UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Estudio geotécnico para la estabilización del talud y la plataforma de la Subestación Baños de Agua Santa (Tungurahua, Ecuador)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Mollar Cabrera, Oriol

Tutor/a: Torrijo Echarri, Francisco Javier

CURSO ACADÉMICO: 2024/2025

ÍNDICE

MEMORIA

1. OBJETO_____7
   1.1. Abstract

2. SITUACIÓN_____8
   2.1. Ubicación de la zona de estudio
   2.2. Breve historia del problema

3. ANTECEDENTES Y DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA_____11
   3.1. Informes de base y partida consultados
   3.2. Antecedentes arrojados por la documentación de partida
      3.2.1. Temporalidad de los eventos
      3.2.2. Información sobre las perforaciones realizadas
      3.2.3. Geofísica realizada

4. CARACTERIZACIÓN DEL FENÓMENO_____18
   4.1. Clasificación y tipología de movimientos
   4.2. Factores desencadenantes
   4.3. Influencia del agua en la estabilidad
   4.4. Caso de estudio

5. ENTORNO FÍSICO Y GEOLÓGICO_____23
   5.1. Climatología e hidrogeología
      5.1.1. Climatología
         5.1.1.1. Precipitación
      5.1.2. Hidrogeología
         5.1.2.1. Encuadre general hidrogeológico
         5.1.2.2. Hidrogeología de la zona de la Subestación
   5.2. Estructura tectónica regional y local
      5.2.1. Tectónica regional
      5.2.2. Tectónica local
   5.3. Marco geológico
      5.3.1. Geología y estratigrafía regional
         5.3.1.1. Unidad Agoyán (Ag
         5.3.1.2. Unidad Tres Lagunas (Gtl)
         5.3.1.3. Depósitos volcánicos indiferenciados (Vol)
         5.3.1.4. Coluviales antiguos (ColA)
         5.3.1.5. Coluviales recientes (Col)
         5.3.1.6. Terrazas aluviales colgadas (Altc)
         5.3.1.7. Aluviales
      5.3.2. Geomorfología

5.3.3. Geomorfometría e Índice Topográfico de Humedad

6. ESTUDIO GEOTÉCNICO_____38
6.1. Introducción
6.2. Objetivos
6.3. Ubicación
6.4. Prospección geofísica
6.4.1. Tomografía eléctrica
6.4.1.1. Conceptualización teórica
6.4.1.2. Levantamiento de información geofísica en el campo
6.4.1.3. Resistividad eléctrica
6.4.1.4. Procesamiento de información e interpretación
6.4.2. Sísmica de refracción
6.4.3. MASW
6.5. Prospección geotécnica
6.5.1. Ensayos SPT
6.5.1.1. Equipo
6.5.1.2. Conceptualización teórica
6.5.1.3. Correlaciones a partir del ensayo SPT
6.5.1.4. Levantamiento de información geotécnica en el campo
6.5.2. Otros
6.5.2.1. Muestras Shelby
6.5.2.2. Ensayos de permeabilidad
6.6. Ensayos de laboratorio
6.6.1. Clasificación del suelo
6.6.2. Ensayo triaxial UU
6.7. Conclusiones y recomendaciones

7. CARACTERIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LOS MATERIALES_____53
7.1. Zona de la plataforma
7.2. Zona de talud
7.3. Zona de cauce
7.4. Sección geológica por la esquina de la plataforma

8. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LAS CONDICIONES ACTUALES_____58
8.1. Generalidades
8.1.1. Bishop simplificado
8.1.2. Janbu simplificado
8.1.3. Morgenstern-Price
8.1.4. Método de Spencer
8.2. Parámetros geotécnicos y modelos constitutivos considerados:
8.3. Estudio de inestabilidades

9. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL TALUD CON LAS MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓNPREESTABLECIDAS_____65
9.1. Generalidades
9.2. Análisis de las variantes de estabilización
9.2.1. Corrección por geometría de talud
9.2.2. Corrección por drenaje
9.2.3. Corrección por elementos resistentes
9.2.4. Corrección superficial
9.2.5. Solución propuesta
9.3. Parámetros geotécnicos y modelos constitutivos
9.4. Estudio de inestabilidades
9.5. Dimensionamiento y construcción del muro de escollera

10. CONCLUSIONES_____75

11. BIBLIOGRAFÍA_____76

12. ANEXOS_____78
12.1. Registro fotográfico
12.1.1. Fotografías 08/01/2025
12.1.2. Fotografías 21/02/2025
12.2. [DOC-1] ESTUDIO DE SUELOS. SUBESTACIÓN AGOYÁN
12.3. Estudio geotécnico
12.3.1. Ubicación
12.3.2. Investigaciones realizadas
12.3.3. Prospección geotécnica
12.3.3.1. Resultados laboratorio
12.3.3.2. Ensayos de permeabilidad
12.3.3.3. Cajas de perforación
12.3.4. Registro fotográfico
12.3.4.1. Prospección geofísica
12.3.4.2. Prospección geotécnica
12.4. Informes Slide

FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la Subestación Baños

Figura 2. Situación general de la zona de estudio. Fuente: Google Earth, 2025

Figura 3. Visión desde la margen derecha del río Pastaza de la zona de deslizamiento

Figura 4. Esquema de la zona de deslizamiento en julio del 2024 (tomado del informe de soluciones, DOC-4)

Figura 5. Ortofoto zona de influencia. Fuente: Google Earth, fecha: 11/08/2008

Figura 6. Precipitación total mensual (mm). Año 2008. Fuente: Información Meteorológica (INAMHI, 2022)

Figura 7. Ortofoto zona de influencia. Fuente Google Earth, fecha: 06/06/2017

Figura 8. Ortofoto zona de influencia. Fuente Google Earth, fecha: 07/09/2022

Figura 9. Ortofoto zona de influencia. Fuente Google Earth, fecha: 06/11/2022

Figura 10. Ortofoto zona de influencia. Fuente: Levantamiento Drone TRANSELECTRIC, fecha: 06/07/2024. Elaborado: TRANSELECTRIC

Figura 11. Tabla resumen de la temporalidad de las afecciones sobre la SE Baños

Figura 12. Tabla resumen de las investigaciones referenciadas en el DOC-1 (Año 2005)

Figura 13. Tabla de parámetros geotécnicos y módulos dinámicos obtenidos a partir de los resultados obtenidos en la sísmica de refracción del año 2024 (referenciado en el DOC-4)

Figura 14. Altura del deslizamiento SE Baños

Figura 15. Corona del deslizamiento SE Baños

Figura 16. Agrietamientos en patio de 138kV en la SE Baños

Figura 17. Precipitación total mensual (mm). Período 2001 - 2013. Fuente: Información Meteorológica (INAMHI, 2022)

Figura 18. Vista aérea de la zona de la SEB con indicación del flujo de máxima energía en el cauce del río Pastaza (modificado del DOC-4)

Figura 19. Valores de permeabilidad para los principales tipos de suelos (modificado de Sowers, 1978)

Figura 20. Patrones de drenajes principales observados en la zona de estudio

Figura 21. Principales estructuras geológicas y fallas presentes en entorno de la zona de estudio

Figura 22. Mapa geológico regional del área de estudio. En un círculo amarillo la situación del complejo eléctrico Agoyán. Fuente: Hoja Geológico 88 – Baños a escala 1:100.000. IIGE (1990)

Figura 23. Esquema geológico de la SE Baños

Figura 24. Tabla esquemática de materiales identificados en la zona de estudio

Figura 25. Materiales de la Unidad Agoyán en el curso del río Pastaza, aguas arriba del deslizamiento y detalle de la esquistosidad y fracturación (derecha)

Figura 26. Afloramiento por erosión del granito Tres Lagunas en la margen derecha del río Pastaza aguas abajo de la zona erosionada

Figura 27. Coluviales antiguos compactos en la zona inferior del talud afectado

Figura 28. Sedimentos coluviales recientes en la sección del talud caído

Figura 29. Detalle de los materiales pertenecientes a terrazas aluviales colgadas (izquierda) y secuencia granodecreciente con matriz arenosa (derecha)

Figura 30. Sedimentos aluviales en el lecho del río Pastaza. Arenas y limos (izquierda). Bloques, cantos y gravas con algo de matriz arenosa (derecha)

Figura 31. Mapa Geomorfológico Subestación Baños

Figura 32. Mapa geomorfométrico de la SE Baños

Figura 33. Mapa de Índice Topográfico de Humedad de la SE Baños

Figura 34. Ubicación de la zona del estudio geotécnico

Figura 35. Ubicación de las investigaciones realizadas

Figura 36. Tabla de coordenadas de ubicación y longitud de perfil eléctrico

Figura 37. Tomografía eléctrica LE1, método Wenner Schlumberger

Figura 38. Tomografía eléctrica LE2, método Wenner Schlumberger

Figura 39. Tabla resumen de las investigaciones geofísicas de refracción PS-1

Figura 40. Tabla resumen de las investigaciones geofísicas de refracción PS-2

Figura 41. Tabla resumen de las investigaciones geofísicas MASW PS-1

Figura 42. Tabla resumen de las investigaciones geofísicas MASW PS-2

Figura 43. Tabla de perfiles del terreno según la norma ecuatoriana. Adaptado de NEC-SE-DS (2015)

Figura 44. Equipo de perforación sónico multiusos: SRS PL

Figura 45. Coordenadas de la perforación

Figura 46. Tabla resumen de resultados de laboratorio SPT 1

Figura 47. Tabla resumen de resultados de densidades

Figura 48. Tabla resultados del ensayo triaxial UU

Figura 49. Ensayos SPT a los 6,55 m (izquierda) y a los 8,00 m (derecha)

Figura 50. Planta del corte geológico realizado desde la SE Baños hasta el Río Pastaza

Figura 51. Perfil del corte geológico realizado desde la SE Baños hasta el Río Pastaza

Figura 52. Supuestos y equilibrio de fuerzas para la utilización del método de Bishop simplificado

Figura 53. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido, mediante el método de Bishop simplificado en las condiciones actuales y sin sismo

Figura 54. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido mediante el método de Morgenstern-Price, en las condiciones actuales y con sismo

Figura 55. Propuesta de estabilización y recuperación del talud de la SE Baños. Tomado del DOC-4

Figura 56. Definición geométrica de la sección tipo de un muro de escollera con función de contención

Figura 57. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido mediante el método de Morgenstern-Price. Se ha considerado únicamente la colocación de la escollera y en condiciones con sismo

Figura 58. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido, mediante el método de Bishop simplificado, con las medidas de estabilización completas (escollera y gaviones) y sin sismo

Figura 59. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido mediante el método de Morgenstern-Price. Se ha simulado con las medidas de estabilización completas (escollera y gaviones) y con sismo

Figura 60. Propuesta de dimensionamiento del muro de escollera

1. OBJETO

La Subestación de Baños de Agua Santa (Tungurahua, Ecuador) se sitúa rodeada de laderas montañosas y está ubicada aguas abajo de la represa Agoyán. Se ha detectado que se ha producido una erosión en la base de la ladera que limita con la Subestación y, por consiguiente, la rotura del talud que limita a esta por el sur.

El presente trabajo consiste en realizar un estudio geotécnico relacionado con la estabilidad del talud en las condiciones actuales, además de proponer una solución como medida de estabilización ante el peligro para la integridad de la Subestación que la problemática expuesta supone.

Para la elaboración de este trabajo se tienen como datos de partida estudios previos de carácter geológico y geotécnico, ya bien un estudio de suelos de la zona u otros, así como una campaña geotécnica actual. Por otro lado, se hace uso del programa Slide para el cálculo de la estabilidad mediante modelización con elementos finitos (finite element modeling FEM).

Finalmente, se expone la propuesta de solución escogida así como su predimensionamiento, y se realiza nuevamente el cálculo de la estabilidad para validar las medidas adoptadas.

1.1. Abstract:

The Baños de Agua Santa Substation (Tungurahua, Ecuador) is surrounded by mountain slopes and is located downstream of the Agoyán Dam. Erosion has been detected at the base of the slope bordering the Substation, resulting in failure of the slope that borders it to the south.

This study consists of conducting a geotechnical study of the slope's stability under current conditions and proposing a stabilization solution to address the threat to the integrity of the Substation posed by the aforementioned problem.

The study is based on previous geological and geotechnical studies, including a soil study of the area and others, as well as an actual geotechnical campaign. The Slide program is used to calculate stability using finite element modeling (FEM).

Finally, the proposed solution chosen is presented, along with its preliminary dimensions, and the stability calculation is performed again to validate the measures adopted.

2. SITUACIÓN

2.1. Ubicación de la zona de estudio:

La Subestación Baños se localiza en centro de Ecuador, más concretamente en la provincia de Tungurahua, cantón Baños y Parroquia Ulba (Figuras 1 y 2). Está limitada hacia el oeste por la represa Agoyán y el parque La Familia perteneciente al cantón, así como factorías locales, hacia el norte por la vía E-30 (Baños-Puyo) y las estribaciones de la Cordillera Real, mientras que al sur está delimitada por el río Pastaza, el cual discurre de oeste a este. El área destinada a la implantación de la subestación es una planicie al situada entre y al pie de laderas montañosas y ubicada aguas abajo de la represa.

La SE Baños está compuesta por varias naves o galpones ubicadas hacia el Este de la parcela y dos plataformas diferenciadas donde se encuentran las instalaciones eléctricas de transformación.

Los principales drenajes que atraviesan la zona son el Río Pastaza y las quebradas Santa Rosa y Chaguaryacu; drenajes menores se han generado debido a las precipitaciones extremas hacia el norte de la subestación.

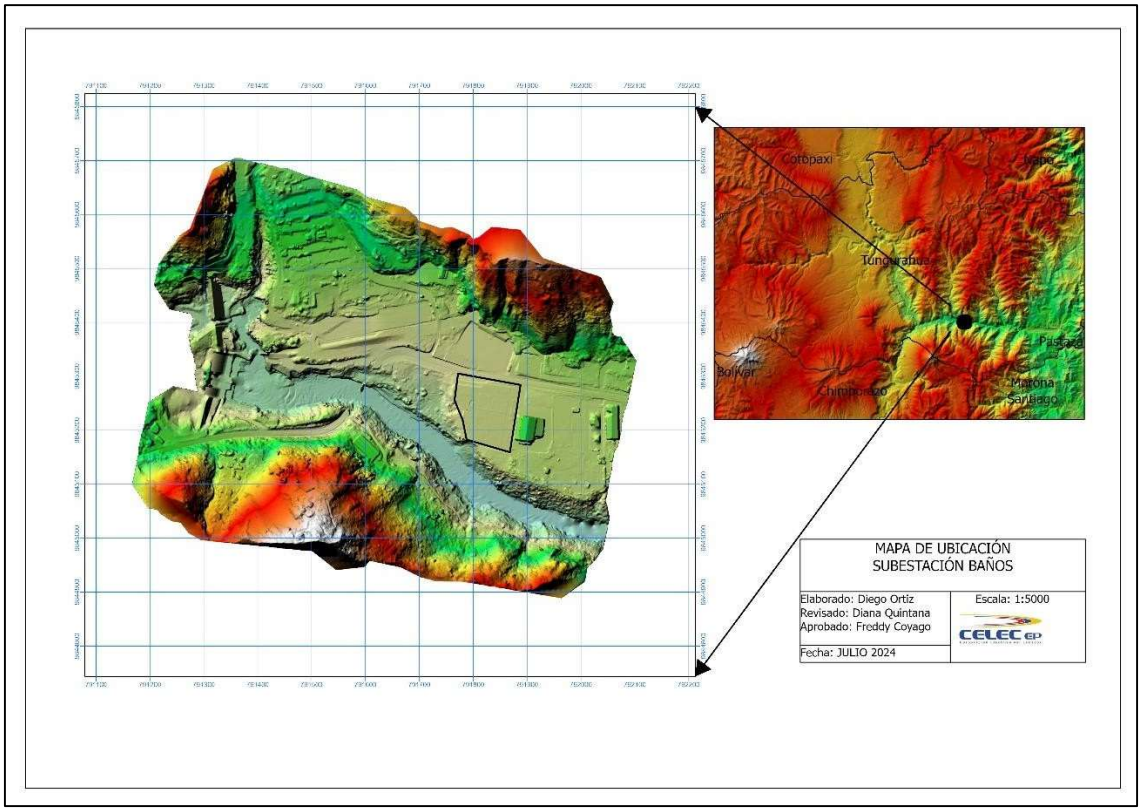


Figura 1. Mapa de ubicación de la Subestación Baños



Figura 2. Situación general de la zona de estudio. Google Earth, 2025

2.2. Breve historia del problema:

El diseño de ocupación para la implantación de la subestación, del año 2008, proponía una separación de 39 m desde la línea de máxima avenida prevista del río hasta el punto más cercano de la subestación, siendo finalmente de 37 m la zona de resguardo considerada.

El 6 de julio del 2024 se hace un levantamiento con dron con tal de inspeccionar la zona debido a los episodios del mes anterior pues, acorde al informe de inspección remitido por la Subgerencia de Operación y Mantenimiento, el día 16 de junio de 2024 hubo un episodio de intensa lluvia que duró más de 9 horas en el cantón Baños, por lo cual el 17 de junio de 2024 el alcalde de Baños de Agua Santa declaró la situación de emergencia.

Dichas precipitaciones y la liberación de agua para preservar la integridad de la represa del complejo Agoyán (evitar un colapso de la represa y el daño de los equipos de generación por efecto del acarreo de los sedimentos), hicieron que aumentase de manera brusca el caudal del río, erosionando los niveles deleznables de los taludes ubicados a lo largo del cauce. Según los informes revisados esto es lo que produce una erosión de la base de la ladera que limita la subestación y, por consiguiente, la rotura del talud que limita la SE Baños por el Sur (esquina del parque de instalaciones), según se observa en la Figura 4 (dos frentes de ruptura).

El margen izquierdo del río ha sido el que mayor afectación ha sufrido, comprometiendo de esta manera la estabilidad de la subestación. Evidencias de esta afectación se registran por el colapso del cerramiento sur de la subestación, caída de árboles, y también agrietamientos y zonas saturadas en el patio de 138kV.



Figura 3. Visión desde la margen derecha del río Pastaza de la zona de deslizamiento

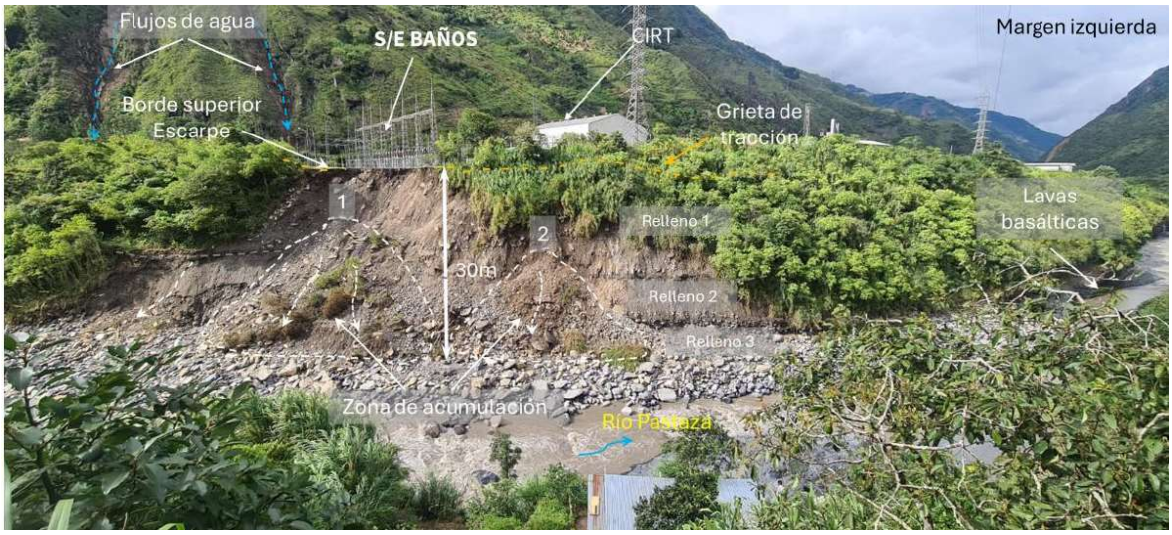


Figura 4. Esquema de la zona de deslizamiento en julio del 2024 (tomado del informe de soluciones, DOC-4)

3. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA Y ANTECEDENTES

3.1. Informes de base y partida consultados:

La documentación de que se ha dispuesto para la información previa de base en este trabajo de estudio geológico se corresponde con los siguientes documentos (entre corchetes la denominación del documento al referirse a él en el texto subsiguiente), los cuales han sido principalmente:

[DOC-1] ESTUDIO DE SUELOS. SUBESTACIÓN AGOYÁN. Firmado por el Ing. Marco Abarca M. de la empresa Consultoría y Construcción. Fechado el 1 de agosto del 2005.

[DOC-2] INFORME TÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO UBICADO EN LA SUBESTACIÓN BAÑOS. Informe de la inspección elaborado por el Ing. Diego Ortiz y el Ing. Hernán Maila de la Subgerencia de Proyectos de Expansión. Realizado en julio del 2024.

[DOC-3] INFORME TÉCNICO DE TEMPORALIDAD EN EL DESLIZAMIENTO EN LA SUBESTACIÓN BAÑOS. Elaborado por el Ing. Hernán Maila de la Subgerencia de Proyectos de Expansión. Fechado el 25 de julio del 2024.

[DOC-4] INFORME DE ESTUDIO PARA SOLUCIONES EN DESLIZAMIENTO UBICADO EN LA SUBESTACIÓN BAÑOS. Elaborado por los ingenieros Diana Quintana (geología) y Andrés Quiroga (ingeniería civil) de la dependencia de Ingeniería de Líneas de Transmisión. Fechado en agosto del 2024.

De forma complementaria se hará referencia al documento presentado relativo al Informe Geológico y de Riesgos Naturales (IGRN) donde se describen con mayor precisión los materiales geológicos implicados en estos cálculos y su distribución superficial en la zona.

3.2. Antecedentes arrojados por la documentación de partida:

3.2.1. Temporalidad de los eventos:

La realización de este ítem se toma en base a las ortofotos generadas en el Google Earth y al levantamiento LIDAR con drone de TRANSELECTRIC, que han registrado cinco fotografías de la zona de influencia en diferentes tiempos. Se definirá el grado el grado de afección y meteorización de los taludes aledaños a la subestación Baños en diferentes tiempos, así como el relieve que fue modificado a través del tiempo.

- **Año 2008. (Fecha de imagen: 11/8/2008):** para la fecha en la que fue tomada la fotografía, la Subestación Baños aún no se encontraba construida, sin embargo, se realizó el polígono de la misma a fin de visualizar el entorno de esta y la distancia desde el punto más cercano de la obra civil hasta la margen izquierda del Río Pastaza (alrededor de 39 m).
  Además, se realizó un análisis estadístico de las precipitaciones del año en que se tomó la ortofoto (2008). Los resultados mostraron que los meses con mayor precipitación fueron junio, con 204,1 mm, y julio, con 250,2 mm.

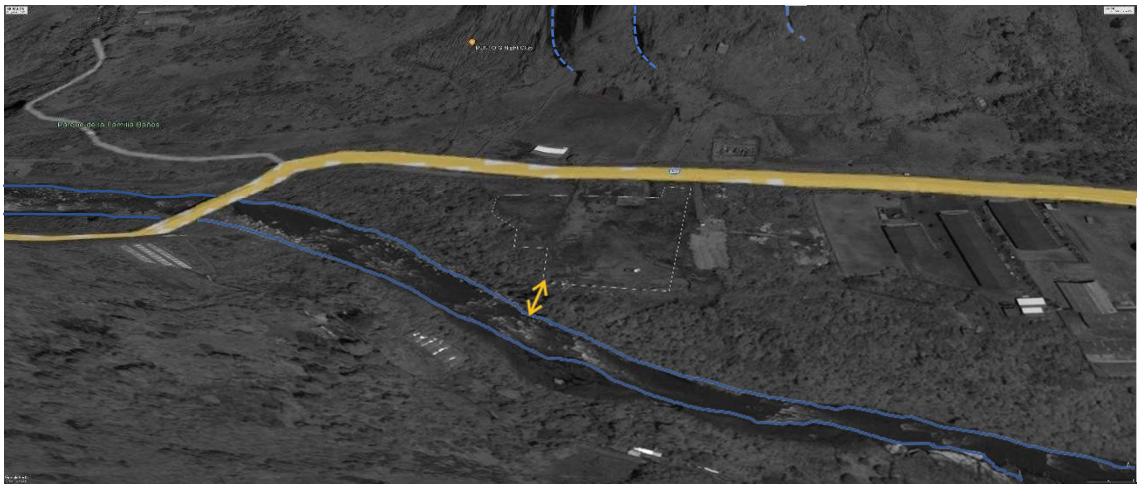


Figura 5. Ortofoto zona de influencia. Fuente: Google Earth, fecha: 11/08/2008

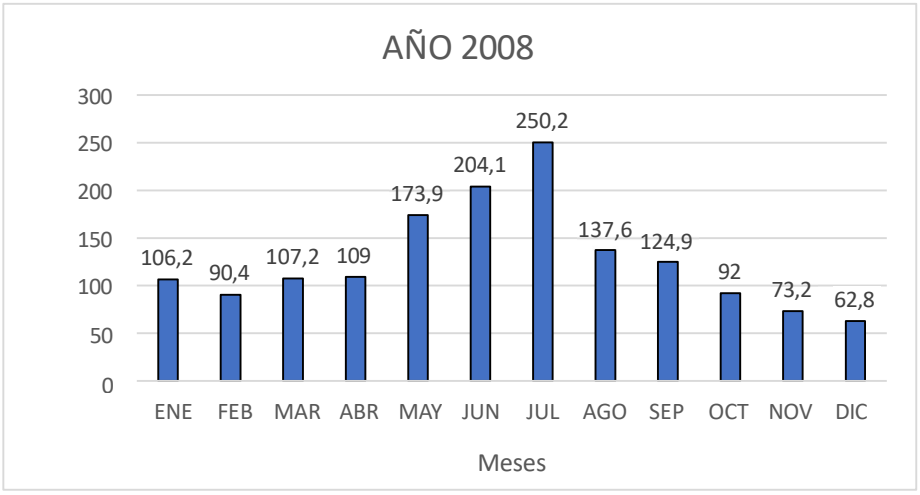


Figura 6. Precipitación total mensual (mm). Año 2008. Fuente: Información Meteorológica (INAMHI, 2022)

- **Año 2017 (Fecha de imagen: 06/06/2017):** para la fecha en que se obtuvo la ortofoto, la Subestación Baños ya estaba completamente construida. Se aprecia un aumento del caudal del Río Pastaza y su influencia sobre el talud izquierdo que sostiene la infraestructura civil. Se observa una distancia menor, de aproximadamente 37 metros, entre el punto más cercano de la Subestación y la influencia del río.



Figura 7. Ortofoto zona de influencia. Fuente: Google Earth, fecha: 06/06/2017

- **Año 2022 (fecha de imagen: 07/09/2022):** en la imagen se observa un aumento de la sedimentación de material sólido en el margen izquierdo del Río Pastaza. Además, el cauce del río ha erosionado parte del talud izquierdo donde se asienta la infraestructura eléctrica. Esta foto evidencia claramente la dirección y la fuerza del caudal del río, así como la tendencia del agua a la horizontalidad. La distancia desde el punto más cercano de la subestación hasta la influencia del río Pastaza es de aproximadamente 30 metros.



Figura 8. Ortofoto zona de influencia. Fuente: Google Earth, fecha: 07/09/2022. Elaborado: TRANSELECTRIC.

- **Año 2022 (fecha de imagen: 06/11/2022):** la ortofoto muestra el avance de la influencia del agua en el margen izquierdo del río Pastaza, ocasionando una erosión gradual en el talud colindante. Se observa el movimiento del cauce del agua en busca de la horizontalidad, generando meteorización a su paso. La distancia desde el punto más cercano de la subestación hasta la influencia del agua del río Pastaza es cada vez menor, siendo de aproximadamente 26 metros.



Figura 9. Ortofoto zona de influencia. Fuente: Google Earth, fecha: 06/11/2022

- **Año 2024 (fecha de imagen: 06/07/2024):** la ortofoto obtenida con drone evidencia la influencia del caudal del Río Pastaza en su margen izquierdo, lo que ha ocasionado el desmoronamiento del talud que sostiene la Subestación Baños. Se puede observar que la meteorización ya ha afectado la esquina suroccidental de la infraestructura civil. El cauce del río ha aumentado gradualmente y la tendencia a la horizontalidad es cada vez más marcada. Además, se aprecia la desestabilización de las áreas aledañas a la estructura eléctrica, así como filtraciones superficiales producto de la escorrentía y las recientes precipitaciones fuertes.



Figura 10. Ortofoto zona de influencia. Fuente: Levantamiento Drone TRANSELECTRIC, fecha: 06/07/2024. Elaborado: TRANSELECTRIC

Al identificar las características y la influencia de los agentes de meteorización en la zona de influencia, se resumirán en un cuadro comparativo los diferentes escenarios a través del tiempo.

EVENTOS	11/08/2008	06/06/2017	07/09/2022	06/11/2022	06/07/2024
Distancia entre la influencia del Río Pastaza y la SE Baños	38 m	37 m	30 m	26 m	Afectado
Ancho de Río Pastaza	25 m	27 m	32 m	36 m	40 m
Número de Infiltraciones de agua en zona de influencia.	3	4	4	4	5

Figura 11. Tabla resumen de la temporalidad de las afecciones sobre la SE Baños

3.2.2. Información sobre las perforaciones realizadas:

Para la ejecución de este informe se han consultado las investigaciones realizadas en los documentos anteriormente mencionados de las cuales se hace un listado en los siguientes párrafos.

- Los estudios previos a la construcción de la Subestación proceden del DOC-1, del cual se ha extraído la Tabla 1 de investigaciones realizadas que se muestra a continuación. En ella se puede observar que los rechazos obtenidos en los ensayos SPT no superan los 2,0 m de profundidad considerándose que se trata de “falsos rechazos” probablemente en bloques o cantos de mayor diámetro que la cuchara de muestreo.

- En el resto de los documentos (DOC-2 a DOC-4) no se referencian estudios o perforaciones realizadas para su redacción. Solamente en el DOC-4 se menciona un estudio geofísico mediante la técnica de la refracción realizado en la zona de talleres de turbinas, colindante hacia el Sur con la zona de estudio (indicada como CIRT en el centro de la Figura 2).

Con relación a estas investigaciones se ha de señalar lo siguiente:

- No se dispone de las cajas de testigos o materiales extraídos en los ensayos para su consulta o revisión.

- Los ensayos relativos a la campaña realizada en el DOC-1 han sido: 6 ensayos de clasificación (humedad y granulometría), en base a los cuales ha sido identificado el tipo de materiales (clasificación SUCS) usando 2 muestras del P-1 y el P-4, a diferentes profundidades, y 1 muestra para las perforaciones del P-2 y P-3. Complementariamente, y de muestras en los sondeos P-1 y P-3, se han realizado ensayos de compactación (Proctor standard).

- Las perforaciones realizadas no disponen de una profundidad adecuada al estudio del proyecto ya que han sido todas detenidas ante rechazo (N>60) sobre materiales de tipo grava (GP/GW/GM).

PROSPECCIÓN	TIPO	PROFUNDIDAD	OBSERVACIONES
P-1	Perforación con SPT	2.0 m	Falso rechazo(?)
P-2	Perforación con SPT	2.0 m	Falso rechazo(?)
P-3	Perforación con SPT	2.0 m	Falso rechazo(?)
P-4	Perforación con SPT	2.0 m	Falso rechazo(?)
C-1	Calicata	¿?	No hay referencias
C-2	Calicata	¿?	No hay referencias

Figura 12. Tabla resumen de las investigaciones referenciadas en el DOC-1 (Año 2005)

3.2.3. Geofísica realizada:

Según los informes revisados, en julio del 2024, el Ing. F. Cruz Levoyer realiza un informe de inspección para el Centro de Investigación y Recuperación de Turbinas (CIRT) con 5 perfiles geofísicos de los cuales solo aparecen referenciados el SLC-2 y el SLC-5 en el DOC-4, con el resultado de la tabla que se observa en la Figura 13.

Estos ensayos, si bien no se han realizado sobre la zona de estudio de este informe, sí pueden servir de referencia ya que la zona que se extiende al Sur de la SEB se considera que dispone de las mismas características geológicas (coluviones y sedimentos recientes con disposición subhorizontal) que donde se asienta nuestra subestación. Por lo tanto, serán analizados para su consideración.

PARAMETROS GEOTÉCNICOS
MODULOS DÍNAMICOS

PATIO DE MANIOBRAS DEL CIRT

ZONA	ESTRATO	VP	VS	PESO ESPECÍFICO	MODULO POISSON	MODULO ELASTICIDAD	MÓDULO DE CORTE	MÓDULO VOLUMÉTRICO	MODULO EDOMETRICO	CARGA ADMISIBLE	COEFICIENTE BALASTO
				γ	υ	E	G	K	E_{ed}	q_a	k_s
	m	m/s	m/s	kN/m^3	m/m	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^2	kN/m^3
	0 a -10	358.0	227.0	16.69	0.16	203923	87610	101093	217907	95	3788.00
CIRT SLC-2	-10 a -26	1115.0	669.0	21.87	0.22	2430252	997027	1440149	2769518	366	14632.00
	mayor a 26	1924.0	981.2	24.07	0.32	6251535	2360436	5927862	9075110	540	21604.00
	0 a -14	412.0	205.0	16.27	0.34	186042	69654	188468	281340	83	3336.00
CIRT SLC-5	-14 a -30	819.0	490.0	20.23	0.22	1208568	494811	722592	1382340	248	9912.00
	mayor a 30	1500.0	765.0	22.61	0.32	3570513	1348144	3385650	5183174	391	15648.00

Figura 13. Tabla de parámetros geotécnicos y módulos dinámicos obtenidos a partir de los resultados obtenidos en la sísmica de refracción del año 2024 (referenciado en el DOC-4)

A partir de los ensayos se puede observar que se ha obtenido una separación de cuatro niveles geofísicos o capas que se describen a continuación:

- Capa superficial: valores de velocidad de la onda P menores a 500 m/s. Se trataría de suelos superficiales y rellenos naturales y/o artificiales de nivelación de baja a muy baja compacidad. Pueden llegar a presentar unos 8 m de potencia.

- Capa intermedia I: valores de la onda P con velocidades entre 500 y 800 m/s. Representaría a materiales de relleno coluvial algo compactos, de origen natural. Estos materiales pueden presentar espesores de hasta 15 m, según la zona.

- Capa intermedia II: con valores de velocidad V_p entre 800 y 1500 m/s. Estos materiales serían similares a los descritos en el punto anterior con mayor compacidad y, posiblemente, mayor tamaño de grano o presencia de bloques mayores y menor porcentaje de matriz. Se presenta en profundidades mayores a los 20 m, contados desde la cota de aplicación del ensayo (1647 m.s.n.m., aproximadamente).

- Nivel geofísico profundo o semiespacio infinito: con valores de velocidades de compresión que superan los 1500 m/s y que pueden llegar a alcanzar los 1900 m/s en la zona del perfil SLC-2. Estos materiales representarían coluviones antiguos o coluvio-aluviales (paleo-terrazas) muy compactados, sin embargo en el informe se relacionan como “roca de rigidez media o suelo cementado”.

Los dos primeros niveles geofísicos se corresponderían con la identificación de Relleno 1 en la Figura 4 y los siguientes con los Relleno 2 y 3. Se considera que las velocidades obtenidas están en un rango límite como para ser consideradas como roca, sobre todo en esta zona donde la roca es de tipo sedimentario y las velocidades deberían ser mucho mayores.

4. CARACTERIZACIÓN DEL FENÓMENO

4.1. Clasificación y tipología de movimientos:

La clasificación que se va a exponer está basada en la de Varnes (1978). En ella se alude a los siguientes tipos fundamentales:

- Desprendimientos: caída de una masa de suelo o roca que durante parte de su trayectoria desciende por el aire.

- Vuelcos: movimiento a rotación hacia el exterior de un conjunto de bloques alrededor de un eje pivotante situado debajo del centro de gravedad de la masa movida.

- Deslizamientos: movimiento de una masa de suelo o de roca de forma rígida a través de una superficie definida que puede discretizarse. En esta superficie se supera la resistencia al corte del material.
  En función de la trayectoria seguida se pueden distinguir dos grandes grupos:

  - Rotacionales: en estos la superficie de rotura es curva con concavidad hacia arriba. Se produce un giro de la masa inestable alrededor de un eje imaginario situado por encima del centro de gravedad y paralelamente al talud. La rotación conlleva en muchas ocasiones inclinación a contrapendiente de la cabecera con hundimiento y un abombamiento del pie.

  - Traslacionales: en estos la superficie de rotura es plana y la trayectoria es eminentemente rectilínea. Para que se produzca debe existir esta superficie. En este grupo pueden distinguirse roturas planas (si el deslizamiento se produce sobre una única superficie plana) o en cuña (cuando el deslizamiento está dirigido por la línea de intersección de discontinuidades planas).

- Expansiones laterales: se engloba en este grupo, aquellas roturas donde el movimiento predominante es la extensión lateral. Se trata, en general, de hundimientos de una gran masa por la relajación de una ladera después de haber sido excavada por fenómenos glaciares.

- Movimientos de flujo: son propios de suelo y se asemejan al movimiento que presentan los fluidos viscosos. En ellos, las partículas no se desplazan ni en trayectorias paralelas ni a la misma velocidad. Por tanto, la masa movida no conserva la forma en su movimiento dando formas lobuladas. La superficie de deslizamiento no suele estar bien definida. En todos ellos tiene mucha influencia el efecto fluidificante del agua. Se distinguen:

- Reptación ("creep"): movimientos extremadamente lentos y continuos de partículas de suelo y roca de forma superficial y que se ve favorecido por variaciones de la humedad y del ciclo hielo-deshielo.

- Solifluxión: fenómeno complejo donde el suelo fluye deformándose, apareciendo superficies de cizalla. El hielo y la plasticidad del suelo son factores condicionantes. Estos fenómenos afectan a las formaciones superficiales.

- Coladas de barro ("mud flow"): se trata de movimientos elongados y lobulados en su pie, dando un relieve positivo sobre la superficie del terreno. Se producen en materiales con al menos un 50% de finos y con un contenido en agua suficiente para la fluidificación. En estos movimientos juega un papel fundamental los aumentos bruscos de presión intersticial, que reducen drásticamente la resistencia al corte del material. También influye de forma importante la pérdida de resistencia al corte una vez que el material ha iniciado su movimiento por reorientación de las partículas. Por esta razón los movimientos alcanzan grandes distancias.

- Coladas de derrubios ("debris flow"): característicos de materiales con un elevado porcentaje de partículas de granulometría gruesa. Cuando es rápido y progresivo se utiliza el término de avalancha.

- Movimientos complejos: son propios de suelo y se asemejan al movimiento que presentan los fluidos viscosos. En ellos, las partículas no se desplazan ni en trayectorias paralelas ni a la misma velocidad. Por tanto, la masa movida no conserva la forma en su movimiento dando formas lobuladas. La superficie de deslizamiento no suele estar bien definida. En todos ellos tiene mucha influencia el efecto fluidificante del agua.

En nuestro caso de estudio, el talud de la subestación está compuesto mayormente por suelos. De los tipos de movimientos anteriormente expuestos, los deslizamientos tanto rotacionales como traslacionales y los movimientos de flujo son los más típicos en suelos, aunque también deben considerarse las extensiones laterales, aunque son de más difícil identificación. A continuación, se exponen los factores desencadenantes de los deslizamientos.

4.2. Factores desencadenantes:

Los factores que desencadenan los deslizamientos están relacionados con las variaciones que se producen de las propiedades intrínsecas del terreno. Por tanto, los factores que influyen en los deslizamientos y en su formación son:

- Litología y propiedades resistentes del material
- Estructura geológica
- Condiciones hidrogeológicas

- Morfología de la zona

Los factores pueden resumirse en:

- Factores naturales:

  - Meteorización
  - Erosión
  - Orientación con respecto a la estructura geológica
  - Pendientes elevadas de un área
  - Climatología
  - Agua: erosión por cauces fluviales y aumento del nivel freático con disminución de parámetros efectuados por lluvia, nieve, etc.
  - Sismicidad
  - Vegetación
  - Otros

- Factores humanos:

  - Excavaciones por minería y obra civil
  - Voladuras
  - Sobrecargas en laderas
  - Cambios del nivel freático o nivel de saturación en embalses, regadíos, canales, etc.

4.3. Influencia del agua en la estabilidad:

La presencia del agua en los taludes da lugar a efectos negativos en su estabilidad debido a las siguientes razones:

- La presión de agua reduce la estabilidad del talud disminuyendo la resistencia al corte, al disminuir el ángulo de rozamiento interno y la cohesión especialmente en materiales cohesivos. En materiales granulares el valor de la presión intersticial puede igualarse al de las presiones totales, anulando las tensiones efectivas por lo que se produce la licuefacción de los mismos.

- Da lugar a un incremento del peso del talud.

- Produce procesos de meteorización y alteración que provocan la degradación del material.

- Las precipitaciones y escorrentía superficial erosionan los taludes y laderas contribuyendo especialmente a fenómenos de inestabilidad superficial.

- El agua induce cambios de composición en la mineralogía de los materiales.

- En materiales expansivos puede ocasionar incrementos de volumen que contribuyen a la desestabilización de los taludes.

Por todas estas razones, el control y posición del agua en los taludes debe estudiarse cuidadosamente pues condiciona totalmente su estabilidad.

4.4. Caso de estudio:

El fenómeno que ha sucedido en el entorno de la SE Baños consiste en un deslizamiento rotacional generado en un coluvial antiguo (esta unidad se define en el siguiente apartado), por lo cual este deslizamiento tiene matriz arenosa y cantos angulares de tamaño variable, adicional en zonas con saturación de agua presentan flujos de detritos y flujos de tierra.

La altura del deslizamiento (Figura 14) es aproximadamente de 30 m con una corona de deslizamiento de aproximadamente 100 m, constituido por matriz arenosa, clastos angulares de diferente tamaño con flujos de detritos y flujos de tierra en su parte interna.

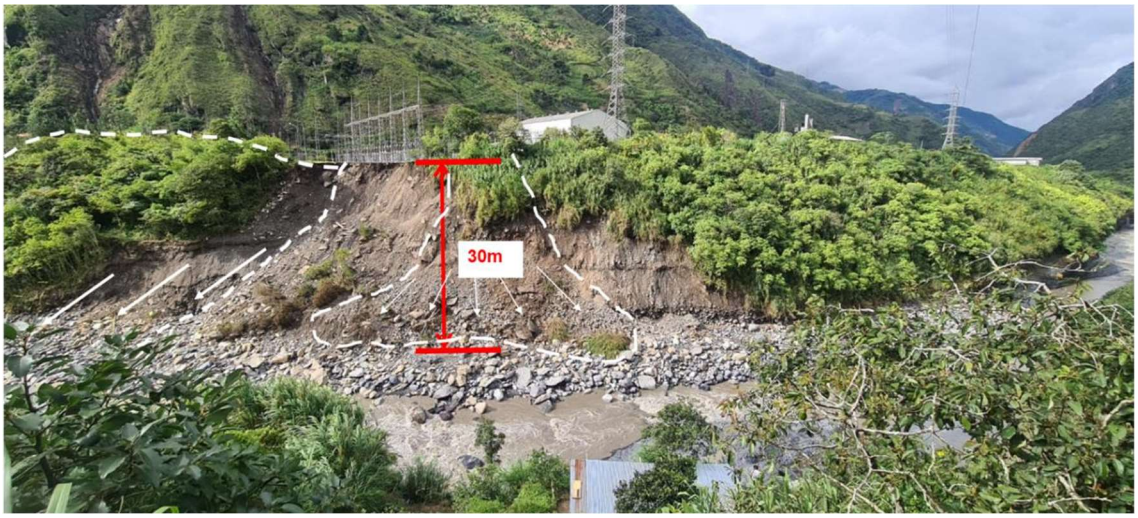


Figura 14. Altura del deslizamiento SE Baños

La base del coluvial antiguo en la cual se produjo el deslizamiento está depositada sobre esquistos biotíticos muy consolidados en la base pero con aumento de diaclasamiento hacia la parte alta de la montaña. El cerramiento sur de la subestación ha colapsado y se encuentra depositado en la base del deslizamiento. El incremento en el caudal del Río Pastaza afecta directamente a la base del coluvial antiguo, provocando su erosión y colapso de la estabilidad del talud y, por el incremento de las precipitaciones se generan drenajes menores que ocasionan los flujos de detritos.



Figura 15. Corona del deslizamiento SE Baños



Figura 16. Agrietamientos en patio de 138kV en la SE Baños

5. ENTORNO FÍSICO Y GEOLÓGICO

5.1. Climatología e hidrogeología:

5.1.1. Climatología:

No se dispone de datos específicos de la zona de estudio para realizar un análisis estadístico de la precipitación, por lo que se han usado los datos presentados en el DOC-3 relativos a las precipitaciones, los cuales han sido tomados en cuenta en base a la información de la Estación Meteorológica de Baños (código M0024), perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Para la evaluación de la variabilidad del clima a largo plazo y el seguimiento del cambio climático se necesita un período de referencia relativamente estable. Históricamente, los estándares normales climatológicos se calculaban cada 30 años por períodos de 30 años (1901 a 1930, 1931 a 1960, 1961 a 1990, etc.). Para fines predictivos, interesa que los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) preparen promedios y medias de un período. La duración óptima del registro relativo al uso predictivo de las normales varía en función del elemento, la geografía y la tendencia secular. En general, el período de registro más reciente que abarque de 5 a 10 años tiene tanto valor predictivo como un registro de 30 años. (OMM, 2018).

En base al párrafo precedente se realizará un análisis estadístico de la precipitación de la zona de influencia, para lo cual se ha tomado la información de la Estación Baños (código M0024) obtenida del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

5.1.1.1. Precipitación:

La precipitación es el término con el cual se denominan las formas de agua en estado líquido (lluvia) o sólido (nieve o granizo) que caen directamente sobre la superficie terrestre. Un mm de precipitación equivale a la altura obtenida por la caída de un litro de agua sobre la superficie de un metro cuadrado. Los tipos de dispositivos para medir las precipitaciones pueden ser pluviómetro o pluviógrafo.

En virtud de lo expuesto y para nuestro caso en particular se realizó el análisis estadístico de la precipitación mensual en un período de 13 años (2001-2013), en donde se evidencia que el período de mayor precipitación corresponde a los meses de junio y julio; y los de menor desde octubre a febrero. Adicionalmente, el mes de junio presenta los mayores índices de precipitación y octubre los niveles más bajos de lluvia.

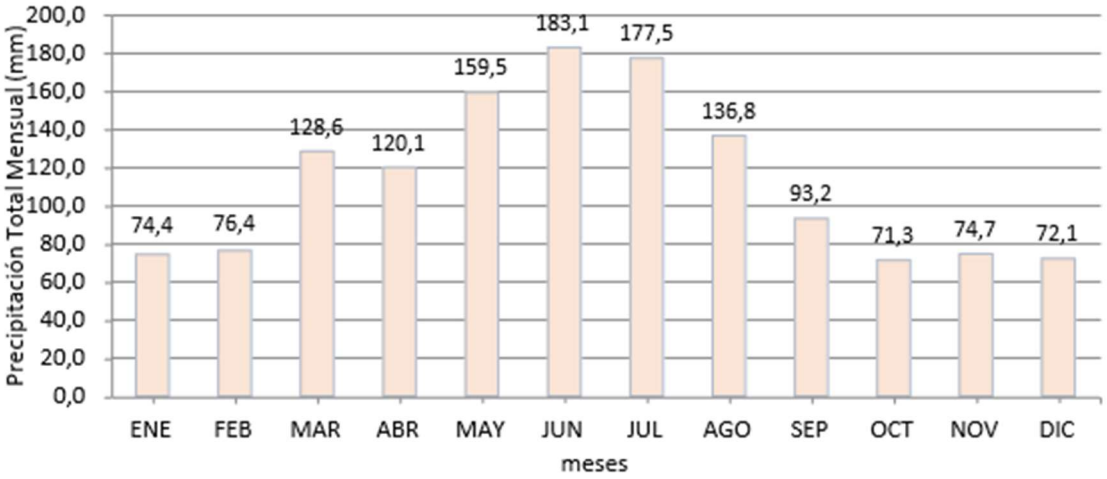


Figura 17. Precipitación total mensual (mm). Período 2001-2013. Fuente: Información Meteorológica (INAMHI, 2022)

5.1.2. Hidrogeología:

5.1.2.1. Encuadre general hidrogeológico:

La hidrología y la hidrogeología de la zona está controlada por la permeabilidad de los materiales superficiales y por el curso del río Pastaza que atraviesa la zona de Este a Oeste, como se puede apreciar en la siguiente figura:



Figura 18. Vista aérea de la zona de la SEB con indicación del flujo de máxima energía en el cauce del río Pastaza (modificado del DOC-4)

De forma general no se han ensayado o valorado la permeabilidad de los materiales sobre los que se asienta la SE Baños, por lo que no se dispone de valoraciones de dicho parámetro. Sin embargo, y dada la naturaleza y granulometría de los materiales que fueron ensayados (DOC-1) que corresponden con depósitos de gravas (GP/GW/GM) se puede evidenciar que la misma dispone de un valor elevado: de 10 a 10^{-6} m/s (ver Figura 19).

Además, según unas excavaciones de un túnel de 405 m cerca de la zona de estudio, se observaron infiltraciones puntuales de agua menores de 10 L/min, en tramos métricos donde prevalecían esquisto micáceo y rocas cizalladas. En base de ensayos Lugeon realizados para la cámara de Interconexión en su correspondiente sondeo, se obtuvo una permeabilidad promedio del macizo rocoso de 1,61 x 10^{-6} (m/s).

Suelo	Descripción	Clasificación USCS	Permeabilidad (m/s)
Gravas	Bien gradadas	GW	10^{-3} a 10^{-1}
	Bien seleccionadas	GP	10^{-2} a 10
	Limosas	GM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	GC	10^{-8} a 10^{-6}
Arenas	Bien gradadas	SW	10^{-5} a 10^{-3}
	Bien seleccionadas	SP	10^{-4} a 10^{-2}
	Limosas	SM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	SC	10^{-8} a 10^{-6}
Limos	Baja plasticidad	ML	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	MH	10^{-9} a 10^{-7}
Arcillas	Baja plasticidad	CL	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	CH	10^{-10} a 10^{-8}

Figura 19. Valores de permeabilidad para los principales tipos de suelos (modificado de Sowers, 1978)

El drenaje principal de toda la zona es el curso del río Pastaza, el cual dispone de una anchura de curso de agua estimada de unos 15 a 35 m en periodo normal y de más de 35 m en periodo de avenida. El ancho medio de las riberas del cauce es de unos 40 m (considerando las imágenes aéreas de varios años analizadas).

Aunque el basamento se encuentra fracturado (esquistosidad) se considera que este fenómeno no profundiza y las roturas, de forma general, se encuentran cerradas. Por lo tanto, el basamento rocoso es considerado como un límite impermeable para el sistema hídrico.

5.1.2.2. Hidrogeología de la zona de la Subestación:

En la imagen de la Figura 20 se ha representado el flujo de agua en el cauce del río Pastaza (zona de máxima energía) de forma aproximada.

Es evidente que el trazado del cauce y los afloramientos del basamento generan una sinuosidad en el entorno de la zona Suroeste de la plataforma de la SE Baños que hace que, en periodos de avenida, la base del talud sea afectada por socavación y/o erosión.

Por otra parte, la zona Norte del área de implantación de la SEB corresponde a un área elevada en cota con drenajes naturales que se dirigen hacia la zona de la subestación (ver Figura 20). Estos aportes de agua se filtran en el terreno (de naturaleza permeable) o discurren en superficie (escorrentía) hacia la zona del cauce del río Pastaza.

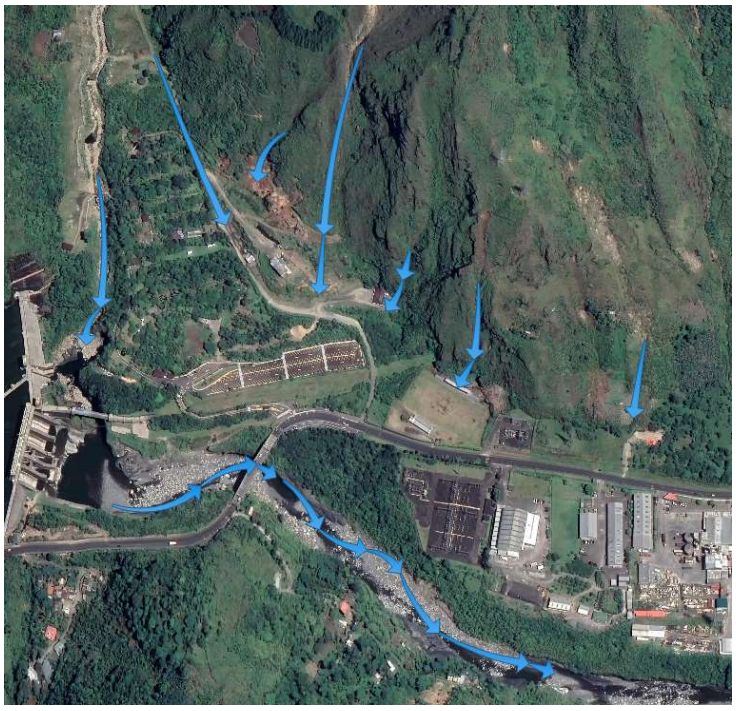


Figura 20. Patrones de drenajes principales observados en la zona de estudio

Estos procesos, drenajes con dirección N-S, los valores de alta permeabilidad de los materiales sobre los que se asienta la SE Baños y la erosión del río Pastaza, son los posibles causantes de la generación de los derrumbes que se han venido produciendo últimamente.

Por último, relacionado con la hidrogeología, a modo de recomendación sería de gran provecho conocer diferentes parámetros del cauce del río Pastaza como son la velocidad del agua, la profundidad de socavación o la altura máxima de inundación, los cuales ayudarían a conocer mejor su capacidad erosiva entre otros, y de los cuales no se disponen valores.

5.2. Estructura tectónica regional y local:

5.2.1. Tectónica regional:

La zona de estudio se enclava dentro de lo que sería el graven de Catacocha-Cariamanga donde las fallas principales de dirección general N-S forman una serie de bloques principales intersectados por fallas secundarias de trazado E-W.

Esta disposición conjugada de fracturas genera una serie de diaclasamientos y fracturas en los materiales más competentes lo cual facilita la alteración y meteorización de los mismos (ver Figura 21).

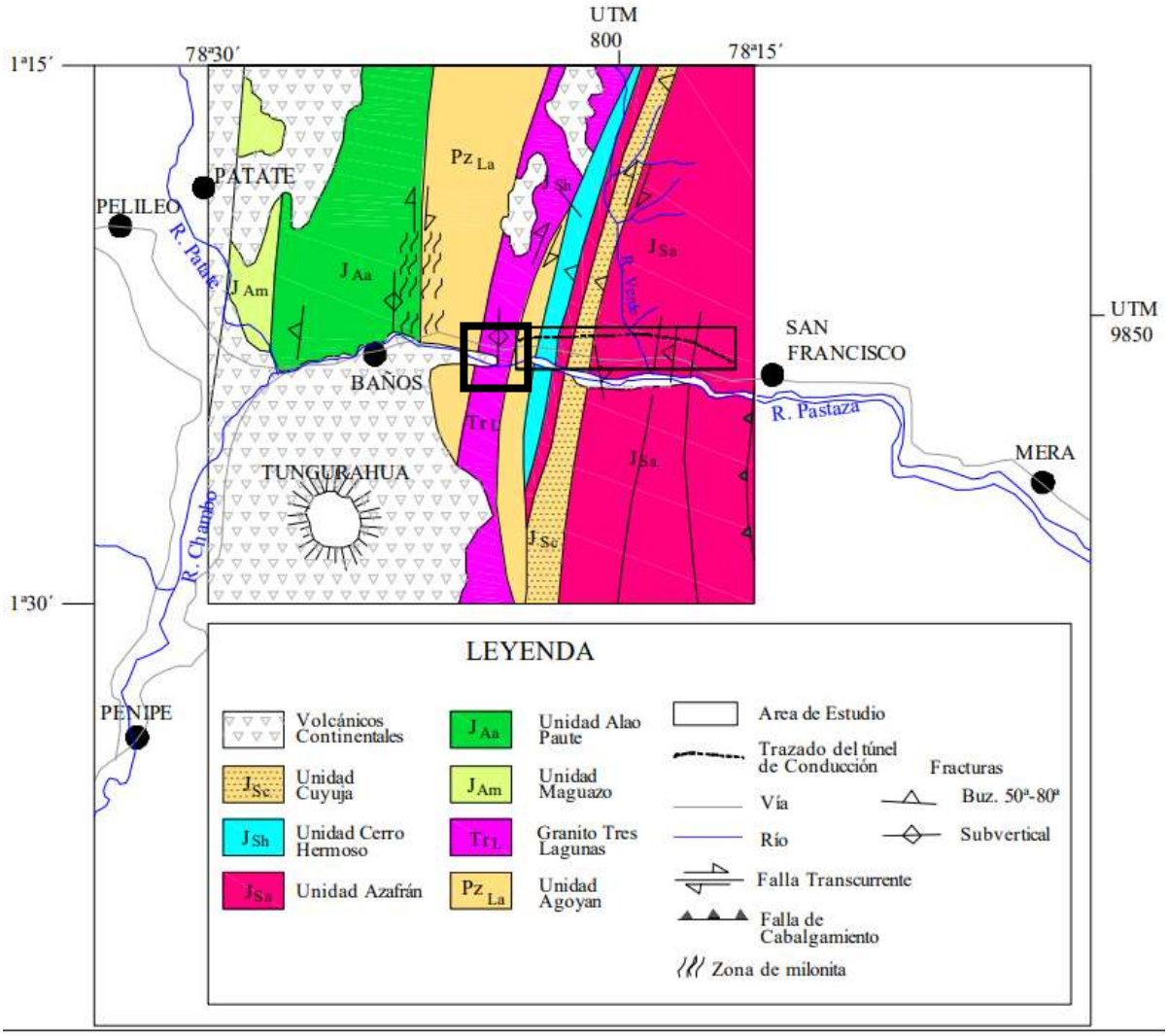


Figura 21. Principales estructuras geológicas y fallas presentes en entorno de la zona de estudio

5.2.2. Tectónica local:

Si bien no existen estudios detallados de la tectónica local de la zona, como se puede observar en la Figura 21, no se presentarían estructuras o fallas importantes en el territorio relacionado con la zona de estudio.

Como único dato tenemos un análisis de 130 medidas de rumbo y buzamiento de las fracturas y foliaciones identificadas en los 405 m de túnel excavado en la unidad y de las medidas tomadas en los afloramientos de superficie, por lo que se determinan varias familias de discontinuidades predominantes que se presentan a continuación (Tesis Zamora Pacheco (2007)):

Foliación: F2 N19ºE/76ºSE (76/109).

Diaclasas: J1 N75ºE/73ºNW (73/345) J2 N77ºE/74ºSE (74/167) J6 N54ºW/66ºNE (66/036).

5.3. Marco geológico:

5.3.1. Geología y estratigrafía regional:

La geología regional o del entorno de la SE Baños está caracterizada por un basamento donde dominan las formaciones metamórficas como esquistos y gneises, los cuales han sido cartografiados como dominantes en toda el área (ver Figura 22). De forma general, estos materiales presentan una marcada esquistosidad que verge a favor de la pendiente de los taludes (según se indica en el DOC-4).

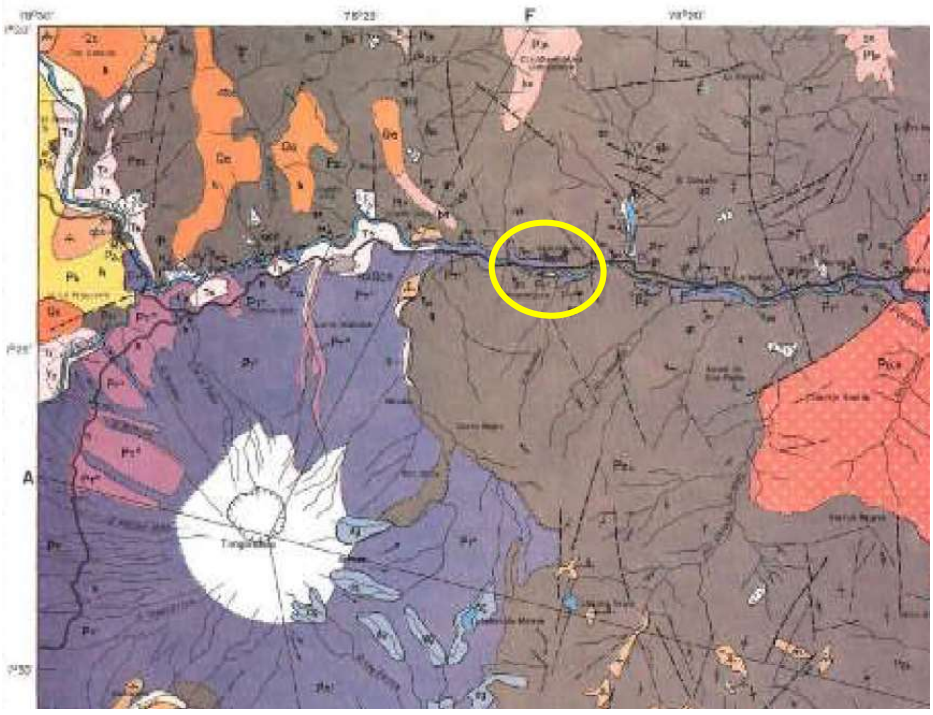


Figura 22. Mapa geológico regional del área de estudio. En un círculo amarillo la situación del complejo eléctrico Agoyán. Fuente: Hoja Geológico 88 – Baños a escala 1:100.000. IIGE (1990)

A nivel local, geológicamente (Figura 23) la SE Baños se localiza dentro de un coluvial antiguo procedente del basamento metamórfico de la Cordillera Real. Hacia el sector Noroeste de la subestación se evidencian abanicos aluviales y bloques métricos con forma angular, producto del colapso o caída de bloques generados en las rocas del basamento cuyo diaclasamiento principalmente es en cuña. Debido al incremento de las precipitaciones se han generado varios coluviales con matriz arenosa y clastos angulares de diferente tamaño hacia el pie de la montaña, además de flujos de detritos saturados en matriz arenosa y cantos angulares de rocas metamórficas. Hacia el cauce del río existen terrazas aluviales depositadas en la última crecida, cuya matriz es arenosa con cantos redondeados de origen volcánico y metamórfico.

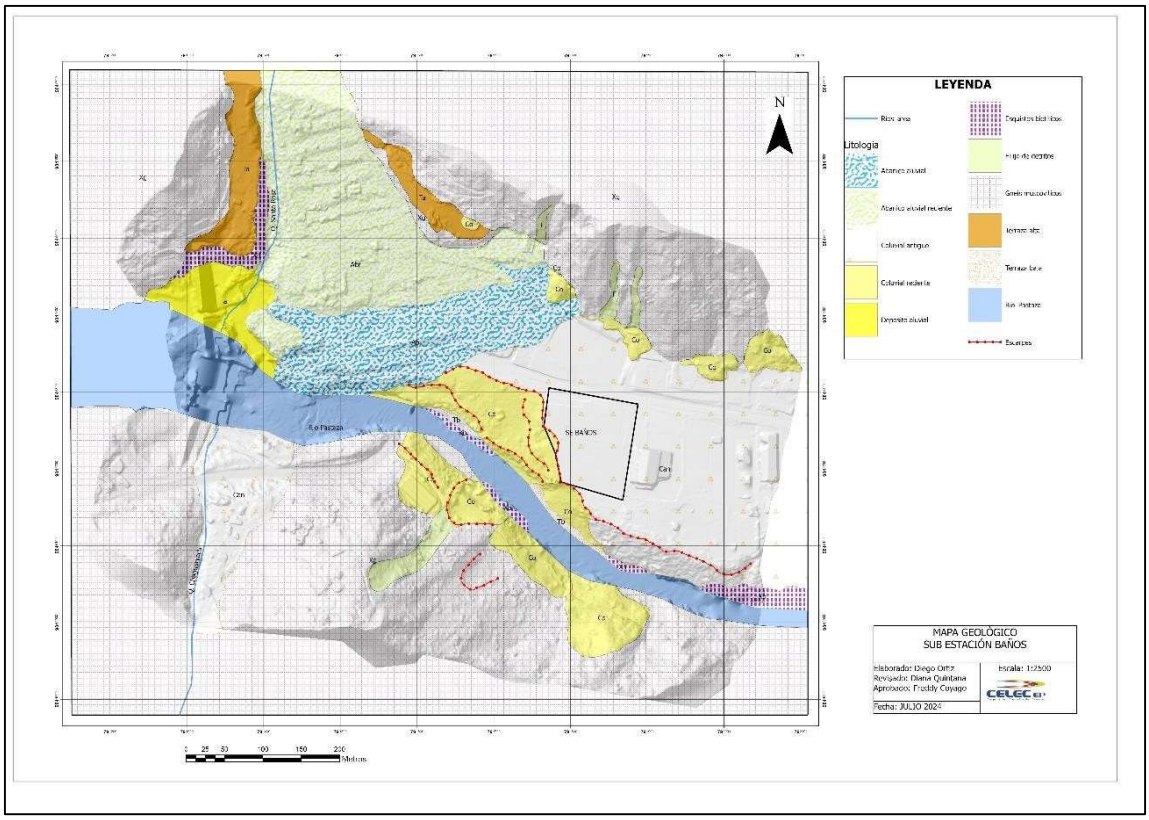


Figura 23. Esquema geológico de la SE Baños

En la siguiente tabla se han relacionado las principales unidades geológicas de la zona de estudio, en las cuales se entrará en detalle a continuación:

FORMACIÓN / UNIDAD	DESCRIPCIÓN	EDAD	SÍMBOLO
Aluviales	Sedimentos aluviales recientes	Actual (Cuaternario)	Al
Coluviales	Coluviales recientes	Actual (Cuaternario)	Col
Coluvio-aluviales	Coluviales retrabajados algo cementados	Antiguo (Cuaternario)	Col-Al
U. Agoyán	Esquistos pelíticos	Paleozoico	Ag
Tres Lagunas	Intrusivo granítico	Paleozoico	Gtl

Figura 24. Tabla esquemática de materiales identificados en la zona de estudio

5.3.1.1. Unidad Agoyán (Ag):

La Unidad Agoyán (Ag) pertenece al Paleozoico (Litherland et al.,1994). Ha sido descrita en afloramientos observados al Este de la Loma Rodeo Pamba en el Río Sayaro (UTM: 830692; 9993426) con una litología de esquistos moscovíticos con pirita diseminada, vetillas de cuarzo estéril, manchas de limonita y foliación (115°/43°). Al Norte de la Loma Sunicocha (UTM: 831150; 9995025) aparecen esquistos moscovíticos con pirita diseminada, con una foliación 85°/71°. En general, esta unidad se caracteriza por la presencia de esquistos pelíticos y gneises de grano medio-grueso (paragneis). Los contactos con las unidades adyacentes no fueron observados, sin embargo, están considerados como tectónicos, desconociéndose en el sector su verdadero espesor (Figura 25). Al igual que la unidad Chigüinda, está estrechamente relacionado con el Granito Tres Lagunas. Al Sur de la Hoja de Cangahua, al Este de Papallacta en el Río Chalpi, ocurren cantos de gneis con pequeñas vetas de granitoides; evidencias de una incipiente migmatización. La edad ha sido determinada por diferentes métodos con resultados diferentes, considerándose de forma probable la verdadera edad de depositación de la unidad Agoyán como Paleozoica similar a la unidad Chigüinda (Litherland et al.,1994). Tomado de Stalyn Paucar (2021).

Se trata de un cinturón estrecho de unos 11 km de largo por 4 km de ancho compuesto por esquistos pelíticos y granatiferos relacionados con la Unidad Tres Lagunas (Litherland). Limita al Oeste con el Terreno Alao-Paute (quebrada Santa Rosa) con afloramientos claros en la zona de río Blanco (carretera Baños-Puyo) aguas debajo de la casa de máquinas del proyecto hidroeléctrico Agoyán.

Se trata de un complejo litológico de alto grado metamórfico con foliación preferencial N-S y buzamientos que van desde los 70º a los 80º hacia el Este. En láminas delgadas (Estrella Velastegui, 2018) se observan moscovitas (40%), biotitas (20%), cuarzo (15%), granate (15%), grafito (10%) y minerales opacos (5%) con calcita secundaria que rellena vetas en asociación con cuarzo. Se pueden identifican ghosts de granates recristalizados por moscovita y biotita de hasta 10 mm de diámetro (Litherland) y profidoblastos de biotita de hasta 1 cm de diámetro (río Blanco), con clorita, epidota, plagioclasas y cuarzo en diferentes proporciones.



Figura 25. Materiales de la Unidad Agoyán en el curso del río Pastaza, aguas arriba del deslizamiento y detalle de la esquistosidad y fracturación (derecha)

La edad propuesta por Evernden (1961) mediante análisis de termocronología (K/Ar) es de 417 Ma (Devónico). Sin embargo, Cochrane et al. (2014), Paul et al. (2018) usando métodos U-Pb en paragénesis indican edades de 207,6 Ma, 228,2 Ma y 229,1 Ma, respectivamente, lo que supone una edad Triásica, más acorde con las investigaciones de Gutierrez et al. (2019). En Chavez Riera (2020).

5.3.1.2. Unidad Tres Lagunas (Gtl):

Se trata de granitos de grano medio a grueso con cristales de cuarzo azul relacionado con esfuerzos internos en los cristales individuales. Incluye también cristales de feldespato alcalino (megacristales de hasta 14 cm) y plagioclasas y accesorios como el granate y cordierita con moscovita subordinada por la biotita. Las alteraciones de los feldespatos dan como resultado epidotas, sericitas, zoisitas y procesos de cloritización con crecimiento de turmalina marrón (Litherland et al., 1994).

Presenta contactos tectónicos hacia el Norte, donde metamorfiza a la Unidad Agoyán (ver Figura 26). Las dataciones han arrojado datos muy dispersos, con atribución de edades desde los 60 a los 235 Ma según diversos análisis y procedimientos.



Figura 26. Afloramiento por erosión del granito Tres Lagunas en la margen derecha del río Pastaza aguas abajo de la zona erosionada

Estos materiales no se han identificado cerca de la zona del talud; sin embargo, se podrían encontrar subyacentes al mismo.

5.3.1.3. Depósitos volcánicos indiferenciados (Vol):

Los depósitos volcánicos que se encuentran en el entorno de la zona de estudio pertenecen a eventos eruptivos del complejo volcánico Tungurahua (situado a unos 10 Km hacia el Suroeste de la SEB) y ocurridos durante el Cuaternario. Estos depósitos consisten principalmente en flujos de lavas y/o piroclastos, avalanchas de escombros y depósitos de caída (cenizas).

5.3.1.4. Coluviales antiguos (ColA):

Estos materiales son producto de la acción de la gravedad por denudación de los materiales que se encuentran en zonas elevadas con laderas de alta a media pendiente, por lo que se trata de materiales de poca extensión o distribución superficial (ya que dominan las pendientes fuertes y posteriormente son retrabajados por otros procesos).

Están compuestos por gravas, cantos y bloques con una matriz limo-arenosa a areno limosa con fracciones de finos arcillosos, lo que puede proporcionar niveles granosoportados donde predomina la matriz (>70%) hasta zonas cercanas a clastosoportados (matriz > 30%).

La litología de los bloques es variada, pero predominan los materiales que afloran en cotas superiores y pertenecientes a las formaciones descritas anteriormente. De forma genérica, estos materiales presentan un grado de compactación elevado debido a la circulación de agua (percolación e infiltración) o al depósito de otros materiales sobre ellos, pero no se ha observado cementación (Figura 27).



Figura 27. Coluviales antiguos compactos en la zona inferior del talud afectado

5.3.1.5. Coluviales recientes (Col):

De similares características que los anteriores, se diferencian de los mismos por su reciente deposición y falta de compactación y/o retrabajamiento por otros procesos (flujo de agua).



Figura 28. Sedimentos coluviales recientes en la sección del talud caído

5.3.1.6. Terrazas aluviales colgadas (Altc):

En la zona baja del corte del talud afectado se ha podido identificar un nivel correspondiente a terrazas aluviales colgadas (Figura 29).



Figura 29. Detalle de los materiales pertenecientes a terrazas aluviales colgadas (izquierda) y secuencia granodecreciente con matriz arenosa (derecha)

Este nivel se caracteriza por la presencia de materiales poligénicos de tamaños variados (de gravas a bloques) con un componente granosoportado y la presencia de matriz arenosa en proporción baja (<10%). Se observa una secuencia granodecreciente con aumento de la matriz hacia el techo de la capa (ver Figura 29).

No se observa cementación ni compactación y es fácilmente deleznable la matriz con la mano o de forma mecánica. En algunas zonas se observa ausencia de la misma, posiblemente por la acción de “lavado” en la circulación de aguas infiltradas.

5.3.1.7. Aluviales (Al):

Estos sedimentos se encuentran asociados a los cauces y orillas de los drenajes naturales del área, incluyendo los ríos principales, las quebradas e incluso las torrenteras.

Su composición es de materiales poligenéticos (diferentes fuentes y tipos de material, pero sobre todo predominando el de origen volcánico), con variedad en los tamaños (de limos a bloques) y, potencialmente, mal clasificados. Su origen es el acarreo en fase acuosa por los cursos permanentes o temporales y movilizados en mayor volumen por crecidas torrenciales, los cuales terminan siendo depositados en llanuras aluviales o de inundación y en las riberas de los cauces.

Su espesor es variable desde potencias centimétricas hasta alcanzar decenas de metros. Sin embargo, en el fondo del río se observa la presencia del basamento rocoso dominante en la zona (Unidad Agoyán) con espesores de sedimentos menores al metro de espesor (cantos y bloques, principalmente).



Figura 30. Sedimentos aluviales en el lecho del río Pastaza. Arenas y limos (izquierda). Bloques, cantos y gravas con algo de matriz arenosa (derecha)

5.3.2. Geomorfología:

Existen muchas definiciones del significado de geomorfología, sin embargo, el más sencillo la define como la ciencia (o disciplina) que estudia al relieve terrestre, que es el conjunto de deformaciones de la superficie de la Tierra (Lugo Hubp, 1988).

La zona de estudio se encuentra en un área perteneciente a las estribaciones de la Cordillera Real donde las rocas metamórficas presentan relieves con pendientes muy fuertes entre las cotas de los 2300 y los 1400 msnm. En el fondo de los valles en V se pueden observar planicies de pequeño tamaño drenadas por los cauces principales de la zona.

Como sistema principal de drenaje está el río Pastaza que discurre en dirección Oeste-Este y cuyo trazado está influenciado por los depósitos de lavas y flujos procedentes del cercano volcán Tungurahua lo que proporciona también la presencia de mesetas colgadas en diferentes zonas y a ambos lados del valle.

Los drenajes secundarios se suelen alinear con la dirección de la foliación regional y de las fracturas que son casi perpendiculares al curso del río (ríos Blanco, Verde y Machay) y cuyas pendientes son más suaves (inferiores a los 12º), disponiendo de capacidad erosiva y de transporte importante.

Debido a estas pendientes y a la denudación de los materiales por acciones de meteorización son habituales las zonas de deslizamientos y paleodeslizamientos que dan lugar a depósitos de coluvión en zonas de cota más baja.

En cuanto a unidades geomorfológicas concretas de la zona, de la más joven a la más antigua, tomando en consideración su edad relativa, se indican sus características geomorfológicas:

- Coluviales recientes: estos materiales se encuentran localmente y se presentan en las rupturas de pendiente, formando conos depositados al pie de laderas escarpadas.

- Terrazas aluviales: son cuerpos alargados de origen deposicional, formados por la sedimentación de materiales sólidos provenientes de zonas montañosas arrastrados

por corrientes fluviales. Pendientes ligeramente planas dispuestos en los márgenes del río Pastaza y sus afluentes.

- Depósitos coluviales antiguos: estos depósitos resultan de la acumulación al pie de las laderas y escarpes de un deslizamiento de tipo rotacional. Debido a esta acumulación de sedimentos, presentan topografías onduladas a ligeramente planas. Dentro de la zona de estudio, se ubican en la parte central del área de influencia, donde se encuentra la subestación Baños, y en la margen derecha del río Pastaza, al pie de los relieves montañosos escarpados.

- Lenguas de deslizamientos: Son cuerpos de forma lenticular, originados por procesos morfodinámicos externos, cuyo principal factor detonante es el agua sobre el relieve y la litología de la zona. Presentan un modelado colinado y pendientes moderadas. En la zona de estudio, se ubican en la parte noroccidental y suroccidental del área de influencia.

- Relieves montañosos escarpados: son relieves angulares con escarpes que presentan pendientes fuertes (> 70°). Forman cordilleras alargadas y estrechas compuestas por rocas metamórficas antiguas que han experimentado intensa meteorización. Estos relieves se encuentran en los extremos Norte y Sur del área de influencia, actuando como límites naturales que delimitan la zona de estudio.

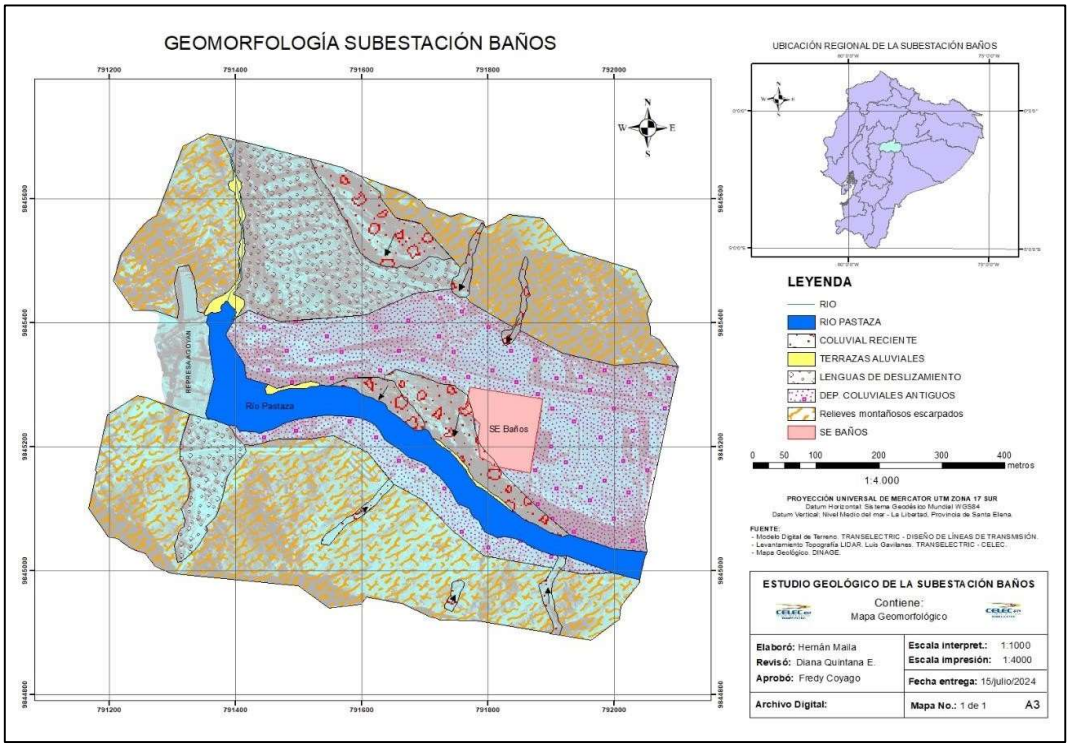


Figura 31. Mapa Geomorfológico Subestación Baños

5.3.3. Geomorfometría e Índice Topográfico de Humedad:

El análisis de la geomorfometría (Figura 32) y del Índice Topográfico de Humedad (Figura 33) muestra que la subestación se encuentra en una zona de valle con pendientes circundantes, mismas que es donde se han generado los deslizamientos y presentan zonas con humedad alta y filtraciones de escorrentía superficial.

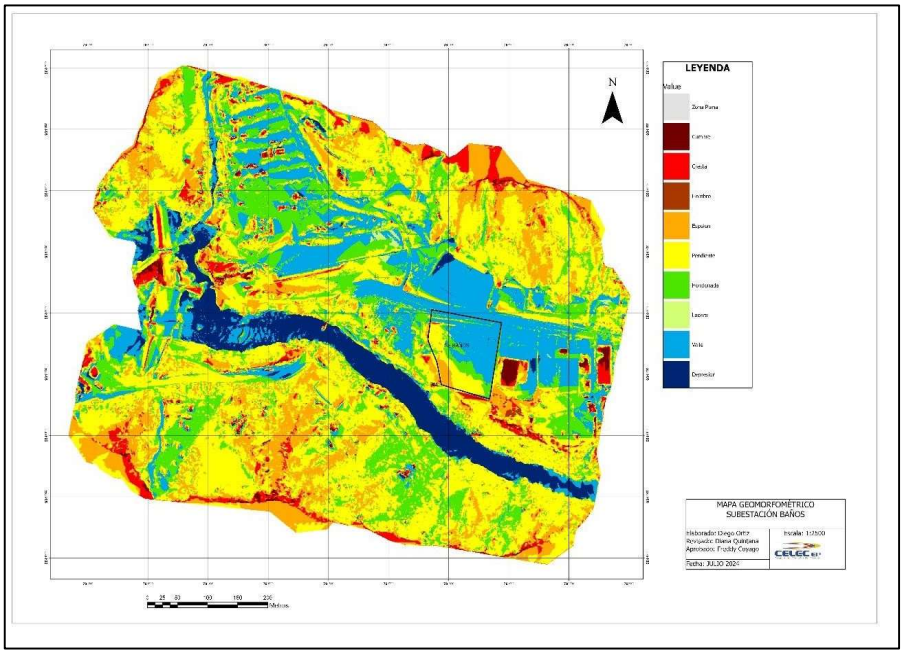


Figura 32. Mapa geomorfométrico de la SE Baños

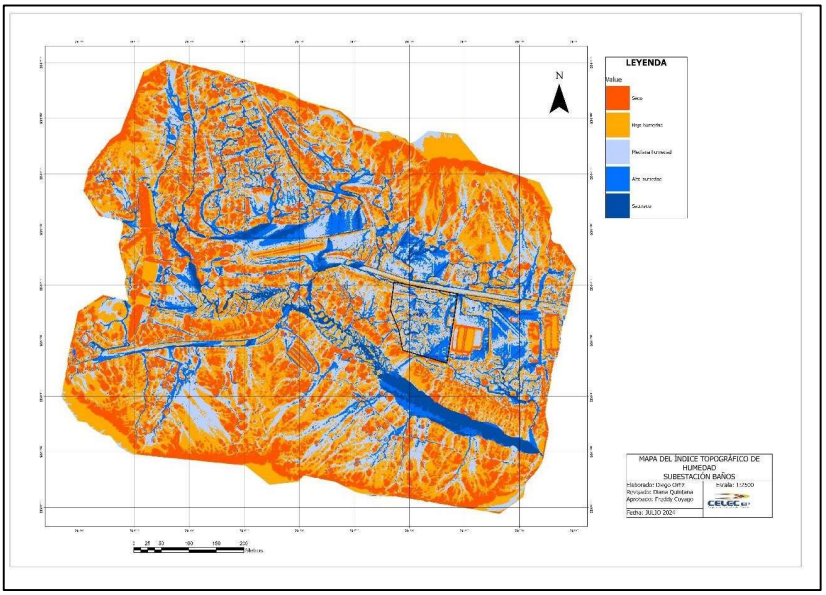


Figura 33. Mapa de Índice Topográfico de Humedad de la SE Baños

6. ESTUDIO GEOTÉCNICO

6.1. Introducción:

Se lleva a cabo un estudio con tal de identificar con mayor precisión la litología de la zona de estudio, y la disposición de los materiales que conforman el subsuelo. Es por ello que se procede a realizar la investigación con ensayos geotécnicos in situ, tal como perforaciones a rotación, así como con ensayos geofísicos y ensayos de laboratorio.

6.2. Objetivos:

Objetivo general:

- disponer de información del subsuelo, a fin de determinar las características geotécnicas del suelo.

Objetivos específicos:

- Realizar la prospección indirecta mediante perfiles tomografías eléctricas.
- Realizar la prospección directa mediante perforaciones a rotación con ensayos SPT y toma de muestras.
- Obtener los parámetros geotécnicos del suelo por medio de correlaciones de los resultados de los ensayos SPT, perfiles geofísicos, así como con ensayos de laboratorio.

6.3. Ubicación:

En la Figura 34 se muestra la ubicación de las zonas de estudio. En los Anexos se encuentra el mapa con la ubicación georreferenciada.



Figura 34. Ubicación de la zona del estudio geotécnico

El trabajo se realiza con el sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator (U.T.M.) System, zona 17S, banda M, DATUM WGS84.

6.4. Prospección geofísica:

Con el propósito de conocer las características del subsuelo y proporcionar los parámetros de resistividad, se procede a levantar información geofísica mediante Tomografía eléctrica. Además, se realizan diferentes ensayos relacionados con la sísmica del terreno.

6.4.1. Tomografía eléctrica:

6.4.1.1. Conceptualización teórica:

Como principio básico se considera, que todos los cuerpos tienen propiedades entre las que consta la resistividad y su inversa, la conductividad. Las propiedades físicas de los materiales, tales como: densidad, saturación, composición mineralógica, salinidad de aguas subterráneas, porosidad, entre otras, se relacionan con la resistividad.

Para la investigación eléctrica se requiere de un campo eléctrico en un semi espacio homogéneo de resistividad (suelo) sobre el cual se encuentra otro semi espacio con resistividad infinita, representada en nuestro caso por la atmósfera.

La ecuación fundamental para la prospección geo eléctrica viene dada por la siguiente expresión:

$$\nabla \cdot J = \nabla \cdot (\sigma E) = 0$$

La medición geofísica en superficie se realiza determinando la diferencia de potencial entre dos puntos M y N, alejados del electrodo A. Esta medición está relacionada con el campo eléctrico E, resistividad del medio homogéneo, corriente y distancia del punto al electrodo.

Se inyecta corriente alterna o continua por medio de dos electrodos de A y B en la superficie del suelo y se registra la diferencia de potencial que se ha creado en el campo eléctrico por medio de los electrodos M y N.

La condición de resistividad en medio homogéneo rara vez se presenta en la naturaleza, razón por la cual en necesario trabajar el concepto de resistividad aparente.

Dentro de los métodos geoeléctricos tenemos de corriente continua y corriente alterna, los mismos que pueden ser de fuente natural o fuente artificial y se clasifican a su vez como calicatas, pozos y tomografía eléctrica. Las calicatas miden la variación horizontal de la resistividad, en tanto, que los sondeos miden la variación vertical. La tomografía utiliza las dos y complementa información con un alto número de lecturas.

Para la investigación existen varios tipos de arreglos de los electrodos como son:

- Arreglo Schlumberger: A-M-N-B, con separación entre M y N muy pequeña, menor a 5 veces separación A-B.

$$\rho_a = \pi L^2 \frac{\Delta V}{I_a}$$

- Arreglo Wenner: A-M-N-B, con separación equidistante entre todos los electrodos.

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I_a}$$

- Arreglo Dipolo-Dipolo: A-B-M-N, con separación entre B y M n veces la separación a entre A y B y M y N, donde n debe ser bastante mayor a la unidad.

$$\rho = -\pi n(n+1)(n+2)a \frac{\Delta V}{I_a}$$

Donde:

ρ = Resistividad.

I_a = Intensidad de corriente eléctrica.

ΔV = Diferencia de potencial.

L = Distancia entre el electrodo M al punto central de exploración.

a = Distancia entre A-M-N-B.

n = Factor de separación entre electrodos B y M del arreglo dipolo-dipolo.

En lo correspondiente a la teoría sobre la tomografía eléctrica de manera específica, podemos señalar que éste es un mapa de contornos de datos geoeléctricos, que se adquieren con un resistivímetro, cables y electrodos que permite la adquisición de valores de resistividad aparente en dos dimensiones mediante los Métodos de prospección eléctrica del subsuelo como Wenner, Wenner-Schlumberger y Dipolo-Dipolo.

Los sondeos eléctricos verticales obtienen datos de resistividad aparente bajo un punto de la superficie de estudio a mayor separación horizontal, mayor profundidad de estudio. Los datos proporcionados por este Sísmica de refracción, Método están distribuidos de manera vertical, por lo que se desconoce la información existente en los laterales al punto sondeado; con las

mediciones realizadas con una tomografía eléctrica, se amplía la cantidad de información obtenida, toda vez que no solo se toman datos bajo este punto, sino que además permite tener medidas laterales al mismo.

En lo referente al modelo de la teoría de Inversión, éste es una representación matemática idealizada de una sección del suelo. Los datos adquiridos por la generación de corriente eléctrica en el medio pueden ser calculados mediante relaciones matemáticas, para definir un modelo calculado mediante diferencias finitas o elementos finitos y son estimados mediante ecuaciones que explican el fenómeno de propagación en el suelo.

En base a un conjunto de datos medidos se genera un modelo de respuesta, tomando en consideración la varianza. En los modelos de resistividad es común utilizar el logaritmo de la resistividad aparente y de las respuestas al modelo. El cálculo determina un vector de discrepancia que corresponde a la diferencia entre los datos leídos y los datos modelados. (Tomado de M.H.Loke, 2022).

6.4.1.2. Levantamiento de información geofísica en el campo:

Los perfiles se realizaron mediante Tomografía Eléctrica, los mismos tienen la nomenclatura LE#. La ubicación de los perfiles levantados se muestra en la Figura 35. En los Anexos se encuentra la ubicación georreferenciada de los perfiles levantados:

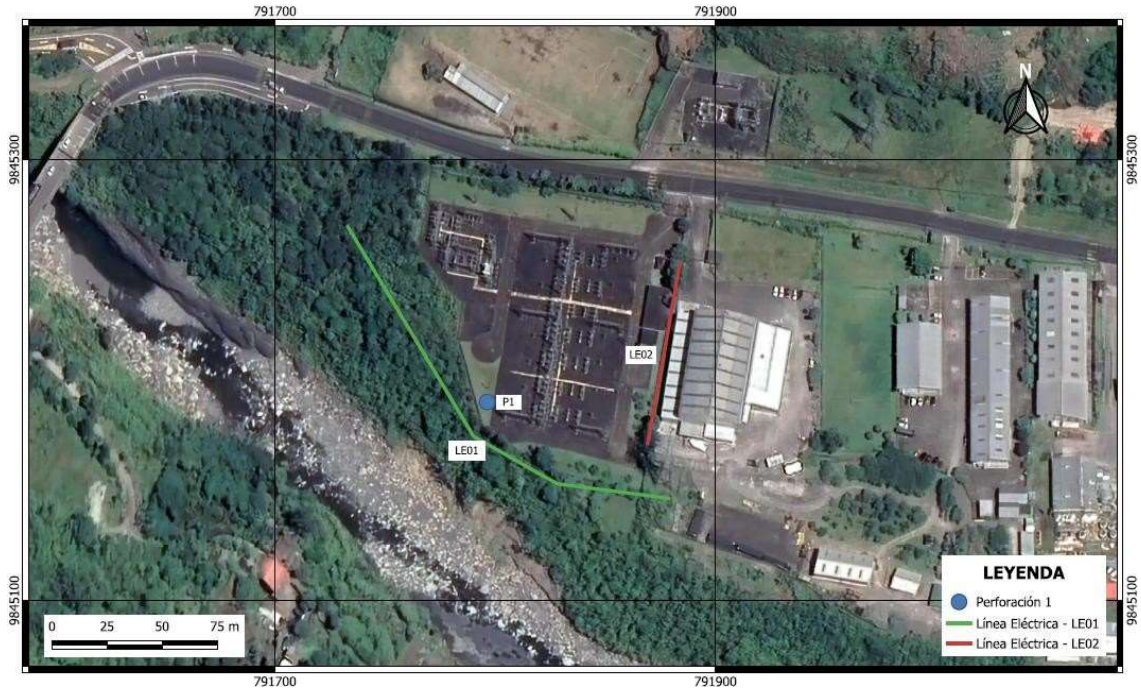


Figura 35. Ubicación de las investigaciones realizadas

Los ensayos geofísicos que se llevan a cabo son dos perfiles de sísmica de refracción con 24 canales de recepción separados 5 m entre sí.

El perfil PS-1 ha sido realizado desde el extremo Sureste de la parcela, en su límite con la otra unidad de negocio de reparación de turbinas (CIR) con una dirección paralela al borde del talud y separado de este unos 2,0 m de media. Mientras que el perfil sísmico PS-2 se sobrepone al anterior para poder concatenar los resultados y comenzando en el externo de la valla roto por el deslizamiento y siguiendo una dirección Nornoroeste.

Esta investigación recorre todo el borde superior del talud investigando así la zona Oeste de la parcela.

6.4.1.3. Resistividad eléctrica:

Se levanta información de tomografía eléctrica mediante dos perfiles de resistividad eléctrica (LE), con longitudes de 155,0 m y 93,0 m, y separaciones entre electrodos de 5,0 m y 3,0 m, respectivamente, utilizando la técnica de Wenner-Schlumberger.

Las coordenadas del perfil de tomografía eléctrica se presentan en la Figura 36.

PERFILES ELÉCTRICOS							
PERFIL GEOFÍSICO	LONGITUD [m]	INICIO			FIN		
		NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA
LE1	155.00	9845146.0	791879.0	1637	9845114.0	791937.0	1637
LE2	93.00	9845170.8	791869.5	1647	9845254.7	791884.4	1647
TOTAL	**248.00**						

Figura 36. Tabla de coordenadas de ubicación y longitud de perfil eléctrico

6.4.1.4. Procesamiento de información e interpretación:

A continuación, se presentan los resultados de las tomografías eléctricas:

LE-1-BAÑOS

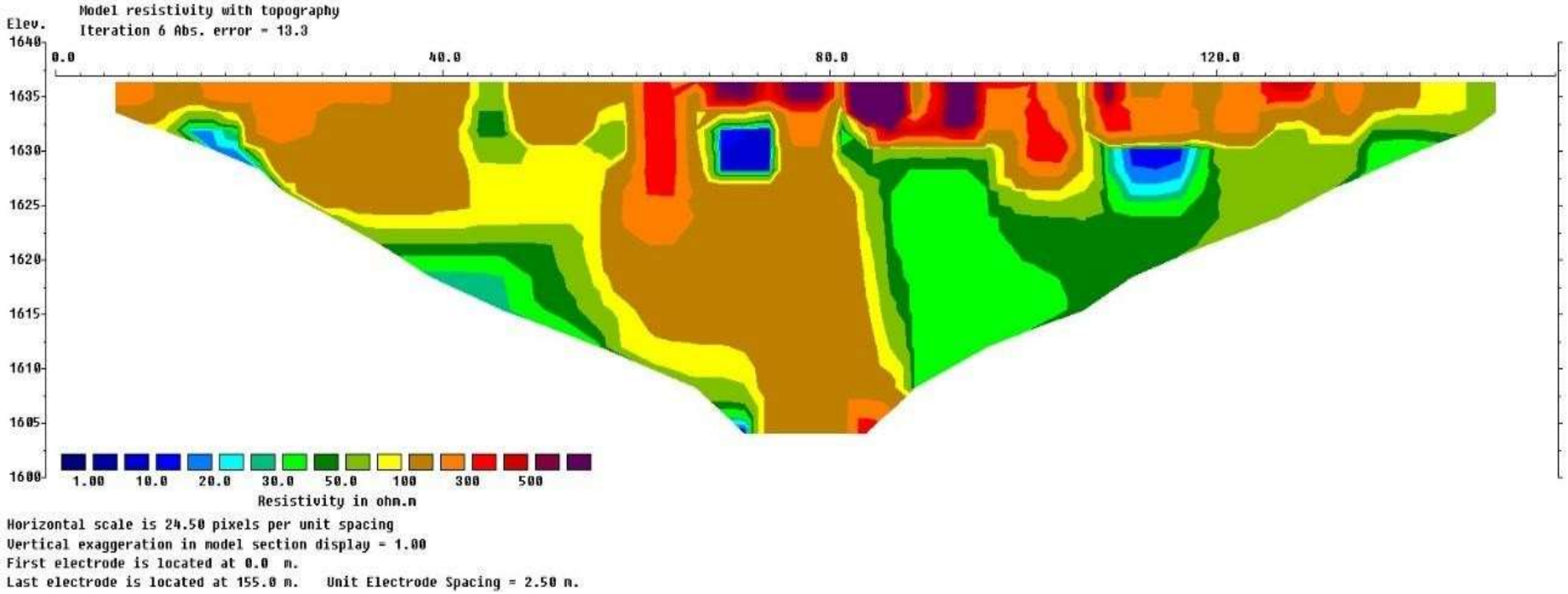


Figura 37. Tomografía eléctrica LE1, método Wenner Schlumberger

LE-2-BAÑOS

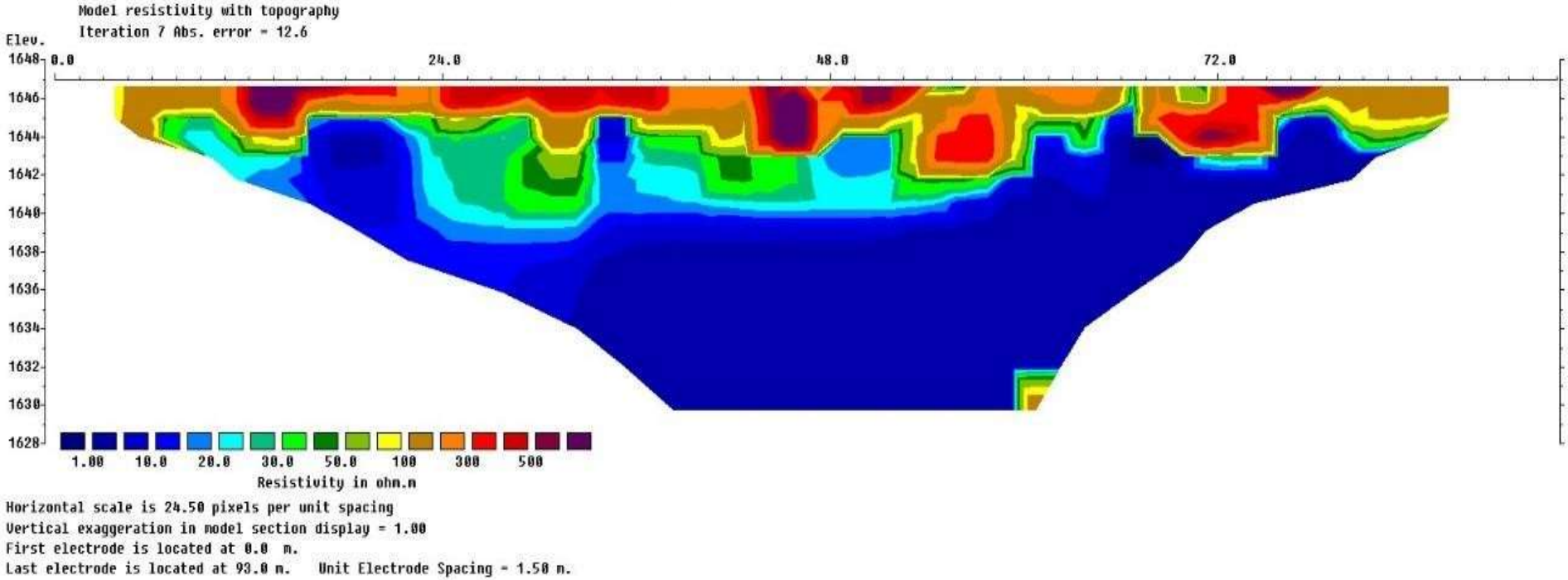


Figura 38. Tomografía eléctrica LE2, método Wenner Schlumberger

En el perfil geofísico LE1 se identifica un medio superficial con potencias que varían entre 5 y 20 m y que correspondería a material de relleno o escombros y con una resistividad superior a los 150 ohm-m. Podría también corresponder a depósitos de material de escombros o avalancha arrastrado por el río. Entre las abscisas 60 a 80 se identifica una continuidad del material en profundidad. Por otra parte, se identifica otro medio con resistividades que varían entre 30 y 100 ohm-m y podría corresponder al mismo material con variaciones de incremento de humedad. No se identifica un basamento de roca.

Respecto al perfil LE2, de manera similar al perfil LE1, en superficie se identifica con una potencia hasta los 8 m de material de relleno o escombros y representado por resistividades superiores a 25 ohm-m. Por otra parte, se identifica como basamento un medio con resistividades muy bajas, aspecto que no concuerda con la geología del sector, por lo que podríamos suponer que la baja resistividad puede relacionarse con los sistemas de puesta a tierra de la zona investigada o el registro de medición de resistividades del ambiente causadas por el campo electromagnético de la subestación.

6.4.2. Sísmica de refracción:

Los perfiles de refracción disponen de una longitud de perfil investigado de 125 m lineales cada uno de ellos (250 m en total) y superpuestos 40 m en sus extremos. Ello permite obtener una sección continua de todo el borde de la plataforma que colinda con el río Pastaza.

Los resultados obtenidos en la interpretación son los que se presentan en las Figuras 39 y 40, donde se indica la profundidad media del estrato y su nivel geofísico correspondiente, su correlación con materiales de la zona, su velocidad de la onda de compresión P (en m/s) y el valor aproximado, en función de la Vp, para la densidad.

NIVEL GEOF.	MATERIAL	PROF. MED. (m)	Vp (m/s)	Densidad (Kg/m³)
N-1	Suelo superficial	7.0	347	1338
N-2	Coluvial reciente	12.0	951	1721
N-3	Coluvio-aluvial	30.0	1695	1989
N-4	Substrato rocoso	-	2972	2288

Figura 39. Tabla resumen de las investigaciones geofísicas de refracción PS-1

NIVEL GEOF.	MATERIAL	PROF. MED. (m)	Vp (m/s)	Densidad (Kg/m³)
N-1	Suelo superficial	5.0	342	1333
N-2	Coluvial reciente	15.0	782	1639
N-3	Coluvio-aluvial	32.0	1395	1894
N-4	Substrato rocoso	-	2660	2226

Figura 40. Tabla resumen de las investigaciones geofísicas de refracción PS-2

6.4.3. MASW:

Los ensayos de sísmica pasiva-activa tipo MASW se han realizado sobre los mismos perfiles establecidos en el apartado anterior, de manera que se puedan calcular, en el establecimiento de la relación Vp/Vs, los módulos de elasticidad dinámicos.

En las Figuras 41 y 42 se relacionan estos valores obtenidos y relacionados con los niveles geofísicos establecidos por la sísmica de refracción, incluyendo la velocidad de la onda de corte S (en m/s), el coeficiente de Poisson, el módulo de corte (G), el módulo de elasticidad o de Young (E) y el módulo Volumétrico o Bulk (K). Complementariamente y desde formulaciones en materiales que se pueden asemejar a los existentes en la zona se han calculado los valores de cohesión y ángulo de rozamiento interno. Estos valores están establecidos también en la relación entre los dos tipos de ondas y pueden ser un valor orientativo para estos parámetros, no obstante, se ha de considerar su uso en las formulaciones y cálculos posteriores ya que no están establecidos coherentemente para los materiales que se han identificado en la zona.

NIVEL GEOF.	MATERIAL	PROF. MED. (m)	Vs (m/s)	*v* d	G d (MPa)	Young (MPa)	Bulk (MPa)	Cohesión (Kg/cm²)	ϕ (º)
N-1	Suelo superficial	7.0	149	0.44	29.3	81.4	122.0	0.15	16
N-2	Coluvial reciente	12.0	339 (506/893)	0.30	440.8	1148.2	969.2	0.25	22
N-3	Coluvio-aluvial	30.0	1333	0.31	1586.2	4149.2	3599.8	0.25	21
N-4	Substrato rocoso	-	1617	0.29	5977.3	15422.9	12247.46	-	-
	V_{s30} (m/s)		**388**		**PERFIL DEL TERRENO TIPO "C"**				

Figura 41. Tabla resumen de las investigaciones geofísicas MASW PS-1

NIVEL GEOF.	MATERIAL	PROF. MED. (m)	Vs (m/s)	*v*	G (MPa)	Young (MPa)	Bulk (MPa)	Cohesión (Kg/cm²)	ϕ (º)
N-1	Suelo superficial	5.0	115	0.44	17.6	50.6	132.4	0.08	12
N-2	Coluvial reciente	15.0	399 (300/499)	0.32	261.6	692.5	653.6	0.23	20
N-3	Coluvio-aluvial	32.0	749	0.30	1062.8	2758.0	2269.7	0.26	22
N-4	Substrato rocoso	-	1387	0.31	4286.0	11255.9	10037.7	-	-
	V_{s30} (m/s)		**339**		**PERFIL DEL TERRENO TIPO "D"**				

Figura 42. Tabla resumen de las investigaciones geofísicas MASW PS-2

Los perfiles de terreno para la clasificación del mismo en relación con el diseño sismorresistente se consignan en la última fila de las Tablas 43 y 44 donde se indica la velocidad de la onda de corte en los primeros 30 m (Vs30) obtenida en cada uno de los perfiles.

Como se puede observar, la categoría o perfil del terreno en la zona del perfil PS-1 es un perfil de suelos muy densos o roca blanda tipo C (con 388 m/s), mientras que en la sección del PS-2 el valor obtenido se clasifica como perfil de suelos rígidos de tipo D (339 m/s).

Se debe considerar como más oportuno el considerar el terreno como un perfil tipo D (ver Tabla 43) debido a la columna de materiales observados en el talud y la naturaleza del terreno identificado en las perforaciones.

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN
A	Perfil de roca competente	V_s >= 1500 m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > V_s >= 760 m/s
C	Perfil de suelos muy densos o roca blanda	(760 m/s > V_s >= 360 m/s) o (N >= 50) o (S_u >= 100 kPa)
D	Perfiles de suelos rígidos	(360 m/s > V_s >= 180 m/s) o (50 > N >= 15) o (100 kPa > S_u >= 50 kPa)
E	Perfiles de suelos	(V_s < 180 m/s) o (IP > 20) o (w >= 40%) o (S_u < 50 kPa)
F	Suelos "especiales"	Precisan de análisis específico. Ver NEC (2015)

Figura 43. Tabla de perfiles del terreno según la norma ecuatoriana. Adaptado de NEC-SE-DS (2015)

6.5. Prospección geotécnica:

6.5.1. Ensayos SPT:

6.5.1.1. Equipo:

Se precisa de una perforadora sónica con el siguiente equipo:

- Equipo de perforación sónico multiusos: SRS PL
- Tubería de perforación ENA3, ENA4.
- Accesorios de perforación (corona, zapatas y llaves de tubo)



Figura 44. Equipo de perforación sónico multiusos: SRS PL

6.5.1.2. Conceptualización teórica:

El sondeo de penetración estándar (SPT), es un ensayo in situ de penetración a través del golpeteo que establece los parámetros de diseño geotécnico. Se designa ensayo estándar, sin embargo, este contiene variables que se deben correlacionar por diversos métodos, en función del material extraído del suelo para calcular las correcciones del número de golpes (Ncorr) y por tanto el ángulo de fricción equivalente (Øeqv).

El ensayo consiste penetrar hasta 45 cm de profundidad por medio un muestreador estándar de cuchara partida, contando el número de golpes del martinete que corresponde a cada sección de 15 cm. En caso de que el número de golpes llegue a los 50 sin superar alguna sección de 15 cm, se interrumpe el ensayo, dado que se alteraría en demasía el suelo y se considera rechazo.

El resultado del ensayo de determina de la siguiente forma:

$$N_{SPT} = N_{15-30} + N_{30-45}$$

Dado que es un ensayo de campo es necesario realizar algunas correcciones para obtener un valor del N60 o Ns.

$$N_{60} = N_{SPT} + CN + n1 + n2 + n3 + n4 + n5$$

Donde:

CN: Corrección por sobre capa

n1: Factor de ajuste

n2: Factor de ajuste por longitud de las barras de perforación

n3: Factor de ajuste por el revestimiento

n4: Factor de ajuste por el diámetro del revestimiento

n5: Factor de ajuste por el nivel freático

6.5.1.3. Correlaciones a partir del ensayo SPT:

Según Terzaghi and Peck (1967), han establecido a la cohesión no drenada (C_u) a partir de la siguiente expresión:

$$C_u(kN/m^2) = KN$$

Donde:

K: Constante igual a 6.

N: Valor N_{60} obtenido como resultado del ensayo SPT.

Para la determinación de la cohesión efectiva del suelo (c'), se utiliza la correlación establecida por Sorensen and Okkels (2013):

$$c' = 0.1C_u$$

Por otra parte, para determinar el valor del ángulo de fricción efectivo del suelo (ϕ'), se utiliza lo establecido por Hatanaka & Huchida (1996):

$$\phi' = \sqrt{20N_{60}} + 20$$

6.5.1.4. Levantamiento de información geotécnica en el campo:

Se desarrolla una perforación para llevar a cabo ensayos. Las coordenadas de ubicación donde se realiza la perforación se detallan en la Figura 45 y se muestran en la Figura 35.

PERFORACIONES			
PUNTO	**NORTE**	**ESTE**	**COTA**
P1	9845190.4	791796.3	1647

Figura 45. Coordenadas de la perforación

En dicha perforación P1 se realizan diversos ensayos SPT, sin embargo, solamente se obtienen 4 muestras. En los Anexos se pueden observar las muestras extraídas.

6.5.2. Otros:

6.5.2.1. Muestras Shelby:

De la perforación P1 se toman 3 muestras inalteradas con tubo Shelby, En los Anexos se pueden observar las muestras extraídas.

6.5.2.2. Ensayos de permeabilidad:

En la perforación P1 se efectuaron 3 ensayos de permeabilidad Lefranc a distintas profundidades. Sin embargo, y debido a la alta porosidad de los materiales y la escasez de finos, y no haber sido atravesado un nivel freático, ha sido imposible llenar la perforación para realizar dicho ensayo.

Por otra parte, en el desarrollo de las perforaciones el retorno de agua ha sido nulo, casi desde el inicio de las labores y ha sido necesario contrarrestarlo con la instalación de revestimiento, lo que indica que los materiales podrían presentas valores de permeabilidad (K) que superan los 10^{-3} a 10^{-5} m/s (valores estimativos y de referencia en función de los materiales recuperados).

En los Anexos se detallan los resultados.

6.6. Ensayos de laboratorio:

6.6.1. Clasificación de suelo:

Una vez realizado el procesamiento en laboratorio de las muestras tomadas en campo, se obtienen los siguientes resultados:

	PROF.			w	LL	LP	IP	Pasa #4	Pasa #200
MUESTRA	m	SUCS	AASHTO	%	%	%	%	%	%
P1 – M2	3.00 - 3.45	GP GM - Grava mal graduada con limo y arena	A-1-b	16.31	-	-	NP	51.23	10.42
P1 – M3	6.55 - 7.00	SW SM - Arena bien graduada con limo	A-1-b	17.05	-	-	NP	91.06	6.88
P1 – M4	8.00 - 8.45	SP - Arena mal graduada con grava	A-1-b	9.63	-	-	NP	70.70	2.50

Figura 46. Tabla resumen de resultados de laboratorio SPT 1

Donde:

Prof. = Profundidad de muestra investigada, en metros.

W = Humedad natural del suelo analizado, en porcentaje.

L_L = Límite líquido.

L_P = Límite Plástico.

I_P = Índice de plasticidad

MUESTRA	PROFUND. (m)	Υ (gr/cm^3)	Υ (kN/m^3)
P1-M2	3.00	2.07	20.28
P1-M4	8.00	2.15	21.12

Figura 47. Tabla resumen de resultados de densidades

Con base en los resultados obtenidos en laboratorio se ha determinado que el material analizado en la zona se conforma por una primera capa de grava con limo y arena (GP GM), luego existe un cambio de material que está compuesto por arena con limo (SW SM - SP).

6.6.2. Ensayo triaxial UU:

Se realizaron ensayos triaxiales no consolidados no drenados (UU) de dos muestras tomadas a los 3,00 m y 8,00 m de profundidad. La muestra de los 6,55 m no es apta para el ensayo. Los parámetros obtenidos se muestran a continuación:

		PROFUNDIDAD	Cuu	ϕ
MUESTRA	**Clasificación SUCS**	**m**	**kPa**	**°**
P1-M2	GP GM - Grava mal graduada con limo y arena	3.00	37.00	33.00
P1-M4	SP - Arena mal graduada con grava	8.00	38.00	40.00

Figura 48. Tabla resultados del ensayo triaxial UU

Los reportes de resultados de laboratorio se encuentran detallados en los Anexos.

6.7. Conclusiones y recomendaciones:

En el presente estudio se realizan investigaciones por métodos indirectos y directos. Por métodos indirectos se realizaron 2 perfiles de tomografía eléctrica LE1 y LE2, así como ensayos de sísmica de refracción y MASW.

Con métodos directos se reporta una perforación a rotación con ensayos SPT, con el fin de obtener muestras de suelo y realizar una caracterización adecuada de los materiales.

De las muestras tomadas se realizan 3 ensayos de clasificación, 2 ensayos de densidad y 2 ensayos triaxiales UU cuyos resultados se indican en las Figuras 46, 47 y 48 y se adjuntan a este informe en los Anexos, junto al registro fotográfico del levantamiento de información en campo.

Del perfil levantado, se puede identificar un suelo heterogéneo que podría corresponder a material de relleno o escombros. Podría corresponder también a depósitos de material de escombros o avalancha arrastrado por el río. Con los datos obtenidos en el levantamiento geofísico, no se identifica material con resistividades que nos indiquen la presencia de roca.

Al ser métodos indirectos los valores obtenidos en la presente investigación pueden tener variación con los valores reales en porcentajes menores al 20%.

Es importante señalar que, partiendo de la base teórica y conceptual, la prospección geofísica no presenta la realidad del subsuelo. Lo que se presentan son modelos del terreno, que tratan de representar la realidad.

En base a los resultados obtenidos en laboratorio se ha determinado que el material analizado en la zona se conforma por una primera capa de grava con limo y arena (GP GM), y a mayor profundidad existe un nuevo material que está compuesto por arena con limo (SW SM - SP).

7. CARACTERIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Las afecciones producidas en el talud de la SE Baños se concentran en la esquina Suroeste de la plataforma de las instalaciones eléctricas. En esta área las construcciones que existen son puentes metálicos que transmiten poca carga al terreno, por lo que la aportación de estas infraestructuras a la desestabilización del talud se puede considerar como mínimas.

7.1. Zona de la plataforma:

La plataforma de la SE Baños se apoya sobre sedimentos de tipo coluvio-aluvial recientes, los cuales presentan características de haber sido retrabajados por flujos de agua superficial y escorrentía que han movilizado finos (arenas, limos y arcillas) desde zonas más elevadas (zonas de torrente y coluviones de cotas más altas).

Se caracteriza por una disposición de materiales subhorizontal dispuestos en una capa que contiene suelos arcillo-limosos y con materia orgánica (vegetales) de escasos decímetros depositada sobre un coluvial más antiguo y con características de mayor compactación.

Este coluvial presenta granulometrías de arenas y limos arenosos en la matriz, que aparece como predominante en los primeros 10 m de perforación (Sondeo realizado), como se observa en la Figura 49. Los valores de los golpeos de SPT se pueden considerar como bajos con resultados de: 12-5-10 (de 3,00 a 3,45), 5-4-4 (de 6,55 a 7,00m) y de 7-8-16 (de 8,00 a 8,45 m). Estos han sido los únicos ensayos de penetración dinámica que se han podido realizar ya que la presencia de cantos y gravas ha impedido realizarlos en otros tramos.



Figura 49. Ensayos SPT a los 6,55 m (izquierda) y a los 8,00 m (derecha)

7.2. Zona de talud:

Los cortes en el terreno en la zona del talud erosionado han permitido establecer la siguiente secuencia estratigráfica en la sección del mismo:

- Cota de plataforma (1647 msnm) hasta ~12 m de profundidad (1635 msnm): coluvión reciente con matriz areno-limosa con algo de arcilla y cantos y gravas de diverso tamaño (recuperados >10 cm con moda de ~3-4 cm Ø en porcentaje inferior al 30%). Este material presenta en cabeza de talud un ángulo de estabilidad de unos 25º, mantenido desde casi el inicio de la rotura (supuestamente estable).

- Desde ~12 m profundidad (cota plataforma) hasta ~22 m (1625 msnm): coluvión antiguo, más compacto y con bloques y cantos de mayor diámetro, aunque la recuperación es de trozos de roca menores a 4 cm Ø. Presenta inclinaciones de unos 50º con perfil estable en este tiempo de exposición.

- Desde ~22 m de profundidad (cota plataforma) hasta la cota de río (1615 msnm): terraza colgada con materiales subredondeados a redondeados en una matriz arenosa y cantos y bloque de más de 30 cm Ø. El perfil de estabilidad de estos materiales es más bajo que en los casos anteriores, presentando unos 15º a 20º en las zonas con pocos cantos y bloques que puede llegar a ser vertical en secciones de erosión.

- Desde la zona del río se evidencia material caído que tapa y oculta la posición del substrato rocoso. Ese material pertenece a las partes altas del coluvión (arenas, limos y arcillas con cantos y bloques donde predomina la matriz).

7.3. Zona de cauce:

Caracterizado por la presencia de materiales arrastrados, aluviales, trozos de hormigón de obra (probablemente de la construcción de la represa o sus elementos auxiliares) de tamaños grandes a muy grandes (>2 m Ø).

Se establece en el cauce del río un espesor del orden de 1,5 a 2,0 m máximo de espesor del aluvial (comunicación de los vecinos que en niveles bajos del río se aprecia en el fondo la roca).

7.4. Sección geológica por la esquina de la plataforma:

En esta sección geológica se ha incorporado los datos existentes hasta el momento:

- Datos de la sección geofísica de refracción (cota de la roca 1620 msnm)

- Datos previos de la perforación P-1 (cota potencial de la roca ~1617 msnm)

- Datos observados en el talud de corte erosionado

Hay que considerar que, debido a la dificultad en la obtención de muestras, tanto alteradas como inalteradas que sean representativas de los diferentes horizontes geológicos considerados y que las mismas disponen de un componente granular mediano a grueso y

marcada heterogeneidad y anisotropía, los ensayos realizados disponen de una baja representatividad del conjunto (valores volumétricos), por lo que se ha optado por ajustar los valores obtenidos en los ensayos de campo a valores globales de capa y relacionados con datos de viarios autores.

Se establece la siguiente sección geológica definitiva que posteriormente se utilizará para realizar el estudio de estabilidad:

- **Coluvial reciente y suelos superficiales (Coluvial):** se trata de un material con características geotécnicas variadas (heterogéneo) debido a su composición y origen con cantos y bloques de tamaño medio a pequeño. Se considera con un peso específico de 17,0 kN/m3 de permeabilidad alta y cohesión media a baja debido a su composición granular. El ángulo de rozamiento interno o fricción se considera de 21º.

- **Coluvial antiguo compacto:** este material presenta características similares al anterior en composición, pero con una compacidad mayor que el anterior nivel. El peso específico se considera similar al anterior, pero con una cohesión de 23,0 kPa frente a los 8,0 kPa considerados en el anterior material. El ángulo de fricción considerado será de 25º.

- **Coluvio-aluvial:** este material presenta características similares a los anteriores, desde el punto de vista geológico y debido a la presencia de finos y tamaños menores en los materiales gruesos (removilización por circulación de agua) y la granulometría observada, las características geotécnicas se mantienen en valores similares a los anteriores para el peso específico (seco y saturado) con una cohesión de 15,0 kPa y ángulo de fricción de 24º.

- **Terrazas colgadas:** en estos materiales han sido observadas granulometrías más gruesas y un predominio de la fricción entre granos frente a la cohesión de la matriz (areno-limosa). El peso específico considerado será de 19,0 kN/m^3, la cohesión de 15,0 kPa y el ángulo de fricción de 38º.

- **Aluviales recientes (zona del río):** si bien no tienen una acción directa en la obra y el conjunto de la estabilidad del talud, estos materiales aparecen en el fondo del río y han sido considerados como totalmente friccionantes, con escasa o nula matriz arenosa (cohesión considerada para los cálculos de 1 kPa) y un ángulo de rozamiento interno de 30º. Deberán ser eliminados en la base de construcción de la escollera de protección.

- **Substrato rocoso:** el substrato rocoso considerado en este apartado son las lavas andesítico-basálticas que aparecen sobre el substrato geológico general de la zona que sería la Unidad Agoyán. Se considera un peso específico de 25,0 kN/m^3 (minorizado por la presencia de zonas fracturadas en los metros superiores, ver informe geológico) y una resistencia a la compresión simple de 250,0 MPa para la matriz (los ensayos proporcionaron valores menores en testigos con presenta de discontinuidades).



Figura 50. Planta del corte geológico realizado desde la SE Baños hasta el Río Pastaza

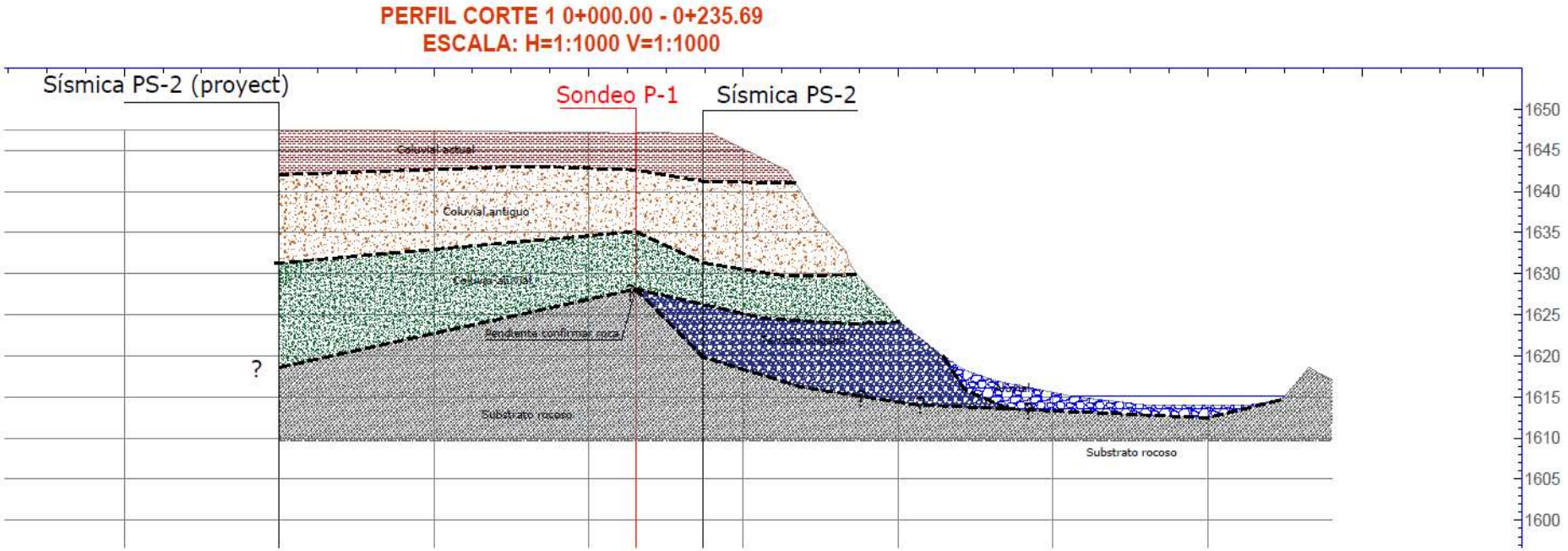


Figura 51. Perfil del corte geológico realizado desde la SE Baños hasta el Río Pastaza

8. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL TALUD EN LAS CONDICIONES ACTUALES

El estudio de estabilidad del talud afectado por la rotura se realizará en relación a las condiciones actuales. Para empezar, se expondrán las bases generales del análisis de la estabilidad de los taludes empleados en este estudio y, posteriormente, se analizará su condición de estabilidad/inestabilidad.

8.1. Generalidades:

8.1.1. Bishop simplificado:

Primeramente, se ha analizado mediante este método de Bishop (1955, 1967) ya que está indicado para deslizamientos rotacionales. Este método supone una superficie de deslizamiento en "*n*" rebanadas, para lo cual las fuerzas actuantes sobre cada franja de terreno se han representado en la Figura 52.

En este método se realiza el cálculo por equilibrio de momentos y por fuerzas perpendiculares en la vertical de la rebanada. No aparecen fuerzas entre rebanadas al efectuar un sumatorio a lo largo de toda la superficie de deslizamiento.

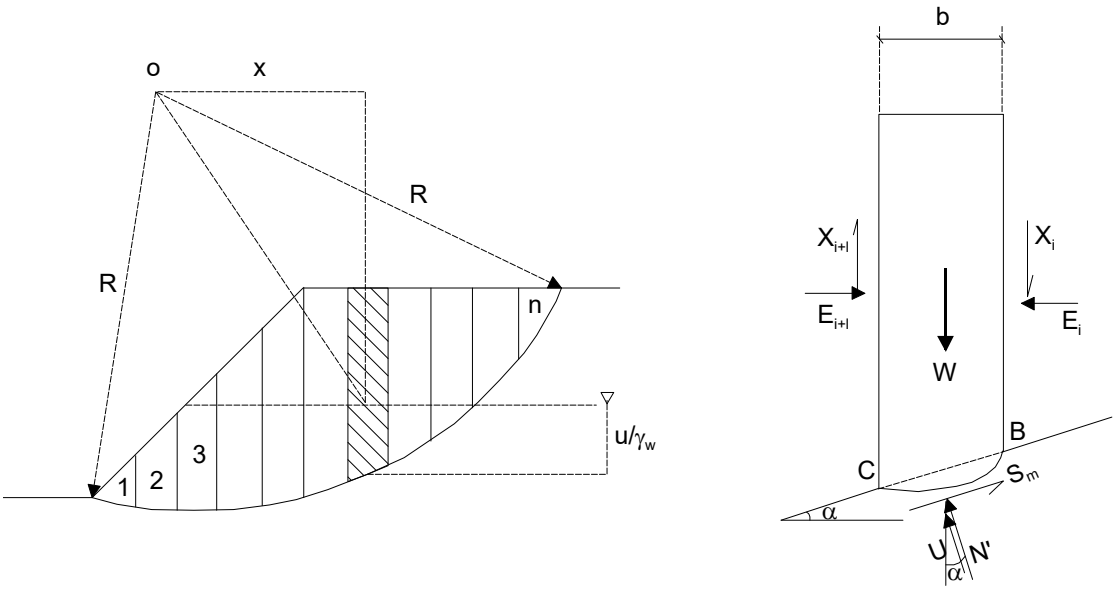


Figura 52. Supuestos y equilibrio de fuerzas para la utilización del método de Bishop simplificado

Así, los pasos a realizar son:

- Resistencia frente a seguridad:

$$\tau_{lim} = c' + \sigma' \tan \phi'$$

$$\tau_{mov} = \frac{c'}{F} + \sigma' \frac{\tan\phi'}{F}$$

$$S_m = \frac{c' l}{F} + N' \frac{\tan\phi'}{F} \qquad (1)$$

- Equilibrio de momentos, $\sum M_o = 0$:

$$\Sigma W x = \Sigma S_m R \qquad (2)$$

- Sustituyendo (1) en (2):

$$\Sigma W x = \Sigma \left(\frac{c' l}{F} + N' \frac{\tan\phi'}{F} \right) R \qquad (3)$$

- Asumiendo un factor de seguridad constante para cualquier valor del ángulo del talud α y despejando de (3):

$$F = \frac{R}{\Sigma W x} \Sigma \left(c' l + N' \tan\phi' \right) \qquad (4)$$

- Así, sabiendo que $x = R sen\alpha$ y que $N' = N - ul$, se obtiene:

$$F = \frac{\Sigma \left[c' l + \left(N' - ul \right) \tan\phi' \right]}{\Sigma W sen\alpha} \qquad (5)$$

- Realizando ahora el equilibrio de fuerzas verticales:

$$\left(N' + ul \right) \cos\alpha + S_m sen\alpha = W + \Delta T \qquad (6)$$

siendo $\Delta T = x_i + x_{i+1}$.

- Sustituyendo S_m de (1):

$$\left(N' + ul \right) \cos\alpha + \frac{1}{F} \left(c' l + N' \tan\phi' \right) sen\alpha = W + \Delta T \qquad (7)$$

- Despejando *N'*:

$$N' = \frac{W + \Delta T - 1\left(u\cos\alpha + \frac{c'}{F}sen\alpha\right)}{\cos\alpha + \frac{\tan\phi'}{F}sen\alpha} \tag{8}$$

- Sustituyendo *N'* en la ecuación del coeficiente de seguridad, ecuación (5), y teniendo en cuenta que $cos\alpha=b/l$, se tiene:

$$F = \frac{\Sigma\left(\left[c'b + (W + \Delta T - ub)\tan\phi'\right]\frac{\sec\alpha}{1 + \frac{\tan\phi'\tan\alpha}{F}}\right)}{\Sigma W sen\alpha} \tag{9}$$

La ecuación (9) anterior es la expresión del método riguroso de Bishop, a partir de la cual, y suponiendo *ΔT=0*, se tiene la expresión de "Bishop simplificado".

Para resolver esta expresión es necesario iterar ya que *F* va implícito en la misma. Para ello hay que comenzar suponiendo un valor de *F*.

8.1.2. Janbu simplificado:

El desarrollo matemático del método de Janbu (1954) es similar al de Bishop, obteniéndose *N'* en base a un equilibrio vertical de fuerzas, pero en lugar de obtener el factor de seguridad en base al equilibrio de momentos se obtiene en base al equilibrio de fuerzas horizontales.

Operando adecuadamente, se llega a la expresión del factor de seguridad de este método:

$$F = \frac{\Sigma\left(\left[c'l + (W + \Delta T - ul)\tan\phi'\right]\frac{\cos^2\alpha}{1 + \frac{\tan\phi'\tan\alpha}{F}}\right)}{\Sigma(W + \Delta T)\tan\alpha} \tag{10}$$

Como en Bishop, se supone *ΔT=0* para el método simplificado.

Similar a lo que ocurre con el método de Bishop, en el método de Janbu el factor de seguridad está implícito, lo que requiere partir de un valor de *F* hipotético e iterar hasta alcanzar la convergencia.

El método de Janbu no verifica el equilibrio de momentos, y a diferencia de los métodos de Bishop que suponen una rotura circular del terreno, el método de Janbu es especialmente apropiado para roturas planas donde la relación profundidad/longitud es reducida.

8.1.3. Morgenstern-Price:

Si bien normalmente los métodos más empleados son el método de Bishop y el método de Janbu, existen situaciones en que es recomendable emplear otros métodos más completos que satisfagan todas las ecuaciones de equilibrio, incluido el equilibrio de momentos y el equilibrio de fuerzas horizontales.

Estos métodos más precisos, pero también más costosos computacionalmente, deben emplearse obligatoriamente cuando una de las acciones que actúa sobre el talud bajo estudio es el sismo. Aunque puede utilizarse en cualquier otra situación.

El denominado método GLE/Morgensten-Price es de aplicación a cualquier superficie de rotura (no necesariamente circular) y plantea el problema de estabilidad mediante las tres condiciones de equilibrio en rebanadas de espesor diferencial. El método supone que la inclinación de las fuerzas entre rebanadas es $\lambda \cdot f(x)$, siendo λ un factor de escala y $f(x)$ una función dada (Alonso, 2005).

8.1.4. Método de Spencer:

Este método es de aplicación, al igual que el anterior, cuando una de las acciones que actúa sobre el talud bajo estudio es el sismo, pero en este caso únicamente sobre superficies de rotura circulares. Satisface el equilibrio de fuerzas horizontales y de momentos, y supone que la inclinación de las fuerzas entre rebanadas es constante, debiéndose encontrar el valor de dicha constante para que las resultantes del equilibrio de fuerzas y momentos coincidan.

8.2. Parámetros geotécnicos y modelos constitutivos considerados:

Las propiedades geotécnicas de los materiales y las ecuaciones constitutivas consideradas para el cálculo de estabilidad son las siguientes, consideradas las condiciones especificadas en los apartados anteriores:

- Coluvial:
    - Modelo constitutivo considerado: Mohr-Colulomb
    - Peso específico: 17,0 kN/m^3
    - Peso específico saturado: 21,0 kN/m^3

  - Cohesión: 8 kPa
  - Ángulo de fricción: 21º
  - Valor de Ru: 0

- Coluvial antiguo:
  - Modelo constitutivo considerado: Mohr-Colulomb
  - Peso específico: 17,0 kN/m^3
  - Peso específico saturado: 21,0 kN/m^3
  - Cohesión: 23 kPa
  - Ángulo de fricción: 25º
  - Valor de Ru: 0

- Coluvial-aluvial:
  - Modelo constitutivo considerado: Mohr-Colulomb
  - Peso específico: 17,0 kN/m^3
  - Peso específico saturado: 21,0 kN/m^3
  - Cohesión: 15 kPa
  - Ángulo de fricción: 24º
  - Valor de Ru: 0

- Terraza colgada:
  - Modelo constitutivo considerado: Mohr-Colulomb
  - Peso específico: 19,0 kN/m^3
  - Peso específico saturado: 22,0 kN/m^3
  - Cohesión: 15 kPa
  - Ángulo de fricción: 38º
  - Valor de Hu: 1

- Aluvial:
  - Modelo constitutivo considerado: Mohr-Colulomb
  - Peso específico: 19,0 kN/m^3
  - Peso específico saturado: 22,0 kN/m^3
  - Cohesión: 1 kPa
  - Ángulo de fricción: 30º
  - Valor de Hu: 1

- Substrato rocoso:
  - Modelo constitutivo considerado: Generalized Hoek-Brown
  - Peso específico: 25,0 kN/m^3
  - Peso específico saturado: 25,0 kN/m^3
  - Resistencia a compresión simple: 250.000 kPa
  - GSI: 50
  - mi: 25

- D: 0
- Valor de Hu: 1

Todos estos valores pueden comprobarse los Anexos donde se adjunta la salida de resultados del análisis realizado.

8.3. Estudio de inestabilidades:

A partir de los datos presentados y considerados en los apartados anteriores, se ha realizado un estudio de la estabilidad del talud en las condiciones actuales, como paso previo para comprender cuál es su situación hoy en día y poder seleccionar posteriormente la solución de estabilización más adecuada. Los datos concretos pueden comprobarse en los Anexos donde se adjunta la salida de resultados de los análisis realizados con cada uno de los métodos especificados anteriormente.

Según la normativa vigente en Ecuador, la NEC-SE-GC (2015), se considerará como un factor de seguridad idóneo el valor de 1,5 para situación permanente sin la existencia de sismo y de 1,0 en presencia de sismo, lo que se denomina situación accidental. Por otro lado, Ecuador es un país en el que las solicitaciones dinámicas tienen vital importancia, por lo que se ha considerado la existencia de un valor de aceleración sísmica de 0,48*g* la cual ha sido obtenida a partir de los estudios de ensayos geofísicos realizados y de la potencial capacidad de amplificación de los materiales sedimentarios que componen la plataforma donde se ubica la SE Baños. En los modelos de cálculo de rebanadas para la condición de sismo se descompone en dos fuerzas pseudoestáticas, una vertical y otra horizontal. Así, el valor de la aceleración horizontal se corresponde con ½ del valor original y el de la vertical en un ¼, obteniéndose, en nuestro caso, valores de 0,24*g* y 0,12*g* respectivamente.

Partiendo de la sección tipo analizada y considerando ambos escenarios, con y sin sismo, se han realizado las modelizaciones de la estabilidad actual del talud, la cual se puede observar en las Figuras 53 y 54. En las mismas se muestran las roturas con el Factor de Seguridad (FS) mínimo obtenido sin y con sismo, siendo estos inferiores a los reflejados anteriormente y contemplados en la normativa vigente.

Como conclusión de estos análisis queda reflejado que, **en las condiciones actuales en las que se encuentra la zona de estudio y con los parámetros analizados, el talud se presenta en situación precaria de equilibrio y es necesario llevar a cabo medidas de estabilización para evitar la generación de futuras inestabilidades que puedan continuar con el deterioro del talud y afecte al resto de la plataforma donde se ubica la subestación eléctrica objeto de estudio**.

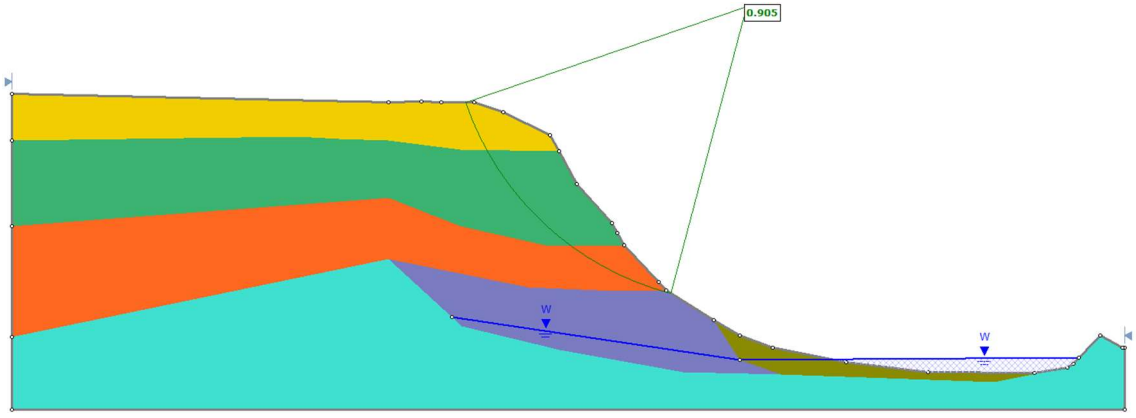


Figura 53. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido, mediante el método de Bishop simplificado en las condiciones actuales y sin sismo. Se ha obtenido un factor de seguridad (*FS=0,90*), muy por debajo del considerado aceptable (*FS=1,5*). Modelización realizada mediante el programa "Slide2" de la casa "Rocscience"

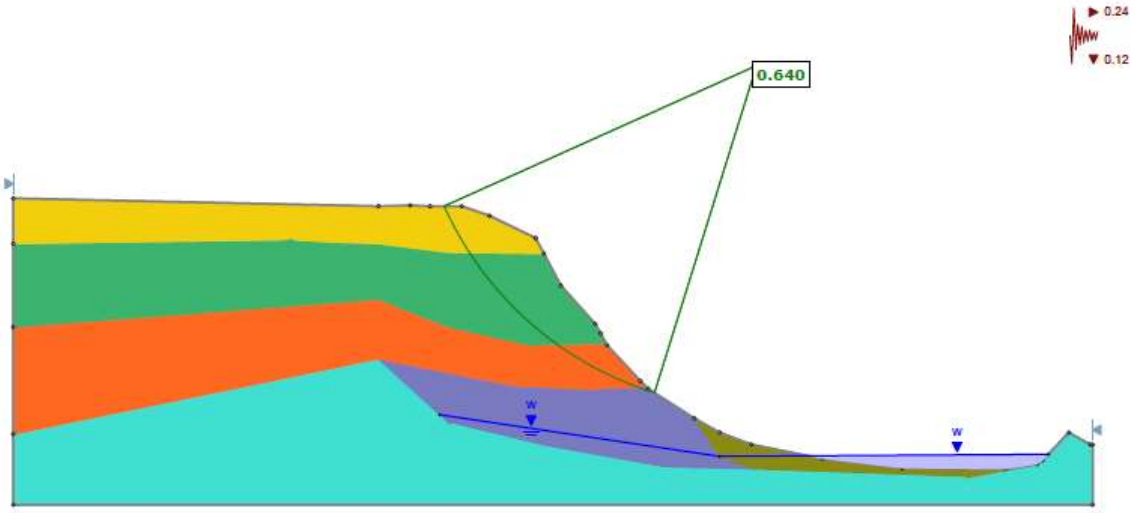


Figura 54. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido mediante el método de Morgenstern-Price, en las condiciones actuales y con sismo. Se ha obtenido un factor de seguridad (FS=0,64), muy por debajo del considerado aceptable (FS=1,0). Modelización realizada mediante el programa "Slide2" de la casa "Rocscience"

9. ESTUDIO DE ESTABILIDAD DEL TALUD CON LAS MEDIDAS DE ESTABILIZACIÓN PREESTABLECIDAS

9.1. Generalidades:

En el apartado anterior se ha llevado a cabo un estudio de estabilidad del talud donde se obtenía que, en las condiciones actuales, el talud se presenta en situación precaria de equilibrio y es necesario llevar a cabo medidas de estabilización para evitar la generación de futuras inestabilidades.

Posteriormente se ha llevado a cabo un análisis de diferentes soluciones de estabilización. La propuesta de solución se ha comprobado que permite obtener un factor de seguridad aceptable y por tanto asegura la estabilidad del talud actuando como sistema de protección a la erosión del río Pastaza. Dicha comprobación se muestra en el presente apartado, utilizando los mismos métodos que los reflejados en el análisis de estabilidad anterior.

9.2. Análisis de las variantes de estabilización:

Para la estabilización de un deslizamiento o talud inestable, deben conseguirse dos aspectos:

- Disminución de fuerzas deslizantes.
- Aumento de fuerzas resistentes mediante el aumento de tensiones normales.

Como medidas correctoras para la estabilización destacan las siguientes:

9.2.1. Corrección por geometría de talud:

La disminución de fuerzas que tienden al deslizamiento se logra reduciendo el volumen en la parte superior del deslizamiento. Los métodos más frecuentes para conseguir este efecto son:

- Eliminar la totalidad de la masa inestable: solo se aplica en situaciones extremas.

- Descabezamiento: consiste en la eliminación de la parte superior (cabecera) de la masa inestable. En esta zona el peso contribuye más al deslizamiento.

- Construcción de bermas intermedias: se trata de realizar un escalonado en la superficie del talud, con lo que se consigue en su conjunto rebajar el ángulo. Además de este efecto conlleva otra serie de ventajas que las hacen aconsejables como son: facilitan la construcción, ayudan a las operaciones de conservación, retienen las caídas parciales entre bancos, reducen el efecto erosivo, permiten la intercalación de cunetas de drenaje, etc. Esta medida se dispone habitualmente durante la fase de proyecto de un talud.

El aumento de fuerzas resistentes se consigue mediante el incremento de la masa al pie del deslizamiento, que se realiza mediante tacones de tierra y/o escollera. Estos se colocan en el

pie con lo que el peso del tacón se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie de deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. En ocasiones esta medida se combina con el descabezamiento ya que la masa excavada en cabecera se coloca al pie del deslizamiento. Es importante que la base de los tacones sea drenante para que puedan disiparse las presiones intersticiales.

9.2.2. Corrección por drenaje:

Este método tiene por objeto reducir las presiones intersticiales que pueden existir sobre la superficie de deslizamiento al tiempo que se produce una disminución del peso total de la masa inestable. Como medidas de drenaje y protección de taludes figuran:

- Drenaje superficial: se realiza para evitar que las aguas superficiales se infiltren de forma directa en el terreno, y que el agua de escorrentía superficial actúe sobre el talud y que puedan producir fenómenos erosivos que contribuyan a la inestabilidad. Esto se consigue mediante cunetas de drenaje dispuestas tanto en cabecera como en el pie del talud y por medio de zanjas superficiales drenantes con relleno filtrante que saquen el agua de la superficie del talud.

- Drenaje profundo: consisten en orificios que se realizan en el terreno para evacuar el agua en él contenida, deprimiendo el nivel freático. Se pueden clasificar en:

  - Drenes horizontales: consisten en pequeños taladros horizontales de pequeño diámetro subhorizontales que se realizan en la superficie del talud. La eficacia del sistema requiere la instalación de una alta densidad de taladros pues suelen obturarse en un elevado porcentaje y el uso de geotextiles para evitar su colmatación con finos.

  - Pozos verticales: son taladros verticales de gran diámetro en los cuales el agua suele evacuarse por bombeo mediante bombas sumergidas. En ocasiones para evitar el mantenimiento que supone tener en funcionamiento los equipos de bombeo, se conectan a una galería de drenaje para conseguir la evacuación del agua por gravedad.

  - Galerías de drenaje: se trata de galerías excavadas en el terreno bastante separadas de la superficie del talud y paralelas al mismo. Es un sistema muy efectivo pero muy caro y solamente suele emplearse en casos especiales. Suelen combinarse con la perforación de drenes de forma radial desde la propia galería, abarcando una mayor sección transversal, que mejora considerablemente el drenaje.

  - Zanjas drenantes: se trata de excavaciones de pequeña profundidad, rellenas de material filtrante, pueden ser zanjas de talud u horizontales.

9.2.3. Corrección por elementos resistentes:

- Anclajes: son armaduras metálicas alojadas en taladros perforados desde el talud y cementadas. Se emplean como medida estabilizadora tanto en rocas como en suelos, aunque son más aconsejables en el caso de rocas.
  Son elementos que trabajan a tracción y estabilizan el talud al:

  - Proporcionar una fuerza contraria al movimiento de la masa.
  - Provocar un incremento de las tensiones normales en la superficie de rotura, lo que provoca un aumento de la resistencia al deslizamiento.

  Los anclajes tienen tres partes: bulbo de anclaje, zona libre y cabeza del anclaje.
  Los anclajes según su forma de trabajar son:

  - Pasivos: no se pretensa la armadura.
  - Activos: se pretensa hasta alcanzar su carga admisible.
  - Mixtos: se pretensa hasta una carga admisible inferior.

  Los anclajes suelen usarse en deslizamientos en suelos que abarcan grandes masas y con superficies de roturas profundas. Los elementos tipo bulones no son aconsejables para roturas en suelo, reservándose para medios rocosos por su longitud limitada.

- Muros: suelen emplearse como elementos resistentes en los taludes al introducir un elemento de contención en el pie. En otras ocasiones suelen emplearse como elementos que permiten verticalizar más un talud en caso de falta de espacio. Los muros de forma general se clasifican en tres tipos:

  - Muros de sostenimiento: se separan del talud rellenándose en trasdós.
  - Muros de contención: excavados en el terreno y conteniéndolo.
  - Muros de revestimiento: revisten la superficie del terreno protegiéndolo.

  Existen, por otra parte, numerosos tipos de muros en cuanto a su geometría, materiales empleados, forma de revestir los esfuerzos, como muros de gravedad, muros en L, muros de contrafuertes, muros de gaviones, tierra armada, muros de recalce, muros anclados (combina el efecto del muro con los anclajes evitando el vuelco del mismo), muros pantalla, pantallas de pilotes y micropilotes e inyecciones.
  En todos los casos es imprescindible tener en cuenta las medidas de drenaje necesarias para permitir la disipación de las presiones intersticiales y evitar acumulaciones del agua en el trasdós del muro.

9.2.4. Corrección superficial:

Se aplican a la superficie del talud y por tanto solo afectan y protegen las capas más superficiales. En el caso de los taludes en suelos, estas medidas evitan las erosiones en la superficie del talud y la formación de pequeñas roturas superficiales.

El medio superficial más efectivo de protección de los taludes en suelo es la siembra de los mismos. La siembra de los taludes facilita el drenaje superficial de la superficie del terreno y las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo constante.

Para que el método funcione deben utilizarse especies autóctonas o que se adapten bien al clima donde van a desarrollarse. Conviene que las especies escogidas tengan raíces profundas y un alto grado de transpiración para que se incremente el consumo de agua. Por otra parte la siembra de taludes solo es posible en ángulo de talud relativamente tendido, no dando buenos resultados en taludes verticalizados.

9.2.5. Solución propuesta:

En el DOC-4 se proponen diferentes tipologías de estabilización y reconstrucción del talud, incluyendo la protección contra la erosión hídrica del mismo (Figura 55). Posteriormente, inspirada en las propuestas de este documento, se decide que la solución óptima pasa por la realización de una obra de estabilización mediante la construcción de un muro de escollera, hasta una altura aproximada de unos 7 a 8 m en la base del talud, de manera que, por encima de él y usado éste como base de apoyo, colocar un muro de gaviones hasta casi la coronación del talud (20 m de altura propuesta con alcance de la cota absoluta 1640-1641 msnm).

La construcción de un muro de escollera implica una seguridad en la cimentación de estructuras posteriores y una acción contra la erosión del río Pastaza en la zona afectada.

El apoyo de cualquier estructura o construcción (se proponen bloques de más de 1,5 m^3 o 2 Ton) sobre una base sólida del terreno (basamento) garantiza la restricción de los asientos de la misma y la capacidad de carga.

Analizando la zona afectada, la longitud del muro deberá ser superior a los 100 m para prevenir nuevas acciones de erosión en otros puntos.

Para el diseño de construcción de dicho muro de escollera se propone la geometría mostrada en la Figura 56.

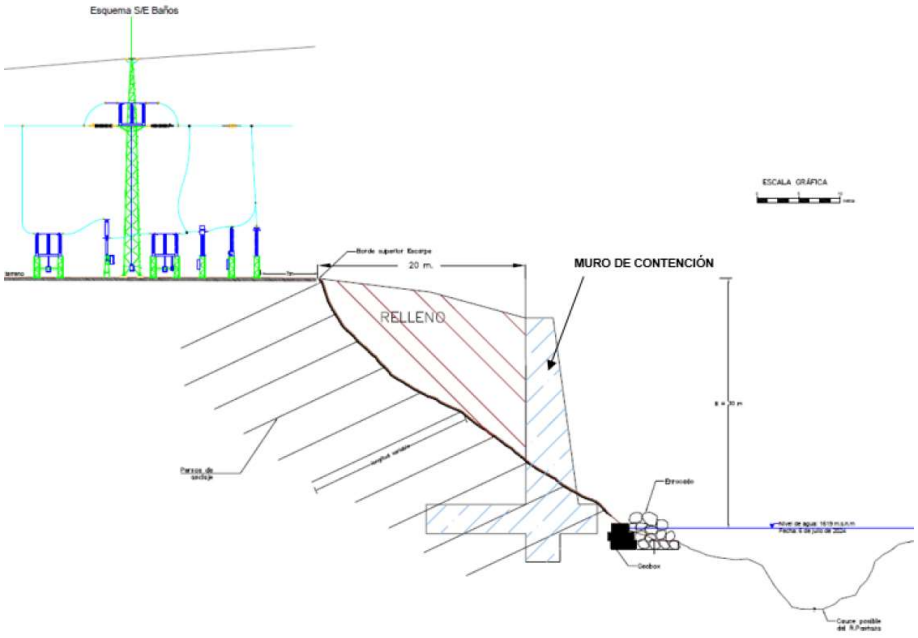


Figura 55. Propuesta de estabilización y recuperación del talud de la SE Baños. Tomado del DOC-4

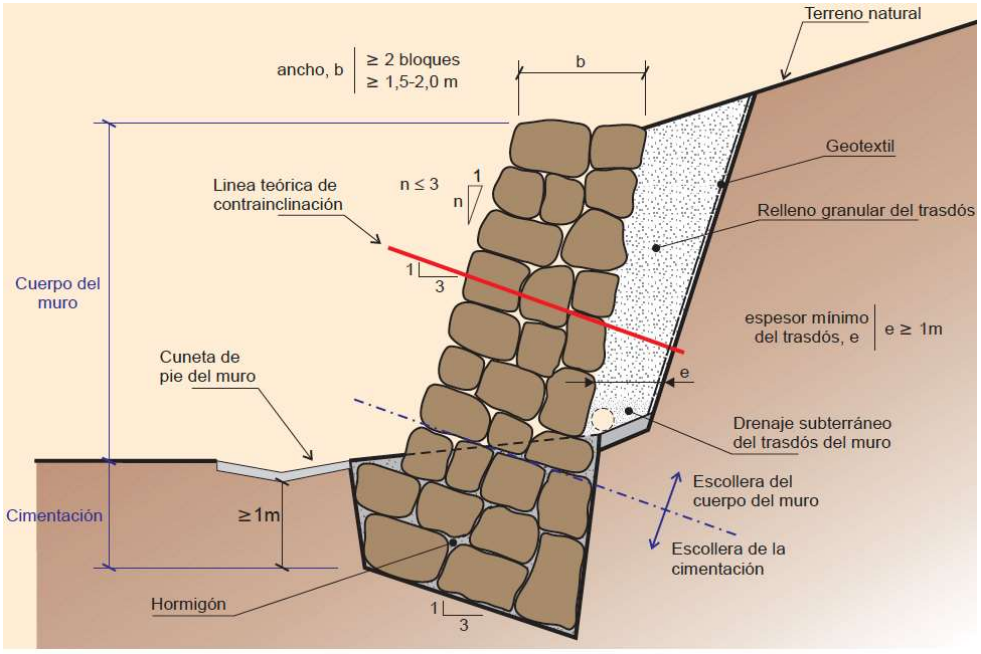


Figura 56. Definición geométrica de la sección tipo de un muro de escollera con función de contención

A considerar en la figura anterior las siguientes condiciones para su correcta construcción:

- El muro deberá ser cimentado sobre el basamento rocoso de tipo lava que ha sido determinado en los ensayos geofísicos realizados en la zona del cauce del río (excavación de 2 a 3 m bajo la rasante actual y eliminación de los primeros centímetros de roca alterada).

- El material que compondrá el muro (escollera) deberá disponer de características similares a las descritas en el próximo apartado.

- El relleno del trasdós debe ser un material adecuado y de calidad buena (seleccionado) siendo compactado en tongadas o capas que dependerán en espesor de la granulometría determinada.

- Complementariamente la escollera deberá ser cementada mediante lechada o cemento en masa para conseguir una uniformidad y una resistencia de conjunto adecuada.

9.3. Parámetros geotécnicos y modelos constitutivos:

Las propiedades geotécnicas y las ecuaciones constitutivas, de los materiales utilizados en la estabilización, consideradas para el cálculo de estabilidad son los que se reflejan a continuación:

- Cuerpo de escollera:
    - Modelo constitutivo considerado: Mohr-Colulomb
    - Peso específico: 22,0 kN/m^3
    - Cohesión: 5 kPa
    - Ángulo de fricción: 45º
    - Valor de Hu: 1
- Escollera de la cimentación:
    - Modelo constitutivo considerado: Infinite strength
    - Peso específico: 25,0 kN/m^3
    - Valor de Hu: 1
- Relleno granular del trasdós:
    - Modelo constitutivo considerado: Mohr-Colulomb
    - Peso específico: 20,0 kN/m^3
    - Cohesión: 1 kPa
    - Ángulo de fricción: 35º

- Valor de Hu: 1

En este caso, también pueden comprobarse todos estos valores en los Anexos donde se adjunta la salida de resultados de los análisis realizados.

9.4. Estudio de inestabilidades:

En este apartado se muestran los resultados de los estudios de la estabilidad realizados para el talud con las medidas de estabilización establecidas.

Los datos concretos pueden comprobarse en los Anexos donde se adjunta la salida de resultados de los análisis realizados. Estos análisis de estabilidad realizados son los siguientes:

- Estabilización únicamente con escollera considerando sismo.
- Estabilización completa con escollera y gaviones sin considerar sismo.
- Estabilización completa con escollera y gaviones considerando sismo.

Cabe comentar que se siguen considerando los mismos factores de seguridad idóneos anteriores (y mencionados en la NEC-SE-GC, 2015) y la misma aceleración sísmica.

En las Figuras 57, 58 y 59 se muestran las roturas con el Factor de Seguridad mínimo obtenido para cada uno de los supuestos anteriores.

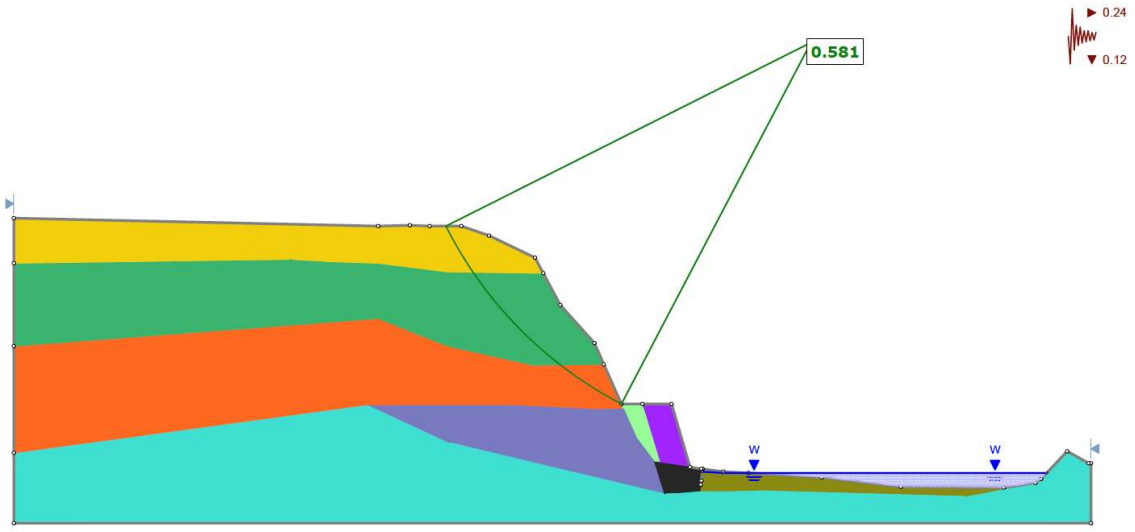


Figura 57. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido mediante el método de Morgenstern-Price. Se ha considerado únicamente la colocación de la escollera y en condiciones con sismo. Se ha obtenido un factor de seguridad (*FS=0,58*), muy por debajo del considerado aceptable (*FS=1,0*). Modelización realizada mediante el programa "Slide2" de la casa "Rocscience"

Puede observarse en la Figura 57 que si simplemente se colocara la escollera el talud seguiría siendo inestable en su parte superior (FS = 0,58), por lo que se ve necesaria la colocación de un sistema de sujeción como sería el muro de gaviones sobre ella.

En las Figuras 58 y 59 se lleva a cabo la simulación de la colocación de los gaviones sobre el muro de escollera, en condiciones de sismo y sin él. En este caso, y para que el programa considere la acción de los gaviones se ha representado como una fuerza perpendicular a la cara del talud.

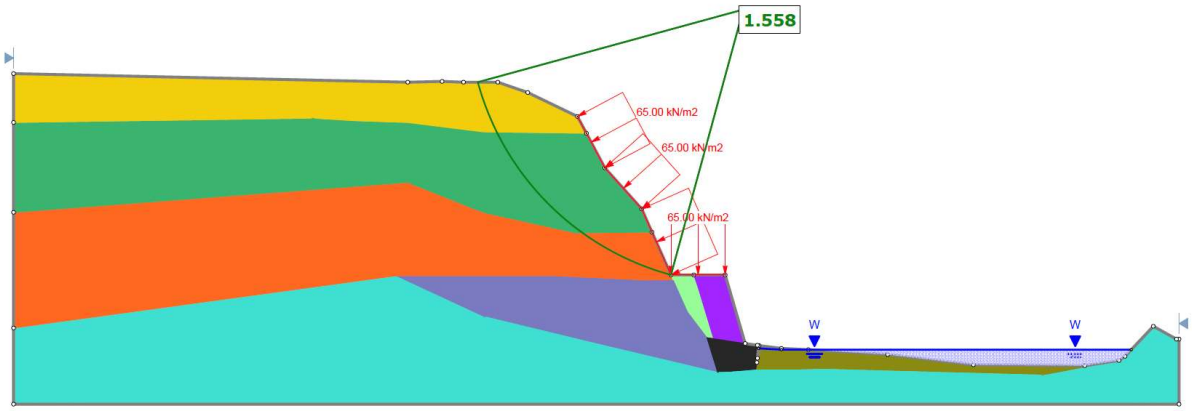


Figura 58. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido, mediante el método de Bishop simplificado, con las medidas de estabilización completas (escollera y gaviones) y sin sismo. Se ha obtenido un factor de seguridad (*FS=1,56*), por encima del considerado aceptable (*FS=1,5*). Modelización realizada mediante el programa "*Slide2*" de la casa "*Rocscience*"

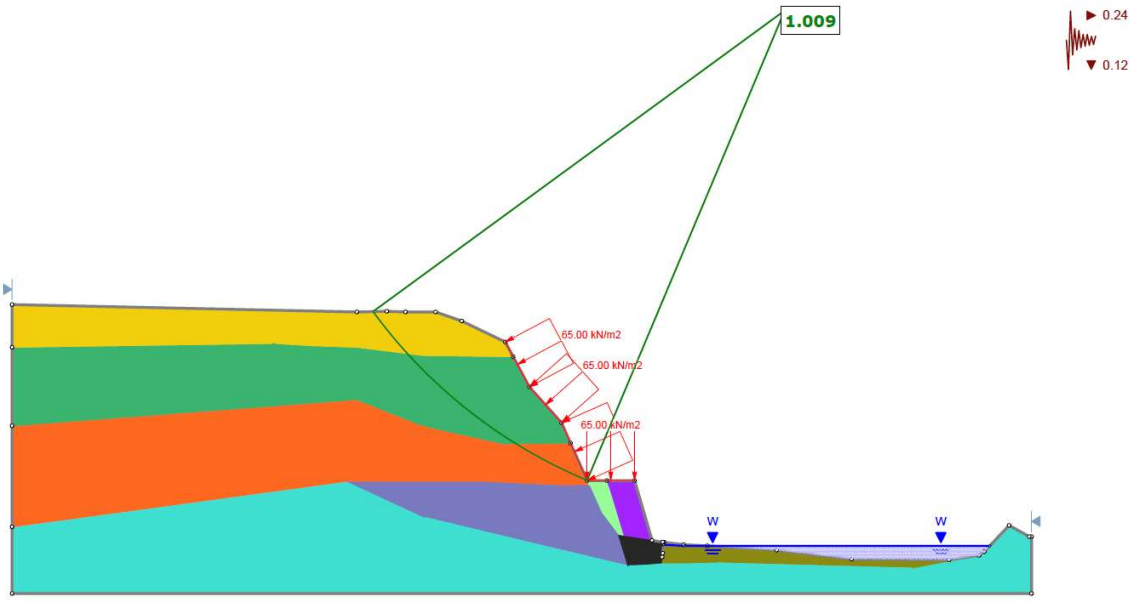


Figura 59. Resolución grafica del factor de seguridad mínimo obtenido mediante el método de Morgenstern-Price. Se ha simulado con las medidas de estabilización completas (escollera y gaviones) y con sismo. Se ha obtenido un factor de seguridad (*FS=1,01*), por encima del considerado aceptable (*FS=1,0*). Modelización realizada mediante el programa "*Slide2*" de la casa "*Rocscience*"

Esto resultados reflejan que **las medidas de estabilización propuestas aseguran la estabilidad del talud.**

9.5. Dimensionamiento y construcción del muro de escollera:

Las dimensiones obtenidas para el muro de escollera en base al diseño propuesto en la Figura 56 son las que se muestran en la Figura 60 en el que también se han representado los materiales existentes en la zona de estudio y que se comentan a continuación.

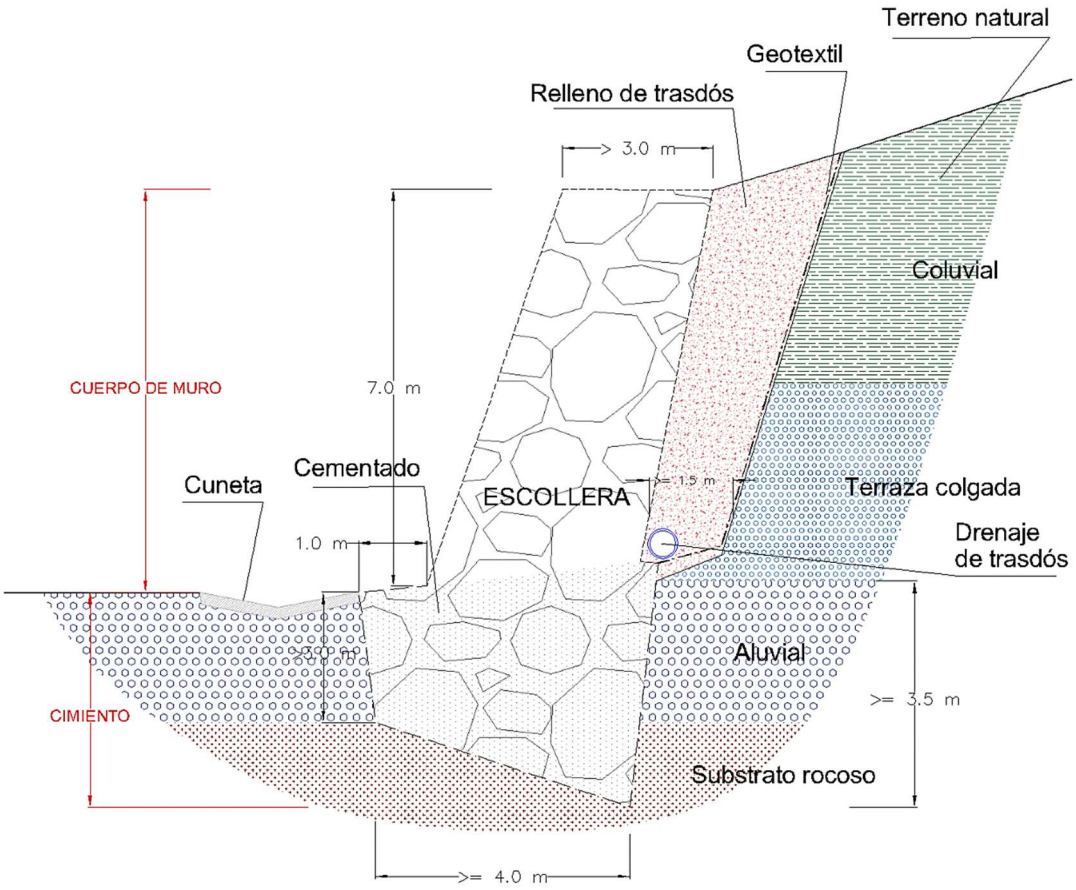


Figura 60. Propuesta de dimensionamiento del muro de escollera

El cimiento del muro de escollera dispondrá de las siguientes dimensiones:

- Profundidad mínima del cimiento: ≥ 3,0 m (o hasta apoyar en roca).
- Anchura del cimiento: ≥ 4,0 m.
- Profundidad mínima del trasdós del cimiento: ≥ 3,5 m.

- Pie de cimentación: 1,0 m (hacia fuera del trasdós).

Otros aspectos a considerar y tener en cuenta en la construcción de la cimentación son los siguientes:

- Deberá construirse con una contra inclinación en la base de 3H:1V.
- La escollera deberá quedar apoyada la roca andesítica.
- Los bloques del cimiento quedarán hormigonados
- Todo el cuerpo de la cimentación quedará hormigonado hasta el enrase con el terreno natural garantizando la inexistencia de zonas por donde pueda infiltrarse o acumularse agua.

El cuerpo del muro debe de disponer de las siguientes dimensiones:

- Anchura del muro mínima: ≥ 3,0 m (mínimo dos bloques)
- Altura por encima del cimiento: 7,0 m

Teniendo en consideración estos aspectos:

- La pendiente media del paramento visto no debe superar la relación 1H:3V
- En cada hilada del muro deberán colocarse al menos dos bloques
- La tipología de rocas empleada debe garantizar se estabilidad frente a los efectos de los agentes medioambientales.
- Deberá disponer de una contrainclinación de 3H:1V.

Por otra parte, el trasdós del muro será rellenado de un material granular adecuado y compactado, de manera que exista un contacto neto entre las rocas del muro y el terreno natural. Entre el relleno del trasdós y la cara del terreno natural se interpondrá una capa geotextil que actuará como filtro anticontaminante.

El espesor mínimo del relleno del trasdós deberá ser superior a 1,5 m.

Con el fin de evitar acumulaciones de agua en el trasdós y cimiento del muro de escollera será conveniente la construcción de un drenaje que aleje cualquier agua infiltrada lejos del cimiento (ver Figura 9). También se dispondrá de un drenaje superficial consistente en una cuneta en coronación y otra en el pie del muro que evite la infiltración de agua bajo y dentro de la escollera (deberá estar revestida de mortero).

Finalmente, a efectos económicos, es inviable realizar una estimación económica de la obra propuesta dado a que no se dimensiona para unas medidas exactas, por lo que esta no se lleva a cabo.

10. CONCLUSIONES:

Los resultados de los análisis realizados y la verificación de la estabilidad del talud en condiciones actuales y tras su actuación de estabilización son las que se indican a continuación:

El fenómeno que ha sucedido en el entorno de la SE Baños consiste en un deslizamiento rotacional generado en un coluvial antiguo.

La zona de estudio presenta un talud general con erosión y caída de materiales que muestra diferentes horizontes o capas con una disposición aproximadamente subhorizontal. Estos materiales fueron caracterizados geotécnicamente a partir de los ensayos de campo (perforaciones y geofísica) y de los ensayos de caracterización de laboratorio.

En base a diferentes datos, como son la sección geofísica de refracción, los arrojados por la perforación P-1 y los observados en el talud de corte erosionado, se establece una sección geológica que es la siguiente (de mayor a menor cota):

- Coluvial reciente y suelos superficiales (Coluvial)
- Coluvial antiguo compacto
- Coluvio-aluvial
- Terrazas colgadas
- Aluviales recientes (zona del río)
- Substrato rocoso

Posteriormente, una vez asignados los parámetros geotécnicos correspondientes a cada material de la sección, se realiza el análisis de estabilidad del talud en condiciones actuales (tal y como se presenta en el momento de la realización de este estudio). Se ha podido comprobar que los FS son inferiores a los que la norma ecuatoriana NEC (2015) establece para su seguridad a largo plazo. Este análisis se ha realizado en condiciones estáticas (FS=0,9 el cual es menor al 1,5 establecido en la norma) y pseudoestáticas o con sismo (FS=0,64, menor del 1,0 considerado en la norma).

Por lo tanto, es necesario realizar medidas de estabilización para concederle estabilidad a dicho talud. Estas obras de estabilización consideran dos obras: la construcción de un muro de escollera que sirva de protección a la erosión producida en la base del talud por el río Pastaza y la realización de un muro de gaviones para estabilizar la cara vista del talud.

En este sentido, el muro de escollera servirá también de base de apoyo al muro de gaviones, ya que como ha sido analizado, solamente con el muro de escollera la estabilidad del talud sigue comprometida (FS=0,58, menor que el 1,0 considerado en la norma).

Finalmente, en la correcta aplicación de estas medidas correctoras se puede concluir que la estabilidad y la zona actualmente inestable pasaría a considerarse como estable a largo plazo (FS=1,558 > 1,5 en condiciones estáticas, y FS=1,009 > 1,0 en condiciones pseudoestáticas).

11. BIBLIOGRAFÍA

Alonso Pérez de Ágreda, E. (2005). ***Estabilidad de Taludes*****. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica, ETS d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports, Universitat Politècnica de Catalunya.**

Autodesk, Inc. (2024). ***AutoCAD*** **(versión 2024) [Software]. https://www.autodesk.com/products/autocad/**

Bishop, A. W. (1955). ***The use of the sup circle in the stability analysis of slopes*****. Geotech.**

Bishop, A.W. (1967). ***Progressive failure with special reference to the Mechanism causing it*****. Proc. Geotech. Conf. Oslo.**

Chávez Riera, F. J. (2020). ***Caracterización litológica y estructural del corte Atillo-Macas*** **(Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Geólogo). Escuela Politécnica Nacional.**

Estrella Velasteguí, D. A. (2018). ***Estudio geológico y morfoestructural del valle del río Pastaza a la altura de la ciudad de Baños*** **(Proyecto de titulación de grado). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería en Geología y Petróleos.**

Google. (2025). ***Google Earth*** **[Software]. https://earth.google.com/**

Hatanaka, M., Uchida, A. (1996). ***Empirical correlation between penetration resistance and internal friction angle of sandy soils*****. Soils and Foundations. https://doi.org/10.3208/sandf.36.1**

Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE). (s.f.). https://www.iige.gob.ec/

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2022). https://www.inamhi.gob.ec/

Janbu, N. (1954). ***Aplication of compisite sup circles for stability analysis*****. Proc. European Conference on Stability of Earth Slopes. Stocklhom, vol. 3.**

Litherland, M., Aspden, J. A., Jemielita, R. A. (1994). ***Los cinturones metamórficos del Ecuador*** **(Overseas Memoir No. 11). British Geological Survey.**

Loke, M. H. (2022). ***Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys*** **(Rev. ed., 15th January 2022). Geotomo Software. https://www.geotomosoft.com**

Lugo Hubp, J. I. (1988). ***Elementos de geomorfología aplicada: Métodos cartográficos*****. Instituto de Geografía, UNAM.**

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). ***Norma ecuatoriana de la construcción: Peligro sísmico – Diseño sismo resistente (NEC-SE-DS)*****. CAMICON.**

Ministerio de Fomento (2006). ***Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera*****. Dirección general de Carreteras, Madrid.**

Organización Meteorológica Mundial. (2019). ***Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2018*** **(OMM-Nº 1233).** **https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5789**

Paucar, S. (2021). ***Compilación: Breves descripciones de las hojas geológicas 1:50000 del Ecuador continental*****. Quito (Ecuador).**

Rocscience Inc. (2024). ***Slide2*** **(versión 9.0) [Software].** **https://www.rocscience.com/software/slide2**

Sowers, G. B., Sowers, G. F. (1970). ***Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones*****. CECSA.**

Spencer, E. (1967). ***A Method of analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces*****. Geotechnique.**

Terzaghi, K., Peck, R. (1967). ***Soil Mechanics in Engineering Practice*****. 2nd Edition, John Wiley, New York.**

Torrijo, F.J., Eguibar, M.A., Garzón, J., Trizio, F. (2022). ***Stability Analysis of Soil and Rock Slopes*****. Editorial Universitat Politècnica de València, Valencia (España).**

Zamora Pacheco, P. I. (2007). ***Clasificaciones geomecánicas del macizo rocoso y aplicaciones para el túnel de conducción del Proyecto Hidroeléctrico "San Francisco"*** **(Proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Geólogo). Escuela Politécnica Nacional.**

12. ANEXOS

12.1. Registro fotográfico:

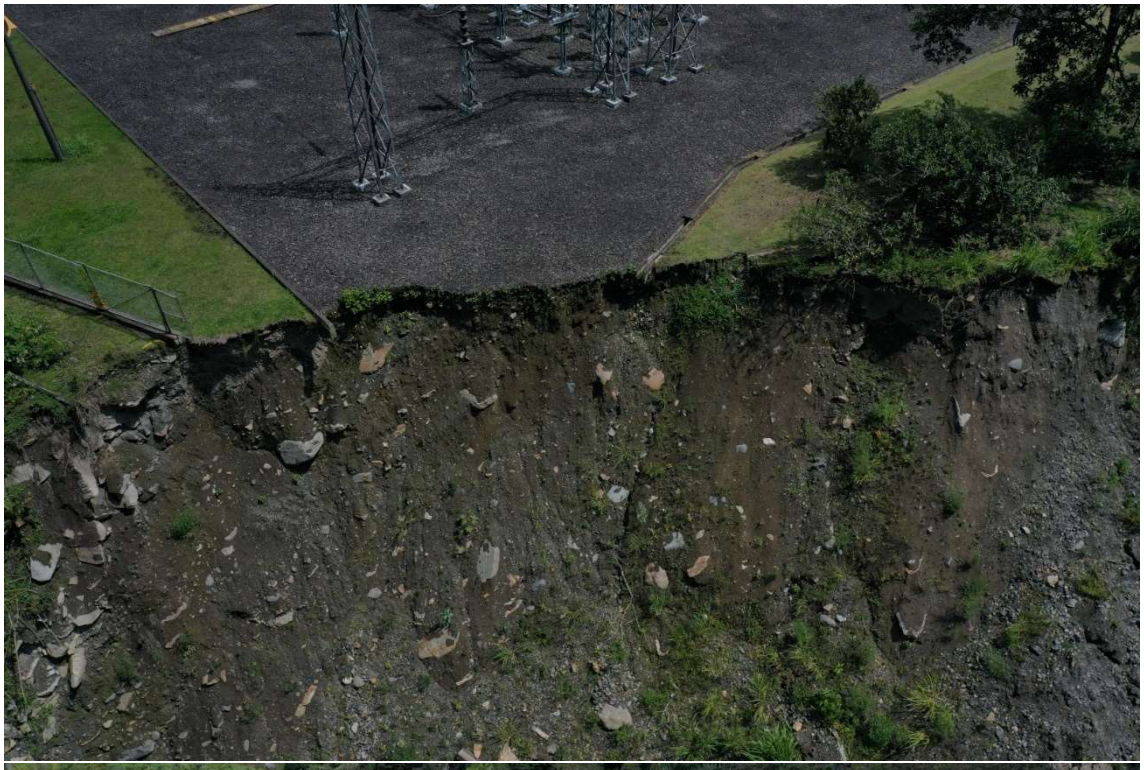
12.1.1. Fotografías 08/01/2025:





12.1.2. Fotografías 21/02/2025:







12.2. [DOC-1] ESTUDIO DE SUELOS. SUBESTACIÓN AGOYÁN:

MARCO ABARCA M.
Ingeniero Civil

CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN
PROYECTOS: GEOTÉCNICOS, VIALES, SANITARIOS, ESTRUCTURALES Y ELÉCTRICOS

ESTUDIO DE SUELOS

SUBESTACION AGOYAN

AGOSTO-2005

Av. De la Prensa N71-98 y Pablo Picasso, Tel. 2 494 870, Telefax 2 498 625, 09 603 6756 e-mail: mabarcam@punto.net.ec

INFORME DEL ESTUDIO DE SUELOS, PARA CONSTRUCCION DE LA S/E AGOYAN

Preparado por:
Ing. Marco Abarca M.

Ubicación: Agoyan (Prov. Tungurahua)

ANTECEDENTES:

Por contratación con TRANSELECTRIC SA, se procedió a la ejecución del Estudio de Suelos, para la construcción de la S/E Agoyan, ubicada en el proyecto del mismo nombre, cercano a la ciudad de Baños, en la provincia del Tungurahua, la misma que formará parte del sistema interconectado de transmisión eléctrica.

TRABAJOS REALIZADOS:

De acuerdo a las instrucciones y necesidades que para dicha construcción se necesita, se fijó los sitios en donde se ejecutaron 2 calicatas y 4 perforaciones hasta 3,00m de profundidad, medidos desde el nivel natural del terreno, estas se realizaron en los sitios previamente señalados, que se estima serán las áreas mas cargadas de la subestación, las perforaciones no se efectuaron a mayor profundidad debido a la presencia de grava y de grandes bloques de roca.

La ubicación consta en el plano adjunto, Anexo Nº 1, que constituye el plano del levantamiento topográfico de dicha sector.

En la perforación indicada se realizaron ensayos de penetración standard cada 0.50m de profundidad, para medir la resistencia del suelo a estos niveles, determinando el Número de Golpes "N", necesarios para una penetración de 30 cm de un tubo partido de dimensiones estandarizadas.

En estas perforaciones, y a cada 1.00m de profundidad, se efectuó recuperación de muestras alteradas para su identificación visual manual en sitio, ensayos de clasificación y compactación en laboratorio, estos resultados constan en el anexo No. 3, de este informe (8 hojas).

Con estos valores obtenidos podemos conocer el tipo de suelo que se tiene en el mencionado sitio, su capacidad portante, y más características que nos permitan determinar el comportamiento mecánico del suelo, y de esta manera lograr la mejor solución tanto para la cimentación de las estructuras principales, como para las obras adicionales que se crean necesarias.

Los resultados de las perforaciones, el tipo de suelo y las resistencias del mismo a diferentes profundidades constan en las hojas correspondientes a "Resumen de Resultados", Anexo No. 2, (4 hojas).

ANÁLISIS DE RESULTADOS:

De los resultados obtenidos en las perforaciones, tanto de los ensayos de penetración standard, como de la clasificación visual manual SUCS, y ensayos de laboratorio, se tiene un subsuelo con las siguientes características:

POZO No. 1

De: 0.00 - 0.10 m
Capa vegetal, limo arcilloso, color café claro, duro, existen arbustos y potreros.

De: 0.10 - 2.00m
Grava en una matriz limo arenosa, poco húmeda, no plástica y muy compacta, con presencia de bloques de roca.

POZO No. 2, 3, 4 y en las calicatas se observa el mismo tipo de material, con presencia de grandes bloques de roca en una matriz areno limosa, formando un conjunto muy compacto.

OBSERVACIONES:

Como se puede observar los suelos arriba descritos, presentan las mismas características, en todos los sitios, teniendo altas resistencias a la compresión, con materiales de buenas características a partir de los 0.50m de profundidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

Del análisis de los resultados se puede concluir que los suelos encontrados, corresponden a arenas y gravas limosas, poco húmedas, no plásticas formando conjuntos muy compactos, en los cuales se encuentran grandes bloques de roca en una matriz de arena y grava.

Bajo estas circunstancias, de acuerdo a los resultados obtenidos, y considerando que el sitio esta formado por gravas y arenas limosas que constituyen matriz de un conjunto de bloques de roca lo que presentan un conjunto compacto y muy compacto, de alta resistencia a la compresión.

Considerando estas propiedades del subsuelo en el sector, nos permitimos dar las siguientes recomendaciones de cimentación.

- **Tipo de Cimentación:** **Directa, mediante zapatas**
- **Capacidad de carga:** **qa = 30.00 t/m²**
- **Profundidad de Cimentación:** **Df = 1,00m,** desde el nivel natural del terreno.
- **Factor de Seguridad:** **Fs = 3**

MARCO ABARCA M.
Ingeniero Civil

- **Coeficiente de Balasto:** **Ks = 15 kg/cm^2/cm**

  Valor adoptado basándose en correlaciones existentes en tablas para este tipo de suelo.

- En caso de necesidad de cimentar equipos a menor profundidad, los valores de capacidad de carga para diferentes profundidades, se pueden tomar de la hoja de Resumen de Resultados, donde constan los valores de resistencia y un perfil que muestra el comportamiento del suelo para cada 0.50m de profundidad.

- Para el caso de cimentar torres o pórticos donde se generan momentos significativos, el diseño se convierte crítico en vencer las fuerzas de arranque, ya que la capacidad de carga es alta lo que da como resultado cimentaciones pequeñas, esta dificultad esta compensada por cuanto se tienen materiales para relleno sobre zapatas con densidades secas del orden de 1700 kg/m3.

- Para el cálculo de muros u obras adicionales, se tomarán como parámetros de diseños los siguientes:

En el suelo natural:	Angulo de fricción interna:	35°
	Cohesión del suelo:	0.30 kg/cm^2
	Peso unitario del suelo:	1.82 g/cm^3.

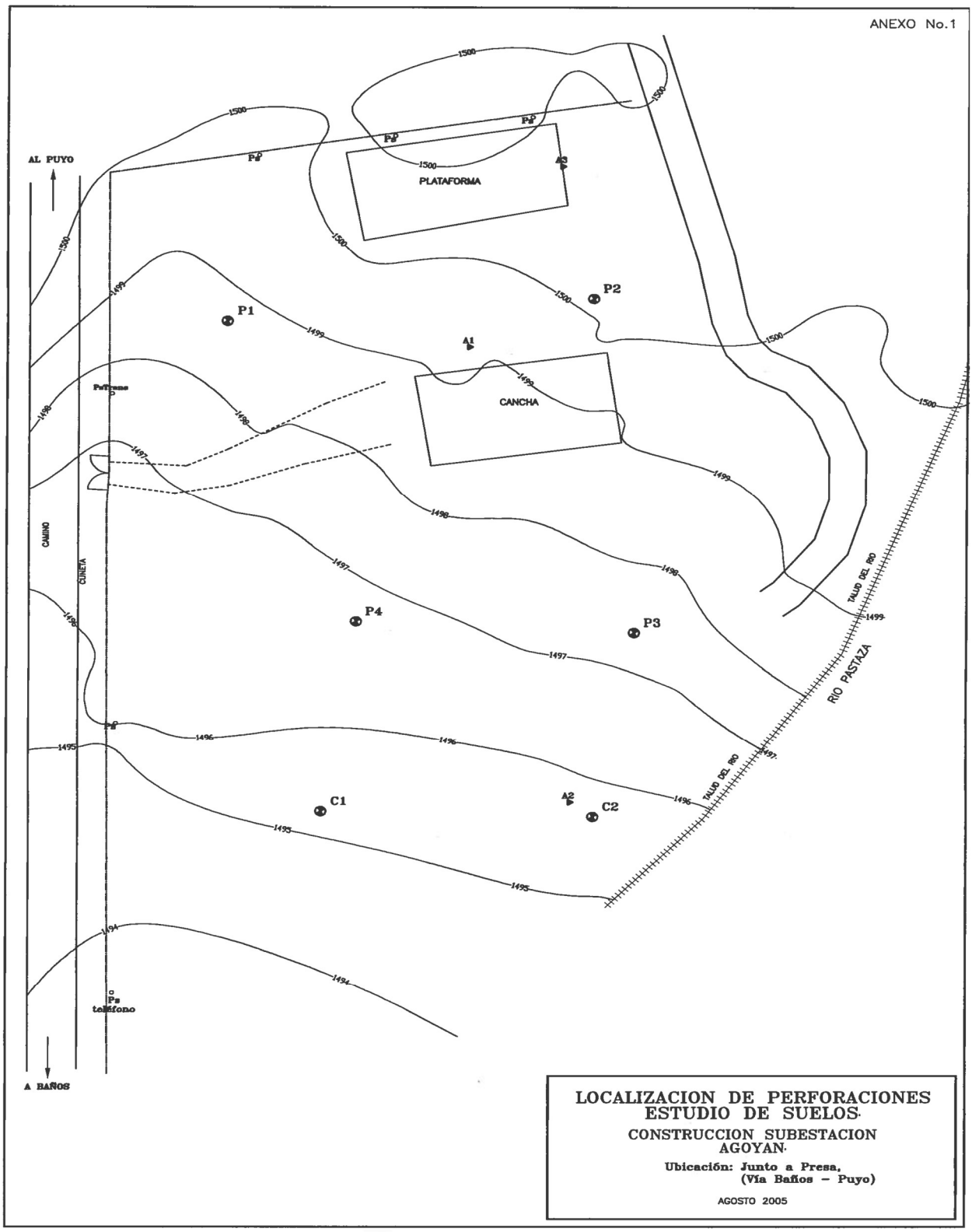
- **Asentamientos:** Los valores de los asentamientos diferenciales son estimados de acuerdo a las consideraciones que se hacen en el ensayo de penetración standard para este tipo de suelos, siendo estos menores a 10 mm, para la profundidad de cimentación, y capacidad de carga recomendados.

Cualquier aclaración, o consulta respecto al presente informe; estamos a su disposición.

Quito, agosto 1 del 2005

Atentamente,

Ing. Marco Abarca M.
LP 17-1964
Tel. 2 494-870


ANEXO No.1
AL PUYO
A BAÑOS
PLATAFORMA
CANCHA
P1
P2
P3
P4
C1
C2
A1
A2
A3
CAMINO
CUNETA
RIO PASTAZA
TALUD DEL RIO
Ps teléfono
LOCALIZACION DE PERFORACIONES
ESTUDIO DE SUELOS
CONSTRUCCION SUBESTACION AGOYAN
Ubicación: Junto a Presa, (Vía Baños – Puyo)
AGOSTO 2005

RESUMEN DE RESULTADOS

PROYECTO:	S/E AGOYAN	**MA** LABORATORIO SUELOS	
OBRA:	CIMENTACIÓN DE OBRAS	Ing. M. Abarca M.	
LOCALIZACIÓN:	AGOYAN CERCA DEL PROYECTO	Tel. 2494 870 - 2498 625 Quito	
ESTRUCTURA No.	S/E	REALIZADO POR: Ing. Marco Abarca M.	Anexo: 2
PERFORACIÓN:	P1	FECHA: Agosto 1 del 2005	Hoja 1 de 4

PROF. No CAPA	GOLPES cm	GOLPES No.	DESCRIPCIÓN TIPO, COLOR, OLOR, CONSISTENCIA	PROF No Golp	GRAFICO: PROFUNDIDAD — N° DE GOLPES	Wn %	GRANULOMETRIA PASA No 4	No 10	No 40	No 200	LIMITES LL	Ip	Clasif. SUCS	qa ton/m2
0.0	15	6	De: 0.00 - 0.10 m	p= 0.00 m										
	30	18	Capa vegetal, limo arcilloso, color café	N= 41										>30
	45	23	claro, duro, existen arbustos y potreros.			4	57	36	10	4	NP	NP	SP/SW	
1.0	15	20		p= 1.00 m										
	30	22		N= 52										>30
	45	30	De: 0.10 - 1.50m			5	51	37	19	3	NP	NP	SP/SW	
2.0	15	>60	Grava en una matriz limo arenosa, poco	p= 2.00 m										
	30	60	húmeda, no plástica y compacta	N= 60										>30
	45													
3.0	15		COMPACTACIÓN:	p= 3.00 m										
	30		Prof: 0.10 - 1.00m	N= -										
	45													
4.0	15		M. Dens. = 1.760 kg/m3	p= 4.00 m										
	30		Opt. Hum. = 13.35%	N= -										
	45													
5.0	15			p= 5.00 m										
	30			N= -										
	45													
6.0	15			p= 6.00 m										
	30			N= -										
	45													
7.0	15			p= 7.00 m										
	30			N= -										
	45													
8.0	15			p= 8.00 m										
	30			N= -										
	45													
9.0	15			p= 9.00 m										
	30			N= -										
	45													
10.0	15			p= 10.00 m										
	30			N= -										
	45													
11.0	15			p= 11.00 m										
	30			N= -										
	45													
12.0	15			p= 12.00 m										
	30			N= -										
	45													
13.0	15			p= 13.00 m										
	30			N= -										
	45													

NOTAS : 1.- Los suelos son gravas arenosas muy compactas.

RECOMENDACIONES:		**S/E**			
TIPO DE CIMENTACIÓN:		**DIRECTA**	SUSTITUCIÓN DE SUELO:	**no**	
CAPACIDAD DE CARGA:	**qa =**	**30.00** **t/m2**	ESPESOR DEL REEMPLAZO:	**0.00**	m
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:	**Df =**	**1.00** **m**	PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN:	**1.00**	m

RESUMEN DE RESULTADOS s-r

PROYECTO:	S/E AGOYAN	**MA** LABORATORIO SUELOS	
OBRA:	CIMENTACIÓN DE OBRAS	Ing. M. Abarca M.	
LOCALIZACIÓN:	AGOYAN CERCA DEL PROYECTO	Tel. 2494 870 - 2498 625 Quito	
ESTRUCTURA No.	S/E	REALIZADO POR: Ing. Marco Abarca M.	Anexo: 2
PERFORACIÓN:	P2	FECHA: Agosto 1 del 2005	Hoja 1 de 4

PROF. No CAPA	GOLPES cm	GOLPES No.	DESCRIPCIÓN TIPO , COLOR , OLOR , CONSISTENCIA	PROF No Golp	GRAFICO : PROFUNDIDAD --- "N" DE GOLPES (10 20 30 40 50 60)	Wn %	GRANULOMETRÍA PASA No 4	No 10	No 40	No 200	LIMITES LL	Ip	Clasif. SUCS	qa ton/m2
0.0	15	8	De: 0.00 - 0.05 m	p= 0.00 m										
	30	25	Capa vegetal, limo arcilloso, color café	N= 45										>30
	45	20	claro, duro, existen arbustos y potreros.											
				p= 1.00 m										
1.0	15	20		N= 50		5	49	27	19	3	NP	NP	GP/GW	>30
	30	50												
	45	>50	De: 0.05 - 1.00m											
			Grava en una matriz limo arenosa, poco	p= 2.00 m										
2.0	15	>60	húmeda, no plástica y compacta	N= 60										>30
	30	60												
	45													
			NO EXISTE NIVEL FREATICO	p= 3.00 m										
3.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 4.00 m										
4.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 5.00 m										
5.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 6.00 m										
6.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 7.00 m										
7.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 8.00 m										
8.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 9.00 m										
9.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 10.00 m										
10.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 11.00 m										
11.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 12.00 m										
12.0	15			N= -										
	30													
	45			p= 13.00 m										
13.0	15			N= -										
	30													
	45													

NOTAS : 1.- Los suelos son gravas arenosas muy compactas.

RECOMENDACIONES:		**S/E**				
TIPO DE CIMENTACIÓN:		**DIRECTA**		SUSTITUCIÓN DE SUELO:	**no**	
CAPACIDAD DE CARGA:	**qa =**	**30.00**	**t/m2**	ESPESOR DEL REEMPLAZO:	**0.00**	**m**
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:	**Df =**	**1.00**	**m**	PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN:	**1.00**	**m**

RESUMEN DE RESULTADOS s-r

MA LABORATORIO SUELOS
Ing. M. Abarca M.
Tel. 2494 870 - 2498 625 Quito

PROYECTO: S/E AGOYAN
OBRA: CIMENTACIÓN DE OBRAS
LOCALIZACIÓN: AGOYAN CERCA DEL PROYECTO
ESTRUCTURA No. S/E — REALIZADO POR: Ing. Marco Abarca M. — Anexo: 2
PERFORACIÓN: P3 — FECHA: Agosto 1 del 2005 — Hoja 1 de 4

PROF.	GOLPES		DESCRIPCIÓN	PROF	GRAFICO: PROFUNDIDAD --- "N" DE GOLPES (0 10 20 30 40 50 60)	Wn	GRANULOMETRÍA PASA				LIMITES		Clasif.	qa
No CAPA	cm	No.	TIPO, COLOR, OLOR, CONSISTENCIA	No Golp		%	No 4	No 10	No 40	No 200	LL	Ip	SUCS	ton/m2
0.0	15	5	De: 0.00 - 0.10 m	p= 0.00 m										
	30	13	Capa vegetal, limo arcilloso, color café	N= 40										>30
	45	27	claro, duro, existen arbustos y potreros.											
				p= 1.00 m										
1.0	15	22		N= 58		5	39	33	24	8	NP	NP	GM	>30
	30	28												
	45	30	De: 0.10 - 2.00m											
			Grava en una matriz limo arenosa, poco	p= 2.00 m										
2.0	15	>60	húmeda, no plástica y compacta	N= 60										>30
	30	60												
	45													
			COMPACTACION:	p= 3.00 m										
3.0	15		Prof: 0.10 - 1.50m	N= -										
	30													
	45		M. Dens. = 1.810 kg/m3											
			Opt. Hum. = 12.40%	p= 4.00 m										
4.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 5.00 m										
5.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 6.00 m										
6.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 7.00 m										
7.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 8.00 m										
8.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 9.00 m										
9.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 10.00 m										
10.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 11.00 m										
11.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 12.00 m										
12.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 13.00 m										
13.0	15			N= -										
	30													
	45													

NOTAS : 1.- Los suelos son gravas arenosas muy compactas.

RECOMENDACIONES:		S/E				
TIPO DE CIMENTACIÓN:		DIRECTA		SUSTITUCIÓN DE SUELO:	no	
CAPACIDAD DE CARGA:	qa =	30.00	t/m2	ESPESOR DEL REEMPLAZO:	0.00	m
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:	Df =	1.00	m	PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN:	1.00	m

RESUMEN DE RESULTADOS s-r

PROYECTO: S/E AGOYAN
OBRA: CIMENTACIÓN DE OBRAS
LOCALIZACIÓN: AGOYAN CERCA DEL PROYECTO
ESTRUCTURA No. S/E
PERFORACIÓN: P4

MA LABORATORIO SUELOS
Ing. M. Abarca M.
Tel. 2494 870 - 2498 625 Quito

REALIZADO POR: Ing. Marco Abarca M.
FECHA: Agosto 1 del 2005

Anexo 2
Hoja 1 de 4

PROF. No CAPA	GOLPES cm	GOLPES No.	DESCRIPCIÓN TIPO , COLOR , OLOR , CONSISTENCIA	PROF No Golp	GRAFICO : PROFUNDIDAD --- "N" DE GOLPES (0 10 20 30 40 50 60)	Wn %	GRANULOMETRÍA PASA No 4	No 10	No 40	No 200	LIMITES LL	Ip	Clasif. SUCS	qa ton/ m2
0.0	15	5	De: 0.00 - 0.10 m	p= 0.00 m										
	30	18	Capa vegetal, limo arcilloso, color café	N= 45										>30
	45	27	claro, duro, existen arbustos y potreros.			4	50	35	27	4	NP	NP	GP/GW	
				p= 1.00 m										
1.0	15	22		N= 58										>30
	30	28												
	45	30	De: 0.10 - 2.00m			4	52	22	18	5	NP	NP	GP/GW	
			Grava en una matriz limo arenosa, poco	p= 2.00 m										
2.0	15	>60	húmeda, no plástica y muy compacta	N= 60										>30
	30	60												
	45													
			NO EXISTE NIVEL FREATICO	p= 3.00 m										
3.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 4.00 m										
4.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 5.00 m										
5.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 6.00 m										
6.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 7.00 m										
7.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 8.00 m										
8.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 9.00 m										
9.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 10.00 m										
10.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 11.00 m										
11.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 12.00 m										
12.0	15			N= -										
	30													
	45													
				p= 13.00 m										
13.0	15			N= -										
	30													
	45													

NOTAS : 1.- Los suelos son gravas arenosas muy compactas.

RECOMENDACIONES:		S/E				
TIPO DE CIMENTACIÓN:		DIRECTA		SUSTITUCIÓN DE SUELO:	no	
CAPACIDAD DE CARGA:	qa =	30.00	t/m2	ESPESOR DEL REEMPLAZO:	0.00	m
PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:	Df =	1.00	m	PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN:	1.00	m

PROYECTO:	S/E AGOYAN	**MA LABORATORIO SUELOS**	
OBRA:	CIMENTACION DE OBRAS CIVILES	Ing. Marco Abarca M.	
LOCALIZACION:	AGOYAN, PRESA	Tel. 2 494 870 - 2 498 625 Quito	
TORRE No.	P1		
MUESTRA #:	P1-1	PROF: 0.10 - 0.90 m	REALIZADO POR: Ing. M. A.
			FECHA: Agosto del 2005

ENSAYOS DE CLASIFICACION

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

W Hum.	W Seco	W Caps	w %	
67.48	65.45	18.56	4.33	PROMEDIO: 4
66.11	64.21	18.11	4.12	

2.- GRANULOMETRIA

DATOS:

W Hum. = 110.32 gr
W Seco = 105.85 gr

Tamíz	W Ret.	% Ret	% Pasa
Nº 3/8"	25.56	24	76
Nº 4	45.40	43	57
Nº 10	67.89	64	36
Nº 40	95.45	90	10
Nº 200	102.00	96	4

3.- LIMITE LIQUIDO : NP **LL=** 0.00

4.- LIMITE PLASTICO : NP **LP=** 0.00 **IP=** 0.00

5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACION

GRANULOMETRIA:		PLASTICIDAD:		CLASIFICACION:	
GRAVA	43	% LL =	NP	SUCS :	SP/SW
ARENA	53	% LP =	NP	AASHTO :	
FINOS	4	% IP =	NP	IG :	

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO ASTM 854-65

DATOS:
Pss = peso suelo seco
Pp = Peso picnometro con agua
Ppsa = Peso pic+suelo+agua
T = Temperatura
Gs = Pss/(Pss+Pp-Ppsa)

Determ. No.	1	2	
Pss =			g
Pp =			g
Ppsa =			g
Gs =			g/cm3
PROMEDIO:	**Gs =**		**g/cm3**

PROYECTO:	S/E AGOYAN	**MA** LABORATORIO SUELOS Ing. Marco Abarca M. Tel. 2 494 870 - 2 498 625 Quito
OBRA:	CIMENTACION DE OBRAS CIVILES	
LOCALIZACION:	AGOYAN, PRESA	
TORRE No.	**P1**	
MUESTRA #:	P1-2 PROF: 0.90 - 1.80 m	REALIZADO POR: Ing. M. A.
		FECHA: Agosto del 2005

ENSAYOS DE CLASIFICACION

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

W Hum.	W Seco	W Caps	w %	
58.59	56.71	18.11	4.87	PROMEDIO: **5**
67.93	65.76	18.08	4.55	

2.- GRANULOMETRIA

DATOS:

W Hum. = 145.60 gr
W Seco = 139.05 gr

Tamiz	W Ret.	% Ret	% Pasa
Nº 3/8"	43.67	31	69
Nº 4	67.89	49	51
Nº 10	87.91	63	37
Nº 40	112.56	81	19
Nº 200	134.67	97	3

3.- LIMITE LIQUIDO : NP **LL=** 0.00

4.- LIMITE PLASTICO : NP **LP=** 0.00
IP= 0.00

5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACION

GRANULOMETRIA:		**PLASTICIDAD:**		**CLASIFICACION:**	
GRAVA	49	% LL =	NP	SUCS :	GP/GW
ARENA	48	% LP =	NP	AASHTO :	
FINOS	3	% IP =	NP	IG :	

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO ASTM 854-65

DATOS:
Pss = peso suelo seco
Pp = Peso picnometro con agua
Ppsa = Peso pic+suelo+agua
T = Temperatura
Gs = Pss/(Pss+Pp-Ppsa)

Determ. No.	1	2	
Pss =			g
Pp =			g
Ppsa =			g
Gs =			g/cm3
PROMEDIO:	**Gs =**		**g/cm3**

PROYECTO:	S/E AGOYAN		
OBRA:	CIMENTACION DE OBRAS CIVILES		
LOCALIZACION:	AGOYAN, PRESA		
TORRE No.	**P2**		
MUESTRA #:	P2-1	PROF: 0.00 - 1.00 m	REALIZADO POR: Ing. M. A.
			FECHA: Agosto del 2005

MA LABORATORIO SUELOS
Ing. Marco Abarca M.
Tel. 2 494 870 - 2 498 625 Quito

ENSAYOS DE CLASIFICACION

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

W Hum.	W Seco	W Caps	w %	
64.45	62.31	17.98	4.83	PROMEDIO: **5**
56.53	54.87	17.66	4.46	

2.- GRANULOMETRIA

DATOS:

W Hum. = 112.59 gr
W Seco = 107.59 gr

Tamiz	W Ret.	% Ret	% Pasa
Nº 3/8"	35.32	33	67
Nº 4	55.22	51	49
Nº 10	78.98	73	27
Nº 40	87.31	81	19
Nº 200	104.50	97	3

3.- LIMITE LIQUIDO : NP **LL=** 0.00

4.- LIMITE PLASTICO : NP **LP=** 0.00
IP= 0.00

5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACION

GRANULOMETRIA:		**PLASTICIDAD:**		**CLASIFICACION:**	
GRAVA	51	% LL =	NP	SUCS :	GP/GW
ARENA	46	% LP =	NP	AASHTO :	
FINOS	3	% IP =	NP	IG :	

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO ASTM 854-65

DATOS:	Determ. No. 1	2	
Pss = peso suelo seco	Pss =		g
Pp = Peso picnometro con agua	Pp =		g
Ppsa = Peso pic+suelo+agua	Ppsa =		g
T = Temperatura	Gs =		g/cm3
Gs = Pss/(Pss+Pp-Ppsa)	**PROMEDIO:**	**Gs =**	**g/cm3**

PROYECTO:	S/E AGOYAN		**MA** LABORATORIO SUELOS Ing. Marco Abarca M. Tel. 2 494 870 - 2 498 625 Quito
OBRA:	CIMENTACION DE OBRAS CIVILES		
LOCALIZACION:	AGOYAN, PRESA		
TORRE No.	**P3**		
MUESTRA #:	P3-1	PROF: 0.00 - 1.50 m	REALIZADO POR: Ing. M. A. FECHA: Agosto del 2005

ENSAYOS DE CLASIFICACION

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

W Hum.	W Seco	W Caps	w %	
68.93	66.54	18.21	4.95	PROMEDIO: **5**
62.82	60.49	17.95	5.48	

2.- GRANULOMETRIA

DATOS:

W Hum. = 138.77 gr
W Seco = 131.90 gr

Tamíz	W Ret.	% Ret	% Pasa
Nº 3/8"	42.22	32	68
Nº 4	80.00	61	39
Nº 10	88.98	67	33
Nº 40	100.50	76	24
Nº 200	121.80	92	8

3.- LIMITE LIQUIDO : NP — LL= 0.00

4.- LIMITE PLASTICO : NP — LP= 0.00 — IP= 0.00

5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACION

GRANULOMETRIA:		PLASTICIDAD:		CLASIFICACION:	
GRAVA	61	% LL =	NP	SUCS :	GM
ARENA	31	% LP =	NP	AASHTO :	
FINOS	8	% IP =	NP	IG :	

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO ASTM 854-65

DATOS:
Pss = peso suelo seco
Pp = Peso picnometro con agua
Ppsa = Peso pic+suelo+agua
T = Temperatura

Gs = Pss/(Pss+Pp-Ppsa)

Determ. No.	1	2	
Pss =			g
Pp =			g
Ppsa =			g
Gs =			g/cm3

PROMEDIO: Gs = g/cm3

PROYECTO:	S/E AGOYAN		
OBRA:	CIMENTACION DE OBRAS CIVILES		
LOCALIZACION:	AGOYAN, PRESA		
TORRE No.	**P4**		
MUESTRA #:	P4-1	PROF: 0.10 - 1.00 m	REALIZADO POR: Ing. M. A.
			FECHA: Agosto del 2005

MA LABORATORIO SUELOS
Ing. Marco Abarca M.
Tel. 2 494 870 - 2 498 625 Quito

ENSAYOS DE CLASIFICACION

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

W Hum.	W Seco	W Caps	w %	
54.65	53.21	17.79	4.07	PROMEDIO: 4
58.19	56.43	18.01	4.58	

2.- GRANULOMETRIA

DATOS:

W Hum. = 143.77 gr
W Seco = 137.81 gr

Tamíz	W Ret.	% Ret	% Pasa
Nº 3/8"	48.37	35	65
Nº 4	68.98	50	50
Nº 10	89.54	65	35
Nº 40	100.45	73	27
Nº 200	132.67	96	4

3.- LIMITE LIQUIDO : NP **LL=** 0.00

4.- LIMITE PLASTICO : NP **LP=** 0.00
IP= 0.00

5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACION

GRANULOMETRIA:		PLASTICIDAD:		CLASIFICACION:	
GRAVA	50	% LL =	NP	SUCS :	GP/GW
ARENA	46	% LP =	NP	AASHTO :	
FINOS	4	% IP =	NP	IG :	

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO ASTM 854-65

DATOS:
Pss = peso suelo seco
Pp = Peso picnometro con agua
Ppsa = Peso pic+suelo+agua
T = Temperatura
Gs = Pss/(Pss+Pp-Ppsa)

Determ. No.	1	2	
Pss =			g
Pp =			g
Ppsa =			g
Gs =			g/cm3
PROMEDIO:	**Gs =**		**g/cm3**

PROYECTO:	S/E AGOYAN	**MA LABORATORIO SUELOS**	
OBRA:	CIMENTACION DE OBRAS CIVILES	Ing. Marco Abarca M.	
LOCALIZACION:	AGOYAN, PRESA	Tel. 2 494 870 - 2 498 625 Quito	
TORRE No.	**P4**		
MUESTRA #:	P4-2	PROF: 1.00 - 2.00 m	REALIZADO POR: Ing. M. A.
			FECHA: Agosto del 2005

ENSAYOS DE CLASIFICACION

1.- CONTENIDO DE HUMEDAD

W Hum.	W Seco	W Caps	w %	
67.79	65.67	18.08	4.45	PROMEDIO: **4**
62.25	60.43	18.32	4.32	

2.- GRANULOMETRIA

DATOS:

W Hum. = 150.20 gr
W Seco = 143.89 gr

Tamíz	W Ret.	% Ret	% Pasa
N° 3/8"	44.50	31	69
N° 4	69.54	48	52
N° 10	111.60	78	22
N° 40	118.00	82	18
N° 200	136.00	95	5

3.- LIMITE LIQUIDO : NP **LL=** 0.00

4.- LIMITE PLASTICO : NP **LP=** 0.00
IP= 0.00

5.- RESUMEN DE RESULTADOS Y CLASIFICACION

GRANULOMETRIA:		PLASTICIDAD:		CLASIFICACION:	
GRAVA	48	% LL =	NP	SUCS :	GP/GW
ARENA	47	% LP =	NP	AASHTO :	
FINOS	5	% IP =	NP	IG :	

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO ASTM 854-65

DATOS:
Pss = peso suelo seco
Pp = Peso picnometro con agua
Ppsa = Peso pic+suelo+agua
T = Temperatura

Gs = Pss/(Pss+Pp-Ppsa)

Determ. No.	1	2	
Pss =			g
Pp =			g
Ppsa =			g
Gs =			g/cm3

PROMEDIO: Gs = **g/cm3**

S2

PROYECTO:	**S/E AGOYAN**		**MA LABORATORIO SUELOS** Ing. Marco Abarca M.
OBRA:	CIMENTACIÓN DE OBRAS		
LOCALIZACION:	AGOYAN CERCA DE LA PRESA		
SECTOR:	**AGOYAN CERCA DE LA PRESA**		REALIZADO POR: Ing. M. A.
MUESTRA No.	**P3**	**PROF:** 0.10 - 1.50 m	FECHA: Agosto del 2005
TIPO DE MATERIAL:	**GRAVA ARENOSA**		

ENSAYO DE COMPACTACION

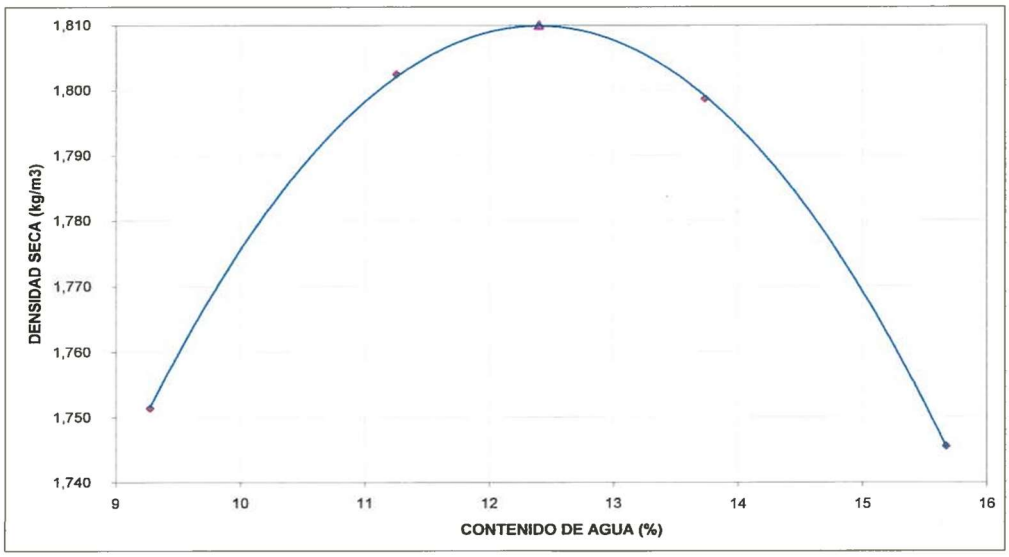
TIPO DE PRUEBA:	**Proctor Estándar**	**T-99**	
MOLDE # :	1	PESO MARTILLO =	5 lbs
VOLUMEN	940 cm^3	ALTURA CAIDA =	12 pulgs
PESO	4,235 g	GOLPES POR CAPA =	25
NUM DE CAPAS	5		

PRUEBA No.:	1	2	3	4
Molde + suelo hum g	6,034	6,120	6,158	6,133
Peso molde g	4,235	4,235	4,235	4,235
Peso suelo húmedo g	1,799	1,885	1,923	1,898
Densidad húmeda kg/m^3	**1.914**	**2.005**	**2.046**	**2.019**

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

Peso caps + suelo húmedo :	60.37	61.52	65.28	66.16	66.57	64.05	67.98	72.87
Peso caps + suelo seco :	56.78	57.82	60.56	61.21	60.67	58.54	61.28	65.43
Peso capsula :	17.67	18.32	17.88	17.98	17.69	18.45	18.23	18.31
Porcentaje Hum.(%) :	9.18	9.37	11.06	11.45	13.73	13.74	15.56	15.79
Humedad promedio %	**9.27**		**11.25**		**13.74**		**15.68**	
Densidad Seca kg/m^3	**1,751**		**1,802**		**1,799**		**1,746**	

DENSIDAD MAXIMA: 1,810 kg/m3 **HUMEDAD OPTIMA:** 12.40 %



S2

PROYECTO:	**S/E AGOYAN**		**MA LABORATORIO SUELOS** Ing. Marco Abarca M.
OBRA:	CIMENTACIÓN DE OBRAS		
LOCALIZACION:	AGOYAN CERCA DE LA PRESA		
SECTOR:	**AGOYAN CERCA DE LA PRESA**		REALIZADO POR: Ing. M. A.
MUESTRA No.	**P1**	**PROF:** 0.10 - 1.00 m	FECHA: Agosto del 2005
TIPO DE MATERIAL:	**GRAVA ARENOSA**		

ENSAYO DE COMPACTACION

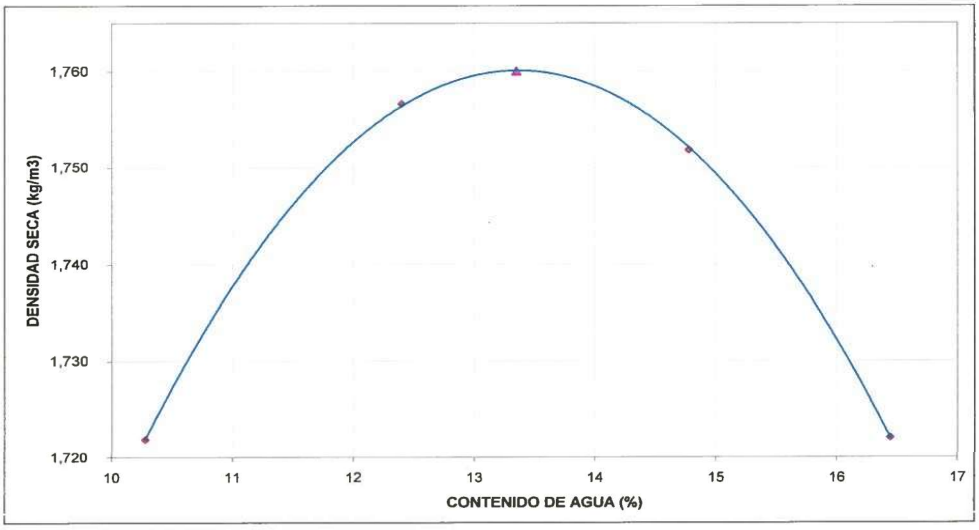
TIPO DE PRUEBA:	**Proctor Estándar**	**T-99**	
MOLDE # :	1	PESO MARTILLO =	5 lbs
VOLUMEN	940 cm^3	ALTURA CAIDA =	12 pulgs.
PESO	4,235 g	GOLPES POR CAPA =	25
NUM DE CAPAS	5		

PRUEBA No.:	1	2	3	4
Molde + suelo hum g	6,020	6,091	6,125	6,120
Peso molde g	4,235	4,235	4,235	4,235
Peso suelo húmedo g	1,785	1,856	1,890	1,885
Densidad húmeda kg/m^3	**1.899**	**1.974**	**2.011**	**2.005**

CONTENIDOS DE HUMEDAD DE MOLDEO:

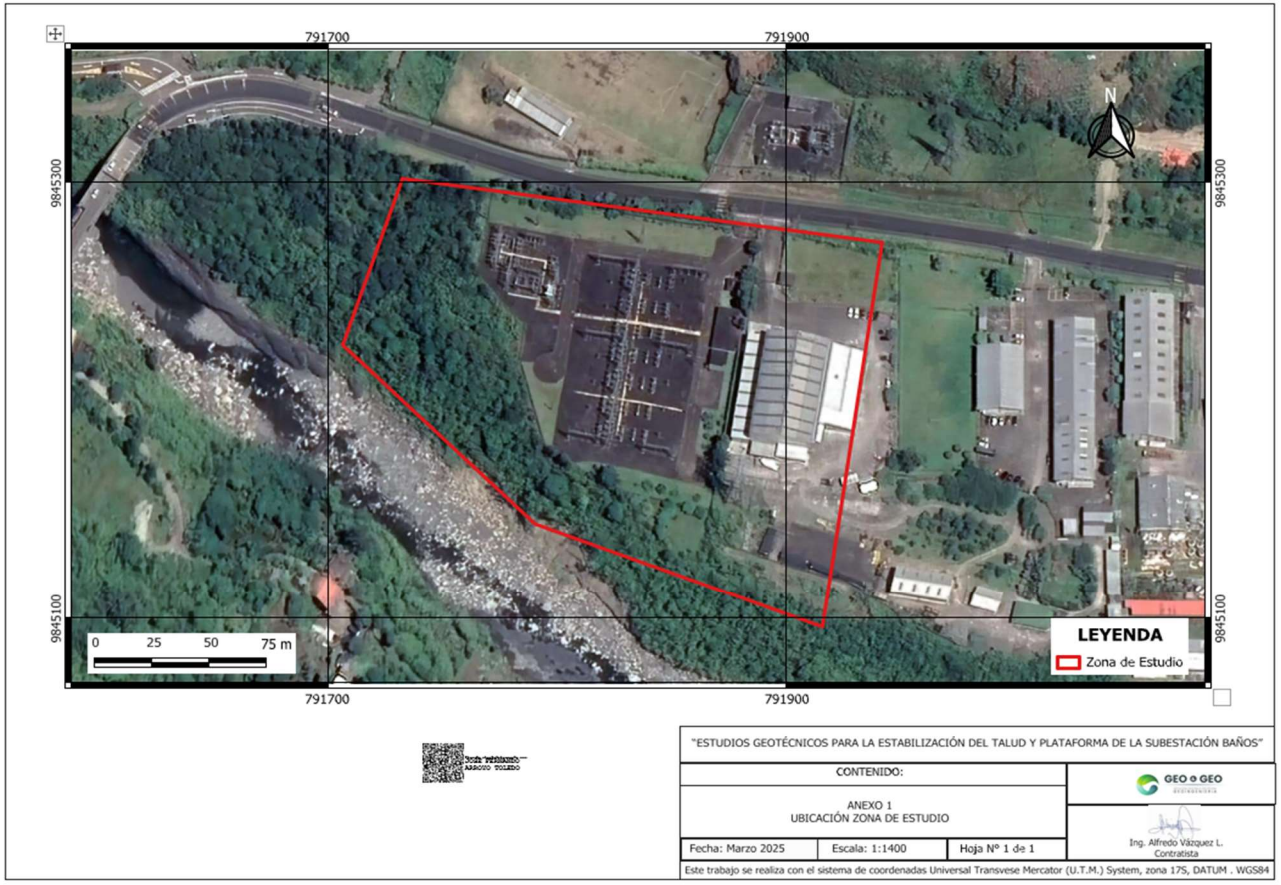
Peso caps + suelo húmedo :	64.69	66.75	63.73	54.25	63.52	65.04	67.46	66.40
Peso caps + suelo seco :	60.45	62.12	58.65	50.32	57.66	58.97	60.45	59.65
Peso capsula :	18.34	17.98	18.22	18.21	18.03	17.86	18.21	18.22
Porcentaje Hum.(%) :	10.07	10.49	12.56	12.24	14.79	14.77	16.60	16.29
Humedad promedio %	**10.28**		**12.40**		**14.78**		**16.44**	
Densidad Seca kg/m^3	**1,722**		**1,757**		**1,752**		**1,722**	

DENSIDAD MAXIMA: 1,760 kg/m3 **HUMEDAD OPTIMA:** 13.35 %

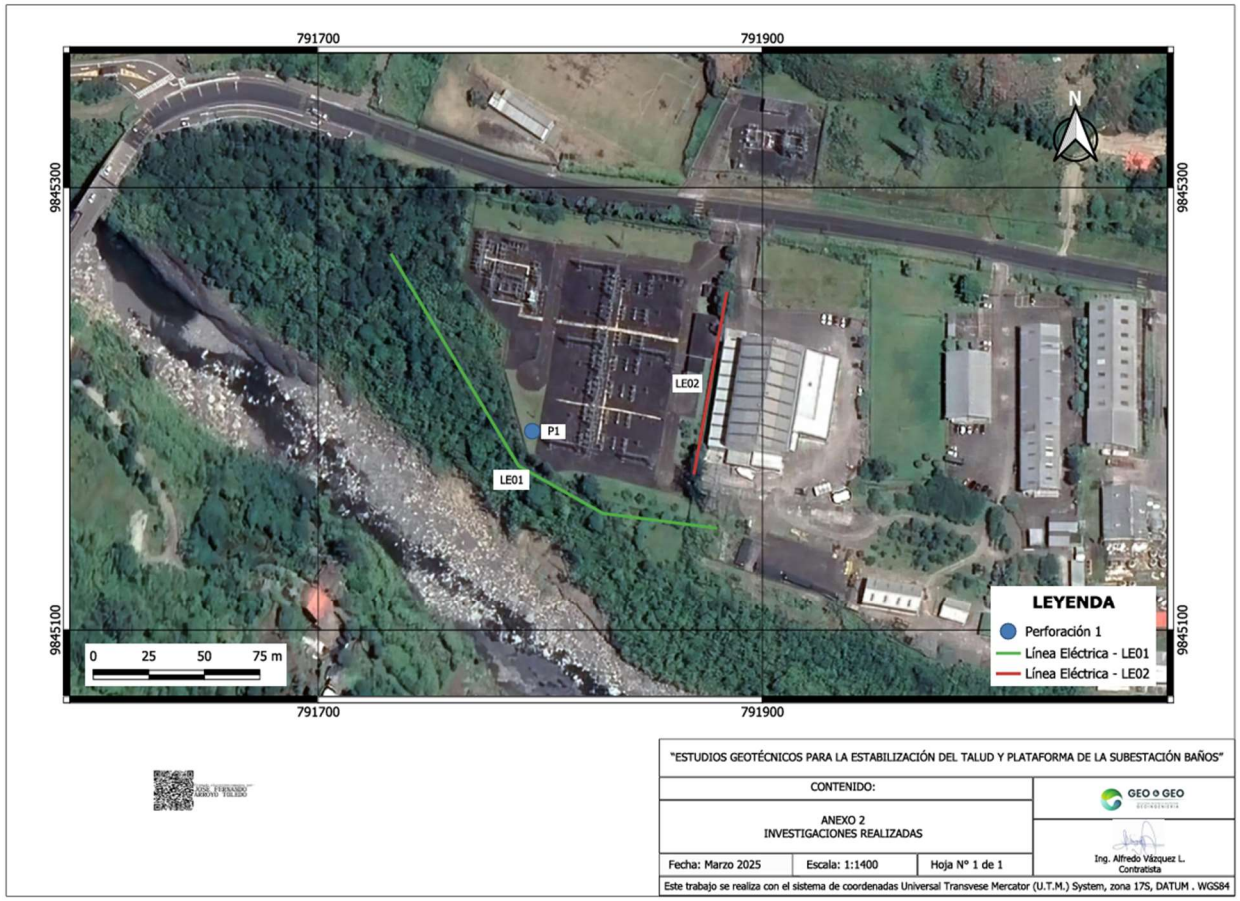


12.3. Estudio geotécnico:

12.3.1. Ubicación:



12.3.2. Investigaciones realizadas:



12.3.3. Prospección geotécnica:

12.3.3.1. Resultados laboratorio:

GEO & GEO
GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA
GEOINGENIERÍA

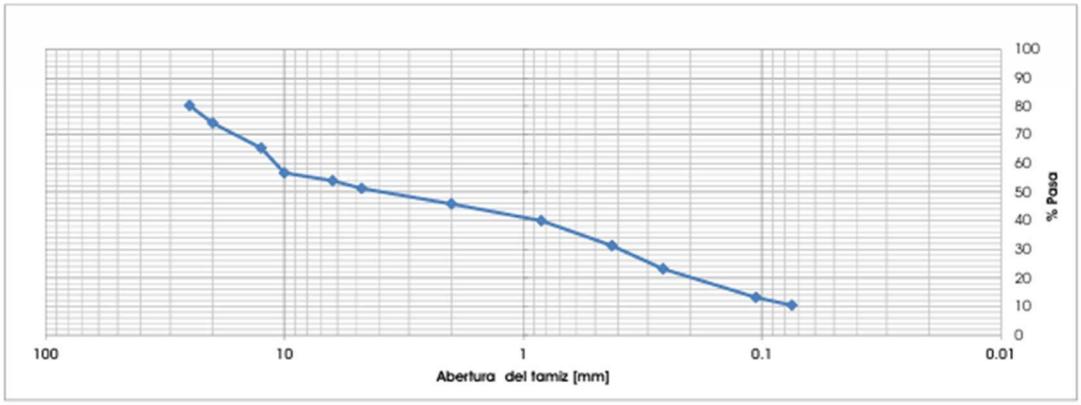
Proyecto:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS			
Solicita:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC			
Ubicación (UTM):	791796.325 E	9845190.425 N	**Cota [msnm]:**	1647
Detalle de la muestra:	P1 - M2			
Perforación	P1			
Muestra:	M2			
Profundidad de la muestra [m]:	3.00 a 3.45 m			

AASHTO	Sucs	W [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ρ [gr/cm³]	Pasa #4 [%]	Pasa #200 [%]
A-1-b	GP GM - Grava mal graduada con limo con arena	16.31	-	-	NP	2.07	51.23	10.42

# de Tamiz	Abertura [mm]	Peso de material retenido [gr]	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
1"	25.4	78.90	19.8%	20%	80%
N. 3/4	19	24.10	6.2%	26%	74%
N. 3/8	9.5	67.70	17.4%	43%	57%
N. 4	4.76	21.10	5.4%	49%	51%
N. 10	2	21.20	5.4%	54%	46%
N. 20	0.84	22.70	5.8%	60%	40%
N. 40	0.425	33.90	8.7%	69%	31%
N.60	0.26	31.60	8.1%	77%	23%
N.140	0.106	38.90	10.0%	87%	13%
N. 200	0.075	10.80	2.8%	90%	10%
Fondo		1.30	0.3%		
Finos lavado		39.30	10.1%		
TOTAL		391.50			

Coeficientes	
D_{10} =	-
D_{60} =	10.97
D_{30} =	0.40
C_u =	-
C_z =	-

Porcentajes de material		
Gravas	Arenas	Finos
48.8%	40.8%	10.4%



Indice de Consistencia Ic
-
-

Nota: Los límites no son determinados debido al alto porcentaje de arenas finas presentes en la muestra. En atención a la Nota 8 de la norma ASTM-2487-17, en la clasificación el indice de plasticidad es cero.

Ing. Alfredo Vázquez López, MSc.
MASTER EN INGENIERÍA – UNAM

Laboratorista:	Ing. Elinor Flores	**Fecha de toma de muestra:**	05/03/2025
Calculado por:	Ing. Elinor Flores	**Fecha de ensayo:**	25/02/2025
Verificado por:	Ing. Alfredo Vázquez R.		

GEO & GEO
GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA
GEOINGENIERÍA

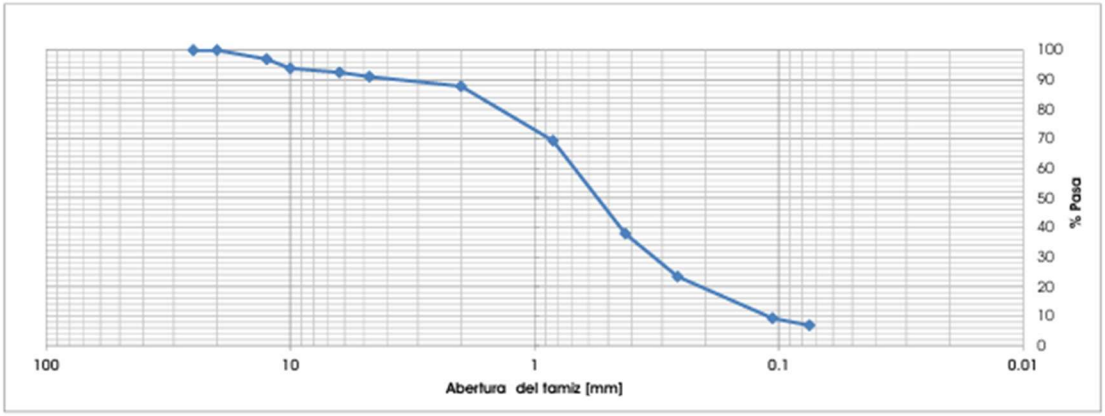
Proyecto:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS			
Solicita:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC			
Ubicación (UTM):	791796.325 E	9845190.425 N	**Cota [msnm]:**	1647
Detalle de la muestra:	P1 - M3			
Perforación	P1			
Muestra:	M3			
Profundidad de la muestra [m]:	6.55 a 7.00 m			

AASHTO	Sucs	W [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ρ [gr/cm³]	Pasa #4 [%]	Pasa #200 [%]
A-1-b	SW SM - Arena bien graduada con limo	17.05	-	-	NP	-	91.06	6.88

# de Tamiz	Abertura [mm]	Peso de material retenido [gr]	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
1"	25.4	0.00	0.0%	0%	100%
N. 3/4	19	0.00	0.0%	0%	100%
N. 3/8	9.5	36.40	6.1%	6%	94%
N. 4	4.76	16.60	2.8%	9%	91%
N. 10	2	19.50	3.3%	12%	88%
N. 20	0.84	109.00	18.4%	31%	69%
N. 40	0.425	186.30	31.5%	62%	38%
N.60	0.26	86.20	14.5%	77%	23%
N.140	0.106	83.80	14.1%	91%	9%
N. 200	0.075	14.00	2.4%	93%	7%
Fondo		2.40	0.4%		
Finos lavado		38.40	6.5%		
TOTAL		592.60			

Coeficientes	
D_{60} =	0.11
D_{30} =	0.72
D_{10} =	0.34
C_u =	6.27
C_z =	1.37

Porcentajes de material		
Gravas	Arenas	Finos
8.9%	84.2%	6.9%



Indice de Consistencia Ic
-
-

Nota: Los límites no son determinados debido al alto porcentaje de arenas finas presentes en la muestra. En atención a la Nota 8 de la norma ASTM-2487-17, en la clasificación el índice de plasticidad es cero.

Ing. Alfredo Vázquez López, MSc.
MASTER EN INGENIERÍA – UNAM

Laboratorista:	Ing. Elinor Flores	**Fecha de toma de muestra:**	25/02/2025
Calculado por:	Ing. Elinor Flores	**Fecha de ensayo:**	05/03/2025
Verificado por:	Ing. Alfredo Vázquez R.		

GEO & GEO
GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA
GEOINGENIERÍA

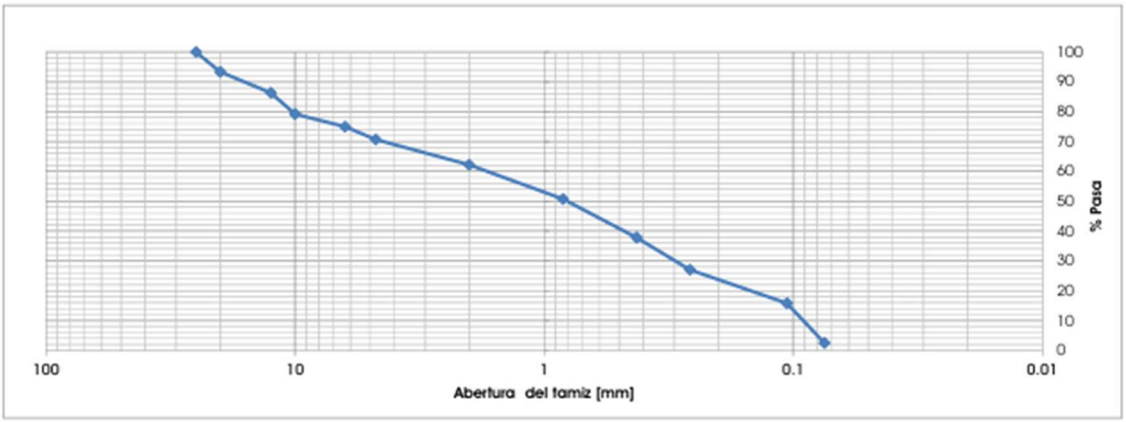
Proyecto:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS			
Solicita:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC			
Ubicación (UTM):	791796.325 E	9845190. 425N	**Cota [msnm]:**	1647
Detalle de la muestra:	P1 - M4			
Perforación	P1			
Muestra:	M4			
Profundidad de la muestra [m]:	8.00 a 8.45 m			

AASHTO	Sucs	W [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ρ [gr/cm³]	Pasa #4 [%]	Pasa #200 [%]
A-1-b	SP - Arena mal graduada con grava	9.63	-	-	NP	2.15	70.70	2.50

# de Tamiz	Abertura [mm]	Peso de material retenido [gr]	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
1"	25.4	0.00	0.0%	0%	100%
N. 3/4	19	45.10	6.6%	7%	93%
N. 3/8	9.5	96.40	14.2%	21%	79%
N. 4	4.76	57.90	8.5%	29%	71%
N. 10	2	58.00	8.5%	38%	62%
N. 20	0.84	77.60	11.4%	49%	51%
N. 40	0.425	88.40	13.0%	62%	38%
N.60	0.26	73.20	10.8%	73%	27%
N.140	0.106	76.30	11.2%	84%	16%
N. 200	0.075	90.60	13.3%	98%	2%
Fondo		1.40	0.2%		
Finos lavado		15.60	2.3%		
TOTAL		680.50			

Coeficientes	
D_{10} =	-
D_{60} =	1.78
D_{30} =	0.31
C_u =	-
C_z =	-

Porcentajes de material		
Gravas	Arenas	Finos
29.3%	68.2%	2.5%



Indice de Consistencia Ic
-
-

Nota: Los límites no son determinados debido al alto porcentaje de arenas finas presentes en la muestra. En atención a la Nota 8 de la norma ASTM-2487-17, en la clasificación el índice de plasticidad es cero.

Ing. Alfredo Vázquez López, MSc.
MASTER EN INGENIERÍA – UNAM

Laboratorista:	Ing. Elinor Flores	**Fecha de toma de muestra:**	26/02/2025
Calculado por:	Ing. Elinor Flores	**Fecha de ensayo:**	05/03/20245
Verificado por:	Ing. Alfredo Vázquez R.		

DENSIDAD DE LA MUESTRA - MÉTODO VOLUMÉTRICO (NORMA ISO 17892-2)

GEO & GEO GEOINGENIERIA

Proyecto:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS
Solicita:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC

Perforación 1 - Muestra 2

DATOS		MUESTRAS M1	M2	M3	Unidad
Peso del material (Humedad natural)	P1	78.20	78.40	59.60	gr
Peso material+parafina		83.80	82.10	65.20	gr
Peso Picnometro+agua	V1	780.60	780.60	780.60	gr
Peso de material + picnomtro +agua	V2	823.40	823.00	810.90	gr
Volumen Parafina		4.27	2.82	4.27	cm3
Volúmen desplazado	ΔV	36.73	36.88	30.63	cm3
Densidad (Humedad natural)	Y	2.13	2.13	1.95	gr/cm3



Ing. Alfredo Vázquez L.

DENSIDAD	MUESTRA	PROFUND. (m)	Y (gr/cc)	Y (kN/m³)
Y	M1	3.00 a 3.45	2.13	20.89
Y	M2	3.00 a 3.45	2.13	20.86
Y	M3	3.00 a 3.45	1.95	19.09
		PROMEDIO:	2.07	20.28

DENSIDAD DE LA MUESTRA - MÉTODO VOLUMÉTRICO (NORMA ISO 17892-2)

GEO & GEO GEOINGENIERIA

Proyecto:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS
Solicita:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC

Perforación 1 - Muestra 4

DATOS		MUESTRAS M1	M2	M3	Unidad
Peso del material (Humedad natural)	P1	90.90	118.00	90.30	gr
Peso material+parafina		94.20	122.80	94.44	gr
Peso Picnometro+agua	V1	780.60	780.60	780.60	gr
Peso de material + picnomtro +agua	V2	831.20	844.60	829.00	gr
Volumen Parafina		2.52	3.66	3.16	cm3
Volúmen desplazado	ΔV	41.08	55.14	42.88	cm3
Densidad (Humedad natural)	Y	2.21	2.14	2.11	gr/cm3



Ing. Alfredo Vázquez L.

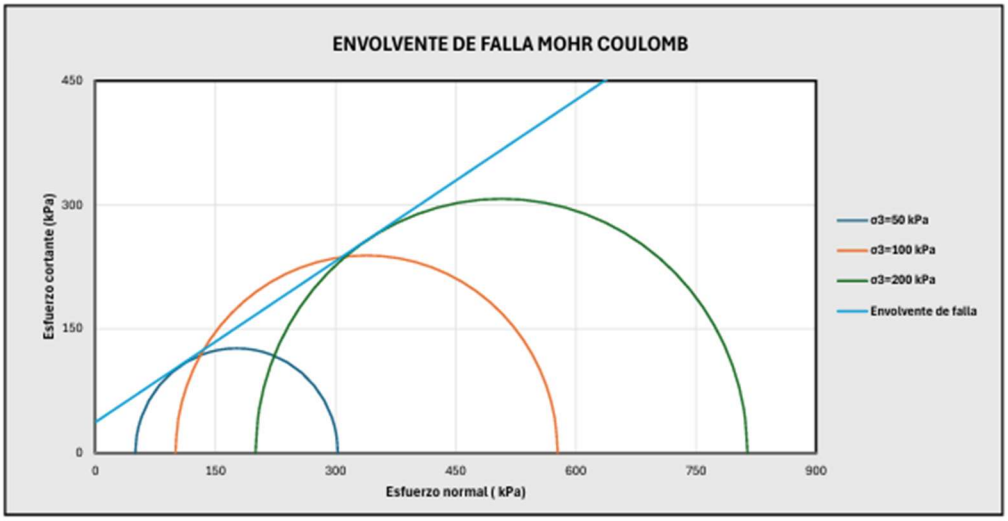
DENSIDAD	MUESTRA	PROFUND. (m)	Y (gr/cc)	Y (kN/m³)
Y	M1	8.00 a 8.45	2.21	21.71
Y	M2	8.00 a 8.45	2.14	21.00
Y	M3	8.00 a 8.45	2.11	20.66
		PROMEDIO:	2.15	21.12

ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforación 1 - Muestra 2
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	3.00 a 3.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	GP GM - Grava mal graduada con limo con arena.		

GEO & GEO GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA GEOINGENIERÍA

N°	Δσ = σ1 - σ3 (kPa)	σ3 (kPa)	σ1 (kPa)	ε (%)
1	252.88	50	302.88	4.50%
2	477.42	100	577.42	15.02%
3	614.40	200	814.40	15.03%



C_{uu} (kPa)	37.00
Φ_{uu} (°)	33.00

DATOS DE ENSAYO	ESPECIMEN No. 1	ESPECIMEN No. 2	ESPECIMEN No. 3
Diámetro Medio (cm)	3.90	3.90	3.90
Altura Media (cm)	7.90	8.00	8.00
Humedad Final (%)	16.44%	15.22%	14.61%
Densidad Húmeda (gr/cm^3)	1.69	1.67	1.68
Densidad Seca (gr/cm^3)	1.45	1.45	1.47

ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforación 1 - Muestra 2
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	3.00 a 3.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	GP GM - Grava mal graduada con limo con arena.		

GEO & GEO
GEOLOGIA GEOFISICA GEOTECNIA
GEOINGENIERIA

MUESTRA 1	Nota: Probeta remoldeada.	**σ3 (kPa):**	50

Longitud media inicial L_o (cm):	7.90	**Peso inicial (gr):**	159.79
Diámetro medio inicial (cm):	3.90	**Volumen Inicial (cm^3):**	94.41
Área inicial (cm^2):	11.95	**δ. húmeda (gr/cm^3):**	1.69
		δ. seca (gr/cm^3):	1.45

Deformación (mm)	Carga(N)	Defor. Unitaria (€)	Área corregida (Ac) (cm^2)	Esfuerzo desv. (kPa)
0.00	0.00	0.00%	11.95	0.00
0.48	187.71	0.61%	12.01	156.25
0.97	258.01	1.22%	12.09	213.45
1.45	292.02	1.83%	12.16	240.08
1.93	305.82	2.45%	12.24	249.86
2.42	305.58	3.06%	12.32	248.09
2.90	309.04	3.67%	12.40	249.32
3.38	313.72	4.28%	12.47	251.49
3.87	311.72	4.90%	12.55	248.29
4.35	309.35	5.51%	12.64	244.82
4.83	302.46	6.12%	12.72	237.81
5.33	305.28	6.75%	12.80	238.42
5.82	299.71	7.36%	12.89	232.53
6.30	295.23	7.98%	12.97	227.54
6.78	294.51	8.59%	13.06	225.48
7.27	290.96	9.20%	13.15	221.27
7.75	285.87	9.81%	13.24	215.93
8.23	284.27	10.42%	13.33	213.27
8.72	288.34	11.03%	13.42	214.85
9.20	289.94	11.64%	13.51	214.55
9.68	285.90	12.26%	13.61	210.10
10.17	279.37	12.87%	13.70	203.87
10.65	275.90	13.48%	13.80	199.93
11.13	272.30	14.09%	13.90	195.92

CONTENIDO DE HUMEDAD	
W Tara (gr)	17.32
W Tara+ M1. Húmeda(gr)	66.68
W Tara + M2. Seca (gr)	55.72
Humedad (%)	16.44%



ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforación 1 - Muestra 2
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	3.00 a 3.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	GP GM - Grava mal graduada con limo con arena.		

GEO & GEO GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA GEOINGENIERÍA

MUESTRA 2	Nota: Probeta remoldeada.	**σ3 (kPa):**	100

Longitud media inicial L_o (cm):	8.00	**Peso inicial (gr):**	159.95
Diámetro medio inicial (cm):	3.90	**Volumen Inicial (cm^3):**	95.60
Área inicial (cm^2):	11.95	**δ. húmeda (gr/cm^3):**	1.67
		δ. seca (gr/cm^3):	1.45

Deformación (mm)	Carga(N)	Defor. Unitaria (€)	Área corregida (Ac) (cm^2)	Esfuerzo desv. (kPa)
0.00	0.00	0.00%	11.95	0.00
0.48	94.33	0.61%	12.01	78.52
0.97	291.54	1.23%	12.09	241.18
1.45	409.99	1.84%	12.16	337.06
1.93	498.52	2.45%	12.24	407.29
2.42	546.07	3.06%	12.32	443.35
2.92	574.11	3.69%	12.40	463.08
3.40	586.51	4.31%	12.48	470.06
3.88	584.23	4.92%	12.56	465.24
4.37	572.08	5.53%	12.64	452.64
4.85	567.11	6.14%	12.72	445.80
5.33	532.30	6.75%	12.80	415.71
5.82	532.92	7.36%	12.89	413.46
6.30	536.32	7.98%	12.97	413.36
6.78	536.28	8.59%	13.06	410.58
7.27	524.27	9.20%	13.15	398.69
7.75	508.39	9.81%	13.24	384.00
8.24	484.72	10.42%	13.33	363.64
8.72	489.13	11.04%	13.42	364.45
9.20	494.46	11.65%	13.51	365.89
9.68	480.88	12.26%	13.61	353.38
10.17	487.79	12.87%	13.70	355.95
10.65	475.52	13.48%	13.80	344.56

CONTENIDO DE HUMEDAD	
W Tara (gr)	17.00
W Tara + M1. Húmeda(gr)	51.36
W Tara + M2. Seca (gr)	43.54
Humedad (%)	15.22%



ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforación 1 - Muestra 2
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	3.00 a 3.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	GP GM - Grava mal graduada con limo con arena.		

GEO & GEO GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA GEOINGENIERÍA

MUESTRA 3	Nota: Probeta remoldeada.	**σ3 (kPa):**	200

Longitud media inicial L_o (cm):	8.00	**Peso inicial (gr):**	161.08
Diámetro medio inicial (cm):	3.90	**Volumen Inicial (cm^3):**	95.60
Área inicial (cm^2):	11.95	**δ. húmeda (gr/cm^3):**	1.68
		δ. seca (gr/cm^3):	1.47

Deformación (mm)	Carga(N)	Defor. Unitaria (€)	Área corregida (Ac) (cm^2)	Esfuerzo desv. (kPa)
0.00	0.00	0.00%	11.95	0.00
0.50	315.34	0.63%	12.02	262.43
0.98	462.19	1.24%	12.09	382.28
1.47	570.09	1.86%	12.17	468.60
1.95	645.18	2.47%	12.24	527.02
2.43	697.04	3.08%	12.32	565.81
2.92	731.85	3.69%	12.40	590.31
3.40	753.03	4.31%	12.48	603.52
3.88	767.29	4.92%	12.56	611.02
4.37	772.92	5.53%	12.64	611.55
4.85	772.63	6.14%	12.72	607.36
5.33	770.11	6.75%	12.80	601.44
5.82	761.66	7.36%	12.89	590.94
6.30	753.44	7.98%	12.97	580.70
6.78	743.85	8.59%	13.06	569.49
7.27	730.99	9.20%	13.15	555.90
7.75	716.82	9.81%	13.24	541.44
8.24	702.46	10.42%	13.33	526.99
8.72	693.37	11.04%	13.42	516.62
9.20	680.59	11.65%	13.51	503.62
9.68	674.52	12.26%	13.61	495.67
10.16	663.14	12.87%	13.70	483.94
10.65	655.48	13.48%	13.80	474.99
11.13	649.85	14.09%	13.90	467.58

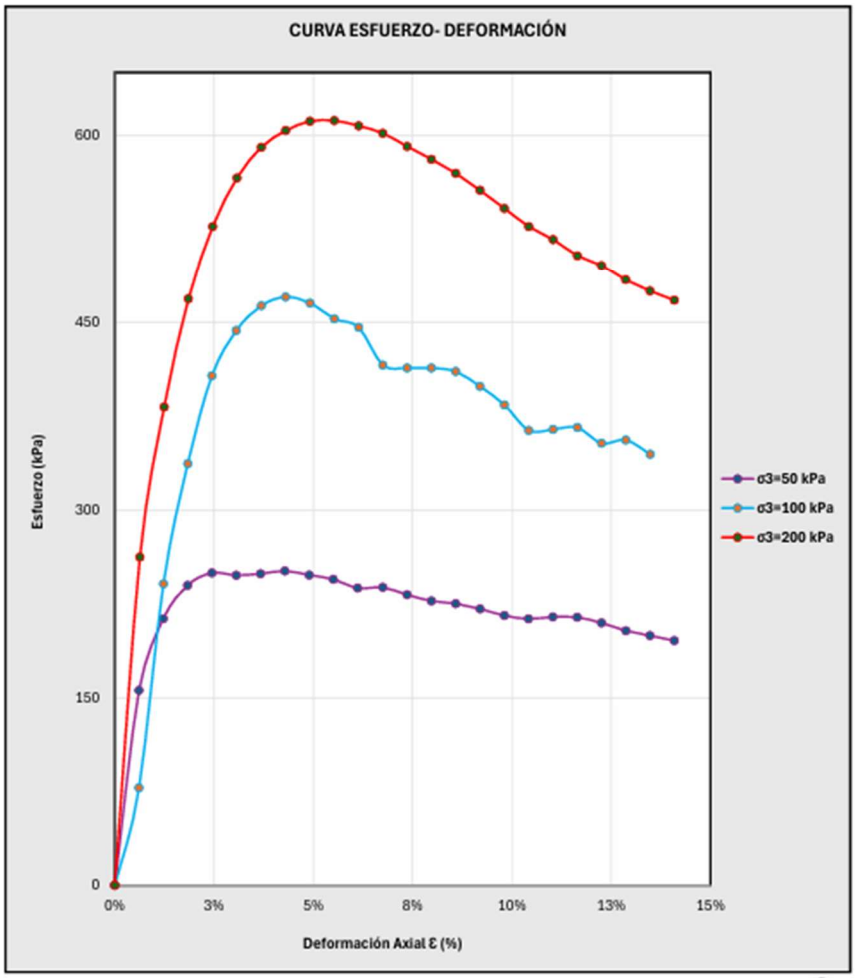
CONTENIDO DE HUMEDAD	
W Tara (gr)	17.00
W Tara+ M1. Húmeda(gr)	51.36
W Tara + M2. Seca (gr)	43.86
Humedad (%)	14.61%



ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforación 1 - Muestra 2
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	3.00 a 3.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	GP GM - Grava mal graduada con limo con arena.		

GEO & GEO
GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTÉCNIA
GEOINGENIERÍA



Laboratorista:	Ing. Elinor Flores
Calculado por:	Ing. Elinor Flores
Verificado por:	Ing. Alfredo Vázquez R.

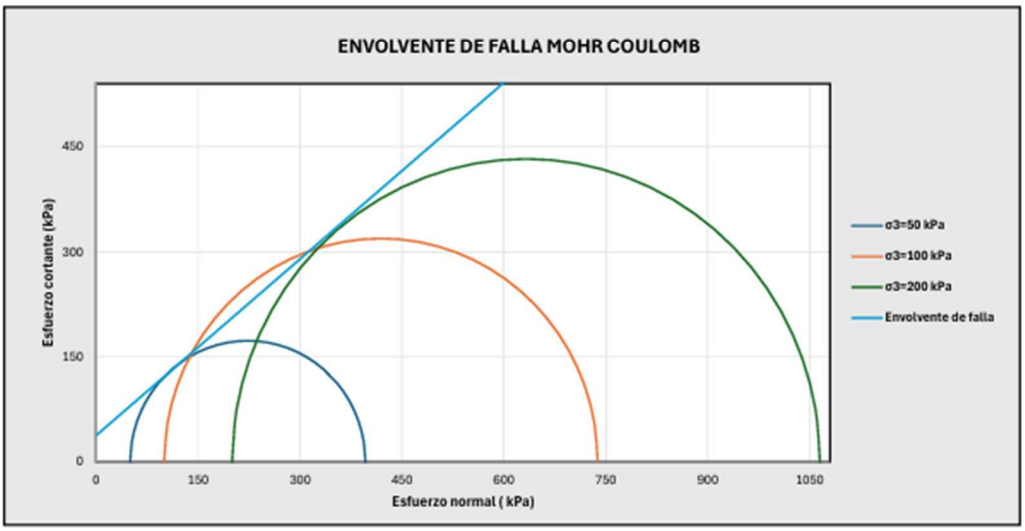
Ing. Alfredo Vázquez López, MSc.
MASTER EN INGENIERÍA – UNAM

ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRICFernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforacion 1 - Muestra 4
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	8.00 a 8.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	SP - Arena mal graduada con grava		

GEO & GEO GEOINGENIERÍA

N°	Δσ = σ1 - σ3 (kPa)	σ3 (kPa)	σ1 (kPa)	ε (%)
1	346.16	50	396.16	2.68%
2	638.07	100	738.07	15.02%
3	865.20	200	1065.20	15.02%



C_{uu} (kPa)	38.00
Φ_{uu} (°)	40.00

DATOS DE ENSAYO	ESPECIMEN No. 1	ESPECIMEN No. 2	ESPECIMEN No. 3
Diámetro Medio (cm)	3.90	3.90	3.90
Altura Media (cm)	7.90	8.00	8.00
Humedad Final (%)	9.96%	9.92%	9.22%
Densidad Húmeda (gr/cm^3)	1.69	1.67	1.68
Densidad Seca (gr/cm^3)	1.54	1.52	1.54

ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRICFernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforacion 1 - Muestra 4
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	8.00 a 8.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	SP - Arena mal graduada con grava		

GEO & GEO GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA GEOINGENIERÍA

MUESTRA 1	Nota: Probeta remoldeada.	**σ3 (kPa):**	50

Longitud media inicial L_o (cm):	7.90	**Peso inicial (gr):**	159.79
Diámetro medio inicial (cm):	3.90	**Volumen Inicial (cm^3):**	94.41
Área inicial (cm^2):	11.95	**δ. húmeda (gr/cm^3):**	1.69
		δ. seca (gr/cm^3):	1.54

Deformación (mm)	Carga(N)	Defor. Unitaria (€)	Área corregida (Ac) (cm^2)	Esfuerzo desv. (kPa)
0.00	0.00	0.00%	11.95	0.00
0.48	44.29	0.60%	12.01	36.87
0.97	297.12	1.21%	12.09	245.84
1.45	390.96	1.81%	12.16	321.51
1.93	416.61	2.42%	12.24	340.49
2.42	414.22	3.02%	12.31	336.44
2.90	407.92	3.62%	12.39	329.26
3.40	405.46	4.25%	12.47	325.15
3.88	396.48	4.85%	12.55	315.94
4.37	389.95	5.46%	12.63	308.77
4.85	381.84	6.06%	12.71	300.41
5.33	382.08	6.66%	12.79	298.68
5.82	376.21	7.27%	12.88	292.18
6.30	370.03	7.87%	12.96	285.51
6.78	365.13	8.48%	13.05	279.88
7.26	358.86	9.08%	13.13	273.26
7.75	357.87	9.68%	13.22	270.70
8.23	354.10	10.29%	13.31	266.05
8.71	344.49	10.89%	13.40	257.09
9.20	343.01	11.50%	13.49	254.25
9.68	341.85	12.10%	13.58	251.65
10.17	332.09	12.71%	13.68	242.79
10.65	331.63	13.31%	13.77	240.77
11.13	333.64	13.92%	13.87	240.54

CONTENIDO DE HUMEDAD	
W Tara (gr)	17.30
W Tara+ M1. Húmeda(gr)	54.51
W Tara + M2. Seca (gr)	49.08
Humedad (%)	9.96%



ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRICFernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforacion 1 - Muestra 4
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	8.00 a 8.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	SP - Arena mal graduada con grava		

GEO & GEO GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA GEOINGENIERÍA

MUESTRA 2	Nota: Probeta remoldeada.	**σ3 (kPa):**	100

Longitud media inicial L_o (cm):	8.00	**Peso inicial (gr):**	159.95
Diámetro medio inicial (cm):	3.90	**Volumen Inicial (cm^3):**	95.60
Área inicial (cm^2):	11.95	**δ. húmeda (gr/cm^3):**	1.67
		δ. seca (gr/cm^3):	1.52

Deformación (mm)	Carga(N)	Defor. Unitaria (€)	Área corregida (Ac) (cm^2)	Esfuerzo desv. (kPa)
0.00	0.00	0.00%	11.95	0.00
0.50	65.57	0.62%	12.01	54.57
0.98	379.19	1.23%	12.09	313.69
1.47	619.65	1.83%	12.16	509.46
1.95	746.08	2.44%	12.24	609.63
2.43	783.92	3.04%	12.31	636.59
2.92	781.83	3.64%	12.39	630.93
3.40	767.88	4.25%	12.47	615.79
3.88	747.43	4.85%	12.55	595.61
4.37	732.47	5.46%	12.63	579.99
4.85	716.01	6.06%	12.71	563.33
5.33	705.11	6.66%	12.79	551.18
5.82	689.26	7.27%	12.88	535.29
6.30	667.35	7.88%	12.96	514.90
6.78	655.21	8.48%	13.05	502.22
7.27	648.78	9.08%	13.13	494.01
7.75	646.73	9.69%	13.22	489.18
8.23	624.62	10.29%	13.31	469.32
8.71	619.21	10.89%	13.40	462.12
9.20	609.38	11.49%	13.49	451.70
9.68	603.69	12.10%	13.58	444.44
10.16	595.67	12.70%	13.68	435.52
10.64	590.04	13.31%	13.77	428.42

CONTENIDO DE HUMEDAD	
W Tara (gr)	17.53
W Tara + M1. Húmeda(gr)	50.00
W Tara + M2. Seca (gr)	45.04
Humedad (%)	9.92%



ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRICFernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforacion 1 - Muestra 4
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	8.00 a 8.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	SP - Arena mal graduada con grava		

GEO & GEO
GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA
GEOINGENIERÍA

MUESTRA 3	Nota: Probeta remoldeada.	**σ3 (kPa):**	200

Longitud media inicial L_o (cm):	8.00	**Peso inicial (gr):**	161.08
Diámetro medio inicial (cm):	3.90	**Volumen Inicial (cm^3):**	95.60
Área inicial (cm^2):	11.95	**δ. húmeda (gr/cm^3):**	1.68
		δ. seca (gr/cm^3):	1.54

Deformación (mm)	Carga(N)	Defor. Unitaria (€)	Área corregida (Ac) (cm^2)	Esfuerzo desv. (kPa)
0.00	0.00	0.00%	11.95	0.00
0.50	51.76	0.63%	12.02	43.08
0.98	141.56	1.24%	12.09	117.08
1.47	514.80	1.86%	12.17	423.15
1.95	787.99	2.47%	12.24	643.68
2.43	942.54	3.08%	12.32	765.09
2.92	1018.72	3.69%	12.40	821.70
3.40	1054.71	4.30%	12.48	845.33
3.90	1081.48	4.94%	12.56	861.05
4.38	1087.46	5.55%	12.64	860.24
4.87	1097.98	6.16%	12.72	862.94
5.35	1102.15	6.77%	12.81	860.58
5.83	1104.92	7.38%	12.89	857.08
6.32	1113.42	7.99%	12.98	857.97
6.80	1109.37	8.61%	13.06	849.17
7.28	1108.78	9.22%	13.15	843.03
7.76	1099.57	9.83%	13.24	830.40
8.25	1097.61	10.44%	13.33	823.27
8.73	1090.97	11.05%	13.42	812.70
9.22	1085.85	11.67%	13.52	803.33
9.70	1083.75	12.28%	13.61	796.22
10.18	1077.03	12.89%	13.71	785.77
10.67	1075.81	13.50%	13.80	779.37
11.15	1077.32	14.11%	13.90	774.94

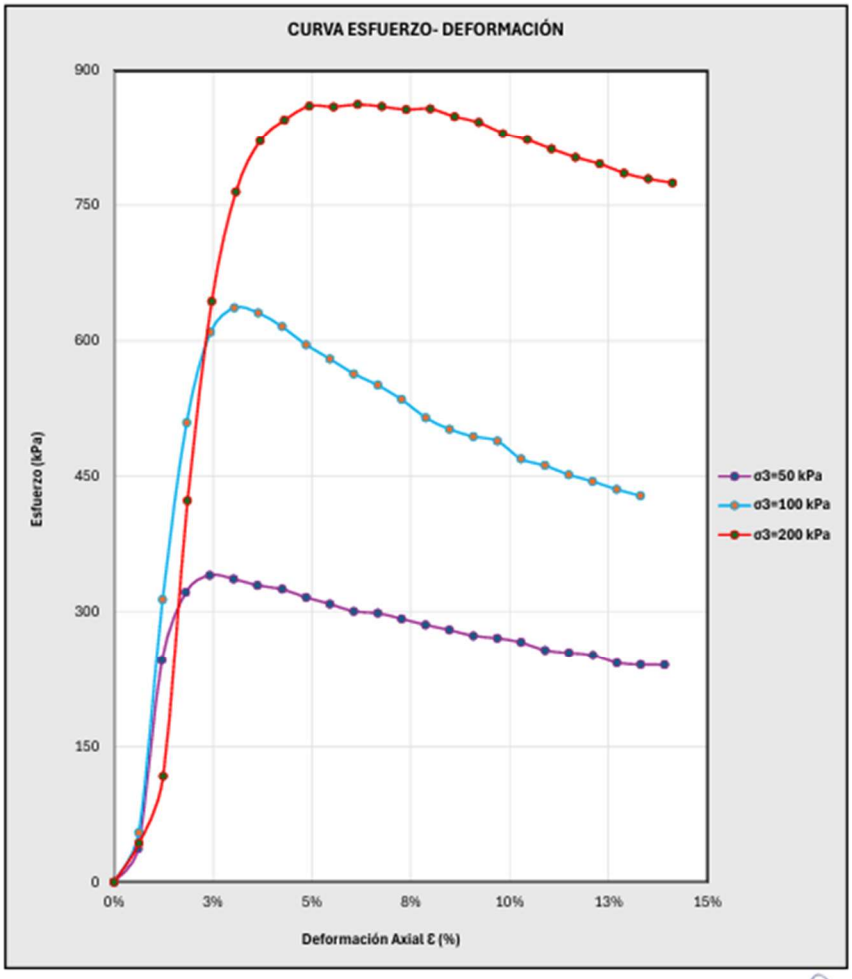
CONTENIDO DE HUMEDAD	
W Tara (gr)	17.53
W Tara + M1. Húmeda(gr)	50.00
W Tara + M2. Seca (gr)	45.39
Humedad (%)	9.22%



ENSAYO TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO
(NORMA ASTM: D2850)

PROYECTO:	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS		
CLIENTE:	Fernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRICFernando Arroyo - UNIDAD DE NEGOCIO TRANSELECTRIC	**MUESTRA:**	Perforacion 1 - Muestra 4
UBICACIÓN:	Baños - Agoyán	**PROFUNDIDAD:**	8.00 a 8.45 m
OPERADOR:	Ing. David Becerra	**FECHA:**	05/03/2025
DESCRIPCIÓN:	SP - Arena mal graduada con grava		

GEO & GEO
GEOLOGÍA GEOFÍSICA GEOTECNIA
GEOINGENIERÍA



Laboratorista:	Ing. Elinor Flores
Calculado por:	Ing. Elinor Flores
Verificado por:	Ing. Alfredo Vázquez R.

Ing. Alfredo Vázquez López, MSc.
MASTER EN INGENIERÍA – UNAM

12.3.3.2. Ensayos de permeabilidad:

GEO & GEO GEOINGENIERÍA

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

ENSAYO LEFRANC SEGÚN ASTM D-2573

PROYECTO: TRA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS	**EMPRESA QUE REALIZA EL SONDEO:** Geo&Geo Cia. Ltda. **SUPERVISOR:** Ing. David Becerra **SONDISTA:** Rolando Celi	**ENSAYO REALIZADO EN LA PERFORACIÓN P1**
LOCALIDAD (Provincia): Tungurahua **LOCALIZACIÓN DEL SONDEO:** Subestacion Baños 138 KV **COORDENADAS (X,Y,Z):** 791796 E; 9845190 N, 1647 msnm	**FECHA Y HORA DE INICIO:** 26/02/2025 - 10:00 **FECHA Y HORA DE FIN:** 26/02/2025 - 10:20 **CONDICIONES METEOROLÓGICAS:** Despejado	**OBSERVACIONES:** Al intentar realizar el ensayo no se puede llenar el pozo con agua, se intentó ingresando un caudal de **100 L/min durante 10 minutos.**

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC A CARGA VARIABLE

DATOS DEL SONDEO

Diámetro interior de la entubación [mm]: **de**	100
Diámetro exterior del tramo ensayado [mm]: **d**	96
Profundidad del nivel de agua [m]: **NA**	-
Altura de agua sobre el terreno cuando se inicia la recuperación [m]: **I**	0.00

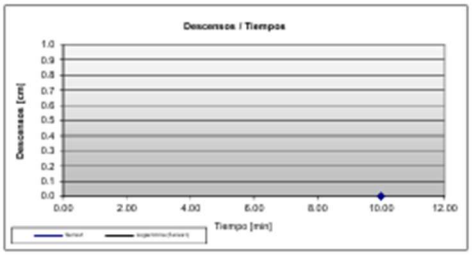
PROFUNDIDAD DEL TRAMO ENSAYADO

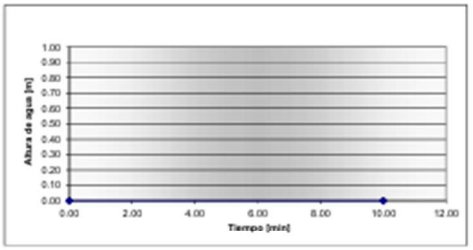
Superior (tub. revestimiento) [m]: **L**	4.50	Longitud ensayada [m]: h	1.50
Inferior (tub. perforación) [m]: **P**	6.00		

DATOS DEL ENSAYO

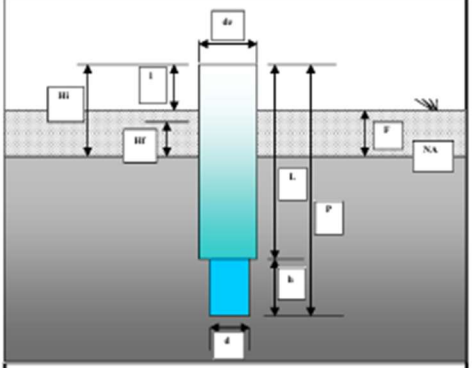
Tiempo [min]: **t**	10.0	Tiempo [s]: t	600
Profundidad inicial [m]: **Hi**			-
Profundidad final [m]: **Hf**			-

Tiempo (min.)	Intervalo de tiempo (min.)	Descenso acumulado del nivel (cm)	Descenso del nivel (cm)	Altura del nivel (m):
0.00	-	-	-	-
10.00	-	-	-	-





ESQUEMA DEL ENSAYO



RESULTADOS

PERMEABILIDAD LEFRANC*	K [cm/s] =	2.139E+01

Jiménez Salas (1981)

$$K = \frac{(de)^2 * \ln\left(\frac{2h}{d}\right)}{8 * h * t} * \ln\frac{Hi}{Hf}$$

*Valor referencial calculado empíricamente, considerando el caudal ingresado y el área de perforación. Ya que en el ensayo no se pudieron obtener más datos. La permeabilidad del

Firma:

Ing. Alfredo Vazquez

GEO & GEO GEOINGENIERIA

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

ENSAYO LEFRANC SEGÚN ASTM D-2573

PROYECTO: TRA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS	**EMPRESA QUE REALIZA EL SONDEO:** Geo&Geo Cia. Ltda. **SUPERVISOR:** Ing. David Becerra **SONDISTA:** Rolando Celi	**ENSAYO REALIZADO EN LA PERFORACIÓN P1**
LOCALIDAD (Provincia): Tungurahua **LOCALIZACIÓN DEL SONDEO:** Subestacion Baños 138 KV **COORDENADAS (X,Y,Z):** 791796 E; 9845190 N; 1647 msnm	**FECHA Y HORA DE INICIO:** 28/02/2025 - 15:00 **FECHA Y HORA DE FIN:** 28/02/2025 - 15:30 **CONDICIONES METEOROLÓGICAS:** Despejado	**OBSERVACIONES:** Al intentar realizar el ensayo no se puede llenar el pozo con agua, se intentó ingresando un caudal de **100 L/min durante 10 minutos.**

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC A CARGA VARIABLE

DATOS DEL SONDEO

Diámetro interior de la entubación [mm]: **de**	100
Diámetro exterior del tramo ensayado [mm]: **d**	96
Profundidad del nivel de agua [m]: **NA**	-
Altura de agua sobre el terreno cuando se inicia la recuperación [m]: **I**	0.00

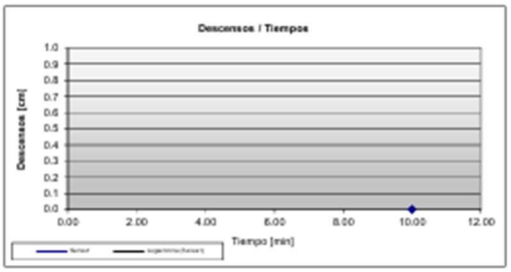
PROFUNDIDAD DEL TRAMO ENSAYADO

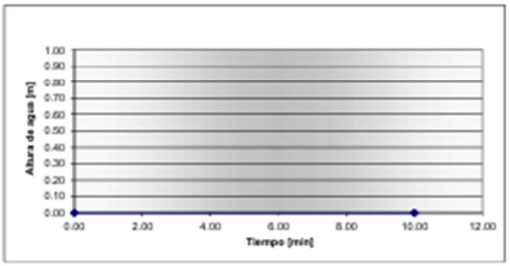
Superior (tub. revestimiento) [m]: **L**	14.50	Longitud ensayada [m]: **h**	1.50
Inferior (tub. perforación) [m]: **P**	16.00		

DATOS DEL ENSAYO

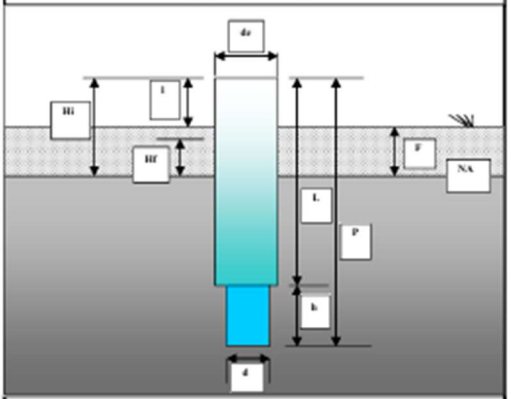
Tiempo [min]: **t**	10.0	Tiempo [s]: **t**	600
Profundidad inicial [m]: **Hi**			-
Profundidad final [m]: **Hf**			-

Tiempo (min.)	Intervalo de tiempo (min.)	Descenso acumulado del nivel (cm)	Descenso del nivel (cm)	Altura del nivel (m)
0.00	-	-	-	-
10.00	-	-	-	-





ESQUEMA DEL ENSAYO



RESULTADOS

PERMEABILIDAD LEFRANC*	K [cm/s] =	2.139E+01

Jiménez Salas (1981)

$$K = \frac{(de)^2 * \ln\left(\frac{2h}{d}\right)}{8 * h * t} * \ln\frac{Hi}{Hf}$$

*Valor referencial calculado empiricamente, considerando el caudal ingresado y el área de perforación. Ya que en el ensayo no se pudieron obtener más datos. La permeabilidad del

Firma:

Ing. Alfredo Vazquez

GEO & GEO GEOINGENIERÍA

ENSAYO DE PERMEABILIDAD

ENSAYO LEFRANC SEGÚN ASTM D-2573

PROYECTO: TRA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL TALUD Y PLATAFORMA DE LA SUBESTACIÓN BAÑOS	**EMPRESA QUE REALIZA EL SONDEO:** Geo&Geo Cia. Ltda. **SUPERVISOR:** Ing. David Becerra **SONDISTA:** Rolando Celi	**ENSAYO REALIZADO EN LA PERFORACIÓN P1**
LOCALIDAD (Provincia): Tungurahua **LOCALIZACIÓN DEL SONDEO:** Subestacion Baños 138 KV **COORDENADAS (X,Y,Z):** 791796 E, 9845190 N, 1647 msnm	**FECHA Y HORA DE INICIO:** 06/03/2025 - 16:20 **FECHA Y HORA DE FIN:** 06/03/2025 - 16:40 **CONDICIONES METEOROLÓGICAS:** Despejado	**OBSERVACIONES:** Al intentar realizar el ensayo no se puede llenar el pozo con agua, se intentó ingresando un caudal de **100 L/min durante 10 minutos.**

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC A CARGA VARIABLE

DATOS DEL SONDEO

Diámetro interior de la entubación [mm]: **de**	100
Diámetro exterior del tramo ensayado [mm]: **d**	95
Profundidad del nivel de agua [m]: **NA**	-
Altura de agua sobre el terreno cuando se inicia la recuperación [m]: **I**	0.00

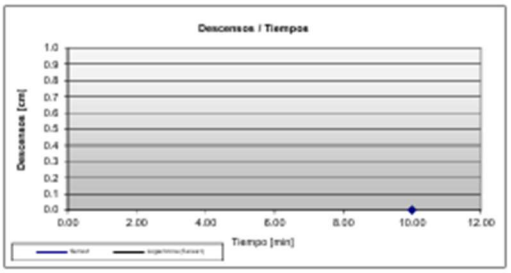
PROFUNDIDAD DEL TRAMO ENSAYADO

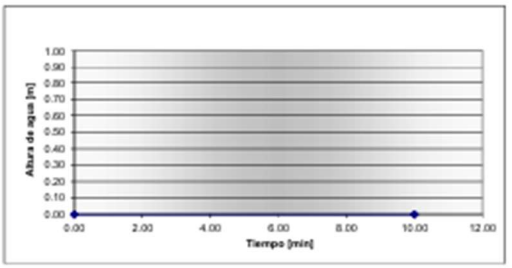
Superior (tub. revestimiento) [m]: **L**	24.00	Longitud ensayada [m]: **h**	1.50
Inferior (tub. perforación) [m]: **P**	25.50		

DATOS DEL ENSAYO

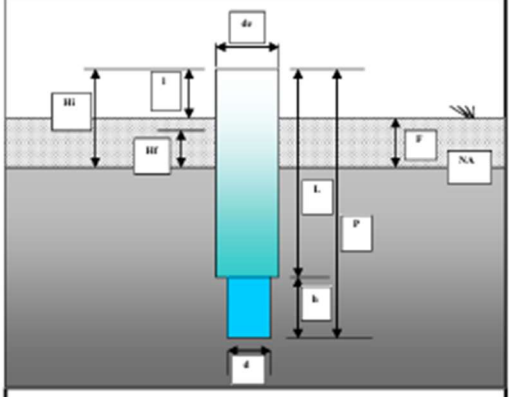
Tiempo [min]: **t**	10.0	Tiempo [s]: **t**	600
Profundidad inicial [m]: **Hi**			-
Profundidad final [m]: **Hf**			-

Tiempo (min.)	Intervalo de tiempo (min.)	Descenso acumulado del nivel (cm)	Descenso del nivel (cm)	Altura del nivel (m)
0.00	-	-	-	-
10.00	-	-	-	-





ESQUEMA DEL ENSAYO



RESULTADOS

PERMEABILIDAD LEFRANC*	K [cm/s] =	2.139E+01

Jiménez Salas (1981)

$$K = \frac{(de)^2 * \ln\left(\frac{2h}{d}\right)}{8 * h * t} * \ln\frac{Hi}{Hf}$$

*Valor referencial calculado empíricamente, considerando el caudal ingresado y el área de perforación. Ya que en el ensayo no se pudieron obtener más datos. La permeabilidad del

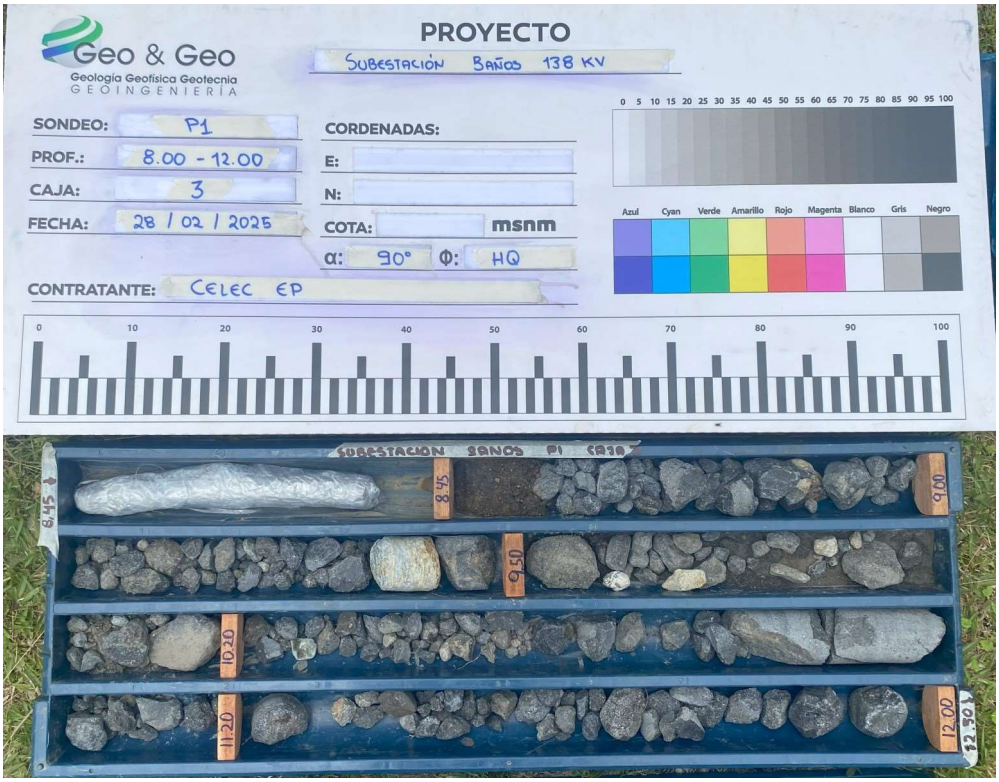
Firma:

Ing. Alfredo Vazquez

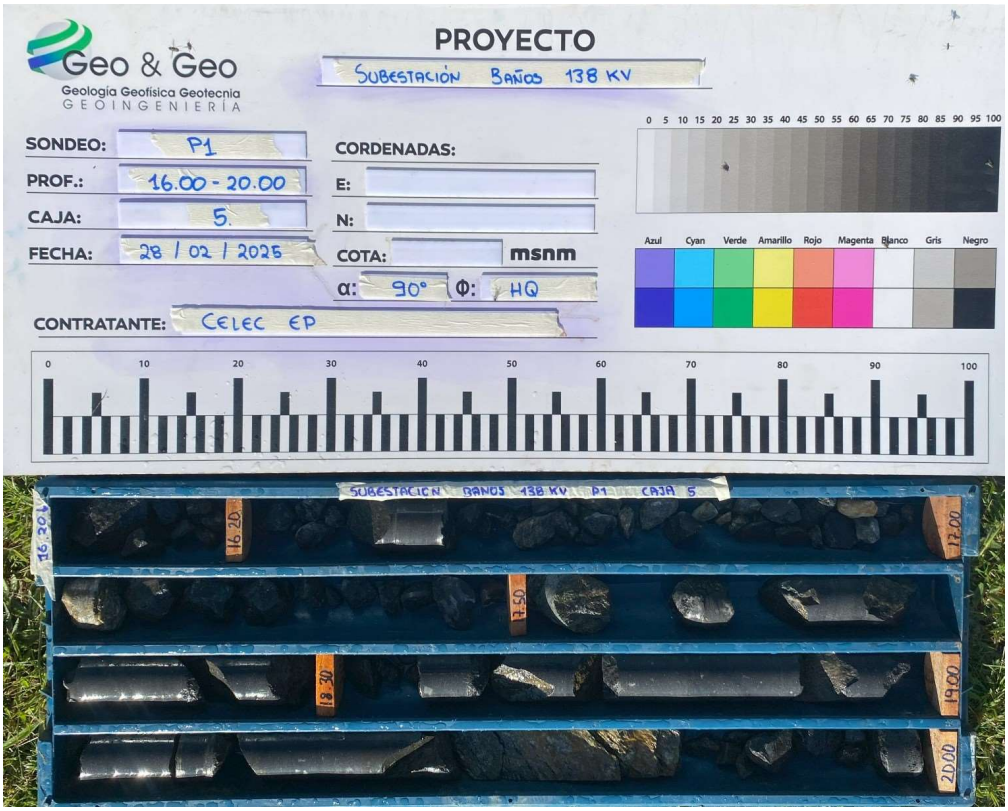
12.3.3.3. Cajas de perforación:

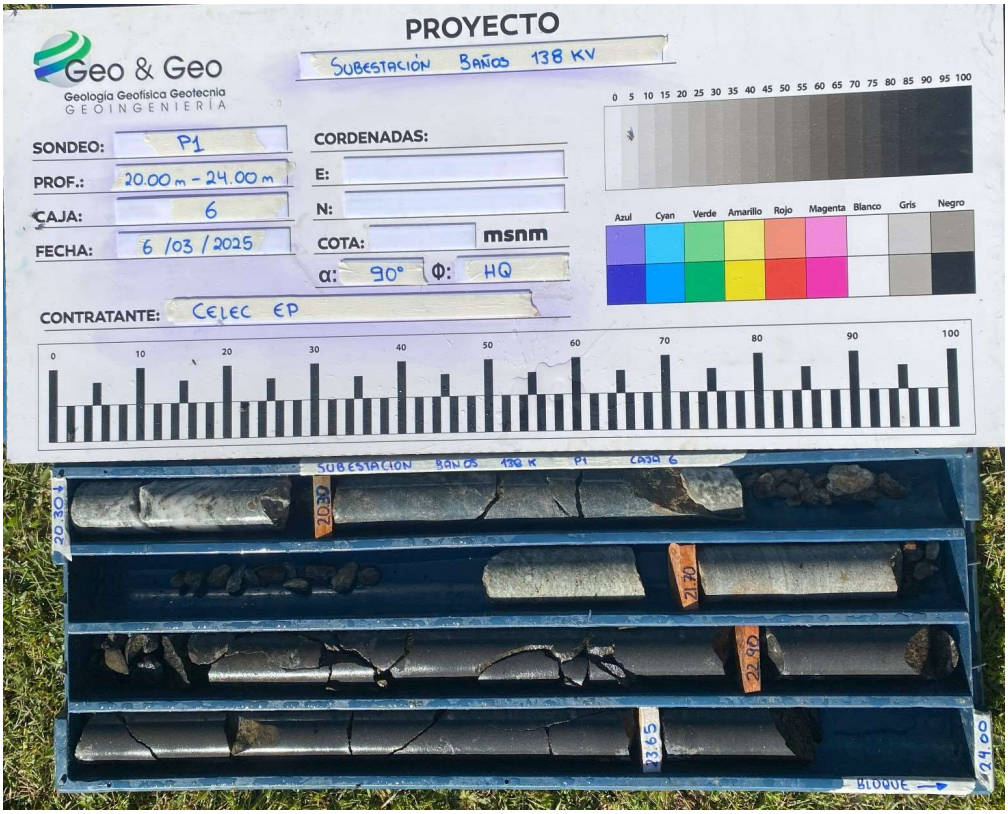


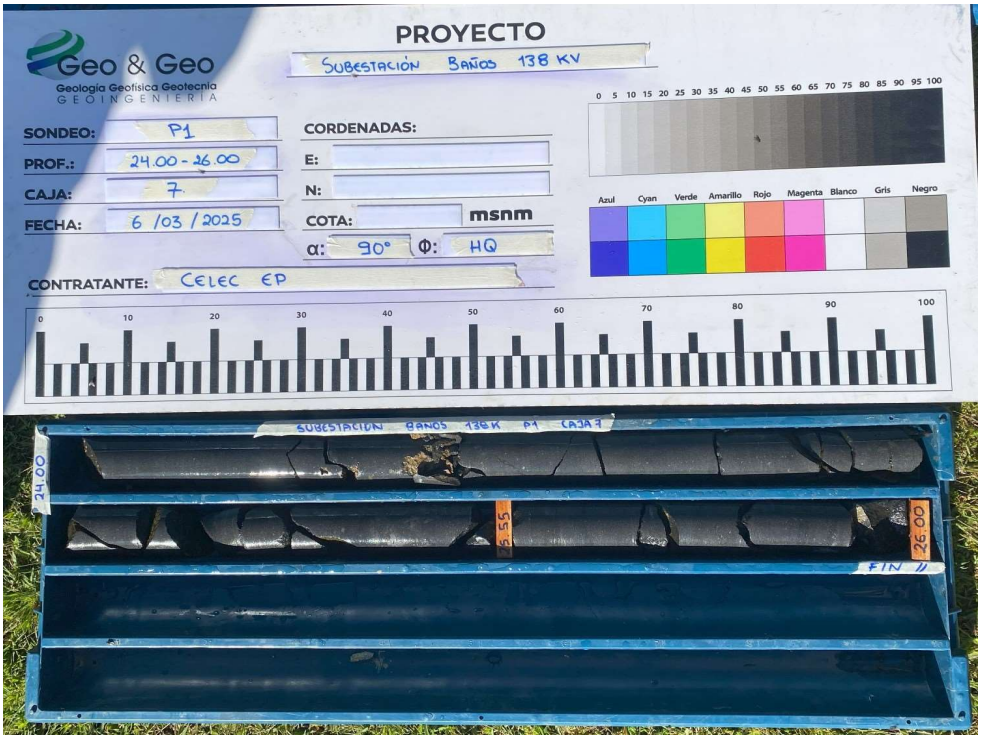



Geo & Geo
Geología Geofísica Geotecnia
GEOINGENIERÍA
PROYECTO
SUBESTACIÓN BAÑOS 138 KV
SONDEO: P1
PROF.: 8.00 - 12.00
CAJA: 3
FECHA: 28 / 02 / 2025
CORDENADAS:
E:
N:
COTA: msnm
α: 90° Φ: HQ
CONTRATANTE: CELEC EP
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100
Azul Cyan Verde Amarillo Rojo Magenta Blanco Gris Negro
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
SUBESTACION BAÑOS P1 CAJA 3
8.45
9.00
9.50
10.20
11.20
12.00
12.30


Geo & Geo
Geología Geofísica Geotecnia
GEOINGENIERÍA
PROYECTO
SUBESTACIÓN BAÑOS 138 KV
SONDEO: P1
PROF.: 12.00 - 16.00
CAJA: 4
FECHA: 28 / 02 / 2025
CORDENADAS:
E:
N:
COTA: msnm
α: 90° Φ: HQ
CONTRATANTE: CELEC EP
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100
Azul Cyan Verde Amarillo Rojo Magenta Blanco Gris Negro
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
SUBESTACION BAÑOS K138 P1 CAJA 4
12.50
12.50
13.00
13.70
14.50
15.20
15.80
16.00
16.20


Geo & Geo
Geología Geofísica Geotecnia
GEOINGENIERÍA
PROYECTO
SUBESTACIÓN BAÑOS 138 KV
SONDEO: P1
PROF.: 16.00 - 20.00
CAJA: 5
FECHA: 28 / 02 / 2025
CORDENADAS:
E:
N:
COTA: msnm
α: 90° Φ: HQ
CONTRATANTE: CELEC EP
Azul Cyan Verde Amarillo Rojo Magenta Blanco Gris Negro
SUBESTACION BAÑOS 138 KV P1 CAJA 5
16.20
17.00
18.30
19.00
20.00


Geo & Geo
Geología Geofísica Geotecnia
GEOINGENIERÍA
PROYECTO
SUBESTACIÓN BAÑOS 138 KV
SONDEO: P1
PROF.: 20.00 m - 24.00 m
CAJA: 6
FECHA: 6 / 03 / 2025
CORDENADAS:
E:
N:
COTA: msnm
α: 90° Φ: HQ
CONTRATANTE: CELEC EP
Azul Cyan Verde Amarillo Rojo Magenta Blanco Gris Negro
SUBESTACION BAÑOS 138 K P1 CAJA 6
20.30
21.20
22.90
23.65
24.00
BLOQUE



12.3.4. Registro fotográfico:

12.3.4.1. Prospección geofísica:






ños
ortamos energía,
transmitimos desarrollo

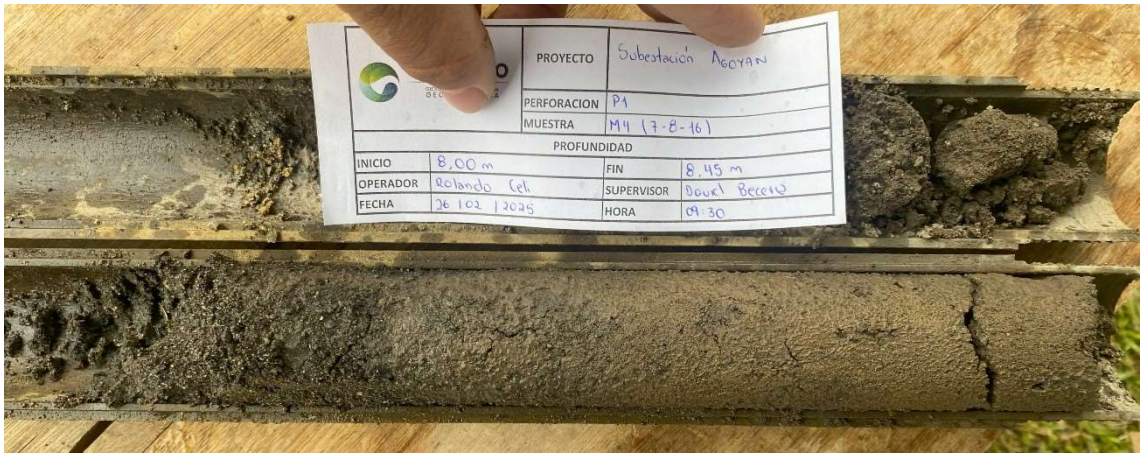
12.3.4.2. Prospección geotécnica:

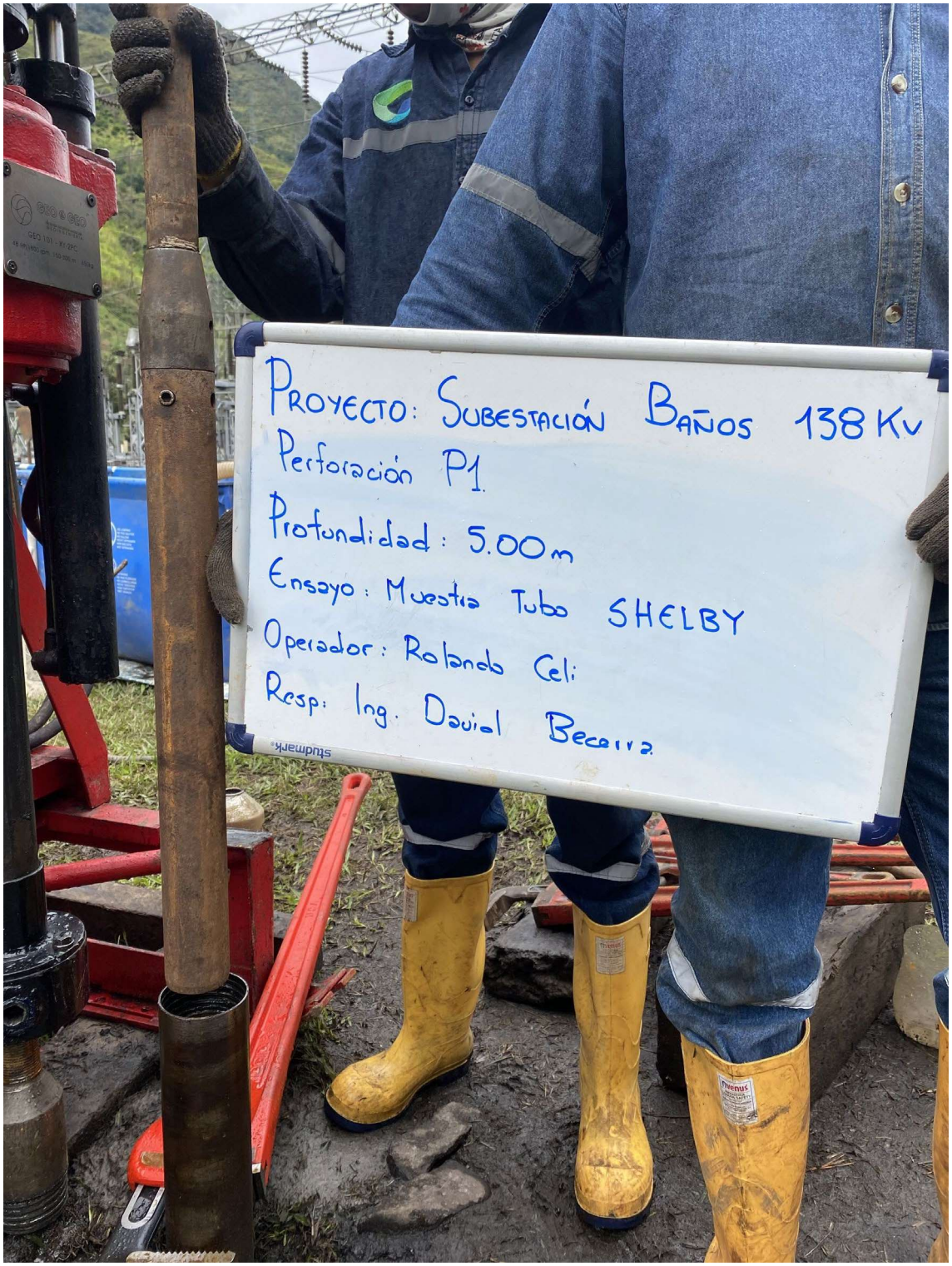



GEO & GEO
GEOINGENIERIA
PROYECTO
CELEC - SUBESTACIÓN - AGOYAN
PERFORACION
P1
MUESTRA
(12-5-10)
PROFUNDIDAD
INICIO
3,00 m
FIN
3,45 m
OPERADOR
Rolando Celi
SUPERVISOR
David Becerra
FECHA
25 febrero 2025
HORA
10:30


GEO & GEO
GEOINGENIERIA
PROYECTO
CELEC - SUBESTACIÓN - AGOYAN
PERFORACION
P1
MUESTRA
(4-4-3)
PROFUNDIDAD
INICIO
4,55m
FIN
5,00 m
OPERADOR
ROLANDO CELI
SUPERVISOR
David Becerra
FECHA
25 febrero 2025
HORA
12:30


GEO a GEO
PROYECTO Subestación AGOYAN
PERFORACION P1
MUESTRA M3 (5-4-4)
PROFUNDIDAD
INICIO 6,55m
FIN 7,00 m
OPERADOR Rolando Leli
SUPERVISOR David Becerra
FECHA 25 febrero 2025
HORA 18:20


PROYECTO Subestación AGOYAN
PERFORACION P1
MUESTRA M4 (7-8-16)
PROFUNDIDAD
INICIO 8,00 m
FIN 8,45 m
OPERADOR Rolando Leli
SUPERVISOR David Becerra
FECHA 26 | 02 | 2025
HORA 09:30


PROYECTO: SUBESTACIÓN BAÑOS 138 Kv
Perforación P1
Profundidad: 5.00m
Ensayo: Muestra Tubo SHELBY
Operador: Rolando Celi
Resp: Ing. Daviel Becerra


PROYECTO: SUBESTACIÓN BAÑOS 138 Kv
Perforación P1.
Profundidad: MUESTRA INALTERADA SHELBY
Ensayo: 9.40 m
Operador: Rolando Cel:
Resp: Ing. Daniel Becerra


PROYECTO: SUBESTACIÓN BAÑOS 138 Kv
Perforación P1
Profundidad: MUESTRA INALTERADA SHELBY
Ensayo: 13.80 m
Operador: Rolando Celi
Resp: Ing. David Becerra


Proyecto: Subestación Baños 138 Kv
Perforación P1
Profundidad: 5.00m - 5.50m
Ensayo: Permeabilidad - Lefranc
Operador: Rolando Celi
Resp: Ing. Daviel Becerra


PROYECTO: SUBESTACIÓN BAÑOS 138 kV
Perforación P1
Profundidad 14.50m – 15.00m
Ensayo Lefranc (Permeabilidad)
Operador: Rolando Cel:
Resp. Ing. Daniel Becerra


Proyecto: Subestación Baños 138 Kv
Perforación P1
Profundidad: 25.00 m – 25.50 m
Ensayo: Permeabilidad
Operador: Rolando Gil
Resp. Ing. Daniel Becerra

12.4. Informes Slide:

A continuación se muestran los documentos generados por Slide a modo de informe para cada caso:

- Perfil sin sismo
- Perfil con sismo
- Solamente escollera con sismo
- Escollera y gaviones sin sismo
- Escollera y gaviones con sismo

rocscience



ESTABILIDAD BAÑOS 2
Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/03/2025, 12:29:36
Software Version: 9.022

Table of Contents

Project Summary 3
General Settings 4
Analysis Options 5
Groundwater Analysis 6
Random Numbers 7
Surface Options 8
Seismic Loading 9
Materials 10
Global Minimums 12
Method: bishop simplified 12
Method: janbu simplified 12
Method: spencer 12
Method: gle/morgenstern-price 12
Valid and Invalid Surfaces 14
Method: bishop simplified 14
Method: janbu simplified 14
Method: spencer 14
Method: gle/morgenstern-price 14
Error Code Descriptions 14
Slice Data 15
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.904685 15
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.85755 17
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.898838 19
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.896416 21
Interslice Data 23
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.904685 23
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.85755 24
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.898838 25
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.896416 26
Entity Information 27
Group 1 27
Shared Entities 27
Scenario-based Entities 28

Slide Analysis Information

ESTABILIDAD BAÑOS 2

Project Summary

File Name:	ESTABILIDAD BAÑOS 2.slmd
Slide Modeler Version:	9.022
Compute Time:	00h:00m:07.343s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	11/03/2025, 12:29:36

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:	10116
Random Number Generation Method:	Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Auto Refine Search
Divisions along slope:	20
Circles per division:	10
Number of iterations:	10
Divisions to use in next iteration:	50%
Composite Surfaces:	Disabled
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Materials

Coluvial actual	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	8
Friction Angle [deg]	21
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial antiguo	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	23
Friction Angle [deg]	25
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial-aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	24
Water Surface	None
Ru Value	0
Terraza colgada	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	1
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Substrato rocoso	

Color	
Strength Type	Generalized Hoek-Brown
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	25
Saturated Unit Weight [kN/m3]	25
Unconfined Compressive Strength (intact) [kPa]	250000
GSI	50
mi	25
Disturbance	0
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.904685
Center:	89.839, 1658.684
Radius:	36.256
Left Slip Surface Endpoint:	55.517, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	80.578, 1623.631
Resisting Moment:	56664.1 kN-m
Driving Moment:	62634 kN-m
Total Slice Area:	156.37 m2
Surface Horizontal Width:	25.061 m
Surface Average Height:	6.23957 m

Method: janbu simplified

FS	0.857550
Center:	86.785, 1654.629
Radius:	31.677
Left Slip Surface Endpoint:	56.041, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	80.725, 1623.537
Resisting Horizontal Force:	1165.75 kN
Driving Horizontal Force:	1359.4 kN
Total Slice Area:	164.769 m2
Surface Horizontal Width:	24.6847 m
Surface Average Height:	6.67495 m

Method: spencer

FS	0.898838
Center:	89.469, 1658.519
Radius:	35.853
Left Slip Surface Endpoint:	55.517, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	80.166, 1623.894
Resisting Moment:	55025 kN-m
Driving Moment:	61217.9 kN-m
Resisting Horizontal Force:	1137.97 kN
Driving Horizontal Force:	1266.05 kN
Total Slice Area:	154.791 m2
Surface Horizontal Width:	24.6492 m
Surface Average Height:	6.27975 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	0.896416
Center:	90.331, 1658.377
Radius:	35.979
Left Slip Surface Endpoint:	56.198, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	80.255, 1623.838
Resisting Moment:	51699.8 kN-m
Driving Moment:	57673.9 kN-m
Resisting Horizontal Force:	1052.74 kN
Driving Horizontal Force:	1174.39 kN
Total Slice Area:	142.731 m2
Surface Horizontal Width:	24.057 m
Surface Average Height:	5.93302 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Valid and Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	12102
Number of Invalid Surfaces:	13

Error Codes

Error Code -108 reported for 7 surfaces
Error Code -112 reported for 6 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces:	11562
Number of Invalid Surfaces:	553

Error Codes

Error Code -108 reported for 222 surfaces
Error Code -111 reported for 325 surfaces
Error Code -112 reported for 6 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces:	9868
Number of Invalid Surfaces:	2247

Error Codes

Error Code -108 reported for 331 surfaces
Error Code -111 reported for 1903 surfaces
Error Code -112 reported for 13 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces:	10968
Number of Invalid Surfaces:	1147

Error Codes

Error Code -108 reported for 274 surfaces
Error Code -111 reported for 858 surfaces
Error Code -112 reported for 15 surfaces

Error Code Descriptions

The following errors were encountered during the computation:
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.904685

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.516954	6.2427	-70.0049	Coluvial actual	8	21	6.45001	5.83523	-5.63941	0	-5.63941	12.0866	12.0866
2	0.516954	18.0253	-67.7322	Coluvial actual	8	21	11.6121	10.5053	6.52657	0	6.52657	34.8853	34.8853
3	0.516954	27.6696	-65.6629	Coluvial actual	8	21	16.2853	14.733	17.5402	0	17.5402	53.546	53.546
4	0.516954	35.7401	-63.7481	Coluvial actual	8	21	20.5276	18.571	27.5385	0	27.5385	69.1609	69.1609
5	0.516954	43.0526	-61.9558	Coluvial actual	8	21	24.5983	22.2537	37.1323	0	37.1323	83.3089	83.3089
6	0.515958	49.634	-60.2649	Coluvial antiguo	23	25	39.4394	35.6802	27.1929	0	27.1929	96.2391	96.2391
7	0.515958	55.7596	-58.6591	Coluvial antiguo	23	25	43.9501	39.761	35.9441	0	35.9441	108.113	108.113
8	0.515958	61.4246	-57.1241	Coluvial antiguo	23	25	48.2947	43.6915	44.3732	0	44.3732	119.094	119.094
9	0.515958	66.6523	-55.6505	Coluvial antiguo	23	25	52.4637	47.4631	52.4613	0	52.4613	129.228	129.228
10	0.515958	71.0652	-54.2304	Coluvial antiguo	23	25	56.2182	50.8598	59.7455	0	59.7455	137.781	137.781
11	0.515958	75.0088	-52.8577	Coluvial antiguo	23	25	59.7331	54.0396	66.5647	0	66.5647	145.425	145.425
12	0.515958	78.6589	-51.5272	Coluvial antiguo	23	25	63.0994	57.0851	73.0957	0	73.0957	152.5	152.5
13	0.515958	82.0409	-50.2345	Coluvial antiguo	23	25	66.3243	60.0026	79.3523	0	79.3523	159.055	159.055
14	0.515958	85.1762	-48.9759	Coluvial antiguo	23	25	69.4142	62.798	85.347	0	85.347	165.131	165.131
15	0.515958	88.0833	-47.7485	Coluvial antiguo	23	25	72.375	65.4766	91.0912	0	91.0912	170.766	170.766
16	0.515958	90.7781	-46.5493	Coluvial antiguo	23	25	75.2118	68.043	96.5951	0	96.5951	175.988	175.988
17	0.515958	93.2747	-45.3761	Coluvial antiguo	23	25	77.9294	70.5016	101.868	0	101.868	180.827	180.827
18	0.515958	95.5852	-44.2267	Coluvial antiguo	23	25	80.5322	72.8563	106.917	0	106.917	185.305	185.305
19	0.515958	97.7204	-43.0994	Coluvial antiguo	23	25	83.024	75.1106	111.752	0	111.752	189.443	189.443
20	0.515958	99.6697	-41.9925	Coluvial antiguo	23	25	85.3946	77.2552	116.351	0	116.351	193.22	193.22
21	0.515958	97.8462	-40.9046	Coluvial antiguo	23	25	85.1631	77.0458	115.901	0	115.901	189.684	189.684
22	0.515958	93.2087	-39.8342	Coluvial antiguo	23	25	82.9103	75.0077	111.531	0	111.531	180.693	180.693
23	0.515958	88.4288	-38.7803	Coluvial antiguo	23	25	80.4612	72.792	106.779	0	106.779	171.426	171.426
24	0.515958	83.5128	-37.7418	Coluvial antiguo	23	25	77.8215	70.4039	101.658	0	101.658	161.896	161.896
25	0.515958	78.4666	-36.7176	Coluvial antiguo	23	25	74.9962	67.8479	96.1766	0	96.1766	152.113	152.113
26	0.495214	70.4503	-35.727	Coluvial-aluvial	15	24	63.964	57.8673	96.2816	0	96.2816	142.29	142.29
27	0.495214	66.6727	-34.7686	Coluvial-aluvial	15	24	61.7536	55.8676	91.7901	0	91.7901	134.66	134.66
28	0.495214	64.8175	-33.8212	Coluvial-aluvial	15	24	60.9204	55.1138	90.0971	0	90.0971	130.913	130.913
29	0.495214	62.908	-32.8843	Coluvial-aluvial	15	24	60.0135	54.2933	88.2543	0	88.2543	127.055	127.055
30	0.495214	60.9023	-31.9571	Coluvial-aluvial	15	24	59.0012	53.3775	86.1973	0	86.1973	123.004	123.004

31	0.495214	58.8034	-31.0392	Coluvial-aluvial	15	24	57.8851	52.3678	83.9295	0	83.9295	118.764	118.764
32	0.495214	56.6138	-30.1301	Coluvial-aluvial	15	24	56.6666	51.2654	81.4535	0	81.4535	114.342	114.342
33	0.495214	54.3362	-29.2292	Coluvial-aluvial	15	24	55.3469	50.0715	78.7718	0	78.7718	109.741	109.741
34	0.495214	51.9729	-28.3363	Coluvial-aluvial	15	24	53.9272	48.7871	75.887	0	75.887	104.968	104.968
35	0.495214	49.4987	-27.4507	Coluvial-aluvial	15	24	52.3867	47.3935	72.7569	0	72.7569	99.9705	99.9705
36	0.495214	45.3818	-26.5723	Coluvial-aluvial	15	24	49.5026	44.7843	66.8966	0	66.8966	91.6557	91.6557
37	0.495214	40.0999	-25.7005	Coluvial-aluvial	15	24	45.6299	41.2807	59.0276	0	59.0276	80.9882	80.9882
38	0.495214	34.2983	-24.835	Coluvial-aluvial	15	24	41.2712	37.3374	50.1704	0	50.1704	69.271	69.271
39	0.495214	30.4236	-23.9756	Coluvial-aluvial	15	24	38.4128	34.7515	44.3626	0	44.3626	61.4455	61.4455
40	0.495214	27.7739	-23.1219	Coluvial-aluvial	15	24	36.5135	33.0332	40.5032	0	40.5032	56.094	56.094
41	0.495214	25.0509	-22.2735	Coluvial-aluvial	15	24	34.5212	31.2308	36.4551	0	36.4551	50.5946	50.5946
42	0.495214	22.2561	-21.4303	Coluvial-aluvial	15	24	32.4363	29.3446	32.2186	0	32.2186	44.95	44.95
43	0.495214	19.3906	-20.592	Coluvial-aluvial	15	24	30.2589	27.3748	27.7942	0	27.7942	39.1629	39.1629
44	0.495214	16.4558	-19.7582	Coluvial-aluvial	15	24	27.9891	25.3213	23.182	0	23.182	33.2356	33.2356
45	0.495214	13.4526	-18.9287	Coluvial-aluvial	15	24	25.6268	23.1842	18.3821	0	18.3821	27.1704	27.1704
46	0.495214	10.3821	-18.1033	Coluvial-aluvial	15	24	23.1721	20.9634	13.3941	0	13.3941	20.9694	20.9694
47	0.495214	7.30583	-17.2819	Coluvial-aluvial	15	24	20.6768	18.706	8.32382	0	8.32382	14.7567	14.7567
48	0.420784	3.9679	-16.5252	Terraza colgada	15	38	19.6835	17.8074	3.59333	0	3.59333	9.43329	9.43329
49	0.420784	1.99971	-15.8328	Terraza colgada	15	38	16.6172	15.0334	0.0426908	0	0.0426908	4.75518	4.75518
50	0.420784	0.617838	-15.1428	Terraza colgada	15	38	14.4689	13.0898	-2.44494	0	-2.44494	1.47066	1.47066

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.85755

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.519026	8.15011	-74.3261	Coluvial actual	8	21	6.31093	5.41194	-6.74215	0	-6.74215	15.7491	15.7491
2	0.519026	22.0572	-71.1364	Coluvial actual	8	21	12.2872	10.5369	6.60884	0	6.60884	42.5714	42.5714
3	0.519026	32.9748	-68.4087	Coluvial actual	8	21	17.7417	15.2144	18.7941	0	18.7941	63.6245	63.6245
4	0.519026	42.3287	-65.9798	Coluvial actual	8	21	22.8903	19.6296	30.2962	0	30.2962	81.66	81.66
5	0.499192	48.477	-63.8038	Coluvial antiguo	23	25	37.8634	32.4698	20.308	0	20.308	97.2696	97.2696
6	0.499192	55.2844	-61.8249	Coluvial antiguo	23	25	43.2378	37.0786	30.1917	0	30.1917	110.914	110.914
7	0.499192	61.4502	-59.9667	Coluvial antiguo	23	25	48.363	41.4737	39.6169	0	39.6169	123.272	123.272
8	0.499192	67.0634	-58.2077	Coluvial antiguo	23	25	53.2522	45.6664	48.6084	0	48.6084	134.521	134.521
9	0.499192	71.8165	-56.5321	Coluvial antiguo	23	25	57.6928	49.4745	56.7748	0	56.7748	144.045	144.045
10	0.499192	75.9923	-54.9277	Coluvial antiguo	23	25	61.8188	53.0127	64.3625	0	64.3625	152.412	152.412
11	0.499192	79.8147	-53.385	Coluvial antiguo	23	25	65.7481	56.3823	71.5886	0	71.5886	160.07	160.07
12	0.499192	83.3211	-51.8964	Coluvial antiguo	23	25	69.4939	59.5945	78.477	0	78.477	167.095	167.095
13	0.499192	86.5425	-50.4557	Coluvial antiguo	23	25	73.0675	62.659	85.049	0	85.049	173.547	173.547
14	0.499192	89.5044	-49.0576	Coluvial antiguo	23	25	76.4788	65.5844	91.3225	0	91.3225	179.48	179.48
15	0.499192	92.2286	-47.6979	Coluvial antiguo	23	25	79.7365	68.378	97.3134	0	97.3134	184.936	184.936
16	0.499192	94.7333	-46.3728	Coluvial antiguo	23	25	82.8481	71.0464	103.036	0	103.036	189.952	189.952
17	0.499192	97.0343	-45.0791	Coluvial antiguo	23	25	85.8205	73.5954	108.502	0	108.502	194.56	194.56
18	0.499192	99.1454	-43.8141	Coluvial antiguo	23	25	88.6598	76.0302	113.724	0	113.724	198.787	198.787
19	0.499192	101.079	-42.5753	Coluvial antiguo	23	25	91.3711	78.3553	118.71	0	118.71	202.657	202.657
20	0.499192	101.752	-41.3607	Coluvial antiguo	23	25	93.1541	79.8843	121.989	0	121.989	204.002	204.002
21	0.499192	97.913	-40.1684	Coluvial antiguo	23	25	91.5442	78.5037	119.028	0	119.028	196.302	196.302
22	0.499192	93.473	-38.9967	Coluvial antiguo	23	25	89.3723	76.6412	115.034	0	115.034	187.398	187.398
23	0.499192	88.8906	-37.8441	Coluvial antiguo	23	25	86.9792	74.589	110.633	0	110.633	178.208	178.208
24	0.485992	82.0092	-36.724	Coluvial-aluvial	15	24	75.8025	65.0044	112.312	0	112.312	168.862	168.862
25	0.485992	77.4176	-35.6348	Coluvial-aluvial	15	24	73.0613	62.6537	107.032	0	107.032	159.406	159.406
26	0.485992	72.7339	-34.5603	Coluvial-aluvial	15	24	70.1553	60.1617	101.435	0	101.435	149.76	149.76
27	0.485992	69.7899	-33.4995	Coluvial-aluvial	15	24	68.5431	58.7791	98.3296	0	98.3296	143.696	143.696
28	0.485992	67.9132	-32.4516	Coluvial-aluvial	15	24	67.7293	58.0813	96.7621	0	96.7621	139.83	139.83
29	0.485992	65.9339	-31.4157	Coluvial-aluvial	15	24	66.7923	57.2777	94.9574	0	94.9574	135.753	135.753
30	0.485992	63.8554	-30.3911	Coluvial-aluvial	15	24	65.734	56.3702	92.9191	0	92.9191	131.471	131.471
31	0.485992	61.681	-29.3772	Coluvial-aluvial	15	24	64.5564	55.3603	90.6507	0	90.6507	126.993	126.993
32	0.485992	59.4133	-28.3733	Coluvial-aluvial	15	24	63.2607	54.2492	88.1552	0	88.1552	122.322	122.322
33	0.485992	57.0552	-27.3788	Coluvial-aluvial	15	24	61.8486	53.0383	85.4353	0	85.4353	117.465	117.465

34	0.485992	54.6091	-26.3931	Coluvial-aluvial	15	24	60.3211	51.7284	82.4933	0	82.4933	112.428	112.428
35	0.485992	51.9869	-25.4158	Coluvial-aluvial	15	24	58.6019	50.2541	79.1819	0	79.1819	107.028	107.028
36	0.485992	47.6025	-24.4464	Coluvial-aluvial	15	24	55.3165	47.4367	72.8542	0	72.8542	98.0009	98.0009
37	0.485992	42.2798	-23.4844	Coluvial-aluvial	15	24	51.1456	43.8599	64.8205	0	64.8205	87.0427	87.0427
38	0.485992	36.5222	-22.5293	Coluvial-aluvial	15	24	46.512	39.8864	55.8957	0	55.8957	75.1895	75.1895
39	0.485992	32.7831	-21.5808	Coluvial-aluvial	15	24	43.5823	37.374	50.2529	0	50.2529	67.4914	67.4914
40	0.485992	30.0313	-20.6385	Coluvial-aluvial	15	24	41.4797	35.5709	46.203	0	46.203	61.826	61.826
41	0.485992	27.2043	-19.7019	Coluvial-aluvial	15	24	39.2686	33.6748	41.9442	0	41.9442	56.0059	56.0059
42	0.485992	24.3035	-18.7709	Coluvial-aluvial	15	24	36.949	31.6856	37.4765	0	37.4765	50.034	50.034
43	0.485992	21.3301	-17.8449	Coluvial-aluvial	15	24	34.5208	29.6033	32.7996	0	32.7996	43.9128	43.9128
44	0.485992	18.2853	-16.9237	Coluvial-aluvial	15	24	31.9837	27.4276	27.9128	0	27.9128	37.6447	37.6447
45	0.485992	15.1701	-16.0071	Coluvial-aluvial	15	24	29.3373	25.1582	22.8157	0	22.8157	31.2319	31.2319
46	0.485992	11.9855	-15.0946	Coluvial-aluvial	15	24	26.5812	22.7947	17.5073	0	17.5073	24.6767	24.6767
47	0.486528	8.84675	-14.1855	Terraza colgada	15	38	27.6936	23.7486	11.1978	0	11.1978	18.1979	18.1979
48	0.486528	5.89976	-13.2795	Terraza colgada	15	38	23.4974	20.1502	6.59199	0	6.59199	12.1377	12.1377
49	0.486528	3.04567	-12.377	Terraza colgada	15	38	19.337	16.5824	2.02542	0	2.02542	6.26877	6.26877
50	0.486528	0.977951	-11.4775	Terraza colgada	15	38	16.3118	13.9882	-1.2951	0	-1.2951	2.01689	2.01689

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.898838

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.516871	6.25578	-70.0493	Coluvial actual	8	21	7.02542	6.31471	-4.39034	0	-4.39034	14.9636	14.9636
2	0.516871	18.0541	-67.7481	Coluvial actual	8	21	11.2646	10.125	5.53589	0	5.53589	33.0676	33.0676
3	0.516871	27.6984	-65.6555	Coluvial actual	8	21	14.912	13.4034	14.0765	0	14.0765	47.0345	47.0345
4	0.516871	35.759	-63.7207	Coluvial actual	8	21	18.136	16.3013	21.6257	0	21.6257	58.3544	58.3544
5	0.516871	43.0555	-61.9106	Coluvial actual	8	21	21.1976	19.0532	28.7946	0	28.7946	68.5119	68.5119
6	0.495555	47.5471	-60.2358	Coluvial antiguo	23	25	38.3073	34.4321	24.5163	0	24.5163	91.5017	91.5017
7	0.495555	53.1958	-58.6765	Coluvial antiguo	23	25	41.8408	37.6081	31.3271	0	31.3271	100.08	100.08
8	0.495555	58.4315	-57.1841	Coluvial antiguo	23	25	45.2984	40.7159	37.9919	0	37.9919	108.238	108.238
9	0.495555	63.2945	-55.7499	Coluvial antiguo	23	25	48.6901	43.7645	44.5297	0	44.5297	116.04	116.04
10	0.495555	67.4584	-54.3666	Coluvial antiguo	23	25	51.857	46.611	50.6339	0	50.6339	122.978	122.978
11	0.495555	71.128	-53.0285	Coluvial antiguo	23	25	54.8736	49.3225	56.4489	0	56.4489	129.344	129.344
12	0.495555	74.5315	-51.7308	Coluvial antiguo	23	25	57.8367	51.9858	62.1603	0	62.1603	135.475	135.475
13	0.495555	77.6916	-50.4693	Coluvial antiguo	23	25	60.751	54.6053	67.7776	0	67.7776	141.394	141.394
14	0.495555	80.6273	-49.2407	Coluvial antiguo	23	25	63.6201	57.1842	73.3084	0	73.3084	147.119	147.119
15	0.495555	83.3554	-48.042	Coluvial antiguo	23	25	66.4473	59.7254	78.758	0	78.758	152.664	152.664
16	0.495555	85.89	-46.8705	Coluvial antiguo	23	25	69.2349	62.231	84.1311	0	84.1311	158.041	158.041
17	0.495555	88.2437	-45.7241	Coluvial antiguo	23	25	71.9848	64.7027	89.4318	0	89.4318	163.259	163.259
18	0.495555	90.4276	-44.6007	Coluvial antiguo	23	25	74.6986	67.1419	94.6626	0	94.6626	168.327	168.327
19	0.495555	92.4515	-43.4987	Coluvial antiguo	23	25	77.3772	69.5496	99.8259	0	99.8259	173.251	173.251
20	0.495555	94.324	-42.4165	Coluvial antiguo	23	25	80.0219	71.9267	104.924	0	104.924	178.036	178.036
21	0.495555	95.4241	-41.3526	Coluvial antiguo	23	25	82.2497	73.9292	109.218	0	109.218	181.61	181.61
22	0.495555	92.0354	-40.3059	Coluvial antiguo	23	25	81.7139	73.4476	108.185	0	108.185	177.498	177.498
23	0.495555	87.6853	-39.2751	Coluvial antiguo	23	25	80.4772	72.336	105.801	0	105.801	171.613	171.613
24	0.495555	83.2107	-38.2593	Coluvial antiguo	23	25	79.0448	71.0485	103.04	0	103.04	165.375	165.375
25	0.495555	78.6169	-37.2575	Coluvial antiguo	23	25	77.4146	69.5832	99.8981	0	99.8981	158.782	158.782
26	0.495555	73.9085	-36.2689	Coluvial antiguo	23	25	75.5845	67.9382	96.3703	0	96.3703	151.83	151.83
27	0.490581	68.4209	-35.2975	Coluvial-aluvial	15	24	62.4816	56.1608	92.4487	0	92.4487	136.684	136.684
28	0.490581	65.1406	-34.3424	Coluvial-aluvial	15	24	61.3215	55.1181	90.1067	0	90.1067	132.004	132.004
29	0.490581	63.3199	-33.3982	Coluvial-aluvial	15	24	61.0979	54.9171	89.6552	0	89.6552	129.939	129.939
30	0.490581	61.403	-32.464	Coluvial-aluvial	15	24	60.7648	54.6177	88.9829	0	88.9829	127.641	127.641
31	0.490581	59.3929	-31.5395	Coluvial-aluvial	15	24	60.3204	54.2183	88.0856	0	88.0856	125.107	125.107
32	0.490581	57.2923	-30.624	Coluvial-aluvial	15	24	59.7626	53.7169	86.9595	0	86.9595	122.337	122.337
33	0.490581	55.1038	-29.7171	Coluvial-aluvial	15	24	59.089	53.1114	85.5995	0	85.5995	119.327	119.327

34	0.490581	52.8298	-28.8183	Coluvial-aluvial	15	24	58.2972	52.3997	84.0012	0	84.0012	116.075	116.075
35	0.490581	50.4725	-27.9273	Coluvial-aluvial	15	24	57.3845	51.5794	82.1588	0	82.1588	112.577	112.577
36	0.490581	47.9679	-27.0435	Coluvial-aluvial	15	24	56.2957	50.6007	79.9604	0	79.9604	108.698	108.698
37	0.490581	43.7239	-26.1666	Coluvial-aluvial	15	24	53.7296	48.2942	74.78	0	74.78	101.179	101.179
38	0.490581	38.4686	-25.2963	Coluvial-aluvial	15	24	50.208	45.1289	67.6706	0	67.6706	91.3999	91.3999
39	0.490581	32.7562	-24.4322	Coluvial-aluvial	15	24	46.1486	41.4801	59.4754	0	59.4754	80.4406	80.4406
40	0.490581	29.0757	-23.5739	Coluvial-aluvial	15	24	43.6649	39.2477	54.461	0	54.461	73.5141	73.5141
41	0.490581	26.4414	-22.7213	Coluvial-aluvial	15	24	41.9883	37.7407	51.0764	0	51.0764	68.6588	68.6588
42	0.490581	23.7357	-21.8739	Coluvial-aluvial	15	24	40.1714	36.1076	47.4085	0	47.4085	63.536	63.536
43	0.490581	20.9599	-21.0315	Coluvial-aluvial	15	24	38.2103	34.3449	43.4493	0	43.4493	58.1409	58.1409
44	0.490581	18.1152	-20.1938	Coluvial-aluvial	15	24	36.1005	32.4485	39.19	0	39.19	52.468	52.468
45	0.490581	15.2028	-19.3607	Coluvial-aluvial	15	24	33.8375	30.4144	34.6213	0	34.6213	46.5113	46.5113
46	0.490581	12.2238	-18.5317	Coluvial-aluvial	15	24	31.4165	28.2383	29.7337	0	29.7337	40.2648	40.2648
47	0.490581	9.179	-17.7068	Coluvial-aluvial	15	24	28.8323	25.9156	24.5168	0	24.5168	33.7221	33.7221
48	0.490581	6.12451	-16.8857	Coluvial-aluvial	15	24	26.1345	23.4907	19.0704	0	19.0704	27.0035	27.0035
49	0.490581	3.22152	-16.0681	Coluvial-aluvial	15	24	23.4831	21.1075	13.7176	0	13.7176	20.4815	20.4815
50	0.374786	0.590165	-15.3496	Terraza colgada	15	38	26.4881	23.8085	11.2743	0	11.2743	18.5453	18.5453

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.896416

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.509617	6.06009	-70.3586	Coluvial actual	8	21	6.5995	5.9159	-5.42926	0	-5.42926	13.062	13.062
2	0.509617	16.4798	-68.065	Coluvial actual	8	21	11.2116	10.0503	5.34121	0	5.34121	33.1819	33.1819
3	0.509617	25.4017	-65.9818	Coluvial actual	8	21	15.0119	13.4569	14.2157	0	14.2157	47.904	47.904
4	0.509617	33.3796	-64.0572	Coluvial actual	8	21	18.3195	16.4219	21.9399	0	21.9399	59.5959	59.5959
5	0.509617	40.6007	-62.2579	Coluvial actual	8	21	21.2911	19.0857	28.8791	0	28.8791	69.3604	69.3604
6	0.486128	44.887	-60.5977	Coluvial antiguo	23	25	37.2397	33.3823	22.265	0	22.265	88.3487	88.3487
7	0.486128	50.4247	-59.0565	Coluvial antiguo	23	25	40.9015	36.6648	29.3041	0	29.3041	97.5279	97.5279
8	0.486128	55.5113	-57.5816	Coluvial antiguo	23	25	44.33	39.7381	35.8949	0	35.8949	105.698	105.698
9	0.486128	59.826	-56.1644	Coluvial antiguo	23	25	47.3957	42.4863	41.7886	0	41.7886	112.492	112.492
10	0.486128	63.7304	-54.7978	Coluvial antiguo	23	25	50.2896	45.0804	47.3517	0	47.3517	118.636	118.636
11	0.486128	67.3505	-53.4759	Coluvial antiguo	23	25	53.0857	47.5869	52.7267	0	52.7267	124.405	124.405
12	0.486128	70.7124	-52.1941	Coluvial antiguo	23	25	55.8061	50.0255	57.9565	0	57.9565	129.886	129.886
13	0.486128	73.838	-50.9483	Coluvial antiguo	23	25	58.4692	52.4127	63.0756	0	63.0756	135.146	135.146
14	0.486128	76.7461	-49.735	Coluvial antiguo	23	25	61.0902	54.7622	68.1143	0	68.1143	140.239	140.239
15	0.486128	79.4527	-48.5513	Coluvial antiguo	23	25	63.683	57.0865	73.0988	0	73.0988	145.209	145.209
16	0.486128	81.9719	-47.3948	Coluvial antiguo	23	25	66.2609	59.3973	78.0542	0	78.0542	150.099	150.099
17	0.486128	84.3158	-46.2631	Coluvial antiguo	23	25	68.8355	61.7052	83.0036	0	83.0036	154.943	154.943
18	0.486128	86.4952	-45.1543	Coluvial antiguo	23	25	71.4183	64.0205	87.9689	0	87.9689	159.773	159.773
19	0.486128	88.5197	-44.0667	Coluvial antiguo	23	25	74.0199	66.3526	92.9698	0	92.9698	164.617	164.617
20	0.486128	89.729	-42.9988	Coluvial antiguo	23	25	76.2532	68.3546	97.2633	0	97.2633	168.368	168.368
21	0.486128	86.6052	-41.9491	Coluvial antiguo	23	25	75.9718	68.1023	96.7222	0	96.7222	165.005	165.005
22	0.486128	82.6189	-40.9164	Coluvial antiguo	23	25	75.1597	67.3744	95.1613	0	95.1613	160.304	160.304
23	0.486128	78.5067	-39.8996	Coluvial antiguo	23	25	74.2366	66.5469	93.3866	0	93.3866	155.457	155.457
24	0.486128	74.2742	-38.8977	Coluvial antiguo	23	25	73.1845	65.6038	91.3642	0	91.3642	150.412	150.412
25	0.486128	69.9265	-37.9098	Coluvial antiguo	23	25	71.9828	64.5265	89.054	0	89.054	145.111	145.111
26	0.486128	65.4682	-36.9349	Coluvial antiguo	23	25	70.6076	63.2938	86.4103	0	86.4103	139.491	139.491
27	0.468397	59.9173	-35.9897	Coluvial-aluvial	15	24	58.6644	52.5877	84.4233	0	84.4233	127.029	127.029
28	0.468397	58.4042	-35.0731	Coluvial-aluvial	15	24	58.9562	52.8493	85.0109	0	85.0109	126.405	126.405
29	0.468397	56.8159	-34.1666	Coluvial-aluvial	15	24	59.1635	53.0351	85.4282	0	85.4282	125.585	125.585
30	0.468397	55.1419	-33.2698	Coluvial-aluvial	15	24	59.2595	53.1212	85.6216	0	85.6216	124.503	124.503
31	0.468397	53.3847	-32.3821	Coluvial-aluvial	15	24	59.226	53.0911	85.5541	0	85.5541	123.114	123.114
32	0.468397	51.5469	-31.5031	Coluvial-aluvial	15	24	59.044	52.928	85.1878	0	85.1878	121.374	121.374
33	0.468397	49.6307	-30.6322	Coluvial-aluvial	15	24	58.6951	52.6152	84.4853	0	84.4853	119.242	119.242

34	0.468397	47.6382	-29.7691	Coluvial-aluvial	15	24	58.1613	52.1367	83.4106	0	83.4106	116.678	116.678
35	0.468397	45.5715	-28.9134	Coluvial-aluvial	15	24	57.4264	51.4779	81.9306	0	81.9306	113.649	113.649
36	0.468397	42.8502	-28.0647	Coluvial-aluvial	15	24	55.9973	50.1969	79.0536	0	79.0536	108.909	108.909
37	0.468397	38.4803	-27.2226	Coluvial-aluvial	15	24	53.0047	47.5143	73.0284	0	73.0284	100.296	100.296
38	0.468397	33.5502	-26.3869	Coluvial-aluvial	15	24	49.2999	44.1932	65.5691	0	65.5691	90.0277	90.0277
39	0.468397	28.7793	-25.5571	Coluvial-aluvial	15	24	45.4859	40.7743	57.8899	0	57.8899	79.6413	79.6413
40	0.468397	26.1889	-24.7331	Coluvial-aluvial	15	24	43.3472	38.8571	53.584	0	53.584	73.5519	73.5519
41	0.468397	23.8788	-23.9145	Coluvial-aluvial	15	24	41.2862	37.0096	49.4344	0	49.4344	67.7424	67.7424
42	0.468397	21.5051	-23.1011	Coluvial-aluvial	15	24	39.0134	34.9722	44.8584	0	44.8584	61.4998	61.4998
43	0.468397	19.069	-22.2925	Coluvial-aluvial	15	24	36.541	32.7559	39.8805	0	39.8805	54.8614	54.8614
44	0.468397	16.5716	-21.4886	Coluvial-aluvial	15	24	33.885	30.3751	34.5329	0	34.5329	47.8728	47.8728
45	0.468397	14.0139	-20.6892	Coluvial-aluvial	15	24	31.0646	27.8468	28.8545	0	28.8545	40.5861	40.5861
46	0.468397	11.3969	-19.8939	Coluvial-aluvial	15	24	28.1018	25.1909	22.8892	0	22.8892	33.0585	33.0585
47	0.468397	8.72143	-19.1026	Coluvial-aluvial	15	24	25.021	22.4292	16.6863	0	16.6863	25.3519	25.3519
48	0.468397	6.02923	-18.315	Coluvial-aluvial	15	24	21.8858	19.6187	10.3739	0	10.3739	17.6182	17.6182
49	0.468397	3.47932	-17.531	Coluvial-aluvial	15	24	18.8689	16.9144	4.29972	0	4.29972	10.2603	10.2603
50	0.527112	1.07172	-16.7017	Terraza colgada	15	38	15.3129	13.7268	-1.62967	0	-1.62967	2.96494	2.96494

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.904685

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	55.5173	1647	0	0	0
2	56.0342	1645.58	-11.3443	0	0
3	56.5512	1644.32	-9.10388	0	0
4	57.0681	1643.17	2.53005	0	0
5	57.5851	1642.13	20.7902	0	0
6	58.1021	1641.16	44.1164	0	0
7	58.618	1640.25	48.3424	0	0
8	59.134	1639.4	56.1329	0	0
9	59.6499	1638.61	66.6523	0	0
10	60.1659	1637.85	79.2059	0	0
11	60.6818	1637.14	93.0065	0	0
12	61.1978	1636.45	107.547	0	0
13	61.7138	1635.8	122.47	0	0
14	62.2297	1635.18	137.471	0	0
15	62.7457	1634.59	152.291	0	0
16	63.2616	1634.02	166.711	0	0
17	63.7776	1633.48	180.538	0	0
18	64.2936	1632.96	193.608	0	0
19	64.8095	1632.45	205.777	0	0
20	65.3255	1631.97	216.921	0	0
21	65.8414	1631.51	226.927	0	0
22	66.3574	1631.06	234.822	0	0
23	66.8733	1630.63	240.072	0	0
24	67.3893	1630.21	242.848	0	0
25	67.9053	1629.82	243.319	0	0
26	68.4212	1629.43	241.659	0	0
27	68.9164	1629.07	244.298	0	0
28	69.4117	1628.73	245.291	0	0
29	69.9069	1628.4	245.033	0	0
30	70.4021	1628.08	243.588	0	0
31	70.8973	1627.77	241.016	0	0
32	71.3925	1627.47	237.38	0	0
33	71.8877	1627.18	232.746	0	0
34	72.3829	1626.91	227.181	0	0
35	72.8782	1626.64	220.757	0	0
36	73.3734	1626.38	213.547	0	0
37	73.8686	1626.14	205.617	0	0
38	74.3638	1625.9	197.102	0	0
39	74.859	1625.67	188.175	0	0
40	75.3542	1625.45	178.934	0	0
41	75.8494	1625.24	169.427	0	0
42	76.3446	1625.03	159.736	0	0
43	76.8399	1624.84	149.946	0	0
44	77.3351	1624.65	140.141	0	0
45	77.8303	1624.47	130.413	0	0
46	78.3255	1624.31	120.851	0	0
47	78.8207	1624.14	111.552	0	0
48	79.3159	1623.99	102.601	0	0
49	79.7367	1623.86	94.7717	0	0
50	80.1575	1623.74	87.7888	0	0
51	80.5783	1623.63	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.85755

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	56.0407	1647	0	0	0
2	56.5597	1645.15	-15.7399	0	0
3	57.0787	1643.63	-12.0646	0	0
4	57.5978	1642.32	3.39435	0	0
5	58.1168	1641.16	26.8225	0	0
6	58.616	1640.14	28.5661	0	0
7	59.1152	1639.21	35.1641	0	0
8	59.6144	1638.34	45.2794	0	0
9	60.1135	1637.54	57.8981	0	0
10	60.6127	1636.78	72.0292	0	0
11	61.1119	1636.07	86.9956	0	0
12	61.6111	1635.4	102.335	0	0
13	62.1103	1634.77	117.671	0	0
14	62.6095	1634.16	132.694	0	0
15	63.1087	1633.59	147.144	0	0
16	63.6079	1633.04	160.805	0	0
17	64.1071	1632.51	173.494	0	0
18	64.6063	1632.01	185.054	0	0
19	65.1055	1631.53	195.354	0	0
20	65.6047	1631.07	204.281	0	0
21	66.1039	1630.64	211.488	0	0
22	66.603	1630.21	216.04	0	0
23	67.1022	1629.81	218.014	0	0
24	67.6014	1629.42	217.59	0	0
25	68.0874	1629.06	221.547	0	0
26	68.5734	1628.71	223.401	0	0
27	69.0594	1628.38	223.334	0	0
28	69.5454	1628.05	221.72	0	0
29	70.0314	1627.75	218.775	0	0
30	70.5174	1627.45	214.568	0	0
31	71.0034	1627.16	209.172	0	0
32	71.4894	1626.89	202.664	0	0
33	71.9754	1626.63	195.122	0	0
34	72.4614	1626.38	186.629	0	0
35	72.9473	1626.13	177.27	0	0
36	73.4333	1625.9	167.134	0	0
37	73.9193	1625.68	156.401	0	0
38	74.4053	1625.47	145.284	0	0
39	74.8913	1625.27	133.994	0	0
40	75.3773	1625.08	122.517	0	0
41	75.8633	1624.89	110.857	0	0
42	76.3493	1624.72	99.1119	0	0
43	76.8353	1624.56	87.382	0	0
44	77.3213	1624.4	75.7714	0	0
45	77.8073	1624.25	64.3873	0	0
46	78.2933	1624.11	53.34	0	0
47	78.7793	1623.98	42.7432	0	0
48	79.2658	1623.86	30.6744	0	0
49	79.7523	1623.74	20.0227	0	0
50	80.2388	1623.64	10.8504	0	0
51	80.7254	1623.54	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.898838

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	55.5173	1647	0	0	0
2	56.0342	1645.58	-9.88995	-7.16957	35.9397
3	56.551	1644.31	-8.73062	-6.32913	35.9397
4	57.0679	1643.17	-0.373106	-0.270478	35.9397
5	57.5848	1642.12	12.871	9.3306	35.9396
6	58.1016	1641.16	29.7785	21.5874	35.9396
7	58.5972	1640.29	32.0012	23.1988	35.9397
8	59.0928	1639.47	36.7345	26.6301	35.9396
9	59.5883	1638.71	43.4376	31.4894	35.9396
10	60.0839	1637.98	51.6698	37.4573	35.9397
11	60.5794	1637.29	60.925	44.1667	35.9397
12	61.075	1636.63	70.838	51.3529	35.9396
13	61.5705	1636	81.1666	58.8405	35.9397
14	62.0661	1635.4	91.7012	66.4774	35.9397
15	62.5616	1634.82	102.258	74.1302	35.9396
16	63.0572	1634.27	112.673	81.6806	35.9397
17	63.5527	1633.74	122.801	89.0226	35.9396
18	64.0483	1633.24	132.51	96.0608	35.9396
19	64.5439	1632.75	141.679	102.708	35.9397
20	65.0394	1632.28	150.2	108.885	35.9396
21	65.535	1631.82	157.97	114.518	35.9397
22	66.0305	1631.39	164.766	119.445	35.9398
23	66.5261	1630.97	169.666	122.997	35.9397
24	67.0216	1630.56	172.581	125.11	35.9397
25	67.5172	1630.17	173.599	125.848	35.9397
26	68.0127	1629.8	172.813	125.278	35.9396
27	68.5083	1629.43	170.322	123.473	35.9398
28	68.9989	1629.08	171.718	124.484	35.9396
29	69.4895	1628.75	171.776	124.527	35.9398
30	69.98	1628.43	170.742	123.777	35.9397
31	70.4706	1628.11	168.644	122.256	35.9397
32	70.9612	1627.81	165.514	119.987	35.9397
33	71.4518	1627.52	161.39	116.997	35.9396
34	71.9424	1627.24	156.313	113.317	35.9397
35	72.4329	1626.97	150.328	108.978	35.9397
36	72.9235	1626.71	143.485	104.017	35.9396
37	73.4141	1626.46	135.837	98.4728	35.9396
38	73.9047	1626.22	127.45	92.393	35.9397
39	74.3953	1625.99	118.459	85.8753	35.9397
40	74.8859	1625.77	109.029	79.0392	35.9398
41	75.3764	1625.55	99.2233	71.9304	35.9397
42	75.867	1625.35	89.0757	64.5741	35.9397
43	76.3576	1625.15	78.6659	57.0276	35.9396
44	76.8482	1624.96	68.0786	49.3525	35.9396
45	77.3388	1624.78	57.4041	41.6142	35.9396
46	77.8293	1624.61	46.7388	33.8826	35.9397
47	78.3199	1624.44	36.1851	26.2318	35.9396
48	78.8105	1624.29	25.8521	18.7411	35.9397
49	79.3011	1624.14	15.845	11.4866	35.9397
50	79.7917	1624	6.23985	4.52349	35.9397
51	80.1665	1623.89	0	0	0

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.896416

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	56.1977	1647	0	0	0
2	56.7073	1645.57	-11.1218	-0.62267	3.20444
3	57.2169	1644.31	-10.0867	-1.12693	6.3749
4	57.7265	1643.16	-1.49343	-0.249355	9.47912
5	58.2362	1642.12	12.1361	2.68782	12.4879
6	58.7458	1641.15	29.2484	8.04319	15.376
7	59.2319	1640.28	30.319	9.85133	18.0002
8	59.718	1639.47	34.161	12.7604	20.4825
9	60.2042	1638.71	40.0482	16.8463	22.8141
10	60.6903	1637.98	47.2706	22.0313	24.9887
11	61.1764	1637.29	55.4075	28.236	27.0037
12	61.6625	1636.64	64.1632	35.3598	28.8588
13	62.1487	1636.01	73.299	43.2727	30.5558
14	62.6348	1635.41	82.6192	51.8226	32.0978
15	63.1209	1634.84	91.9603	60.8416	33.4889
16	63.6071	1634.29	101.184	70.1508	34.7335
17	64.0932	1633.76	110.17	79.5654	35.837
18	64.5793	1633.25	118.816	88.8978	36.8037
19	65.0654	1632.76	127.029	97.9618	37.6386
20	65.5516	1632.29	134.727	106.575	38.3456
21	66.0377	1631.84	141.68	114.439	38.9288
22	66.5238	1631.4	146.942	120.662	39.3913
23	67.01	1630.98	150.433	125.052	39.7361
24	67.4961	1630.57	152.236	127.582	39.9648
25	67.9822	1630.18	152.43	128.262	40.0789
26	68.4683	1629.8	151.086	127.133	40.0793
27	68.9545	1629.44	148.279	124.268	39.9653
28	69.4229	1629.1	149.47	124.302	39.7475
29	69.8913	1628.77	149.762	123.112	39.4219
30	70.3597	1628.45	149.159	120.731	38.9871
31	70.8281	1628.14	147.665	117.208	38.4405
32	71.2965	1627.85	145.287	112.613	37.7795
33	71.7648	1627.56	142.035	107.034	37.0008
34	72.2332	1627.28	137.925	100.578	36.1004
35	72.7016	1627.01	132.98	93.3706	35.0742
36	73.17	1626.75	127.229	85.553	33.9182
37	73.6384	1626.5	120.694	77.2696	32.6278
38	74.1068	1626.26	113.418	68.6853	31.1989
39	74.5752	1626.03	105.521	60.011	29.6274
40	75.0436	1625.81	97.1433	51.457	27.9103
41	75.512	1625.59	88.3642	43.1846	26.0453
42	75.9804	1625.38	79.2584	35.3407	24.0317
43	76.4488	1625.18	69.9139	28.0639	21.8709
44	76.9172	1624.99	60.4253	21.4763	19.5662
45	77.3856	1624.81	50.8926	15.68	17.1241
46	77.854	1624.63	41.4195	10.7538	14.5544
47	78.3224	1624.46	32.1124	6.74973	11.8702
48	78.7908	1624.3	23.0781	3.69166	9.08825
49	79.2592	1624.14	14.4166	1.5734	6.2285
50	79.7276	1624	6.19852	0.358926	3.31402
51	80.2547	1623.84	0	0	0

Entity Information

Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	0, 1609.4 136, 1609.4 136, 1617 135.7, 1617 133, 1618.5 130.42, 1615.76 129.7, 1615 129, 1614.5 125, 1613.9 112, 1614 102, 1615.2 100.145, 1615.57 93, 1617 89, 1618.5 85.8, 1620.3 80, 1624 79, 1625 74.8, 1629.5 74, 1631 73.3, 1632.2 69, 1637 66.8471, 1641.04 65.8, 1643 60, 1645.8 56.5, 1647 52.5, 1647 50, 1647.1 46, 1647 0, 1648 0, 1642.3 0, 1631.8 0, 1618.3
Material Boundary	0, 1642.3 35, 1642.8 40, 1642.5 46, 1642.3 54.8, 1641.2
Material Boundary	0, 1631.8 46, 1635.3 54.8, 1631.8 65.6, 1629.4 74.8, 1629.5

Material Boundary	0, 1618.3 46, 1627.8 55, 1619.6 67, 1616.7 82, 1614 94, 1613.7 120, 1612.8 129, 1614.5
Material Boundary	46, 1627.8 63, 1624.4 73.7, 1623.9 80, 1624
Material Boundary	85.8, 1620.3 89, 1615.5 94, 1613.7
Material Boundary	54.8, 1641.2 66.8471, 1641.04

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	53.7548, 1620.73 89, 1615.5 130.42, 1615.76	Assigned to: Terraza colgada Aluvial Substrato rocoso

rocscience



EXTERNAL BOUNDARY BAÑOS 2 sismo
Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/03/2025, 12:29:36
Software Version: 9.009

Table of Contents

Project Summary 3
General Settings 4
Analysis Options 5
Groundwater Analysis 6
Random Numbers 7
Surface Options 8
Seismic Loading 9
Materials 10
Global Minimums 12
Method: bishop simplified 12
Method: janbu simplified 12
Method: spencer 12
Method: gle/morgenstern-price 12
Valid and Invalid Surfaces 14
Method: bishop simplified 14
Method: janbu simplified 14
Method: spencer 14
Method: gle/morgenstern-price 14
Error Code Descriptions 14
Slice Data 15
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.646556 15
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.589083 17
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.642809 19
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.639662 21
Interslice Data 23
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.646556 23
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.589083 24
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.642809 25
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.639662 26
Entity Information 27
Group 1 27
Shared Entities 27
Scenario-based Entities 29

Slide Analysis Information

EXTERNAL BOUNDARY BAÑOS 2 sismo

Project Summary

File Name:	EXTERNAL BOUNDARY BAÑOS 2 sismo.slmd
Slide Modeler Version:	9.009
Compute Time:	00h:00m:09.54s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	11/03/2025, 12:29:36

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:	10116
Random Number Generation Method:	Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Auto Refine Search
Divisions along slope:	20
Circles per division:	10
Number of iterations:	10
Divisions to use in next iteration:	50%
Composite Surfaces:	Disabled
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No
Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.24
Seismic Load Coefficient (Vertical):	0.12

Materials

Coluvial actual	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	8
Friction Angle [deg]	21
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial antiguo	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	23
Friction Angle [deg]	25
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial-aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	24
Water Surface	None
Ru Value	0
Terraza colgada	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	1
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Substrato rocoso	

Color	
Strength Type	Generalized Hoek-Brown
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	25
Saturated Unit Weight [kN/m3]	25
Unconfined Compressive Strength (intact) [kPa]	250000
GSI	50
mi	25
Disturbance	0
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.646556
Center:	93.566, 1664.848
Radius:	43.316
Left Slip Surface Endpoint:	54.098, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	80.902, 1623.425
Resisting Moment:	68830.2 kN-m
Driving Moment:	106457 kN-m
Total Slice Area:	164.805 m2
Surface Horizontal Width:	26.8043 m
Surface Average Height:	6.14847 m

Method: janbu simplified

FS	0.589083
Center:	85.989, 1654.664
Radius:	31.456
Left Slip Surface Endpoint:	55.481, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	80.478, 1623.695
Resisting Horizontal Force:	1183.02 kN
Driving Horizontal Force:	2008.24 kN
Total Slice Area:	174.543 m2
Surface Horizontal Width:	24.997 m
Surface Average Height:	6.98255 m

Method: spencer

FS	0.642809
Center:	92.788, 1664.231
Radius:	42.193
Left Slip Surface Endpoint:	54.274, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	79.967, 1624.033
Resisting Moment:	64112.8 kN-m
Driving Moment:	99738.5 kN-m
Resisting Horizontal Force:	1167.22 kN
Driving Horizontal Force:	1815.81 kN
Total Slice Area:	158.509 m2
Surface Horizontal Width:	25.6927 m
Surface Average Height:	6.16943 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	0.639662
Center:	93.648, 1664.713
Radius:	43.174
Left Slip Surface Endpoint:	54.274, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	80.784, 1623.500
Resisting Moment:	66615.3 kN-m
Driving Moment:	104141 kN-m
Resisting Horizontal Force:	1184.9 kN
Driving Horizontal Force:	1852.39 kN
Total Slice Area:	161.279 m2
Surface Horizontal Width:	26.51 m
Surface Average Height:	6.0837 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Valid and Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	12393
Number of Invalid Surfaces:	18

Error Codes

Error Code -108 reported for 13 surfaces
Error Code -112 reported for 5 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces:	11907
Number of Invalid Surfaces:	504

Error Codes

Error Code -108 reported for 234 surfaces
Error Code -111 reported for 219 surfaces
Error Code -112 reported for 51 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces:	9117
Number of Invalid Surfaces:	3294

Error Codes

Error Code -108 reported for 292 surfaces
Error Code -111 reported for 2941 surfaces
Error Code -112 reported for 61 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces:	11634
Number of Invalid Surfaces:	777

Error Codes

Error Code -108 reported for 275 surfaces
Error Code -111 reported for 443 surfaces
Error Code -112 reported for 59 surfaces

Error Code Descriptions

The following errors were encountered during the computation:
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.646556

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.533167	5.14347	-64.8371	Coluvial actual	8	21	8.31878	5.37856	-6.82908	0	-6.82908	10.879	10.879
2	0.533167	15.0755	-63.2249	Coluvial actual	8	21	14.3553	9.2815	3.33843	0	3.33843	31.7878	31.7878
3	0.533167	24.3513	-61.6984	Coluvial actual	8	21	20.3741	13.173	13.4761	0	13.4761	51.3125	51.3125
4	0.533167	33.0651	-60.2441	Coluvial actual	8	21	26.3553	17.0402	23.5505	0	23.5505	69.6519	69.6519
5	0.533167	41.0874	-58.8519	Coluvial actual	8	21	32.1585	20.7923	33.325	0	33.325	86.5338	86.5338
6	0.533167	47.4352	-57.5136	Coluvial actual	8	21	37.0924	23.9823	41.6354	0	41.6354	99.8893	99.8893
7	0.539448	53.8443	-56.2155	Coluvial antiguo	23	25	56.0414	36.2339	28.3803	0	28.3803	112.143	112.143
8	0.539448	59.3717	-54.9526	Coluvial antiguo	23	25	61.5034	39.7654	35.9536	0	35.9536	123.635	123.635
9	0.539448	64.5727	-53.7282	Coluvial antiguo	23	25	66.8432	43.2179	43.3575	0	43.3575	134.448	134.448
10	0.539448	69.4754	-52.5386	Coluvial antiguo	23	25	72.0626	46.5925	50.5942	0	50.5942	144.639	144.639
11	0.539448	74.1037	-51.3804	Coluvial antiguo	23	25	77.1632	49.8903	57.6665	0	57.6665	154.259	154.259
12	0.539448	78.1399	-50.2508	Coluvial antiguo	23	25	81.8752	52.9369	64.1999	0	64.1999	162.647	162.647
13	0.539448	81.5862	-49.1474	Coluvial antiguo	23	25	86.1734	55.7159	70.1594	0	70.1594	169.807	169.807
14	0.539448	84.812	-48.0681	Coluvial antiguo	23	25	90.3396	58.4096	75.9361	0	75.9361	176.508	176.508
15	0.539448	87.831	-47.0109	Coluvial antiguo	23	25	94.3768	61.0199	81.5339	0	81.5339	182.779	182.779
16	0.539448	90.6555	-45.9743	Coluvial antiguo	23	25	98.2877	63.5485	86.9566	0	86.9566	188.645	188.645
17	0.539448	93.2961	-44.9568	Coluvial antiguo	23	25	102.075	65.9972	92.2078	0	92.2078	194.129	194.129
18	0.539448	95.7628	-43.957	Coluvial antiguo	23	25	105.741	68.3674	97.2907	0	97.2907	199.25	199.25
19	0.539448	98.0641	-42.9737	Coluvial antiguo	23	25	109.288	70.6607	102.209	0	102.209	204.028	204.028
20	0.539448	100.208	-42.006	Coluvial antiguo	23	25	112.718	72.8784	106.965	0	106.965	208.478	208.478
21	0.539448	102.202	-41.0527	Coluvial antiguo	23	25	116.033	75.0218	111.561	0	111.561	212.615	212.615
22	0.539448	103.858	-40.1131	Coluvial antiguo	23	25	119.055	76.9756	115.751	0	115.751	216.051	216.051
23	0.539448	100.688	-39.1863	Coluvial antiguo	23	25	117.533	75.9914	113.641	0	113.641	209.451	209.451
24	0.539448	95.3805	-38.2716	Coluvial antiguo	23	25	113.873	73.6252	108.566	0	108.566	198.406	198.406
25	0.539448	89.9453	-37.3682	Coluvial antiguo	23	25	109.951	71.0898	103.129	0	103.129	187.096	187.096
26	0.539448	84.3872	-36.4756	Coluvial antiguo	23	25	105.773	68.3879	97.3346	0	97.3346	175.532	175.532
27	0.539448	78.7105	-35.5932	Coluvial antiguo	23	25	101.34	65.522	91.1888	0	91.1888	163.723	163.723
28	0.528258	71.6181	-34.7293	Coluvial-aluvial	15	24	86.5979	55.9904	92.066	0	92.066	152.095	152.095
29	0.528258	68.6528	-33.8834	Coluvial-aluvial	15	24	84.5135	54.6427	89.039	0	89.039	145.794	145.794
30	0.528258	66.4932	-33.0457	Coluvial-aluvial	15	24	83.1752	53.7774	87.0953	0	87.0953	141.204	141.204

31	0.528258	64.2353	-32.216	Coluvial-aluvial	15	24	81.6865	52.8149	84.9337	0	84.9337	136.406	136.406
32	0.528258	61.8819	-31.3937	Coluvial-aluvial	15	24	80.0489	51.7561	82.5554	0	82.5554	131.405	131.405
33	0.528258	59.4354	-30.5786	Coluvial-aluvial	15	24	78.2631	50.6015	79.9623	0	79.9623	126.208	126.208
34	0.528258	56.8982	-29.7703	Coluvial-aluvial	15	24	76.3301	49.3517	77.1553	0	77.1553	120.817	120.817
35	0.528258	54.2726	-28.9685	Coluvial-aluvial	15	24	74.2506	48.0072	74.1354	0	74.1354	115.24	115.24
36	0.528258	51.5285	-28.1728	Coluvial-aluvial	15	24	71.991	46.5462	70.854	0	70.854	109.411	109.411
37	0.528258	46.9194	-27.383	Coluvial-aluvial	15	24	67.667	43.7505	64.5746	0	64.5746	99.6244	99.6244
38	0.528258	40.9438	-26.5988	Coluvial-aluvial	15	24	61.7679	39.9364	56.0082	0	56.0082	86.9377	86.9377
39	0.528258	34.5799	-25.82	Coluvial-aluvial	15	24	55.3285	35.773	46.657	0	46.657	73.4276	73.4276
40	0.528258	30.8474	-25.0462	Coluvial-aluvial	15	24	51.6775	33.4124	41.3548	0	41.3548	65.5032	65.5032
41	0.528258	27.9428	-24.2773	Coluvial-aluvial	15	24	48.8784	31.6026	37.29	0	37.29	59.3362	59.3362
42	0.528258	24.9619	-23.513	Coluvial-aluvial	15	24	45.9383	29.7017	33.0204	0	33.0204	53.0074	53.0074
43	0.528258	21.9059	-22.7532	Coluvial-aluvial	15	24	42.8568	27.7093	28.5457	0	28.5457	46.5198	46.5198
44	0.528258	18.7761	-21.9975	Coluvial-aluvial	15	24	39.6335	25.6253	23.8648	0	23.8648	39.8758	39.8758
45	0.528258	15.5737	-21.2459	Coluvial-aluvial	15	24	36.2679	23.4493	18.9774	0	18.9774	33.0782	33.0782
46	0.528258	12.2999	-20.498	Coluvial-aluvial	15	24	32.7594	21.1808	13.8823	0	13.8823	26.1293	26.1293
47	0.528258	8.97756	-19.7538	Coluvial-aluvial	15	24	29.1329	18.8361	8.61593	0	8.61593	19.0779	19.0779
48	0.570564	6.2816	-18.9835	Terraza colgada	15	38	26.9458	17.422	3.09997	0	3.09997	12.3695	12.3695
49	0.570564	3.10368	-18.1873	Terraza colgada	15	38	21.9029	14.1615	-1.07329	0	-1.07329	6.12263	6.12263
50	0.570564	1.00404	-17.3946	Terraza colgada	15	38	18.5781	12.0118	-3.82477	0	-3.82477	1.99533	1.99533

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.589083

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.52428	8.22904	-74.1497	Coluvial actual	8	21	7.60735	4.48136	-9.16637	0	-9.16637	17.6276	17.6276
2	0.52428	23.2174	-70.9389	Coluvial actual	8	21	15.9235	9.38028	3.59575	0	3.59575	49.6814	49.6814
3	0.52428	34.9285	-68.1913	Coluvial actual	8	21	23.6913	13.9562	15.5164	0	15.5164	74.723	74.723
4	0.52428	44.3503	-65.7436	Coluvial actual	8	21	30.8235	18.1576	26.4615	0	26.4615	94.8668	94.8668
5	0.507729	50.8478	-63.5433	Coluvial antiguo	23	25	49.3975	29.0992	13.0798	0	13.0798	112.344	112.344
6	0.507729	57.79	-61.5351	Coluvial antiguo	23	25	56.9516	33.5492	22.6228	0	22.6228	127.668	127.668
7	0.507729	64.0714	-59.6497	Coluvial antiguo	23	25	64.2366	37.8407	31.8259	0	31.8259	141.532	141.532
8	0.507729	69.7994	-57.8652	Coluvial antiguo	23	25	71.2709	41.9845	40.7124	0	40.7124	154.175	154.175
9	0.507729	75.0379	-56.1653	Coluvial antiguo	23	25	78.0581	45.9827	49.2864	0	49.2864	165.736	165.736
10	0.507729	79.4488	-54.5377	Coluvial antiguo	23	25	84.2807	49.6483	57.1473	0	57.1473	175.469	175.469
11	0.507729	83.3144	-52.9728	Coluvial antiguo	23	25	90.1196	53.0879	64.5236	0	64.5236	183.998	183.998
12	0.507729	86.8547	-51.4626	Coluvial antiguo	23	25	95.7337	56.3951	71.6161	0	71.6161	191.809	191.809
13	0.507729	90.1016	-50.001	Coluvial antiguo	23	25	101.135	59.577	78.4395	0	78.4395	198.972	198.972
14	0.507729	93.0813	-48.5826	Coluvial antiguo	23	25	106.334	62.6394	85.007	0	85.007	205.545	205.545
15	0.507729	95.8161	-47.203	Coluvial antiguo	23	25	111.339	65.5878	91.3298	0	91.3298	211.577	211.577
16	0.507729	98.3249	-45.8583	Coluvial antiguo	23	25	116.158	68.4269	97.4183	0	97.4183	217.11	217.11
17	0.507729	100.624	-44.5455	Coluvial antiguo	23	25	120.8	71.161	103.282	0	103.282	222.18	222.18
18	0.507729	102.727	-43.2617	Coluvial antiguo	23	25	125.269	73.7939	108.928	0	108.928	226.818	226.818
19	0.507729	104.647	-42.0044	Coluvial antiguo	23	25	129.573	76.329	114.364	0	114.364	231.05	231.05
20	0.507729	106.394	-40.7715	Coluvial antiguo	23	25	133.715	78.7693	119.598	0	119.598	234.902	234.902
21	0.507729	105.99	-39.5611	Coluvial antiguo	23	25	135.602	79.8807	121.981	0	121.981	234.006	234.006
22	0.507729	101.432	-38.3715	Coluvial antiguo	23	25	132.969	78.33	118.656	0	118.656	223.938	223.938
23	0.507729	96.6133	-37.2011	Coluvial antiguo	23	25	129.858	76.4971	114.725	0	114.725	213.297	213.297
24	0.492422	88.9656	-36.0658	Coluvial-aluvial	15	24	115.137	67.825	118.647	0	118.647	202.501	202.501
25	0.492422	84.1789	-34.9637	Coluvial-aluvial	15	24	111.401	65.6243	113.704	0	113.704	191.603	191.603
26	0.492422	79.2749	-33.8763	Coluvial-aluvial	15	24	107.361	63.2445	108.359	0	108.359	180.438	180.438
27	0.492422	74.5031	-32.8026	Coluvial-aluvial	15	24	103.305	60.8553	102.993	0	102.993	169.575	169.575
28	0.492422	71.9344	-31.7417	Coluvial-aluvial	15	24	101.671	59.8926	100.83	0	100.83	163.726	163.726
29	0.492422	69.8314	-30.6928	Coluvial-aluvial	15	24	100.5	59.2029	99.2813	0	99.2813	158.937	158.937
30	0.492422	67.6269	-29.6552	Coluvial-aluvial	15	24	99.1344	58.3984	97.4743	0	97.4743	153.917	153.917
31	0.492422	65.3239	-28.6282	Coluvial-aluvial	15	24	97.575	57.4798	95.4112	0	95.4112	148.673	148.673
32	0.492422	62.9255	-27.6111	Coluvial-aluvial	15	24	95.8233	56.4479	93.0935	0	93.0935	143.212	143.212
33	0.492422	60.4343	-26.6034	Coluvial-aluvial	15	24	93.8798	55.303	90.5221	0	90.5221	137.541	137.541

34	0.492422	57.8528	-25.6045	Coluvial-aluvial	15	24	91.7451	54.0455	87.6978	0	87.6978	131.664	131.664
35	0.492422	55.1833	-24.6139	Coluvial-aluvial	15	24	89.4195	52.6755	84.6207	0	84.6207	125.586	125.586
36	0.492422	51.8851	-23.6311	Coluvial-aluvial	15	24	86.2014	50.7798	80.3628	0	80.3628	118.079	118.079
37	0.492422	46.7007	-22.6556	Coluvial-aluvial	15	24	80.4196	47.3738	72.7127	0	72.7127	106.28	106.28
38	0.492422	40.8419	-21.687	Coluvial-aluvial	15	24	73.5925	43.3521	63.6798	0	63.6798	92.9465	92.9465
39	0.492422	35.3438	-20.7249	Coluvial-aluvial	15	24	67.0742	39.5123	55.0554	0	55.0554	80.434	80.434
40	0.492422	32.2053	-19.7688	Coluvial-aluvial	15	24	63.5846	37.4566	50.4384	0	50.4384	73.2911	73.2911
41	0.492422	29.2319	-18.8184	Coluvial-aluvial	15	24	60.2292	35.48	45.9988	0	45.9988	66.5241	66.5241
42	0.492422	26.1824	-17.8734	Coluvial-aluvial	15	24	56.6818	33.3903	41.3051	0	41.3051	59.5838	59.5838
43	0.492422	23.0579	-16.9334	Coluvial-aluvial	15	24	52.9406	31.1864	36.3553	0	36.3553	52.4736	52.4736
44	0.492422	19.8598	-15.9981	Coluvial-aluvial	15	24	49.0035	28.8671	31.146	0	31.146	45.1957	45.1957
45	0.492422	16.589	-15.0671	Coluvial-aluvial	15	24	44.8679	26.4309	25.6743	0	25.6743	37.7529	37.7529
46	0.492422	13.2465	-14.1402	Coluvial-aluvial	15	24	40.5311	23.8762	19.9363	0	19.9363	30.1472	30.1472
47	0.492422	9.83433	-13.217	Coluvial-aluvial	15	24	35.9917	21.2021	13.9301	0	13.9301	22.3831	22.3831
48	0.478287	6.43483	-12.3105	Terraza colgada	15	38	35.2609	20.7716	7.38734	0	7.38734	15.0822	15.0822
49	0.478287	3.46637	-11.4202	Terraza colgada	15	38	28.5845	16.8387	2.35339	0	2.35339	8.12754	8.12754
50	0.478287	0.982251	-10.5328	Terraza colgada	15	38	22.8816	13.4792	-1.9466	0	-1.9466	2.30778	2.30778

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.642809

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.530803	5.14588	-65.0427	Coluvial actual	8	21	7.51942	4.83355	-8.24889	0	-8.24889	7.908	7.908
2	0.530803	15.0709	-63.3841	Coluvial actual	8	21	13.4177	8.62501	1.62821	0	1.62821	28.4041	28.4041
3	0.530803	24.3196	-61.8165	Coluvial actual	8	21	18.511	11.899	10.1574	0	10.1574	44.7041	44.7041
4	0.530803	32.9922	-60.3254	Coluvial actual	8	21	22.9805	14.7721	17.6419	0	17.6419	57.9725	57.9725
5	0.530803	40.6307	-58.8996	Coluvial actual	8	21	26.7201	17.176	23.9042	0	23.9042	68.198	68.198
6	0.530803	46.7528	-57.5306	Coluvial actual	8	21	29.6141	19.0362	28.7501	0	28.7501	75.2897	75.2897
7	0.521072	51.4435	-56.2228	Coluvial antiguo	23	25	51.5973	33.1672	21.8036	0	21.8036	98.9452	98.9452
8	0.521072	56.6037	-54.9701	Coluvial antiguo	23	25	55.2052	35.4864	26.7773	0	26.7773	105.531	105.531
9	0.521072	61.4617	-53.7553	Coluvial antiguo	23	25	58.7122	37.7407	31.6115	0	31.6115	111.7	111.7
10	0.521072	66.0431	-52.5747	Coluvial antiguo	23	25	62.1556	39.9542	36.3585	0	36.3585	117.58	117.58
11	0.521072	70.3651	-51.4251	Coluvial antiguo	23	25	65.5652	42.1459	41.0585	0	41.0585	123.265	123.265
12	0.521072	74.0587	-50.3038	Coluvial antiguo	23	25	68.7912	44.2196	45.5056	0	45.5056	128.376	128.376
13	0.521072	77.2851	-49.2083	Coluvial antiguo	23	25	71.9134	46.2266	49.8095	0	49.8095	133.147	133.147
14	0.521072	80.3068	-48.1366	Coluvial antiguo	23	25	75.0587	48.2484	54.1454	0	54.1454	137.907	137.907
15	0.521072	83.1364	-47.0869	Coluvial antiguo	23	25	78.2413	50.2942	58.5327	0	58.5327	142.692	142.692
16	0.521072	85.7853	-46.0574	Coluvial antiguo	23	25	81.4729	52.3715	62.9875	0	62.9875	147.524	147.524
17	0.521072	88.2633	-45.0468	Coluvial antiguo	23	25	84.7637	54.4869	67.5238	0	67.5238	152.426	152.426
18	0.521072	90.5795	-44.0538	Coluvial antiguo	23	25	88.122	56.6456	72.1533	0	72.1533	157.412	157.412
19	0.521072	92.7421	-43.0771	Coluvial antiguo	23	25	91.5553	58.8526	76.8861	0	76.8861	162.494	162.494
20	0.521072	94.7582	-42.1158	Coluvial antiguo	23	25	95.0696	61.1116	81.7306	0	81.7306	167.68	167.68
21	0.521072	96.6346	-41.1689	Coluvial antiguo	23	25	98.6704	63.4262	86.6942	0	86.6942	172.979	172.979
22	0.521072	98.3772	-40.2354	Coluvial antiguo	23	25	102.362	65.7991	91.7829	0	91.7829	178.394	178.394
23	0.521072	96.8251	-39.3147	Coluvial antiguo	23	25	104.226	66.9972	94.3522	0	94.3522	179.705	179.705
24	0.521072	91.8903	-38.4059	Coluvial antiguo	23	25	104.009	66.8577	94.0531	0	94.0531	176.507	176.507
25	0.521072	86.8367	-37.5084	Coluvial antiguo	23	25	103.606	66.5991	93.4985	0	93.4985	173.023	173.023
26	0.521072	81.669	-36.6216	Coluvial antiguo	23	25	102.999	66.2085	92.661	0	92.661	169.215	169.215
27	0.521072	76.3908	-35.7449	Coluvial antiguo	23	25	102.166	65.673	91.5125	0	91.5125	165.047	165.047
28	0.521072	71.0061	-34.8777	Coluvial antiguo	23	25	101.086	64.9787	90.0236	0	90.0236	160.483	160.483
29	0.502012	64.3829	-34.0351	Coluvial-aluvial	15	24	79.1644	50.8876	80.6049	0	80.6049	134.073	134.073
30	0.502012	62.4113	-33.2164	Coluvial-aluvial	15	24	79.8176	51.3075	81.548	0	81.548	133.812	133.812
31	0.502012	60.3912	-32.4052	Coluvial-aluvial	15	24	80.4046	51.6848	82.3955	0	82.3955	133.432	133.432
32	0.502012	58.2864	-31.6013	Coluvial-aluvial	15	24	80.8875	51.9952	83.0927	0	83.0927	132.858	132.858
33	0.502012	56.099	-30.8042	Coluvial-aluvial	15	24	81.256	52.2321	83.6247	0	83.6247	132.071	132.071

34	0.502012	53.8312	-30.0138	Coluvial-aluvial	15	24	81.4993	52.3885	83.976	0	83.976	131.056	131.056
35	0.502012	51.4849	-29.2295	Coluvial-aluvial	15	24	81.606	52.4571	84.1301	0	84.1301	129.793	129.793
36	0.502012	49.0618	-28.4513	Coluvial-aluvial	15	24	81.5642	52.4302	84.0696	0	84.0696	128.266	128.266
37	0.502012	46.463	-27.6787	Coluvial-aluvial	15	24	81.265	52.2379	83.6377	0	83.6377	126.264	126.264
38	0.502012	41.9929	-26.9115	Coluvial-aluvial	15	24	79.002	50.7832	80.3703	0	80.3703	120.47	120.47
39	0.502012	36.5172	-26.1496	Coluvial-aluvial	15	24	75.4566	48.5042	75.2516	0	75.2516	112.298	112.298
40	0.502012	30.7044	-25.3925	Coluvial-aluvial	15	24	71.2129	45.7763	69.1247	0	69.1247	102.928	102.928
41	0.502012	27.2516	-24.6402	Coluvial-aluvial	15	24	69.1856	44.4731	66.1976	0	66.1976	97.932	97.932
42	0.502012	24.5928	-23.8924	Coluvial-aluvial	15	24	67.8444	43.611	64.2614	0	64.2614	94.3151	94.3151
43	0.502012	21.8673	-23.1489	Coluvial-aluvial	15	24	66.2562	42.5901	61.9682	0	61.9682	90.2958	90.2958
44	0.502012	19.0762	-22.4095	Coluvial-aluvial	15	24	64.4036	41.3992	59.2935	0	59.2935	85.8512	85.8512
45	0.502012	16.2206	-21.674	Coluvial-aluvial	15	24	62.2683	40.0266	56.2108	0	56.2108	80.9576	80.9576
46	0.502012	13.3014	-20.9423	Coluvial-aluvial	15	24	59.8315	38.4602	52.6924	0	52.6924	75.5904	75.5904
47	0.502012	10.3197	-20.2141	Coluvial-aluvial	15	24	57.0726	36.6868	48.7093	0	48.7093	69.7239	69.7239
48	0.502012	7.27629	-19.4893	Coluvial-aluvial	15	24	53.9706	34.6928	44.2307	0	44.2307	63.3314	63.3314
49	0.502012	4.30323	-18.7677	Coluvial-aluvial	15	24	50.6952	32.5873	39.5017	0	39.5017	56.7279	56.7279
50	0.502012	1.44408	-18.0492	Coluvial-aluvial	15	24	69.3497	44.5786	66.4345	0	66.4345	89.0334	89.0334

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.639662

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.531174	5.13034	-64.9457	Coluvial actual	8	21	8.83388	5.6507	-6.12014	0	-6.12014	12.7774	12.7774
2	0.531174	15.0349	-63.3282	Coluvial actual	8	21	14.8512	9.49974	3.90696	0	3.90696	33.4714	33.4714
3	0.531174	24.2813	-61.7971	Coluvial actual	8	21	19.6076	12.5422	11.833	0	11.833	48.3966	48.3966
4	0.531174	32.9646	-60.3391	Coluvial actual	8	21	23.5261	15.0488	18.3626	0	18.3626	59.6738	59.6738
5	0.531174	40.6192	-58.9436	Coluvial actual	8	21	26.6798	17.066	23.6179	0	23.6179	67.9217	67.9217
6	0.531174	46.7663	-57.6026	Coluvial actual	8	21	29.0743	18.5977	27.608	0	27.608	73.4262	73.4262
7	0.538009	53.209	-56.3013	Coluvial antiguo	23	25	51.677	33.0558	21.5646	0	21.5646	99.0547	99.0547
8	0.538009	58.7296	-55.0349	Coluvial antiguo	23	25	55.5143	35.5104	26.8288	0	26.8288	106.214	106.214
9	0.538009	63.9233	-53.8074	Coluvial antiguo	23	25	59.0706	37.7852	31.707	0	31.707	112.439	112.439
10	0.538009	68.8185	-52.6148	Coluvial antiguo	23	25	62.4169	39.9257	36.2972	0	36.2972	117.979	117.979
11	0.538009	73.4119	-51.454	Coluvial antiguo	23	25	65.594	41.958	40.6556	0	40.6556	122.983	122.983
12	0.538009	77.268	-50.3219	Coluvial antiguo	23	25	68.4247	43.7687	44.5386	0	44.5386	127.021	127.021
13	0.538009	80.7103	-49.2163	Coluvial antiguo	23	25	71.104	45.4825	48.2138	0	48.2138	130.636	130.636
14	0.538009	83.9322	-48.1348	Coluvial antiguo	23	25	73.7582	47.1803	51.8548	0	51.8548	134.16	134.16
15	0.538009	86.9476	-47.0757	Coluvial antiguo	23	25	76.4277	48.8879	55.5168	0	55.5168	137.693	137.693
16	0.538009	89.7686	-46.0372	Coluvial antiguo	23	25	79.1573	50.6339	59.2611	0	59.2611	141.338	141.338
17	0.538009	92.4061	-45.018	Coluvial antiguo	23	25	81.996	52.4497	63.1552	0	63.1552	145.203	145.203
18	0.538009	94.8697	-44.0165	Coluvial antiguo	23	25	84.9965	54.369	67.2711	0	67.2711	149.399	149.399
19	0.538009	97.1684	-43.0317	Coluvial antiguo	23	25	88.213	56.4265	71.6834	0	71.6834	154.035	154.035
20	0.538009	99.3099	-42.0625	Coluvial antiguo	23	25	91.6994	58.6566	76.466	0	76.466	159.214	159.214
21	0.538009	101.301	-41.1078	Coluvial antiguo	23	25	95.5056	61.0913	81.6871	0	81.6871	165.025	165.025
22	0.538009	102.291	-40.1669	Coluvial antiguo	23	25	99.2124	63.4624	86.7719	0	86.7719	170.515	170.515
23	0.538009	98.0041	-39.2388	Coluvial antiguo	23	25	100.443	64.2493	88.4593	0	88.4593	170.492	170.492
24	0.538009	92.7318	-38.3228	Coluvial antiguo	23	25	101.379	64.8485	89.7444	0	89.7444	169.874	169.874
25	0.538009	87.3324	-37.4183	Coluvial antiguo	23	25	102.399	65.5005	91.1428	0	91.1428	169.484	169.484
26	0.538009	81.8106	-36.5245	Coluvial antiguo	23	25	103.392	66.1362	92.5059	0	92.5059	169.081	169.081
27	0.538009	76.1706	-35.641	Coluvial antiguo	23	25	104.234	66.6747	93.6607	0	93.6607	168.398	168.398
28	0.527538	69.633	-34.7756	Coluvial-aluvial	15	24	82.3557	52.6798	84.6302	0	84.6302	141.817	141.817
29	0.527538	67.2125	-33.9276	Coluvial-aluvial	15	24	84.6639	54.1563	87.9464	0	87.9464	144.897	144.897
30	0.527538	65.0639	-33.0879	Coluvial-aluvial	15	24	87.1296	55.7335	91.4888	0	91.4888	148.262	148.262
31	0.527538	62.817	-32.2562	Coluvial-aluvial	15	24	89.4219	57.1998	94.7822	0	94.7822	151.217	151.217
32	0.527538	60.4745	-31.432	Coluvial-aluvial	15	24	91.4439	58.4932	97.6873	0	97.6873	153.575	153.575
33	0.527538	58.0388	-30.615	Coluvial-aluvial	15	24	93.0973	59.5508	100.063	0	100.063	155.153	155.153

34	0.527538	55.5125	-29.8049	Coluvial-aluvial	15	24	94.2864	60.3114	101.771	0	101.771	155.78	155.78
35	0.527538	52.8977	-29.0012	Coluvial-aluvial	15	24	94.9217	60.7178	102.684	0	102.684	155.302	155.302
36	0.527538	49.9779	-28.2038	Coluvial-aluvial	15	24	94.7217	60.5899	102.397	0	102.397	153.194	153.194
37	0.527538	44.8826	-27.4123	Coluvial-aluvial	15	24	91.7918	58.7157	98.1871	0	98.1871	145.792	145.792
38	0.527538	38.7562	-26.6264	Coluvial-aluvial	15	24	86.9803	55.638	91.2745	0	91.2745	134.881	134.881
39	0.527538	32.7915	-25.8458	Coluvial-aluvial	15	24	81.3983	52.0674	83.2547	0	83.2547	122.685	122.685
40	0.527538	29.5893	-25.0704	Coluvial-aluvial	15	24	77.8622	49.8055	78.1746	0	78.1746	114.599	114.599
41	0.527538	26.695	-24.2999	Coluvial-aluvial	15	24	73.9977	47.3335	72.6222	0	72.6222	106.033	106.033
42	0.527538	23.7243	-23.534	Coluvial-aluvial	15	24	69.4471	44.4227	66.0844	0	66.0844	96.33	96.33
43	0.527538	20.6786	-22.7726	Coluvial-aluvial	15	24	64.2693	41.1106	58.6454	0	58.6454	85.6256	85.6256
44	0.527538	17.5592	-22.0154	Coluvial-aluvial	15	24	58.5408	37.4463	50.4151	0	50.4151	74.0854	74.0854
45	0.527538	14.3672	-21.2622	Coluvial-aluvial	15	24	52.3533	33.4884	41.5256	0	41.5256	61.8975	61.8975
46	0.527538	11.1037	-20.5128	Coluvial-aluvial	15	24	45.8108	29.3034	32.126	0	32.126	49.2656	49.2656
47	0.527538	7.82833	-19.7671	Coluvial-aluvial	15	24	39.0956	25.008	22.4782	0	22.4782	36.5282	36.5282
48	0.491327	4.59671	-19.0503	Terraza colgada	15	38	38.6917	24.7496	12.4789	0	12.4789	25.8395	25.8395
49	0.491327	2.26153	-18.3619	Terraza colgada	15	38	29.0914	18.6087	4.61887	0	4.61887	14.2748	14.2748
50	0.491327	0.73214	-17.6762	Terraza colgada	15	38	22.0838	14.1262	-1.11842	0	-1.11842	5.91932	5.91932

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.646556

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	54.0976	1647	0	0	0
2	54.6308	1645.87	-10.9329	0	0
3	55.1639	1644.81	-11.4089	0	0
4	55.6971	1643.82	-3.03864	0	0
5	56.2303	1642.89	12.868	0	0
6	56.7634	1642	35.0533	0	0
7	57.2966	1641.17	61.6074	0	0
8	57.836	1640.36	67.3082	0	0
9	58.3755	1639.59	76.169	0	0
10	58.9149	1638.86	87.6326	0	0
11	59.4544	1638.15	101.214	0	0
12	59.9938	1637.48	116.489	0	0
13	60.5333	1636.83	132.903	0	0
14	61.0727	1636.2	149.958	0	0
15	61.6122	1635.6	167.388	0	0
16	62.1516	1635.02	184.954	0	0
17	62.6911	1634.47	202.444	0	0
18	63.2305	1633.93	219.668	0	0
19	63.77	1633.41	236.455	0	0
20	64.3094	1632.91	252.651	0	0
21	64.8489	1632.42	268.117	0	0
22	65.3883	1631.95	282.726	0	0
23	65.9278	1631.5	296.303	0	0
24	66.4672	1631.06	307.305	0	0
25	67.0067	1630.63	315.231	0	0
26	67.5461	1630.22	320.239	0	0
27	68.0856	1629.82	322.491	0	0
28	68.625	1629.43	322.152	0	0
29	69.1533	1629.07	327.499	0	0
30	69.6815	1628.71	331.105	0	0
31	70.2098	1628.37	333.241	0	0
32	70.738	1628.04	333.958	0	0
33	71.2663	1627.71	333.314	0	0
34	71.7946	1627.4	331.369	0	0
35	72.3228	1627.1	328.186	0	0
36	72.8511	1626.81	323.832	0	0
37	73.3793	1626.52	318.376	0	0
38	73.9076	1626.25	311.71	0	0
39	74.4358	1625.99	303.859	0	0
40	74.9641	1625.73	294.978	0	0
41	75.4924	1625.48	285.406	0	0
42	76.0206	1625.24	275.285	0	0
43	76.5489	1625.01	264.7	0	0
44	77.0771	1624.79	253.737	0	0
45	77.6054	1624.58	242.487	0	0
46	78.1337	1624.37	231.044	0	0
47	78.6619	1624.18	219.505	0	0
48	79.1902	1623.99	207.969	0	0
49	79.7607	1623.79	194.775	0	0
50	80.3313	1623.6	182.874	0	0
51	80.9019	1623.42	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.589083

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	55.4813	1647	0	0	0
2	56.0056	1645.15	-18.9326	0	0
3	56.5299	1643.64	-16.2378	0	0
4	57.0541	1642.33	0.076353	0	0
5	57.5784	1641.16	25.3777	0	0
6	58.0862	1640.14	25.8907	0	0
7	58.5939	1639.21	32.0824	0	0
8	59.1016	1638.34	42.5005	0	0
9	59.6093	1637.53	56.0388	0	0
10	60.1171	1636.77	71.8186	0	0
11	60.6248	1636.06	88.9063	0	0
12	61.1325	1635.39	106.66	0	0
13	61.6403	1634.75	124.637	0	0
14	62.148	1634.14	142.469	0	0
15	62.6557	1633.57	159.843	0	0
16	63.1634	1633.02	176.491	0	0
17	63.6712	1632.5	192.185	0	0
18	64.1789	1632	206.726	0	0
19	64.6866	1631.52	219.94	0	0
20	65.1944	1631.06	231.676	0	0
21	65.7021	1630.62	241.804	0	0
22	66.2098	1630.21	249.682	0	0
23	66.7175	1629.8	254.335	0	0
24	67.2253	1629.42	255.924	0	0
25	67.7177	1629.06	263.232	0	0
26	68.2101	1628.71	267.83	0	0
27	68.7025	1628.38	269.907	0	0
28	69.195	1628.07	269.697	0	0
29	69.6874	1627.76	267.701	0	0
30	70.1798	1627.47	264.081	0	0
31	70.6722	1627.19	258.911	0	0
32	71.1647	1626.92	252.273	0	0
33	71.6571	1626.66	244.251	0	0
34	72.1495	1626.42	234.935	0	0
35	72.6419	1626.18	224.418	0	0
36	73.1343	1625.95	212.799	0	0
37	73.6268	1625.74	200.194	0	0
38	74.1192	1625.53	186.819	0	0
39	74.6116	1625.34	172.918	0	0
40	75.104	1625.15	158.688	0	0
41	75.5965	1624.97	144.09	0	0
42	76.0889	1624.81	129.22	0	0
43	76.5813	1624.65	114.202	0	0
44	77.0737	1624.5	99.1638	0	0
45	77.5661	1624.36	84.2404	0	0
46	78.0586	1624.22	69.571	0	0
47	78.551	1624.1	55.3009	0	0
48	79.0434	1623.98	41.5809	0	0
49	79.5217	1623.88	27.0618	0	0
50	80	1623.78	14.4741	0	0
51	80.4783	1623.69	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.642809

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	54.2742	1647	0	0	0
2	54.805	1645.86	-12.173	-18.2101	56.2383
3	55.3358	1644.8	-13.9688	-20.8965	56.2382
4	55.8666	1643.81	-7.91678	-11.843	56.2382
5	56.3975	1642.88	4.21134	6.29992	56.2383
6	56.9283	1642	20.7826	31.0895	56.2382
7	57.4591	1641.16	40.2329	60.186	56.2382
8	57.9801	1640.38	42.6215	63.7591	56.2382
9	58.5012	1639.64	47.2832	70.7328	56.2382
10	59.0223	1638.93	53.8441	80.5475	56.2382
11	59.5433	1638.25	61.994	92.7393	56.2382
12	60.0644	1637.6	71.4684	106.912	56.2381
13	60.5855	1636.97	81.885	122.495	56.2382
14	61.1066	1636.36	92.958	139.059	56.2381
15	61.6276	1635.78	104.522	156.358	56.2381
16	62.1487	1635.22	116.424	174.163	56.2382
17	62.6698	1634.68	128.523	192.263	56.2383
18	63.1908	1634.16	140.685	210.457	56.2383
19	63.7119	1633.66	152.783	228.554	56.2382
20	64.233	1633.17	164.692	246.369	56.2382
21	64.7541	1632.7	176.292	263.721	56.2381
22	65.2751	1632.24	187.462	280.432	56.2382
23	65.7962	1631.8	198.087	296.326	56.2382
24	66.3173	1631.37	207.16	309.899	56.2382
25	66.8384	1630.96	213.753	319.762	56.2383
26	67.3594	1630.56	217.887	325.945	56.2382
27	67.8805	1630.17	219.588	328.491	56.2383
28	68.4016	1629.8	218.893	327.451	56.2382
29	68.9226	1629.44	215.845	322.892	56.2383
30	69.4247	1629.1	218.8	327.312	56.2382
31	69.9267	1628.77	220.429	329.748	56.2382
32	70.4287	1628.45	220.727	330.195	56.2383
33	70.9307	1628.14	219.686	328.636	56.2381
34	71.4327	1627.84	217.3	325.067	56.2382
35	71.9347	1627.55	213.57	319.488	56.2382
36	72.4367	1627.27	208.504	311.909	56.2382
37	72.9387	1627	202.113	302.349	56.2382
38	73.4407	1626.74	194.404	290.817	56.2382
39	73.9428	1626.48	185.216	277.072	56.2382
40	74.4448	1626.23	174.566	261.141	56.2383
41	74.9468	1626	162.581	243.211	56.2382
42	75.4488	1625.77	149.557	223.729	56.2383
43	75.9508	1625.54	135.618	202.876	56.2382
44	76.4528	1625.33	120.834	180.76	56.2382
45	76.9548	1625.12	105.286	157.501	56.2381
46	77.4568	1624.92	89.0664	133.238	56.2382
47	77.9589	1624.73	72.2815	108.129	56.2383
48	78.4609	1624.54	55.0491	82.3502	56.2382
49	78.9629	1624.37	37.5015	56.1	56.2382
50	79.4649	1624.2	19.7683	29.5722	56.2382
51	79.9669	1624.03	0	0	0

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.639662

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	54.2742	1647	0	0	0
2	54.8054	1645.86	-10.4387	-1.11039	6.07186
3	55.3366	1644.81	-10.6269	-2.25635	11.9873
4	55.8678	1643.82	-3.54567	-1.12552	17.6113
5	56.3989	1642.88	8.9344	3.76394	22.845
6	56.9301	1642	25.273	13.2297	27.6308
7	57.4613	1641.16	44.0865	27.4915	31.9469
8	57.9993	1640.36	46.3128	33.4591	35.8466
9	58.5373	1639.59	51.0325	41.7652	39.297
10	59.0753	1638.85	57.7492	52.6107	42.3342
11	59.6133	1638.15	66.0731	66.0688	44.9981
12	60.1513	1637.47	75.6788	82.0954	47.3289
13	60.6893	1636.82	86.1116	100.34	49.3639
14	61.2273	1636.2	97.1053	120.502	51.1368
15	61.7654	1635.6	108.5	142.309	52.6772
16	62.3034	1635.02	120.159	165.452	54.0111
17	62.8414	1634.46	131.962	189.588	55.1603
18	63.3794	1633.93	143.805	214.353	56.1432
19	63.9174	1633.41	155.588	239.361	56.9756
20	64.4554	1632.9	167.216	264.205	57.6702
21	64.9934	1632.42	178.592	288.462	58.2376
22	65.5314	1631.95	189.615	311.691	58.6861
23	66.0694	1631.49	199.926	333.025	59.0222
24	66.6074	1631.06	208.008	349.64	59.2507
25	67.1454	1630.63	213.612	360.839	59.375
26	67.6834	1630.22	216.721	366.409	59.3968
27	68.2215	1629.82	217.312	366.235	59.3165
28	68.7595	1629.43	215.365	360.314	59.1326
29	69.287	1629.07	219.416	363.007	58.8496
30	69.8145	1628.71	221.87	361.502	58.4607
31	70.3421	1628.37	222.74	355.916	57.9608
32	70.8696	1628.04	221.964	346.31	57.3426
33	71.3972	1627.71	219.493	332.844	56.5973
34	71.9247	1627.4	215.302	315.786	55.7139
35	72.4522	1627.1	209.391	295.508	54.6794
36	72.9798	1626.81	201.79	272.481	53.4776
37	73.5073	1626.52	192.535	247.233	52.09
38	74.0348	1626.25	181.505	220.138	50.4942
39	74.5624	1625.99	168.832	191.939	48.6647
40	75.0899	1625.73	154.823	163.56	46.5719
41	75.6175	1625.48	139.937	136.002	44.183
42	76.145	1625.25	124.41	109.92	41.4616
43	76.6725	1625.02	108.469	85.8773	38.3694
44	77.2001	1624.79	92.3456	64.349	34.8699
45	77.7276	1624.58	76.2772	45.7059	30.9304
46	78.2551	1624.38	60.4936	30.2013	26.5306
47	78.7827	1624.18	45.2119	17.9644	21.6698
48	79.3102	1623.99	30.625	8.99989	16.3767
49	79.8015	1623.82	14.7404	2.89606	11.1154
50	80.2929	1623.66	1.67177	0.164506	5.61994
51	80.7842	1623.5	0	0	0

Entity Information

Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	0, 1609.4 136, 1609.4 136, 1617 135.7, 1617 133, 1618.5 129.7, 1615 129, 1614.5 125, 1613.9 112, 1614 102, 1615.2 93, 1617 89, 1618.5 85.8, 1620.3 80, 1624 79, 1625 74.8, 1629.5 74, 1631 73.3, 1632.2 69, 1637 66.8471, 1641.04 65.8, 1643 60, 1645.8 56.5, 1647 52.5, 1647 50, 1647.1 46, 1647 0, 1648 0, 1642.3 0, 1631.8 0, 1618.3
Material Boundary	0, 1642.3 35, 1642.8 40, 1642.5 46, 1642.3 54.8, 1641.2
Material Boundary	0, 1631.8 46, 1635.3 54.8, 1631.8 65.6, 1629.4 74.8, 1629.5
Material Boundary	0, 1618.3 46, 1627.8 55, 1619.6 67, 1616.7 82, 1614 94, 1613.7 120, 1612.8 129, 1614.5
Material Boundary	46, 1627.8 63, 1624.4 73.7, 1623.9 80, 1624
Material Boundary	85.8, 1620.3 89, 1615.5 94, 1613.7
Material Boundary	54.8, 1641.2 66.8471, 1641.04

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	53.7548, 1620.73 89, 1615.5 130.42, 1615.76	Assigned to: Terraza colgada Aluvial Substrato rocoso

rocscience



GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA BAÑOS_rvJT
Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/03/2025, 12:29:36
Software Version: 9.009

Table of Contents

Project Summary 3
General Settings 4
Analysis Options 5
Groundwater Analysis 6
Random Numbers 7
Surface Options 8
Seismic Loading 9
Materials 10
Global Minimums 12
Method: bishop simplified 12
Method: janbu simplified 12
Method: spencer 12
Method: gle/morgenstern-price 12
Valid and Invalid Surfaces 14
Method: bishop simplified 14
Method: janbu simplified 14
Method: spencer 14
Method: gle/morgenstern-price 14
Error Code Descriptions 14
Slice Data 15
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.588721 15
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.550763 17
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.582824 19
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.58146 21
Interslice Data 23
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.588721 23
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.550763 24
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.582824 25
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.58146 26
Entity Information 27
Group 1 27
Shared Entities 27
Scenario-based Entities 28

Slide Analysis Information

GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA BAÑOS_rvJT

Project Summary

File Name:	GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA BAÑOS_rvJT.slmd
Slide Modeler Version:	9.009
Compute Time:	00h:00m:08.249s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	11/03/2025, 12:29:36

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:	10116
Random Number Generation Method:	Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Auto Refine Search
Divisions along slope:	20
Circles per division:	10
Number of iterations:	10
Divisions to use in next iteration:	50%
Composite Surfaces:	Disabled
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No
Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.24
Seismic Load Coefficient (Vertical):	0.12

Materials

Coluvial actual	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	8
Friction Angle [deg]	21
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial antiguo	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	23
Friction Angle [deg]	25
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial-aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	24
Water Surface	None
Ru Value	0
Terraza colgada	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	1
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Substrato rocoso	

Color	
Strength Type	Generalized Hoek-Brown
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	25
Saturated Unit Weight [kN/m3]	25
Unconfined Compressive Strength (intact) [kPa]	250000
GSI	50
mi	25
Disturbance	0
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Escollera	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	45
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Relleno granular (trasdós)	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	1
Friction Angle [deg]	35
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Escollera hormigonada	
Color	
Strength Type	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	25
Allow Sliding Along Boundary	No
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	0.588721
Center:	101.507, 1669.950
Radius:	51.779
Left Slip Surface Endpoint:	55.092, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	76.709, 1624.495
Resisting Moment:	65785 kN-m
Driving Moment:	111742 kN-m
Total Slice Area:	137.05 m2
Surface Horizontal Width:	21.6178 m
Surface Average Height:	6.33969 m

Method: janbu simplified

FS	0.550763
Center:	90.083, 1657.350
Radius:	35.474
Left Slip Surface Endpoint:	56.153, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	76.710, 1624.494
Resisting Horizontal Force:	909.738 kN
Driving Horizontal Force:	1651.78 kN
Total Slice Area:	145.41 m2
Surface Horizontal Width:	20.5567 m
Surface Average Height:	7.07363 m

Method: spencer

FS	0.582824
Center:	101.446, 1669.968
Radius:	51.766
Left Slip Surface Endpoint:	55.055, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	76.709, 1624.495
Resisting Moment:	65329.6 kN-m
Driving Moment:	112091 kN-m
Resisting Horizontal Force:	917.308 kN
Driving Horizontal Force:	1573.9 kN
Total Slice Area:	137.607 m2
Surface Horizontal Width:	21.6548 m
Surface Average Height:	6.35457 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	0.581460
Center:	100.634, 1670.212
Radius:	51.599
Left Slip Surface Endpoint:	54.550, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	76.709, 1624.495
Resisting Moment:	67928.5 kN-m
Driving Moment:	116824 kN-m
Resisting Horizontal Force:	966.783 kN
Driving Horizontal Force:	1662.68 kN
Total Slice Area:	145.216 m2
Surface Horizontal Width:	22.1589 m
Surface Average Height:	6.55339 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Valid and Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	9586
Number of Invalid Surfaces:	45

Error Codes

Error Code -108 reported for 44 surfaces
Error Code -112 reported for 1 surface

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces:	8637
Number of Invalid Surfaces:	994

Error Codes

Error Code -108 reported for 524 surfaces
Error Code -111 reported for 440 surfaces
Error Code -112 reported for 30 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces:	6399
Number of Invalid Surfaces:	3232

Error Codes

Error Code -108 reported for 576 surfaces
Error Code -111 reported for 2623 surfaces
Error Code -112 reported for 33 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces:	8097
Number of Invalid Surfaces:	1534

Error Codes

Error Code -108 reported for 573 surfaces
Error Code -111 reported for 930 surfaces
Error Code -112 reported for 31 surfaces

Error Code Descriptions

The following errors were encountered during the computation:
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.588721

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.423057	3.00795	-63.1714	Coluvial actual	8	21	8.24068	4.85146	-8.20223	0	-8.20223	8.09135	8.09135
2	0.423057	8.89544	-62.1517	Coluvial actual	8	21	13.0117	7.66024	-0.885112	0	-0.885112	23.7434	23.7434
3	0.423057	14.5383	-61.1653	Coluvial actual	8	21	17.7857	10.4708	6.43674	0	6.43674	38.7425	38.7425
4	0.423057	19.7243	-60.2089	Coluvial actual	8	21	22.3649	13.1667	13.4597	0	13.4597	52.5251	52.5251
5	0.423057	23.955	-59.2796	Coluvial actual	8	21	26.3041	15.4858	19.5012	0	19.5012	63.7665	63.7665
6	0.423057	27.9424	-58.375	Coluvial actual	8	21	30.1499	17.7499	25.3994	0	25.3994	74.3595	74.3595
7	0.423057	31.757	-57.4931	Coluvial actual	8	21	33.9461	19.9848	31.2216	0	31.2216	84.4921	84.4921
8	0.423057	35.4111	-56.6319	Coluvial actual	8	21	37.6915	22.1898	36.9656	0	36.9656	94.1973	94.1973
9	0.431267	39.7041	-55.7821	Coluvial antiguo	23	25	56.0131	32.9761	21.3937	0	21.3937	103.759	103.759
10	0.431267	43.1977	-54.9424	Coluvial antiguo	23	25	60.3451	35.5264	26.863	0	26.863	112.86	112.86
11	0.431267	46.5521	-54.1198	Coluvial antiguo	23	25	64.6214	38.044	32.262	0	32.262	121.598	121.598
12	0.431267	49.7276	-53.3133	Coluvial antiguo	23	25	68.7939	40.5004	37.5296	0	37.5296	129.868	129.868
13	0.431267	52.4481	-52.5218	Coluvial antiguo	23	25	72.5721	42.7247	42.2997	0	42.2997	136.952	136.952
14	0.431267	54.9886	-51.7443	Coluvial antiguo	23	25	76.2181	44.8712	46.9029	0	46.9029	143.565	143.565
15	0.431267	57.4181	-50.9799	Coluvial antiguo	23	25	79.7959	46.9775	51.4198	0	51.4198	149.889	149.889
16	0.431267	59.7419	-50.2279	Coluvial antiguo	23	25	83.3055	49.0437	55.8509	0	55.8509	155.937	155.937
17	0.431267	61.9651	-49.4877	Coluvial antiguo	23	25	86.7479	51.0703	60.197	0	60.197	161.721	161.721
18	0.431267	64.0921	-48.7584	Coluvial antiguo	23	25	90.1235	53.0576	64.4587	0	64.4587	167.255	167.255
19	0.431267	66.1272	-48.0396	Coluvial antiguo	23	25	93.4331	55.006	68.637	0	68.637	172.549	172.549
20	0.431267	68.0741	-47.3307	Coluvial antiguo	23	25	96.6769	56.9157	72.7326	0	72.7326	177.613	177.613
21	0.431267	69.9363	-46.6311	Coluvial antiguo	23	25	99.856	58.7873	76.746	0	76.746	182.456	182.456
22	0.431267	71.7172	-45.9406	Coluvial antiguo	23	25	102.971	60.6209	80.6783	0	80.6783	187.086	187.086
23	0.431267	73.4198	-45.2585	Coluvial antiguo	23	25	106.021	62.417	84.53	0	84.53	191.512	191.512
24	0.431267	75.0468	-44.5845	Coluvial antiguo	23	25	109.009	64.1759	88.302	0	88.302	195.741	195.741
25	0.431267	76.6002	-43.9182	Coluvial antiguo	23	25	111.933	65.8974	91.9938	0	91.9938	199.778	199.778
26	0.431267	75.8068	-43.2593	Coluvial antiguo	23	25	112.104	65.9977	92.2088	0	92.2088	197.7	197.7
27	0.431267	72.8201	-42.6075	Coluvial antiguo	23	25	109.623	64.5372	89.0769	0	89.0769	189.907	189.907
28	0.431267	69.7673	-41.9624	Coluvial antiguo	23	25	106.982	62.9824	85.7425	0	85.7425	181.942	181.942
29	0.431267	66.6505	-41.3238	Coluvial antiguo	23	25	104.182	61.3344	82.2085	0	82.2085	173.812	173.812
30	0.431267	63.4715	-40.6914	Coluvial antiguo	23	25	101.227	59.5945	78.4772	0	78.4772	165.52	165.52

31	0.431267	60.232	-40.0649	Coluvial antiguo	23	25	98.1176	57.7639	74.5514	0	74.5514	157.071	157.071
32	0.431267	56.9338	-39.4441	Coluvial antiguo	23	25	94.8555	55.8434	70.4329	0	70.4329	148.471	148.471
33	0.431267	54.0064	-38.8289	Coluvial antiguo	23	25	91.9819	54.1517	66.8051	0	66.8051	140.837	140.837
34	0.438331	53.6558	-38.2139	Coluvial-aluvial	15	24	81.196	47.8018	73.6741	0	73.6741	137.601	137.601
35	0.438331	52.5531	-37.5992	Coluvial-aluvial	15	24	80.5111	47.3986	72.7685	0	72.7685	134.769	134.769
36	0.438331	51.3949	-36.9895	Coluvial-aluvial	15	24	79.7301	46.9388	71.7358	0	71.7358	131.794	131.794
37	0.438331	50.1824	-36.3846	Coluvial-aluvial	15	24	78.8538	46.4229	70.5769	0	70.5769	128.68	128.68
38	0.438331	48.9169	-35.7844	Coluvial-aluvial	15	24	77.8826	45.8511	69.2928	0	69.2928	125.431	125.431
39	0.438331	47.5995	-35.1887	Coluvial-aluvial	15	24	76.8172	45.2239	67.8838	0	67.8838	122.05	122.05
40	0.438331	46.2315	-34.5973	Coluvial-aluvial	15	24	75.6579	44.5414	66.3511	0	66.3511	118.539	118.539
41	0.438331	44.814	-34.0102	Coluvial-aluvial	15	24	74.4054	43.804	64.6948	0	64.6948	114.901	114.901
42	0.438331	43.3478	-33.427	Coluvial-aluvial	15	24	73.0599	43.0119	62.9157	0	62.9157	111.139	111.139
43	0.438331	40.704	-32.8478	Coluvial-aluvial	15	24	70.1507	41.2992	59.069	0	59.069	104.361	104.361
44	0.438331	35.4999	-32.2723	Coluvial-aluvial	15	24	63.8324	37.5795	50.7143	0	50.7143	91.0243	91.0243
45	0.438331	30.1579	-31.7004	Coluvial-aluvial	15	24	57.2327	33.6941	41.9875	0	41.9875	77.3357	77.3357
46	0.438331	24.7709	-31.1321	Coluvial-aluvial	15	24	50.472	29.7139	33.0478	0	33.0478	63.533	63.533
47	0.438331	19.3399	-30.5671	Coluvial-aluvial	15	24	43.5509	25.6393	23.8963	0	23.8963	49.6184	49.6184
48	0.438331	13.8655	-30.0054	Coluvial-aluvial	15	24	36.4701	21.4707	14.5335	0	14.5335	35.5941	35.5941
49	0.438331	8.3486	-29.4468	Coluvial-aluvial	15	24	29.23	17.2083	4.95992	0	4.95992	21.4617	21.4617
50	0.438331	2.78979	-28.8913	Coluvial-aluvial	15	24	21.8308	12.8523	-4.82391	0	-4.82391	7.22305	7.22305

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.550763

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.395337	4.0824	-72.0022	Coluvial actual	8	21	7.19555	3.96304	-10.5166	0	-10.5166	11.6318	11.6318
2	0.395337	11.2685	-70.0338	Coluvial actual	8	21	12.6259	6.9539	-2.72519	0	-2.72519	32.0281	32.0281
3	0.395337	17.342	-68.2376	Coluvial actual	8	21	17.7942	9.8004	4.69021	0	4.69021	49.2638	49.2638
4	0.395337	22.8248	-66.5734	Coluvial actual	8	21	22.8878	12.6057	11.9983	0	11.9983	64.8214	64.8214
5	0.395337	27.8307	-65.0144	Coluvial actual	8	21	27.8897	15.3606	19.1751	0	19.1751	79.0242	79.0242
6	0.395337	32.44	-63.5419	Coluvial actual	8	21	32.7921	18.0607	26.2089	0	26.2089	92.1005	92.1005
7	0.420787	39.2111	-62.0991	Coluvial antiguo	23	25	50.1592	27.6258	9.92017	0	9.92017	104.651	104.651
8	0.420787	43.7011	-60.6789	Coluvial antiguo	23	25	56.0315	30.8601	16.8559	0	16.8559	116.617	116.617
9	0.420787	47.8853	-59.319	Coluvial antiguo	23	25	61.7778	34.0249	23.643	0	23.643	127.767	127.767
10	0.420787	51.7481	-58.0115	Coluvial antiguo	23	25	67.3517	37.0948	30.2263	0	30.2263	138.06	138.06
11	0.420787	55.054	-56.7502	Coluvial antiguo	23	25	72.492	39.9259	36.2977	0	36.2977	146.867	146.867
12	0.420787	58.0888	-55.53	Coluvial antiguo	23	25	77.4427	42.6526	42.145	0	42.145	154.951	154.951
13	0.420787	60.926	-54.3466	Coluvial antiguo	23	25	82.2602	45.3059	47.835	0	47.835	162.509	162.509
14	0.420787	63.5824	-53.1963	Coluvial antiguo	23	25	86.9488	47.8882	53.3728	0	53.3728	169.584	169.584
15	0.420787	66.0725	-52.0761	Coluvial antiguo	23	25	91.5125	50.4017	58.7632	0	58.7632	176.215	176.215
16	0.420787	68.4084	-50.9834	Coluvial antiguo	23	25	95.9554	52.8487	64.0108	0	64.0108	182.436	182.436
17	0.420787	70.601	-49.9159	Coluvial antiguo	23	25	100.281	55.231	69.1197	0	69.1197	188.274	188.274
18	0.420787	72.6597	-48.8715	Coluvial antiguo	23	25	104.492	57.5504	74.0936	0	74.0936	193.755	193.755
19	0.420787	74.5927	-47.8485	Coluvial antiguo	23	25	108.592	59.8087	78.9366	0	78.9366	198.901	198.901
20	0.420787	76.4074	-46.8452	Coluvial antiguo	23	25	112.584	62.0073	83.6515	0	83.6515	203.731	203.731
21	0.420787	78.1104	-45.8604	Coluvial antiguo	23	25	116.471	64.1478	88.2418	0	88.2418	208.264	208.264
22	0.420787	79.7076	-44.8928	Coluvial antiguo	23	25	120.254	66.2315	92.7101	0	92.7101	212.515	212.515
23	0.420787	81.2043	-43.9411	Coluvial antiguo	23	25	123.936	68.2595	97.0593	0	97.0593	216.497	216.497
24	0.420787	81.5472	-43.0045	Coluvial antiguo	23	25	126.186	69.4984	99.7161	0	99.7161	217.405	217.405
25	0.420787	78.8415	-42.082	Coluvial antiguo	23	25	124.519	68.5803	97.7474	0	97.7474	210.188	210.188
26	0.420787	75.873	-41.1726	Coluvial antiguo	23	25	122.388	67.4068	95.2306	0	95.2306	202.27	202.27
27	0.420787	72.8207	-40.2758	Coluvial antiguo	23	25	120.02	66.1023	92.4331	0	92.4331	194.13	194.13
28	0.420787	69.6879	-39.3906	Coluvial antiguo	23	25	117.417	64.6692	89.3599	0	89.3599	185.776	185.776
29	0.420787	66.4778	-38.5166	Coluvial antiguo	23	25	114.586	63.1097	86.0157	0	86.0157	177.216	177.216
30	0.405074	60.8937	-37.669	Coluvial-aluvial	15	24	100.689	55.4557	90.8651	0	90.8651	168.599	168.599
31	0.405074	57.7866	-36.8469	Coluvial-aluvial	15	24	97.5051	53.7022	86.9265	0	86.9265	159.994	159.994
32	0.405074	55.7416	-36.0336	Coluvial-aluvial	15	24	95.7103	52.7137	84.7063	0	84.7063	154.33	154.33
33	0.405074	54.6273	-35.2286	Coluvial-aluvial	15	24	95.1687	52.4154	84.0363	0	84.0363	151.242	151.242

34	0.405074	53.4545	-34.4315	Coluvial-aluvial	15	24	94.5004	52.0473	83.2096	0	83.2096	147.992	147.992
35	0.405074	52.225	-33.6419	Coluvial-aluvial	15	24	93.7064	51.61	82.2274	0	82.2274	144.585	144.585
36	0.405074	50.9402	-32.8595	Coluvial-aluvial	15	24	92.7876	51.104	81.0911	0	81.0911	141.025	141.025
37	0.405074	49.6016	-32.084	Coluvial-aluvial	15	24	91.7451	50.5298	79.8012	0	79.8012	137.317	137.317
38	0.405074	48.2107	-31.315	Coluvial-aluvial	15	24	90.5789	49.8875	78.3587	0	78.3587	133.464	133.464
39	0.405074	46.7687	-30.5522	Coluvial-aluvial	15	24	89.2899	49.1776	76.7641	0	76.7641	129.469	129.469
40	0.405074	45.2767	-29.7953	Coluvial-aluvial	15	24	87.8786	48.4003	75.0182	0	75.0182	125.337	125.337
41	0.405074	43.7361	-29.0442	Coluvial-aluvial	15	24	86.3453	47.5558	73.1214	0	73.1214	121.07	121.07
42	0.405074	41.8703	-28.2984	Coluvial-aluvial	15	24	84.2577	46.406	70.5389	0	70.5389	115.904	115.904
43	0.405074	37.5869	-27.5579	Coluvial-aluvial	15	24	78.3097	43.1301	63.1812	0	63.1812	104.047	104.047
44	0.405074	32.7156	-26.8223	Coluvial-aluvial	15	24	71.3018	39.2704	54.5121	0	54.5121	90.5641	90.5641
45	0.405074	27.7995	-26.0915	Coluvial-aluvial	15	24	64.0789	35.2923	45.5773	0	45.5773	76.9574	76.9574
46	0.405074	22.8394	-25.3652	Coluvial-aluvial	15	24	56.6411	31.1958	36.3765	0	36.3765	63.2296	63.2296
47	0.405074	17.8361	-24.6433	Coluvial-aluvial	15	24	48.988	26.9808	26.9095	0	26.9095	49.3827	49.3827
48	0.405074	12.7903	-23.9255	Coluvial-aluvial	15	24	41.1194	22.647	17.1755	0	17.1755	35.4189	35.4189
49	0.405074	7.7029	-23.2116	Coluvial-aluvial	15	24	33.0342	18.194	7.17392	0	7.17392	21.3403	21.3403
50	0.405074	2.57442	-22.5016	Coluvial-aluvial	15	24	24.7319	13.6214	-3.09635	0	-3.09635	7.14874	7.14874

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.582824

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.423557	3.0112	-63.1419	Coluvial actual	8	21	0	0	-25.3154	0	-25.3154	-25.3154	-25.3154
2	0.423557	8.90509	-62.1217	Coluvial actual	8	21	8.21538	4.78812	-8.36723	0	-8.36723	7.16315	7.16315
3	0.423557	14.5541	-61.1349	Coluvial actual	8	21	16.4137	9.56631	4.08039	0	4.08039	33.8566	33.8566
4	0.423557	19.8004	-60.1779	Coluvial actual	8	21	23.2589	13.5558	14.4734	0	14.4734	55.0494	55.0494
5	0.423557	24.067	-59.2482	Coluvial actual	8	21	28.2408	16.4594	22.0374	0	22.0374	69.5024	69.5024
6	0.423557	28.0575	-58.3431	Coluvial actual	8	21	32.3806	18.8722	28.3229	0	28.3229	80.84	80.84
7	0.423557	31.8751	-57.4607	Coluvial actual	8	21	35.8863	20.9154	33.6458	0	33.6458	89.8908	89.8908
8	0.423557	35.532	-56.5991	Coluvial actual	8	21	38.8445	22.6395	38.1373	0	38.1373	97.046	97.046
9	0.431923	39.8441	-55.7486	Coluvial antiguo	23	25	53.2922	31.06	17.2847	0	17.2847	95.5506	95.5506
10	0.431923	43.3425	-54.9081	Coluvial antiguo	23	25	56.7204	33.058	21.5694	0	21.5694	102.299	102.299
11	0.431923	46.7015	-54.0848	Coluvial antiguo	23	25	59.8711	34.8943	25.5075	0	25.5075	108.17	108.17
12	0.431923	49.8946	-53.2775	Coluvial antiguo	23	25	62.7768	36.5878	29.1392	0	29.1392	113.292	113.292
13	0.431923	52.6359	-52.4853	Coluvial antiguo	23	25	65.3271	38.0742	32.3266	0	32.3266	117.417	117.417
14	0.431923	55.1787	-51.707	Coluvial antiguo	23	25	67.712	39.4642	35.3076	0	35.3076	121.067	121.067
15	0.431923	57.6102	-50.9419	Coluvial antiguo	23	25	70.0114	40.8043	38.1816	0	38.1816	124.459	124.459
16	0.431923	59.9358	-50.1892	Coluvial antiguo	23	25	72.2556	42.1123	40.9864	0	40.9864	127.677	127.677
17	0.431923	62.1606	-49.4482	Coluvial antiguo	23	25	74.4717	43.4039	43.7563	0	43.7563	130.792	130.792
18	0.431923	64.289	-48.7182	Coluvial antiguo	23	25	76.6842	44.6934	46.5215	0	46.5215	133.865	133.865
19	0.431923	66.3251	-47.9987	Coluvial antiguo	23	25	78.9151	45.9936	49.3099	0	49.3099	136.95	136.95
20	0.431923	68.2729	-47.2891	Coluvial antiguo	23	25	81.1844	47.3162	52.1463	0	52.1463	140.091	140.091
21	0.431923	70.1359	-46.5889	Coluvial antiguo	23	25	83.5103	48.6718	55.0533	0	55.0533	143.329	143.329
22	0.431923	71.9173	-45.8976	Coluvial antiguo	23	25	85.909	50.0698	58.0513	0	58.0513	146.695	146.695
23	0.431923	73.6201	-45.2148	Coluvial antiguo	23	25	88.3955	51.519	61.1592	0	61.1592	150.22	150.22
24	0.431923	75.2472	-44.5401	Coluvial antiguo	23	25	90.9834	53.0273	64.3937	0	64.3937	153.928	153.928
25	0.431923	76.8012	-43.8732	Coluvial antiguo	23	25	93.6852	54.602	67.7707	0	67.7707	157.842	157.842
26	0.431923	76.2209	-43.2136	Coluvial antiguo	23	25	95.5824	55.7077	70.142	0	70.142	159.943	159.943
27	0.431923	73.2228	-42.5611	Coluvial antiguo	23	25	96.5041	56.2449	71.2939	0	71.2939	159.913	159.913
28	0.431923	70.156	-41.9153	Coluvial antiguo	23	25	97.4757	56.8112	72.5084	0	72.5084	160.016	160.016
29	0.431923	67.025	-41.2761	Coluvial antiguo	23	25	98.4802	57.3966	73.7639	0	73.7639	160.208	160.208
30	0.431923	63.8316	-40.643	Coluvial antiguo	23	25	99.4983	57.99	75.0364	0	75.0364	160.446	160.446
31	0.431923	60.5776	-40.0159	Coluvial antiguo	23	25	100.51	58.5799	76.3015	0	76.3015	160.687	160.687
32	0.431923	57.2647	-39.3944	Coluvial antiguo	23	25	101.497	59.1546	77.5337	0	77.5337	160.887	160.887
33	0.431923	54.2692	-38.7785	Coluvial antiguo	23	25	102.642	59.822	78.9649	0	78.9649	161.428	161.428

34	0.439307	53.9113	-38.1627	Coluvial-aluvial	15	24	74.2303	43.2632	63.4802	0	63.4802	121.815	121.815
35	0.439307	52.799	-37.5468	Coluvial-aluvial	15	24	75.7326	44.1388	65.4469	0	65.4469	123.657	123.657
36	0.439307	51.6308	-36.936	Coluvial-aluvial	15	24	77.2621	45.0302	67.4488	0	67.4488	125.535	125.535
37	0.439307	50.4081	-36.3301	Coluvial-aluvial	15	24	78.8101	45.9324	69.4751	0	69.4751	127.431	127.431
38	0.439307	49.1321	-35.7288	Coluvial-aluvial	15	24	80.3675	46.8401	71.5142	0	71.5142	129.325	129.325
39	0.439307	47.804	-35.1321	Coluvial-aluvial	15	24	81.9252	47.748	73.5531	0	73.5531	131.2	131.2
40	0.439307	46.4251	-34.5396	Coluvial-aluvial	15	24	83.4729	48.65	75.5791	0	75.5791	133.034	133.034
41	0.439307	44.9963	-33.9514	Coluvial-aluvial	15	24	84.9999	49.54	77.5782	0	77.5782	134.807	134.807
42	0.439307	43.5188	-33.3672	Coluvial-aluvial	15	24	86.4954	50.4116	79.5358	0	79.5358	136.498	136.498
43	0.439307	40.908	-32.7869	Coluvial-aluvial	15	24	87.1217	50.7766	80.3556	0	80.3556	136.474	136.474
44	0.439307	35.6908	-32.2104	Coluvial-aluvial	15	24	85.5661	49.87	78.3193	0	78.3193	132.225	132.225
45	0.439307	30.32	-31.6375	Coluvial-aluvial	15	24	83.5599	48.7007	75.6929	0	75.6929	127.175	127.175
46	0.439307	24.904	-31.0681	Coluvial-aluvial	15	24	81.147	47.2944	72.5346	0	72.5346	121.424	121.424
47	0.439307	19.4438	-30.5021	Coluvial-aluvial	15	24	78.2895	45.629	68.7938	0	68.7938	114.914	114.914
48	0.439307	13.94	-29.9394	Coluvial-aluvial	15	24	74.9475	43.6812	64.4191	0	64.4191	107.584	107.584
49	0.439307	8.39343	-29.3798	Coluvial-aluvial	15	24	71.0806	41.4275	59.3571	0	59.3571	99.376	99.376
50	0.439307	2.80477	-28.8233	Coluvial-aluvial	15	24	101.642	59.2394	99.3633	0	99.3633	155.295	155.295

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.58146

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.43029	3.05485	-62.7437	Coluvial actual	8	21	9.46576	5.50396	-6.5024	0	-6.5024	11.8716	11.8716
2	0.43029	9.03469	-61.7179	Coluvial actual	8	21	14.8431	8.63069	1.643	0	1.643	29.2303	29.2303
3	0.43029	14.767	-60.7251	Coluvial actual	8	21	18.4025	10.7003	7.03461	0	7.03461	39.8613	39.8613
4	0.43029	20.2742	-59.7622	Coluvial actual	8	21	21.005	12.2135	10.9767	0	10.9767	47.0121	47.0121
5	0.43029	25.4566	-58.8263	Coluvial actual	8	21	23.2569	13.523	14.3878	0	14.3878	52.8292	52.8292
6	0.43029	29.6411	-57.915	Coluvial actual	8	21	25.2857	14.7026	17.4609	0	17.4609	57.7931	57.7931
7	0.43029	33.498	-57.0263	Coluvial actual	8	21	27.7091	16.1117	21.1318	0	21.1318	63.843	63.843
8	0.43029	37.1918	-56.1583	Coluvial actual	8	21	30.7165	17.8604	25.6873	0	25.6873	71.4991	71.4991
9	0.440816	41.7725	-55.2995	Coluvial antiguo	23	25	56.3346	32.7563	20.9225	0	20.9225	102.278	102.278
10	0.440816	45.3365	-54.4486	Coluvial antiguo	23	25	59.1391	34.387	24.4194	0	24.4194	107.172	107.172
11	0.440816	48.7567	-53.6151	Coluvial antiguo	23	25	61.7836	35.9247	27.7171	0	27.7171	111.565	111.565
12	0.440816	52.0415	-52.7977	Coluvial antiguo	23	25	64.3124	37.3951	30.8704	0	30.8704	115.592	115.592
13	0.440816	55.1524	-51.9955	Coluvial antiguo	23	25	66.7169	38.7932	33.8687	0	33.8687	119.249	119.249
14	0.440816	57.7971	-51.2073	Coluvial antiguo	23	25	68.8488	40.0328	36.527	0	36.527	122.18	122.18
15	0.440816	60.2561	-50.4325	Coluvial antiguo	23	25	70.8441	41.193	39.0152	0	39.0152	124.75	124.75
16	0.440816	62.6058	-49.6701	Coluvial antiguo	23	25	72.7383	42.2944	41.3769	0	41.3769	127.056	127.056
17	0.440816	64.8513	-48.9195	Coluvial antiguo	23	25	74.5412	43.3427	43.6251	0	43.6251	129.132	129.132
18	0.440816	66.9972	-48.18	Coluvial antiguo	23	25	76.2766	44.3518	45.7892	0	45.7892	131.04	131.04
19	0.440816	69.048	-47.451	Coluvial antiguo	23	25	77.9842	45.3447	47.9183	0	47.9183	132.877	132.877
20	0.440816	71.0074	-46.732	Coluvial antiguo	23	25	79.7186	46.3532	50.0809	0	50.0809	134.771	134.771
21	0.440816	72.8791	-46.0225	Coluvial antiguo	23	25	81.5489	47.4174	52.3635	0	52.3635	136.876	136.876
22	0.440816	74.6664	-45.3219	Coluvial antiguo	23	25	83.555	48.5839	54.865	0	54.865	139.364	139.364
23	0.440816	76.3725	-44.6299	Coluvial antiguo	23	25	85.8234	49.9029	57.6936	0	57.6936	142.415	142.415
24	0.440816	78.0003	-43.9461	Coluvial antiguo	23	25	88.4424	51.4257	60.9592	0	60.9592	146.206	146.206
25	0.440816	79.5525	-43.27	Coluvial antiguo	23	25	91.4961	53.2013	64.7669	0	64.7669	150.898	150.898
26	0.440816	80.8393	-42.6014	Coluvial antiguo	23	25	95	55.2387	69.1362	0	69.1362	156.498	156.498
27	0.440816	78.8103	-41.9399	Coluvial antiguo	23	25	98.0592	57.0175	72.9507	0	72.9507	161.058	161.058
28	0.440816	75.5508	-41.2852	Coluvial antiguo	23	25	101.26	58.8788	76.9423	0	76.9423	165.855	165.855
29	0.440816	72.2247	-40.637	Coluvial antiguo	23	25	104.834	60.9569	81.3988	0	81.3988	171.37	171.37
30	0.440816	68.8341	-39.995	Coluvial antiguo	23	25	108.615	63.1551	86.1127	0	86.1127	177.235	177.235
31	0.440816	65.3806	-39.359	Coluvial antiguo	23	25	112.402	65.3571	90.8351	0	90.8351	183.028	183.028
32	0.440816	61.8661	-38.7287	Coluvial antiguo	23	25	115.97	67.4319	95.2845	0	95.2845	188.289	188.289
33	0.440816	58.2932	-38.104	Coluvial antiguo	23	25	119.079	69.2394	99.1608	0	99.1608	192.544	192.544

34	0.452714	57.4829	-37.4762	Coluvial-aluvial	15	24	87.7808	51.041	80.9495	0	80.9495	148.248	148.248
35	0.452714	56.2346	-36.8454	Coluvial-aluvial	15	24	91.8923	53.4317	86.319	0	86.319	155.177	155.177
36	0.452714	54.9266	-36.2198	Coluvial-aluvial	15	24	95.7631	55.6824	91.3742	0	91.3742	161.513	161.513
37	0.452714	53.5604	-35.5991	Coluvial-aluvial	15	24	99.2268	57.6964	95.8977	0	95.8977	166.935	166.935
38	0.452714	52.1374	-34.9832	Coluvial-aluvial	15	24	102.122	59.38	99.6791	0	99.6791	171.141	171.141
39	0.452714	50.6587	-34.3719	Coluvial-aluvial	15	24	104.3	60.6463	102.523	0	102.523	173.864	173.864
40	0.452714	49.1257	-33.765	Coluvial-aluvial	15	24	105.63	61.4198	104.26	0	104.26	174.881	174.881
41	0.452714	47.5394	-33.1624	Coluvial-aluvial	15	24	106.009	61.6401	104.755	0	104.755	174.027	174.027
42	0.452714	45.9011	-32.564	Coluvial-aluvial	15	24	105.365	61.2654	103.914	0	103.914	171.204	171.204
43	0.452714	43.6502	-31.9694	Coluvial-aluvial	15	24	103.082	59.9382	100.933	0	100.933	165.269	165.269
44	0.452714	38.3641	-31.3787	Coluvial-aluvial	15	24	96.3942	56.0494	92.1985	0	92.1985	150.989	150.989
45	0.452714	32.5903	-30.7917	Coluvial-aluvial	15	24	87.666	50.9743	80.7996	0	80.7996	133.042	133.042
46	0.452714	26.7683	-30.2083	Coluvial-aluvial	15	24	77.498	45.062	67.5204	0	67.5204	112.64	112.64
47	0.452714	20.8989	-29.6283	Coluvial-aluvial	15	24	66.1093	38.4399	52.6469	0	52.6469	90.2454	90.2454
48	0.452714	14.983	-29.0516	Coluvial-aluvial	15	24	53.7624	31.2607	36.5222	0	36.5222	66.3866	66.3866
49	0.452714	9.02126	-28.4782	Coluvial-aluvial	15	24	40.7508	23.695	19.5292	0	19.5292	41.635	41.635
50	0.452714	3.01453	-27.9078	Coluvial-aluvial	15	24	27.3828	15.922	2.07089	0	2.07089	16.5741	16.5741

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.588721

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	55.0915	1647	0	0	0
2	55.5146	1646.16	-9.59792	0	0
3	55.9376	1645.36	-13.6332	0	0
4	56.3607	1644.59	-12.663	0	0
5	56.7837	1643.86	-7.37018	0	0
6	57.2068	1643.14	1.22187	0	0
7	57.6299	1642.46	12.7225	0	0
8	58.0529	1641.79	26.8236	0	0
9	58.476	1641.15	43.2479	0	0
10	58.9072	1640.52	42.3773	0	0
11	59.3385	1639.9	43.4344	0	0
12	59.7698	1639.31	46.1918	0	0
13	60.201	1638.73	50.4159	0	0
14	60.6323	1638.16	55.7444	0	0
15	61.0636	1637.62	61.9832	0	0
16	61.4948	1637.08	68.9858	0	0
17	61.9261	1636.57	76.6178	0	0
18	62.3574	1636.06	84.7552	0	0
19	62.7886	1635.57	93.2836	0	0
20	63.2199	1635.09	102.097	0	0
21	63.6512	1634.62	111.098	0	0
22	64.0824	1634.17	120.195	0	0
23	64.5137	1633.72	129.304	0	0
24	64.945	1633.29	138.346	0	0
25	65.3762	1632.86	147.248	0	0
26	65.8075	1632.44	155.942	0	0
27	66.2388	1632.04	163.59	0	0
28	66.67	1631.64	169.496	0	0
29	67.1013	1631.25	173.717	0	0
30	67.5326	1630.88	176.309	0	0
31	67.9638	1630.5	177.331	0	0
32	68.3951	1630.14	176.845	0	0
33	68.8264	1629.79	174.913	0	0
34	69.2576	1629.44	171.706	0	0
35	69.696	1629.09	174.698	0	0
36	70.1343	1628.76	176.86	0	0
37	70.5726	1628.43	178.207	0	0
38	71.011	1628.1	178.754	0	0
39	71.4493	1627.79	178.517	0	0
40	71.8876	1627.48	177.516	0	0
41	72.326	1627.18	175.771	0	0
42	72.7643	1626.88	173.303	0	0
43	73.2026	1626.59	170.137	0	0
44	73.6409	1626.31	166.115	0	0
45	74.0793	1626.03	160.913	0	0
46	74.5176	1625.76	154.629	0	0
47	74.9559	1625.5	147.374	0	0
48	75.3943	1625.24	139.262	0	0
49	75.8326	1624.98	130.408	0	0
50	76.2709	1624.74	120.928	0	0
51	76.7093	1624.49	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.550763

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	56.1528	1647	0	0	0
2	56.5482	1645.78	-14.6539	0	0
3	56.9435	1644.69	-19.8915	0	0
4	57.3388	1643.7	-18.0984	0	0
5	57.7342	1642.79	-10.6943	0	0
6	58.1295	1641.94	1.25963	0	0
7	58.5249	1641.15	16.9399	0	0
8	58.9456	1640.35	13.191	0	0
9	59.3664	1639.61	12.8008	0	0
10	59.7872	1638.9	15.1439	0	0
11	60.208	1638.22	19.6712	0	0
12	60.6288	1637.58	25.7681	0	0
13	61.0496	1636.97	33.0523	0	0
14	61.4704	1636.38	41.2238	0	0
15	61.8911	1635.82	50.0232	0	0
16	62.3119	1635.28	59.2243	0	0
17	62.7327	1634.76	68.6285	0	0
18	63.1535	1634.26	78.0607	0	0
19	63.5743	1633.78	87.3654	0	0
20	63.9951	1633.31	96.404	0	0
21	64.4159	1632.86	105.053	0	0
22	64.8367	1632.43	113.2	0	0
23	65.2574	1632.01	120.745	0	0
24	65.6782	1631.61	127.599	0	0
25	66.099	1631.21	133.365	0	0
26	66.5198	1630.83	137.189	0	0
27	66.9406	1630.47	139.1	0	0
28	67.3614	1630.11	139.182	0	0
29	67.7822	1629.76	137.524	0	0
30	68.203	1629.43	134.214	0	0
31	68.608	1629.12	136.58	0	0
32	69.0131	1628.81	137.457	0	0
33	69.4182	1628.52	137.141	0	0
34	69.8232	1628.23	135.855	0	0
35	70.2283	1627.95	133.626	0	0
36	70.6334	1627.68	130.48	0	0
37	71.0385	1627.42	126.45	0	0
38	71.4435	1627.17	121.567	0	0
39	71.8486	1626.92	115.866	0	0
40	72.2537	1626.68	109.385	0	0
41	72.6588	1626.45	102.16	0	0
42	73.0638	1626.23	94.2337	0	0
43	73.4689	1626.01	85.6384	0	0
44	73.874	1625.8	76.3888	0	0
45	74.2791	1625.59	66.6094	0	0
46	74.6841	1625.39	56.4434	0	0
47	75.0892	1625.2	46.0355	0	0
48	75.4943	1625.02	35.5322	0	0
49	75.8994	1624.84	25.0821	0	0
50	76.3044	1624.66	14.8357	0	0
51	76.7095	1624.49	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.582824

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	55.0545	1647	0	0	0
2	55.4781	1646.16	-20.4509	-53.026	68.9095
3	55.9016	1645.36	-28.4764	-73.8351	68.9096
4	56.3252	1644.59	-28.7674	-74.5896	68.9096
5	56.7487	1643.86	-23.1256	-59.9611	68.9095
6	57.1723	1643.14	-13.5663	-35.1755	68.9096
7	57.5959	1642.46	-1.02612	-2.66058	68.9096
8	58.0194	1641.79	13.8316	35.8631	68.9095
9	58.443	1641.15	30.4812	79.033	68.9095
10	58.8749	1640.52	28.0987	72.8557	68.9096
11	59.3068	1639.9	27.3778	70.9864	68.9095
12	59.7387	1639.31	28.06	72.7554	68.9096
13	60.1707	1638.73	29.9198	77.5774	68.9095
14	60.6026	1638.16	32.6564	84.673	68.9095
15	61.0345	1637.62	36.1062	93.6178	68.9095
16	61.4664	1637.08	40.1593	104.127	68.9096
17	61.8984	1636.57	44.7223	115.958	68.9095
18	62.3303	1636.06	49.7149	128.903	68.9095
19	62.7622	1635.57	55.0662	142.778	68.9095
20	63.1941	1635.09	60.7132	157.42	68.9095
21	63.626	1634.62	66.598	172.678	68.9095
22	64.058	1634.17	72.6669	188.414	68.9095
23	64.4899	1633.72	78.8684	204.494	68.9096
24	64.9218	1633.28	85.1528	220.788	68.9095
25	65.3537	1632.86	91.4704	237.169	68.9096
26	65.7857	1632.44	97.7718	253.507	68.9095
27	66.2176	1632.04	103.439	268.202	68.9096
28	66.6495	1631.64	107.805	279.522	68.9096
29	67.0814	1631.25	110.855	287.43	68.9095
30	67.5134	1630.87	112.573	291.884	68.9095
31	67.9453	1630.5	112.941	292.839	68.9096
32	68.3772	1630.14	111.941	290.247	68.9096
33	68.8091	1629.79	109.556	284.062	68.9096
34	69.2411	1629.44	105.859	274.476	68.9095
35	69.6804	1629.09	108.258	280.695	68.9095
36	70.1197	1628.76	109.916	284.995	68.9095
37	70.559	1628.43	110.803	287.295	68.9095
38	70.9983	1628.1	110.887	287.514	68.9096
39	71.4376	1627.79	110.139	285.574	68.9096
40	71.8769	1627.48	108.529	281.398	68.9095
41	72.3162	1627.18	106.027	274.913	68.9096
42	72.7555	1626.88	102.608	266.046	68.9095
43	73.1948	1626.59	98.2444	254.733	68.9096
44	73.6341	1626.31	92.7087	240.38	68.9096
45	74.0734	1626.03	85.538	221.787	68.9096
46	74.5127	1625.76	76.7672	199.046	68.9096
47	74.952	1625.5	66.4624	172.327	68.9096
48	75.3913	1625.24	54.7019	141.834	68.9096
49	75.8307	1624.98	41.5774	107.804	68.9096
50	76.27	1624.74	27.1943	70.5107	68.9096
51	76.7093	1624.49	0	0	0

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 0.58146

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	54.5504	1647	0	0	0
2	54.9807	1646.16	-8.77423	-1.75304	11.2986
3	55.411	1645.37	-11.684	-4.66011	21.7444
4	55.8413	1644.6	-10.6654	-6.36096	30.8123
5	56.2716	1643.86	-6.74232	-5.3383	38.3708
6	56.7019	1643.15	-0.415116	-0.408541	44.5426
7	57.1322	1642.46	7.79376	9.14132	49.5496
8	57.5625	1641.8	17.9163	24.3175	53.6185
9	57.9928	1641.16	30.0994	46.2509	56.9445
10	58.4336	1640.52	28.5907	49.0155	59.745
11	58.8744	1639.9	28.4433	53.6291	62.0598
12	59.3152	1639.31	29.4688	60.3875	63.9879
13	59.756	1638.72	31.5123	69.4821	65.6042
14	60.1968	1638.16	34.4212	80.9598	66.9665
15	60.6377	1637.61	37.9497	94.4934	68.119
16	61.0785	1637.08	41.9697	109.884	69.0959
17	61.5193	1636.56	46.3894	126.929	69.9239
18	61.9601	1636.05	51.1274	145.379	70.6241
19	62.4009	1635.56	56.1146	164.958	71.213
20	62.8417	1635.08	61.2937	185.375	71.7037
21	63.2826	1634.61	66.6187	206.337	72.1066
22	63.7234	1634.16	72.0537	227.553	72.4298
23	64.1642	1633.71	77.5697	248.734	72.6795
24	64.605	1633.27	83.1416	269.591	72.8603
25	65.0458	1632.85	88.7439	289.825	72.9755
26	65.4866	1632.43	94.3468	309.119	73.0272
27	65.9275	1632.03	99.8622	326.966	73.0162
28	66.3683	1631.63	104.409	340.285	72.9425
29	66.8091	1631.25	107.649	347.858	72.8047
30	67.2499	1630.87	109.528	349.506	72.6001
31	67.6907	1630.5	109.976	345.127	72.3253
32	68.1315	1630.14	108.921	334.727	71.975
33	68.5724	1629.78	106.291	318.451	71.5423
34	69.0132	1629.44	102.026	296.615	71.0184
35	69.4659	1629.09	104.145	292.052	70.3739
36	69.9186	1628.75	105.289	283.2	69.6057
37	70.3713	1628.42	105.38	270.208	68.6944
38	70.824	1628.1	104.357	253.374	67.6147
39	71.2767	1627.78	102.178	233.148	66.3344
40	71.7295	1627.47	98.8263	210.126	64.8115
41	72.1822	1627.17	94.3131	185.032	62.9915
42	72.6349	1626.87	88.6807	158.693	60.8027
43	73.0876	1626.58	82.0015	131.999	58.1503
44	73.5403	1626.3	74.2913	105.74	54.9087
45	73.993	1626.02	65.2807	80.3641	50.9126
46	74.4457	1625.75	55.1806	57.0415	45.95
47	74.8985	1625.49	44.2885	36.8539	39.7649
48	75.3512	1625.23	32.9063	20.6361	32.0925
49	75.8039	1624.98	21.3278	8.9474	22.7589
50	76.2566	1624.73	9.82534	2.06521	11.8703
51	76.7093	1624.49	0	0	0

Entity Information

Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	73.3, 1632.2 69, 1637 66.8471, 1641.04 65.8, 1643 60, 1645.8 56.5, 1647 52.5, 1647 50, 1647.1 46, 1647 0, 1648 0, 1642.3 0, 1631.8 0, 1618.3 0, 1609.4 136, 1609.4 136, 1617 135.7, 1617 133, 1618.5 129.7, 1615 129, 1614.5 125, 1613.9 112, 1614 102, 1615.2 92.743, 1615.76 89.593, 1615.92 86.975, 1616.24 86.733, 1614.28 86.804, 1614.77 86.975, 1616.24 86.7928, 1616.28 85.3741, 1616.49 83.042, 1624.49 79.375, 1624.49 76.7101, 1624.49 74.4961, 1629.5
Material Boundary	0, 1642.3 35, 1642.8 40, 1642.5 46, 1642.3 54.8, 1641.2
Material Boundary	0, 1631.8 46, 1635.3 54.8, 1631.8 65.6, 1629.4 74.4961, 1629.5

Material Boundary	0, 1618.3 44.667, 1624.4 55, 1619.6 67, 1616.7 82.162, 1613.1 86.617, 1613.49 89.618, 1613.49 94.326, 1613.49 120, 1612.8 129, 1614.5
Material Boundary	44.667, 1624.4 63, 1624.4 73.7, 1623.9 76.9496, 1623.95
Material Boundary	54.8, 1641.2 66.8471, 1641.04
Material Boundary	79.832, 1623.19 81.685, 1617.06 80.907, 1617.16 82.162, 1613.1
Material Boundary	79.375, 1624.49 79.832, 1623.19
Material Boundary	76.7101, 1624.49 76.9496, 1623.95 78.636, 1620.15 80.907, 1617.16
Material Boundary	86.617, 1613.49 86.733, 1614.28
Material Boundary	80.907, 1617.16 85.3741, 1616.49

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	86.9364, 1615.91 89.603, 1615.76 130.42, 1615.76	Assigned to: Terraza colgada Aluvial Substrato rocoso Escollera Relleno granular (trasdós) Escollera hormigonada

rocscience



GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA-GAVIONES BAÑOS_rvJT
Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/03/2025, 12:29:36
Software Version: 9.009

Table of Contents

Project Summary 3
General Settings 4
Analysis Options 5
Groundwater Analysis 6
Random Numbers 7
Surface Options 8
Seismic Loading 9
Loading 10
Materials 11
Global Minimums 13
Method: bishop simplified 13
Method: janbu simplified 13
Method: spencer 13
Method: gle/morgenstern-price 13
Valid and Invalid Surfaces 15
Method: bishop simplified 15
Method: janbu simplified 15
Method: spencer 15
Method: gle/morgenstern-price 15
Error Code Descriptions 15
Slice Data 16
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.5577 16
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.5508 18
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.55324 20
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.55324 22
Interslice Data 24
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.5577 24
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.5508 25
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.55324 26
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.55324 27
Entity Information 28
Group 1 28
Shared Entities 28
Scenario-based Entities 29

Slide Analysis Information

GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA-GAVIONES BAÑOS_rvJT

Project Summary

File Name:	GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA-GAVIONES BAÑOS_rvJT.slmd
Slide Modeler Version:	9.009
Compute Time:	00h:00m:03.664s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	11/03/2025, 12:29:36

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:	10116
Random Number Generation Method:	Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Auto Refine Search
Divisions along slope:	20
Circles per division:	10
Number of iterations:	10
Divisions to use in next iteration:	50%
Composite Surfaces:	Disabled
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Loading

1 Distributed Load present

Distributed Load 1	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	65
Orientation:	Normal to boundary

Materials

Coluvial actual	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	8
Friction Angle [deg]	21
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial antiguo	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	23
Friction Angle [deg]	25
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial-aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	24
Water Surface	None
Ru Value	0
Terraza colgada	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	1
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Substrato rocoso	

Color	
Strength Type	Generalized Hoek-Brown
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	25
Saturated Unit Weight [kN/m3]	25
Unconfined Compressive Strength (intact) [kPa]	250000
GSI	50
mi	25
Disturbance	0
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Escollera	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	45
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Relleno granular (trasdós)	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	1
Friction Angle [deg]	35
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Escollera hormigonada	
Color	
Strength Type	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	25
Allow Sliding Along Boundary	No
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.557700
Center:	85.156, 1655.484
Radius:	32.121
Left Slip Surface Endpoint:	54.176, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	76.710, 1624.494
Resisting Moment:	75096.6 kN-m
Driving Moment:	48209.9 kN-m
Total Slice Area:	187.977 m2
Surface Horizontal Width:	22.5339 m
Surface Average Height:	8.34196 m

Method: janbu simplified

FS	1.550800
Center:	85.492, 1658.310
Radius:	34.915
Left Slip Surface Endpoint:	52.459, 1647.002
Right Slip Surface Endpoint:	76.698, 1624.520
Resisting Horizontal Force:	1924.71 kN
Driving Horizontal Force:	1241.11 kN
Total Slice Area:	208.981 m2
Surface Horizontal Width:	24.2389 m
Surface Average Height:	8.62172 m

Method: spencer

FS	1.553240
Center:	86.482, 1658.068
Radius:	34.957
Left Slip Surface Endpoint:	53.323, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	76.704, 1624.506
Resisting Moment:	83141.5 kN-m
Driving Moment:	53527.9 kN-m
Resisting Horizontal Force:	1805.84 kN
Driving Horizontal Force:	1162.63 kN
Total Slice Area:	193.931 m2
Surface Horizontal Width:	23.3818 m
Surface Average Height:	8.29409 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.553240
Center:	86.482, 1658.068
Radius:	34.957
Left Slip Surface Endpoint:	53.323, 1647.000
Right Slip Surface Endpoint:	76.704, 1624.506
Resisting Moment:	83141.5 kN-m
Driving Moment:	53527.9 kN-m
Resisting Horizontal Force:	1805.84 kN
Driving Horizontal Force:	1162.63 kN
Total Slice Area:	193.931 m2
Surface Horizontal Width:	23.3818 m
Surface Average Height:	8.29409 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Valid and Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	7189
Number of Invalid Surfaces:	12

Error Codes

Error Code -108 reported for 9 surfaces
Error Code -112 reported for 3 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces:	6562
Number of Invalid Surfaces:	639

Error Codes

Error Code -108 reported for 292 surfaces
Error Code -111 reported for 347 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces:	6424
Number of Invalid Surfaces:	777

Error Codes

Error Code -108 reported for 313 surfaces
Error Code -111 reported for 461 surfaces
Error Code -112 reported for 3 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces:	6395
Number of Invalid Surfaces:	806

Error Codes

Error Code -108 reported for 314 surfaces
Error Code -111 reported for 489 surfaces
Error Code -112 reported for 3 surfaces

Error Code Descriptions

The following errors were encountered during the computation:
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.5577

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.444184	5.59175	-73.3052	Coluvial actual	8	21	4.5262	7.05046	-2.47365	0	-2.47365	12.618	12.618
2	0.444184	15.9793	-70.7258	Coluvial actual	8	21	8.21967	12.8038	12.5143	0	12.5143	36.02	36.02
3	0.444184	25.0211	-68.4471	Coluvial actual	8	21	11.7195	18.2555	26.7164	0	26.7164	56.3878	56.3878
4	0.444184	33.102	-66.3799	Coluvial actual	8	21	15.041	23.4294	40.1949	0	40.1949	74.5896	74.5896
5	0.444184	40.4485	-64.4718	Coluvial actual	8	21	18.2022	28.3535	53.0227	0	53.0227	91.1361	91.1361
6	0.454656	48.0362	-62.6693	Coluvial antiguo	23	25	29.3982	45.7935	48.8808	0	48.8808	105.764	105.764
7	0.454656	53.4256	-60.9509	Coluvial antiguo	23	25	32.4737	50.5843	59.1548	0	59.1548	117.621	117.621
8	0.454656	58.3459	-59.321	Coluvial antiguo	23	25	35.3691	55.0944	68.8267	0	68.8267	128.445	128.445
9	0.454656	62.8892	-57.766	Coluvial antiguo	23	25	38.1138	59.3698	77.9954	0	77.9954	138.439	138.439
10	0.454656	67.103	-56.2754	Coluvial antiguo	23	25	40.7214	63.4318	86.7062	0	86.7062	147.709	147.709
11	0.454656	71.0249	-54.8408	Coluvial antiguo	23	25	43.2035	67.2981	94.9976	0	94.9976	156.335	156.335
12	0.454656	74.6853	-53.4556	Coluvial antiguo	23	25	45.5698	70.984	102.902	0	102.902	164.386	164.386
13	0.454656	78.1079	-52.1143	Coluvial antiguo	23	25	47.8279	74.5015	110.445	0	110.445	171.914	171.914
14	0.454656	81.0354	-50.8122	Coluvial antiguo	23	25	49.8508	77.6526	117.203	0	117.203	178.352	178.352
15	0.454656	83.5547	-49.5454	Coluvial antiguo	23	25	51.6739	80.4925	123.293	0	123.293	183.893	183.893
16	0.454656	85.8916	-48.3108	Coluvial antiguo	23	25	53.4034	83.1864	129.07	0	129.07	189.032	189.032
17	0.454656	88.0592	-47.1053	Coluvial antiguo	23	25	55.0443	85.7425	134.552	0	134.552	193.797	193.797
18	0.454656	90.0687	-45.9266	Coluvial antiguo	23	25	56.6015	88.1681	139.753	0	139.753	198.216	198.216
19	0.454656	91.9302	-44.7724	Coluvial antiguo	23	25	58.079	90.4696	144.689	0	144.689	202.309	202.309
20	0.454656	93.6525	-43.6409	Coluvial antiguo	23	25	59.4806	92.653	149.371	0	149.371	206.095	206.095
21	0.454656	95.2434	-42.5303	Coluvial antiguo	23	25	60.8098	94.7234	153.811	0	153.811	209.592	209.592
22	0.454656	96.7099	-41.4391	Coluvial antiguo	23	25	62.0694	96.6855	158.019	0	158.019	212.816	212.816
23	0.454656	98.0582	-40.366	Coluvial antiguo	23	25	63.2622	98.5436	162.004	0	162.004	215.779	215.779
24	0.454656	99.2939	-39.3097	Coluvial antiguo	23	25	64.3908	100.302	165.774	0	165.774	218.495	218.495
25	0.454656	100.422	-38.2691	Coluvial antiguo	23	25	65.4575	101.963	169.337	0	169.337	220.975	220.975
26	0.454656	101.2	-37.2432	Coluvial antiguo	23	25	71.373	111.178	189.098	0	189.098	243.358	243.358
27	0.454656	98.3725	-36.2312	Coluvial antiguo	23	25	81.2146	126.508	221.974	0	221.974	281.482	281.482
28	0.448285	93.019	-35.2389	Coluvial-aluvial	15	24	72.8378	113.46	221.143	0	221.143	272.599	272.599
29	0.448285	88.9838	-34.2656	Coluvial-aluvial	15	24	71.1215	110.786	215.139	0	215.139	263.592	263.592
30	0.448285	84.8642	-33.3035	Coluvial-aluvial	15	24	69.3248	107.987	208.852	0	208.852	254.396	254.396

31	0.448285	80.6628	-32.3518	Coluvial-aluvial	15	24	67.45	105.067	202.294	0	202.294	245.019	245.019
32	0.448285	76.3823	-31.41	Coluvial-aluvial	15	24	65.4993	102.028	195.468	0	195.468	235.465	235.465
33	0.448285	72.0761	-30.4777	Coluvial-aluvial	15	24	63.5023	98.9175	188.482	0	188.482	225.854	225.854
34	0.448285	69.4035	-29.5541	Coluvial-aluvial	15	24	62.3707	97.1549	184.523	0	184.523	219.888	219.888
35	0.448285	67.4913	-28.639	Coluvial-aluvial	15	24	61.6379	96.0134	181.959	0	181.959	215.62	215.62
36	0.448285	65.5086	-27.7317	Coluvial-aluvial	15	24	60.8503	94.7865	179.203	0	179.203	211.194	211.194
37	0.448285	63.4571	-26.8319	Coluvial-aluvial	15	24	60.0088	93.4757	176.259	0	176.259	206.614	206.614
38	0.448285	61.3385	-25.9393	Coluvial-aluvial	15	24	59.1145	92.0826	173.13	0	173.13	201.885	201.885
39	0.448285	59.1543	-25.0533	Coluvial-aluvial	15	24	58.1681	90.6084	169.819	0	169.819	197.009	197.009
40	0.448285	56.9059	-24.1737	Coluvial-aluvial	15	24	57.1705	89.0545	166.329	0	166.329	191.991	191.991
41	0.448285	54.5948	-23.3002	Coluvial-aluvial	15	24	56.1224	87.4219	162.662	0	162.662	186.833	186.833
42	0.448285	52.222	-22.4323	Coluvial-aluvial	15	24	55.0245	85.7117	158.821	0	158.821	181.537	181.537
43	0.448285	49.0709	-21.5698	Coluvial-aluvial	15	24	53.466	83.284	153.368	0	153.368	174.504	174.504
44	0.448285	42.9739	-20.7125	Coluvial-aluvial	15	24	50.1939	78.187	141.92	0	141.92	160.9	160.9
45	0.448285	36.5156	-19.8599	Coluvial-aluvial	15	24	46.6804	72.714	129.628	0	129.628	146.489	146.489
46	0.448285	30.0001	-19.0119	Coluvial-aluvial	15	24	43.0997	67.1364	117.1	0	117.1	131.951	131.951
47	0.448285	23.4281	-18.1682	Coluvial-aluvial	15	24	39.4524	61.455	104.34	0	104.34	117.287	117.287
48	0.448285	16.8005	-17.3286	Coluvial-aluvial	15	24	35.739	55.6707	91.348	0	91.348	102.499	102.499
49	0.448285	10.1182	-16.4928	Coluvial-aluvial	15	24	31.96	49.7841	78.1264	0	78.1264	87.589	87.589
50	0.448285	3.38168	-15.6606	Coluvial-aluvial	15	24	28.1157	43.7959	64.6767	0	64.6767	72.5589	72.5589

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.5508

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.519934	6.25263	-69.863	Coluvial actual	8	21	4.85751	7.53303	-1.21649	0	-1.21649	12.0308	12.0308
2	0.519934	18.0684	-67.5085	Coluvial actual	8	21	8.61317	13.3573	13.9563	0	13.9563	34.759	34.759
3	0.519934	28.63	-65.3696	Coluvial actual	8	21	12.2029	18.9242	28.4585	0	28.4585	55.0745	55.0745
4	0.519934	38.2291	-63.3933	Coluvial actual	8	21	15.6352	24.247	42.3249	0	42.3249	73.5385	73.5385
5	0.519934	47.0565	-61.5454	Coluvial actual	8	21	18.9217	29.3438	55.6023	0	55.6023	90.5177	90.5177
6	0.471777	49.8062	-59.8786	Coluvial antiguo	23	25	30.6804	47.5792	52.7103	0	52.7103	105.591	105.591
7	0.471777	56.1385	-58.3691	Coluvial antiguo	23	25	34.0131	52.7475	63.7937	0	63.7937	119.014	119.014
8	0.471777	62.1146	-56.9217	Coluvial antiguo	23	25	37.2366	57.7465	74.514	0	74.514	131.682	131.682
9	0.471777	67.1955	-55.5285	Coluvial antiguo	23	25	40.1016	62.1895	84.0421	0	84.0421	142.453	142.453
10	0.471777	71.2774	-54.1831	Coluvial antiguo	23	25	42.5414	65.9732	92.1563	0	92.1563	151.105	151.105
11	0.471777	75.1013	-52.8802	Coluvial antiguo	23	25	44.875	69.5922	99.9175	0	99.9175	159.21	159.21
12	0.471777	78.692	-51.6153	Coluvial antiguo	23	25	47.1101	73.0583	107.35	0	107.35	166.821	166.821
13	0.471777	82.0686	-50.3848	Coluvial antiguo	23	25	49.2523	76.3805	114.475	0	114.475	173.979	173.979
14	0.471777	85.2476	-49.1855	Coluvial antiguo	23	25	51.3069	79.5667	121.308	0	121.308	180.717	180.717
15	0.471777	88.2432	-48.0146	Coluvial antiguo	23	25	53.2784	82.6242	127.864	0	127.864	187.066	187.066
16	0.471777	90.9944	-46.8697	Coluvial antiguo	23	25	55.1357	85.5044	134.041	0	134.041	192.898	192.898
17	0.471777	93.1887	-45.7488	Coluvial antiguo	23	25	56.7238	87.9672	139.323	0	139.323	197.549	197.549
18	0.471777	95.173	-44.6499	Coluvial antiguo	23	25	58.2067	90.267	144.255	0	144.255	201.754	201.754
19	0.471777	97.015	-43.5715	Coluvial antiguo	23	25	59.6165	92.4533	148.943	0	148.943	205.659	205.659
20	0.471777	98.7225	-42.5121	Coluvial antiguo	23	25	60.9561	94.5307	153.398	0	153.398	209.278	209.278
21	0.471777	100.302	-41.4703	Coluvial antiguo	23	25	62.2281	96.5033	157.628	0	157.628	212.626	212.626
22	0.471777	101.76	-40.4451	Coluvial antiguo	23	25	63.4351	98.3751	161.642	0	161.642	215.715	215.715
23	0.471777	103.102	-39.4352	Coluvial antiguo	23	25	64.5792	100.15	165.448	0	165.448	218.56	218.56
24	0.471777	104.333	-38.4398	Coluvial antiguo	23	25	65.6628	101.83	169.05	0	169.05	221.168	221.168
25	0.471777	105.458	-37.4579	Coluvial antiguo	23	25	66.6874	103.419	172.459	0	172.459	223.552	223.552
26	0.471777	106.48	-36.4888	Coluvial antiguo	23	25	67.655	104.919	175.676	0	175.676	225.718	225.718
27	0.471777	107.404	-35.5317	Coluvial antiguo	23	25	68.5672	106.334	178.711	0	178.711	227.676	227.676
28	0.471777	108.09	-34.5858	Coluvial antiguo	23	25	73.1109	113.38	193.822	0	193.822	244.231	244.231
29	0.49038	109.162	-33.6324	Coluvial-aluvial	15	24	77.4562	120.119	236.101	0	236.101	287.626	287.626
30	0.49038	104.167	-32.6711	Coluvial-aluvial	15	24	75.4359	116.986	229.064	0	229.064	277.439	277.439
31	0.49038	99.0765	-31.7201	Coluvial-aluvial	15	24	73.3308	113.721	221.732	0	221.732	267.058	267.058
32	0.49038	93.8923	-30.7788	Coluvial-aluvial	15	24	71.1428	110.328	214.111	0	214.111	256.485	256.485
33	0.49038	88.6176	-29.8466	Coluvial-aluvial	15	24	68.8739	106.81	206.208	0	206.208	245.727	245.727

34	0.49038	83.2548	-28.923	Coluvial-aluvial	15	24	66.5262	103.169	198.031	0	198.031	234.79	234.79
35	0.49038	78.5617	-28.0076	Coluvial-aluvial	15	24	64.485	100.003	190.921	0	190.921	225.219	225.219
36	0.49038	75.9899	-27.0999	Coluvial-aluvial	15	24	63.4974	98.4717	187.481	0	187.481	219.974	219.974
37	0.49038	73.4783	-26.1994	Coluvial-aluvial	15	24	62.523	96.9607	184.087	0	184.087	214.852	214.852
38	0.49038	70.8871	-25.3059	Coluvial-aluvial	15	24	61.491	95.3602	180.492	0	180.492	209.566	209.566
39	0.49038	68.2182	-24.419	Coluvial-aluvial	15	24	60.4022	93.6717	176.7	0	176.7	204.123	204.123
40	0.49038	65.4732	-23.5382	Coluvial-aluvial	15	24	59.2574	91.8964	172.712	0	172.712	198.525	198.525
41	0.49038	62.6537	-22.6633	Coluvial-aluvial	15	24	58.0575	90.0355	168.532	0	168.532	192.775	192.775
42	0.49038	59.7612	-21.794	Coluvial-aluvial	15	24	56.803	88.0901	164.163	0	164.163	186.876	186.876
43	0.49038	56.7968	-20.9299	Coluvial-aluvial	15	24	55.4946	86.061	159.606	0	159.606	180.83	180.83
44	0.49038	51.7434	-20.0707	Coluvial-aluvial	15	24	53.0632	82.2904	151.137	0	151.137	170.524	170.524
45	0.49038	43.9751	-19.2162	Coluvial-aluvial	15	24	49.1615	76.2397	137.547	0	137.547	154.682	154.682
46	0.49038	36.127	-18.3662	Coluvial-aluvial	15	24	45.1797	70.0647	123.677	0	123.677	138.677	138.677
47	0.49038	28.2116	-17.5203	Coluvial-aluvial	15	24	41.1245	63.7759	109.552	0	109.552	122.535	122.535
48	0.49038	20.23	-16.6783	Coluvial-aluvial	15	24	36.9965	57.3741	95.1737	0	95.1737	106.258	106.258
49	0.49038	12.1831	-15.8401	Coluvial-aluvial	15	24	32.7959	50.8599	80.5427	0	80.5427	89.8478	89.8478
50	0.49038	4.07173	-15.0053	Coluvial-aluvial	15	24	28.5233	44.2339	65.6604	0	65.6604	73.306	73.306

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.55324

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.509711	6.16842	-70.3022	Coluvial actual	8	21	4.81593	7.4803	-1.35387	0	-1.35387	12.0982	12.0982
2	0.509711	17.789	-67.9501	Coluvial actual	8	21	8.55461	13.2874	13.774	0	13.774	34.8945	34.8945
3	0.509711	28.159	-65.8176	Coluvial actual	8	21	12.1274	18.8368	28.2308	0	28.2308	55.2378	55.2378
4	0.509711	37.5747	-63.85	Coluvial actual	8	21	15.5431	24.1421	42.0517	0	42.0517	73.7091	73.7091
5	0.509711	46.2279	-62.0121	Coluvial actual	8	21	18.8133	29.2216	55.2842	0	55.2842	90.6848	90.6848
6	0.460562	48.6937	-60.3587	Coluvial antiguo	23	25	30.469	47.3257	52.1667	0	52.1667	105.712	105.712
7	0.460562	54.598	-58.8656	Coluvial antiguo	23	25	33.6625	52.286	62.8041	0	62.8041	118.531	118.531
8	0.460562	59.2519	-57.4343	Coluvial antiguo	23	25	36.3431	56.4495	71.7327	0	71.7327	128.636	128.636
9	0.460562	63.5174	-56.0571	Coluvial antiguo	23	25	38.8692	60.3732	80.1471	0	80.1471	137.897	137.897
10	0.460562	67.5089	-54.7275	Coluvial antiguo	23	25	41.2853	64.126	88.1949	0	88.1949	146.564	146.564
11	0.460562	71.2529	-53.4403	Coluvial antiguo	23	25	43.5987	67.7193	95.9008	0	95.9008	154.693	154.693
12	0.460562	74.7716	-52.1909	Coluvial antiguo	23	25	45.816	71.1632	103.286	0	103.286	162.333	162.333
13	0.460562	78.0835	-50.9758	Coluvial antiguo	23	25	47.9427	74.4665	110.37	0	110.37	169.523	169.523
14	0.460562	81.2043	-49.7917	Coluvial antiguo	23	25	49.9838	77.6369	117.169	0	117.169	176.3	176.3
15	0.460562	83.8789	-48.6358	Coluvial antiguo	23	25	51.8131	80.4782	123.262	0	123.262	182.107	182.107
16	0.460562	86.1538	-47.5059	Coluvial antiguo	23	25	53.4476	83.0169	128.707	0	128.707	187.046	187.046
17	0.460562	88.2743	-46.3999	Coluvial antiguo	23	25	55.0041	85.4345	133.891	0	133.891	191.651	191.651
18	0.460562	90.2498	-45.3158	Coluvial antiguo	23	25	56.4862	87.7366	138.828	0	138.828	195.94	195.94
19	0.460562	92.0885	-44.2521	Coluvial antiguo	23	25	57.8971	89.9281	143.528	0	143.528	199.933	199.933
20	0.460562	93.7977	-43.2073	Coluvial antiguo	23	25	59.2398	92.0136	148	0	148	203.644	203.644
21	0.460562	95.3842	-42.1802	Coluvial antiguo	23	25	60.5169	93.9972	152.254	0	152.254	207.089	207.089
22	0.460562	96.8538	-41.1694	Coluvial antiguo	23	25	61.7307	95.8826	156.297	0	156.297	210.28	210.28
23	0.460562	98.2119	-40.174	Coluvial antiguo	23	25	62.8836	97.6733	160.137	0	160.137	213.229	213.229
24	0.460562	99.4635	-39.1931	Coluvial antiguo	23	25	63.9775	99.3724	163.781	0	163.781	215.947	215.947
25	0.460562	100.613	-38.2256	Coluvial antiguo	23	25	65.0143	100.983	167.235	0	167.235	218.443	218.443
26	0.460562	101.664	-37.2708	Coluvial antiguo	23	25	65.9957	102.507	170.504	0	170.504	220.726	220.726
27	0.460562	102.131	-36.328	Coluvial antiguo	23	25	73.7261	114.514	196.254	0	196.254	250.466	250.466
28	0.460562	98.7584	-35.3965	Coluvial antiguo	23	25	81.3403	126.341	221.617	0	221.617	279.415	279.415
29	0.465468	95.4999	-34.4708	Coluvial-aluvial	15	24	72.7748	113.037	220.193	0	220.193	270.155	270.155
30	0.465468	91.0794	-33.5504	Coluvial-aluvial	15	24	70.8974	110.121	213.644	0	213.644	260.66	260.66
31	0.465468	86.5742	-32.6397	Coluvial-aluvial	15	24	68.9423	107.084	206.824	0	206.824	250.982	250.982
32	0.465468	81.9868	-31.7381	Coluvial-aluvial	15	24	66.9117	103.93	199.74	0	199.74	241.127	241.127
33	0.465468	77.3196	-30.8453	Coluvial-aluvial	15	24	64.8074	100.661	192.4	0	192.4	231.102	231.102

34	0.465468	73.0007	-29.9607	Coluvial-aluvial	15	24	62.8559	97.6303	185.591	0	185.591	221.823	221.823
35	0.465468	70.6946	-29.0839	Coluvial-aluvial	15	24	61.9452	96.2158	182.414	0	182.414	216.869	216.869
36	0.465468	68.5955	-28.2145	Coluvial-aluvial	15	24	61.1282	94.9468	179.563	0	179.563	212.36	212.36
37	0.465468	66.4247	-27.3522	Coluvial-aluvial	15	24	60.2575	93.5944	176.526	0	176.526	207.697	207.697
38	0.465468	64.1839	-26.4965	Coluvial-aluvial	15	24	59.3342	92.1602	173.305	0	173.305	202.883	202.883
39	0.465468	61.8747	-25.6471	Coluvial-aluvial	15	24	58.359	90.6455	169.902	0	169.902	197.922	197.922
40	0.465468	59.4984	-24.8037	Coluvial-aluvial	15	24	57.3326	89.0513	166.322	0	166.322	192.818	192.818
41	0.465468	57.0567	-23.966	Coluvial-aluvial	15	24	56.2559	87.3789	162.566	0	162.566	187.572	187.572
42	0.465468	54.5506	-23.1338	Coluvial-aluvial	15	24	55.1294	85.6292	158.636	0	158.636	182.189	182.189
43	0.465468	51.7738	-22.3066	Coluvial-aluvial	15	24	53.8393	83.6254	154.135	0	154.135	176.224	176.224
44	0.465468	45.9213	-21.4844	Coluvial-aluvial	15	24	50.8319	78.9542	143.644	0	143.644	163.651	163.651
45	0.465468	39.0164	-20.6668	Coluvial-aluvial	15	24	47.2103	73.329	131.009	0	131.009	148.817	148.817
46	0.465468	32.0517	-19.8535	Coluvial-aluvial	15	24	43.5215	67.5994	118.14	0	118.14	133.855	133.855
47	0.465468	25.028	-19.0444	Coluvial-aluvial	15	24	39.7661	61.7663	105.039	0	105.039	118.766	118.766
48	0.465468	17.9463	-18.2392	Coluvial-aluvial	15	24	35.9446	55.8306	91.7068	0	91.7068	103.552	103.552
49	0.465468	10.8073	-17.4377	Coluvial-aluvial	15	24	32.0574	49.7928	78.1459	0	78.1459	88.2153	88.2153
50	0.465468	3.61178	-16.6398	Coluvial-aluvial	15	24	28.105	43.6538	64.3574	0	64.3574	72.7571	72.7571

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.55324

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.509711	6.16842	-70.3022	Coluvial actual	8	21	4.81593	7.4803	-1.35387	0	-1.35387	12.0982	12.0982
2	0.509711	17.789	-67.9501	Coluvial actual	8	21	8.55461	13.2874	13.774	0	13.774	34.8945	34.8945
3	0.509711	28.159	-65.8176	Coluvial actual	8	21	12.1274	18.8368	28.2308	0	28.2308	55.2378	55.2378
4	0.509711	37.5747	-63.85	Coluvial actual	8	21	15.5431	24.1421	42.0517	0	42.0517	73.7091	73.7091
5	0.509711	46.2279	-62.0121	Coluvial actual	8	21	18.8133	29.2216	55.2842	0	55.2842	90.6848	90.6848
6	0.460562	48.6937	-60.3587	Coluvial antiguo	23	25	30.469	47.3257	52.1667	0	52.1667	105.712	105.712
7	0.460562	54.598	-58.8656	Coluvial antiguo	23	25	33.6625	52.286	62.8041	0	62.8041	118.531	118.531
8	0.460562	59.2519	-57.4343	Coluvial antiguo	23	25	36.3431	56.4495	71.7327	0	71.7327	128.636	128.636
9	0.460562	63.5174	-56.0571	Coluvial antiguo	23	25	38.8692	60.3732	80.1471	0	80.1471	137.897	137.897
10	0.460562	67.5089	-54.7275	Coluvial antiguo	23	25	41.2853	64.126	88.1949	0	88.1949	146.564	146.564
11	0.460562	71.2529	-53.4403	Coluvial antiguo	23	25	43.5987	67.7193	95.9008	0	95.9008	154.693	154.693
12	0.460562	74.7716	-52.1909	Coluvial antiguo	23	25	45.816	71.1632	103.286	0	103.286	162.333	162.333
13	0.460562	78.0835	-50.9758	Coluvial antiguo	23	25	47.9427	74.4665	110.37	0	110.37	169.523	169.523
14	0.460562	81.2043	-49.7917	Coluvial antiguo	23	25	49.9838	77.6369	117.169	0	117.169	176.3	176.3
15	0.460562	83.8789	-48.6358	Coluvial antiguo	23	25	51.8131	80.4782	123.262	0	123.262	182.107	182.107
16	0.460562	86.1538	-47.5059	Coluvial antiguo	23	25	53.4476	83.0169	128.707	0	128.707	187.046	187.046
17	0.460562	88.2743	-46.3999	Coluvial antiguo	23	25	55.0041	85.4345	133.891	0	133.891	191.651	191.651
18	0.460562	90.2498	-45.3158	Coluvial antiguo	23	25	56.4862	87.7366	138.828	0	138.828	195.94	195.94
19	0.460562	92.0885	-44.2521	Coluvial antiguo	23	25	57.8971	89.9281	143.528	0	143.528	199.933	199.933
20	0.460562	93.7977	-43.2073	Coluvial antiguo	23	25	59.2398	92.0136	148	0	148	203.644	203.644
21	0.460562	95.3842	-42.1802	Coluvial antiguo	23	25	60.5169	93.9972	152.254	0	152.254	207.089	207.089
22	0.460562	96.8538	-41.1694	Coluvial antiguo	23	25	61.7307	95.8826	156.297	0	156.297	210.28	210.28
23	0.460562	98.2119	-40.174	Coluvial antiguo	23	25	62.8836	97.6733	160.137	0	160.137	213.229	213.229
24	0.460562	99.4635	-39.1931	Coluvial antiguo	23	25	63.9775	99.3724	163.781	0	163.781	215.947	215.947
25	0.460562	100.613	-38.2256	Coluvial antiguo	23	25	65.0143	100.983	167.235	0	167.235	218.443	218.443
26	0.460562	101.664	-37.2708	Coluvial antiguo	23	25	65.9957	102.507	170.504	0	170.504	220.726	220.726
27	0.460562	102.131	-36.328	Coluvial antiguo	23	25	73.7261	114.514	196.254	0	196.254	250.466	250.466
28	0.460562	98.7584	-35.3965	Coluvial antiguo	23	25	81.3403	126.341	221.617	0	221.617	279.415	279.415
29	0.465468	95.4999	-34.4708	Coluvial-aluvial	15	24	72.7748	113.037	220.193	0	220.193	270.155	270.155
30	0.465468	91.0794	-33.5504	Coluvial-aluvial	15	24	70.8974	110.121	213.644	0	213.644	260.66	260.66
31	0.465468	86.5742	-32.6397	Coluvial-aluvial	15	24	68.9423	107.084	206.824	0	206.824	250.982	250.982
32	0.465468	81.9868	-31.7381	Coluvial-aluvial	15	24	66.9117	103.93	199.74	0	199.74	241.127	241.127
33	0.465468	77.3196	-30.8453	Coluvial-aluvial	15	24	64.8074	100.661	192.4	0	192.4	231.102	231.102

34	0.465468	73.0007	-29.9607	Coluvial-aluvial	15	24	62.8559	97.6303	185.591	0	185.591	221.823	221.823
35	0.465468	70.6946	-29.0839	Coluvial-aluvial	15	24	61.9452	96.2158	182.414	0	182.414	216.869	216.869
36	0.465468	68.5955	-28.2145	Coluvial-aluvial	15	24	61.1282	94.9468	179.563	0	179.563	212.36	212.36
37	0.465468	66.4247	-27.3522	Coluvial-aluvial	15	24	60.2575	93.5944	176.526	0	176.526	207.697	207.697
38	0.465468	64.1839	-26.4965	Coluvial-aluvial	15	24	59.3342	92.1602	173.305	0	173.305	202.883	202.883
39	0.465468	61.8747	-25.6471	Coluvial-aluvial	15	24	58.359	90.6455	169.902	0	169.902	197.922	197.922
40	0.465468	59.4984	-24.8037	Coluvial-aluvial	15	24	57.3326	89.0513	166.322	0	166.322	192.818	192.818
41	0.465468	57.0567	-23.966	Coluvial-aluvial	15	24	56.2559	87.3789	162.566	0	162.566	187.572	187.572
42	0.465468	54.5506	-23.1338	Coluvial-aluvial	15	24	55.1294	85.6292	158.636	0	158.636	182.189	182.189
43	0.465468	51.7738	-22.3066	Coluvial-aluvial	15	24	53.8393	83.6254	154.135	0	154.135	176.224	176.224
44	0.465468	45.9213	-21.4844	Coluvial-aluvial	15	24	50.8319	78.9542	143.644	0	143.644	163.651	163.651
45	0.465468	39.0164	-20.6668	Coluvial-aluvial	15	24	47.2103	73.329	131.009	0	131.009	148.817	148.817
46	0.465468	32.0517	-19.8535	Coluvial-aluvial	15	24	43.5215	67.5994	118.14	0	118.14	133.855	133.855
47	0.465468	25.028	-19.0444	Coluvial-aluvial	15	24	39.7661	61.7663	105.039	0	105.039	118.766	118.766
48	0.465468	17.9463	-18.2392	Coluvial-aluvial	15	24	35.9446	55.8306	91.7068	0	91.7068	103.552	103.552
49	0.465468	10.8073	-17.4377	Coluvial-aluvial	15	24	32.0574	49.7928	78.1459	0	78.1459	88.2153	88.2153
50	0.465468	3.61178	-16.6398	Coluvial-aluvial	15	24	28.105	43.6538	64.3574	0	64.3574	72.7571	72.7571

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.5577

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	54.1759	1647	0	0	0
2	54.62	1645.52	-5.67014	0	0
3	55.0642	1644.25	6.58185	0	0
4	55.5084	1643.12	31.4311	0	0
5	55.9526	1642.11	65.5901	0	0
6	56.3968	1641.18	106.836	0	0
7	56.8514	1640.3	136.497	0	0
8	57.3061	1639.48	170.183	0	0
9	57.7607	1638.71	206.88	0	0
10	58.2154	1637.99	245.822	0	0
11	58.6701	1637.31	286.399	0	0
12	59.1247	1636.67	328.114	0	0
13	59.5794	1636.05	370.56	0	0
14	60.034	1635.47	413.393	0	0
15	60.4887	1634.91	456.137	0	0
16	60.9433	1634.38	498.427	0	0
17	61.398	1633.87	540.082	0	0
18	61.8527	1633.38	580.949	0	0
19	62.3073	1632.91	620.893	0	0
20	62.762	1632.46	659.801	0	0
21	63.2166	1632.02	697.575	0	0
22	63.6713	1631.61	734.129	0	0
23	64.1259	1631.2	769.39	0	0
24	64.5806	1630.82	803.294	0	0
25	65.0352	1630.45	835.786	0	0
26	65.4899	1630.09	866.818	0	0
27	65.9446	1629.74	882.173	0	0
28	66.3992	1629.41	863.857	0	0
29	66.8475	1629.09	846.666	0	0
30	67.2958	1628.79	825.915	0	0
31	67.7441	1628.49	801.772	0	0
32	68.1924	1628.21	774.402	0	0
33	68.6406	1627.93	743.97	0	0
34	69.0889	1627.67	715.034	0	0
35	69.5372	1627.42	701.505	0	0
36	69.9855	1627.17	685.945	0	0
37	70.4338	1626.94	668.426	0	0
38	70.8821	1626.71	649.019	0	0
39	71.3303	1626.49	627.795	0	0
40	71.7786	1626.28	604.828	0	0
41	72.2269	1626.08	580.191	0	0
42	72.6752	1625.89	553.958	0	0
43	73.1235	1625.7	526.205	0	0
44	73.5718	1625.52	476.731	0	0
45	74.0201	1625.36	412.474	0	0
46	74.4683	1625.19	346.723	0	0
47	74.9166	1625.04	279.671	0	0
48	75.3649	1624.89	211.514	0	0
49	75.8132	1624.75	142.446	0	0
50	76.2615	1624.62	72.6607	0	0
51	76.7098	1624.49	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.5508

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	52.459	1647	0	0	0
2	52.979	1645.58	-4.24957	0	0
3	53.4989	1644.33	8.79951	0	0
4	54.0188	1643.19	34.7304	0	0
5	54.5388	1642.16	70.5367	0	0
6	55.0587	1641.2	114.048	0	0
7	55.5305	1640.38	142.441	0	0
8	56.0023	1639.62	175.262	0	0
9	56.474	1638.89	211.672	0	0
10	56.9458	1638.21	250.512	0	0
11	57.4176	1637.55	290.694	0	0
12	57.8894	1636.93	331.815	0	0
13	58.3612	1636.33	373.532	0	0
14	58.8329	1635.76	415.552	0	0
15	59.3047	1635.22	457.624	0	0
16	59.7765	1634.69	499.528	0	0
17	60.2483	1634.19	541.031	0	0
18	60.72	1633.7	581.75	0	0
19	61.1918	1633.24	621.529	0	0
20	61.6636	1632.79	660.263	0	0
21	62.1354	1632.36	697.858	0	0
22	62.6071	1631.94	734.236	0	0
23	63.0789	1631.54	769.325	0	0
24	63.5507	1631.15	803.064	0	0
25	64.0225	1630.78	835.401	0	0
26	64.4943	1630.41	866.287	0	0
27	64.966	1630.07	895.684	0	0
28	65.4378	1629.73	923.557	0	0
29	65.9096	1629.4	938.769	0	0
30	66.4	1629.08	918.053	0	0
31	66.8903	1628.76	893.344	0	0
32	67.3807	1628.46	864.84	0	0
33	67.8711	1628.17	832.738	0	0
34	68.3615	1627.89	797.232	0	0
35	68.8519	1627.62	758.515	0	0
36	69.3422	1627.35	733.814	0	0
37	69.8326	1627.1	714.153	0	0
38	70.323	1626.86	692.342	0	0
39	70.8134	1626.63	668.468	0	0
40	71.3038	1626.41	642.619	0	0
41	71.7941	1626.19	614.883	0	0
42	72.2845	1625.99	585.352	0	0
43	72.7749	1625.79	554.115	0	0
44	73.2653	1625.61	521.265	0	0
45	73.7557	1625.43	452.874	0	0
46	74.246	1625.26	380.246	0	0
47	74.7364	1625.09	306.196	0	0
48	75.2268	1624.94	230.957	0	0
49	75.7172	1624.79	154.765	0	0
50	76.2076	1624.65	77.8561	0	0
51	76.6979	1624.52	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.55324

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	53.3226	1647	0	0	0
2	53.8323	1645.58	-4.38296	0	0
3	54.3421	1644.32	8.58905	0	0
4	54.8518	1643.18	34.4504	0	0
5	55.3615	1642.14	70.182	0	0
6	55.8712	1641.19	113.614	0	0
7	56.3317	1640.38	141.8	0	0
8	56.7923	1639.61	174.177	0	0
9	57.2529	1638.89	209.161	0	0
10	57.7134	1638.21	246.098	0	0
11	58.174	1637.56	284.505	0	0
12	58.6346	1636.94	323.98	0	0
13	59.0951	1636.34	364.18	0	0
14	59.5557	1635.77	404.812	0	0
15	60.0162	1635.23	445.623	0	0
16	60.4768	1634.71	486.228	0	0
17	60.9374	1634.2	526.308	0	0
18	61.3979	1633.72	565.723	0	0
19	61.8585	1633.25	604.349	0	0
20	62.3191	1632.81	642.076	0	0
21	62.7796	1632.37	678.811	0	0
22	63.2402	1631.96	714.471	0	0
23	63.7007	1631.55	748.982	0	0
24	64.1613	1631.16	782.281	0	0
25	64.6219	1630.79	814.313	0	0
26	65.0824	1630.43	845.028	0	0
27	65.543	1630.08	874.383	0	0
28	66.0035	1629.74	882.075	0	0
29	66.4641	1629.41	860.998	0	0
30	66.9296	1629.09	840.75	0	0
31	67.395	1628.78	816.959	0	0
32	67.8605	1628.48	789.792	0	0
33	68.326	1628.2	759.416	0	0
34	68.7915	1627.92	725.995	0	0
35	69.2569	1627.65	702.467	0	0
36	69.7224	1627.39	687.08	0	0
37	70.1879	1627.14	669.689	0	0
38	70.6533	1626.9	650.364	0	0
39	71.1188	1626.67	629.179	0	0
40	71.5843	1626.44	606.204	0	0
41	72.0497	1626.23	581.515	0	0
42	72.5152	1626.02	555.185	0	0
43	72.9807	1625.82	527.291	0	0
44	73.4461	1625.63	487.02	0	0
45	73.9116	1625.45	421.29	0	0
46	74.3771	1625.27	353.932	0	0
47	74.8425	1625.11	285.145	0	0
48	75.308	1624.94	215.128	0	0
49	75.7735	1624.79	144.08	0	0
50	76.2389	1624.64	72.2003	0	0
51	76.7044	1624.51	0	0	0

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.55324

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	53.3226	1647	0	0	0
2	53.8323	1645.58	-4.38296	0	0
3	54.3421	1644.32	8.58905	0	0
4	54.8518	1643.18	34.4504	0	0
5	55.3615	1642.14	70.182	0	0
6	55.8712	1641.19	113.614	0	0
7	56.3317	1640.38	141.8	0	0
8	56.7923	1639.61	174.177	0	0
9	57.2529	1638.89	209.161	0	0
10	57.7134	1638.21	246.098	0	0
11	58.174	1637.56	284.505	0	0
12	58.6346	1636.94	323.98	0	0
13	59.0951	1636.34	364.18	0	0
14	59.5557	1635.77	404.812	0	0
15	60.0162	1635.23	445.623	0	0
16	60.4768	1634.71	486.228	0	0
17	60.9374	1634.2	526.308	0	0
18	61.3979	1633.72	565.723	0	0
19	61.8585	1633.25	604.349	0	0
20	62.3191	1632.81	642.076	0	0
21	62.7796	1632.37	678.811	0	0
22	63.2402	1631.96	714.471	0	0
23	63.7007	1631.55	748.982	0	0
24	64.1613	1631.16	782.281	0	0
25	64.6219	1630.79	814.313	0	0
26	65.0824	1630.43	845.028	0	0
27	65.543	1630.08	874.383	0	0
28	66.0035	1629.74	882.075	0	0
29	66.4641	1629.41	860.998	0	0
30	66.9296	1629.09	840.75	0	0
31	67.395	1628.78	816.959	0	0
32	67.8605	1628.48	789.792	0	0
33	68.326	1628.2	759.416	0	0
34	68.7915	1627.92	725.995	0	0
35	69.2569	1627.65	702.467	0	0
36	69.7224	1627.39	687.08	0	0
37	70.1879	1627.14	669.689	0	0
38	70.6533	1626.9	650.364	0	0
39	71.1188	1626.67	629.179	0	0
40	71.5843	1626.44	606.204	0	0
41	72.0497	1626.23	581.515	0	0
42	72.5152	1626.02	555.185	0	0
43	72.9807	1625.82	527.291	0	0
44	73.4461	1625.63	487.02	0	0
45	73.9116	1625.45	421.29	0	0
46	74.3771	1625.27	353.932	0	0
47	74.8425	1625.11	285.145	0	0
48	75.308	1624.94	215.128	0	0
49	75.7735	1624.79	144.08	0	0
50	76.2389	1624.64	72.2003	0	0
51	76.7044	1624.51	0	0	0

Entity Information

Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	73.3, 1632.2 69, 1637 66.8471, 1641.04 65.8, 1643 60, 1645.8 56.5, 1647 52.5, 1647 50, 1647.1 46, 1647 0, 1648 0, 1642.3 0, 1631.8 0, 1618.3 0, 1609.4 136, 1609.4 136, 1617 135.7, 1617 133, 1618.5 129.7, 1615 129, 1614.5 125, 1613.9 112, 1614 102, 1615.2 92.743, 1615.76 89.593, 1615.92 86.975, 1616.24 86.733, 1614.28 86.804, 1614.77 86.975, 1616.24 86.7928, 1616.28 85.3741, 1616.49 83.042, 1624.49 79.375, 1624.49 76.7101, 1624.49 74.4961, 1629.5
Material Boundary	0, 1642.3 35, 1642.8 40, 1642.5 46, 1642.3 54.8, 1641.2
Material Boundary	0, 1631.8 46, 1635.3 54.8, 1631.8 65.6, 1629.4 74.4961, 1629.5

Material Boundary	0, 1618.3 44.667, 1624.4 55, 1619.6 67, 1616.7 82.162, 1613.1 86.617, 1613.49 89.618, 1613.49 94.326, 1613.49 120, 1612.8 129, 1614.5
Material Boundary	44.667, 1624.4 63, 1624.4 73.7, 1623.9 76.9496, 1623.95
Material Boundary	54.8, 1641.2 66.8471, 1641.04
Material Boundary	79.832, 1623.19 81.685, 1617.06 80.907, 1617.16 82.162, 1613.1
Material Boundary	79.375, 1624.49 79.832, 1623.19
Material Boundary	76.7101, 1624.49 76.9496, 1623.95 78.636, 1620.15 80.907, 1617.16
Material Boundary	86.617, 1613.49 86.733, 1614.28
Material Boundary	80.907, 1617.16 85.3741, 1616.49

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	86.9364, 1615.91 89.603, 1615.76 130.42, 1615.76	Assigned to: Terraza colgada Aluvial Substrato rocoso Escollera Relleno granular (trasdós) Escollera hormigonada
Distributed Load	83.042, 1624.49 79.375, 1624.49 76.7101, 1624.49 74.4961, 1629.5 73.3, 1632.2 69, 1637 66.8471, 1641.04 65.8, 1643	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 65 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

rocscience



GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA-GAVIONES BAÑOS sismo_rvJT
Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 11/03/2025, 12:29:36
Software Version: 9.009

Table of Contents

Project Summary 3
General Settings 4
Analysis Options 5
Groundwater Analysis 6
Random Numbers 7
Surface Options 8
Seismic Loading 9
Loading 10
Materials 11
Global Minimums 13
Method: bishop simplified 13
Method: janbu simplified 13
Method: spencer 13
Method: gle/morgenstern-price 13
Valid and Invalid Surfaces 15
Method: bishop simplified 15
Method: janbu simplified 15
Method: spencer 15
Method: gle/morgenstern-price 15
Error Code Descriptions 15
Slice Data 16
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.00907 16
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.946717 18
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.00217 20
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.00169 22
Interslice Data 24
Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.00907 24
Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.946717 25
Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.00217 26
Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.00169 27
Entity Information 28
Group 1 28
Shared Entities 28
Scenario-based Entities 29

Slide Analysis Information

GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA-GAVIONES BAÑOS sismo_rvJT

Project Summary

File Name:	GEOMETRÍA MURO ESCOLLERA-GAVIONES BAÑOS sismo_rvJT.slmd
Slide Modeler Version:	9.009
Compute Time:	00h:00m:03.211s
Project Title:	Slide2 - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	11/03/2025, 12:29:36

General Settings

Units of Measurement:	Metric Units
Time Units:	days
Permeability Units:	meters/second
Data Output:	Standard
Failure Direction:	Left to Right

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
	Spencer
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:	10116
Random Number Generation Method:	Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Auto Refine Search
Divisions along slope:	20
Circles per division:	10
Number of iterations:	10
Divisions to use in next iteration:	50%
Composite Surfaces:	Disabled
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No
Seismic Load Coefficient (Horizontal):	0.24
Seismic Load Coefficient (Vertical):	0.12

Loading

1 Distributed Load present

Distributed Load 1	
Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	65
Orientation:	Normal to boundary

Materials

Coluvial actual	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	8
Friction Angle [deg]	21
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial antiguo	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	23
Friction Angle [deg]	25
Water Surface	None
Ru Value	0
Coluvial-aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	17
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	24
Water Surface	None
Ru Value	0
Terraza colgada	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	15
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Aluvial	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	19
Saturated Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	1
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Substrato rocoso	

Color	
Strength Type	Generalized Hoek-Brown
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	25
Saturated Unit Weight [kN/m3]	25
Unconfined Compressive Strength (intact) [kPa]	250000
GSI	50
mi	25
Disturbance	0
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Escollera	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	22
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	45
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Relleno granular (trasdós)	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20
Cohesion [kPa]	1
Friction Angle [deg]	35
Water Surface	Water Table
Hu Value	1
Escollera hormigonada	
Color	
Strength Type	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	25
Allow Sliding Along Boundary	No
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS	1.009070
Center:	103.064, 1687.269
Radius:	68.070
Left Slip Surface Endpoint:	48.143, 1647.054
Right Slip Surface Endpoint:	76.702, 1624.510
Resisting Moment:	177281 kN-m
Driving Moment:	175689 kN-m
Total Slice Area:	224.559 m2
Surface Horizontal Width:	28.5589 m
Surface Average Height:	7.86301 m

Method: janbu simplified

FS	0.946717
Center:	82.487, 1659.200
Radius:	35.184
Left Slip Surface Endpoint:	49.454, 1647.086
Right Slip Surface Endpoint:	76.710, 1624.493
Resisting Horizontal Force:	2318.31 kN
Driving Horizontal Force:	2448.79 kN
Total Slice Area:	263.52 m2
Surface Horizontal Width:	27.256 m
Surface Average Height:	9.66834 m

Method: spencer

FS	1.002170
Center:	93.664, 1673.047
Radius:	51.428
Left Slip Surface Endpoint:	49.272, 1647.082
Right Slip Surface Endpoint:	76.710, 1624.494
Resisting Moment:	133664 kN-m
Driving Moment:	133375 kN-m
Resisting Horizontal Force:	2105.4 kN
Driving Horizontal Force:	2100.85 kN
Total Slice Area:	226.81 m2
Surface Horizontal Width:	27.4375 m
Surface Average Height:	8.2664 m

Method: gle/morgenstern-price

FS	1.001690
Center:	93.485, 1673.119
Radius:	51.438
Left Slip Surface Endpoint:	49.126, 1647.078
Right Slip Surface Endpoint:	76.710, 1624.494
Resisting Moment:	134693 kN-m
Driving Moment:	134466 kN-m
Resisting Horizontal Force:	2125.63 kN
Driving Horizontal Force:	2122.05 kN
Total Slice Area:	229.212 m2
Surface Horizontal Width:	27.5832 m
Surface Average Height:	8.30985 m

Global Minimum Support Data

No Supports Present

Valid and Invalid Surfaces

Method: bishop simplified

Number of Valid Surfaces:	7759
Number of Invalid Surfaces:	19

Error Codes

Error Code -108 reported for 19 surfaces

Method: janbu simplified

Number of Valid Surfaces:	6909
Number of Invalid Surfaces:	869

Error Codes

Error Code -108 reported for 532 surfaces
Error Code -111 reported for 282 surfaces
Error Code -112 reported for 55 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces:	6862
Number of Invalid Surfaces:	916

Error Codes

Error Code -108 reported for 551 surfaces
Error Code -111 reported for 310 surfaces
Error Code -112 reported for 55 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces:	6870
Number of Invalid Surfaces:	908

Error Codes

Error Code -108 reported for 552 surfaces
Error Code -111 reported for 301 surfaces
Error Code -112 reported for 55 surfaces

Error Code Descriptions

The following errors were encountered during the computation:
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.00907

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.571271	3.80233	-53.3839	Coluvial actual	8	21	7.11502	7.17955	-2.13735	0	-2.13735	7.43741	7.43741
2	0.571271	11.3003	-52.5851	Coluvial actual	8	21	10.9172	11.0162	7.85755	0	7.85755	22.129	22.129
3	0.571271	18.5904	-51.8006	Coluvial actual	8	21	14.6824	14.8156	17.7552	0	17.7552	36.4137	36.4137
4	0.571271	25.582	-51.0295	Coluvial actual	8	21	18.3586	18.5251	27.4189	0	27.4189	50.1138	50.1138
5	0.571271	32.1384	-50.2711	Coluvial actual	8	21	21.869	22.0674	36.6469	0	36.6469	62.9612	62.9612
6	0.571271	38.505	-49.5246	Coluvial actual	8	21	25.3324	25.5622	45.7512	0	45.7512	75.4374	75.4374
7	0.571271	44.7014	-48.7892	Coluvial actual	8	21	28.7544	29.0152	54.7464	0	54.7464	87.5798	87.5798
8	0.571271	50.7502	-48.0646	Coluvial actual	8	21	32.1431	32.4346	63.6542	0	63.6542	99.4337	99.4337
9	0.579163	57.6323	-47.3451	Coluvial antiguo	23	25	49.4492	49.8977	57.6822	0	57.6822	111.354	111.354
10	0.579163	63.7452	-46.6304	Coluvial antiguo	23	25	53.5271	54.0126	66.5067	0	66.5067	123.17	123.17
11	0.579163	69.7081	-45.925	Coluvial antiguo	23	25	57.5643	58.0864	75.2429	0	75.2429	134.697	134.697
12	0.579163	75.5268	-45.2285	Coluvial antiguo	23	25	61.5605	62.1189	83.8907	0	83.8907	145.944	145.944
13	0.579163	81.2066	-44.5404	Coluvial antiguo	23	25	65.516	66.1102	92.4502	0	92.4502	156.923	156.923
14	0.579163	86.7523	-43.8604	Coluvial antiguo	23	25	69.4308	70.0605	100.922	0	100.922	167.644	167.644
15	0.579163	91.9596	-43.1881	Coluvial antiguo	23	25	73.1748	73.8385	109.024	0	109.024	177.711	177.711
16	0.579163	95.5781	-42.523	Coluvial antiguo	23	25	75.9584	76.6473	115.047	0	115.047	184.706	184.706
17	0.579163	98.7928	-41.865	Coluvial antiguo	23	25	78.5088	79.2209	120.566	0	120.566	190.922	190.922
18	0.579163	101.89	-41.2137	Coluvial antiguo	23	25	81.0029	81.7376	125.963	0	125.963	196.91	196.91
19	0.579163	104.873	-40.5688	Coluvial antiguo	23	25	83.4411	84.1979	131.239	0	131.239	202.678	202.678
20	0.579163	107.746	-39.93	Coluvial antiguo	23	25	85.8239	86.6023	136.396	0	136.396	208.233	208.233
21	0.579163	110.44	-39.2972	Coluvial antiguo	23	25	88.1067	88.9058	141.335	0	141.335	213.443	213.443
22	0.579163	112.437	-38.67	Coluvial antiguo	23	25	89.948	90.7638	145.32	0	145.32	217.305	217.305
23	0.579163	114.198	-38.0483	Coluvial antiguo	23	25	91.6422	92.4734	148.986	0	148.986	220.709	220.709
24	0.579163	115.859	-37.4319	Coluvial antiguo	23	25	93.2771	94.1231	152.524	0	152.524	223.922	223.922
25	0.579163	117.423	-36.8204	Coluvial antiguo	23	25	94.8535	95.7138	155.935	0	155.935	226.948	226.948
26	0.579163	118.892	-36.2138	Coluvial antiguo	23	25	96.3717	97.2458	159.22	0	159.22	229.789	229.789
27	0.579163	120.269	-35.6119	Coluvial antiguo	23	25	97.8326	98.7199	162.382	0	162.382	232.454	232.454
28	0.579163	121.556	-35.0145	Coluvial antiguo	23	25	99.2364	100.136	165.42	0	165.42	234.943	234.943
29	0.579163	122.754	-34.4214	Coluvial antiguo	23	25	100.584	101.496	168.335	0	168.335	237.262	237.262
30	0.579163	123.866	-33.8325	Coluvial antiguo	23	25	101.875	102.799	171.13	0	171.13	239.413	239.413

31	0.579163	124.244	-33.2476	Coluvial antiguo	23	25	111.991	113.006	193.019	0	193.019	266.437	266.437
32	0.579163	118.656	-32.6666	Coluvial antiguo	23	25	122.505	123.616	215.772	0	215.772	294.318	294.318
33	0.579163	111.58	-32.0893	Coluvial antiguo	23	25	118.225	119.298	206.512	0	206.512	280.644	280.644
34	0.559393	100.979	-31.5254	Coluvial-aluvial	15	24	104.434	105.382	203	0	203	267.062	267.062
35	0.559393	94.2327	-30.9747	Coluvial-aluvial	15	24	100.204	101.113	193.413	0	193.413	253.561	253.561
36	0.559393	87.4171	-30.4271	Coluvial-aluvial	15	24	95.8789	96.7485	183.609	0	183.609	239.922	239.922
37	0.559393	81.7273	-29.8825	Coluvial-aluvial	15	24	92.3001	93.1373	175.5	0	175.5	228.537	228.537
38	0.559393	78.705	-29.3409	Coluvial-aluvial	15	24	90.5702	91.3917	171.578	0	171.578	222.489	222.489
39	0.559393	75.7243	-28.8022	Coluvial-aluvial	15	24	88.8483	89.6542	167.676	0	167.676	216.526	216.526
40	0.559393	72.6786	-28.2662	Coluvial-aluvial	15	24	87.059	87.8486	163.621	0	163.621	210.431	210.431
41	0.559393	69.5689	-27.7329	Coluvial-aluvial	15	24	85.2026	85.9754	159.413	0	159.413	204.208	204.208
42	0.559393	66.3962	-27.2023	Coluvial-aluvial	15	24	83.2798	84.0351	155.055	0	155.055	197.86	197.86
43	0.559393	63.1613	-26.6741	Coluvial-aluvial	15	24	81.2907	82.028	150.547	0	150.547	191.386	191.386
44	0.559393	59.8446	-26.1484	Coluvial-aluvial	15	24	79.2209	79.9394	145.856	0	145.856	184.749	184.749
45	0.559393	52.9658	-25.625	Coluvial-aluvial	15	24	74.5332	75.2092	135.232	0	135.232	170.982	170.982
46	0.559393	43.465	-25.1039	Coluvial-aluvial	15	24	67.884	68.4997	120.162	0	120.162	151.967	151.967
47	0.559393	33.9053	-24.585	Coluvial-aluvial	15	24	61.1339	61.6884	104.864	0	104.864	132.834	132.834
48	0.559393	24.2874	-24.0683	Coluvial-aluvial	15	24	54.2834	54.7758	89.3378	0	89.3378	113.584	113.584
49	0.559393	14.6122	-23.5536	Coluvial-aluvial	15	24	47.333	47.7623	73.5852	0	73.5852	94.2189	94.2189
50	0.559393	4.88012	-23.041	Coluvial-aluvial	15	24	40.2829	40.6483	57.6069	0	57.6069	74.74	74.74

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.946717

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.520028	5.95198	-68.696	Coluvial actual	8	21	6.69124	6.33471	-4.33822	0	-4.33822	12.8204	12.8204
2	0.520028	17.1054	-66.4698	Coluvial actual	8	21	12.1112	11.4659	9.02899	0	9.02899	36.8428	36.8428
3	0.520028	27.0045	-64.4282	Coluvial actual	8	21	17.3404	16.4165	21.9256	0	21.9256	58.1635	58.1635
4	0.520028	36.0455	-62.5292	Coluvial actual	8	21	22.4337	21.2384	34.4873	0	34.4873	77.6358	77.6358
5	0.520028	44.3864	-60.7448	Coluvial actual	8	21	27.3881	25.9288	46.706	0	46.706	95.6007	95.6007
6	0.539189	54.2024	-59.0253	Coluvial antiguo	23	25	43.807	41.4728	39.615	0	39.615	112.595	112.595
7	0.539189	62.1095	-57.3582	Coluvial antiguo	23	25	49.6587	47.0127	51.4954	0	51.4954	129.02	129.02
8	0.539189	69.5986	-55.7639	Coluvial antiguo	23	25	55.4047	52.4526	63.1613	0	63.1613	144.577	144.577
9	0.539189	76.6603	-54.2324	Coluvial antiguo	23	25	61.0132	57.7622	74.5477	0	74.5477	159.245	159.245
10	0.539189	83.3412	-52.7558	Coluvial antiguo	23	25	66.4897	62.9469	85.6663	0	85.6663	173.123	173.123
11	0.539189	89.6792	-51.3278	Coluvial antiguo	23	25	71.8398	68.012	96.5286	0	96.5286	186.289	186.289
12	0.539189	95.7058	-49.943	Coluvial antiguo	23	25	77.0692	72.9627	107.145	0	107.145	198.807	198.807
13	0.539189	101.448	-48.5969	Coluvial antiguo	23	25	82.1824	77.8035	117.526	0	117.526	210.734	210.734
14	0.539189	106.444	-47.2859	Coluvial antiguo	23	25	86.8625	82.2342	127.028	0	127.028	221.113	221.113
15	0.539189	110.037	-46.0066	Coluvial antiguo	23	25	90.6389	85.8094	134.695	0	134.695	228.576	228.576
16	0.539189	113.352	-44.7562	Coluvial antiguo	23	25	94.2448	89.2232	142.017	0	142.017	235.463	235.463
17	0.539189	116.456	-43.5324	Coluvial antiguo	23	25	97.7198	92.513	149.071	0	149.071	241.909	241.909
18	0.539189	119.36	-42.3329	Coluvial antiguo	23	25	101.069	95.6834	155.87	0	155.87	247.941	247.941
19	0.539189	122.077	-41.1559	Coluvial antiguo	23	25	104.296	98.7387	162.422	0	162.422	253.584	253.584
20	0.539189	124.592	-39.9997	Coluvial antiguo	23	25	107.388	101.666	168.7	0	168.7	258.809	258.809
21	0.539189	126.458	-38.8627	Coluvial antiguo	23	25	110.015	104.153	174.033	0	174.033	262.686	262.686
22	0.539189	127.976	-37.7437	Coluvial antiguo	23	25	112.384	106.395	178.842	0	178.842	265.839	265.839
23	0.539189	129.341	-36.6413	Coluvial antiguo	23	25	114.634	108.526	183.411	0	183.411	268.675	268.675
24	0.539189	130.56	-35.5545	Coluvial antiguo	23	25	116.769	110.547	187.746	0	187.746	271.205	271.205
25	0.539189	131.637	-34.4823	Coluvial antiguo	23	25	118.792	112.463	191.853	0	191.853	273.442	273.442
26	0.554882	136.45	-33.4084	Coluvial-aluvial	15	24	110.955	105.043	202.24	0	202.24	275.425	275.425
27	0.554882	137.306	-32.3325	Coluvial-aluvial	15	24	112.651	106.649	205.847	0	205.847	277.151	277.151
28	0.554882	138.025	-31.2692	Coluvial-aluvial	15	24	114.241	108.154	209.227	0	209.227	278.603	278.603
29	0.554882	138.612	-30.2177	Coluvial-aluvial	15	24	115.726	109.56	212.385	0	212.385	279.787	279.787
30	0.554882	139.071	-29.1774	Coluvial-aluvial	15	24	117.108	110.868	215.323	0	215.323	280.711	280.711
31	0.554882	137.809	-28.1475	Coluvial-aluvial	15	24	133.345	126.24	249.85	0	249.85	321.191	321.191
32	0.554882	131.152	-27.1275	Coluvial-aluvial	15	24	137.728	130.389	259.167	0	259.167	329.729	329.729
33	0.554882	123.962	-26.1166	Coluvial-aluvial	15	24	133.343	126.238	249.844	0	249.844	315.216	315.216

34	0.554882	116.657	-25.1144	Coluvial-aluvial	15	24	128.766	121.905	240.114	0	240.114	300.472	300.472
35	0.554882	109.242	-24.1204	Coluvial-aluvial	15	24	124.001	117.394	229.982	0	229.982	285.504	285.504
36	0.554882	101.718	-23.1341	Coluvial-aluvial	15	24	119.05	112.707	219.454	0	219.454	270.316	270.316
37	0.554882	95.6776	-22.1549	Coluvial-aluvial	15	24	115.181	109.044	211.226	0	211.226	258.125	258.125
38	0.554882	91.8927	-21.1826	Coluvial-aluvial	15	24	113.042	107.019	206.678	0	206.678	250.484	250.484
39	0.554882	88.0278	-20.2165	Coluvial-aluvial	15	24	110.788	104.885	201.885	0	201.885	242.684	242.684
40	0.554882	84.063	-19.2565	Coluvial-aluvial	15	24	108.402	102.626	196.811	0	196.811	234.68	234.68
41	0.554882	80.0001	-18.302	Coluvial-aluvial	15	24	105.884	100.242	191.456	0	191.456	226.478	226.478
42	0.554882	75.8406	-17.3528	Coluvial-aluvial	15	24	103.235	97.7344	185.824	0	185.824	218.082	218.082
43	0.554882	71.5863	-16.4085	Coluvial-aluvial	15	24	100.455	95.1028	179.913	0	179.913	209.495	209.495
44	0.554882	67.1749	-15.4687	Coluvial-aluvial	15	24	97.4915	92.2969	173.612	0	173.612	200.591	200.591
45	0.554882	58.9333	-14.5331	Coluvial-aluvial	15	24	91.2335	86.3723	160.305	0	160.305	183.956	183.956
46	0.554882	48.4153	-13.6016	Coluvial-aluvial	15	24	82.9348	78.5158	142.659	0	142.659	162.725	162.725
47	0.554882	37.8073	-12.6736	Coluvial-aluvial	15	24	74.4306	70.4647	124.576	0	124.576	141.313	141.313
48	0.554882	27.1105	-11.749	Coluvial-aluvial	15	24	65.7199	62.2181	106.054	0	106.054	119.722	119.722
49	0.554882	16.3256	-10.8276	Coluvial-aluvial	15	24	56.8013	53.7748	87.0896	0	87.0896	97.9534	97.9534
50	0.554882	5.45568	-9.95112	Coluvial-aluvial	15	24	47.6595	45.1201	67.651	0	67.651	76.0127	76.0127

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.00217

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.549466	4.34881	-59.0808	Coluvial actual	8	21	7.51739	7.5337	-1.21475	0	-1.21475	11.3364	11.3364
2	0.549466	12.7781	-57.909	Coluvial actual	8	21	10.6427	10.6658	6.94463	0	6.94463	23.9165	23.9165
3	0.549466	20.6006	-56.7742	Coluvial actual	8	21	13.6761	13.7057	14.864	0	14.864	35.7427	35.7427
4	0.549466	28.0713	-55.6728	Coluvial actual	8	21	16.6924	16.7287	22.7389	0	22.7389	47.1842	47.1842
5	0.549466	35.2355	-54.6016	Coluvial actual	8	21	19.6963	19.739	30.5811	0	30.5811	58.2981	58.2981
6	0.549466	42.1185	-53.5579	Coluvial actual	8	21	22.6868	22.736	38.3886	0	38.3886	69.1129	69.1129
7	0.549466	48.8646	-52.5394	Coluvial actual	8	21	25.7117	25.7675	46.2858	0	46.2858	79.8417	79.8417
8	0.555497	56.0889	-51.5386	Coluvial antiguo	23	25	43.7481	43.843	44.6979	0	44.6979	99.773	99.773
9	0.555497	62.5789	-50.5541	Coluvial antiguo	23	25	47.4576	47.5606	52.6705	0	52.6705	110.352	110.352
10	0.555497	68.8477	-49.5897	Coluvial antiguo	23	25	51.1565	51.2675	60.6199	0	60.6199	120.707	120.707
11	0.555497	74.9082	-48.644	Coluvial antiguo	23	25	54.8437	54.9627	68.5442	0	68.5442	130.849	130.849
12	0.555497	80.772	-47.7157	Coluvial antiguo	23	25	58.5184	58.6454	76.4418	0	76.4418	140.788	140.788
13	0.555497	86.4496	-46.8037	Coluvial antiguo	23	25	62.1801	62.315	84.3112	0	84.3112	150.535	150.535
14	0.555497	91.2018	-45.9069	Coluvial antiguo	23	25	65.4446	65.5866	91.3272	0	91.3272	158.877	158.877
15	0.555497	94.7426	-45.0244	Coluvial antiguo	23	25	68.1407	68.2886	97.1218	0	97.1218	165.321	165.321
16	0.555497	98.1159	-44.1553	Coluvial antiguo	23	25	70.7914	70.945	102.818	0	102.818	171.553	171.553
17	0.555497	101.336	-43.2988	Coluvial antiguo	23	25	73.4002	73.5595	108.425	0	108.425	177.591	177.591
18	0.555497	104.408	-42.4542	Coluvial antiguo	23	25	75.9675	76.1323	113.942	0	113.942	183.442	183.442
19	0.555497	107.34	-41.6209	Coluvial antiguo	23	25	78.4932	78.6635	119.371	0	119.371	189.111	189.111
20	0.555497	109.998	-40.7982	Coluvial antiguo	23	25	80.901	81.0766	124.546	0	124.546	194.373	194.373
21	0.555497	111.985	-39.9855	Coluvial antiguo	23	25	82.9599	83.1399	128.971	0	128.971	198.546	198.546
22	0.555497	113.79	-39.1825	Coluvial antiguo	23	25	84.9364	85.1207	133.218	0	133.218	202.447	202.447
23	0.555497	115.473	-38.3885	Coluvial antiguo	23	25	86.8614	87.0499	137.355	0	137.355	206.172	206.172
24	0.555497	117.039	-37.6031	Coluvial antiguo	23	25	88.7354	88.928	141.383	0	141.383	209.726	209.726
25	0.555497	118.491	-36.8259	Coluvial antiguo	23	25	90.5586	90.7551	145.301	0	145.301	213.112	213.112
26	0.555497	119.832	-36.0566	Coluvial antiguo	23	25	92.3309	92.5313	149.111	0	149.111	216.333	216.333
27	0.555497	121.066	-35.2947	Coluvial antiguo	23	25	94.0527	94.2568	152.811	0	152.811	219.391	219.391
28	0.555497	122.195	-34.5399	Coluvial antiguo	23	25	95.7241	95.9318	156.403	0	156.403	222.29	222.29
29	0.555497	123.224	-33.7919	Coluvial antiguo	23	25	97.3451	97.5563	159.887	0	159.887	225.033	225.033
30	0.555497	124.047	-33.0503	Coluvial antiguo	23	25	105.235	105.463	176.842	0	176.842	245.314	245.314
31	0.555497	120.089	-32.315	Coluvial antiguo	23	25	135.181	135.474	241.202	0	241.202	326.71	326.71
32	0.539966	110.441	-31.5957	Coluvial-aluvial	15	24	120.487	120.748	237.514	0	237.514	311.626	311.626
33	0.539966	104.155	-30.8921	Coluvial-aluvial	15	24	117.642	117.897	231.111	0	231.111	301.496	301.496

34	0.539966	97.7858	-30.1935	Coluvial-aluvial	15	24	114.659	114.908	224.398	0	224.398	291.114	291.114
35	0.539966	91.3364	-29.4999	Coluvial-aluvial	15	24	111.54	111.782	217.376	0	217.376	280.482	280.482
36	0.539966	84.9533	-28.811	Coluvial-aluvial	15	24	106.61	106.841	206.279	0	206.279	264.915	264.915
37	0.539966	81.1279	-28.1267	Coluvial-aluvial	15	24	100.411	100.629	192.327	0	192.327	246.002	246.002
38	0.539966	78.207	-27.4467	Coluvial-aluvial	15	24	99.3676	99.5832	189.977	0	189.977	241.587	241.587
39	0.539966	75.2115	-26.7708	Coluvial-aluvial	15	24	98.2355	98.4487	187.429	0	187.429	236.988	236.988
40	0.539966	72.1429	-26.099	Coluvial-aluvial	15	24	97.0152	97.2257	184.683	0	184.683	232.208	232.208
41	0.539966	69.0025	-25.431	Coluvial-aluvial	15	24	95.706	95.9137	181.736	0	181.736	227.244	227.244
42	0.539966	65.7914	-24.7667	Coluvial-aluvial	15	24	94.3078	94.5124	178.587	0	178.587	222.097	222.097
43	0.539966	62.5107	-24.1059	Coluvial-aluvial	15	24	92.82	93.0214	175.238	0	175.238	216.77	216.77
44	0.539966	58.8813	-23.4485	Coluvial-aluvial	15	24	94.3035	94.5081	178.578	0	178.578	219.482	219.482
45	0.539966	51.1276	-22.7943	Coluvial-aluvial	15	24	96.7161	96.926	184.01	0	184.01	224.654	224.654
46	0.539966	41.9754	-22.1433	Coluvial-aluvial	15	24	90.9021	91.0994	170.922	0	170.922	207.914	207.914
47	0.539966	32.7577	-21.4953	Coluvial-aluvial	15	24	84.9196	85.1039	157.456	0	157.456	190.899	190.899
48	0.539966	23.4754	-20.8502	Coluvial-aluvial	15	24	78.7671	78.938	143.607	0	143.607	173.607	173.607
49	0.539966	14.1293	-20.2078	Coluvial-aluvial	15	24	72.4432	72.6004	129.373	0	129.373	156.038	156.038
50	0.539966	4.72019	-19.568	Coluvial-aluvial	15	24	65.9898	66.133	114.847	0	114.847	138.303	138.303

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.00169

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Angle of Slice Base [deg]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [deg]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]	Base Vertical Stress [kPa]	Effective Vertical Stress [kPa]
1	0.548948	4.32546	-58.9911	Coluvial actual	8	21	7.02061	7.03247	-2.52049	0	-2.52049	9.15967	9.15967
2	0.548948	12.7583	-57.8235	Coluvial actual	8	21	11.1385	11.1573	8.22503	0	8.22503	25.9287	25.9287
3	0.548948	20.5811	-56.6926	Coluvial actual	8	21	14.7776	14.8026	17.7213	0	17.7213	40.2117	40.2117
4	0.548948	28.0146	-55.5948	Coluvial actual	8	21	18.087	18.1176	26.3574	0	26.3574	52.7676	52.7676
5	0.548948	35.1444	-54.5268	Coluvial actual	8	21	21.145	21.1807	34.3371	0	34.3371	64.0106	64.0106
6	0.548948	41.9938	-53.4862	Coluvial actual	8	21	23.9959	24.0365	41.7764	0	41.7764	74.1887	74.1887
7	0.548948	48.6581	-52.4705	Coluvial actual	8	21	26.7121	26.7572	48.8641	0	48.8641	83.6388	83.6388
8	0.558403	56.2143	-51.4693	Coluvial antiguo	23	25	43.6252	43.6989	44.3888	0	44.3888	99.1729	99.1729
9	0.558403	62.7558	-50.4813	Coluvial antiguo	23	25	47.1021	47.1817	51.8579	0	51.8579	108.959	108.959
10	0.558403	69.0736	-49.5136	Coluvial antiguo	23	25	50.4585	50.5438	59.068	0	59.068	118.176	118.176
11	0.558403	75.1809	-48.5646	Coluvial antiguo	23	25	53.7228	53.8136	66.08	0	66.08	126.941	126.941
12	0.558403	81.0894	-47.6331	Coluvial antiguo	23	25	56.9207	57.0169	72.9495	0	72.9495	135.358	135.358
13	0.558403	86.8097	-46.718	Coluvial antiguo	23	25	60.0763	60.1778	79.728	0	79.728	143.519	143.519
14	0.558403	91.935	-45.8181	Coluvial antiguo	23	25	62.9993	63.1058	86.0073	0	86.0073	150.832	150.832
15	0.558403	95.584	-44.9326	Coluvial antiguo	23	25	65.2532	65.3635	90.8489	0	90.8489	155.949	155.949
16	0.558403	98.9756	-44.0605	Coluvial antiguo	23	25	67.4758	67.5898	95.6231	0	95.6231	160.922	160.922
17	0.558403	102.212	-43.2011	Coluvial antiguo	23	25	69.7303	69.8481	100.466	0	100.466	165.95	165.95
18	0.558403	105.3	-42.3536	Coluvial antiguo	23	25	72.0304	72.1521	105.407	0	105.407	171.073	171.073
19	0.558403	108.245	-41.5174	Coluvial antiguo	23	25	74.3892	74.5149	110.474	0	110.474	176.328	176.328
20	0.558403	110.991	-40.6919	Coluvial antiguo	23	25	76.7861	76.9159	115.623	0	115.623	181.651	181.651
21	0.558403	113.055	-39.8764	Coluvial antiguo	23	25	78.969	79.1025	120.312	0	120.312	186.285	186.285
22	0.558403	114.862	-39.0706	Coluvial antiguo	23	25	81.1684	81.3056	125.037	0	125.037	190.931	190.931
23	0.558403	116.546	-38.2739	Coluvial antiguo	23	25	83.4609	83.6019	129.961	0	129.961	195.813	195.813
24	0.558403	118.111	-37.4858	Coluvial antiguo	23	25	85.8523	85.9974	135.098	0	135.098	200.941	200.941
25	0.558403	119.56	-36.7059	Coluvial antiguo	23	25	88.3466	88.4959	140.457	0	140.457	206.322	206.322
26	0.558403	120.898	-35.9339	Coluvial antiguo	23	25	90.9458	91.0995	146.04	0	146.04	211.956	211.956
27	0.558403	122.128	-35.1694	Coluvial antiguo	23	25	93.6496	93.8079	151.849	0	151.849	217.836	217.836
28	0.558403	123.252	-34.4119	Coluvial antiguo	23	25	96.4553	96.6183	157.876	0	157.876	223.949	223.949
29	0.558403	124.273	-33.6613	Coluvial antiguo	23	25	99.3573	99.5252	164.108	0	164.108	230.274	230.274
30	0.558403	125.193	-32.9172	Coluvial antiguo	23	25	103.243	103.418	172.456	0	172.456	239.291	239.291
31	0.558403	122.166	-32.1792	Coluvial antiguo	23	25	143.733	143.976	259.435	0	259.435	349.876	349.876
32	0.544151	112.652	-31.4565	Coluvial-aluvial	15	24	129.166	129.384	256.91	0	256.91	335.929	335.929
33	0.544151	106.25	-30.7486	Coluvial-aluvial	15	24	127.015	127.23	252.073	0	252.073	327.635	327.635

34	0.544151	99.7652	-30.0459	Coluvial-aluvial	15	24	124.51	124.72	246.436	0	246.436	318.454	318.454
35	0.544151	93.1979	-29.3481	Coluvial-aluvial	15	24	121.618	121.824	239.931	0	239.931	308.314	308.314
36	0.544151	86.6043	-28.655	Coluvial-aluvial	15	24	117.283	117.481	230.176	0	230.176	294.267	294.267
37	0.544151	82.3755	-27.9665	Coluvial-aluvial	15	24	110.27	110.457	214.399	0	214.399	272.948	272.948
38	0.544151	79.3909	-27.2824	Coluvial-aluvial	15	24	109.378	109.563	212.392	0	212.392	268.803	268.803
39	0.544151	76.3305	-26.6025	Coluvial-aluvial	15	24	108.198	108.381	209.738	0	209.738	263.925	263.925
40	0.544151	73.1955	-25.9265	Coluvial-aluvial	15	24	106.717	106.897	206.406	0	206.406	258.286	258.286
41	0.544151	69.9873	-25.2545	Coluvial-aluvial	15	24	104.924	105.101	202.371	0	202.371	251.867	251.867
42	0.544151	66.7071	-24.5861	Coluvial-aluvial	15	24	102.812	102.986	197.619	0	197.619	244.66	244.66
43	0.544151	63.3561	-23.9213	Coluvial-aluvial	15	24	100.376	100.546	192.14	0	192.14	236.666	236.666
44	0.544151	59.7317	-23.2599	Coluvial-aluvial	15	24	98.7726	98.9395	188.531	0	188.531	230.987	230.987
45	0.544151	52.036	-22.6017	Coluvial-aluvial	15	24	95.1651	95.3259	180.415	0	180.415	220.032	220.032
46	0.544151	42.7214	-21.9467	Coluvial-aluvial	15	24	85.7325	85.8774	159.193	0	159.193	193.739	193.739
47	0.544151	33.34	-21.2947	Coluvial-aluvial	15	24	75.8228	75.9509	136.898	0	136.898	166.452	166.452
48	0.544151	23.8928	-20.6455	Coluvial-aluvial	15	24	65.4787	65.5894	113.626	0	113.626	138.297	138.297
49	0.544151	14.3806	-19.9992	Coluvial-aluvial	15	24	54.7492	54.8417	89.4858	0	89.4858	109.412	109.412
50	0.544151	4.80415	-19.3554	Coluvial-aluvial	15	24	43.6877	43.7615	64.5994	0	64.5994	79.946	79.946

Interslice Data

Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.00907

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	48.1435	1647.05	0	0	0
2	48.7147	1646.28	-4.80247	0	0
3	49.286	1645.54	-2.47037	0	0
4	49.8573	1644.81	6.47842	0	0
5	50.4285	1644.11	21.4749	0	0
6	50.9998	1643.42	41.8633	0	0
7	51.5711	1642.75	67.2351	0	0
8	52.1424	1642.1	97.219	0	0
9	52.7136	1641.46	131.481	0	0
10	53.2928	1640.83	152.883	0	0
11	53.8719	1640.22	177.9	0	0
12	54.4511	1639.62	206.24	0	0
13	55.0303	1639.04	237.624	0	0
14	55.6094	1638.47	271.792	0	0
15	56.1886	1637.91	308.499	0	0
16	56.7678	1637.37	347.383	0	0
17	57.3469	1636.84	387.356	0	0
18	57.9261	1636.32	428.09	0	0
19	58.5052	1635.81	469.442	0	0
20	59.0844	1635.31	511.275	0	0
21	59.6636	1634.83	553.459	0	0
22	60.2427	1634.35	595.837	0	0
23	60.8219	1633.89	637.989	0	0
24	61.4011	1633.44	679.758	0	0
25	61.9802	1632.99	721.06	0	0
26	62.5594	1632.56	761.82	0	0
27	63.1386	1632.14	801.964	0	0
28	63.7177	1631.72	841.425	0	0
29	64.2969	1631.32	880.14	0	0
30	64.876	1630.92	918.051	0	0
31	65.4552	1630.53	955.102	0	0
32	66.0344	1630.15	964.665	0	0
33	66.6135	1629.78	931.604	0	0
34	67.1927	1629.42	894.199	0	0
35	67.7521	1629.07	861.39	0	0
36	68.3115	1628.74	824.62	0	0
37	68.8709	1628.41	784.019	0	0
38	69.4303	1628.09	761.364	0	0
39	69.9897	1627.77	742.861	0	0
40	70.549	1627.47	722.226	0	0
41	71.1084	1627.17	699.506	0	0
42	71.6678	1626.87	674.749	0	0
43	72.2272	1626.58	648.007	0	0
44	72.7866	1626.3	619.33	0	0
45	73.346	1626.03	585.345	0	0
46	73.9054	1625.76	510.396	0	0
47	74.4648	1625.5	432.1	0	0
48	75.0242	1625.24	350.639	0	0
49	75.5836	1624.99	266.192	0	0
50	76.143	1624.75	178.94	0	0
51	76.7024	1624.51	0	0	0

Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.946717

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	49.4541	1647.09	0	0	0
2	49.9741	1645.75	-7.836	0	0
3	50.4941	1644.56	0.754631	0	0
4	51.0142	1643.47	22.0467	0	0
5	51.5342	1642.47	53.527	0	0
6	52.0542	1641.54	93.2993	0	0
7	52.5934	1640.64	118.274	0	0
8	53.1326	1639.8	149.754	0	0
9	53.6718	1639.01	186.63	0	0
10	54.211	1638.26	227.932	0	0
11	54.7502	1637.55	272.843	0	0
12	55.2894	1636.88	320.664	0	0
13	55.8286	1636.24	370.793	0	0
14	56.3677	1635.63	422.702	0	0
15	56.9069	1635.04	475.605	0	0
16	57.4461	1634.48	528.37	0	0
17	57.9853	1633.95	580.688	0	0
18	58.5245	1633.44	632.314	0	0
19	59.0637	1632.95	683.032	0	0
20	59.6029	1632.47	732.648	0	0
21	60.1421	1632.02	780.977	0	0
22	60.6813	1631.59	827.629	0	0
23	61.2204	1631.17	872.4	0	0
24	61.7596	1630.77	915.193	0	0
25	62.2988	1630.38	955.924	0	0
26	62.838	1630.01	994.52	0	0
27	63.3929	1629.65	1039.72	0	0
28	63.9478	1629.3	1082.47	0	0
29	64.5027	1628.96	1122.72	0	0
30	65.0575	1628.64	1160.41	0	0
31	65.6124	1628.33	1195.53	0	0
32	66.1673	1628.03	1184.02	0	0
33	66.7222	1627.75	1145.14	0	0
34	67.2771	1627.47	1101.24	0	0
35	67.832	1627.21	1052.62	0	0
36	68.3868	1626.96	999.552	0	0
37	68.9417	1626.73	942.31	0	0
38	69.4966	1626.5	905.954	0	0
39	70.0515	1626.29	869.469	0	0
40	70.6064	1626.08	830.118	0	0
41	71.1612	1625.89	788.038	0	0
42	71.7161	1625.71	743.367	0	0
43	72.271	1625.53	696.249	0	0
44	72.8259	1625.37	646.83	0	0
45	73.3808	1625.21	589.252	0	0
46	73.9357	1625.07	494.321	0	0
47	74.4905	1624.94	397.563	0	0
48	75.0454	1624.81	299.37	0	0
49	75.6003	1624.7	200.137	0	0
50	76.1552	1624.59	100.268	0	0
51	76.7101	1624.49	0	0	0

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.00217

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	49.2721	1647.08	0	0	0
2	49.8215	1646.16	-4.18485	-1.56185	20.4663
3	50.371	1645.29	-0.857605	-0.320071	20.4663
4	50.9205	1644.45	9.07043	3.38522	20.4663
5	51.4699	1643.64	24.9693	9.3189	20.4663
6	52.0194	1642.87	46.2923	17.277	20.4663
7	52.5689	1642.13	72.5508	27.077	20.4663
8	53.1183	1641.41	103.398	38.5897	20.4663
9	53.6738	1640.71	123.912	46.2459	20.4664
10	54.2293	1640.04	148.235	55.3234	20.4663
11	54.7848	1639.38	176.006	65.6881	20.4663
12	55.3403	1638.75	206.895	77.2164	20.4663
13	55.8958	1638.14	240.595	89.7936	20.4663
14	56.4513	1637.55	276.82	103.313	20.4663
15	57.0068	1636.98	314.862	117.511	20.4663
16	57.5623	1636.42	353.895	132.079	20.4663
17	58.1178	1635.88	393.73	146.946	20.4663
18	58.6733	1635.36	434.195	162.048	20.4663
19	59.2288	1634.85	475.126	177.324	20.4663
20	59.7843	1634.36	516.374	192.718	20.4663
21	60.3398	1633.88	557.727	208.152	20.4663
22	60.8953	1633.41	598.786	223.476	20.4663
23	61.4508	1632.96	639.418	238.64	20.4663
24	62.0063	1632.52	679.522	253.608	20.4663
25	62.5618	1632.09	719.004	268.343	20.4663
26	63.1173	1631.67	757.775	282.813	20.4663
27	63.6728	1631.27	795.754	296.987	20.4663
28	64.2283	1630.88	832.861	310.836	20.4663
29	64.7838	1630.49	869.026	324.333	20.4663
30	65.3393	1630.12	904.178	337.452	20.4663
31	65.8948	1629.76	928.093	346.378	20.4663
32	66.4503	1629.41	899.17	335.583	20.4663
33	66.9902	1629.08	873.954	326.172	20.4663
34	67.5302	1628.75	844.535	315.193	20.4663
35	68.0702	1628.44	811.031	302.689	20.4663
36	68.6101	1628.13	773.563	288.705	20.4663
37	69.1501	1627.84	739.469	275.981	20.4663
38	69.6901	1627.55	721.27	269.189	20.4663
39	70.23	1627.27	700.698	261.511	20.4663
40	70.77	1627	677.794	252.963	20.4663
41	71.3099	1626.73	652.604	243.561	20.4663
42	71.8499	1626.47	625.173	233.324	20.4663
43	72.3899	1626.23	595.553	222.269	20.4663
44	72.9298	1625.98	563.794	210.416	20.4663
45	73.4698	1625.75	517.228	193.037	20.4663
46	74.0098	1625.52	439.914	164.182	20.4663
47	74.5497	1625.3	359.332	134.108	20.4663
48	75.0897	1625.09	275.681	102.888	20.4663
49	75.6297	1624.88	189.163	70.5982	20.4663
50	76.1696	1624.69	99.9815	37.3145	20.4663
51	76.7096	1624.49	0	0	0

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.00169

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [deg]
1	49.1264	1647.08	0	0	0
2	49.6754	1646.16	-5.10009	-0.154705	1.73746
3	50.2243	1645.29	-0.948095	-0.0574062	3.46497
4	50.7733	1644.46	10.7218	0.970623	5.17277
5	51.3222	1643.66	28.689	3.44706	6.8514
6	51.8712	1642.88	52.0212	7.76717	8.49197
7	52.4201	1642.14	79.9643	14.224	10.0862
8	52.9691	1641.43	111.966	23.0377	11.6267
9	53.5275	1640.73	132.336	30.8723	13.1315
10	54.0859	1640.05	156.321	40.624	14.5675
11	54.6443	1639.4	183.489	52.3701	15.9294
12	55.2027	1638.76	213.473	66.1331	17.2128
13	55.7611	1638.15	245.958	81.8859	18.414
14	56.3195	1637.56	280.673	99.5577	19.5301
15	56.8779	1636.98	317.138	118.946	20.5591
16	57.4363	1636.43	354.418	139.603	21.4992
17	57.9947	1635.89	392.34	161.305	22.3493
18	58.5531	1635.36	430.796	183.826	23.1085
19	59.1115	1634.85	469.689	206.929	23.7767
20	59.6699	1634.36	508.93	230.361	24.3533
21	60.2283	1633.88	548.405	253.845	24.8384
22	60.7867	1633.41	587.77	276.985	25.232
23	61.3451	1632.96	626.903	299.479	25.5344
24	61.9035	1632.52	665.742	321.05	25.7454
25	62.4619	1632.09	704.225	341.427	25.8653
26	63.0203	1631.67	742.286	360.341	25.8941
27	63.5787	1631.27	779.855	377.534	25.832
28	64.1371	1630.88	816.858	392.753	25.6787
29	64.6955	1630.49	853.214	405.76	25.4342
30	65.2539	1630.12	888.839	416.333	25.0984
31	65.8123	1629.76	922.335	423.666	24.6712
32	66.3707	1629.41	894.862	401.278	24.1526
33	66.9149	1629.08	871.139	379.852	23.5592
34	67.459	1628.75	843.122	355.784	22.879
35	68.0032	1628.44	810.871	329.462	22.1122
36	68.5473	1628.13	774.455	301.316	21.2594
37	69.0915	1627.83	738.352	273.438	20.3214
38	69.6356	1627.54	720.855	252.431	19.2994
39	70.1798	1627.26	700.788	230.338	18.1949
40	70.7239	1626.99	678.176	207.47	17.0101
41	71.2681	1626.73	653.058	184.154	15.7478
42	71.8123	1626.47	625.486	160.731	14.4115
43	72.3564	1626.22	595.526	137.546	13.0053
44	72.9006	1625.98	563.257	114.946	11.5342
45	73.4447	1625.75	517.948	91.365	10.0039
46	73.9889	1625.52	439.82	65.1134	8.42122
47	74.533	1625.3	358.603	42.7183	6.7933
48	75.0772	1625.09	274.632	24.647	5.1283
49	75.6213	1624.88	188.257	11.2997	3.43493
50	76.1655	1624.69	99.8369	3.002	1.72231
51	76.7096	1624.49	0	0	0

Entity Information

Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	73.3, 1632.2 69, 1637 66.8471, 1641.04 65.8, 1643 60, 1645.8 56.5, 1647 52.5, 1647 50, 1647.1 46, 1647 0, 1648 0, 1642.3 0, 1631.8 0, 1618.3 0, 1609.4 136, 1609.4 136, 1617 135.7, 1617 133, 1618.5 129.7, 1615 129, 1614.5 125, 1613.9 112, 1614 102, 1615.2 92.743, 1615.76 89.593, 1615.92 86.975, 1616.24 86.733, 1614.28 86.804, 1614.77 86.975, 1616.24 86.7928, 1616.28 85.3741, 1616.49 83.042, 1624.49 79.375, 1624.49 76.7101, 1624.49 74.4961, 1629.5
Material Boundary	0, 1642.3 35, 1642.8 40, 1642.5 46, 1642.3 54.8, 1641.2
Material Boundary	0, 1631.8 46, 1635.3 54.8, 1631.8 65.6, 1629.4 74.4961, 1629.5

Material Boundary	0, 1618.3 44.667, 1624.4 55, 1619.6 67, 1616.7 82.162, 1613.1 86.617, 1613.49 89.618, 1613.49 94.326, 1613.49 120, 1612.8 129, 1614.5
Material Boundary	44.667, 1624.4 63, 1624.4 73.7, 1623.9 76.9496, 1623.95
Material Boundary	54.8, 1641.2 66.8471, 1641.04
Material Boundary	79.832, 1623.19 81.685, 1617.06 80.907, 1617.16 82.162, 1613.1
Material Boundary	79.375, 1624.49 79.832, 1623.19
Material Boundary	76.7101, 1624.49 76.9496, 1623.95 78.636, 1620.15 80.907, 1617.16
Material Boundary	86.617, 1613.49 86.733, 1614.28
Material Boundary	80.907, 1617.16 85.3741, 1616.49

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario
Water Table	86.9364, 1615.91 89.603, 1615.76 130.42, 1615.76	Assigned to: Terraza colgada Aluvial Substrato rocoso Escollera Relleno granular (trasdós) Escollera hormigonada
Distributed Load	83.042, 1624.49 79.375, 1624.49 76.7101, 1624.49 74.4961, 1629.5 73.3, 1632.2 69, 1637 66.8471, 1641.04 65.8, 1643	Constant DistributionOrientation: Normal to boundaryMagnitude: 65 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No