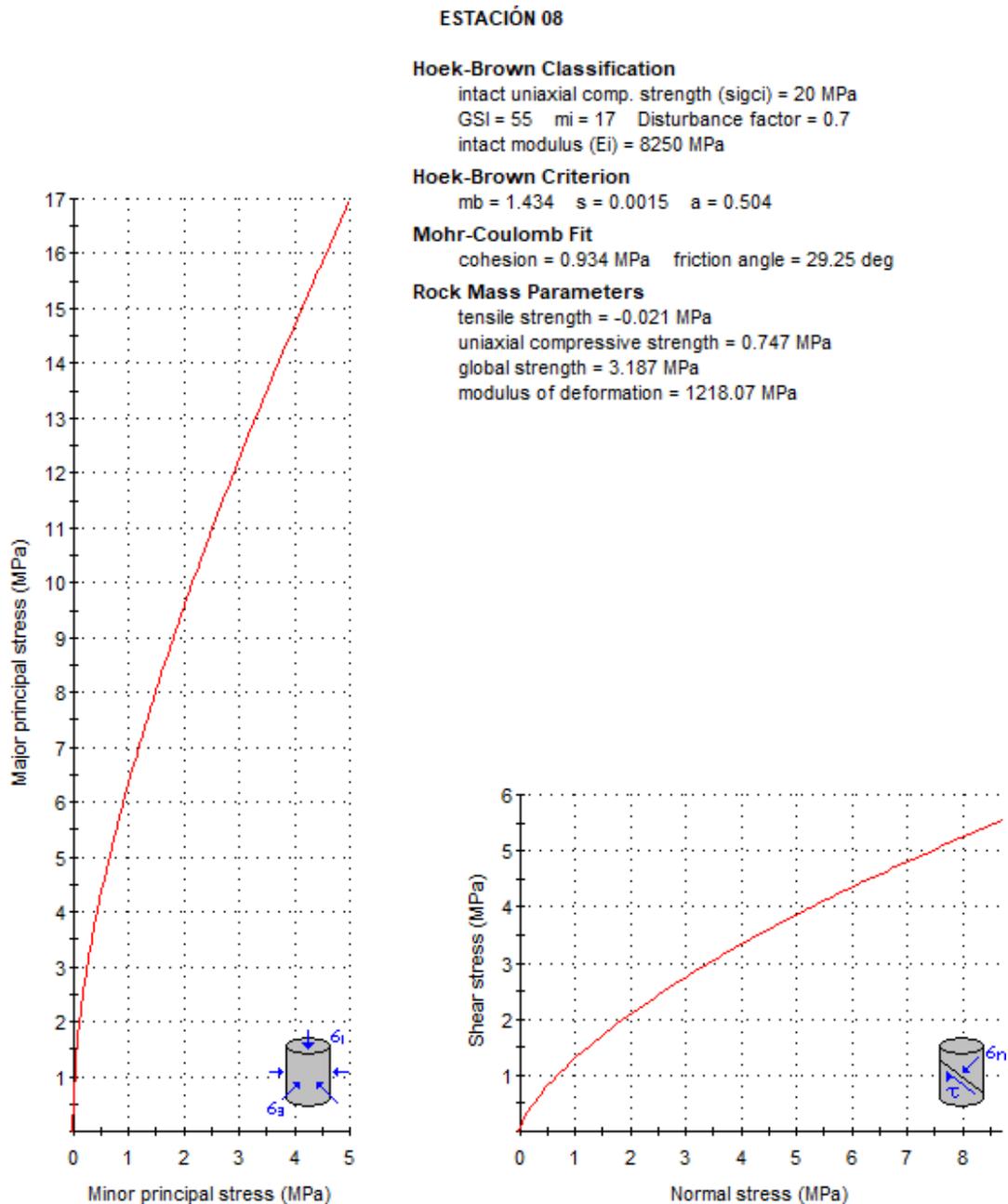
Tabla 14

Datos geomecánicos de la estación 08

REGISTRO GEOLÓGICO-GEOTECNICO										PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS											
REGISTRO Nº : Datos de Discontinuidades																					
RESPONSABLE : Nilo Fernando Luza Sucapuca																					
SISTEMA : WGS 84																					
CODIGO : EST - 1										FECHA : mayo del 2021											
DIS. Nro.	DATA GPS.			LITOLÓG / FORMAC.	METEORIZ.	GRADO DE FRACT.	RcD 100°e*1, 0.2k*(0.2k+1) k = ND/m	GSI	RESIST. DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa)		DIRECCIÓN		ESPACIADO (m)	long. de la discontd. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC. METEOR.	AGUA	total
	ESTE	NORTE	COTA						TIPOS	Ensayo de carga puntual	Compresion simple	DIP					DD	TIPO			
1						13.53		E	2	20	54	200	0.10	>20	1.0 - 5.0	ligeramente rugosa	Oxidosis	Duro < 5 mm	Moderadamente alterado	Seco	
											71	181									
											71	183									
											75	215									
											71	171									
											79	179									
											70	172									
											73	168									
											70	170									
											78	175									
2	783491	9204701	2504	formacion carhuaz	moderadamente	med	6	Bloque y capas	D1	2	20	13	0.10	2	1.0 - 5.0	ligeramente rugosa	Oxidosis	Duro < 5 mm	Moderadamente alterado	Seco	
											19	12									
											26	10									
											8	3									
											14	2									
											10	4									
											30	8									
											23	3									
											19	12									
											11	7									
3								D2	2	20	71	0.17	2.5	1.0 - 5.0	ligeramente rugosa	Oxidosis	Duro < 5 mm	Moderadamente alterado	Seco		
										71	71										
										78	69										
										70	84										
										73	84										
										70	89										
										85	103										
										75	89										
										78	97										
										76	79										
								D3	2	20	86	0.18	2.5	0.1 - 1.0	ligeramente rugosa	Oxidosis	Duro > 5 mm	Moderadamente alterado	Seco		
										71	86										
										86	220										
										85	271										
										78	304										
										89	281										
										80	275										
										84	280										
										83	295										
										80	272										
82	290																				
78	295																				
Tabulad										80	220	RMR			42	Media III					

Figura 40

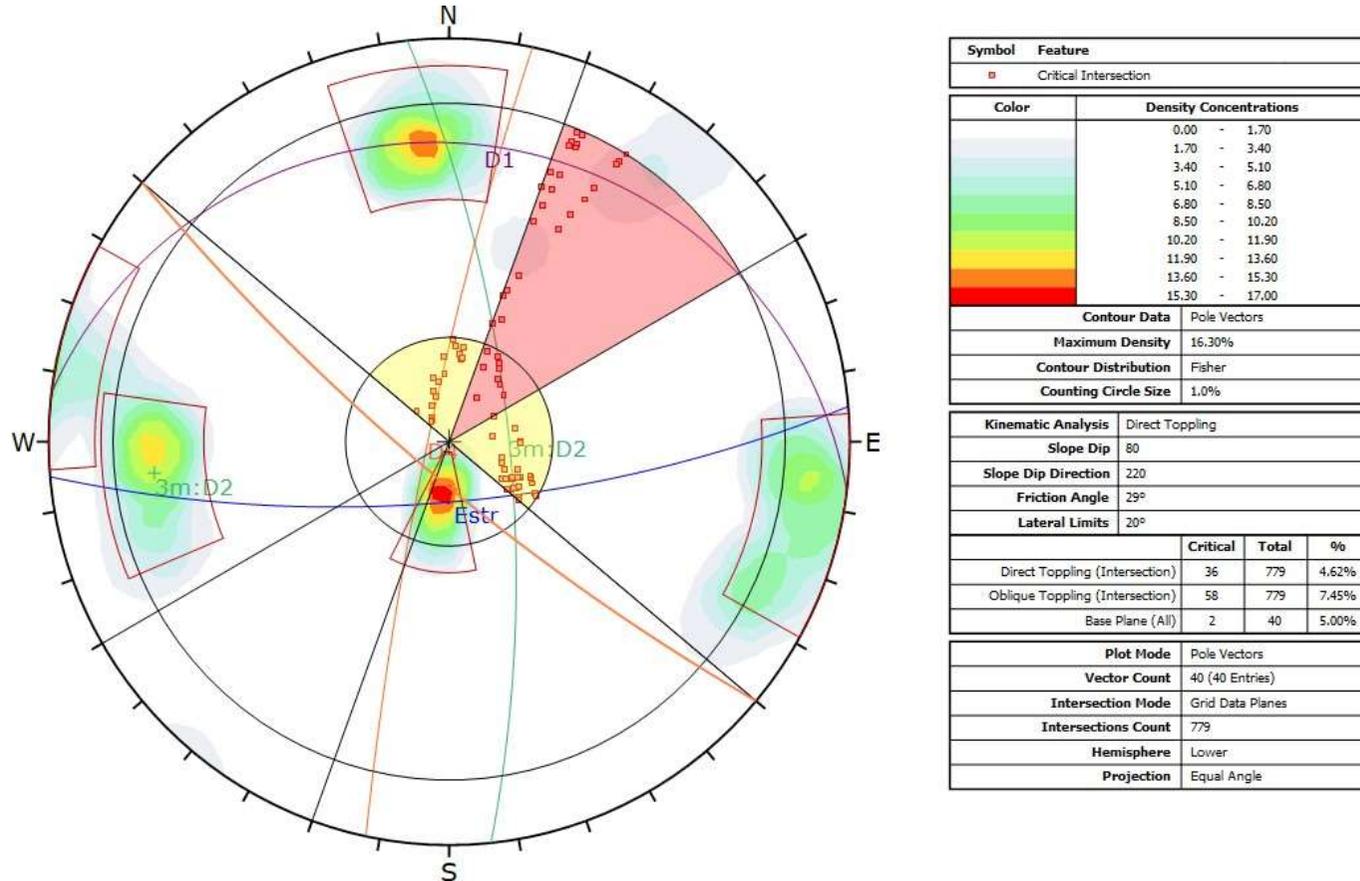
Análisis en el software RocData



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 41

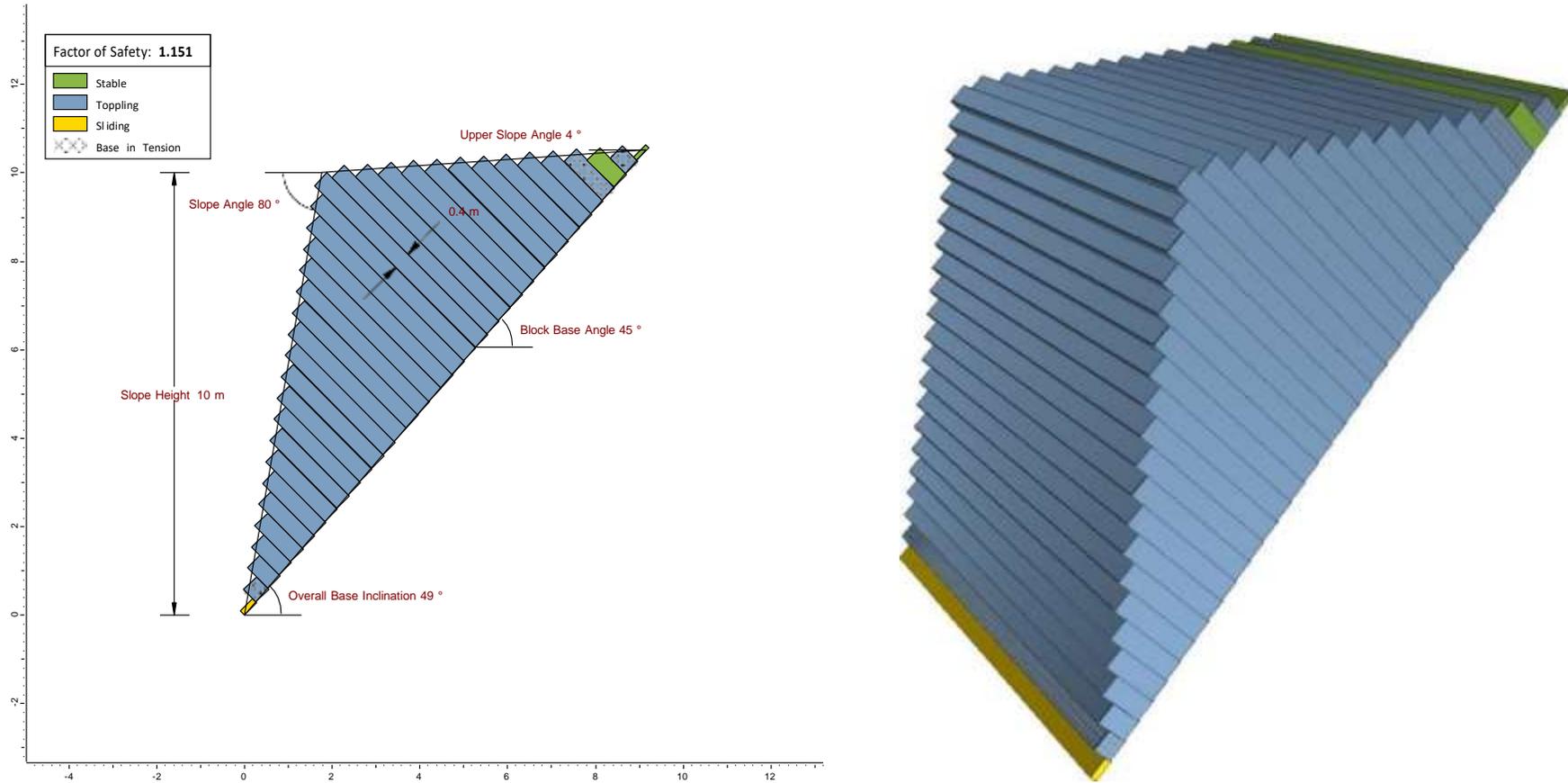
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 08



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es el de volcamiento

Figura 42

Análisis determinístico de la Estación 08



Nota con el software RocTopple analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.9. Estación 09

El talud de la estación N° 9, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 38 por lo que es de clase II; el macizo rocoso tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 10 MPa, un ángulo de fricción de 19.65° y un coeficiente de cohesión de 0.289 MPa. el tipo de deslizamiento es en cuña y el software nos dio un valor de 1.225 como factor de seguridad.

Figura 43

Talud de la Estación 09



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204788, E: 783389

Tabla 15

Datos geomecánicos de la estación 10

REGISTRO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO				Datos de Discontinuidades																																																																																																																											
SISTEMA : WGS 84				CODIGO - EST - 9																																																																																																																											
				RESPONSABLE: Nilo Fernando Luza Sucapuca																																																																																																																											
				FECHA: mayo del 2021																																																																																																																											
DIS. Nro.	DATA GPS.			MACIZO ROCOSO				PROPIEDADES DE LAS DISCONTINUIDADES CARTOGRAFIADAS																																																																																																																							
	ESTE	NORTE	COTA (msnm)	LITOLOG / FORMAC.	METEORIZ	GRADO DE FRACT.	RQD	GSI	TIPOS	RESIST. DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa)			DIRECCIÓN		ESPACIADO (m)	long. de la discontd. (m)	ABERTURA (mm)	RUGOS.	RELLENO		ALTERAC-METEOR	AGUA																																																																																																									
										100*e[-0.1λ*(0.1λ+1)]	λ = ND/m	E=Estratíf. Ensayo de carga puntual Compresion simple	D=Diaclasa	F=f. inversa					F=falla Norm	Fi=f. inversa			Fd=falla Direcc	mf=Microfalla	C=Contacto	SE=Sobrees.	E=20pts =>2m	6pts =<1	6pts = Nada	6pts = Muy Rug.	Arcilloso	6pts = Ninguna	6pts = Inalterada	15pts = Seco																																																																																													
																																			12pts > 100	12pts 250 - 100	ORIENTACIÓN	5pts = < 0,6 - 0,2	2pts = 3-10	3pts = 0,1 - 1,0	3pts = Lig. Rug.	2pts = Duro > 5	3pts = Mod. Alt	7pts = Mojado																																																																																			
																																													12pts = 10 - 4	7pts = 4 - 2	7pts = 100 - 50	8pts = 0,2 - 0,06	1pts = 10-20	1pts = 1,0-5,0	1pts = Ond-Lisa	2pts = Suave < 5	1pts = Muy Alt	4pts = Goteo																																																																									
																																																							4pts = 2 - 1	4pts = 50 - 25	DIP	DD	5pts = < 0,06	0pts = > 20	0pts = > 5	5 = Suave - pulida	Roca Tritur	0pts = Sua ve > 5mm.	0pts = Descomp	0pts = Flujo																																																													
																																																																			0pts < 1	Bx	Panizo	Veta																																																									
																																																																							10	20 70	26 74	18 74	19 72	23 78	26 78	20 70	18 75	26 78	28 76	5	1	1	1	3	1	15	32																																						
																																																																																										10	82 167	72 168	78 165	86 169	78 168	86 167	78 165	80 168	81 166	85 164	74 198	5	2	1	3	3	1	15	35																		
																																																																																																														10	60 204	72 204	78 206	79 208	70 200	74 202	77 204	76 206	70 198	78 187	8	2	1	3	3	1	15
Talud																																																																																																																															
II																																																																																																																															
1						19.12		E									ondulada lisa	oxidos	Duro > 5 mm	muy alterada	seco	total																																																																																																									
2	783389	9204788	2648	formacion carhuaz	Moderadamente meteorizada	medio	Bloque y capas	D1									ligeramente rugosa	oxidos	Duro > 5 mm	muy alterada	seco	total																																																																																																									
3						3		D2									ligeramente rugosa	oxidos	Duro > 5 mm	muy alterada	seco	total																																																																																																									

Figura 44

Análisis en el software RocData

ESTACIÓN 09

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 10 MPa
 GSI = 42 m_i = 10 Disturbance factor = 0.7
 intact modulus (E_i) = 5625 MPa

Hoek-Brown Criterion

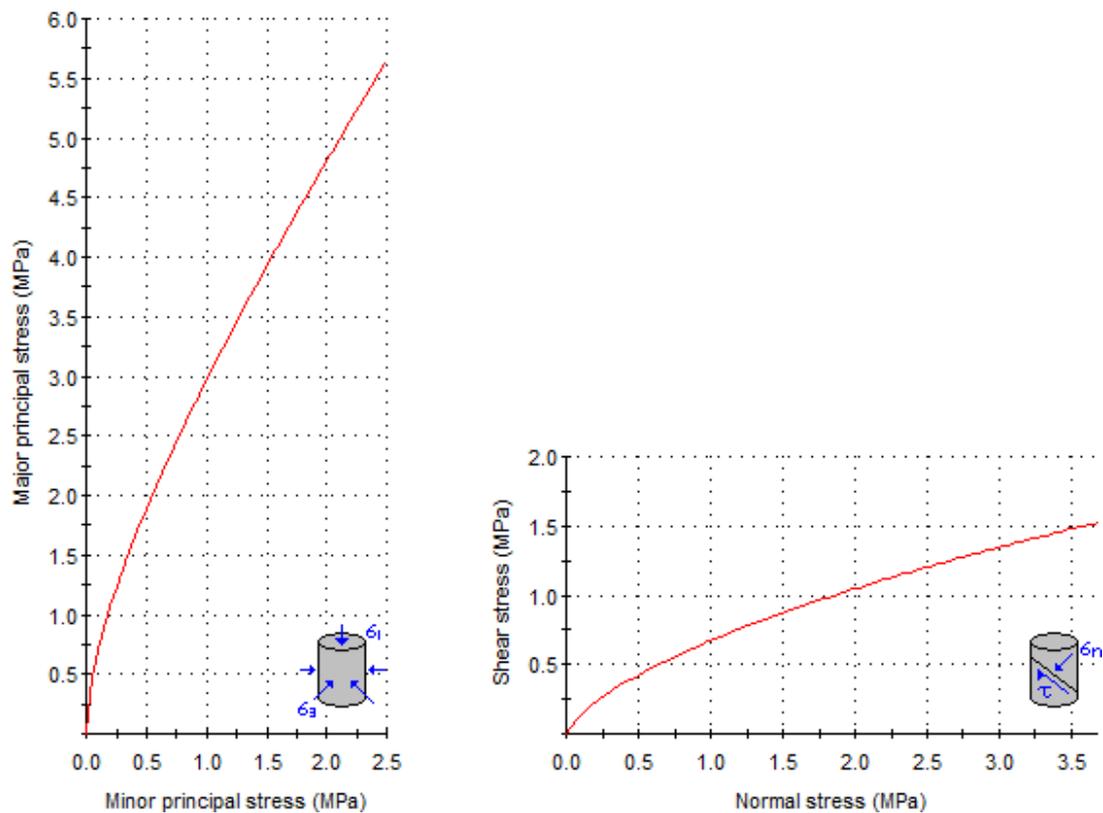
m_b = 0.413 s = 0.0002 a = 0.510

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.289 MPa friction angle = 19.65 deg

Rock Mass Parameters

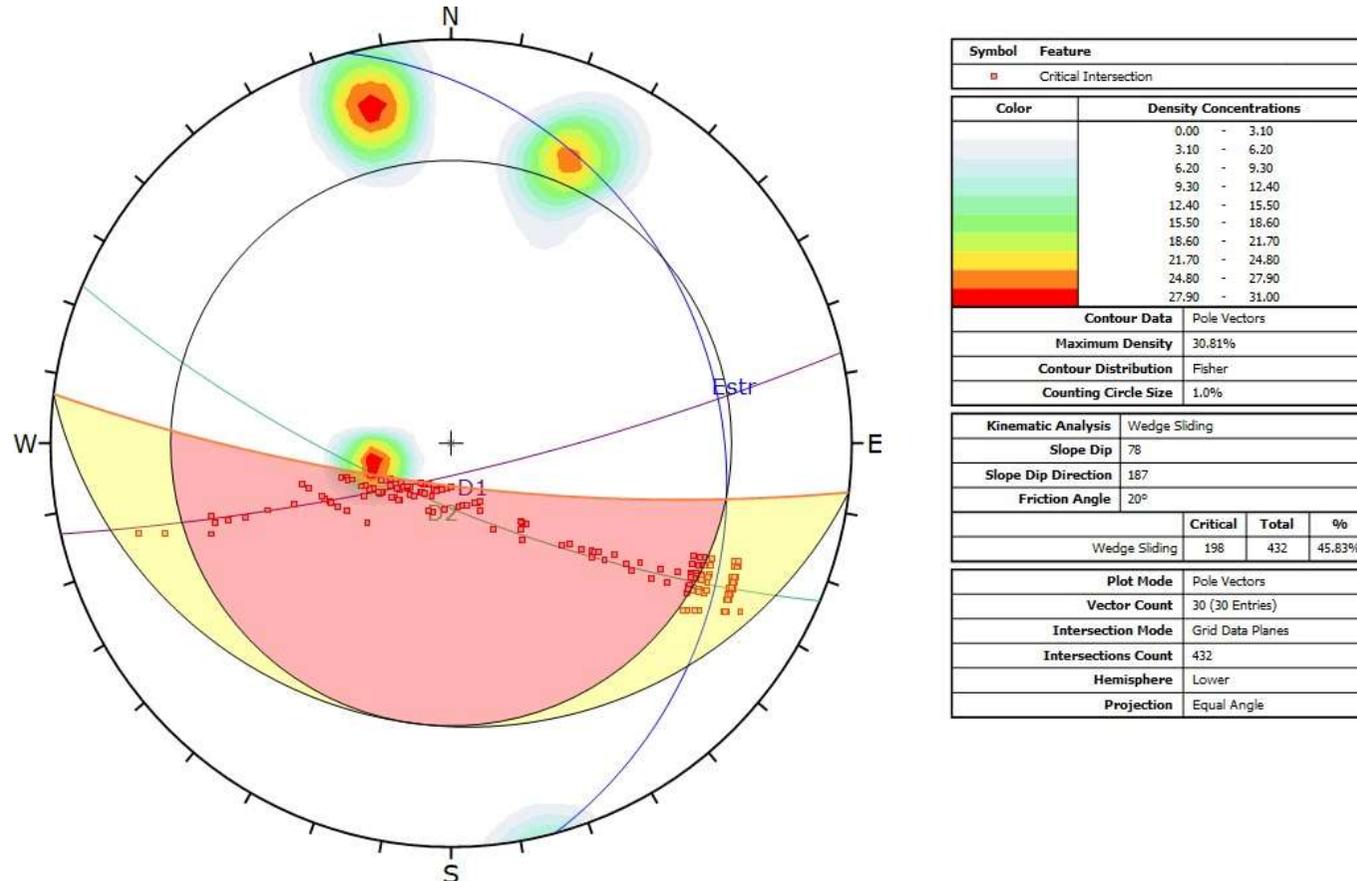
tensile strength = -0.005 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.138 MPa
 global strength = 0.819 MPa
 modulus of deformation = 367.43 MPa



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 45

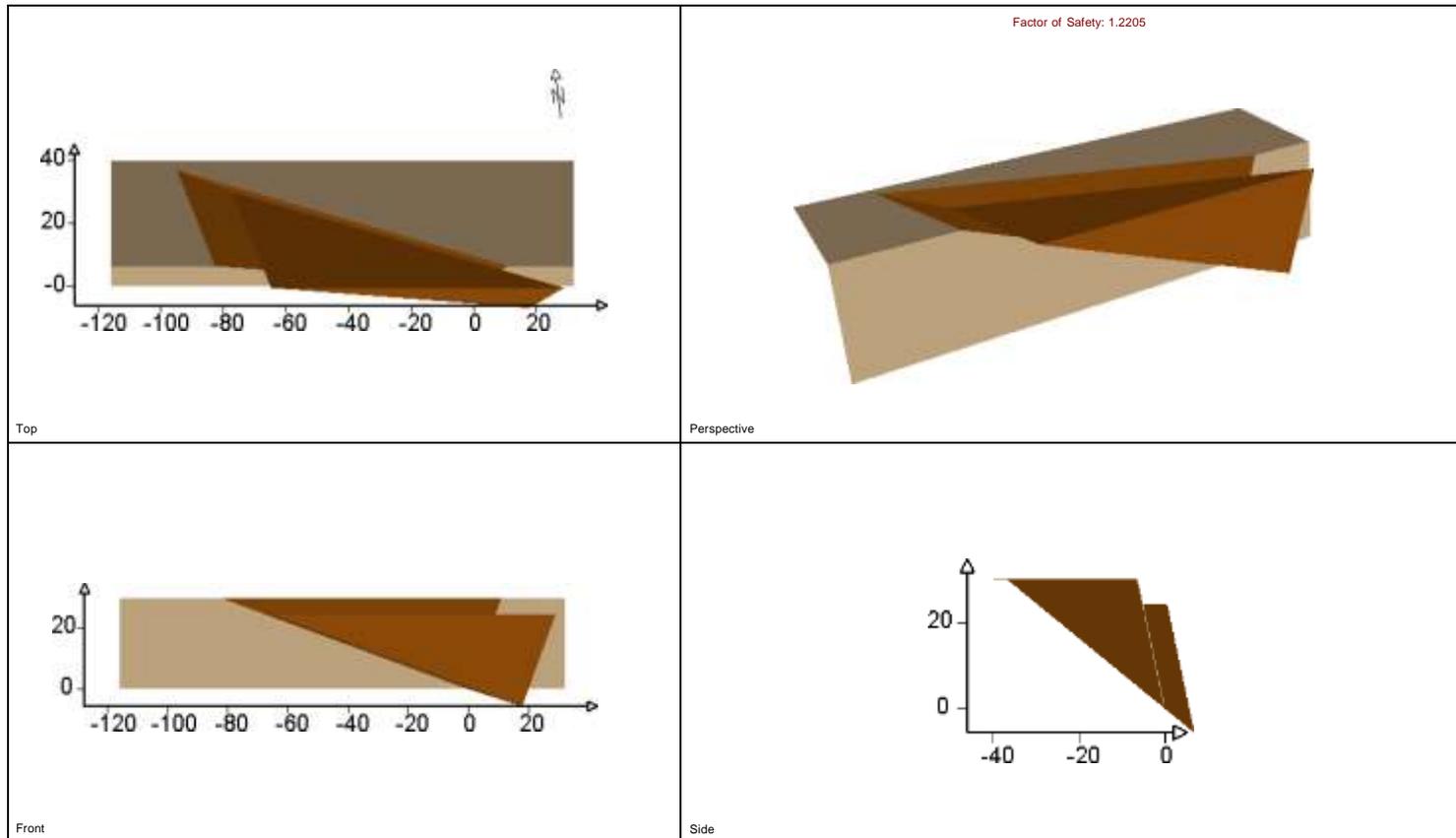
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 09



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es en cuña

Figura 46

Análisis determinístico de la Estación 9



Nota con el software SWedge analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

2.9.10. Estación 10

El talud de la estación N° 10, encontramos afloramiento de la Formación Carhuaz, el cual presenta intercalaciones de areniscas con lutitas y limolitas, y sin humedad; el macizo rocoso tiene un RMR de 38 por lo que es de clase II; el macizo rocoso tiene una resistencia a la compresión uniaxial aproximada de 25 MPa, un ángulo de fricción de 22.58° y un coeficiente de cohesión de 0.838 MPa. el tipo de deslizamiento es por volcadura y el software nos dio un valor de 2.011 como factor de seguridad.

Figura 47

Talud de la Estación 10



Nota: el talud ubicado en las coordenadas N: 9204762, E: 783389

Figura 48

Análisis en el software RocData

ESTACIÓN 10

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 25 MPa
 GSI = 42 m_i = 15 Disturbance factor = 0.7
 intact modulus (E_i) = 8525 MPa

Hoek-Brown Criterion

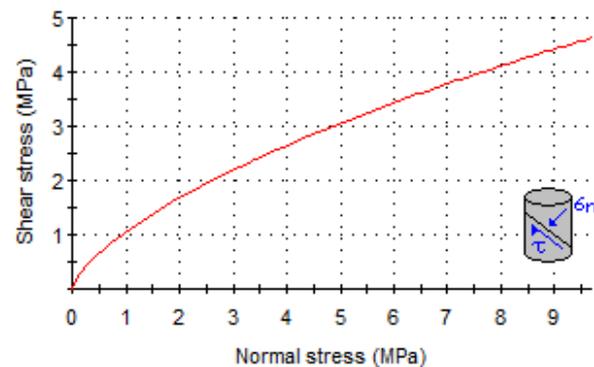
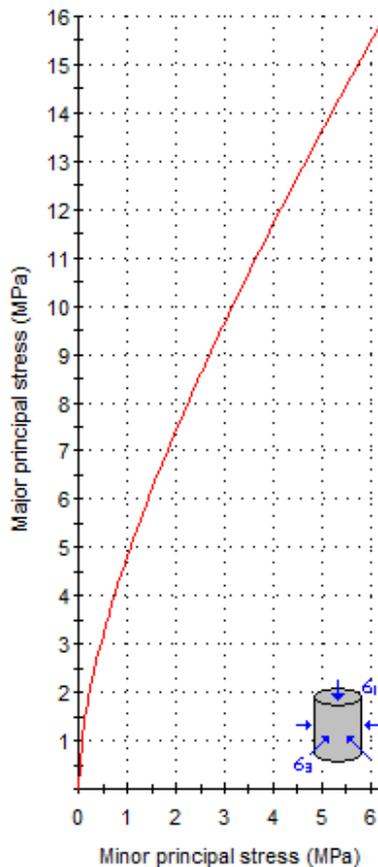
m_b = 0.620 s = 0.0002 a = 0.510

Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 0.838 MPa friction angle = 22.58 deg

Rock Mass Parameters

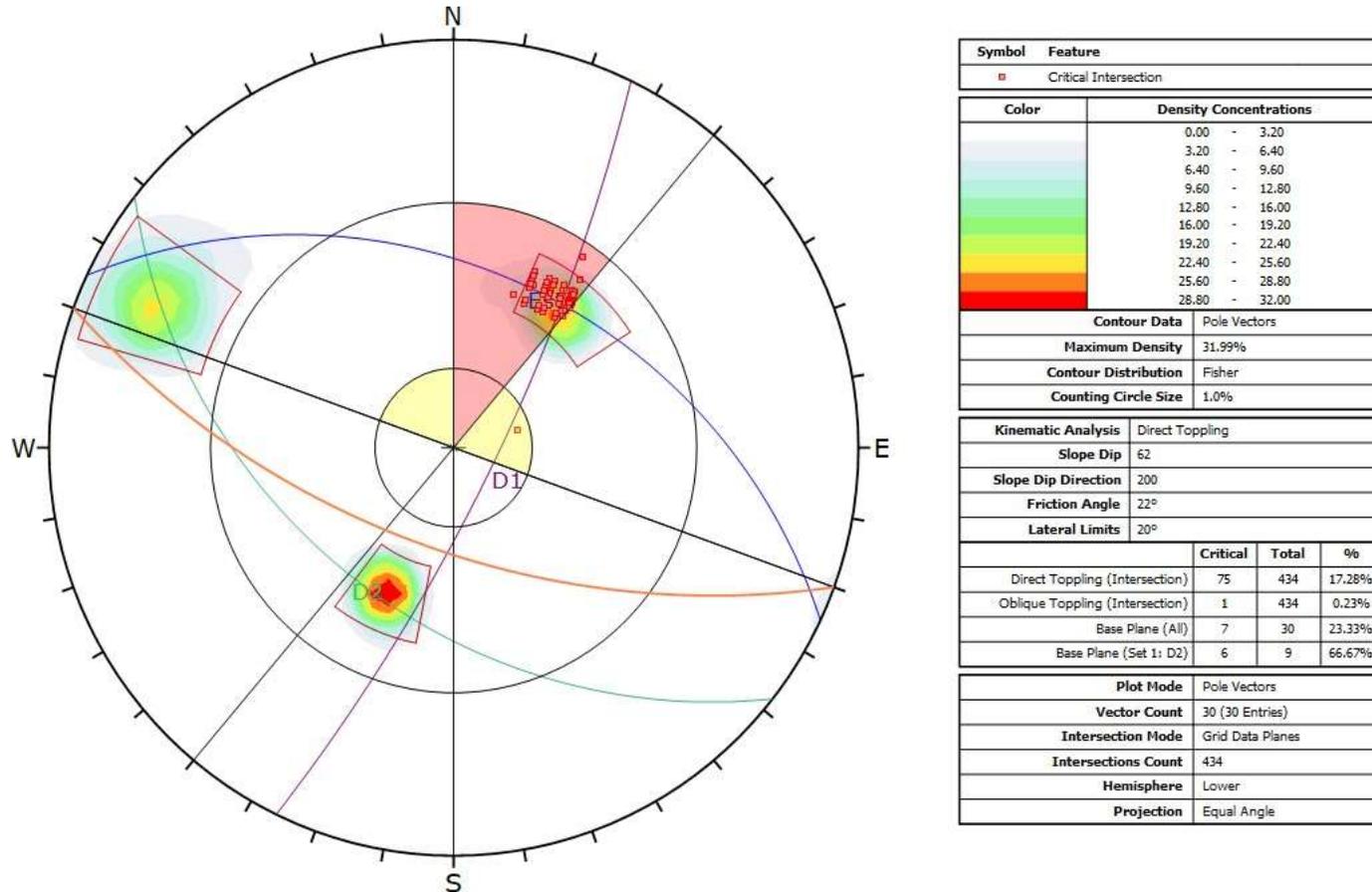
tensile strength = -0.009 MPa
 uniaxial compressive strength = 0.344 MPa
 global strength = 2.511 MPa
 modulus of deformation = 556.87 MPa



Nota: el método de análisis usado fue por el de Hoek-Brown generalizado, con el cual se obtuvo parámetros del ángulo de fricción cohesión, para usarlos en los siguientes softwares.

Figura 49

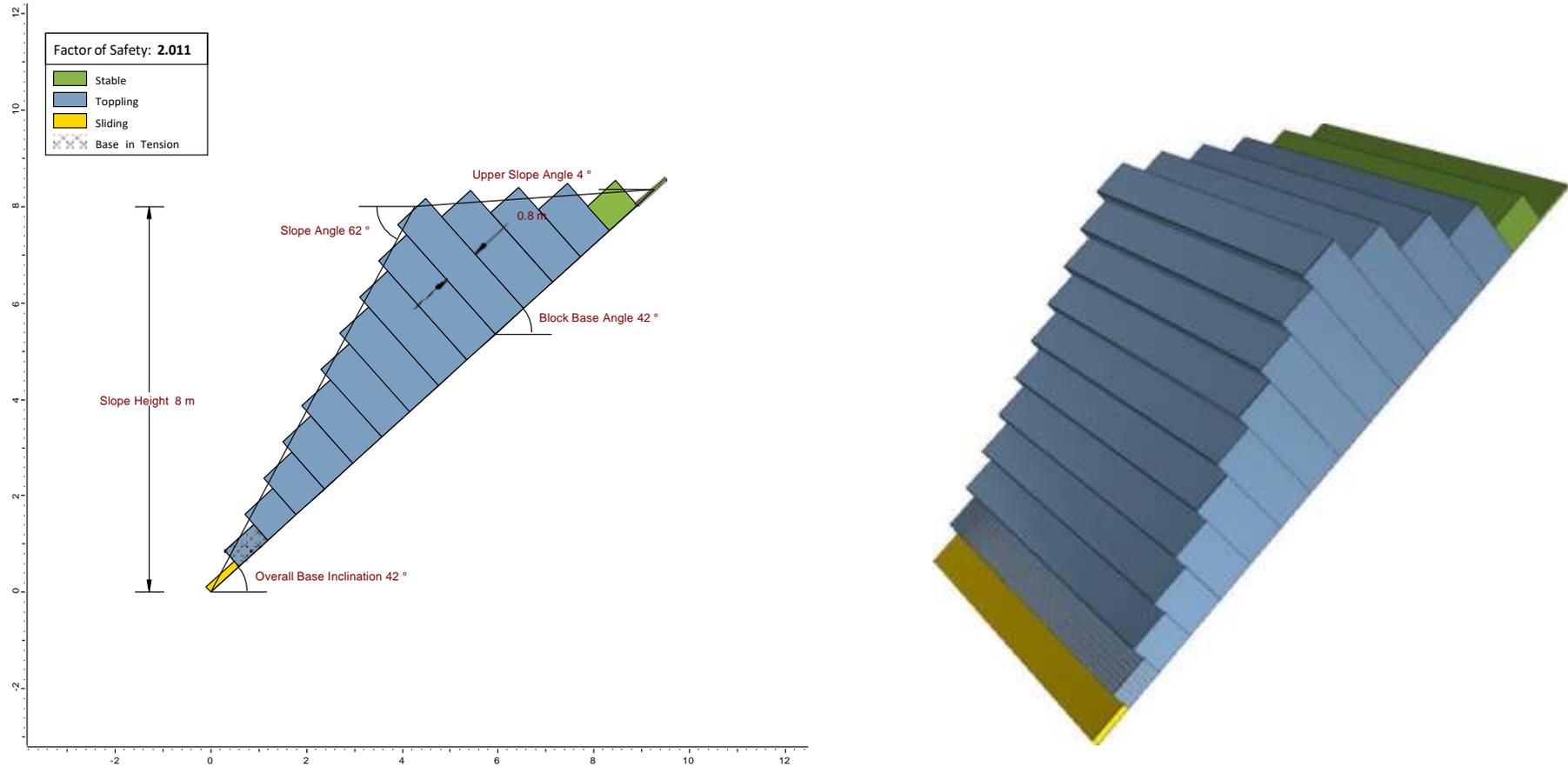
Análisis cinemático de las familias de discontinuidades mediante el software Dips de la Estación 10



Nota: mediante el software determinamos que el tipo de deslizamiento probable es el de volcamiento

Figura 50

Análisis determinístico de la Estación 10



Nota con el software RocTopple analizamos determinísticamente el factor de seguridad junto con los datos obtenidos de los softwares anteriores

CAPÍTULO III. RESULTADOS

El análisis geomecánico de los taludes críticos en las progresivas de la carretera Km3+000 – Km700+000 de la carretera Baños del Inca – Llacanora, se presenta en la tabla 16, así mismo sus parámetros geomecánicos es decir su RMR, ángulo de fricción, resistencia a la compresión simple, coeficiente de cohesión, factor de seguridad y en el anexo numero dos se encuentra el plano geotécnico con el riesgo.

Tabla 17

Cuadro resumen de las estaciones geomecánicas

	Coordenadas	RMR	Angulo de fricción	coeficiente de cohesión	Resistencia a la compresion simple	Tipo de deslizamiento	Factor de seguridad
E - 01	N: 9204115	45	23.96°	1.256 Mpa	35MPa	Por volcadura	1.031
	E: 784015	Clase III					
	2648 msnm	Calidad Media					
E - 02	N: 9204165	43	15.49°	0.330 MPa	15MPa	Por volcadura	1.048
	E: 783988	Clase III					
	2621 msnm	Calidad Media					
E - 03	N: 9204176	38	29.25	0.934 MPa	20 Mpa	Por volcadura	0.964
	E: 783973	Clase II					
	2647 msnm	Calidad Mala					
E - 04	N: 9204115	39	15.14°	0.321 Mpa	15 Mpa	En cuña	1.11
	E: 784015	Clase II					
	2648 msnm	Calidad Mala					
E - 05	N: 9204268	46	12.44°	0.250 Mpa	15 MPa	Planar	0.9399
	E: 783903	Clase III					
	2657 msnm	Calidad Media					
E - 06	N: 9204383	42	24.39°	0.367 MPa	10 Mpa	planar	1.6617
	E: 783862	Clase III					
	2634 msnm	Calidad Media					
E - 07	N: 9204550	45	16.55°	0.191 Mpa	8 Mpa	Por volcadura	1.18
	E: 783890	Clase III					
	2644 msnm	Calidad Media					
E - 08	N: 9204701	42	29.25°	0.934 Mpa	20 Mpa	Por volcadura	1.151
	E: 783491	Clase III					
	2598 msnm	Calidad Media					
E - 09	N: 9204788	32	19.65°	0.289 Mpa	10 Mpa	En cuña	1.2205
	E: 783389	Clase II					
	2648 msnm	Calidad Mala					
E - 10	N: 9204762	42	22.58°	0.838 Mpa	25 Mpa	Por volcadura	2.011
	E: 783389	Clase III					
	2643 msnm	Calidad Media					

Además la zona de investigación esta influenciado por una falla inferida la cual a influenciado fuertemente la inestabilidad de taludes con orientación noroeste - sureste (Bazán, 2012), además de fallas normales a lo largo de la carretera lo que aumenta el riesgo de desprendimiento de rocas y deslizamientos en la zona de investigación, sin embargo también tenemos que la formación que Suprayace a la formación Carhuaz, la formación Farrat esta conformada por rocas competentes como lo son las areniscas con alto contenido de cuarzo y la ausencia de feldespatos (Prado Cachay, 2018).

CAPITULO IV DISCUSIÓN

La caracterización geomecánica de los taludes críticos de la carretera Baños del inca Otuzco sí está relacionada con el comportamiento de los macizos rocosos y las estructuras geológicas, las cuales están siendo afectadas por variables que son la precipitación y sismicidad. Los controles estructurales son importantes determinados en familias de diaclasas nos dan diferentes tipos de rotura, en cuña, por volcamiento, por deslizamiento planar deslizamientos, además la precipitación sí afecta porque la infiltración del agua disminuye el factor de seguridad y por ende la inestabilidad del talud al igual que la sismicidad por lo que se encontraron tramos inestables.

Se realizo estaciones con la finalidad de hallar y clasificar de mejor manera los taludes presentes en la zona de investigación, carretera de Baños del Inca – Llacanora, entre ellos tenemos que según la clasificación de RMR -89 de Bieniawski 7 de los 10 taludes son de calidad Media y los 3 restante son de calidad mala, y el tipo de deslizamiento que presentan los mismos son por volcadura deslizamiento en cuña y planar a si mismo los factores de seguridad presentes son similares

superan solamente por centésimas a 1 excepto en la estación 10 que ese talud si se considera estable pero el resto necesitan ser evaluados detenidamente

El análisis de esta zona de estudio fue diferente a los antecedentes porque se usó versiones del software de la firma Rocscience más recientes como lo es Roctople que en sus versiones anteriores aun no existía y este sirve para analizar el factor de seguridad por volcadura, por lo que nos da valores más cercanos a la realidad sin embargo no difieren en que la presencia de agua en las rocas disminuye en la estabilidad de los taludes además en este trabajo no sé envió muestras para ser analizadas en laboratorio sim embargo se usaron tablas para la recolección de datos en campo, además de equipos en buen estado como lo es la brújula geotécnica.

Las limitaciones para están regidas básicamente por condiciones geográficas y naturales, como lo son la geología y la topografía del lugar donde se proyecta ejecutar una obra de construcción vial (carreteras). Pero cabe señalar que en los últimos años ya se cuentan con métodos de análisis y calculo desarrolladas para contrarrestar las inconveniencias que presente la zona en estudio. Y es justamente parte de esta investigación dar énfasis a los softwares de análisis de la firma RocScience, los cuales en su combinación nos permitirán encontrar los factores de seguridad aproximados de los taludes cabe también mencionar que nos encontramos en un estado de emergencia producto de la pandemia ocasionada por el COVID - 19

Se recomienda realizar estudios de laboratorio más exhaustivos en los taludes críticos de las estaciones 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 8 a las autoridades municipales locales tomar cartas en el asunto respecto a la inestabilidad de los taludes con el fin de no ocasionar daños tanto materiales como personales en la red vial además de evitar la construcción sobre los taludes de casas o restaurantes ya que podrían aumentar la carga portante y producir un deslizamiento causando daños.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Taludes críticos en las progresivas de la carretera Km3+000 – Km700+000 de la carretera Baños del Inca – Llacanora cuyos factores de seguridad son muy bajos por lo cual se consideran inestables y son un riesgo para la población y transporte que por ahí circula, Con el trabajo se puso en evidencia también que es necesario una estabilización oportuna de los taludes con factor de seguridad menores a 1, antes de las temporadas de lluvia, en el caso de la estación 10 que tiene factor de seguridad poco mayor a 2, es debido a que presenta una altura muy pequeña a comparación de las 9 primeras. Hay falla regional que es paralela a la carretera y se encuentra al norte de la misma y fallas locales como la Falla Cajamarca, Llacanora y falla Sulluscocha que a su vez han producido fallas menores estas últimas son las que influyen directamente en la inestabilidad de los taludes (BAZAN, 2012) además la meteorización influye de gran manera en la inestabilidad de los taludes, y los softwares usados fueron de gran ayuda para resolver el problema planteado en este trabajo.

Los parámetros geomecánicos determinan el factor de seguridad son el Angulo de fricción la cohesión el RQD, el RMR y la presencia de humedad.

Los cuales al ser trabajados en el software nos dan el factor de seguridad.

Como factor de seguridad de los taludes tenemos que en la estación N° 01 tenemos 1.031, en la estación N° 02: 1.048, en la estación N° 03: 0.964, en la estación N° 04 1.11, en la estación N° 05 0.9399, en la estación N° 06: 1.6617, en la estación N° 07: 1.18, en la estación N° 08: 1.151, en la estación N° 09: 1.2205, en la estación N° 10 2.011

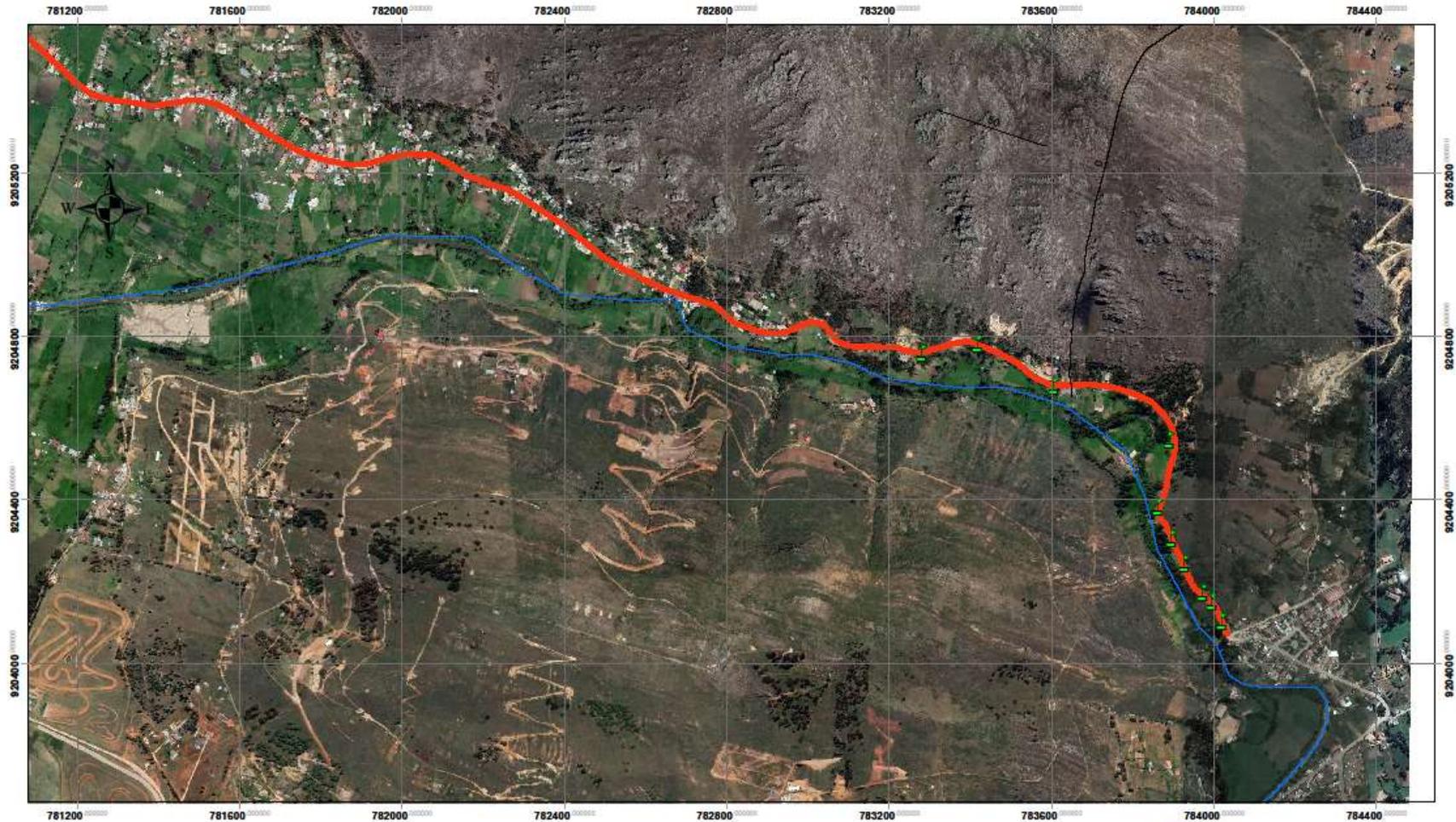
Con los datos obtenidos se pudo realizar un mapa geotécnico que se encuentra presente en el anexo N° 2.

REFERENCIAS

- Arteaga, N. (2017). *Análisis geológico - geotécnico en los taludes de la carretera Choropampa – Magdalena*. Cajamarca: Tesis Universidad Nacional de Cajamarca.
- Bazán, O. (2012). *CARACTERIZACION MORFOESTRUCTURAL DEL ANTICLINAL DE "BAÑOS DEL INCA" - CAJAMARCA*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. Canada: Wiley-Interscience Publication.
- Chambi, G. (2015). *Estudio de estabilidad de taludes en los macizos rocosos de la carretera Ticaco-Candarave en las progresivas: 124+560 a 129+00 km*. Tacna: Tesis Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.
- Maknoon, M. (2016). *Slope Stability analyses of waste rock piles under unsaturated conditions following large precipitations*. Montreal, Francia: Departamento de ingeniería Civil, Geología y Minas.
- Mercado, R. (2014). *Análisis de Inestabilidad de Taludes en Zonas Críticas en la Carretera Cajamarca – Celendín en el tramo Km. 52+000 – Km 94+400*. Cajamarca. Cajamarca : Tesis Universidad Nacional de Cajamarca.
- Montoya, F. (2014). *Evaluación geotécnica de los taludes de la carretera Cruz Blanca - El Gavilán*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Oblitas Cruz, J. (2018). *Guía de Investigación científica 2da Edición*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.

- Peña Vera, T., & Pirela Morilo, J. (2007). *La Complejidad del Análisis Documental*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Prado Cachay, J. O. (2018). *ESTUDIO PETROMINERALÓGICO DE LAS ARENISCAS DE LA FORMACIÓN FARRAT EN LA ZONA DE BAÑOS DEL INCA Y LLACANORA*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Mécanica de Rocas Fundamentos en Ingeniería*. Madrid.
- Ramos Vásquez, A. (2017). *Análisis de Estabilidad de Taludes en Rocas Simulación con LS_DYNA y comparación con Slide*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y energía.
- Rodríguez, R. (2014). *Unidades Geomorfológicas*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Supo, J. (2016). *Cómo empezar una Tesis*. Arequipa: BIOESTADISTICO EIRL.

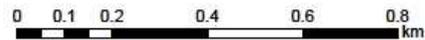
ANEXO n° 1 PLANO DE UBICACIÓN



Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 17S
Projection: Transverse Mercator
Datum: WGS 1984
Units: Meter

Leyenda

-  Estaciones
-  Río Chonta
-  Falla
-  Red vial principal



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA	
	ANÁLISIS GEOMECÁNICO PARA DETERMINAR LA INESTABILIDAD DE LOS TALUDES CRÍTICOS EN EL TRAMO DE LA CARRETERA CON PROGRESIVAS KM3+000 - KM7+000 BAÑOS DEL INCA - LLACANORA	
Título: Msc. Ing. Ricardo Liza Susupeza		Plano: 01
Escala: 1:10 000	Fecha: Julio del 2021	Firma:

ANEXO n° 2 PLANO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

