Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

Análisis de estabilidad de taludes y propuesta de soluciones geotécnicas para la carretera Quinua – San Francisco, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho, entre las progresivas Km 84+000 al Km 95+000

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Iván David CARHUALLANQUI OBREGÓN

ASESOR

Dr. Jorge Luis CAPUÑAY SOSA

Lima, Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Carhuallanqui, I. (2026). *Análisis de estabilidad de taludes y propuesta de soluciones geotécnicas para la carretera Quinua – San Francisco, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho, entre las progresivas Km 84+000 al Km 95+000*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Iván David Carhuallanqui Obregón
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73311978
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-3677-1388
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Jorge Luis Capuñay Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08427959
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5944-7662
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Rosendo Olimpio Angeles Girón
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08490597
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Iván Mesias Santos Paredes
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25627100
Miembro del jurado 2	

Nombres y apellidos	Rudolfo Dimas Barrios Guerrero
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07805108
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.1.14. Geología Aplicada a la Ingeniería
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ayacucho Provincia: La Mar Distrito: Tambo - Uchuraccay Latitud: -12.885213 Longitud: -74.001750
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2025-2026
URL de disciplinas OCDE	**Geología** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06 **Geotecnia** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.02

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

En el salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el jueves 12 de marzo del año 2026 siendo las 06:00 pm, en presencia de los señores docentes designados como miembros de Jurado Calificador:

Ing. Rosendo Olimpio Angeles Girón	(Presidente de Jurado)
Ing. Iván Mesias Santos Paredes	(Miembro de Jurado)
Mag. Rudolfo Dimas Barrios Guerrero	(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis del Bach. **IVÁN DAVID CARHUALLANQUI OBREGÓN,** quien sustentará la Tesis titulada: «**ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LASPROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000»,** su asesor el docente **JORGE LUIS CAPUÑAY SOSA,** para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas:

A SATISFACCIÓN DEL JURADO

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

DIEZ Y SEIS (16)

Habiendo sido aprobada la sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO** al Bach**. IVÁN DAVID CARHUALLANQUI OBREGÓN**

Siendo las 19.25 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) actas originales de la Sustentación de la Tesis.

Lima, 12 de marzo del 2026

ING. ROSENDO OLIMPIO ANGELES GIRÓN
PRESIDENTE DE JURADO

ING. IVÁN MESIAS SANTOS PAREDES
MIEMBRO DE JURADO

MAG. RUDOLFO DIMAS BARRIOS GUERRERO
MIEMBRO DE JURADO

DR. JORGE LUIS CAPUÑAY SOSA
MIEMBRO ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

Anexo 1
CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Jorge Luis, Capuñay Sosa, en mi condición de asesor acreditado con el Dictamen de la EP N°**000002-2026-EPIGL-FIGMMG/UNMSM** de la tesis, cuyo título es "**ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTECNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000**". presentado por el bachiller **Iván David, Carhuallanqui Obregón** para optar el título profesional en Ingeniero Geólogo.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con **el 11%** de similitud, nivel PERMITIDO para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del título profesional en Ingeniero Geólogo.

Lima, 03 de marzo de 2026

Firma del Asesor

Nombres y Apellidos del asesor: Jorge Luis, Capuñay Sosa

DNI: 08427959

* Según corresponda: bachiller, magíster, doctor; título profesional o título de segunda especialidad

La vigencia del presente certificado corresponde a un período de noventa (90) días desde la fecha de su emisión; siempre que no haya observaciones en el texto durante el proceso de revisión por el jurado informante o surja alguna contingencia.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional, por inculcarme el valor del esfuerzo y la constancia, y por ser el pilar fundamental en cada etapa de mi formación personal y profesional.

A mi familia, por su confianza permanente y por motivarme a culminar esta meta con determinación y compromiso.

A quienes me acompañaron durante el camino universitario, brindándome ánimo y fortaleza para alcanzar este logro en mi formación como Ingeniero Geólogo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento al Dr. Jorge Capuñay, por su orientación académica, sus valiosas observaciones y el rigor científico que aportó al desarrollo de esta investigación, contribuyendo significativamente a la calidad técnica del presente trabajo.

Asimismo, agradezco a la Ing. Janeth Quiñónez, directora de la investigación, por su liderazgo, acompañamiento constante y asesoramiento profesional durante todo el proceso de elaboración de la tesis.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por los conocimientos transmitidos y por fortalecer mi formación científica y técnica a lo largo de la carrera.

Finalmente, agradezco a la institución por proporcionar los recursos y el entorno académico necesarios para la ejecución del presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

Resumen **11**

Abstract **12**

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN **13**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13

1.1.1 Descripción de la realidad problemática 13

1.1.2 Formulación del problema 14

1.1.2.1 General *14*

1.1.2.2 Específicos *14*

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 15

1.2.1 General 15

1.2.2 Específicos 15

1.3 HIPÓTESIS 16

1.3.1 Hipótesis General 16

1.3.2 Hipótesis Específicas 16

1.4 IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN 17

1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 18

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO **19**

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 19

2.2 BASES TEÓRICAS 20

2.2.1 Criterio de rotura de Mohr – Coulomb 20

2.2.2 Criterio de rotura de Hoek & Brown 25

2.2.3 Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR) 31

2.2.4 Clasificación Geomecánica de Romana (SMR) 34

2.3 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES 38

2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 43

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN **47**

3.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 47

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA 48
3.2.1 La Población 48
3.2.2 Muestra 48
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 48
3.3.1 Variable Independiente (VI) 48
3.3.2 Variable Dependiente (VD) 49
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN 52
4.1 INFORMACIÓN GENERAL DE SITIO 52
4.1.1 Ubicación y Accesibilidad 52
4.1.2 Geografía 54
4.1.3 Clima 54
4.1.4 Información hidrometeorológica 55
4.1.5 Hidrografía 60
4.2 ESTUDIO GEOLÓGICO 61
4.2.1 Estratigrafía 61
4.2.1.1 Formación Ticllas (Ppe-t) 61
4.2.1.2 Grupo Tarma - Copacabana (Cp-PEc-t,c) 61
4.2.1.3 Depósito Aluvial (Qh-al) 62
4.2.1.4 Depósito Glaciofluvial (Q-glfl) 62
4.2.2 Geología Estructural 64
4.2.3 Geomorfología 67
4.2.2.1 Montaña en roca sedimentaria (RM-rs) 67
4.2.2.2 Vertiente glacial (V-gl) 67
4.2.2.3 Terraza indiferenciada (Ti) 67
4.2.4 Geodinámica 69
4.2.5.1 Geodinámica Interna 69
4.2.5.2 Geodinámica Externa 69
4.2.5 Hidrogeología 71
4.2.6 Tectónica 73
4.2.7 Peligro sísmico 73
4.2.7.1 Fuentes Sismogénicas 74

4.2.7.2 Recurrencia Sísmica 77

4.2.7.3 Aceleración Máxima Horizontal 77

4.2.7.4 Zonificación sísmica según la Norma E.030 79

4.3 PROCEDIMIENTO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .. 84

4.3.1 Fase 1: Recopilación de Información (Gabinete I) 84

4.3.2 Fase 2: Trabajo de Campo 85

4.3.2.1 Geología local 86

4.3.2.1.1 Geología del Sector 01 - Km 84+030 - 84+100 86

4.3.2.1.2 Geología del Sector 02 - Km 85+940 al 86+160 89

4.3.2.1.3 Geología del Sector 03 - Km 94+050 al 94+100 91

4.3.2.2 Geodinámica externa 93

4.3.2.2.1 Geodinámica del Sector 01- Km 84+030 - 84+100 93

4.3.2.2.2 Geodinámica del Sector 02 - Km 85+940 al 86+160 95

4.3.2.2.3 Geodinámica del Sector 03 - Km 94+050 al 94+100 97

4.3.2.3 Exploraciones Geotécnicas 100

4.3.3 Fase 3: Procesamiento de información (Gabinete II) 103

4.3.3.1 Ensayos de laboratorio 103

4.3.3.2 Refracción sísmica 108

4.3.3.2.1 Sector del Km 84+030 - 84+100 109

4.3.3.2.2 Sector del Km 85+940 al 86+160 113

4.3.3.2.3 Sector del Km 94+050 al 94+100 116

4.3.3.3 Tomografía Geoeléctrica 119

4.3.3.3.1 Sector del Km 84+030 - 84+100 121

4.3.3.3.2 Sector del Km 85+940 al 86+160 122

4.3.3.3.3 Sector del Km 94+050 al 94+100 123

4.3.4 Fase 4: Diseño Geotécnico 124

4.3.4.1 Análisis de Estabilidad de Taludes 125

4.3.4.1.1 Análisis de estabilidad del talud del Sector del Km 84+030 - 84+100 125

4.3.4.1.2 Análisis de estabilidad del talud del Sector del Km 85+940 al 86+160 129

4.3.4.1.3 Análisis de estabilidad del talud del Sector del Km 94+050 al 94+100 132

4.3.5 Fase 5: Propuestas de Soluciones Geotécnicas 135

4.3.5.1 Propuesta de Solución Geotécnica del Sector del Km 84+030 – Km 84+100 .136

4.3.5.1.1 Muro de gaviones H = 6 m – Talud superior 138

4.3.5.1.2 Estabilidad global del talud.....140

4.3.5.2 Propuesta de Solución Geotécnica del Sector del Km 85+940 – Km 86+160 .142

4.3.5.2.1 Muro de gaviones H = 6 m – Talud superior 144

4.3.5.2.2 Estabilidad global del talud.....145

4.3.5.3 Propuesta de Solución Geotécnica del Sector del Km 94+050 al 94+100.....148

4.3.5.3.1 Muro de gaviones H = 6 m – Talud superior 153

4.3.5.3.2 Muro de suelo reforzado H = 7 m – Talud inferior.....154

4.3.5.3.3 Estabilidad global del talud.....156

4.3.5.4 Medidas de drenaje.....*158*

4.3.5.4.1 Cuneta de Coronación.....158

4.3.5.4.2 Cuneta en Banqueta.....158

4.3.5.4.3 Zanja Drenante.....159

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....163

5.1 MECANISMOS DE INESTABILIDAD Y CONTROL GEOTÉCNICO 163

5.2 EFECTO DEL SISMO DE DISEÑO Y UMBRALES DE SEGURIDAD..... 163

5.3 DESEMPEÑO DE LAS ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN 164

5.4 ROL CRÍTICO DEL DRENAJE 164

5.5 LIMITACIONES Y LÍNEAS DE MEJORA..... 165

5.6 CONTRIBUCIONES DEL PRESENTE ESTUDIO 166

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....168

6.1 CONCLUSIONES..... 168

6.2 RECOMENDACIONES 170

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS 171

ANEXOS 174

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1 *Matriz de Consistencia 174*

Anexos 2 *Mapa de Ubicación 174*

Anexos 3 *Mapa de Estratigrafía 174*

Anexos 4 *Mapa de Geología Estructural 174*

Anexos 5 *Mapa de Geomorfología 174*

Anexos 6 *Mapa de Geodinámica Externa 174*

Anexos 7 *Mapa de Hidrogeología 174*

Anexos 8 *Mapa de Geología local 174*

Anexos 9 *Registros de Calicatas 174*

Anexos 10 *Certificados de Laboratorio 174*

Anexos 11 *Ensayos Geofísicos 174*

Anexos 12 *Análisis de Estabilidad de Taludes 174*

Anexos 13 *Memoria de cálculo – Diseño de Muro de gaviones y Muro de Suelo Reforzado (Software Geo5) 174*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Valores de cohesión por tipo de suelo 22*

Tabla 2 *Valores de ángulos de fricción por tipo de suelo 23*

Tabla 3 *Resistencia a la Compresión Simple a partir de índices de campo 26*

Tabla 4 *Parámetros del macizo rocoso 30*

Tabla 5 *Parámetros de SMR 34*

Tabla 6 *Determinación de factor de ajuste F1, F2, F3 ..... 35*

Tabla 7 *Determinación de factor de ajuste F4* *36*

Tabla 8 *Calidad de la roca según SMR* *36*

Tabla 9 *Principales métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes* *40*

Tabla 10 *Matriz operacional de la variable independiente* *49*

Tabla 11 *Matriz operacional de la variable dependiente* *50*

Tabla 12 *Resumen de zonificación Sísmica del Perú* *80*

Tabla 13 *Resumen de los tipos de suelos según el coeficiente de amplificación (S)* *82*

Tabla 14 *Resumen de calicatas ejecutadas* *101*

Tabla 15 *Resumen de Líneas de Refracción Sísmicas ejecutadas* *101*

Tabla 16 *Resumen de Líneas de Líneas de Tomografía Eléctrica ejecutadas* *102*

Tabla 17 *Resumen de ensayos estándar* *104*

Tabla 18 *Resumen de ensayos de corte directo* *106*

Tabla 19 *Resumen de ensayos químicos* *107*

Tabla 20 *Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-01)* *110*

Tabla 21 *Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-02)* *111*

Tabla 22 *Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-01)* *113*

Tabla 23 *Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-02)* *115*

Tabla 24 *Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-01)* *116*

Tabla 25 *Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-02)* *118*

Tabla 26 *Parámetros Geotécnicos del sector del km 84+030 – 84+100* *126*

Tabla 27 *Parámetros Geotécnicos del sector del km 85+940 – 86+160* *129*

Tabla 28 *Parámetros Geotécnicos del sector del km 94+050 – 94+100* *132*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Representación de la envolvente de Mohr Coulomb* *21*

Figura 2 *Representación de la envolvente de Hoek & Brown* *25*

Figura 3 *Estimación del GSI en base a descripciones geológicas* *28*

Figura 4 *Valores de la constante (mi) de la roca intacta* *29*

Figura 5 *Parámetros y valores de la Clasificación de Bieniawski* *33*

Figura 6 *Métodos de análisis de estabilidad de taludes* *39*

Figura 7 *Ubicación del área de estudio* *53*

Figura 8 *Temperatura máxima y mínima – Estación La Quinua* *56*

Figura 9 *Humedad – Estación La Quinua* *56*

Figura 10 *Precipitación – Estación La Quinua* *57*

Figura 11 *Precipitación y temperatura– Estación Pichari* *58*

Figura 12 *Humedad – Estación Pichari* *58*

Figura 13 *Condiciones Climáticas* *59*

Figura 14 *Mapa de Estratigrafía* *63*

Figura 15 *Mapa de Geología Estructural* *66*

Figura 16 *Mapa de geomorfología* *68*

Figura 17 *Mapa de peligros geológicos* *70*

Figura 18 *Unidades hidrogeológicas* *72*

Figura 19 *Fuentes Sismogénicas Superficiales* *75*

Figura 20 *Fuentes Sismogénicas Intermedias y Profundas* *76*

Figura 21 *Distribución de Isoaceleraciones para un periodo de 475 años* *78*

Figura 22 *Zonificación Sísmica del Perú* *83*

Figura 23 *Ubicación del Sector Inestable 01* *87*

Figura 24 *Vista panorámica de escarpas en el talud superior* *88*

Figura 25 *Ubicación del Sector Inestable 02* *89*

Figura 26 *Vista de perfil de la zona de deslizamiento del talud superior* *90*

Figura 27 *Ubicación del Sector Inestable 03* *91*

Figura 28 *Vista panorámica del asentamiento de la plataforma* *92*

Figura 29 *Imagen con dron del Sector 01* *93*

Figura 30 *Vista panorámica de la zona de deslizamiento con evidencia de erosión superficial* *94*

Figura 31 *Imagen con dron del Sector 02* *95*

Figura 32 *Vista de talud con depósitos coluviales, huellas de erosión y acumulación de detritos al pie del talud* *96*

Figura 33 *Imagen con dron del Sector 03* *97*

Figura 34 *Vista de asentamientos de la plataforma vial* *98*

Figura 35 *Vista de talud rocoso con acumulación de derrubios en el pie del talud* *99*

Figura 36 *Perfil sísmico LS-01 - Sector del km 84+030 - 84+100* *109*

Figura 37 *Perfil sísmico LS-02 - Sector del km 84+030 - 84+100* *111*

Figura 38 *Perfil sísmico LS-01 del Sector del km 85+940 - 86+160* *113*

Figura 39 *Perfil sísmico LS-02 - Sector del km 85+940 - 86+160* *114*

Figura 40 *Perfil sísmico LS-01 del Sector del km 94+050 – 94+100* *116*

Figura 41 *Perfil sísmico LS-02 - Sector del km 94+050 – 94+100* *117*

Figura 42 *Línea de tomografía eléctrica Sector del km 84+030 – 84+100* *121*

Figura 43 *Línea de tomografía eléctrica Sector del km 85+940 – 86+160* *122*

Figura 44 *Línea de tomografía eléctrica Sector del km 94+050 – 94+100* *123*

Figura 45 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables* *127*

Figura 46 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables* *128*

Figura 47 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables* *130*

Figura 48 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables* *131*

Figura 49 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables* *133*

Figura 50 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables* *134*

Figura 51 *Configuración geométrica del Muro Gavión* *138*

Figura 52 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión* *140*

Figura 53 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas con diseño geotécnico de Muro gavión* *141*

Figura 54 *Configuración geométrica del Muro Gavión* *143*

Figura 55 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión* *146*

Figura 56 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión* *147*

Figura 57 *Configuración geométrica del Muro Gavión* *149*

Figura 58 *Geometría del Muro de Suelo Reforzado* *152*

Figura 59 *Dimensiones de los refuerzos del Muro de Suelo Reforzado* *152*

Figura 60 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión y Muro de Suelo Reforzado* *156*

Figura 61 *Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión y Muro de Suelo Reforzado* *157*

Figura 62 *Planta general del sistema de drenaje y muro de gavión en el sector km 84+030 – km 84+100* ..*160*

Figura 63 *Planta general del sistema de drenaje y muro de gavión en el sector km 85+940 – km 86+160* ..*161*

Figura 64 *Planta general del sistema de drenaje, muro gavión y muro de suelo reforzado en el sector km 94+050 – km 94+100* *162*

Resumen

La presente investigación se desarrolló en la carretera Quinua – San Francisco, entre las progresivas Km 84+000 y Km 95+000, ubicada en la provincia de La Mar, departamento de Ayacucho. El objetivo principal fue analizar la estabilidad de los taludes en este tramo, con el propósito de proponer soluciones geotécnicas eficaces, seguras, sostenibles.

Para ello, se identificaron y caracterizaron los tipos de suelos y materiales presentes mediante ensayos de laboratorio y análisis in situ. Se evaluó la estabilidad de taludes en tres sectores específicos: Km 84+030 – Km 84+100, Km 85+940 – Km 86+160, y Km 94+050 – Km 94+100, aplicando métodos de equilibrio límite. A partir de los resultados, se propusieron soluciones geotécnicas orientadas a mejorar la estabilidad en los sectores críticos, considerando criterios de seguridad, durabilidad y costo-eficiencia. Asimismo, se formularon recomendaciones técnicas que contribuyan a la seguridad vial y a la sostenibilidad de la infraestructura en el tramo evaluado.

La metodología empleada es aplicada, cuantitativa, no experimental, de tipo explicativo–correlacional, sustentada en modelación determinística mediante el método de equilibrio límite de Morgenstern–Price, permitiendo evaluar el comportamiento del talud bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas y validar técnicamente las soluciones propuestas.

Palabras clave

Estabilidad de taludes, carretera Quinua – San Francisco, depósitos residuales, soluciones geotécnicas, métodos de equilibrio límite.

Abstract

This research was conducted along the Quinua–San Francisco highway, between chainages Km 84+000 and Km 95+000, located in La Mar Province, Ayacucho Department, Peru. The primary objective was to analyze slope stability within this section in order to propose effective, safe, and sustainable geotechnical solutions.

Soil and material types present along the study area were identified and characterized through laboratory testing and in situ investigations. Slope stability analyses were performed in three specific sectors: Km 84+030–Km 84+100, Km 85+940–Km 86+160, and Km 94+050–Km 94+100, using limit equilibrium methods. Based on the results obtained, geotechnical stabilization measures were proposed to improve stability in critical sections, considering safety, durability, and cost-efficiency criteria. In addition, technical recommendations were formulated to enhance road safety and promote the long-term sustainability of the infrastructure within the evaluated segment.

The research methodology was applied, quantitative, non-experimental, and explanatory–correlational in scope. It was supported by deterministic modeling using the Morgenstern–Price limit equilibrium method, enabling the evaluation of slope behavior under both static and pseudo-static conditions and providing technical validation of the proposed solutions.

Keywords: Slope stability, Quinua–San Francisco highway, residual deposits, geotechnical solutions, limit equilibrium methods.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

1.1.1 Descripción de la realidad problemática

La carretera Quinua – San Francisco, ubicada en la provincia de La Mar, departamento de Ayacucho, constituye un eje vial estratégico que integra la sierra con la zona del VRAEM. No obstante, en el tramo comprendido entre las progresivas Km 84+000 y Km 95+000, la vía atraviesa terrenos de topografía abrupta y suelos de baja cohesión, además de estar expuesta a condiciones climáticas adversas, especialmente durante la temporada de lluvias.

En los últimos años, se han registrado numerosos deslizamientos y derrumbes que han provocado interrupciones del tránsito, accidentes vehiculares y un incremento considerable en los costos de mantenimiento. La falta de estudios geotécnicos exhaustivos y de un diseño técnico adecuado de los taludes ha intensificado la problemática, dado que varias secciones presentan pendientes inestables y carecen de obras de estabilización.

Esta situación genera interrupciones prolongadas del tránsito vehicular, riesgo permanente de accidentes por deslizamientos súbitos y un aumento sostenido de los costos asociados al mantenimiento y la atención de emergencias.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 General

La inestabilidad de los taludes en el tramo comprendido entre el Km 84+000 y el Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco, provocado por procesos de geodinámica externa.

1.1.2.2 Específicos

- ✓ Falta de información sobre la caracterización geológica y geotécnica de los materiales que conforman los taludes entre el Km 84+000 y el Km 95+000, situación que dificulta entender las condiciones de inestabilidad.
- ✓ Incertidumbre sobre el nivel de estabilidad de los taludes entre los km 84+030– km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y el km 94+050– 94+100.
- ✓ Ausencia de un portafolio de soluciones geotécnicas para los problemas específicos de inestabilidad identificados en los taludes entre los km 84+030– km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y el km 94+050 – 94+100.
- ✓ Ausencia de lineamientos técnicos y recomendaciones basadas en evidencia que orienten intervenciones futuras.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 General

Evaluar la estabilidad de los taludes en el tramo comprendido entre el Km 84+000 y el Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco, con el fin de proponer soluciones geotécnicas que sean eficaces, seguras, sostenibles y económicamente viables.

1.2.2 Específicos

- ✓ Identificar y caracterizar geológica y geotécnicamente los materiales presentes en los taludes del tramo de estudio mediante ensayos de laboratorio y análisis in situ entre el Km 84+000 y el Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco.
- ✓ Analizar la estabilidad de los taludes de los km 84+030– km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y el km 94+050 – 94+100, utilizando métodos de equilibrio limite
- ✓ Plantear soluciones geotécnicas para los problemas de inestabilidad identificados en los taludes entre los km 84+030– km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y el km 94+050 – 94+100, para mejorar la estabilidad de los taludes, considerando criterios de seguridad, durabilidad y costo-eficiencia.
- ✓ Proponer recomendaciones técnicas a partir de los hallazgos, orientadas a optimizar futuras intervenciones e impulsar líneas de investigación complementaria.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis General

Los taludes ubicados entre las progresivas Km 84+000 y Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco, presentan condiciones de inestabilidad debido a las características geotécnicas de los suelos y a factores ambientales adversos; por lo tanto, la aplicación de soluciones geotécnicas adecuadas permitirá mejorar significativamente su estabilidad y la seguridad de la infraestructura vial.

1.3.2 Hipótesis Específicas

- ✓ La baja cohesión, plasticidad de los suelos y el alto grado de meteorización de los afloramientos rocosos presentes en los taludes entre las progresivas Km 84+000 y Km 95+000 generan condiciones de inestabilidad en el tramo evaluado.
- ✓ El factor geodinámico externo asociado al agua de escorrentía constituye la principal causa de inestabilidad de los taludes, debido al incremento del contenido de humedad, la reducción de la resistencia al corte del suelo y el consecuente descenso del factor de seguridad en el tramo evaluado.
- ✓ La falta de un portafolio de soluciones geotécnicas para los problemas de inestabilidad en los taludes entre los km 84+030–km 84+100, km 85+940–km 86+160, y km 94+050–94+100 se debe a la falta de estudios geotécnicos detallados en esas áreas, lo que impide el desarrollo de soluciones específicas basadas en evidencia.
- ✓ La ausencia de lineamientos técnicos y recomendaciones basadas en evidencia está vinculada a la falta de monitoreo continuo de la estabilidad de los taludes y la falta

de una base de datos histórica que permita la formulación de intervenciones técnicas adaptadas a las condiciones reales del terreno.

1.4 Importancia y alcance de la investigación

La presente investigación reviste gran importancia debido a los problemas de inestabilidad de taludes que afectan de manera recurrente la carretera Quinua – San Francisco, una vía de vital importancia para la conectividad y el desarrollo socioeconómico de la provincia de La Mar y zonas aledañas del departamento de Ayacucho. La presencia de deslizamientos y fallas geotécnicas, especialmente durante la temporada de lluvias, no solo compromete la transitabilidad y seguridad de los usuarios, sino que también genera elevados costos de mantenimiento y reparación.

La presente tesis permite comprender las condiciones geotécnicas específicas del terreno, identificar los factores que influyen en la inestabilidad de los taludes y proponer soluciones técnicas que mejoren la seguridad y sostenibilidad de la infraestructura vial. Además, los resultados de esta investigación pueden servir como base para futuros proyectos de estabilización, planificación vial y desarrollo regional.

La investigación se limita al análisis del tramo comprendido entre los kilómetros 84+000 y 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco, con énfasis en tres sectores críticos: Km 84+030 – 84+100, Km 85+940 – 86+160 y Km 94+050 – 94+100.

El estudio abarca la caracterización geotécnica del suelo, el análisis de estabilidad mediante métodos de equilibrio límite y la formulación de propuestas de solución específicas para cada uno de los 3 sectores.

El enfoque es cuantitativo, de tipo explicativo y correlacional, y no contempla la ejecución de obras, sino la elaboración de propuestas técnicas fundamentadas en evidencia científica.

Los resultados están dirigidos principalmente a las entidades responsables de la gestión y mantenimiento de la infraestructura vial —como gobiernos regionales, municipalidades, Provias o el Ministerio de Transportes y Comunicaciones—, así como a profesionales del área de la ingeniería geológica geotécnica.

1.5 Limitaciones de la Investigación

La presente investigación presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados y conclusiones obtenidos:

Condiciones climáticas variables: Las evaluaciones de campo se realizaron en un período específico del año, por lo que las condiciones climáticas observadas pueden no representar toda la variabilidad estacional.

Acceso restringido a zonas de riesgo: En algunos sectores con alta pendiente o inestabilidad, el acceso físico fue limitado por razones de seguridad, lo que redujo la posibilidad de realizar ensayos o inspecciones más detalladas en esos puntos.

Disponibilidad de recursos técnicos: La investigación se realizó con recursos limitados en cuanto a equipos especializados, lo cual restringió la aplicación de métodos más avanzados de análisis geotécnico (como modelamiento numérico en 3D o ensayos triaxiales avanzados).

Pese a estas limitaciones, se tomaron medidas para asegurar la validez y confiabilidad de los datos obtenidos, mediante el uso de metodologías reconocidas, criterios técnicos actualizados y el análisis riguroso de la información disponible.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

La empresa Vial y Vives – DSD ejecutó entre 2012 y 2016 la rehabilitación y mejoramiento del Tramo 2 de la carretera Quinua – San Francisco, que abarca desde el Km 78+540 hasta el Km 173+270. Las actividades incluyeron corte y perfilado de taludes, transporte y eliminación de material de desecho, mejoramiento de subrasante, y colocación de base granular y mezcla asfáltica en caliente. Este tramo atraviesa altitudes que varían desde los 3,822 m.s.n.m. al inicio hasta los 644 m.s.n.m. al final, lo que implica desafíos geotécnicos y climáticos significativos.

Narva Puris y Ponce Sacco en 2014 evaluó los riesgos potenciales en la carretera Quinua – San Francisco, debido a la falta de señalización adecuada. Aunque el enfoque principal fue la seguridad vial, este estudio destaca la importancia de la infraestructura vial en la prevención de accidentes y podría ser relevante para abordar la seguridad en tramos con problemas de inestabilidad.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET (2019), junto con diversos gobiernos locales, ha desarrollado mapas de peligros geológicos y ha emitido recomendaciones técnicas para la estabilización de taludes en distintas regiones del país. Estos estudios constituyen una base importante para nuevas investigaciones aplicadas en gestión de riesgos geológicos. Sin embargo, se evidencia un vacío específico en el tramo comprendido entre el kilómetro 84+000 y el kilómetro 94+000, donde se han registrado recientemente eventos de inestabilidad de laderas.

A pesar de los estudios antes señalados, aún no se cuenta con investigaciones puntuales relacionadas con la estabilidad de los taludes ubicados entre los kilómetros 84+000

y 95+000 de la Carretera Quinua – San Francisco. Esta carencia de información técnica dificulta la aplicación de estrategias de mitigación apropiadas para evitar deslizamientos y asegurar la transitabilidad en este tramo crítico. En consecuencia, la presente tesis propone desarrollar un análisis exhaustivo sobre la estabilidad de los taludes y determinar las medidas de mitigación más adecuadas, considerando las características propias del terreno.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Criterio de rotura de Mohr – Coulomb

Es un criterio de falla de tipo lineal que describe la resistencia al corte que presenta un material sobre un plano sometido a un estado triaxial de tensiones. A partir de este criterio se establece la relación entre el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante que actúan en el instante en que se produce la rotura. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\tau = c' + \phi' \tan \varphi$$

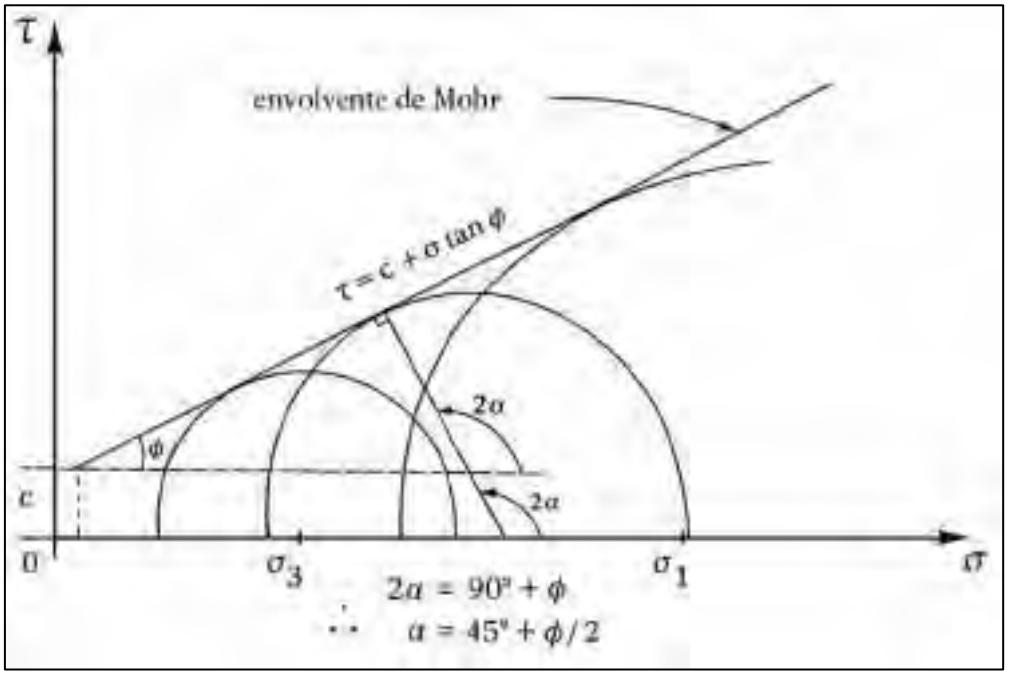
donde:

τ y σ_n son las tensiones tangencial y normal sobre el plano de rotura.

c' y ϕ' son la cohesión efectiva y ángulo de fricción interna efectiva

Figura 1

Representación de la envolvente de Mohr Coulomb



Nota. Tomado de Das, B. M. (2010). *Principles of geotechnical engineering (7th ed.).* Cengage Learning.

Es un criterio de rotura mayormente utilizado para suelos.

a. Cohesión: Es la característica del suelo que hace que sus partículas permanezcan unidas gracias a fuerzas internas, las cuales dependen, entre otros factores, de la cantidad de puntos de contacto que cada partícula establece con las que la rodean. Por ello, a medida que el tamaño de las partículas disminuye y el suelo es más fino, el valor de la cohesión tiende a ser mayor.

Tabla 1

Valores de cohesión por tipo de suelo

COHESIÓN (KPa)	
Arcilla rígida	20 - 25
Arcilla semirígida	8 - 12
Arcilla blanda	0 - 4
Arcilla arenosa	2 - 8
Limo rígido o duro	0 - 5

Nota. Rangos orientativos para fase preliminar. Deben confirmarse con ensayos de laboratorio. Adaptado de *Deutsches Institut für Normung. (s. f.).* DIN 1054: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau [Norma]. (Valores divulgados en CivilGeeks, 2011).

b. Ángulo de Fricción Interna: Es el parámetro que representa la resistencia al deslizamiento de un suelo. Se define como el ángulo cuya tangente corresponde a la relación entre la fuerza que se opone al deslizamiento a lo largo de un plano y la fuerza normal que actúa sobre él. En términos simples, este ángulo mide el grado de rozamiento interno entre las partículas del suelo cuando tienden a moverse una respecto de la otra.

Tabla 2

Valores de ángulos de fricción por tipo de suelo

Tipo de suelo	**Ángulo de fricción interna en función de la densidad inicial (°)**		
	Suelto	**Medianamente denso**	**Compacto**
Limo no plástico	24 – 28	28 – 32	30 – 34
Arena uniforme fina a media	26 – 30	30 – 34	32 – 36
Arena bien graduada	30 – 34	34 – 40	38 – 46
Mezclas de arena y grava	32 – 36	36 – 42	40 – 48
Grava	36 - 40	38 - 42	42 – 50

Nota. La tabla sugiere emplear los valores más bajos de cada rango para los suelos redondeados o para aquellos que poseen partículas débiles y los más elevados para suelos con partículas angulosas y resistentes. Adaptado de *Mecánica de suelos y cimentaciones (5.ª ed.)* por J. E. Bowles, McGraw-Hill, 1984, y Principles of Geotechnical Engineering (7th ed.) por B. M. Das, Cengage Learning, 2010.

Los resultados obtenidos en las pruebas de corte directo, para la presente investigación han mostrado que:

Sector del Km 84+030 - 84+100

- ✓ Cohesión: 8.29 – 18.5 kPa, lo que indica una cohesión baja
- ✓ Ángulo de fricción: 21.1° – 23.0°, lo que sugiere una resistencia a la corte moderada.

Sector del Km 85+940 al 86+160

- ✓ Cohesión: Similar al sector anterior, con valores de cohesión entre 3.91 y 7.90 kPa.
- ✓ Ángulo de fricción: Entre 28.0° y 29.9°, mostrando una resistencia moderada al deslizamiento.

Sector del Km 94+050 al 94+100

- ✓ Cohesión: 8.8 – 13.4 kPa, lo que indica una cohesión moderada.
- ✓ Ángulo de fricción: Entre 26.8° y 27.6°, lo que refleja un mayor ángulo de fricción comparado con los otros sectores.

2.2.2 Criterio de rotura de Hoek & Brown

El criterio de rotura de Hoek y Brown es un modelo no lineal ampliamente utilizado para describir la resistencia de la roca intacta (o matriz rocosa) cuando está sometida a un estado de esfuerzos triaxial. A diferencia de criterios lineales, este enfoque representa con mayor realismo el comportamiento resistente de la roca, ya que considera que la relación entre esfuerzo normal y esfuerzo cortante (o esfuerzos principales) no se mantiene proporcional a medida que aumentan las cargas.

Este criterio se expresa mediante la siguiente formulación matemática:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}\,(m_b\,\frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s)^a$$

donde:

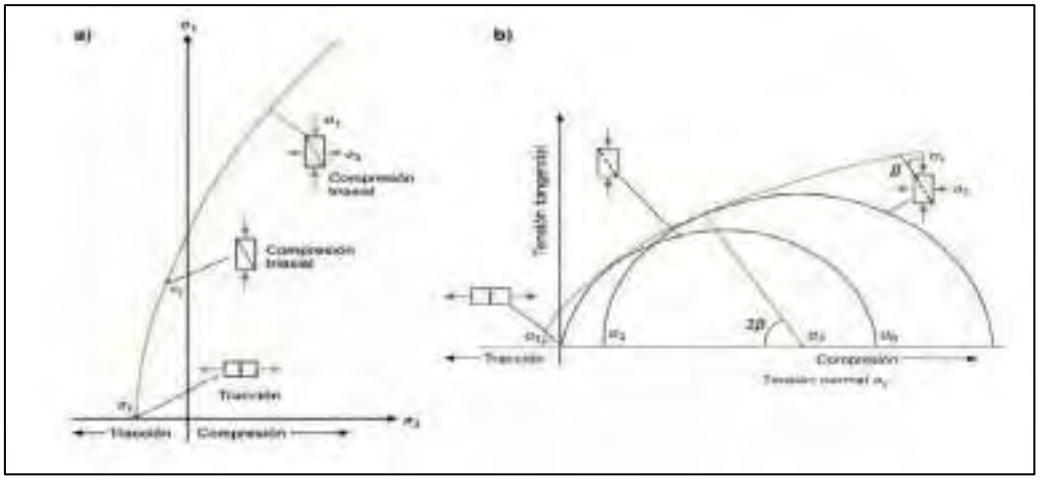
σ_1, σ_3: esfuerzos principal mayor y menor en rotura

σ_{ci}: resistencia a compresión uniaxial de la roca intacta

m_b, s, a: parámetros del macizo rocoso, que puede obtenerse de la bibliografía cuando no sea posible obtenerla a partir de ensayos triaxiales.

Figura 2

Representación de la envolvente de Hoek & Brown



Nota: Tomado de *envolventes de rotura del Criterio de Hoek & Brown* en función de a) Esfuerzo principal b) Esfuerzos normal y tangencial. Hoek, Carranza-Torres, & Corkum, (2002).

Es el máximo esfuerzo de compresión axial, aplicado en una sola dirección, que un material puede soportar antes de romperse. A esta propiedad también se le denomina resistencia a la compresión no confinada.

En el caso de las rocas, la resistencia a la compresión uniaxial (UCS) puede estimarse directamente en campo utilizando golpes con el martillo geológico, siguiendo los criterios establecidos en el cuadro siguiente.

Tabla 3

Resistencia a la Compresión Simple a partir de índices de campo

Resistencia Estimada en Campo	Descripción	Resistencia (MPa)
La roca se desintegra con un golpe firme del martillo y puede rayarse o escarbarse fácilmente con una cuchilla.	Muy blanda	1 – 5
Puede escarbarse con dificultad con una cuchilla y, con un golpe firme, es posible marcarla con la punta del martillo.	Blanda	5 – 25
Se rompe con un golpe firme del martillo y ya no puede escarbarse con una cuchilla.	Moderadamente dura	25 – 50
Requiere más de un golpe del martillo para fracturarse.	Dura	50 – 100
Necesita muchos golpes para romperse.	Muy dura	100 – 250

Resistencia Estimada en Campo	Descripción	Resistencia (MPa)
El martillo prácticamente no la rompe; sólo se obtienen pequeñas esquirlas o astillas.	Extremadamente dura	>250

Nota. Adaptado de *Rock mass classification and slope stability* por M. R. Romana, Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics, Zacatecas, 1985, y Practical Rock Engineering por E. Hoek, Rocscience, 2006.

El Índice de Resistencia Geológica (GSI) es una herramienta propuesta por Hoek (1994) para describir la calidad de un macizo rocoso y así estimar mejor su resistencia, especialmente dentro del criterio generalizado de Hoek–Brown. Este índice surgió como una alternativa práctica para superar algunas limitaciones que presentaba el uso directo del sistema RMR cuando se busca representar el comportamiento real del macizo.

La estimación del GSI se apoya principalmente en dos componentes:

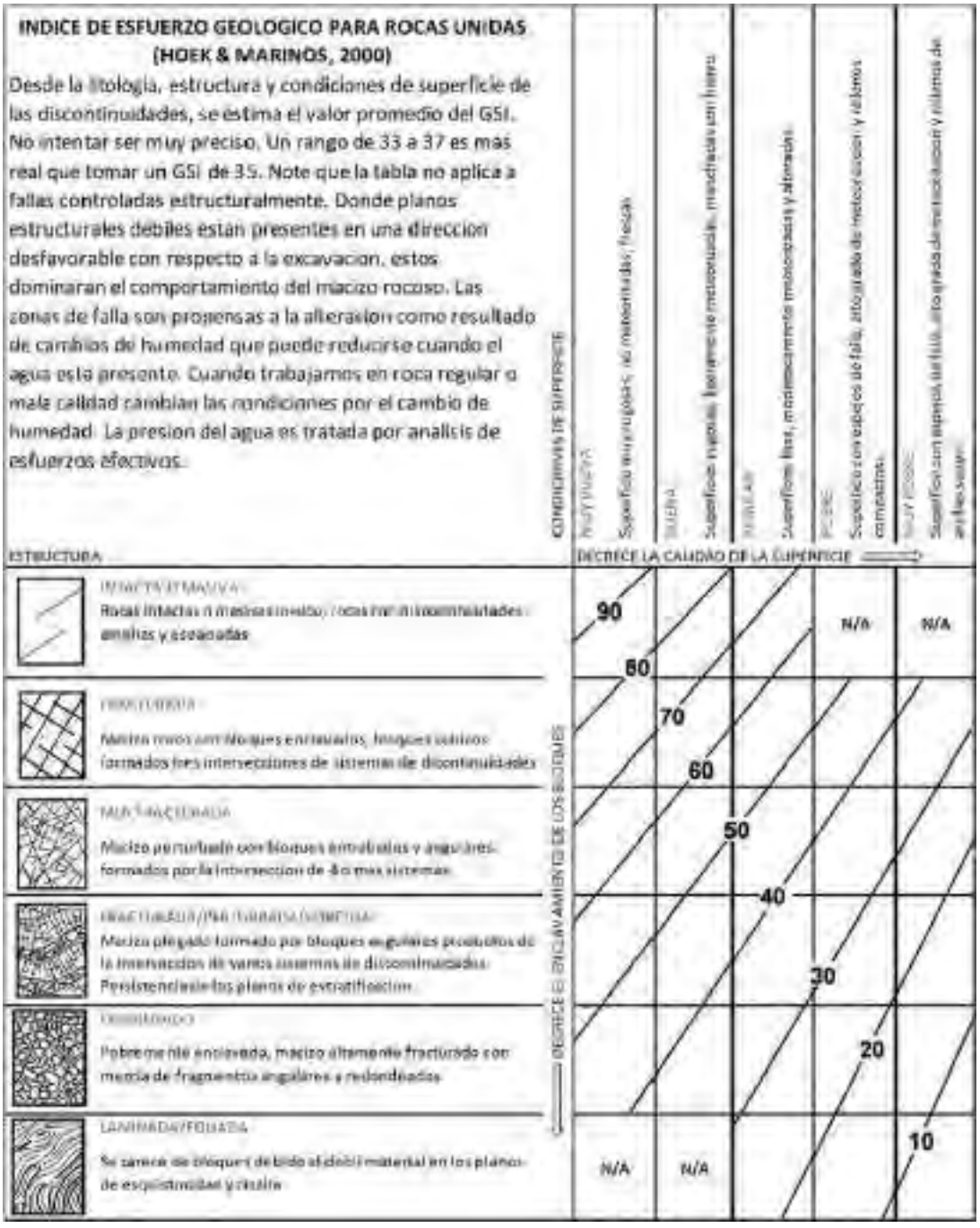
Estructura del macizo rocoso (RMS): se evalúa según el grado de fracturamiento y qué tan bien “encajan” o están trabados los bloques entre sí.

Condición de las discontinuidades (JC): considera el estado de las juntas o planos de debilidad (rugosidad, alteración, apertura, relleno, etc.).

En la práctica, el valor de GSI se obtiene mediante observación directa en campo, analizando tanto las discontinuidades como el aspecto general del macizo, y comparándolo con el cuadro o carta de clasificación correspondiente para asignar el rango más representativo.

Figura 3

Estimación del GSI en base a descripciones geológicas



Nota. Adaptado de *Practical Rock Engineering* por E. Hoek, Rocscience, 2006. Basado en el trabajo original de Hoek y Marinos (2000).

Figura 4

Valores de la constante (mi) de la roca intacta

Tipo de Roca	Clase	Grupo	Textura			
			Gruesa	Media	Fina	Muy Fina
SEDIMENTARIAS	Clásticas		Conglomerado (22)	Arenisca 19	Limolita 9	Arcillolita 4
				← Grauwaca → (18)		
	No Clásticas	Orgánicas		← Creta → 7		
				← Carbón → (8 – 21)		
		Carbonatos	Brechas (20)	Caliza Esparítica (10)	Caliza Micrítica 8	
		Químicas		Yeso 16	Anhidrita 13	
METAMORFICAS	No Foliadas		Mármol 9	Rocas Córneas (19)	Cuarcita 24	
	Levemente Foliadas		Migmatita (30)	Anfibolita 25 - 31	Milonitas (6)	
	Foliadas		Gneiss 33	Esquistos 4 – 8	Filitas (10)	Pizarras 9
IGNEAS	Intrusivas	Claras	Granito 33 Granodiorita (30)		Riolita (16) Dacita (17)	Obsidiana (19)
		Oscuras	Diorita (28) Gabbro 27 Norita 22	Dolerita (19)	Andesita 19 Basalto (17)	
	Extrusivas Pioroclásticas		Aglomerados (20)	Brechas (18)	Tobas (15)	

Nota. Tomado de *Ingeniería Geológica* por L. W. Deere y A. R. Deere, en Rock Quality Designation (RQD) and its Application in Engineering Geology (ISRM, 1988).

Los parámetros presentados describen un macizo rocoso de calidad intermedia, con resistencia y deformabilidad moderadas. El valor de GSI = 55 indica un grado de fracturamiento medio, mientras que el factor de disturbación D = 0.7 refleja un nivel considerable de daño inducido por el método constructivo, lo que influye directamente en la reducción de los parámetros resistentes del macizo (mb, s y a) y en el módulo de deformación equivalente.

Tabla 4

Parámetros del macizo rocoso

Parámetro	**Símbolo**	**Valor**	**Unidad**
Resistencia a compresión simple de la roca intacta	(UCS)	31	MPa
Constante del material intacto	mi	7	–
Índice de Calidad Geomecánica	GSI	55	–
Factor de Disturbación	D	0.7	–

Nota. Parámetros obtenidos a partir de ensayos de laboratorio, levantamiento geomecánico de campo y correlaciones según Hoek & Brown (2002).

2.2.3 Clasificación Geomecánica de Bieniawski (RMR)

El sistema de clasificación RMR (Rock Mass Rating), propuesto inicialmente por Bieniawski en 1973 y posteriormente actualizado en 1979 y 1989, constituye uno de los métodos más empleados para valorar la calidad geomecánica de un macizo rocoso. Esta metodología permite relacionar dicha calidad con diversos parámetros geotécnicos relevantes para el comportamiento del macizo.

El índice RMR se obtiene a partir de la evaluación de varios aspectos fundamentales del macizo rocoso, entre los que destacan:

- ✓ La resistencia a compresión simple de la roca intacta.
- ✓ El grado de fracturamiento, expresado mediante el valor del RQD.
- ✓ La separación existente entre las diferentes discontinuidades.
- ✓ El estado físico y mecánico de dichas discontinuidades.
- ✓ Las condiciones hidrogeológicas presentes.
- ✓ La orientación de las discontinuidades respecto al plano de excavación.

La combinación ponderada de estos parámetros permite obtener un valor numérico, denominado índice RMR, cuyo rango oscila entre 0 y 100, y que refleja el comportamiento geomecánico general del macizo.

Para aplicar este método, se segmenta el macizo rocoso en sectores que presenten características relativamente homogéneas, basándose en las observaciones realizadas durante el trabajo de campo. En cada uno de estos segmentos se registran y analizan las características de las discontinuidades y de la roca matriz.

El parámetro RQD (Rock Quality Designation), desarrollado por Deere entre 1963 y 1967, constituye un indicador esencial para el cálculo del RMR. En taludes donde no se

dispone de testigos de perforación diamantina, el RQD puede estimarse mediante dos alternativas:

A partir del conteo de fisuras por metro lineal identificado durante el levantamiento litológico y estructural en el área de estudio, aplicando la correspondiente relación matemática.

El parámetro RQD puede estimarse mediante la expresión:

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

$$donde\ \lambda = \frac{N^{o}\ de\ fisuras}{Espacio}$$

donde:

λ=(N^∘ " de fisuras")/"Espacio"

Otra alternativa para determinar el RQD, especialmente cuando no se dispone de perforaciones con recuperación de testigos, es calcularlo a partir del número de discontinuidades por metro cúbico (Jv), identificado durante el levantamiento litológico y estructural del macizo rocoso. En el caso de rocas sin presencia de arcilla, se considera convencionalmente que RQD = 100 cuando Jv < 4.5.

En este método, el RQD puede aproximarse mediante:

RQD=115-3.3(Jv)

El valor de Jv se obtiene sumando la cantidad de fracturas por metro que intersectan de manera independiente los tres ejes de un cubo imaginario dentro del volumen rocoso analizado. Es importante evitar contabilizar la misma fisura en más de un eje.

Figura 5

Parámetros y valores de la Clasificación de Bieniawski

1	Resistencia de la matriz rocosa (MPa)	Ensayo de carga puntual	>10	10-4	4 - 2	2 - 1	Compresión simple (MPa)		
		Compresión simple	>250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25-5	5-1	<1
	Puntuación		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%		
	Puntuación		20	17	13	6	3		
3	Separación entre diaclasas		> 2m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6 m	0,06-0,2 m	<0,06 m		
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	>20 m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0,1 mm	0,1 - 1,0 mm	1 - 5 mm	>5 mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5 mm	Relleno duro >5 mm	Relleno blando <5 mm	Relleno blando >5 mm		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	<10 litros/min	10 25 litros/min	25 - 125 litros/min	>125 litros/min		
		Relación: Presión de agua/tensión principal mayor	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	>0,5		
		Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
	Puntuación		15	10	7	4	0		

Corrección por la orientación de las discontinuidades

Dirección y buzamiento		Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables
Puntuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Nota. Tomado de *Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering* por Z. T. Bieniawski, Wiley, 1989.

2.2.4 Clasificación Geomecánica de Romana (SMR)

La clasificación geomecánica SMR (Slope Mass Rating) corresponde a una modificación del sistema RMR desarrollada por Manuel Romana en 1985, cuyo propósito es ofrecer una estimación más precisa del comportamiento de los taludes excavados en roca.

Este método considera variables como la orientación del buzamiento, así como el ángulo y dirección del buzamiento de cada conjunto de discontinuidades (aj, bj) y del propio talud analizado (as, bs).

El índice SMR se obtiene mediante la combinación del valor de RMR con cuatro factores adicionales, siguiendo la expresión:

$$SMR = RMR + (F1 \times F2 \times F3) + F4$$

El factor F1 está relacionado con el grado de paralelismo entre la orientación del talud y la de las discontinuidades; el F2 se asocia con el ángulo de buzamiento de la familia de juntas; y el F3 refleja la diferencia entre el buzamiento del talud y el de la discontinuidad. El producto de estos tres parámetros constituye el llamado factor de corrección o ajuste.

Tabla 5

Parámetros de SMR

Parámetros del SMR			
Dirección de buzamiento de la discontinuidad	a_j	Buzamiento de la discontinuidad	b_j
Dirección de buzamiento del talud	a_s	Buzamiento del talud	b_s

Nota. Adaptado de *Rock mass classification and slope stability* por M. R. Romana, Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics, Zacatecas, 1985.

Tabla 6

Determinación de factor de ajuste F1, F2, F3

Determinación del factor de ajuste F_1						
Caso		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	as - aj	> 30°	30° - 20°	20° - 10°	10° - 5°	< 5°
Volteo	as – aj - 180					
Valores de F_1		0.15	0.4	0.7	0.85	1
Determinación del factor de ajuste F_2						
Caso		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	bj	< 20°	20° – 30°	30° – 35°	35° - 45°	> 45°
Valores de F_2		0.15	0.4	0.7	0.85	1
Determinación del factor de ajuste F_3						
Caso		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	bj - bs	< 10°	10° – 0°	0°	0° - (10°)	> -10°
Volteo	bj + bs	< 110°	110° – 120°	> -120°	-	-
Valores de F_3		0	-6	-25	-50	-60

Nota. Adaptado de *Rock mass classification and slope stability* por M. R. Romana, Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics, Zacatecas, 1985.

Tabla 7

Determinación de factor de ajuste F4

Factor de Ajuste según el Método de Excavación F_4					
Método	Talud Natural	Pre-Corte	Voladura controlada	Voladura regular	Voladura deficiente
F_4	15	10	8	0	-8

Nota. Adaptado de *Rock mass classification and slope stability* por M. R. Romana, Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics, Zacatecas, 1985.

Tabla 8

Calidad de la roca según SMR

CLASE	**V**	**IV**	**III**	**II**	**I**
ROCA	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy Buena
SMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunas cuñas	Ninguna

Nota. Las rocas se agrupan en cinco clases dependiendo del valor del índice SMR designándolas como muy buenas, buenas, regulares, malas y muy malas. Adaptado de *Rock mass classification and slope stability* por M. R. Romana, Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics, Zacatecas, 1985.

El valor de RMR de 35 indica, que la masa rocosa es de calidad baja a moderada. Esto sugiere que la roca es moderadamente fracturada con una resistencia a la compresión limitada. Aunque la roca no es completamente inestable, presenta riesgos moderados en términos de deslizamientos o fallas estructurales, especialmente bajo condiciones adversas como presencia de agua o cargas excesivas.

El valor de SMR de 40 indica una estabilidad moderada en términos de deslizamientos y fallas en taludes o excavaciones. La roca tiene una fracturación moderada, pero no tan grave como para ser completamente inestable. Aun así, hay riesgo de deslizamientos o fallas si las condiciones se vuelven más desfavorables, como la presencia de agua o la aplicación de cargas adicionales.

En conclusión, el uso combinado de los índices RMR y SMR ha permitido evaluar de manera efectiva la calidad y estabilidad de la masa rocosa en el área de estudio.

2.3 Criterios para el Análisis de Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes es un aspecto crítico en la construcción de carreteras, debido a las excavaciones y cortes que modifican el equilibrio natural del terreno. El análisis de estabilidad busca garantizar la seguridad estructural y funcional de los taludes naturales y artificiales, mediante la identificación de mecanismos de falla, la evaluación de su susceptibilidad frente a factores desencadenantes y la selección de soluciones de estabilización técnica y económicamente viables.

En el contexto peruano, el Manual de Carreteras (MTC, 2013) establece criterios técnicos para el diseño y excavación de taludes, clasificando los materiales en función de su comportamiento mecánico (roca fija, roca suelta, suelos consolidados, materiales sueltos, entre otros). La inclinación del talud se define de acuerdo con la naturaleza del material y la altura de corte, determinando si basta con un diseño estándar o si es obligatorio un análisis de estabilidad detallado.

Para la verificación de la estabilidad, se aplican métodos de análisis (como equilibrio límite y técnicas numéricas), que permiten estimar el factor de seguridad (FS) y evaluar el comportamiento frente a cargas propias, presiones de poro, sismos y condiciones hidrológicas.

Estos criterios garantizan diseños seguros, confiables y sostenibles, reduciendo riesgos de deslizamientos y fallas en la infraestructura vial.

Figura 6

Métodos de análisis de estabilidad de taludes



Nota. Tomado de *Slope Stability and Stabilization Methods* (2.ª ed.), por L. W. Abramson, T. S. Lee, S. Sharma y G. M. Boyce, John Wiley & Sons, 2002.

Tabla 9

Principales métodos de Análisis de Estabilidad de Taludes

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
Talud infinito	Rectas	Fuerzas	Representa un "bloque" delgado que desliza; muy usado en suelos superficiales y cuando hay infiltración o nivel freático.
Ordinario o de Fellenius (Fellenius1927)	Circulares	Fuerzas	Método simple por dovelas; no considera las fuerzas entre dovelas, por lo que suele dar una aproximación inicial conservadora.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos	Resuelve el equilibrio principalmente por momentos; asume cortante entre dovelas nulo (simplificación clásica).
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas	Permite superficies no circulares; supone sin cortante entre dovelas, útil para geometrías más

Método	Superficies de Falla	Equilibrio	Características
			generales.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps Of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas	Considera interacción entre dovelas con una dirección coherente con la superficie del terreno (aproximación práctica).
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Cumple simultáneamente equilibrio de fuerzas y momentos; supone que la inclinación de fuerzas laterales es constante en todas las dovelas (se determina en el cálculo).
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Método general y robusto; las fuerzas entre dovelas se representan con una función asumida por el analista, ofreciendo alta flexibilidad y precisión.

Nota. Adaptado de *Slope Stability and Stabilization Methods* (2.ª ed.), por L. W. Abramson, T. S. Lee, S. Sharma y G. M. Boyce, John Wiley & Sons, 2002.

El método seleccionado para el análisis de estabilidad de taludes en la presente investigación es el método de Morgenstern y Price, que es un método determinístico de equilibrio límite ampliamente reconocido a nivel internacional por su capacidad para representar condiciones complejas de carga y geometría. Su aplicación permite obtener resultados confiables y coherentes con los estándares nacionales e internacionales de ingeniería geotécnica, lo que lo convierte en una herramienta sólida para el diseño y la toma de decisiones en obras de infraestructura vial.

Se diferencia de otros métodos clásicos (Bishop, Janbu, Fellenius) porque satisface simultáneamente el equilibrio de fuerzas horizontales y verticales y el equilibrio de momentos. Este método discretiza el talud en rebanadas e incorpora fuerzas interrebanadas normales y tangenciales. Mediante una función de interrelación cierra el sistema de equilibrio. Luego calcula iterativamente el factor de seguridad satisfaciendo equilibrio simultáneo de fuerzas y momentos.

2.4 Definición de términos

Asentamiento:

Corresponde a un desplazamiento vertical progresivo que suele afectar a los suelos, generado por variaciones en los esfuerzos internos del terreno. Se manifiesta como la modificación del nivel de una fundación.

Badén:

Depresión construida generalmente con revestimiento de concreto, diseñada para permitir el paso controlado de flujos de lodo, arrastre de sedimentos o cursos temporales de agua durante épocas de lluvia.

Calicata:

Método de exploración del subsuelo que consiste en abrir excavaciones en materiales finos o granulares con el fin de observar directamente la estratigrafía, identificar el nivel freático, caracterizar contactos suelo–roca.

Cuneta:

Canal de sección triangular, trapezoidal o circular, usualmente revestido con concreto para evitar infiltraciones y facilitar el drenaje de aguas superficiales. Se construye por tramos separados por juntas.

Cuneta de coronación:

Es una zanja superficial de pequeñas dimensiones ubicada en la parte superior de los taludes. Su propósito es interceptar y desviar el agua que discurre por la superficie del terreno, reduciendo así la erosión y la infiltración que podrían afectar la estabilidad del talud.

Depósito aluvial:

Acumulación de sedimentos transportados y posteriormente depositados por corrientes de agua, conformados por materiales como arenas, gravas y limos que han sido trasladados desde su origen a zonas más bajas.

Grietas tensionales:

Son fracturas que aparecen en la parte superior de los taludes como resultado de esfuerzos de tensión generados durante su deformación. Su presencia suele anticipar la formación de futuros planos de falla y posibles movimientos inestables.

Depósito coluvial:

Corresponde a la acumulación de sedimentos que han sido movilizados y depositados principalmente por acción gravitacional. Estos materiales, generalmente ubicados al pie de las laderas, provienen del desprendimiento o desplazamiento de fragmentos desde niveles superiores.

Derrumbe:

Es un tipo de movimiento en masa caracterizado por la caída rápida de bloques de roca o masas de suelo debido a una disminución de la resistencia al corte. Ocurre con frecuencia en áreas con pendientes pronunciadas y no suele presentar una superficie definida de rotura.

Deslizamiento:

Movimiento descendente de materiales de suelo o roca a lo largo de un plano o zona de ruptura. Durante este proceso, la masa desplazada conserva de manera aproximada su forma y estructura original.

Ladera:

Superficie inclinada del terreno que presenta variaciones marcadas en altura. Se forma de manera natural por la acción continua de procesos geodinámicos internos y externos.

Muro de concreto armado:

Estructura empleada para contención o protección, elaborada con concreto reforzado generalmente con resistencias entre 210 y 280 kg/cm², vertido alrededor de una armadura de acero que proporciona rigidez y capacidad estructural adicional.

Muro de gaviones:

Elemento de contención constituido por cajas prismáticas de malla metálica de triple torsión, galvanizada en varias capas para asegurar durabilidad. Estas cajas se rellenan con rocas seleccionadas, actuando como estructuras flexibles y permeables utilizadas para estabilizar taludes o controlar erosión.

Muro de suelo reforzado:

Es un tipo de estructura de contención formada por un paramento frontal cuyos elementos están unidos o anclados en la parte posterior mediante paños de malla hexagonal de doble torsión. Estos refuerzos se insertan en el terreno, generando un sistema de suelo reforzado. La malla actúa principalmente por fricción y por el engranamiento mecánico con las partículas del suelo, lo que le permite resistir los esfuerzos aplicados.

Reconformación del terreno:

Método de estabilización empleado, sobre todo, en taludes asociados a carreteras. Consiste en retirar material de la parte alta del talud, realizar cortes con banquetas y reconfigurar la pendiente con el fin de reducir cargas, eliminar zonas agrietadas y mejorar la estabilidad general. Estas labores se llevan a cabo con maquinaria como excavadoras y

tractores, complementándose con medidas de protección superficial para evitar erosión y deslizamientos ocasionados por escorrentía o infiltración de agua.

Refracción sísmica:

Técnica geofísica utilizada para estudiar las condiciones del subsuelo —como grado de alteración, meteorización, fracturación y capacidad portante de los materiales— mediante el análisis de la propagación de ondas sísmicas. El método registra los tiempos en que dichas ondas llegan a los geófonos alineados en superficie y ubicados a distancias conocidas, formando un arreglo denominado línea de refracción o tendido sísmico.

Subdrenes:

Sistemas destinados a evacuar o controlar el agua subterránea con el propósito de reducir o evitar el incremento de las presiones de poro. Al disminuir estas presiones, la resistencia al corte del suelo aumenta, contribuyendo a la estabilidad de la estructura o talud.

Suelo residual:

Corresponde a un tipo de suelo que se forma directamente sobre la roca madre como resultado de procesos de meteorización y descomposición en el propio lugar donde se origina. Este material no ha sido removido ni transportado desde su ubicación original y permanece en contacto directo con las condiciones ambientales (Blight, Wardle & Fourie, 1997).

Talud:

Superficie del terreno que presenta una inclinación respecto al plano horizontal, cuya pendiente puede ser producto de procesos naturales o de modificaciones realizadas por actividades humanas.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación corresponde a una investigación aplicada de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y alcance explicativo–correlacional, orientada a la evaluación integral de la estabilidad de taludes en infraestructura vial. El estudio se sustenta en la caracterización geológica, geotécnica e hidrogeológica del tramo de interés mediante recopilación de antecedentes, levantamiento de información en campo, exploraciones directas (calicatas), ensayos de laboratorio para la determinación de parámetros resistentes (c' y φ') y técnicas geofísicas complementarias. A partir de estos insumos se construyeron modelos geotécnicos representativos y se ejecutó modelación determinística bajo el marco de la teoría de Equilibrio Límite, empleando procedimientos como Morgenstern–Price, con el fin de estimar el Factor de Seguridad (FS) y analizar superficies potenciales de falla en condiciones estáticas y pseudoestáticas. El carácter explicativo se justifica porque se busca identificar los mecanismos y causas de inestabilidad (por ejemplo, reducción de resistencia al corte e incremento de presiones de poros), mientras que el componente correlacional se evidencia al relacionar cuantitativamente las variables geotécnicas y condiciones externas (agua, geometría, acción sísmica) con la respuesta del sistema (variación del FS). Finalmente, el carácter aplicado se concreta en la formulación y verificación de alternativas de estabilización geotécnica, evaluadas comparativamente mediante escenarios “antes–después” en los modelos, para seleccionar propuestas que incrementen el FS y mejoren el desempeño y la seguridad del tramo analizado.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 La Población

Está conformada por el área total de influencia directa del deslizamiento, en la carretera Quinua – San Francisco, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho (11 km).

3.2.2 Muestra

Para la muestra se considera tres sectores de la carretera Quinua – San Francisco, las cuales se precisan a continuación:

- ✓ Sector 1: Progresivas 84+030 al 84+100
- ✓ Sector 2: Progresivas 85+940 al 86+160
- ✓ Sector 3: Progresivas 94+050 al 94+100

3.3 Operacionalización de Variables

3.3.1 Variable Independiente (VI)

Características geotécnicas y condiciones externas del talud

Definición conceptual:

Conjunto de propiedades físicas, mecánicas y ambientales que influyen directamente en el comportamiento y estabilidad de los taludes, incluyendo la composición del suelo, su resistencia, geometría, presencia de agua y efectos sísmicos.

Definición operacional:

Se mide a través de ensayos de laboratorio, evaluaciones de campo, análisis geotécnicos y datos climáticos que permiten cuantificar los parámetros del suelo, la infiltración de agua, la pendiente del talud y la aceleración sísmica aplicable.

Tabla 10

Matriz operacional de la variable independiente

Dimensión	Indicadores	Escala	Técnicas / Instrumentos
Propiedades físicas del suelo	Humedad natural, Densidad seca, Granulometría	Numérica (%, g/cm³, mm)	Ensayos de laboratorio (ASTM/AASHTO)
Propiedades mecánicas del suelo	Cohesión (c), Ángulo de fricción interna (φ), Resistencia al corte	Numérica (kPa, grados)	Corte directo
Características ambientales	Precipitación, Infiltración, Nivel freático	Numérica (mm/año)	Datos climatológicos, inspección de campo
Geometría del talud	Altura, Ángulo de inclinación, Estratificación	Métrica (m, °)	Levantamiento topográfico, mapeo geológico
Condición sísmica	Aceleración Pico Horizontal (PGA)	Numérica (g)	Mapas sísmicos / normativa
Estado del material	Grado de meteorización, plasticidad	Cualitativa / Numérica (IP)	Ensayo de límites de Atterberg

Nota. Tabla elaborada por el autor a partir de trabajo de campo.

3.3.2 Variable Dependiente (VD)

Estabilidad del talud

Definición conceptual:

Condición en la que un talud mantiene su equilibrio frente a cargas estáticas y dinámicas, determinada por su factor de seguridad y por la probabilidad de presentar fallas o deslizamientos.

Definición operacional:

Se evalúa mediante el cálculo del factor de seguridad en condiciones estáticas y sísmicas utilizando métodos de equilibrio límite y observaciones de campo para identificar signos de inestabilidad.

Tabla 11

Matriz operacional de la variable dependiente

Dimensión	Indicadores	Escala	Técnicas / Instrumentos
Estabilidad estática	Factor de seguridad (FS estático)	Numérica (FS ≥ 1.5)	Análisis con software geotécnico (SLIDE)
Estabilidad pseudoestática	Factor de seguridad (FS sísmico)	Numérica (FS ≥ 1.1)	Análisis con software geotécnico (SLIDE)

Dimensión	Indicadores	Escala	Técnicas / Instrumentos
Comportamiento del talud	Evidencia de deformación, grietas, hundimientos	Cualitativa / Descriptiva	Inspección visual de campo
Respuesta de soluciones geotécnicas	Incremento del FS luego de aplicar medidas	Numérica (ΔFS)	Comparación antes/después mediante modelación
Condición del drenaje	Presencia o ausencia de infiltración o escorrentía superficial	Cualitativa	Observación directa

Nota. Tabla elaborada por el autor a partir de trabajo de campo.

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

4.1 Información General de Sitio

4.1.1 Ubicación y Accesibilidad

El área analizada se sitúa entre las progresivas comprendidas entre el Km 84+000 y el Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco, dentro de la provincia de La Mar, en el departamento de Ayacucho (ver **Anexo 2**). El ingreso a la zona del proyecto se realiza por vía terrestre, a través de la carretera de penetración Ayacucho – Tambo – San Francisco, y por el sector oriental mediante la ruta Quillabamba – Kimbiri. Para el desarrollo del estudio se distinguen tres sectores principales.

- ✓ Sector 1 Progresivas 1: 84+030 al 84+100
- ✓ Sector 2 Progresivas 2: 85+940 al 86+160
- ✓ Sector 3 Progresivas 3: 94+050 al 94+100

Figura 7

Ubicación del área de estudio



Nota. Adaptado de *Google Earth (s.f.).* Se identificaron y delimitaron los 3 sectores inestables en la zona de estudio.

4.1.2 Geografía

La geografía se caracteriza por una variedad de pisos altitudinales comenzando en altitudes de 3 822 m.s.n.m. y descendiendo hasta 644 m.s.n.m., lo que refleja un evidente paso desde la zona altoandina hacia la ceja de selva y la selva alta. Un aspecto importante de su geografía es la presencia de la Carretera Quinua – San Francisco, una vía estratégica que atraviesa esta provincia y cumple un papel clave en la conexión entre la sierra y la selva ayacuchana.

4.1.3 Clima

El área del proyecto, situada en la cordillera de los Andes, presenta elevada heterogeneidad fisiográfica que, junto con la exposición de vertientes, configura marcados contrastes climáticos en función de la altitud. La caracterización se organiza por pisos:

1) Piso templado semiseco (1 500–3 000 m s. n. m., flanco oriental). Predomina un régimen semiseco con humedad disponible durante todo el año. Se observa estacionalidad pluviométrica moderada, amplitud térmica diaria contenida y alta frecuencia de nubosidad orográfica. En términos operativos, este piso permite campañas de campo prolongadas, aunque requiere planificar frente a episodios convectivos puntuales.

2) Piso templado lluvioso con invierno seco (2 000–3 500 m s. n. m., flanco oriental). Presenta máximos de precipitación en verano–otoño y un mínimo marcado en invierno. La combinación de suelos saturables y eventos de lluvia intensa eleva el potencial de inestabilidad de laderas y reduce las ventanas seguras para instrumentación. Los dominios operativos para la cartografía del proyecto se han dividido de acuerdo a la notación de Thornthwaite empleada por el SENAMHI.

1) Lluvioso con otoño e invierno secos. Frío. (B(o,i)C’)

- ✓ Temperatura máxima: 9–19 °C
- ✓ Temperatura mínima: −3–3 °C
- ✓ Precipitación anual: ~500–1 200 mm

2) Semiseco con humedad abundante todo el año. Templado. (C(r)B’)

- ✓ Temperatura máxima: 21–25 °C
- ✓ Temperatura mínima: 7–11 °C
- ✓ Precipitación anual: ~700–2 000 mm

4.1.4 Información hidrometeorológica

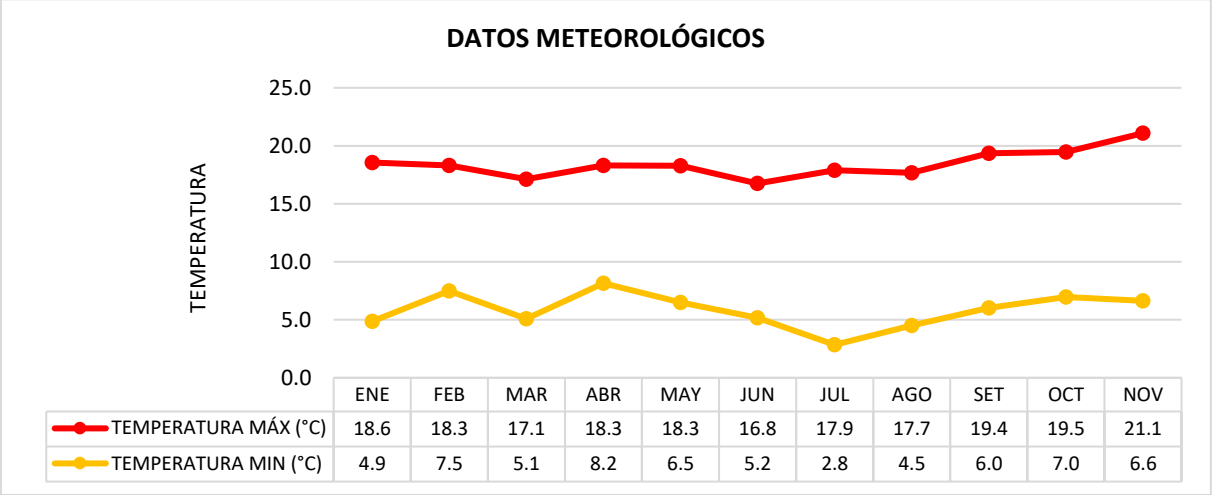
Los datos hidrometeorológicos utilizados en esta investigación provienen de las estaciones de La Quinua (Ayacucho) y Pichari (Cusco), ubicadas en zonas cercanas al área de estudio. Esta información corresponde al año 2025, abarcando los meses de enero a noviembre. La relevancia de estas estaciones radica en su proximidad geográfica y su capacidad para reflejar las condiciones climáticas representativas de la región. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada estación para las variables meteorológicas clave.

Estación La Quinua:

Temperatura máxima y mínima: Se presentan las fluctuaciones diarias de las temperaturas, tanto máximas como mínimas, a lo largo del periodo de estudio. Los datos son esenciales para comprender las variaciones térmicas y su impacto en el ecosistema local.

Figura 8

Temperatura máxima y mínima – Estación La Quinua

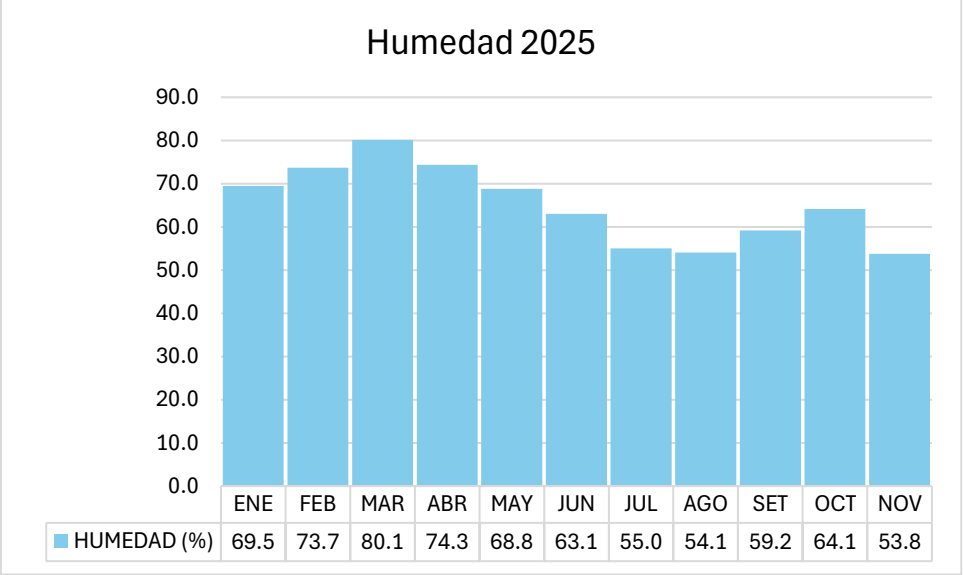


Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2025).

Humedad: Los registros de humedad relativa proporcionan una visión completa de las condiciones de humedad.

Figura 9

Humedad – Estación La Quinua

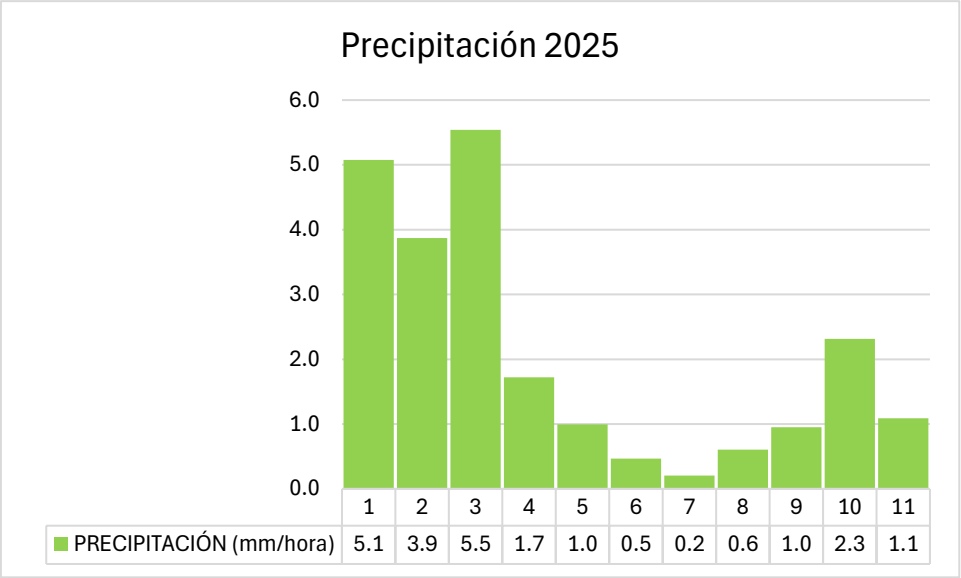


Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2025).

Precipitación: La precipitación es una variable fundamental en estudios hidrometeorológicos. En este caso, se registran las variaciones de lluvia durante el año, permitiendo evaluar la intensidad y frecuencia de las precipitaciones.

Figura 10

Precipitación – Estación La Quinua



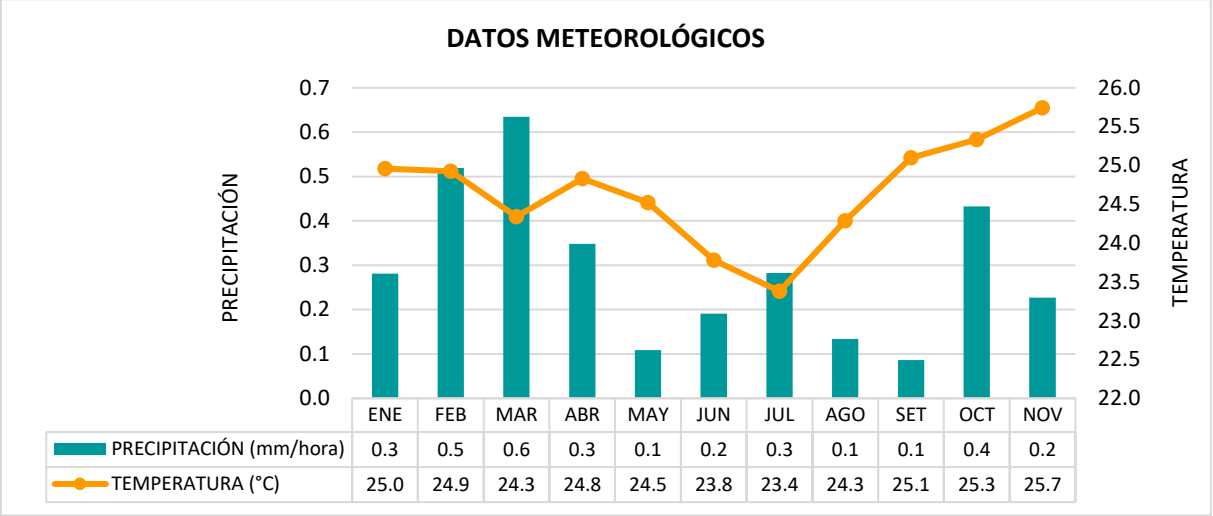
Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2025).

Estación Pichari:

Precipitación y Temperatura: Los datos combinados de precipitación y temperatura ofrecen una visión integrada de las condiciones climáticas, facilitando la identificación de patrones que podrían influir en las actividades humanas y la biodiversidad en la región.

Figura 11

Precipitación y temperatura– Estación Pichari

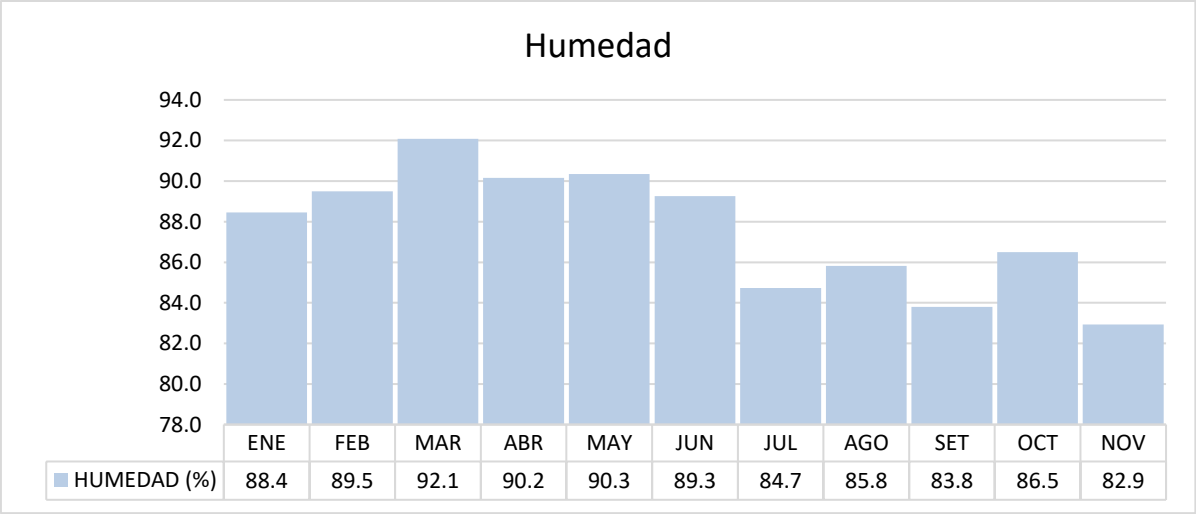


Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2025).

Humedad: Al igual que en la estación La Quinua, los datos de humedad en Pichari permiten analizar las tendencias de humedad en una ubicación distinta, enriqueciendo el análisis comparativo.

Figura 12

Humedad – Estación Pichari



Nota. Tomado del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2025).

Figura 13

Condiciones Climáticas



Nota. Adaptado de *Mapa de clasificación climática* (SENAMHI, 2020, actualización). Se clasificaron los tipos de clima correspondientes a los sectores inestables.

4.1.5 Hidrografía

La hidrografía a lo largo de la carretera Quinua–San Francisco, situada en la provincia de La Mar en la región Ayacucho, está dominada por la presencia del río Apurímac. Este curso de agua, considerado uno de los más importantes, influye de forma decisiva en la forma del territorio y en las dinámicas ambientales de la zona. El río Apurímac no solo define gran parte del relieve, sino que también representa un punto de transición entre la sierra andina y la ceja de selva dentro del ámbito del VRAEM (Valle de los Ríos Apurímac, Ene y Mantaro).

Al avanzar por la carretera desde las zonas altas de la cordillera hacia la selva alta, el entorno natural muestra cambios notorios, marcados por la presencia creciente de ríos y quebradas. Estos cuerpos de agua incrementan su caudal a medida que se ingresa a la zona más húmeda, debido tanto a las lluvias abundantes como a la topografía inclinada que favorece la concentración y desplazamiento del agua durante las temporadas de precipitación.

El río Apurímac y sus tributarios han dado origen a valles profundos y numerosas quebradas a lo largo de su recorrido. Estas formaciones no solo caracterizan el paisaje, sino que también condicionan la estructura ecológica regional, influyendo en la variedad de especies y en los ecosistemas presentes. En este sentido, la red hidrográfica no solo conforma escenarios naturales de gran belleza, sino que además es esencial para el suministro de agua y el desarrollo de las actividades económicas y sociales de las comunidades ubicadas en su entorno.

4.2 Estudio Geológico

4.2.1 Estratigrafía

La columna estratigráfica del cuadrángulo de Huanta integra, en orden ascendente, paquetes clásticos pre-paleozoicos, sucesiones marinas paleozoicas y coberturas cuaternarias. A *continuación,* se describen las unidades reconocidas, con énfasis en su posición, contacto y ambiente (se detalla en el **Anexo 3**).

4.2.1.1 Formación Ticllas (Ppe-t)

Unidad clástica basal, de probable edad precámbrico tardío a eopaleozoico. Predominan conglomerados polimícticos y areniscas litoarenosas con intercalaciones pelíticas y, localmente, niveles volcaniclásticos. Presenta estratificación gruesa a masiva, alta compactación y escasa a nula fauna. Contacta en discordancia por encima del basamento y, hacia el techo, bajo unidades paleozoicas. Ambiente asignado: continental de alta energía (abanicos y sistemas fluviales proximales).

La aparición de Ticllas por encima de Copacabana en algunas zonas no responde a estratigrafía normal. Corresponde, con alta probabilidad, a repetición tectónica por cabalgamiento o núcleo de anticlinal con techo erosionado.

4.2.1.2 Grupo Tarma - Copacabana (Cp-PEc-t,c)

Sucesión siliciclástica fina a mixta de edad carbonífera. Domina la intercalación de lutitas y limolitas oscuras con delgados bancos arenosos y niveles carbonatados. Se apoya concordante a paraconcordante sobre la unidad subyacente y transiciona hacia carbonatos

regionales en sectores vecinos. Ambiente: plataforma interna a media, con pulsos de mayor restricción y eventos anóxicos locales.

4.2.1.3 Depósito Aluvial (Qh-al)

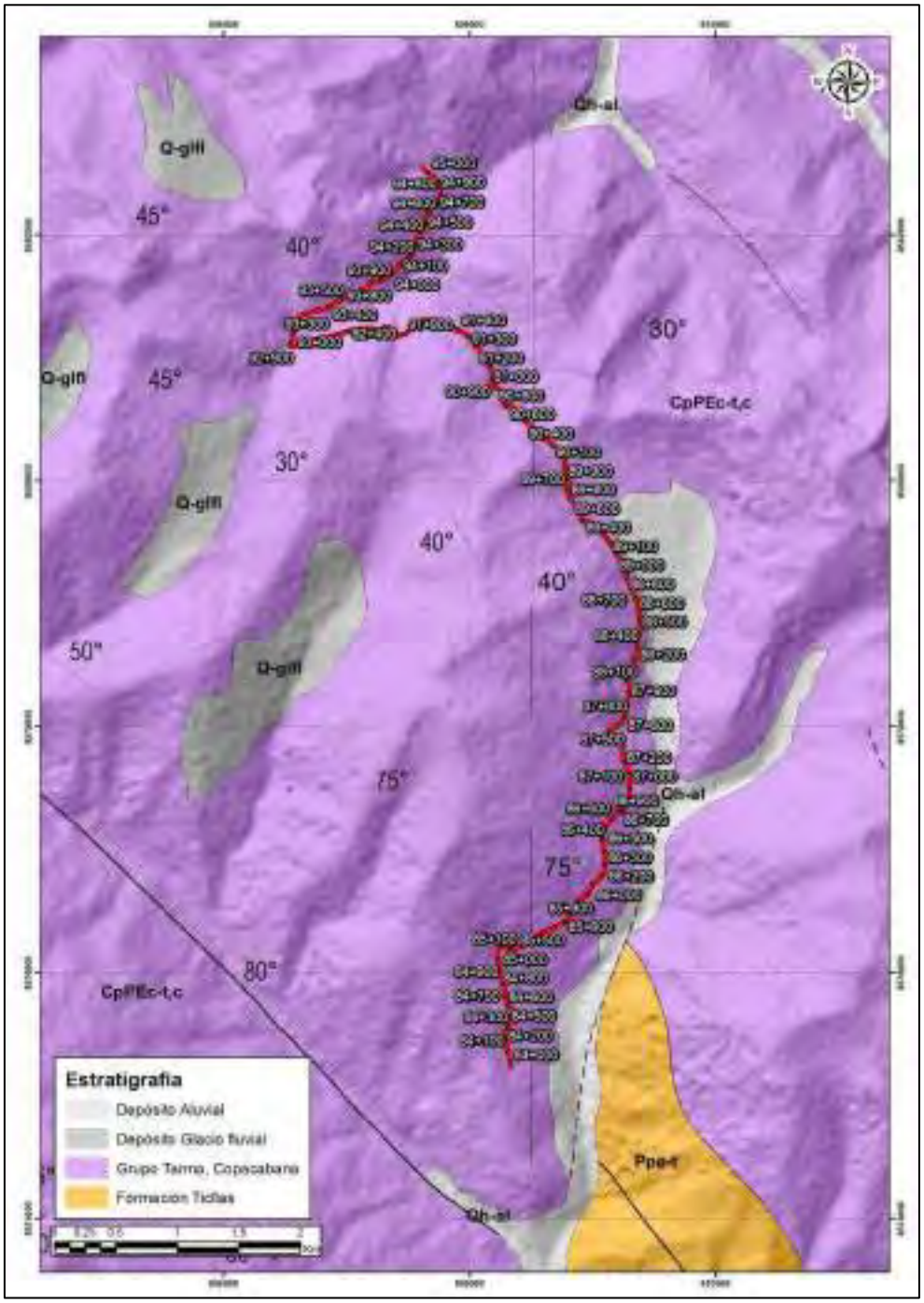
Cobertura cuaternaria no consolidada que reposa en discordancia erosiva sobre el sustrato paleozoico. Conforma abanicos y terrazas bajas compuestas por gravas y arenas mal seleccionadas con clastos subredondeados, imbricación y estratificación entrecruzada. Ambiente: flujos de canal y de lóbulo aluvial en pie de monte.

4.2.1.4 Depósito Glaciofluvial (Q-glfl)

Los depósitos glaciofluviales son acumulaciones de sedimentos transportados y redistribuidos por corrientes de agua de fusión glaciar. Se originan en ambientes proglaciales, donde el derretimiento del hielo genera caudales con alta energía capaces de movilizar materiales a su paso.

Figura 14

Mapa de Estratigrafía



Nota. Adaptado de *Mapa Geológico del Perú* (GEOCATMIN,2016, actualización). Se identificó la geología regional en la zona de estudio.

4.2.2 Geología Estructural

La geología estructural en la zona de estudio se caracteriza por un sistema estructural compresivo de orientación NO-SE, dominado por fallas inversas al SO, dúplex tectónicos y reactivación de estructuras heredadas. Estos elementos confirman su vinculación directa con la deformación andina central y la influencia de la deflexión de Abancay como elemento estructural regional (se detalla en el **Anexo 4**).

- ✓ Deflexión de Abancay y orientación estructural

Este sistema constituye un rasgo tectónico de primer orden al norte de la región. Actúa como un corredor de deformación que controla la orientación general de las estructuras principales, las cuales presentan una disposición noroeste-sureste (NO-SE). Este patrón direccional es típico de la deformación andina central y se asocia al acortamiento cortical impuesto por la subducción.

- ✓ Fallamiento inverso y vergencia estructural

El sistema estructural dominante está constituido por fallas inversas con vergencia hacia el suroeste (SO). Estas fallas indican un régimen compresivo donde bloques de rocas son empujados unos sobre otros. Este tipo de estructuras controla la formación de pliegues asociados (pliegues-falla) y contribuye al engrosamiento cortical, favoreciendo el levantamiento andino.

- ✓ Reactivación tectónica de fallas normales

Varias fallas normales preexistentes, probablemente originadas en un contexto extensional anterior (probablemente Cretácico-Terciario temprano), han sido reactivadas como fallas inversas durante la compresión andina. Esta inversión tectónica es frecuente en

los Andes Centrales y responde a la reutilización de debilidades estructurales preexistentes para acomodar esfuerzos compresivos actuales.

- ✓ Implicancias estructurales y geodinámicas

La combinación de cabalgamientos, escamas dúplex y fallas reactivadas indica una evolución tectónica prolongada con múltiples fases de deformación. La región presenta una arquitectura estructural compleja que controla la distribución de unidades litoestratigráficas, la morfología y, en algunos casos, la localización de recursos minerales e hídricos.

Figura 15

Mapa de Geología Estructural



Nota. Adaptado de *Mapa Estructural del Perú* (GEOCATMIN,2016, actualización). Se identificó la geología estructural en la zona de estudio.

4.2.3 Geomorfología

Las unidades geomorfológicas consideradas son (se detalla en el **Anexo 5**):

4.2.2.1 Montaña en roca sedimentaria (RM-rs)

Unidad morfoestructural constituida por relieves montañosos desarrollados sobre secuencias de rocas sedimentarias estratificadas, cuyo comportamiento geomecánico y configuración geomorfológica están controlados por su competencia litológica y por la estructura tectónica regional. El relieve se define por pendientes fuertes a muy fuertes.

4.2.2.2 Vertiente glacial (V-gl)

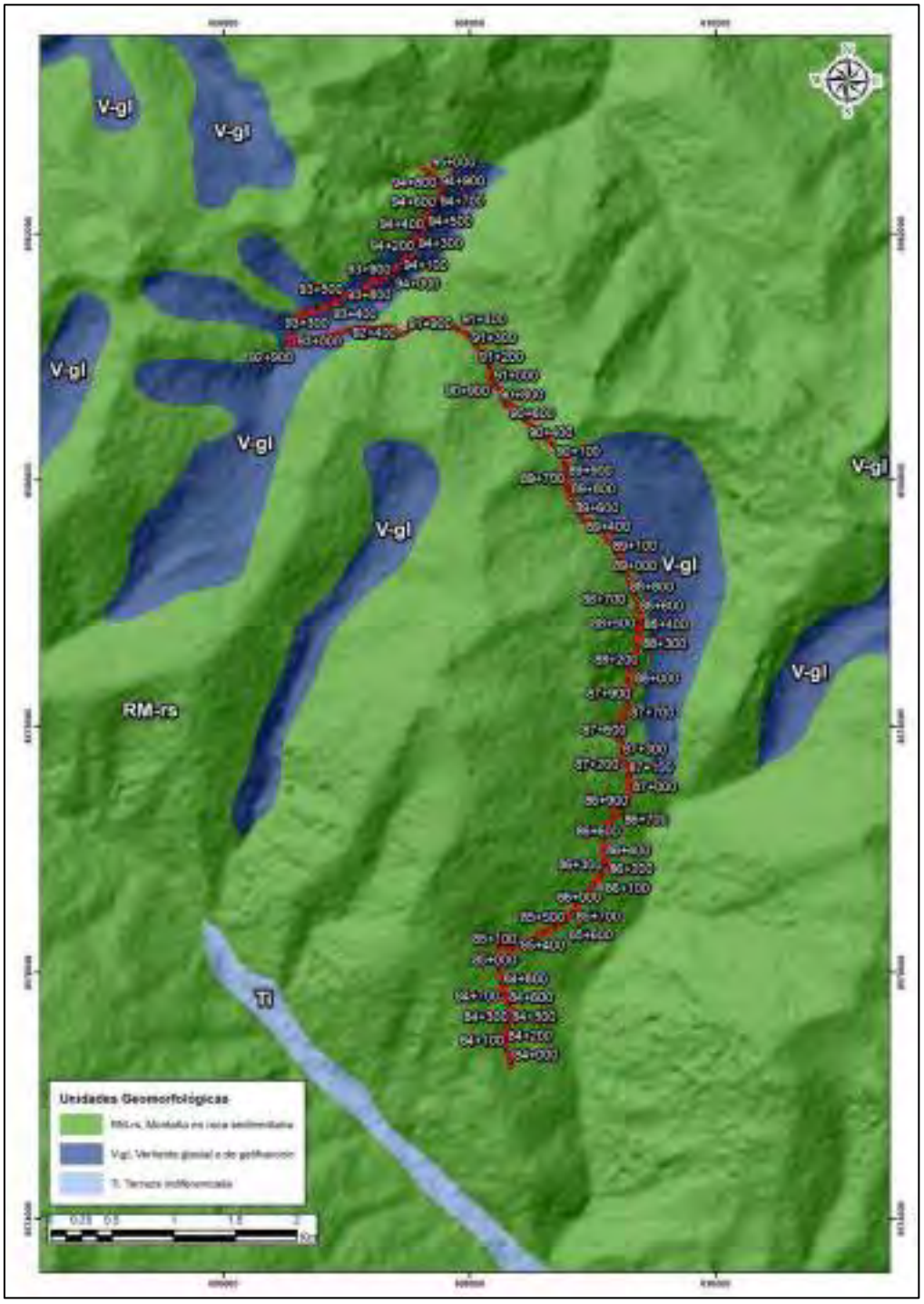
Ladera de origen erosivo generada por la acción de glaciares pleistocénicos, caracterizada por la presencia de superficies rocosas fuertemente modificadas por procesos de abrasión y arranque glaciar, configurando pendientes abruptas. La geometría de la vertiente responde a procesos de sobreprofundización, retroceso de los frentes glaciales y excavación lateral.

4.2.2.3 Terraza indiferenciada (Ti)

Superficie geomorfológica de origen fluvial que corresponde a una terraza cuya posición estratigráfica o cronológica no ha podido ser establecida, debido a la ausencia de criterios morfométricos claros, superposición de depósitos o modificación posterior por procesos erosivos. Constituidas por depósitos fluviales estratificados (gravas, arenas y limos), parcialmente retrabajados y con escasa continuidad lateral.

Figura 16

Mapa de geomorfología



Nota. Adaptado de *Mapa Geomorfológico del Perú* (GEOCATMIN,2010, actualización). Se identificó la geomorfología en la zona de estudio.

4.2.4 Geodinámica

4.2.5.1 Geodinámica Interna

Esta comprende procesos de origen endógeno que se desarrollan dentro de la litosfera. En la zona de estudio, dichos procesos se vinculan con la tectónica activa asociada a la interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana.

En este contexto, la sismicidad recurrente responde a la acumulación y liberación de esfuerzos a lo largo de sistemas de fallas contraccionales.

4.2.5.2 Geodinámica Externa

La geodinámica externa integra los procesos exógenos que modelan la superficie terrestre mediante la acción del agua, el viento, las variaciones térmicas y la gravedad. Estos agentes físicos, químicos y mecánicos controlan la meteorización, la erosión, el transporte y la sedimentación, modificando de manera continua la topografía y la estabilidad de laderas. En la zona de estudio se observan 03 sectores donde se genera Remoción de Masas:

- ✓ Sector 01: 84+030 a 84+100
- ✓ Sector 02: 85+940 a 86+160
- ✓ Sector 03: 94+050 a 94+100

Estos movimientos en masa indican condiciones de talud cercanas al límite de estabilidad, consistentes con materiales parcialmente meteorizados y presencia de zonas de debilidad. En conjunto, la superposición de esfuerzos tectónicos y la dinámica de agentes exógenos explica los procesos de Remoción de Masas. (se detalla en el **Anexo 6**)

Figura 17

Mapa de peligros geológicos



Nota. Adaptado de *Mapa Peligros Geológicos del Perú* (GEOCATMIN,2015, actualización). Se identificó los peligros geológicos regionales en la zona de estudio.

4.2.5 Hidrogeología

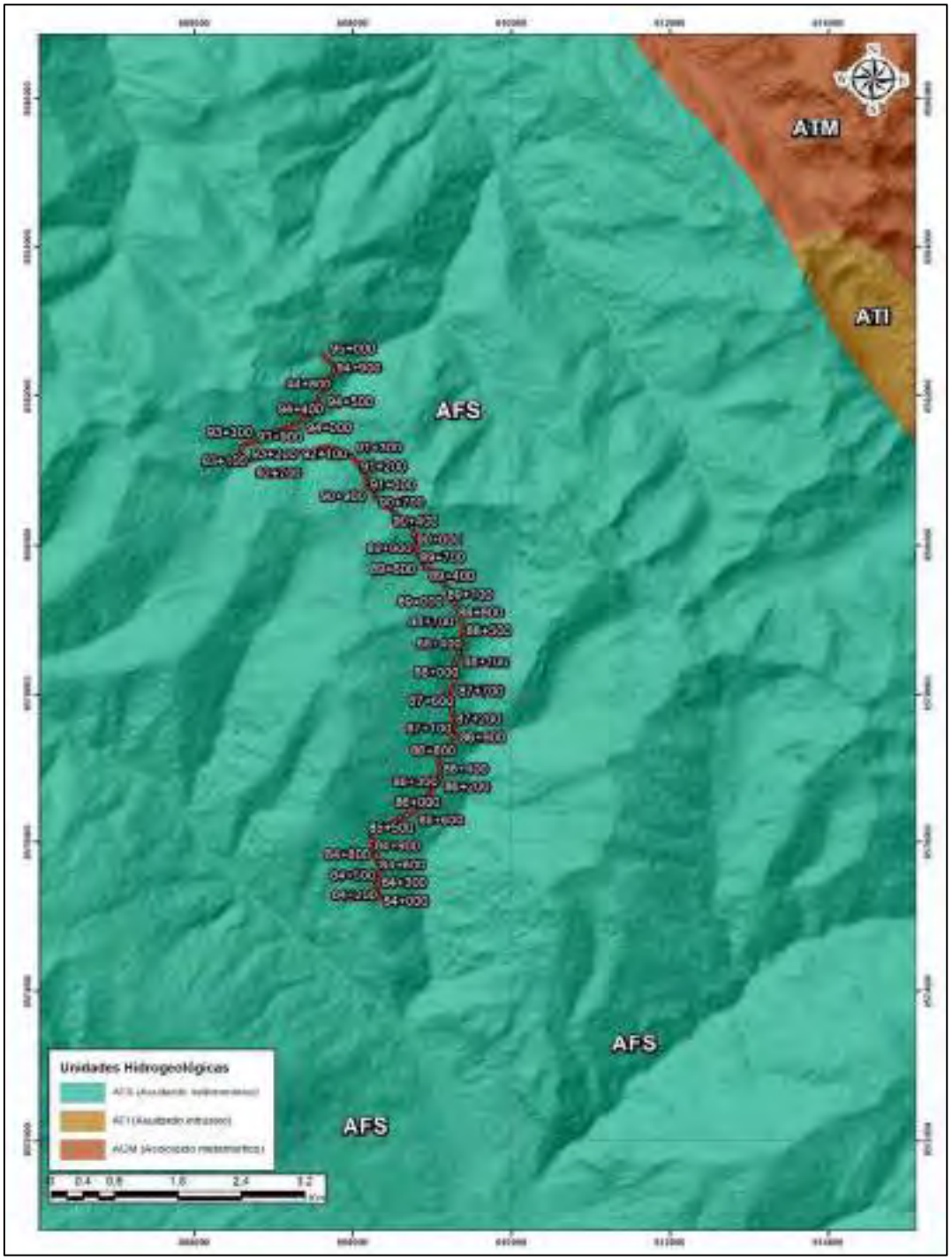
La hidrogeología del sector comprendido por la carretera Quinua–San Francisco, ubicado en la provincia de La Mar, región Ayacucho, se define por una relación dinámica entre las aguas superficiales y subterráneas, condicionada por la geología local y la morfología del terreno. Esta zona pertenece a la cuenca del río Apurímac, lo que favorece un intercambio continuo entre el escurrimiento superficial y los acuíferos, especialmente en las quebradas y valles originados por el propio río y sus tributarios.

La provincia de La Mar presenta una notable variabilidad en la forma en que se distribuye y almacena el agua subterránea, debido a la diversidad de materiales geológicos que conforman el subsuelo. El área de estudio se encuentra sobre acuitardos de origen sedimentario, integrados por depósitos de baja permeabilidad, como limos y arcillas, que funcionan como capas restrictivas al flujo subterráneo, limitando el intercambio de agua entre distintos acuíferos. Estos acuíferos sedimentarios se recargan principalmente por las lluvias intensas de la temporada estival y por la infiltración de las aguas superficiales que circulan por ríos y quebradas cercanas. En los meses de mayor precipitación, la recarga hídrica es significativa, lo que permite acumular volúmenes importantes de agua en el subsuelo. (se detalla en el **Anexo 7**)

Por otro lado, las líneas de tomografía eléctrica ejecutadas en campo confirmaron estas condiciones hidrogeológicas, evidenciando una elevada saturación de agua en los acuitardos sedimentarios. Estos resultados respaldan la comprensión del patrón de distribución y almacenamiento del agua subterránea en la zona de estudio y aportan información clave para su caracterización.

Figura 18

Unidades hidrogeológicas



Nota. Adaptado de *Mapa de unidades hidrogeológicas* (GEOCATMIN,2016, actualización).

Se identifico el tipo de unidad hidrogeológica en la cual se emplaza la zona de investigación.

4.2.6 Tectónica

La región analizada se encuentra influenciada por el proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, fenómeno que da origen al relieve andino y explica la actividad sísmica que se presenta en el área.

En este marco, la tectónica responde a la superposición de cabalgamientos imbricados, la inversión de fallas normales y el plegamiento; en conjunto, estos mecanismos explican la distribución de la sismicidad y la morfología estructural observada en la región. Como consecuencia se observa:

- ✓ Heterogeneidad mecánica por contactos cabalgantes y zonas miloníticas.
- ✓ Permeabilidad anisótropa: alta en fracturas y ejes de pliegue, baja en planos de cizalla sellados.
- ✓ Condiciones propicias para deslizamientos rotacionales en materiales meteorizados sobre planos estructurales.

En síntesis, la tectónica de La Mar deriva de la interacción subductiva y del acortamiento andino. Este conjunto explica la sismicidad observada y el relieve estructural, y determina la distribución de riesgos geodinámicos y de recursos en la región.

4.2.7 Peligro sísmico

Es un parámetro que combina el nivel de amenaza sísmica con la vulnerabilidad del área, evaluando la probabilidad de que se produzcan daños ante la ocurrencia de movimientos sísmicos dentro de un periodo específico. En este contexto, no solo considera la posibilidad de que ocurra un sismo, sino también los efectos locales, como la amplificación de las ondas sísmicas debido a las condiciones del suelo (Carpio, 2020).

4.2.7.1 Fuentes Sismogénicas

Se entiende por fuente sísmica a las zonas del territorio en las que los sismos presentan características similares entre sí, lo que permite diferenciarlas de aquellas asociadas a otras regiones sismogénicas. En la presente investigación se emplearon las fuentes sísmicas previamente definidas para el Perú en el estudio New seismicity based seismic sources and hazard model for Peru, desarrollado por Aguilar y Tarazona (2024).

La interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana, así como los reajustes tectónicos asociados al sistema andino, permiten agrupar las fuentes sísmicas consideradas en este estudio en tres categorías principales, de acuerdo con su profundidad de ocurrencia.

Tipología de fuentes se clasifican en:

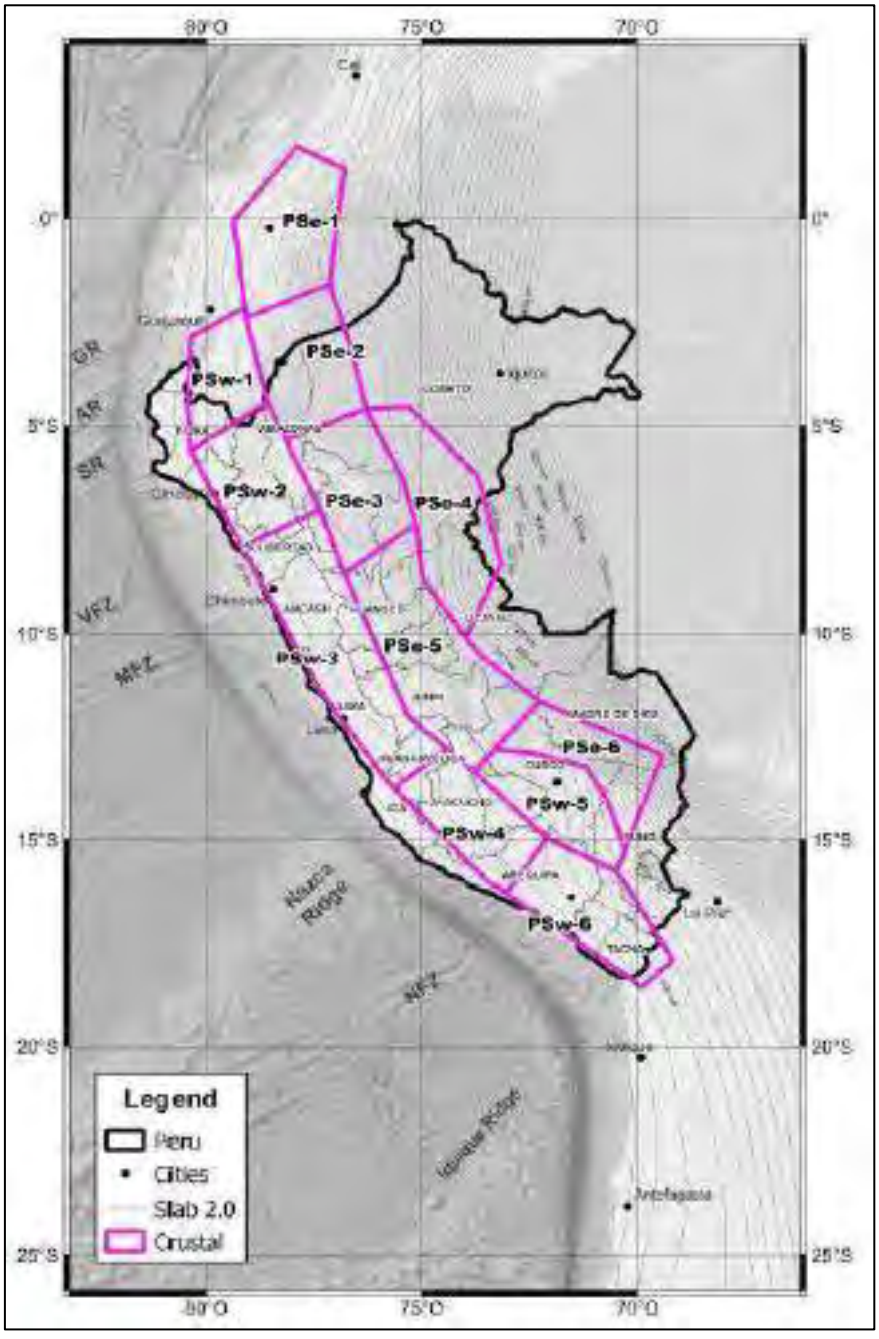
Corticales: PSe-1, PSe-2, PSw-1, PSw-2, PSe-3, PSe-4, PSw-3, PSe-5, PSw-4, PSw-5, PSe-6 y PSw-6.

Intermedia: F-1a, F-2a, F-3a, F-4a, F-5a.1, F-5a.2 y F-6a.

Profunda: F-1b.1, F-1b.2, F-1c, F-2b, F-2c, F-3b, F-3c, F-4b, F-4c.1, F-4c.2, F-5b.1, F-5c.1, F-5b.2, F-5c.2 y F-6b.

Figura 19

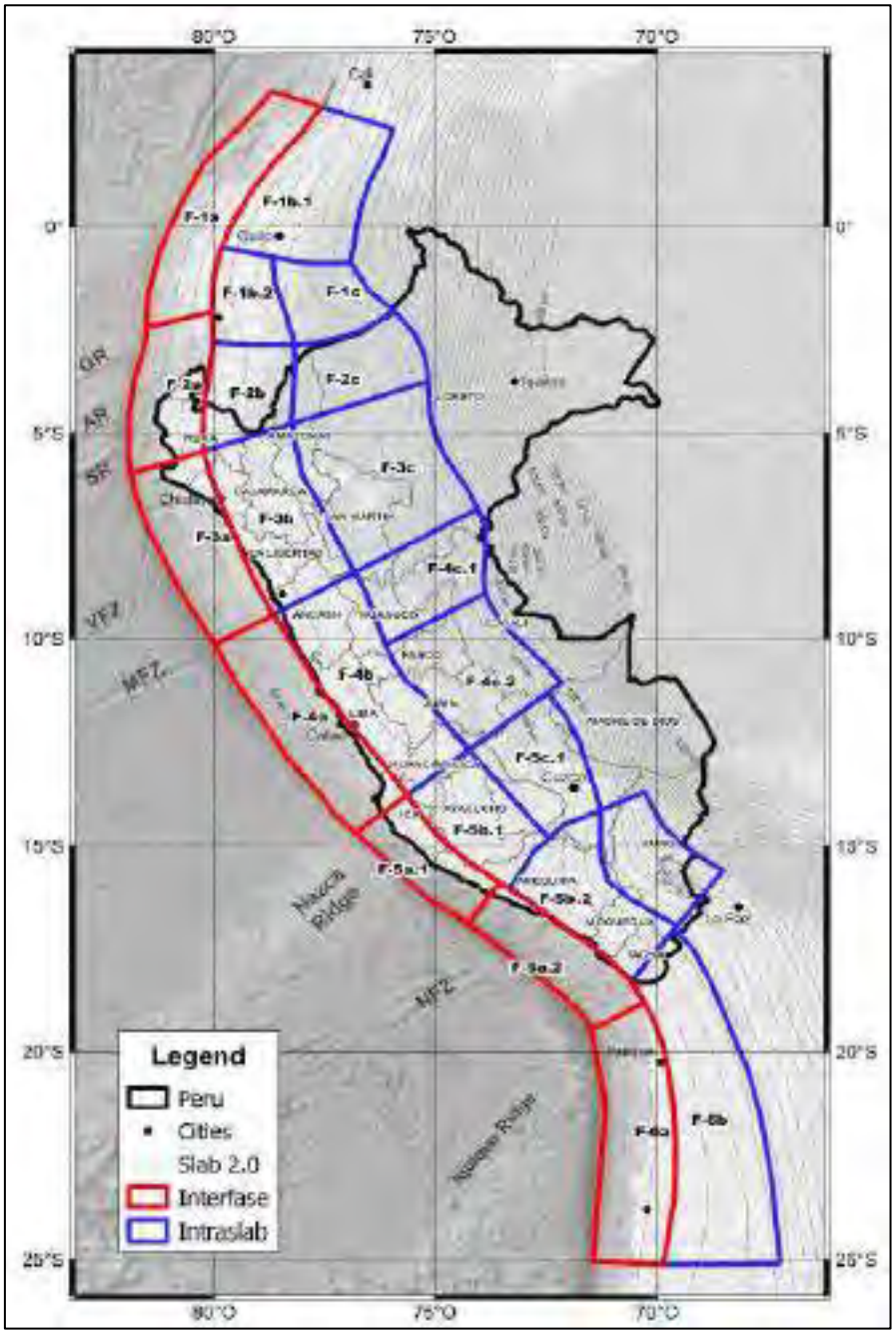
Fuentes Sismogénicas Superficiales



Nota. Tomado de *New seismicity based seismic sources and hazard model for Peru*, por Aguilar y Tarazona (2024), ponencia presentada en la 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), Milán, Italia.

Figura 20

Fuentes Sismogénicas Intermedias y Profundas



Nota. Tomado de *New seismicity based seismic sources and hazard model for Peru*, por Aguilar y Tarazona (2024), ponencia presentada en la 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), Milán, Italia.

4.2.7.2 Recurrencia Sísmica

Para determinar la sismicidad de cada zona sismogénica se utiliza la expresión de Gutenberg y Richter:

$$\text{Log } N = a - b\ M$$

donde:

N = Número acumulativo de sismos de magnitud M ó mayor por unidad de tiempo.

a,b= Parámetros que dependen de la sismicidad de la zona.

M = magnitud del sismo expresada en Ms o mb.

4.2.7.3 Aceleración Máxima Horizontal

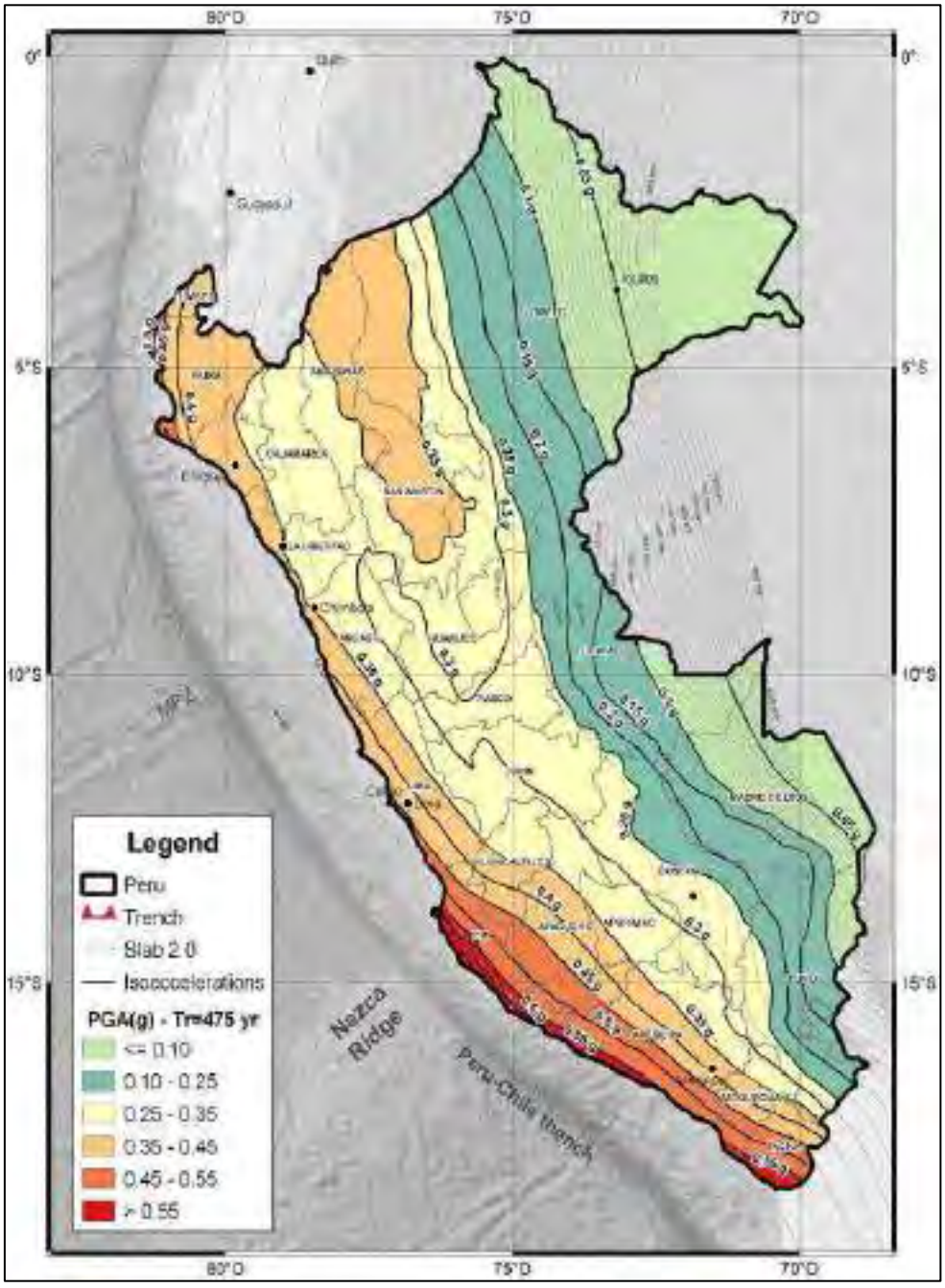
La aceleración máxima horizontal se refiere al valor más alto (en valor absoluto) que registra un acelerograma en la dirección horizontal, considerando en conjunto sus dos componentes horizontales perpendiculares. Este parámetro es uno de los más utilizados para representar la intensidad del movimiento sísmico en un sitio y, por ello, es una referencia clave en el análisis y diseño sísmico de taludes, laderas y estructuras.

En cambio, la aceleración vertical suele recibir menor énfasis en los estudios de estabilidad, ya que en la mayoría de los casos se considera que su influencia sobre el desempeño de pendientes y edificaciones es relativamente menor frente a la componente horizontal.

En esta investigación se tomó como referencia el Mapa de Isoaceleraciones con periodo de retorno de 475 años elaborado por Aguilar y Tarazona (2024). Según este mapa, el área de estudio presenta una aceleración aproximada de 0,325 g.

Figura 21

Distribución de Isoaceleraciones para un periodo de 475 años



Nota. Tomado de *New seismicity based seismic sources and hazard model for Peru*, por Aguilar y Tarazona (2024), ponencia presentada en la 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), Milán, Italia.

4.2.7.4 Zonificación sísmica según la Norma E.030

La Norma E.030 divide el territorio peruano en cuatro zonas sísmicas principales, definidas en función de la actividad sísmica registrada, el comportamiento del terreno y la vulnerabilidad sísmica de las distintas regiones. Las cuatro zonas sísmicas principales según la Norma E.030 son las siguientes:

Zona Sísmica 1 (Z1): Esta zona representa el área de mayor riesgo sísmico en el país, donde se registran los terremotos de mayor magnitud y frecuencia.

Zona Sísmica 2 (Z2): Representa un riesgo sísmico moderado. Aunque los terremotos en esta zona no suelen ser tan frecuentes ni de tan alta magnitud como en la zona Z1, aún se deben tomar precauciones en el diseño estructural.

Zona Sísmica 3 (Z3): Es una zona de bajo riesgo sísmico. Aquí los terremotos son menos frecuentes y de menor magnitud.

Zona Sísmica 4 (Z4): Esta zona se considera de riesgo sísmico muy bajo. El nivel de actividad sísmica es muy bajo o casi nulo.

La norma E.030 considera una aceleración sísmica máxima horizontal asociada a un periodo de retorno de 475 años, con una probabilidad del 10% de que dicho valor sea superado durante un intervalo de 50 años; este valor se identifica como Z en cada zona del país. Asimismo, el factor Z representa una fracción de la aceleración de la gravedad y, al multiplicarse por un determinado coeficiente, permite obtener el coeficiente sísmico correspondiente (El Peruano, 2006).

Tabla 12

Resumen de zonificación Sísmica del Perú

Zona Sísmica	Riesgo Sísmico	Áreas Principales	Características de Diseño
Zona 1 (Z1)	Alto	Zonas costeras, Andes (especialmente cerca de la Falla de Nazca y la Falla Subandina)	Diseño estructural muy riguroso, materiales de alta resistencia
Zona 2 (Z2)	Moderado	Sierra central, Selva alta, algunas áreas de la costa como Piura, Ica, Junín	Requerimientos de diseño sísmico moderados
Zona 3 (Z3)	Bajo	Selva baja, algunas zonas de la sierra central y sur	Diseño estructural con menores exigencias sísmicas
Zona 4 (Z4)	Muy Bajo	Algunas zonas de la selva baja y sierra sur	Requisitos mínimos de seguridad sísmica

Nota: Cada zona tiene un grado de riesgo sísmico determinado que influye directamente en las características del diseño y la construcción de las edificaciones en dichas áreas. Adaptado de *Zonificación sísmica del Perú según la Norma E.030* (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2018).

Parámetros adicionales considerados en la Norma E.030

Además de la zonificación sísmica básica, la norma también establece otros factores importantes que influirán en el diseño sismorresistente:

Coeficientes sísmicos: Para cada zona sísmica, la norma define coeficientes que determinan la intensidad de diseño sísmico en función de la zona, tipo de suelo y otras condiciones geográficas (MVCS, 2006).

Categorías de uso: Dependiendo del uso del edificio (residencial, comercial, industrial, etc.), se pueden aplicar diferentes criterios de diseño sismorresistente de acuerdo con su importancia y el riesgo asociado (MVCS, 2006).

Tipo de suelo según el Coeficiente de Amplificación: El suelo tiene un impacto significativo en la propagación de las ondas sísmicas. La Norma E.030 clasifica los suelos en función de su composición, cohesión y comportamiento ante sismos. Los suelos se dividen generalmente en las siguientes categorías, y cada tipo tiene un coeficiente de amplificación (S) asociado (MVCS, 2006):

Tipo de Suelo A: Suelos rocosos (S=1.0)

Este tipo de suelo no amplifica significativamente las ondas sísmicas. Se considera el suelo más resistente.

Tipo de Suelo B: Suelos compactos (S=1.1)

Estos suelos tienen una ligera amplificación de las ondas sísmicas, pero la amplificación es baja.

Tipo de Suelo C: Suelos blandos (S=1.2)

Estos suelos amplifican considerablemente las ondas sísmicas debido a su baja cohesión. La amplificación es moderada, pero significativa en comparación con los suelos rocosos o compactos.

Tipo de Suelo D: Suelos altamente blandos (S=1.4)

Estos suelos amplifican las ondas sísmicas significativamente, lo que aumenta el riesgo de daño estructural. Son muy susceptibles a asentamientos y licuación en sismos.

Tipo de Suelo E: Suelos extremadamente blandos (S=1.6)

Los suelos de este tipo son muy inestables y amplifican las ondas sísmicas de manera considerable. Aumentan el riesgo de licuación durante eventos sísmicos.

Tabla 13

Resumen de los tipos de suelos según el coeficiente de amplificación (S)

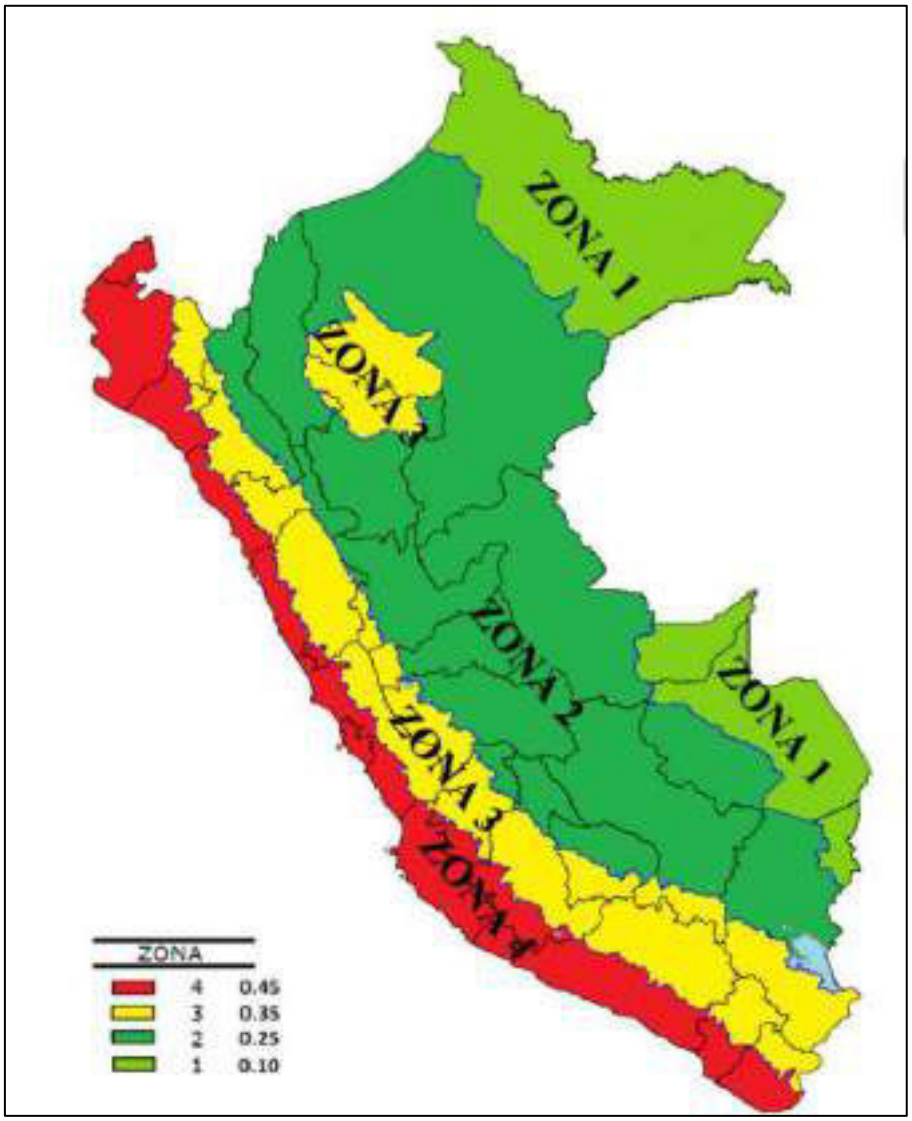
Tipo de Suelo	Descripción	Coeficiente de Amplificación (S)
Tipo A	Rocas duras, suelos rocosos	1
Tipo B	Suelos arenosos, gravas compactadas	1.1
Tipo C	Suelos blandos, arcillas, limos	1.2
Tipo D	Suelos altamente blandos, arcillas suaves, turbas	1.4
Tipo E	Suelos extremadamente blandos, suelos orgánicos	1.6

Nota: El coeficiente de amplificación (S), según la Norma E.030 de diseño sismorresistente, depende del tipo de suelo presente en la ubicación del proyecto. Adaptado de *Zonificación sísmica del Perú según la Norma E.030* (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2018).

El área de estudio se encuentra comprendida en la Zona 2 según el mapa de zonificación sísmica. Además, de acuerdo con la Norma E.030 de diseño sismorresistente, se adopta una acción sísmica asociada a un escenario con 10% de probabilidad de excedencia en 50 años.

Figura 22

Zonificación Sísmica del Perú



Nota. Tomado de *Ministerio de Energía y Minas [MINEM],* (2018). Zonificación Sísmica del Perú según la Norma E.030

4.3 Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de información

4.3.1 Fase 1: Recopilación de Información (Gabinete I)

La investigación se inició con una etapa de recopilación, selección y análisis crítico de antecedentes, la cual fue esencial para sustentar teóricamente la presente tesis. Ello permitió reunir información precisa y actualizada sobre procesos de deslizamiento y erosión de taludes, constituyendo el punto de partida para el desarrollo de las fases posteriores. En esta etapa se consultaron artículos científicos, libros especializados, informes técnicos y otros documentos relevantes, priorizando aquellos que abordaran de manera directa los temas centrales del estudio.

Para el estudio de los deslizamientos se adoptó un enfoque integral, considerando aspectos como la clasificación geotécnica de los movimientos en masa, la morfología de los taludes afectados, las particularidades geológicas del entorno y los principales factores desencadenantes, entre ellos la sismicidad, las precipitaciones intensas y las intervenciones antrópicas, como la deforestación. Esta aproximación permitió obtener una comprensión amplia del problema, identificar regularidades en el comportamiento de los deslizamientos y reconocer las zonas más susceptibles.

Paralelamente, se efectuó una revisión detallada de la cartografía disponible, que incluyó el estudio de cuadrángulos geológicos, el análisis de imágenes satelitales de alta resolución, la interpretación de fotografías aéreas y la revisión de informes técnicos generados por distintas entidades públicas y privadas.

Con la información recopilada se elaboró una base de datos consistente, que sirvió de apoyo para la interpretación y el análisis detallado de los fenómenos de inestabilidad. Esta base de datos se convirtió en un insumo clave para las etapas siguientes, especialmente para

los trabajos de campo y de gabinete II, en los que la información preliminar orientó la evaluación geotécnica directamente en el terreno.

Los datos reunidos durante esta fase fueron procesados y organizados para la elaboración de diversos mapas temáticos, tales como mapas de ubicación, geológicos y de peligrosidad. Estos productos cartográficos permitieron delimitar con mayor precisión el área de influencia asociada a los tres sectores inestables definidos en el estudio.

El tratamiento y análisis de toda esta información constituyó la base para el desarrollo de la fase de campo, en la cual las observaciones directas y la verificación in situ fueron indispensables para contrastar y complementar los resultados obtenidos en la etapa preliminar. En síntesis, el proceso de recopilación, sistematización y análisis de antecedentes resultó decisivo para establecer los fundamentos técnicos y científicos sobre los que se apoya el resto de la investigación.

4.3.2 Fase 2: Trabajo de Campo

El trabajo de campo para la realización del mapeo geológico, la excavación de calicatas y las investigaciones geofísicas se llevó a cabo entre los meses de mayo y octubre, periodo correspondiente a la estación climática seca e la zona de investigación. Esta elección fue estratégica, puesto que durante estos meses las condiciones climáticas son más favorables para la excavación y recolección de muestras del suelo, debido a la mínima presencia de lluvias y la mayor estabilidad de los terrenos. La estación seca, caracterizada por la disminución de la humedad en el suelo, facilitó la ejecución de las calicatas, permitiendo obtener muestras representativas sin interferencias por saturación de agua o barro, lo cual es común en la temporada de lluvias. De este modo, se optimizó la precisión de los resultados

geofísicos y la seguridad durante el proceso de excavación, asegurando que los datos obtenidos fueran fiables y representativos de las condiciones del terreno.

4.3.2.1 Geología local

Durante el levantamiento geológico en campo, se realizó un exhaustivo reconocimiento del terreno con el objetivo de identificar y caracterizar las condiciones geológicas y geomorfológicas del área. Para ello, se llevó a cabo una detallada observación de los afloramientos rocosos y los depósitos cuaternarios presentes en la zona.

Además, se estudió la geomorfología del terreno y los procesos geodinámicos que podrían estar influyendo en la estabilidad y comportamiento de los materiales. A partir de las observaciones realizadas, se procedió a elaborar diversos mapas temáticos, tales como el mapa geológico, el geomorfológico y el geodinámico, los cuales fueron fundamentales para la posterior interpretación de los datos recolectados.

4.3.2.1.1 Geología del Sector 01 - Km 84+030 - 84+100

La geología local de este sector corresponde a una secuencia basal conformada por lutitas, limolitas oscuras con intercalaciones de areniscas cuarzosas y niveles carbonatados, correspondiente al Grupo Tarma - Copacabana **(Cp-PEc-t,c).** Esta unidad se encuentra cubierta de forma discontinua por depósitos residuales que derivan directamente de la meteorización intensa de las lutitas y calizas subyacentes.

Figura 23

Ubicación del Sector Inestable 01



Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú (orientación 220° SW; UTM 18L 608298 8575328). Imagen tomada durante trabajo de campo. La fecha roja indica la orientación del deslizamiento.

Figura 24

Vista panorámica de escarpas en el talud superior



Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú (UTM 18L 608323 8575336; orientación 297° NW). Imagen tomada durante trabajo de campo. Los interlineados de color rojo representan la escarpa principal de falla.

4.3.2.1.2 Geología del Sector 02 - Km 85+940 al 86+160

La geología local está dominada por un macizo rocoso el Grupo Tarma - Copacabana **(Cp-PEc-t,c)**, el cual se presenta intensamente intemperizado y densamente fracturado que se encuentra recubierto por un manto residual gravoso con matriz arcillo-arenosa, que conserva texturas del protolito.

Figura 25

Ubicación del Sector Inestable 02



Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú (UTM 18L 609052 8576764; orientación 305° NW). Imagen tomada durante trabajo de campo. La línea amarilla representa la zona de derrumbes.

Figura 26

Vista de perfil de la zona de deslizamiento del talud superior



Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú. Imagen tomada durante trabajo de campo. Las flechas amarillas representan la dirección de los derrumbes.

4.3.2.1.3 Geología del Sector 03 - Km 94+050 al 94+100

La geología local se define por una base constituida por lutitas y limolitas oscuras con delgados cuerpos de areniscas cuarzosas, correspondiente al Grupo Tarma - Copacabana **(Cp-PEc-t,c)**. Esta unidad está parcialmente cubierta por mantos residuales gravosos, derivados in situ de la degradación meteórica de las lutitas y areniscas.

Figura 27

Ubicación del Sector Inestable 03



Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú (UTM 18L 607431 8581766; orientación 257° W). Imagen tomada durante trabajo de campo. La línea amarilla representa zona de derrumbes.

Figura 28

Vista panorámica del asentamiento de la plataforma



Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú (UTM 18L 607436 8581768; orientación 271° W). Imagen tomada durante trabajo de campo, los interlineados rojos representan los asentamientos que han sido rellenados de tierra por los pobladores. Zona de asentamiento localizado en la plataforma vial, se observan depresiones irregulares del terreno superficial, indicativas de asentamiento diferencial, que comprometen la estabilidad del borde de la vía y la seguridad vial.

4.3.2.2 Geodinámica externa

4.3.2.2.1 Geodinámica del Sector 01- Km 84+030 - 84+100

En el sector 01 se identifica como proceso geodinámico principal el deslizamiento del talud superior. Estos deslizamientos se presentan sobre todo en zonas con depósitos residuales y suelen estar asociados a la sobresaturación del material, generalmente por la acción combinada de lluvias y aguas subterráneas. Esta condición incrementa la presión de poros, reduce la resistencia al corte del suelo y favorece el colapso y deslizamiento del terreno. Como consecuencia, se generan afectaciones a la carretera, especialmente durante la temporada de lluvias.

Figura 29

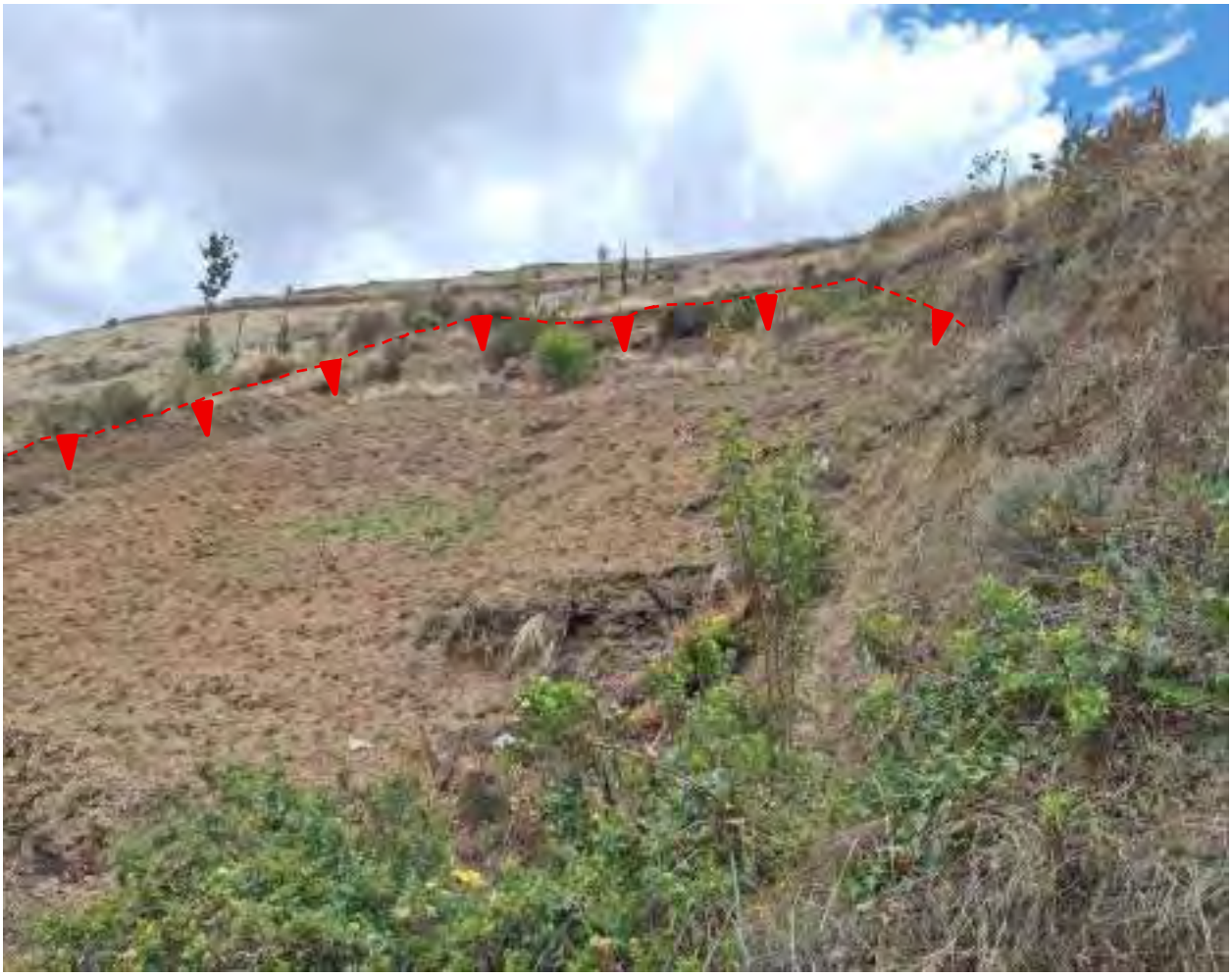
Imagen con dron del Sector 01



Nota. Elaboración propia a partir de levantamiento fotogramétrico con dron (2025).

Figura 30

Vista panorámica de la zona de deslizamiento con evidencia de erosión superficial



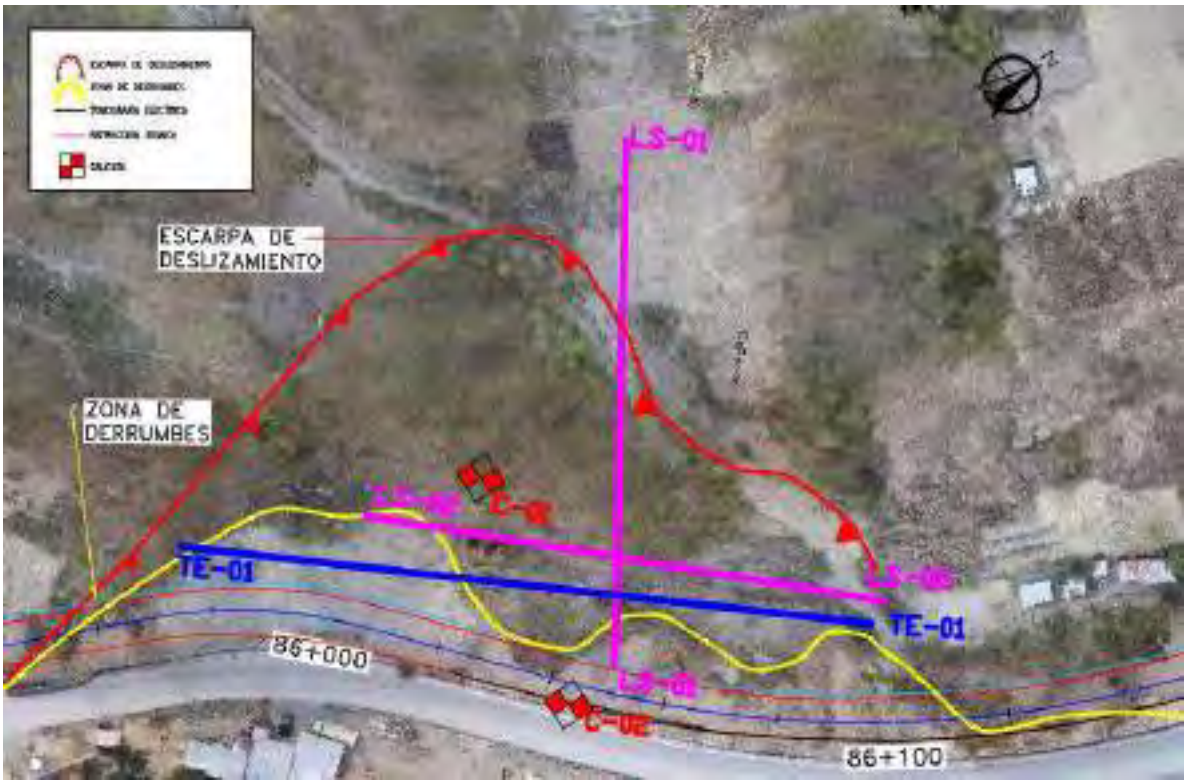
Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú. Imagen tomada durante trabajo de campo. El interlineado de color rojo muestra la zona de escarpa principal de falla.

4.3.2.2.2 Geodinámica del Sector 02 - Km 85+940 al 86+160

En el sector 02 se reconocen principalmente dos procesos geodinámicos: deslizamientos en el talud superior y derrumbes en la parte inferior del talud. Los deslizamientos se desarrollan sobre todo en zonas con depósitos residuales y están vinculados a la sobresaturación del material, ocasionada principalmente por la infiltración de aguas pluviales y la presencia de agua subterránea. Esta condición eleva la presión de poros y reduce la resistencia al corte del suelo, favoreciendo la inestabilidad del terreno.

Figura 31

Imagen con dron del Sector 02



Nota. Elaboración propia a partir de levantamiento fotogramétrico con dron (2025).

Figura 32

Vista de talud con depósitos coluviales, huellas de erosión y acumulación de detritos al pie del talud



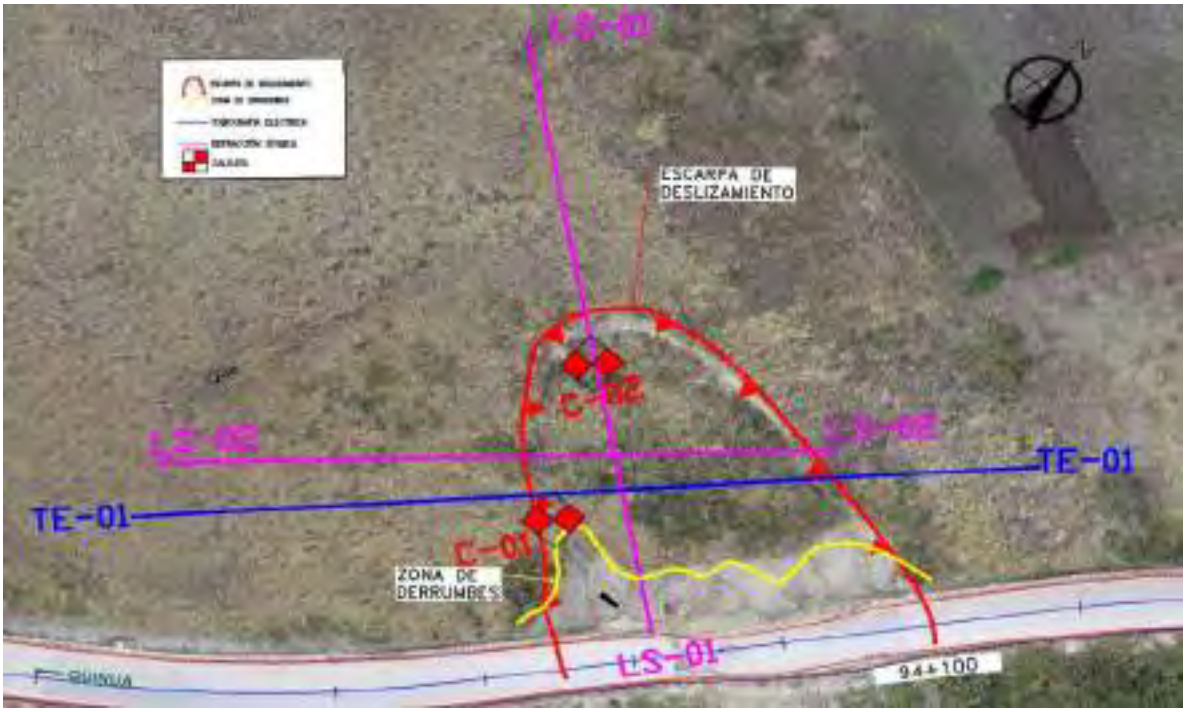
Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú. Imagen tomada durante trabajo de campo. Las flechas amarillas indican la dirección de los derrumbes.

4.3.2.2.3 Geodinámica del Sector 03 - Km 94+050 al 94+100

En el sector se identifican varios procesos geodinámicos: deslizamientos en el talud superior, derrumbes en la parte baja de ese talud y asentamientos en la plataforma. Los deslizamientos se desarrollan principalmente sobre depósitos residuales y sobre material rocoso meteorizado y alterado a causa de las lluvias. Esta condición incrementa la presión de poros y reduce la resistencia al corte, favoreciendo el colapso y el desplazamiento del material. El asentamiento observado se interpreta como consecuencia de la infiltración de lluvias en zonas donde existe material fino y, además, por la presencia de rellenos deficientemente compactados en el talud inferior, lo que incrementa la deformación y pérdida de soporte con el tiempo.

Figura 33

Imagen con dron del Sector 03



Nota. Elaboración propia a partir de levantamiento fotogramétrico con dron (2025).

Figura 34

Vista de asentamientos de la plataforma vial



Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú. Imagen tomada durante trabajo de campo. Las flechas rojas indica la zona de pérdida de nivel en el borde de la calzada, evidenciando un proceso de asentamiento progresivo del terraplén. La afectación se concentra en la zona contigua al talud, lo que sugiere una disminución de la capacidad portante del suelo de apoyo y un potencial riesgo de inestabilidad estructural y seguridad vial.

Figura 35

Vista de talud rocoso con acumulación de derrubios en el pie del talud



Nota. Fotografía del autor, octubre de 2025, La Mar, Ayacucho, Perú. Imagen tomada durante trabajo de campo. La línea amarilla representa la zona de derrumbes activos en el talud superior.

4.3.2.3 Exploraciones Geotécnicas

Se ejecutaron un total de seis (06) calicatas o exploraciones a cielo abierto, las cuales permitieron obtener información directa sobre las características del suelo y las formaciones geológicas presentes en el área de estudio.

De manera complementaria, se tomaron muestras de los materiales identificados durante las excavaciones para su posterior análisis en laboratorio. Los ensayos incluyeron pruebas estándar de granulometría, límites de plasticidad, contenido de humedad, gravedad específica y peso unitario, lo que permitió caracterizar con mayor detalle las propiedades físicas de los suelos. Asimismo, se realizaron ensayos químicos y un ensayo de corte directo, fundamentales para evaluar el comportamiento mecánico de los materiales y su influencia en la estabilidad del terreno ante cargas y posibles movimientos.

Además, se desarrollaron seis (06) líneas de refracción sísmica (LS) y tres (03) líneas de tomografía eléctrica (TE), distribuidas estratégicamente en los tres sectores definidos como zonas con potencial de deslizamiento.

En cuanto a la distribución de calicatas, se ejecutaron dos (02) en el sector del Km 84+030 – 84+100, dos (02) en el sector del Km 85+940 – 86+160 y dos (02) en el sector del Km 94+050 – 94+100. En cada caso se realizó una descripción de los suelos encontrados y se recolectaron muestras para llevar a cabo los ensayos de caracterización física y mecánica en laboratorio.

Tabla 14

Resumen de calicatas ejecutadas

CALICATAS				
Sector	**Codificación**	**Ubicación (km)**	**Coordenadas UTM**	
			Este	**Norte**
Sector inestable 01	C-01	84+060	608258	8575321
	C-02	84+080	608283	8575355
Sector inestable 02	C-01	86+020	609011	8576741
	C-02	86+090	609051	8576750
Sector inestable 03	C-01	94+050	607381	8581738
	C-02	94+060	607363	8581767

Nota. Tabla elaborada por el autor a partir de trabajo de campo.

Tabla 15

Resumen de Líneas de Refracción Sísmicas ejecutadas

LINEAS DE REFRACCION SISMICA					
Sector	**Codificación**	**Coordenadas Inicio UTM**		**Coordenadas Fin UTM**	
		Este	**Norte**	**Este**	**Norte**
Sector inestable	**LS-01**	608223	8575307	608306	8575341
	LS-02	608297	8575300	608277	8575388

LINEAS DE REFRACCION SISMICA					
Sector	**Codificación**	**Coordenadas Inicio UTM**		**Coordenadas Fin UTM**	
		Este	**Norte**	**Este**	**Norte**
Sector inestable 02	**LS-01**	608964	8576810	609039	8576759
	LS-02	608994	8576737	609055	8576804
Sector inestable 03	**LS-01**	607320	8581782	607391	8581726
	LS-02	607340	8581714	607407	8581775

Nota. Tabla elaborada por el autor a partir de trabajo de campo.

Tabla 16

Resumen de Líneas de Líneas de Tomografía Eléctrica ejecutadas

LINEAS DE TOMOGRAFIA ELECTRICA					
Sector	**Codificación**	**Coordenadas Inicio UTM**		**Coordenadas Fin UTM**	
		Este	**Norte**	**Este**	**Norte**
Sector inestable 01	**TE-01**	608293	8575272	608267	8575388
Sector inestable 02	**TE-01**	608981	8576707	609057	8576800
Sector inestable 03	**TE-01**	607343	8581706	607429	8581791

Nota. Tabla elaborada por el autor a partir de trabajo de campo.

4.3.3 Fase 3: Procesamiento de información (Gabinete II)

4.3.3.1 Ensayos de laboratorio

El programa de ensayos incluye la caracterización índice, la determinación de propiedades físicas y la evaluación mecánica y química de las muestras.

- ✓ **Caracterización índice:** análisis granulométrico; límites de consistencia (Atterberg); contenido de humedad; clasificación SUCS y AASHTO.
- ✓ **Propiedades físicas**: gravedad específica de partículas sólidas.
- ✓ **Resistencia al corte**: ensayo de corte directo.
- ✓ **Química básica:** sales solubles totales, cloruros, sulfatos y pH.

Paralelamente al análisis de laboratorio, se llevó a cabo la interpretación detallada de los ensayos geofísicos realizados en campo, específicamente los perfiles de refracción sísmica y las líneas de tomografía eléctrica. Estos métodos no invasivos permitieron obtener una caracterización indirecta del subsuelo, complementando eficazmente la información obtenida a través de calicatas, sondeos y muestreos directos.

Tabla 17

Resumen de ensayos estándar

Sector	Codif. Calicata	Muestra	Prof. (m)	Granulometría		Contenido de humedad (%)
				SUCS	AASTHO	
Sector inestable km 84+030 - 84+100	C-01	M-01	0.20-1.90	SC	A-4 (1)	14.0
		M-02	1.90-3.00	SC	A-4 (1)	16.1
	C-02	M-01	0.10-3.00	SC	A-2-4 (0)	15.7
Sector inestable km 85+940 - 86+160	C-01	M-01	0.00-3.00	GW-GC	A-1-a (0)	4.7
	C-02	M-01	0.00-3.00	GM-GC	A-2-4 (0)	7.9
Sector inestable km 94+050 - 94+100	C-01	M-01	0.15-1.00	SM	A-2-4 (0)	31.8
		M-02	1.00-2.10	GM	A-2-4 (0)	14.0
	C-02	M-01	0.20-1.50	SM	A-1-b (0)	17.4
		M-02	1.50-3.00	GM	A-2-5 (0)	21.2

Nota. Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados en 2025 por GEO CENTER LAB, laboratorio acreditado para ensayos geotécnicos. Las muestras fueron clasificadas según los sistemas SUCS (ASTM D2487) y AASHTO M 145.

Los resultados de granulometría y clasificación (SUCS y AASHTO) indican que los materiales predominantes en los sectores inestables son arenas arcillosas (SC) y mezclas arenosas o limosas con grava (SM y GM).

Estos suelos, en general, presentan baja plasticidad y permeabilidad moderada, lo que puede favorecer la infiltración de agua y disminuir su resistencia al corte en condiciones saturadas. Los contenidos de humedad varían entre 4.7 % y 31.8 %, lo cual sugiere un grado de saturación variable, asociado probablemente a la topografía y drenaje superficial deficiente. Las densidades secas promedio entre 1.345 y 1.662 g/cm³ son típicas de suelos medianamente compactos, adecuados para fundaciones superficiales con control de humedad, pero susceptibles a deformaciones si se saturan.

Los materiales superficiales poseen una competencia media, pero requieren control de drenaje y compactación adecuada para evitar pérdidas de estabilidad por incremento de humedad.

Tabla 18

Resumen de ensayos de corte directo

Sector	Codif. Calicata	Muestra	Prof. (m)	Corte Directo		
				c′ (Kg/cm²)	c′ (kPa)	ϕ′
Sector inestable	C-01	M-02	1.90-3.00	0.18	18.00	21.00
km 84+030 - 84+100	C-02	M-01	0.10-3.00	0.08	8.00	23.00
Sector inestable	C-01	M-01	0.00-3.00	0.04	4.00	29.00
km 85+940 - 86+160	C-02	M-01	0.00-3.00	0.08	8.00	28.00
Sector inestable	C-01	M-02	1.00-2.10	0.09	9.00	28.00
km 94+050 - 94+100	C-02	M-01	0.20-1.50	0.13	13.00	26.00

Nota. Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados en 2025 por GEO CENTER LAB, laboratorio acreditado para ensayos geotécnicos. Las muestras fueron clasificadas según los sistemas SUCS (ASTM D2487) y AASHTO M 145.

Las pruebas de corte directo evidencian valores de cohesión bajos a medios (3.91 – 18.5 kPa) y ángulos de fricción entre 21.1° y 29.9°.

Los suelos presentan resistencia moderada, por lo que deben considerarse medidas de estabilización para garantizar estabilidad a largo plazo.

Tabla 19

Resumen de ensayos químicos

Sector	Codif. Calicata	Muestra	Prof. (m)	Químicos			
				SST (ppm)	CL (ppm)	SO4 (ppm)	PH
Sector inestable	C-01	M-02	1.90-3.00	650	162	250	8
km 84+030 - 84+100	C-02	M-01	0.10-3.00	483	125	181	7.5
Sector inestable	C-01	M-01	0.00-3.00	1536	152	618	7.5
km 85+940 - 86+160	C-02	M-01	0.00-3.00	1018	181	528	7.9
Sector inestable	C-01	M-02	1.00-2.10	860	155	326	6.9
km 94+050 - 94+100	C-02	M-02	1.50-3.00	1216	190	675	6

Nota. Resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados en 2025 por GEO CENTER LAB, laboratorio acreditado para ensayos geotécnicos. Las muestras fueron clasificadas según los sistemas SUCS (ASTM D2487) y AASHTO M 145.

Los valores químicos indican contenido moderado de sales solubles totales (SST de 483 a 1536 ppm), con presencia de cloruros (125–190 ppm) y sulfatos (181–675 ppm), y pH entre 6.0 y 7.9.

Los 03 sectores muestran concentraciones dentro de límites aceptables, no presentan problemas significativos de agresividad química.

Paralelamente al análisis de laboratorio, se llevó a cabo la interpretación detallada de los ensayos geofísicos realizados en campo, específicamente los perfiles de refracción sísmica y las líneas de tomografía eléctrica. Estos métodos no invasivos permitieron obtener

una caracterización indirecta del subsuelo, complementando eficazmente la información obtenida a través de calicatas, sondeos y muestreos directos.

4.3.3.2 Refracción sísmica

La sísmica de refracción es un método geofísico que permite caracterizar el subsuelo a partir de la estimación de la velocidad de propagación de ondas compresionales (Vp). Dicha velocidad está controlada por las propiedades elásticas y la densidad del medio, por lo que responde a cambios en rigidez, compactación y grado de meteorización. En escenarios estratificados donde la velocidad aumenta con la profundidad, los contrastes mecánicos entre unidades producen refracciones críticas identificables mediante el análisis de los primeros tiempos de llegada, lo que permite calcular velocidades por capa y estimar espesores, delimitando interfaces estratigráficas.

Si bien la Vp no define litología de manera directa, resulta suficiente para la delimitación estratigráfica cuando existen contrastes mecánicos claros, como en transiciones suelo–roca, variaciones de consolidación y cambios de alteración. Bajo estas condiciones, el método permite establecer el número de capas, el espesor de las unidades superficiales, la profundidad al techo de roca y la geometría general de los contactos. Es importante considerar que la Vp puede ser sensible a la saturación; sin embargo, esta influencia no invalida el método cuando los contrastes de velocidad son consistentes y se mantienen coherentes con el contexto geológico.

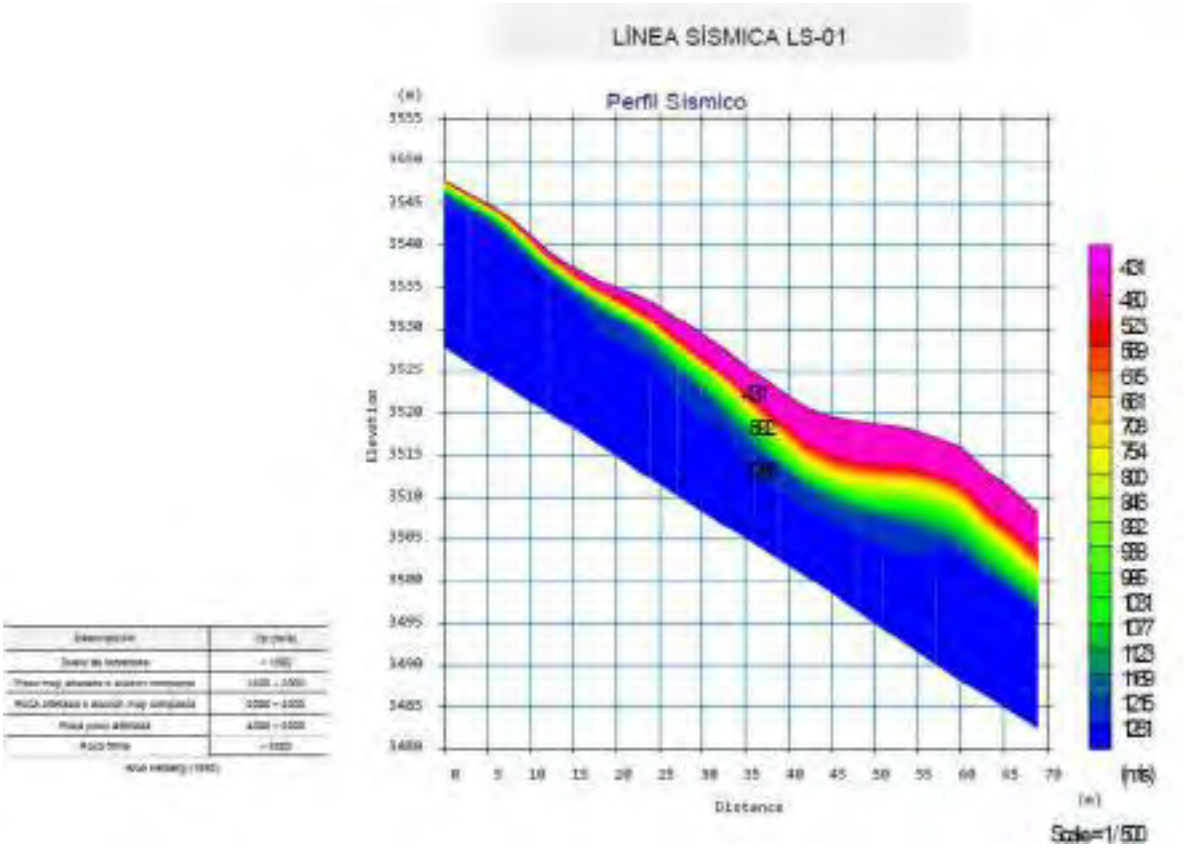
La selección de la sísmica de refracción como técnica principal se fundamentó en los objetivos del estudio, centrados en la delimitación estratigráfica y la determinación del techo de roca, y no en la obtención de parámetros dinámicos como Vs o Vs30. En el área de estudio se observó un incremento progresivo de velocidad con la profundidad y ausencia de inversión

de velocidades, condición que respalda la aplicabilidad y confiabilidad del método. Por ello, aunque MASW habría aportado información complementaria sobre rigidez, no era indispensable para resolver el objetivo planteado. En consecuencia, la aplicación exclusiva de sísmica de refracción fue metodológicamente coherente y técnicamente suficiente para responder la pregunta de investigación.

4.3.3.2.1 Sector del Km 84+030 - 84+100

Figura 36

Perfil sísmico LS-01 - Sector del km 84+030 - 84+100



Nota. Línea sísmica 01 obtenida en trabajo de campo; procesamiento y cartografía de autoría propia. Escala 1:500. Leyenda en m/s (Vp = velocidad de onda P)

Tabla 20

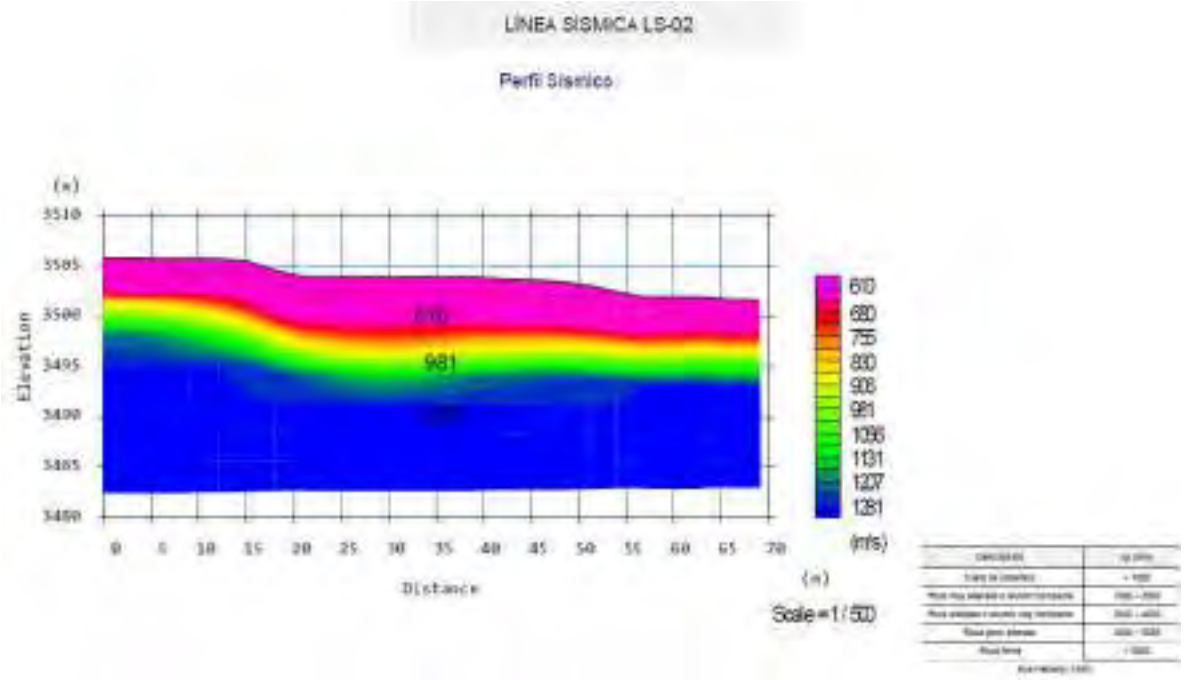
Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-01)

Ensayo	Capa	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Descripción del tipo de suelo estimado
LS-01	1	0.0–4.55 m	431	Material suelto, baja compactación, alta compresibilidad, susceptible a asentamientos.
	2	4.55–9.00 m	892	Material de transición, compactación media, capacidad portante moderada.
	3	9.00 m -30.00	1215	Estrato competente, baja deformabilidad, adecuado como soporte estructural.

Nota. Datos obtenidos en trabajo de campo para la línea sísmica LS-01; procesamiento e interpretación de autoría propia. Vp = velocidad de onda P. Profundidades medidas desde la superficie del terreno; los valores de Vp corresponden a promedios por capa para el intervalo investigado (0–30 m).

Figura 37

Perfil sísmico LS-02 - Sector del km 84+030 - 84+100



Nota. Línea sísmica obtenida en trabajo de campo; procesamiento y cartografía de autoría propia. Escala 1:500. Leyenda en m/s (Vp = velocidad de onda P)

Tabla 21

Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-02)

Ensayo	**Capa**	**Profundidad (m)**	**Vp (m/s)**	**Descripción del tipo de suelo estimado**
LS-01	1	0.0–4.20 m	610	Material suelto, baja compactación, alta compresibilidad, susceptible a asentamientos.

Ensayo	Capa	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Descripción del tipo de suelo estimado
	2	4.20–9.50 m	981	Material de transición, compactación media, capacidad portante moderada.
	3	9.50 m -30.00	1280	Estrato competente, baja deformabilidad, adecuado como soporte estructural.

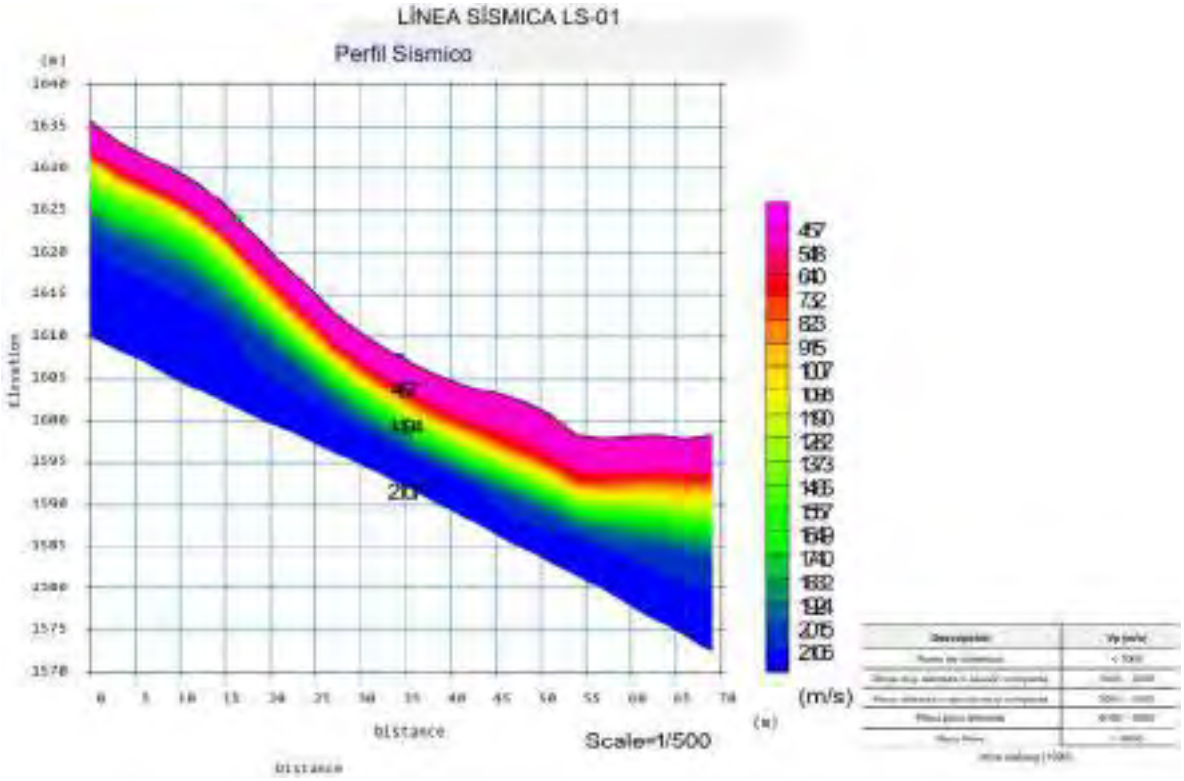
Nota. Datos obtenidos en trabajo de campo para la línea sísmica LS-02; procesamiento e interpretación de autoría propia. Vp = velocidad de onda P. Profundidades medidas desde la superficie del terreno; los valores de Vp corresponden a promedios por capa para el intervalo investigado (0–30 m).

La interpretación de las líneas sísmicas permitió identificar la presencia de tres estratos geo-mecánicos bien diferenciados, los cuales controlan el comportamiento geotécnico de la plataforma vial. El estrato superficial, caracterizado por bajas velocidades sísmicas y espesores variables, presenta baja capacidad portante y elevada deformabilidad, siendo el principal factor asociado a los asentamientos diferenciales y deformaciones observadas en la superficie. El estrato intermedio, conformado por roca muy alterada o material aluvial compacto, muestra un comportamiento mecánico moderado, actuando como una zona de transición que puede transmitir deformaciones hacia los niveles superiores. Finalmente, el estrato inferior, correspondiente a roca alterada a poco alterada, constituye un sustrato rocoso competente, con alta rigidez y baja compresibilidad.

4.3.3.2.2 Sector del Km 85+940 al 86+160

Figura 38

Perfil sísmico LS-01 del Sector del km 85+940 - 86+160



Nota. Línea sísmica 01 obtenida en trabajo de campo; procesamiento y cartografía de autoría propia. Escala 1:500. Leyenda en m/s (Vp = velocidad de onda P).

Tabla 22

Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-01)

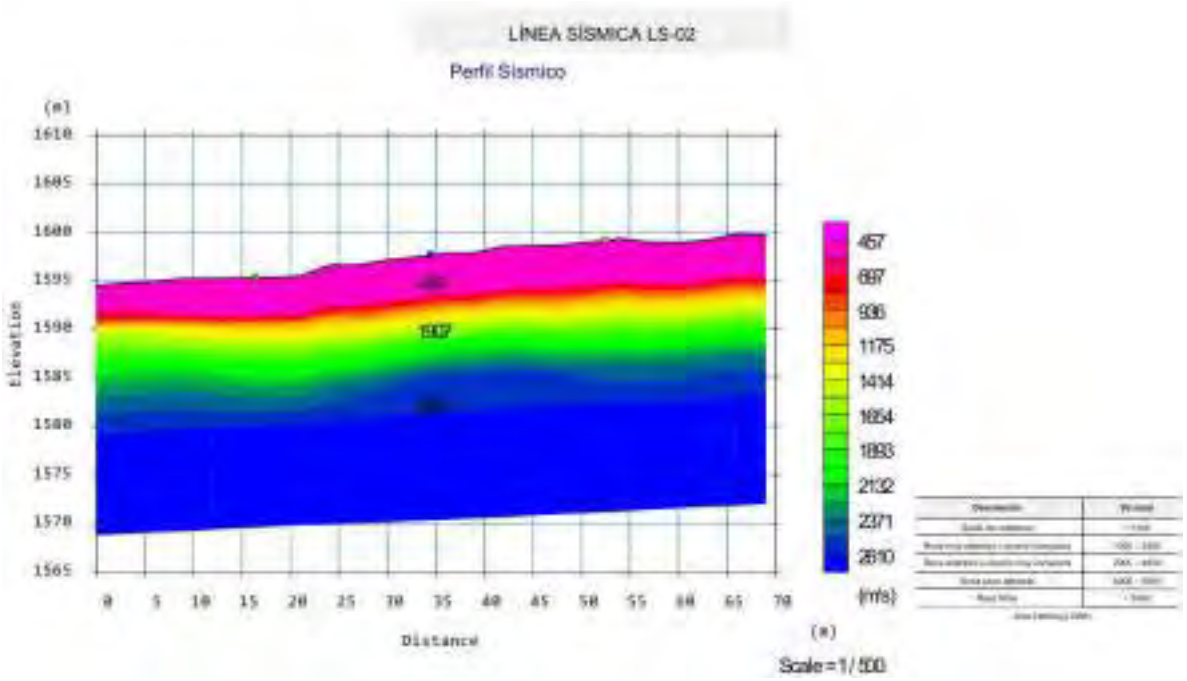
Ensayo	Capa	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Descripción del tipo de suelo estimado
LS-01	1	0.0–3.35 m	457	Material suelto, baja compactación, alta compresibilidad, susceptible a asentamientos.

Ensayo	Capa	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Descripción del tipo de suelo estimado
	2	3.35–8.00 m	1494	Material de transición, compactación media, capacidad portante moderada.
	3	8.00 m -30.00	2107	Estrato competente, baja deformabilidad, adecuado como soporte estructural.

Nota. Datos obtenidos en trabajo de campo para la línea sísmica LS-01; procesamiento e interpretación de autoría propia. Vp = velocidad de onda P. Profundidades medidas desde la superficie del terreno; los valores de Vp corresponden a promedios por capa para el intervalo investigado (0–30 m).

Figura 39

Perfil sísmico LS-02 - Sector del km 85+940 - 86+160



Nota. Línea sísmica 02 obtenida en trabajo de campo; procesamiento y cartografía de autoría propia. Escala 1:500. Leyenda en m/s (Vp = velocidad de onda P)

Tabla 23

Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-02)

Ensayo	Capa	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Descripción del tipo de suelo estimado
LS-01	1	0.0–3.50 m	457	Material suelto, baja compactación, alta compresibilidad, susceptible a asentamientos.
	2	3.50–7.50 m	1907	Material de transición, compactación media, capacidad portante moderada.
	3	7.50 m - 30.00	2611	Estrato competente, baja deformabilidad, adecuado como soporte estructural.

Nota. Datos obtenidos en trabajo de campo para la línea sísmica LS-02; procesamiento e interpretación de autoría propia. Vp = velocidad de onda P. Profundidades medidas desde la superficie del terreno; los valores de Vp corresponden a promedios por capa para el intervalo investigado (0–30 m).

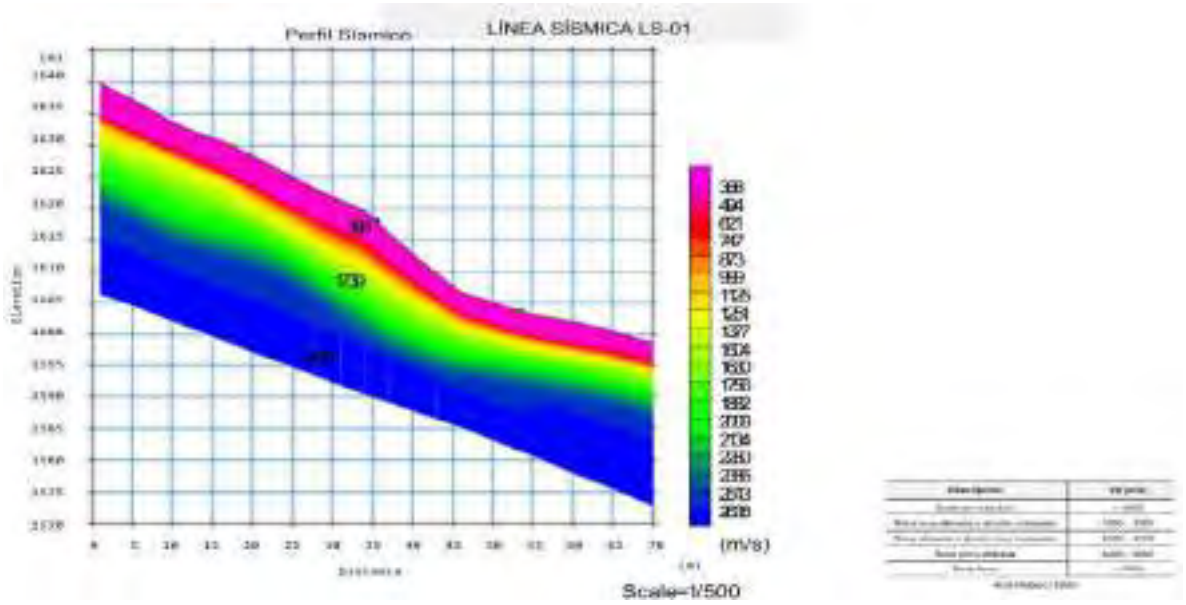
La interpretación de las líneas sísmicas permitió identificar la presencia de tres estratos geo-mecánicos bien diferenciados, los cuales controlan el comportamiento geotécnico de la plataforma vial. El estrato superficial, caracterizado por bajas velocidades sísmicas y espesores variables, presenta baja capacidad portante y elevada deformabilidad, siendo el principal factor asociado a los asentamientos diferenciales y deformaciones observadas en la superficie. El estrato intermedio, conformado por roca muy alterada o material aluvial compacto, muestra un comportamiento mecánico moderado, actuando como una zona de transición que puede transmitir deformaciones hacia los niveles superiores.

Finalmente, el estrato inferior, correspondiente a roca alterada a poco alterada, constituye un sustrato rocoso competente, con alta rigidez y baja compresibilidad.

4.3.3.2.3 Sector del Km 94+050 al 94+100

Figura 40

Perfil sísmico LS-01 del Sector del km 94+050 – 94+100



Nota. Línea sísmica 01 obtenida en trabajo de campo; procesamiento y cartografía de autoría propia. Escala 1:500. Leyenda en m/s (Vp = velocidad de onda P).

Tabla 24

Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-01)

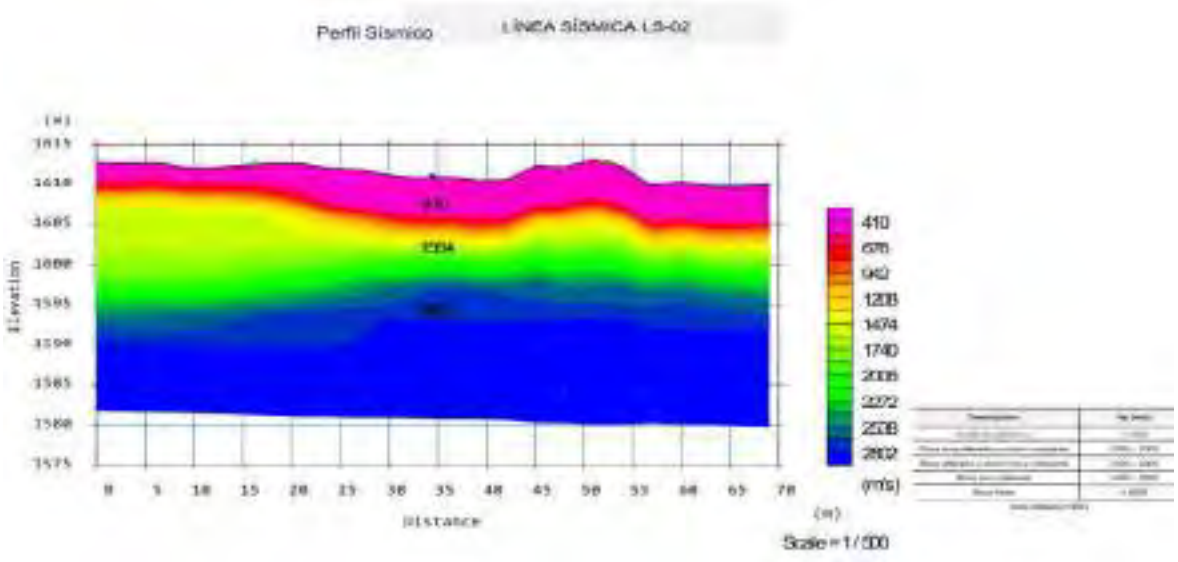
Ensayo	Capa	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Descripción del tipo de suelo estimado
LS-01	1	0.0–2.80 m	358	Material suelto, baja compactación, alta compresibilidad, susceptible a asentamientos.

Ensayo	Capa	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Descripción del tipo de suelo estimado
	2	2.80–7.50 m	1739	Material de transición, compactación media, capacidad portante moderada.
	3	7.50 m - 30.00	2639	Estrato competente, baja deformabilidad, adecuado como soporte estructural.

Nota. Datos obtenidos en trabajo de campo para la línea sísmica LS-01; procesamiento e interpretación de autoría propia. Vp = velocidad de onda P. Profundidades medidas desde la superficie del terreno; los valores de Vp corresponden a promedios por capa para el intervalo investigado (0–30 m).

Figura 41

Perfil sísmico LS-02 - Sector del km 94+050 – 94+100



Nota. Línea sísmica 02 obtenida en trabajo de campo; procesamiento y cartografía de autoría propia. Escala 1:500. Leyenda en m/s (Vp = velocidad de onda P)

Tabla 25

Estratigrafía estimada a partir de refracción sísmica (LS-02)

Ensayo	Capa	Profundidad (m)	Vp (m/s)	Descripción del tipo de suelo estimado
LS-01	1	0.0–3.20 m	410	Material suelto, baja compactación, alta compresibilidad, susceptible a asentamientos.
	2	3.20–10.20 m	1554	Material de transición, compactación media, capacidad portante moderada.
	3	10.20 m - 30.00	2803	Estrato competente, baja deformabilidad, adecuado como soporte estructural.

Nota. Datos obtenidos en trabajo de campo para la línea sísmica LS-02; procesamiento e interpretación de autoría propia. Vp = velocidad de onda P. Profundidades medidas desde la superficie del terreno; los valores de Vp corresponden a promedios por capa para el intervalo investigado (0–30 m).

La interpretación de las líneas sísmicas permitió identificar la presencia de tres estratos geo-mecánicos bien diferenciados, los cuales controlan el comportamiento geotécnico de la plataforma vial. El estrato superficial, caracterizado por bajas velocidades sísmicas y espesores variables, presenta baja capacidad portante y elevada deformabilidad, siendo el principal factor asociado a los asentamientos diferenciales y deformaciones observadas en la superficie. El estrato intermedio, conformado por roca muy alterada o material aluvial compacto, muestra un comportamiento mecánico moderado, actuando como una zona de transición que puede transmitir deformaciones hacia los niveles superiores.

Finalmente, el estrato inferior, correspondiente a roca alterada a poco alterada, constituye un sustrato rocoso competente, con alta rigidez y baja compresibilidad.

4.3.3.3 Tomografía Geoeléctrica

La Tomografía Geoeléctrica permitió obtener secciones bidimensionales de la distribución de resistividades del subsuelo, a partir de la inyección controlada de corriente eléctrica y la medición de diferencias de potencial en superficie. Los valores de resistividad aparente fueron procesados mediante inversión numérica para estimar la resistividad real en profundidad (Reynolds, 2011; Telford et al., 1990).

La resistividad eléctrica es un parámetro físico sensible a cambios litológicos y estratigráficos, ya que depende de la porosidad, el grado de fracturamiento y, principalmente, del contenido y conectividad del agua en los poros. De acuerdo con la Ley de Archie (Archie, 1942), la resistividad de un medio poroso disminuye con el incremento de la saturación, lo que permite diferenciar unidades con distinto comportamiento hidrogeológico:

$$\rho = a\rho_w \phi^{-m} S_w^{-n}$$

Donde:

ρ = resistividad del medio saturado

ρ_w = resistividad del agua intersticial

φ = porosidad efectiva

Sw = grado de saturación

a, m, n = parámetros empíricos dependientes del material

De acuerdo con los rangos típicos reportados en la literatura especializada, los materiales finos saturados suelen presentar resistividades inferiores a 100 Ω·m, mientras que

sedimentos húmedos parcialmente saturados registran valores mayores, generalmente en el intervalo de 100 a 1000 Ω·m (Telford et al., 1990; Reynolds, 2011).

La tomografía eléctrica ejecutada en los tres sectores, utilizando la configuración dipolo–dipolo, evidenció una cobertura superficial de materiales no consolidados caracterizada por resistividades moderadas, con valores mínimos del orden de ~362 Ω·m. Dado que condiciones de saturación plena se asocian típicamente a resistividades muy bajas (por lo general < 100 Ω·m), los resultados no sugieren la presencia de una zona ampliamente saturada. No obstante, tanto la magnitud de los valores medidos como su distribución lateral son compatibles con un estrato de alta humedad y saturación parcial o transitoria, probablemente vinculada a procesos de infiltración posteriores a eventos de precipitación.

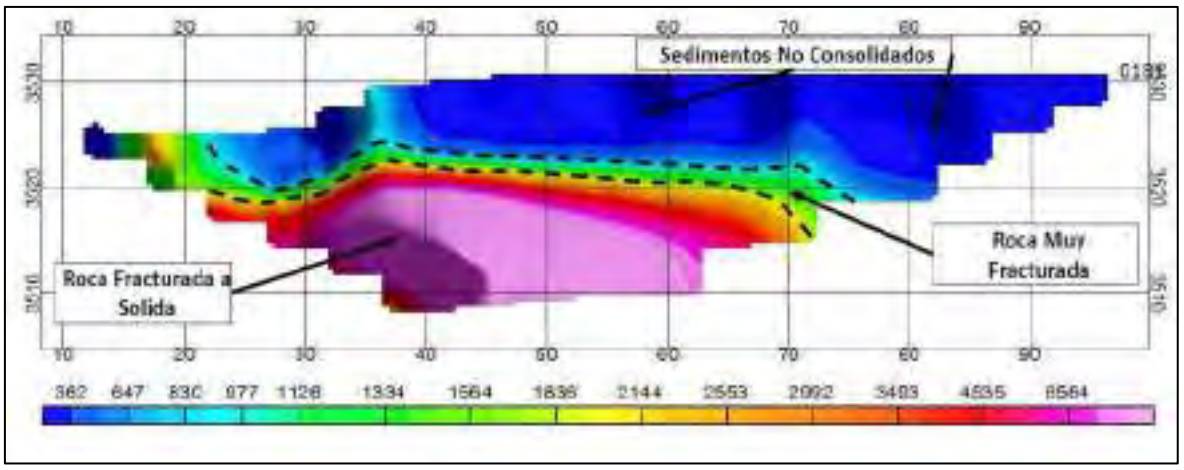
En consecuencia, los perfiles indican condiciones hidrogeológicas superficiales que favorecen la retención de humedad y el potencial incremento de presiones de poros durante periodos lluviosos, aspecto particularmente relevante para el análisis de estabilidad del terreno.

No obstante, es importante precisar que la delimitación de estratos se sustentó principalmente en la interpretación directa de calicatas y en los resultados de refracción sísmica (velocidades Vp), los cuales proporcionan un parámetro mecánico-elástico independiente y complementario. La Tomografía Geoeléctrica fue empleada como herramienta de correlación lateral y apoyo interpretativo, permitiendo extender espacialmente la información puntual obtenida en campo y validar la continuidad de las unidades identificadas.

4.3.3.3.1 Sector del Km 84+030 - 84+100

Figura 42

Línea de tomografía eléctrica Sector del km 84+030 – 84+100



Nota. Línea de Tomografía eléctrica de 120m de largo. Elaboración propia con base en los trabajos geofísicos de 2025.

Sedimentos No Consolidados (ρ: ρ:100-975 Ω.m)

Está representado por colores azules claros a oscuros. Debido a sus valores de resistividades se trata de un suelo no consolidado permeable. Se observan en la mayoría de la superficie de la sección, es importante destacar que en el medio de la línea se encuentra una zona inestable. El espesor de esta zona seria de 8 a 12 metros de espesor.

Roca Muy Fracturada (ρ: 975-2142 Ω.m)

Está representado por colores verdes. Son permeables. En esta sección solo se muestra como zona de transición al estrato más consolidado.

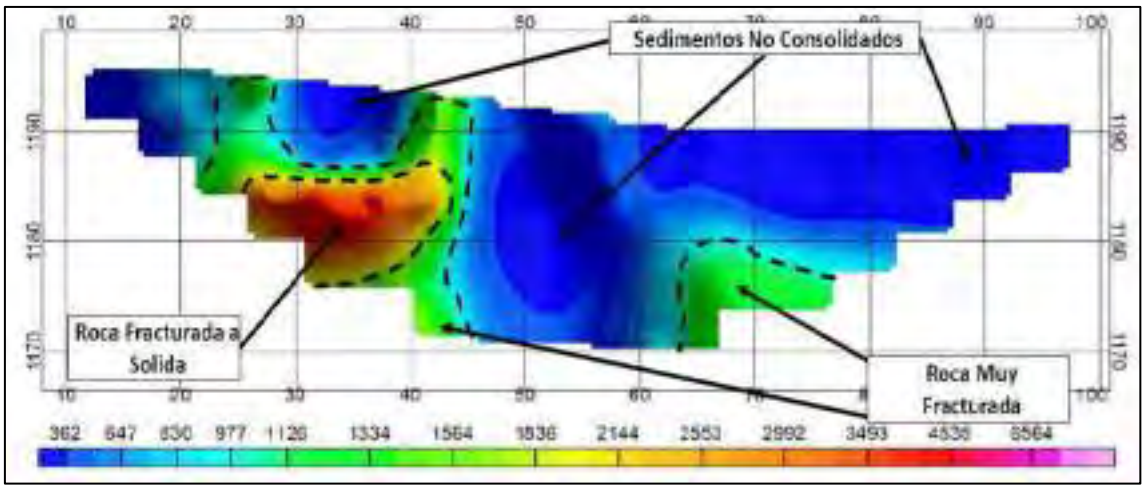
Roca Fracturada a Dura (ρ:2142-6564 Ω.m)

Está representado por colores amarillo a morado. Podemos asociar este estrato a una roca que hacía profundidades mayores se encontrará menos alterada. Se extiende constante a lo largo de la sección, encuentra a 10 metros aproximadamente de la superficie.

4.3.3.3.2 Sector del Km 85+940 al 86+160

Figura 43

Línea de tomografía eléctrica Sector del km 85+940 – 86+160



Nota. Línea de Tomografía eléctrica de 120m de largo. Fuente: Elaboración propia con base en los trabajos geofísicos de 2025.

Sedimentos No Consolidados (ρ:100-975 Ω.m)

Está representado por colores azules claros a oscuros. Debido a sus valores de resistividades se trata de un suelo no consolidado permeable.

Roca Muy Fracturada (ρ: 975-2142 Ω.m)

Está representado por colores verdes. Son permeables. El estrato sirve de matriz para los sedimentos saturados que almacena. Tiene espesor variable.

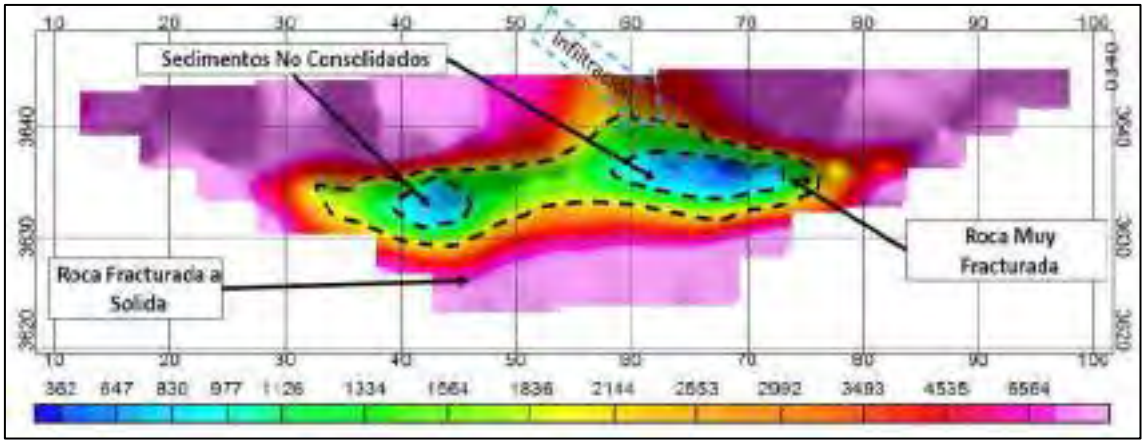
Roca Fracturada a Dura (ρ:2142-6564 Ω.m)

Está representado por colores amarillo a morado. Podemos asociar este estrato a una roca que hacía profundidades mayores se encontrará menos alterada. En esta sección solo hay una pequeña parte a 10 metros de la superficie hacia la parte izquierda.

4.3.3.3.3 Sector del Km 94+050 al 94+100

Figura 44

Línea de tomografía eléctrica Sector del km 94+050 – 94+100



Nota. Línea de Tomografía eléctrica de 120m de largo. Fuente: Elaboración propia con base en los trabajos geofísicos de 2025.

Sedimentos No Consolidados (ρ: ρ:100-975 Ω.m)

Está representado por colores azules claros a oscuros. Debido a sus valores de resistividades se trata de un suelo no consolidado permeable. Se observan en el centro de la sección, es importante destacar que en el medio de la línea se encuentra una zona inestable. El espesor de esta zona seria de 5 a 8 metros de espesor.

Roca Muy Fracturada (ρ: 975-2142 Ω.m)

Está representado por colores verdes. Son permeables. En esta sección solo se muestra como zona de transición al estrato más consolidado.

Roca Fracturada a Dura (ρ:2142-6564 Ω.m)

Está representado por colores amarillo a morado. Podemos asociar este estrato a una roca que hacía profundidades mayores se encontrará menos alterada. Se evidencia infiltración de agua, que indica la alta permeabilidad de esta roca.

4.3.4 Fase 4: Diseño Geotécnico

La interpretación geológica se enfocó en el análisis detallado de las propiedades físicas, mecánicas y estructurales del terreno, lo que permitió caracterizar las condiciones geológicas locales e identificar con precisión las causas que originan y condicionan la inestabilidad en los tres sectores evaluados como críticos.

Este análisis consideró la composición litológica, grado de meteorización, presencia de discontinuidades estructurales (fracturas, planos de foliación, diaclasas), así como la disposición de los estratos y su relación con la topografía. De manera particular, se analizaron los estratos de depósitos residuales que cubren los afloramientos rocosos.

De forma complementaria, se desarrollaron estudios de estabilidad de taludes, integrando parámetros geotécnicos clave, tales como:

- ✓ Cohesión efectiva (c')
- ✓ Ángulo de fricción interna efectiva (ϕ')
- ✓ Densidad de los materiales
- ✓ Presión de poros
- ✓ Altura y geometría del talud
- ✓ Condiciones hidrogeológicas (nivel freático, filtraciones, etc.)

Los datos recopilados durante el trabajo de campo, los ensayos de laboratorio y los estudios geofísicos fueron procesados e integrados en un modelo de estabilidad de taludes, empleando el software especializado Slide 6.0. Esta herramienta permitió simular diferentes condiciones de carga, saturación y geometría del terreno, lo cual resultó fundamental para el análisis del comportamiento geotécnico de los 03 sectores inestables. El criterio de cálculo adoptado fue Equilibrio Límite, Morgenstern–Price, por su capacidad para representar

geometrías y cargas complejas. Para la acción sísmica pseudoestática la presente tesis adopta PGA=0.325 g con k_h=0.163.

El modelamiento permitió alcanzar los siguientes objetivos:

- ✓ Identificar zonas críticas con mayor susceptibilidad a fallas o deslizamientos, en función de los parámetros geotécnicos de cada unidad litológica.
- ✓ Proporcionar una visión integral del comportamiento mecánico del terreno, permitiendo una comprensión más profunda de los mecanismos de inestabilidad y su relación con factores geológicos, hidrogeológicos y topográficos.
- ✓ Evaluar los factores de seguridad (FS) en cada uno de los sectores analizados, bajo distintos escenarios de estabilidad (condiciones estáticas y pseudoestáticas).

Este enfoque multidisciplinario y basado en modelamiento computacional proporcionó una base técnica sólida para la toma de decisiones, facilitando la gestión del riesgo y la planificación de intervenciones estructurales en los sectores afectados.

4.3.4.1 Análisis de Estabilidad de Taludes

4.3.4.1.1 Análisis de estabilidad del talud del Sector del Km 84+030 - 84+100

La altura del talud, determinada a partir de una evaluación detallada realizada en el campo, es de 50 metros, con una pendiente de 30º. Esta medición fue obtenida mediante un análisis exhaustivo y preciso de la zona, que consideró tanto las características geométricas del terreno como sus propiedades geotécnicas. Para llevar a cabo este estudio, se evaluaron aspectos clave como la configuración del relieve, la morfología del terreno, la composición del material que conforma el talud.

La precisión de estas mediciones es fundamental para comprender el comportamiento del talud. Los parámetros representativos del terreno, obtenidos del corte directo, se resumen a continuación:

Tabla 26

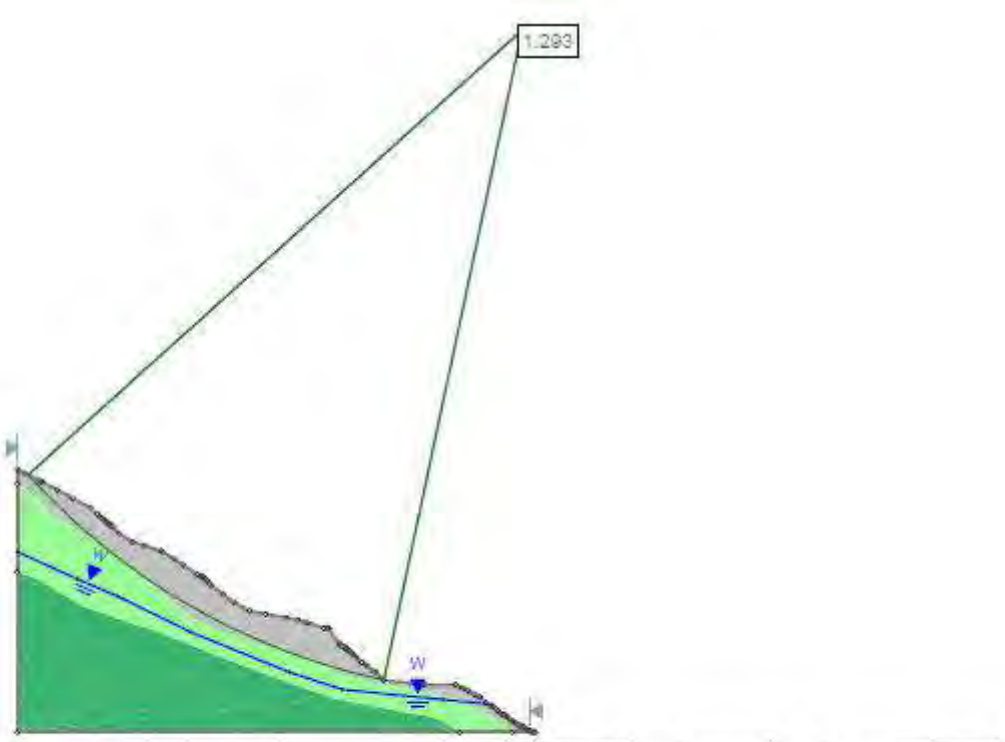
Parámetros Geotécnicos del sector del km 84+030 – 84+100

Tipo de material	**Peso unitario γ kN/m3**	**ϕ′**	**c′ kN/m2**	**Resistencia a la Compresión UCS (KN/m2)**	**Peso Unitario (KN/m3)**	**GSI**
Suelo residual (SC)	16.00	23.00	18.00	-	-	-
Lutita	-	-	-	31000	25.00	55.00

Nota. Los parámetros geotécnicos del sector fueron obtenidos mediante ensayos de corte directo y compresión simple. Fuente: Elaboración propia con base en los ensayos de 2025.

Figura 45

Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables

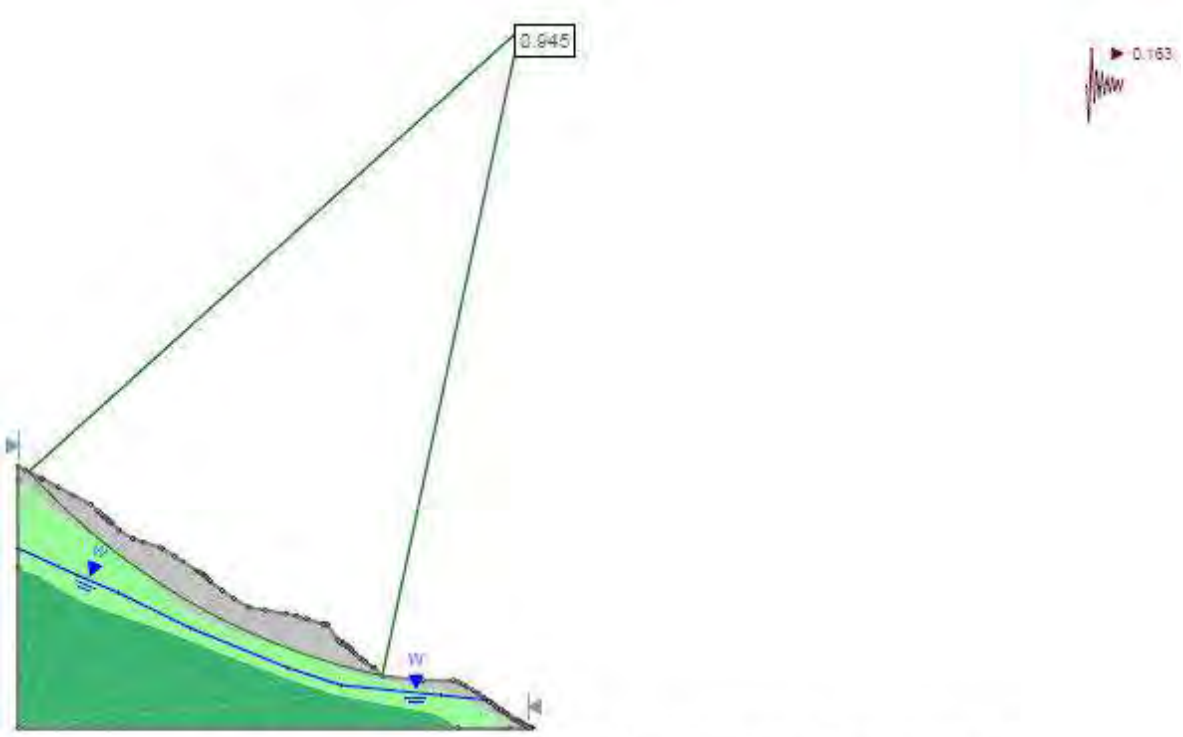


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (SC)		16.00	Mohr-Coulomb	18.00	23					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (si)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant

Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 1.293. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

Figura 46

Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (SC)		16.00	Mohr-Coulomb	18.00	23					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant

Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 0.945. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

4.3.4.1.2 Análisis de estabilidad del talud del Sector del Km 85+940 al 86+160

La altura del talud, determinada a partir de una evaluación detallada realizada en el campo, es de 30 metros, con una pendiente de 45º. Esta medición fue obtenida mediante un análisis exhaustivo y preciso de la zona, que consideró tanto las características geométricas del terreno como sus propiedades geotécnicas. Para llevar a cabo este estudio, se evaluaron aspectos clave como la configuración del relieve, la morfología del terreno, la composición del material que conforma el talud. La precisión de estas mediciones es fundamental para comprender el comportamiento del talud.

Los parámetros representativos del terreno, obtenidos del corte directo, se resumen a continuación:

Tabla 27

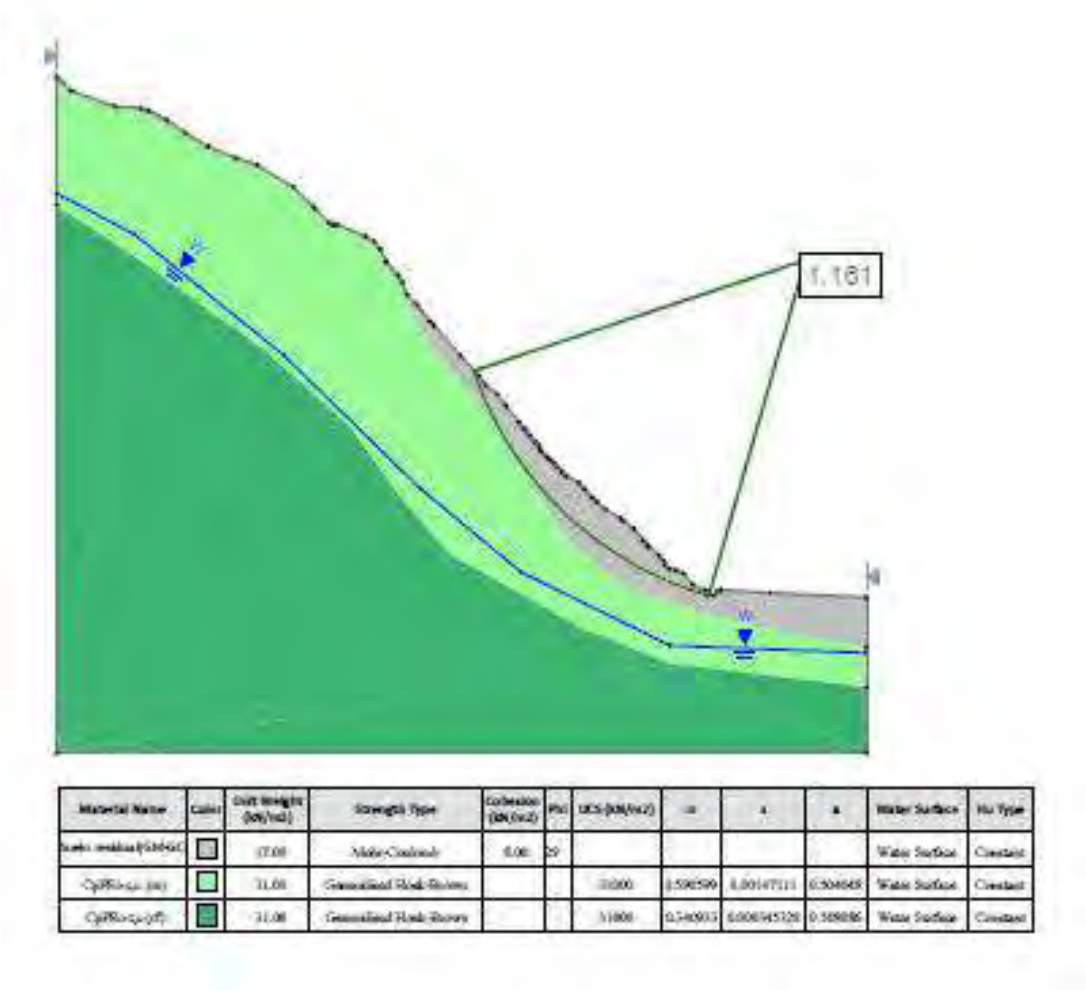
Parámetros Geotécnicos del sector del km 85+940 – 86+160

Tipo de material	**Peso unitario γ kN/m3**	**ϕ′**	**c′ kN/m2**	**Resistencia a la Compresión UCS (KN/m2)**	**Peso Unitario (KN/m3)**	**GSI**
Suelo residual (GM-GC)	17.00	29.00	8.00	-	-	-
Lutita	-	-	-	31000	25.00	55.00

Nota. Los parámetros geotécnicos del sector fueron obtenidos mediante ensayos de corte directo y compresión simple. Elaboración propia con base en los ensayos de 2025.

Figura 47

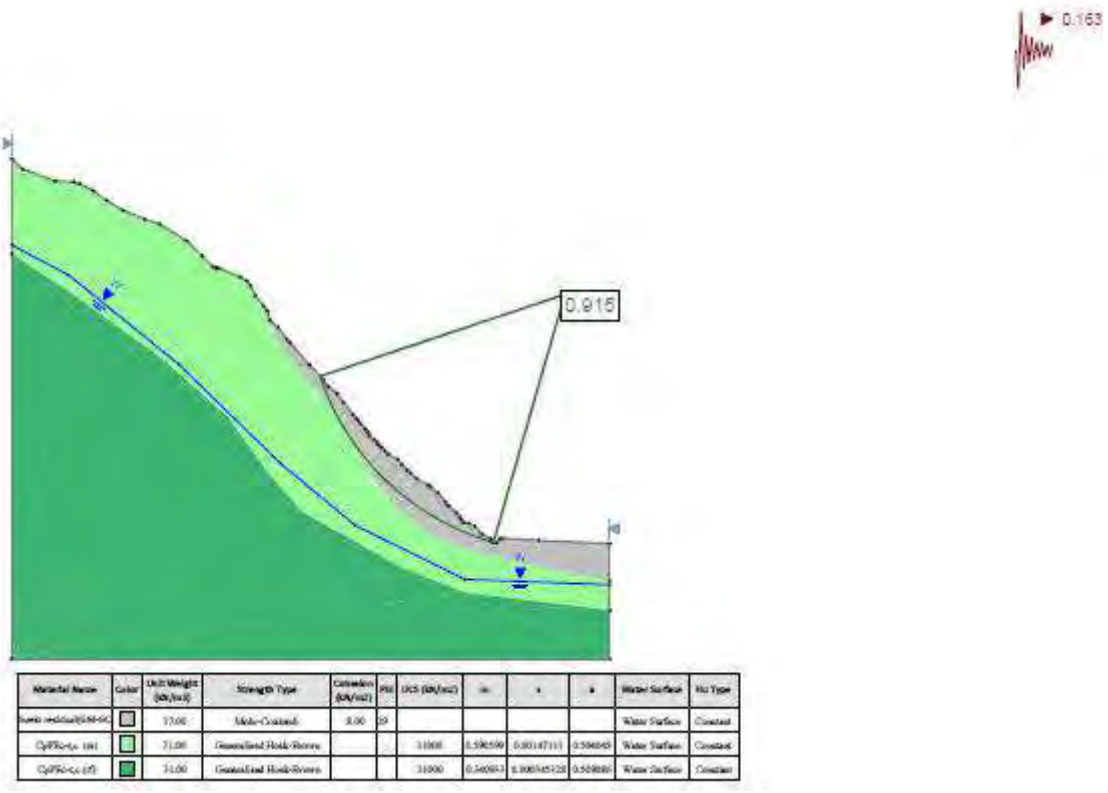
Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables



Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 1.161. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

Figura 48

Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables



Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 0.915. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

4.3.4.1.3 Análisis de estabilidad del talud del Sector del Km 94+050 al 94+100

La altura del talud, determinada a partir de una evaluación detallada realizada en el campo, es de 50 metros, con una pendiente de 35º. Esta medición fue obtenida mediante un análisis exhaustivo y preciso de la zona, que consideró tanto las características geométricas del terreno como sus propiedades geotécnicas. Para llevar a cabo este estudio, se evaluaron aspectos clave como la configuración del relieve, la morfología del terreno, la composición del material que conforma el talud. La precisión de estas mediciones es fundamental para comprender el comportamiento del talud.

Los parámetros representativos del terreno, obtenidos del corte directo, se resumen a continuación:

Tabla 28

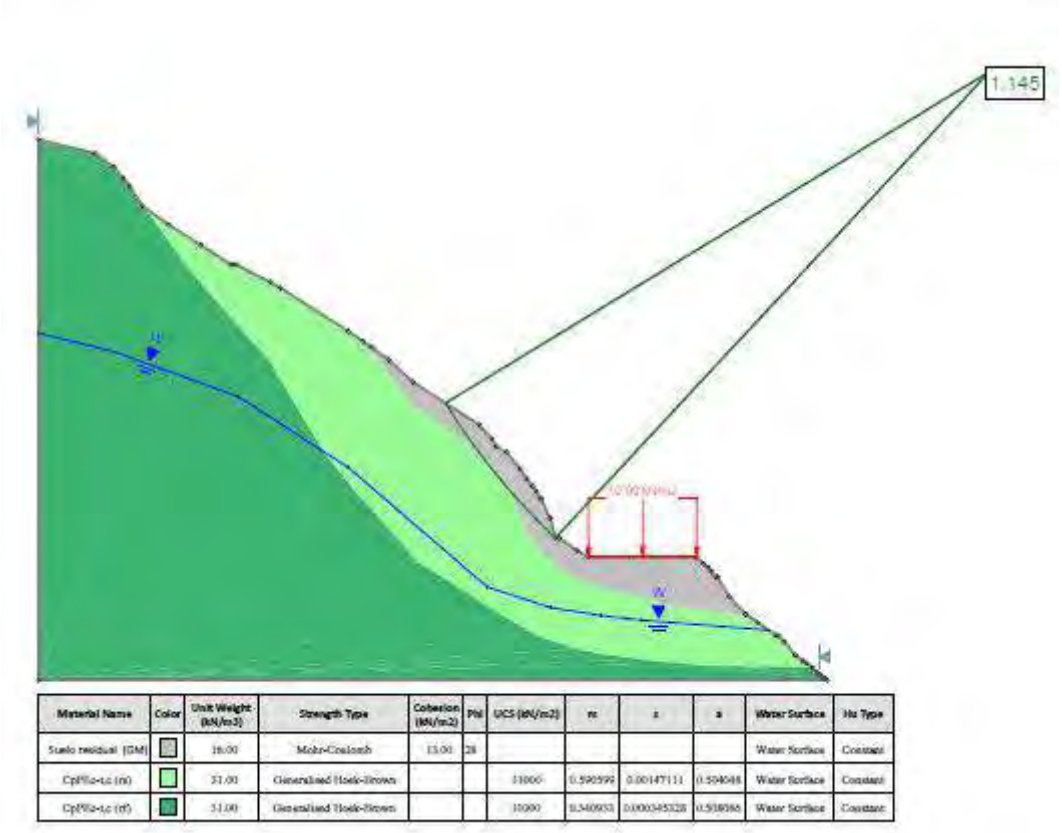
Parámetros Geotécnicos del sector del km 94+050 – 94+100

Tipo de material	**Peso unitario γ kN/m3**	**ϕ′**	**c′ kN/m2**	**Resistencia a la Compresión UCS (KN/m2)**	**Peso Unitario (KN/m3)**	**GSI**
Suelo residual (GM)	16.00	28.00	13.00	-	-	-
Lutita	-	-	-	31000	25.00	55.00

Nota. Los parámetros geotécnicos del sector fueron obtenidos mediante ensayos de corte directo y compresión simple. Fuente: Elaboración propia con base en los ensayos de 2025.

Figura 49

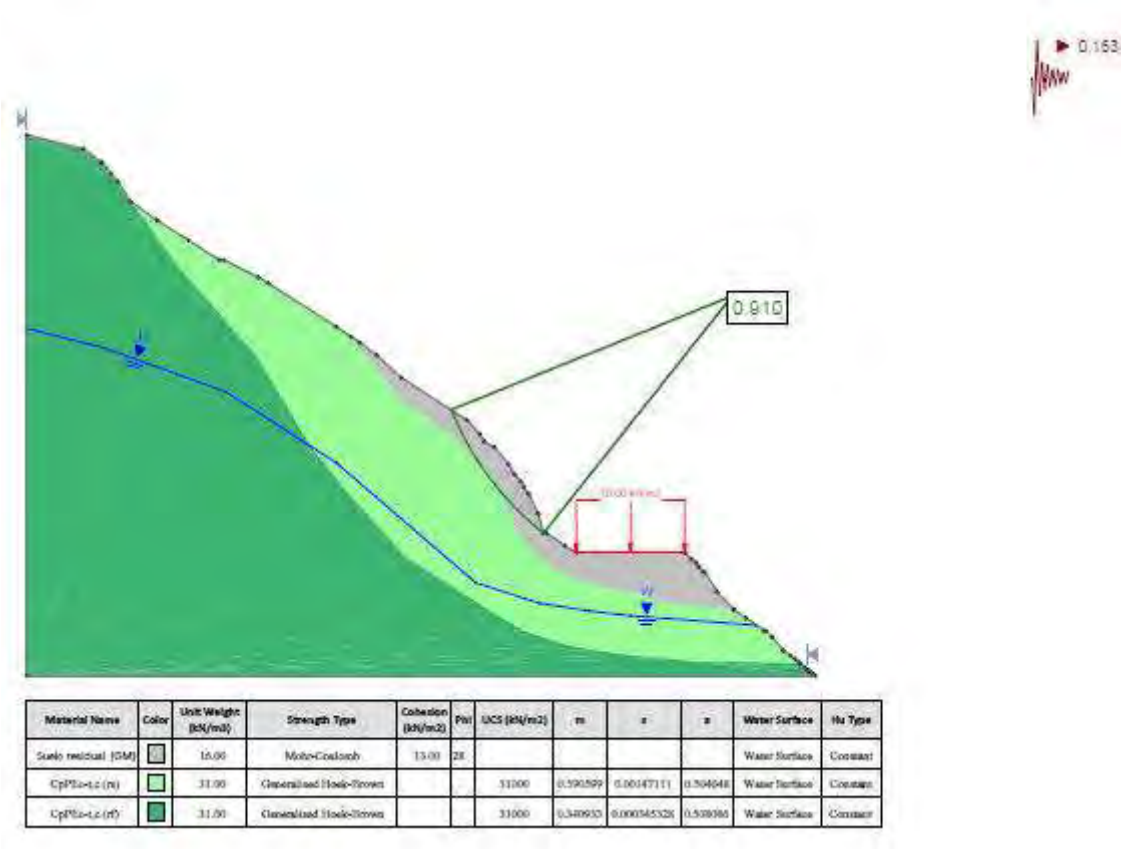
Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables



Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 1.145. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

Figura 50

Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas, con distribución del factor de seguridad y superficies de falla probables



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM)		16.00	Mohr-Coulomb	13.00	28					Water Surface	Constant
Cpl'Su-t.c (n)		31.00	Generalized Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
Cpl'Su-t.c (rf)		31.00	Generalized Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000365328	0.503086	Water Surface	Constant

Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es .0910. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

Los tres sectores presentan fragmentos rocosos muy meteorizados y suelos residuales con baja cohesión (7–19 kPa), ángulos de fricción entre 21° y 28°, y altos niveles de saturación, lo que los hace altamente susceptibles a deslizamientos rotacionales, especialmente bajo condiciones sísmicas o de saturación pluvial. De acuerdo al trabajo realizado en campo, los ensayos tanto de campo como de laboratorio indican que la

inestabilidad general es de moderada a severa, por lo que se requieren intervenciones estructurales y drenajes eficientes para reducir riesgos y garantizar la seguridad vial.

4.3.5 Fase 5: Propuestas de Soluciones Geotécnicas

El diseño geotécnico para los tres sectores inestables identificados se realiza en función de los parámetros geotécnicos determinados en la etapa de investigación de campo y de laboratorio, así como de los requerimientos de seguridad establecidos para la vía. Adicional a ello en los 03 sectores inestables se debe de realizar zanjas de coronación y subredenes.

Se adoptan los siguientes criterios de diseño:

- ✓ Factor de seguridad mínimo en condición estática: FS ≥ 1.50.
- ✓ Evaluación en condición pseudoestática con coeficiente sísmico horizontal Kh = 0.163
- ✓ Comportamiento global estable del talud y estabilidad externa de las estructuras de contención (deslizamiento, volteo, capacidad portante).
- ✓ Empleo de soluciones constructivamente viables y compatibles con la topografía del terreno.

Para el diseño se definieron modelos geotécnicos específicos para cada sector, considerando la estratigrafía, el tipo de material predominante y las condiciones hidrogeológicas.

Los depósitos residuales se modelan mediante el criterio de resistencia al corte de Mohr–Coulomb, utilizando los valores de cohesión, ángulo de fricción y peso unitario obtenidos de los ensayos de laboratorio y correlaciones.

Los macizos rocosos se modelan empleando el criterio de Hoek–Brown generalizado, a partir de la clasificación geomecánica (RMR/GSI) y la resistencia a compresión simple de la roca intacta.

4.3.5.1 Propuesta de Solución Geotécnica del Sector del Km 84+030 – Km 84+100

El diseño geotécnico propone un muro de gaviones de 6 m cimentado sobre depósito residual y roca competente. Las verificaciones consisten en:

Verificaciones de estabilidad externa del muro de gaviones

Estas verificaciones aseguran que el muro, considerado como un bloque rígido, sea estable frente a las acciones externas.

- ✓ *Deslizamiento*

El objetivo es verificar la resistencia al deslizamiento del muro sobre su base de cimentación. Se compara la fuerza horizontal actuante (empuje de tierras estático y sísmico) con la resistencia por fricción basal y, cuando corresponde, la contribución de la roca competente.

Criterio:

FS deslizamiento ≥ valor mínimo de diseño (usualmente ≥ 1.5 en estático y ≥ 1.1–1.2 en sísmico).

- ✓ *Volcamiento*

El objetivo es verificar que el momento estabilizador (peso propio del muro y sobrecargas) sea mayor que el momento volcador generado por el empuje de tierras. Se realiza el equilibrio de momentos respecto al borde de volteo.

Criterio:

FS volcamiento ≥ valor de diseño (comúnmente ≥ 2.0 en estático y ≥ 1.5 en sísmico).

- ✓ *Capacidad* portante

El objetivo es verificar que las tensiones transmitidas al terreno de fundación no superen la capacidad portante admisible del depósito residual y la roca competente.

Verificaciones de estabilidad interna del muro de gaviones

Estas verificaciones evalúan la integridad estructural del muro como estructura flexible y drenante.

- ✓ *Estabilidad interna del relleno de gaviones*

Se comprueba que el material pétreo cumple con los requisitos de tamaño, angularidad y resistencia, garantizando un adecuado rozamiento interno.

- ✓ *Resistencia de las mallas*

Se verifica que las mallas metálicas resistan los esfuerzos de tracción inducidos por el peso propio y el empuje del suelo, considerando factores de reducción por corrosión y durabilidad.

Consideración de condiciones sísmicas

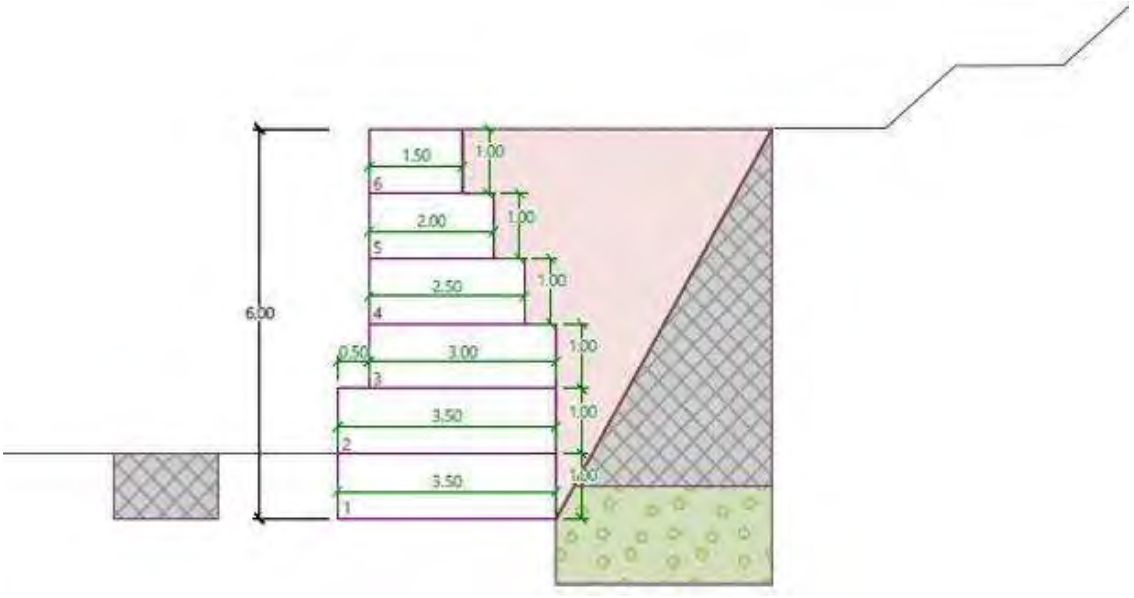
Se incorpora un análisis pseudoestático, aplicando coeficientes sísmicos compatibles con la zonificación sísmica del proyecto.

Se verifica que tanto la estabilidad global como la estabilidad externa e interna del muro mantengan factores de seguridad aceptables bajo acción sísmica.

Se detalla en el **Anexo 12.1.**

Figura 51

Configuración geométrica del Muro Gavión



Nota. Elaboración propia realizada con el software Geo 5.

4.3.5.1.1 Muro de gaviones H = 6 m – Talud superior

- **Geometría**

  Altura total del muro: 6.00 m

  Geometría por hilada (b, h, corrimiento a):

  N°6: b=1.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°5: b=2.00 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°4: b=2.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°3: b=3.00 m, h=1.00 m, a=0.50 m

  N°2: b=3.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°1: b=3.50 m, h=1.00 m, a=–

- **Paramento**

  Tipo: Gavión 6x8 (3.70×4.40) 90%Zn/10%Al + PVC (material del bloque)

  Altura del bloque (h): 1.00 m (por hilada)

  Ancho/espesor (b): variable por hilada (1.50 a 3.50 m)

- **Estabilidad externa**

  Etapa estática (permanente):

  Deslizamiento: FS = 22.15 → Satisfactoria

  Volteo: FS = 4.72 → Satisfactoria

  Capacidad portante: FS = 5.60 (σmax = 116 kPa; Rd = 650 kPa) → Satisfactoria

  Etapa pseudoestática (sísmico):

  Deslizamiento: FS = 7.04 → Satisfactoria

  Volteo: FS = 2.07 → Satisfactoria

  Capacidad portante:

  FS = 3.06 (σmax = 196.23 kPa; Rd = 600 kPa) → Satisfactoria

- **Estabilidad interna**

  Etapa estática:

  Presión transversal (capacidad de junta Rs=40.80 kN/m vs demanda 16.12 kN/m): FS = 2.53 → Satisfactoria

  Diaclasa entre bloques (malla 60.00 kN/m vs demanda 16.12 kN/m): FS = 3.72 → Satisfactoria

  Etapa pseudoestática:

  Presión transversal (Rs=40.80 kN/m vs demanda 23.18 kN/m): FS = 1.76 → Satisfactoria

Diaclasa entre bloques (malla 60.00 kN/m vs demanda 23.18 kN/m): FS = 2.59 → Satisfactoria.

4.3.5.1.2 Estabilidad global del talud

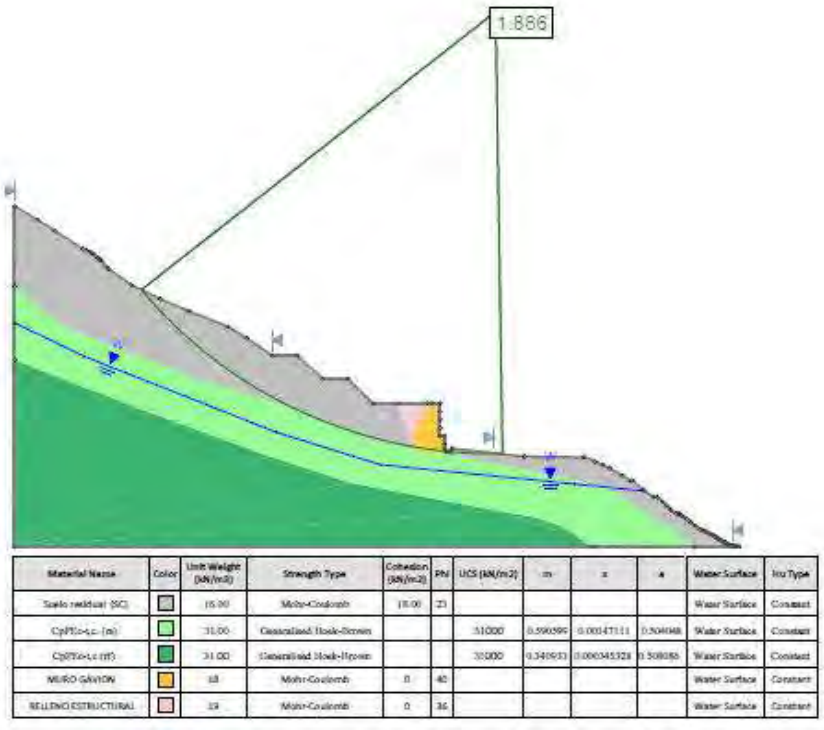
Método de análisis: GLE/Morgenstern-Price, superficies circulares, búsqueda automática. En ambos casos los factores de seguridad superan los mínimos usualmente exigidos para estabilidad global.

Caso estático: FS = 1.88 para la superficie crítica global.

Caso sísmico (Kh = 0,163): FS =1.35.

Figura 52

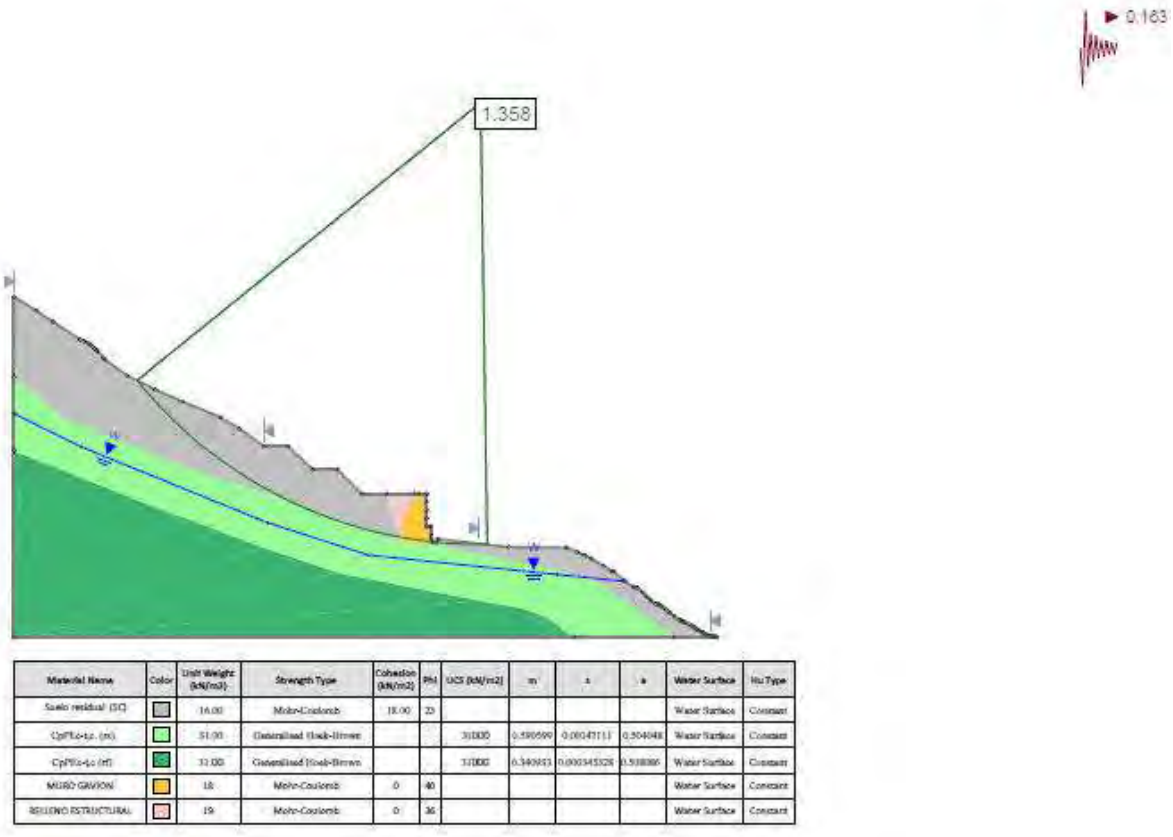
Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión



Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 1.886. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

Figura 53

Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas con diseño geotécnico de Muro gavión



Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 1.358. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

4.3.5.2 Propuesta de Solución Geotécnica del Sector del Km 85+940 – Km 86+160

El diseño geotécnico propone un muro de gaviones de 6 m cimentado sobre depósito residual y roca competente. Las verificaciones consisten en:

Verificaciones de estabilidad externa del muro de gaviones

Estas verificaciones aseguran que el muro, considerado como un bloque rígido, sea estable frente a las acciones externas.

- ✓ *Deslizamiento*

El objetivo es verificar la resistencia al deslizamiento del muro sobre su base de cimentación. Se compara la fuerza horizontal actuante (empuje de tierras estático y sísmico) con la resistencia por fricción basal y, cuando corresponde, la contribución de la roca competente.

Criterio:

FS deslizamiento ≥ valor mínimo de diseño (usualmente ≥ 1.5 en estático y ≥ 1.1–1.2 en sísmico).

- ✓ *Volcamiento*

El objetivo es verificar que el momento estabilizador (peso propio del muro y sobrecargas) sea mayor que el momento volcador generado por el empuje de tierras. Se realiza el equilibrio de momentos respecto al borde de volteo.

Criterio:

FS volcamiento ≥ valor de diseño (comúnmente ≥ 2.0 en estático y ≥ 1.5 en sísmico).

- ✓ *Capacidad portante*

El objetivo es verificar que las tensiones transmitidas al terreno de fundación no superen la capacidad portante admisible del depósito residual y la roca competente.

Verificaciones de estabilidad interna del muro de gaviones

Estas verificaciones evalúan la integridad estructural del muro como estructura flexible y drenante.

- ✓ *Estabilidad interna del relleno de gaviones*

Se comprueba que el material pétreo cumple con los requisitos de tamaño, angularidad y resistencia, garantizando un adecuado rozamiento interno.

- ✓ *Resistencia de las mallas*

Se verifica que las mallas metálicas resistan los esfuerzos de tracción inducidos por el peso propio y el empuje del suelo, considerando factores de reducción por corrosión y durabilidad.

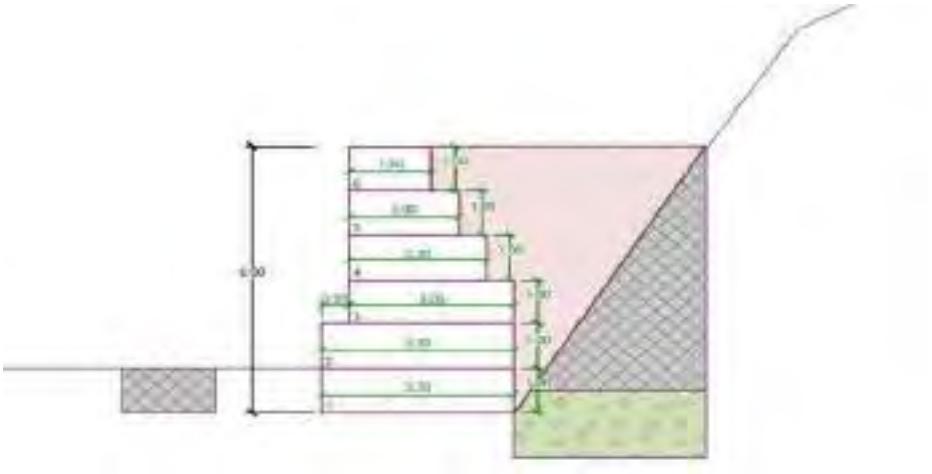
Consideración de condiciones sísmicas

Se incorpora un análisis pseudoestático, aplicando coeficientes sísmicos compatibles con la zonificación sísmica del proyecto.

Se detalla en el **Anexo 12.2.**

Figura 54

Configuración geométrica del Muro Gavión



Nota. Elaboración propia realizada con el software Geo 5.

4.3.5.2.1 Muro de gaviones H = 6 m – Talud superior

- **Geometría**

  Altura completa del muro: 6.00 m

  Geometría por hilada (b, h, corrimiento a):

  N°6: b=1.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°5: b=2.00 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°4: b=2.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°3: b=3.00 m, h=1.00 m, a=0.50 m

  N°2: b=3.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°1: b=3.50 m, h=1.00 m, a=—

- **Paramento**

  Tipo: GAVIÓN 6×8 (3.70×4.40) 90%Zn/10%Al + PVC

  Altura de bloque (h): 1.00 m (por hilada)

  Ancho/espesor (b): 1.50 a 3.50 m (según hilada)

- **Estabilidad externa**

  Etapa estática (permanente):

  Deslizamiento: FS = 16.49 (≥ 2.00)

  Volteo: FS = 4.54 (≥ 2.00)

  Capacidad portante: FS = 5.51 (σmax = 118.07 kPa; Rd = 650 kPa; ≥ 2.50)

  Etapa pseudoestática (sísmico):

(Kh=0.163, Kv=0.000)

Deslizamiento: FS = 6.27 (≥ 1.50)

Volteo: FS = 2.08 (≥ 1.50)

Capacidad portante: FS = 3.05 (σmax = 196.61 kPa; Rd = 600 kPa; ≥ 2.00)

- **Estabilidad interna**

Etapa estática:

Presión transversal (junta): FS = 2.53 (≥ 1.50)

Diaclasa entre bloques (malla): FS = 3.71 (≥ 1.50)

Etapa pseudoestática:

Presión transversal (junta): FS = 1.76 (≥ 1.13)

Diaclasa entre bloques (malla): FS = 2.59 (≥ 1.13)

4.3.5.2.2 Estabilidad global del talud

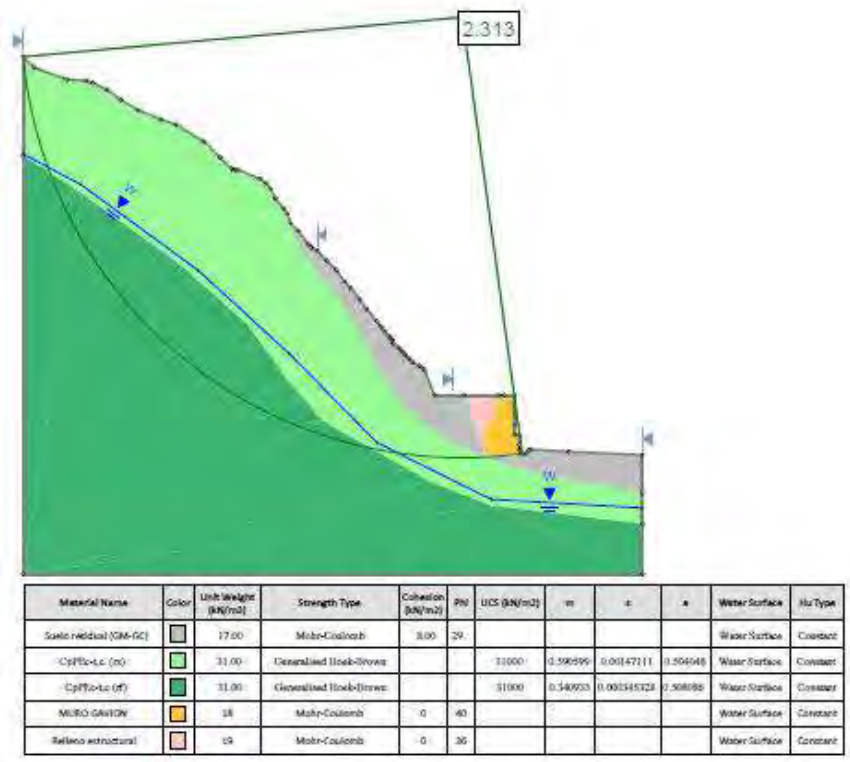
Método de análisis: GLE/Morgenstern-Price, superficies circulares, búsqueda automática. En ambos casos los factores de seguridad superan los mínimos usualmente exigidos para estabilidad global.

Caso estático: FS =2.31 para la superficie crítica global.

Caso sísmico (Kh = 0,163): FS ≈ 1.873.

Figura 55

Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM-GC)		17.00	Mohr-Coulomb	3.00	29					Water Surface	Constant
Cpl/Tc-Lc (m)		31.00	Generalized Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504648	Water Surface	Constant
Cpl/Tc-Lc (d)		31.00	Generalized Hoek-Brown			31000	0.540933	0.00134532	0.508088	Water Surface	Constant
MURO GAVION		18	Mohr-Coulomb	0	40					Water Surface	Constant
Relleno estructural		19	Mohr-Coulomb	0	36					Water Surface	Constant

Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 2.313. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

Figura 56

Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM-GC)		17.00	Mohr-Coulomb	3.00	29					Water Surface	Constant
Cpfto-Lc. (o)		31.00	Generalized Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504049	Water Surface	Constant
Cpfto-Lc (rf)		31.00	Generalized Hoek-Brown			31000	0.349033	0.00034328	0.508082	Water Surface	Constant
MURO GAVION		18	Mohr-Coulomb	0	40					Water Surface	Constant
Relleno estructural		19	Mohr-Coulomb	0	36					Water Surface	Constant

Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 1.873. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

4.3.5.3 Propuesta de Solución Geotécnica del Sector del Km 94+050 al 94+100

El diseño geotécnico propone un muro de gaviones de 6 m cimentado sobre depósito residual y roca competente. Las verificaciones consisten en:

Verificaciones de estabilidad externa del muro de gaviones

Estas verificaciones aseguran que el muro, considerado como un bloque rígido, sea estable frente a las acciones externas.

- ✓ *Deslizamiento*

El objetivo es verificar la resistencia al deslizamiento del muro sobre su base de cimentación. Se compara la fuerza horizontal actuante (empuje de tierras estático y sísmico) con la resistencia por fricción basal y, cuando corresponde, la contribución de la roca competente.

Criterio:

FS deslizamiento ≥ valor mínimo de diseño (usualmente ≥ 1.5 en estático y ≥ 1.1–1.2 en sísmico).

- ✓ *Volcamiento*

El objetivo es verificar que el momento estabilizador (peso propio del muro y sobrecargas) sea mayor que el momento volcador generado por el empuje de tierras. Se realiza el equilibrio de momentos respecto al borde de volteo.

Criterio:

FS volcamiento ≥ valor de diseño (comúnmente ≥ 2.0 en estático y ≥ 1.5 en sísmico).

- ✓ *Capacidad portante*

El objetivo es verificar que las tensiones transmitidas al terreno de fundación no superen la capacidad portante admisible del depósito residual y la roca competente.

Verificaciones de estabilidad interna del muro de gaviones

Estas verificaciones evalúan la integridad estructural del muro como estructura flexible y drenante.

- ✓ *Estabilidad interna del relleno de gaviones*

Se comprueba que el material pétreo cumple con los requisitos de tamaño, angularidad y resistencia, garantizando un adecuado rozamiento interno.

- ✓ *Resistencia de las mallas*

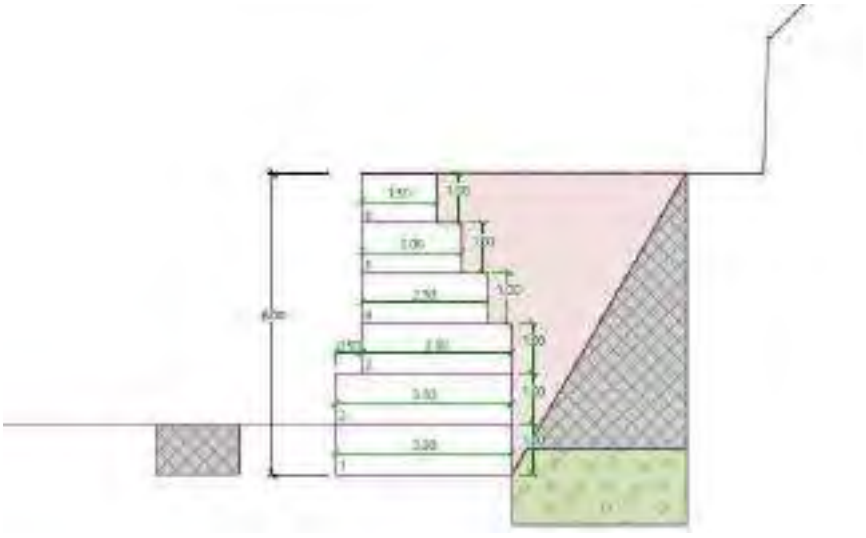
Se verifica que las mallas metálicas resistan los esfuerzos de tracción inducidos por el peso propio y el empuje del suelo, considerando factores de reducción por corrosión y durabilidad.

Consideración de condiciones sísmicas

Se incorpora un análisis pseudoestático, aplicando coeficientes sísmicos compatibles con la zonificación sísmica del proyecto.

Figura 57

Configuración geométrica del Muro Gavión



Nota. Elaboración propia realizada con el software Geo.

Verificaciones de estabilidad externa del muro de suelo reforzado

El muro se analiza como un bloque equivalente, considerando el volumen de suelo reforzado como una masa rígida.

- ✓ *Deslizamiento*

El objetivo es evaluar la estabilidad frente al desplazamiento horizontal del bloque reforzado sobre la superficie de fundación.

Fuerzas actuantes: empuje de tierras, sobrecargas y componente sísmica.

Fuerzas resistentes: fricción basal suelo–fundación y, cuando aplica, resistencia pasiva frontal.

Criterio:

$FS \geq 1.5$ (estático)

$FS \geq 1.1–1.2$ (sísmico)

- ✓ *Volcamiento*

El objetivo es garantizar que los momentos estabilizadores (peso propio del suelo reforzado y cargas verticales) superen los momentos volcadores generados por el empuje lateral.

Equilibrio de momentos respecto al borde de giro del bloque reforzado.

Criterio:

$FS \geq 2.0$ (estático)

$FS \geq 1.5$ (sísmico)

- ✓ *Capacidad portante*

El objetivo es verificar que las presiones transmitidas por el bloque reforzado al terreno de fundación no excedan la capacidad portante admisible.

Distribución de presiones bajo la base del muro

Control de excentricidades y asentamientos diferenciales

Verificaciones de estabilidad interna del muro de suelo reforzado

Estas verificaciones aseguran la integridad del sistema de refuerzo y su interacción con el suelo.

- ✓ *Verificación a rotura del refuerzo (tracción)*

El objetivo es confirmar que los refuerzos (geogrillas o geomallas) resistan los esfuerzos de tracción inducidos por el empuje del suelo.

Análisis:

Cálculo de la fuerza de tracción en cada nivel de refuerzo

Comparación con la resistencia de diseño del refuerzo, considerando factores de reducción por:

- ✓ *Verificación al arrancamiento del refuerzo*

El objetivo es asegurar que la longitud de anclaje del refuerzo sea suficiente para movilizar la resistencia por fricción suelo–refuerzo.

Análisis:

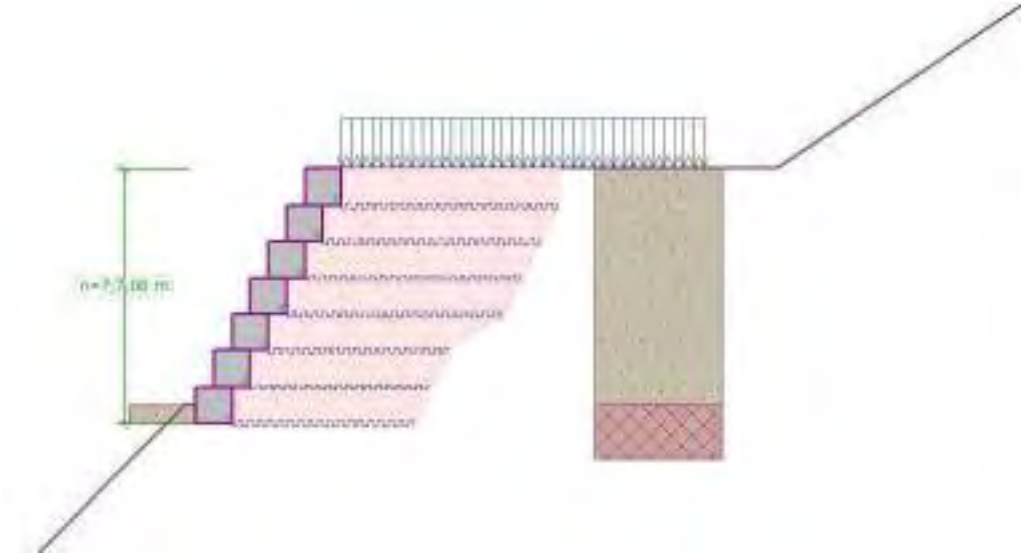
Resistencia por interacción suelo–refuerzo

Longitud efectiva de anclaje detrás de la superficie potencial de falla

Se detalla en el **Anexo 12.3.**

Figura 58

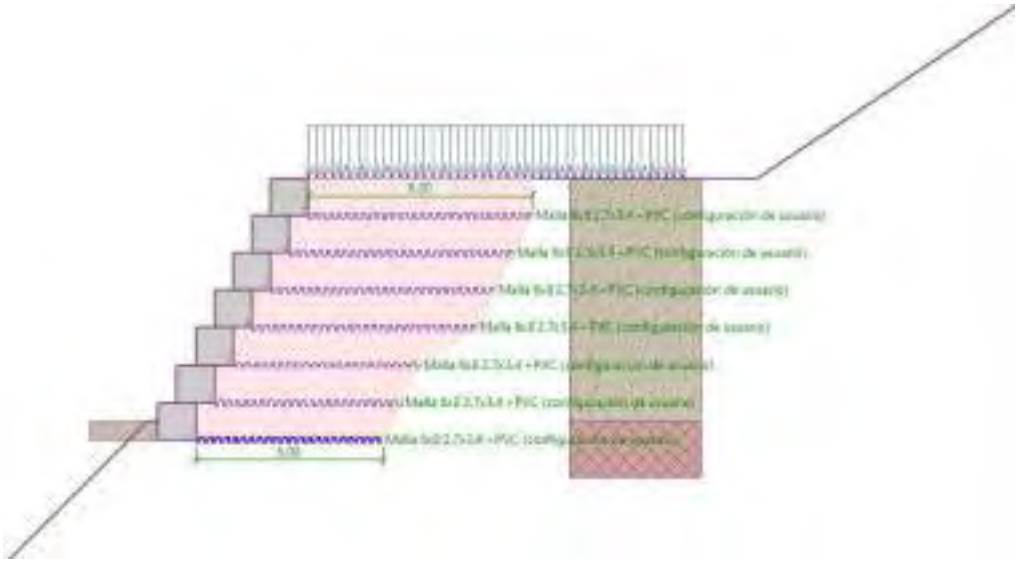
Geometría del Muro de Suelo Reforzado



Nota. Elaboración propia realizada con el software Geo 5.

Figura 59

Dimensiones de los refuerzos del Muro de Suelo Reforzado



Nota. Elaboración propia realizada con el software Geo 5.

4.3.5.3.1 Muro de gaviones H = 6 m – Talud superior

- **Geometría**

  Altura completa del muro: 6.00 m

  Geometría por hilada (b, h, corrimiento a):

  N°6: b=1.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°5: b=2.00 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°4: b=2.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°3: b=3.00 m, h=1.00 m, a=0.50 m

  N°2: b=3.50 m, h=1.00 m, a=0.00 m

  N°1: b=3.50 m, h=1.00 m, a=—

- **Paramento**

  Tipo: GAVIÓN 6×8 (3.70×4.40) 90%Zn/10%Al + PVC

  Altura de bloque (h): 1.00 m (por hilada)

  Ancho/espesor (b): 1.50 a 3.50 m (según hilada)

- **Estabilidad externa**

  Etapa estática:

  Deslizamiento: FS = 18.37 (≥ 2.00)

  Volteo: FS = 4.12 (≥ 2.00)

  Capacidad portante: FS = 5.29 (σmax = 122.89 kPa; Rd = 650 kPa; ≥ 2.50)

  Etapa pseudoestática:

  Deslizamiento: FS = 6.58 (≥ 1.50)

  Volteo: FS = 2.05 (≥ 1.50)

Capacidad portante: FS = 2.97 (σmax = 202.15 kPa; Rd = 600 kPa; ≥ 2.00)

- **Estabilidad interna**

Etapa estática:

Presión transversal (junta): FS = 2.44 (≥ 1.50)

Diaclasa entre bloques (malla): FS = 3.59 (≥ 1.50)

Etapa pseudoestática:

Presión transversal (junta): FS = 1.72 (≥ 1.13)

Diaclasa entre bloques (malla): FS = 2.53 (≥ 1.13)

4.3.5.3.2 Muro de suelo reforzado H = 7 m – Talud inferior

- **Geometría**

Altura de muro: 7.00 m (7 bloques de 1.00 m)

- **Elementos de refuerzo**

Tipo: Malla 6x8 2.7x3.4 + PVC

Resistencia a la tracción:

Tult (corto plazo): 60.00 kN/m

Rt (diseño a largo plazo): 46.00 kN/m

Espaciamiento:

Vertical (Sv): 1.00 m (1 refuerzo por hilada; niveles y = 0,1,2,3,4,5,6 m)

Longitud de anclaje (L):

Refuerzos 1–3: 5.00 m

Refuerzos 4–7: 6.00 m

Lmín = 5.00 m, Lmáx = 6.00 m

- **Paramento**

  Tipo: Bloque segmental de gaviones

  Altura del bloque (h): 1.00 m

  Ancho/espesor (b): 1.00 m

  Desplazamiento entre bloques (o1): 0.50 m

- **Análisis de estabilidad**
- **Estabilidad externa**

  Etapa estática (permanente):

  Deslizamiento: Satisfactoria (FS reportado: 1000.00 > 2.00)

  Volteo: Satisfactoria (FS reportado: 1000.00 > 2.00)

  Capacidad portante: Satisfactoria (FS = 2.74 > 2.50, σmáx = 164.06 kPa, Rd = 450 kPa)

  Etapa pseudoestática (sísmico):

  Deslizamiento:

  Satisfactoria (FS = 17.79 > 1.50)

  Volteo: Satisfactoria (FS = 7.78 > 1.50)

  Capacidad portante: Satisfactoria (FS = 2.12 > 1.75, σmáx = 164.87 kPa, Rd = 350 kPa)

- **Estabilidad interna**

  Arrancamiento del refuerzo (extracción / pullout):

  Estático: FS = 12.36 > 1.50

  Sísmico: FS = 3.38 > 1.13

Rotura por tracción:

Estático: FS = 3.90 > 1.50

Sísmico: FS = 2.05 > 1.13

4.3.5.3.3 Estabilidad global del talud

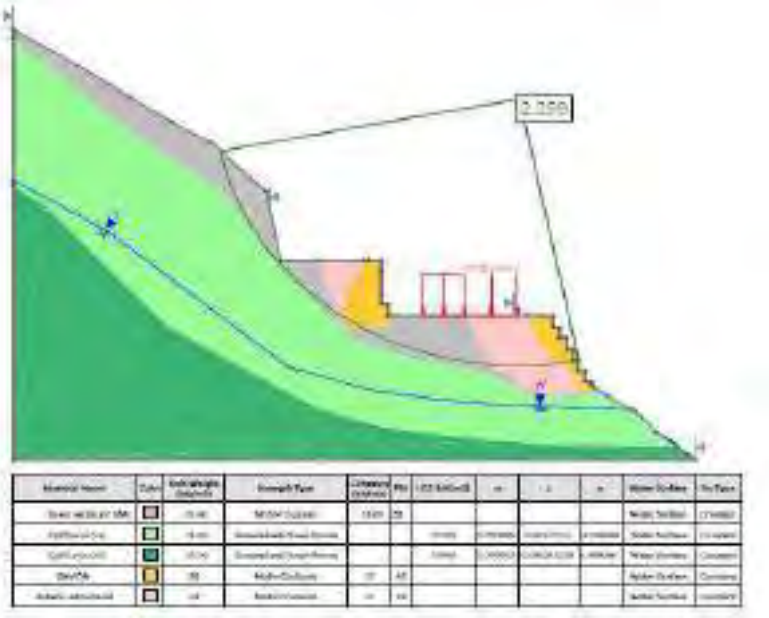
Método de análisis: GLE/Morgenstern-Price, superficies circulares, búsqueda automática. En ambos casos los factores de seguridad superan los mínimos usualmente exigidos para estabilidad global.

Caso estático: FS=2.25 para la superficie crítica global.

Caso sísmico (Kh = 0,163): FS =1.61

Figura 60

Análisis de estabilidad de talud en condiciones estáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión y Muro de Suelo Reforzado



Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 2.259. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

Figura 61

Análisis de estabilidad de talud en condiciones pseudoestáticas con diseño geotécnico de Muro Gavión y Muro de Suelo Reforzado



Nota. El factor de seguridad (FS); el mínimo calculado es 1.610. La geometría, los materiales y las condiciones de agua corresponden al modelo mostrado. Cálculos realizados con el software Slide (Rocscience) en 2D.

En resumen, el planteamiento geotécnico desarrollado para los tres sectores inestables se basa en modelos de equilibrio límite con parámetros coherentes con la caracterización geológica y los resultados de laboratorio. Las soluciones de estabilización mediante muros de gaviones y suelo reforzado permiten incrementar significativamente los factores de seguridad, garantizando la estabilidad de los taludes y la continuidad operativa de la vía. Los

diseños detallados y las verificaciones de seguridad se presentan en el **Anexo 12**, que forma parte integrante de la presente tesis.

4.3.5.4 Medidas de drenaje

El objetivo general del sistema de drenaje es interceptar y conducir adecuadamente la escorrentía superficial, minimizando la infiltración hacia el subsuelo, a fin de:

- ✓ Cuneta de coronación → intercepta escorrentía superior.
- ✓ Cunetas en banquetas → controlan flujo intermedio.
- ✓ Zanja drenante → evita saturación del terreno en la zona de talud inferior y disminuir presiones intersticiales (presión de poros)

4.3.5.4.1 Cuneta de Coronación

- Ubicación:

  Se dispone en la parte superior del talud.
- Función principal:

  Interceptar y encauzar la escorrentía superficial proveniente de la zona alta, evitando su ingreso directo al cuerpo del talud.
- Beneficio geotécnico:

  Disminuye la infiltración en el macizo y reduce la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos superficiales asociados a saturación y erosión.

4.3.5.4.2 Cuneta en Banqueta

- Ubicación:

  Se implementa sobre las bermas intermedias del talud escalonado.

- Función:
  - ✓ Interceptar el flujo superficial procedente de niveles superiores.
  - ✓ Reducir la longitud efectiva de escorrentía sobre la superficie del talud.
  - ✓ Disminuir la velocidad del flujo, controlando procesos erosivos.
- Beneficio geotécnico:

  Reduce la carga hidráulica que incide sobre los tramos inferiores del talud y limita la erosión regresiva, contribuyendo a mejorar la estabilidad global.

4.3.5.4.3 Zanja Drenante

- Ubicación:

  Se propone su ejecución en el talud inferior, así como en el talud inferior asociado al muro de suelo reforzado.
- Función:

  Captar y drenar el agua subsuperficial que pudiera concentrarse en el pie del talud y en la zona inferior del muro, conduciéndola de manera controlada hacia puntos de descarga seguros.
- Beneficio geotécnico:

  Contribuye a reducir la saturación del terreno en la zona de pie, disminuir presiones de poros y limitar procesos de reblandecimiento, erosión y socavación. En el caso del muro de suelo reforzado, ayuda a mantener condiciones de drenaje favorables en el trasdós y entorno inmediato, reduciendo el riesgo de sobrepresiones hidráulicas y mejorando el desempeño global de la estructura y del talud.

  Las recomendaciones Generales para los 3 Sectores consisten en:

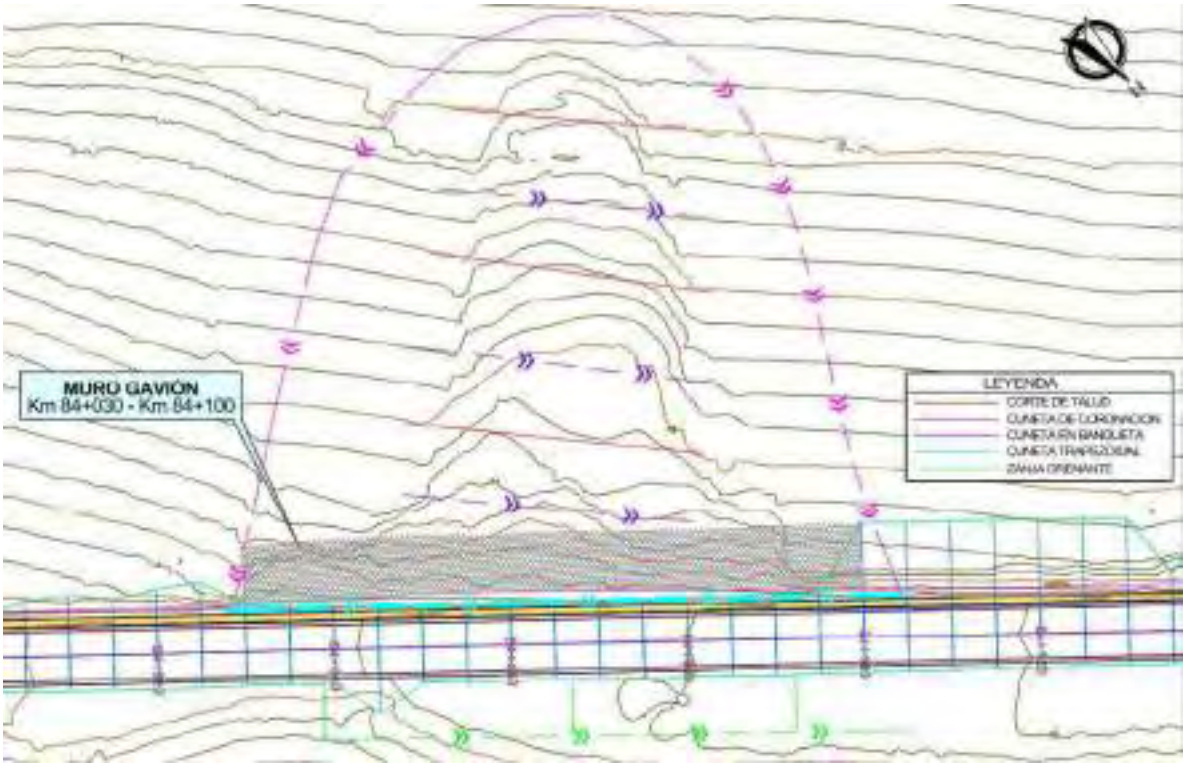
- ✓ Mantenimiento periódico (limpieza post-lluvias).
- ✓ Sellado inmediato de fisuras nuevas.
- ✓ Control de vegetación invasiva en cunetas.
- ✓ Verificación de pendientes y puntos de descarga.

Las medidas de drenaje implementadas en los 3 sectores inestables están orientadas principalmente al control de aguas superficiales, lo cual es fundamental para:

- ✓ Reducir la infiltración
- ✓ Disminuir presiones de poros
- ✓ Mejorar la estabilidad global del talud

Figura 62

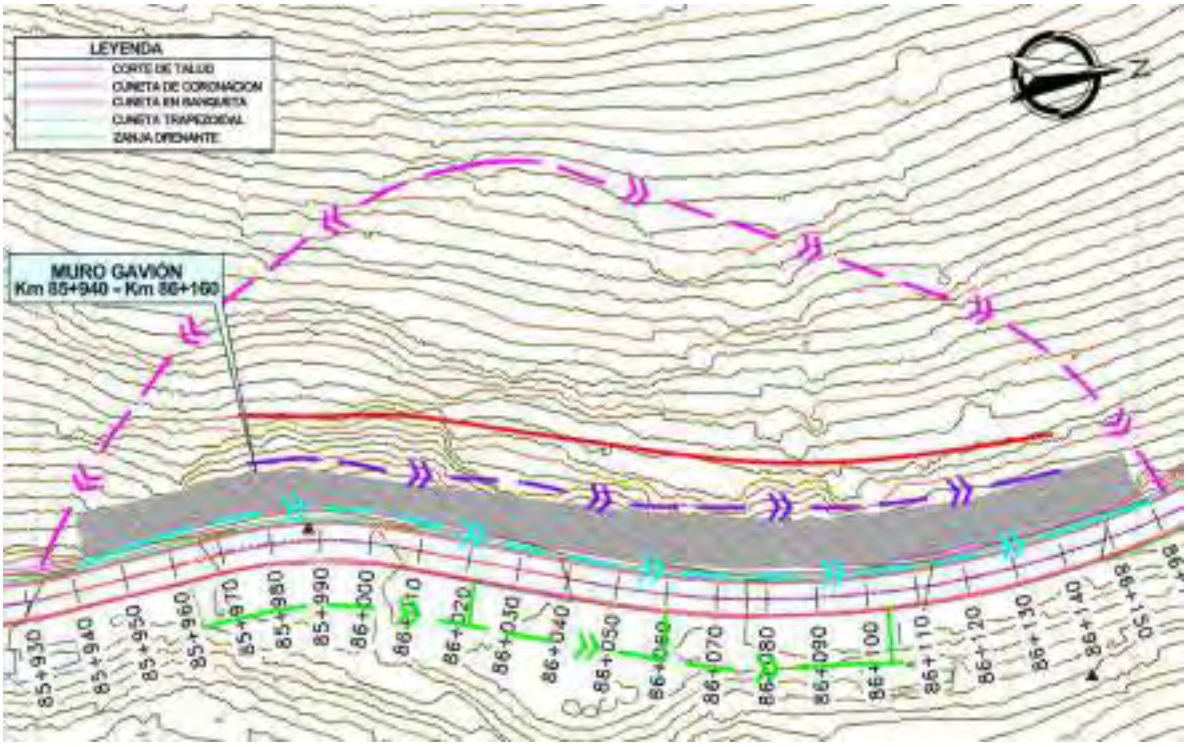
Planta general del sistema de drenaje y muro de gavión en el sector km 84+030 – km 84+100



Nota. Se muestra la disposición en planta de las cunetas de coronación, cunetas en banqueta, cuneta trapezoidal y zanja drenante implementadas en el sector inestable, así como la ubicación del muro de gavión. Elaboración propia.

Figura 63

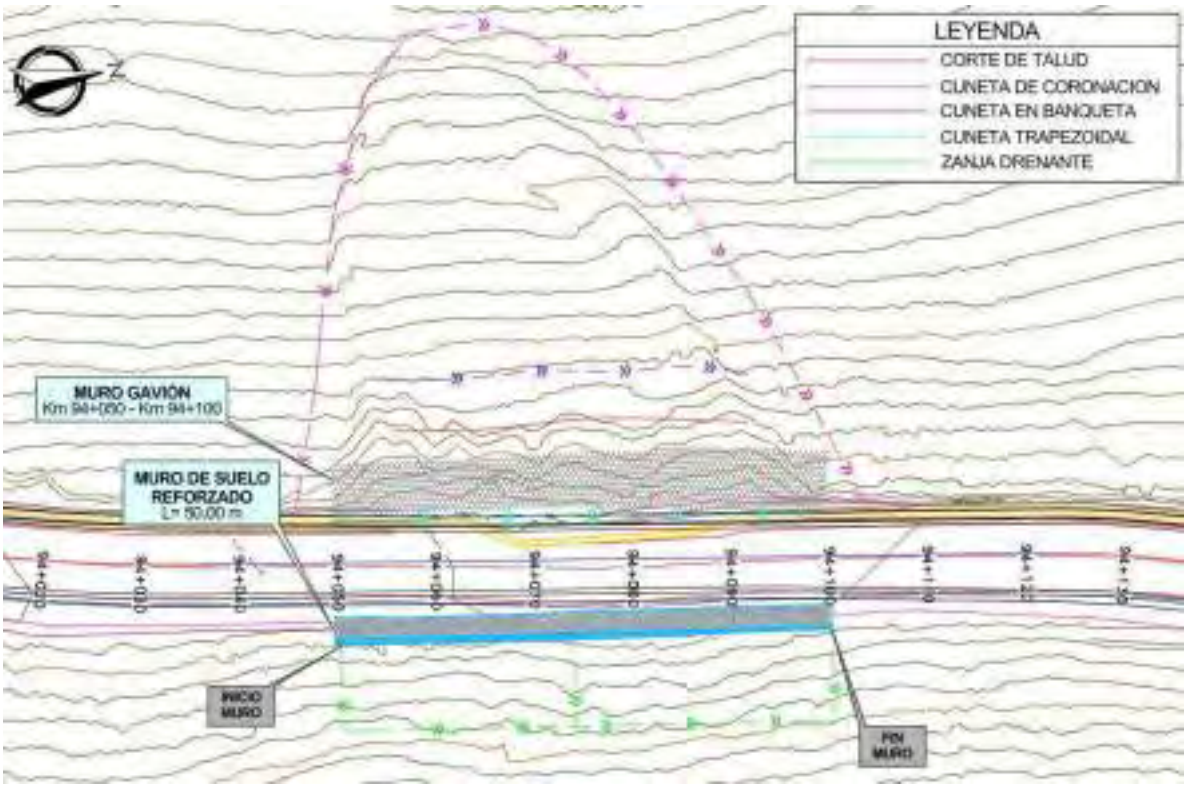
Planta general del sistema de drenaje y muro de gavión en el sector km 85+940 – km 86+160



Nota. Se muestra la disposición en planta de las cunetas de coronación, cunetas en banqueta, cuneta trapezoidal y zanja drenante implementadas en el sector inestable, así como la ubicación del muro de gavión. Elaboración propia.

Figura 64

Planta general del sistema de drenaje, muro gavión y muro de suelo reforzado en el sector km 94+050 – km 94+100



Nota. La figura muestra la disposición espacial de las obras de drenaje superficial y subsuperficial proyectadas, junto con las estructuras de contención (muro de suelo reforzado de 50.00 m y muro de gavión), en el tramo km 94+050 – km 94+100. Elaboración propia.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1 Mecanismos de inestabilidad y control geotécnico

Los resultados obtenidos muestran que los taludes en los tres sectores estudiados presentan inestabilidad principalmente debido a la presencia de suelos residuales saturados. Este fenómeno se ve especialmente acentuado durante la temporada de lluvias, que incrementa la presión de poros y disminuye la resistencia al corte del material.

Se ha observado que la saturación de los depósitos residuales es un factor crítico, ya que reduce la cohesión del material y, por ende, incrementa el riesgo de deslizamientos. Esto se debe a la baja capacidad drenante de los suelos, particularmente en los 03 sectores de estudio. Estos resultados coinciden con estudios previos que indican que la saturación de suelos finos es una de las principales causas de deslizamientos en taludes similares.

5.2 Efecto del sismo de diseño y umbrales de seguridad

La simulación de las condiciones pseudoestáticas aplicadas en los análisis de estabilidad mostró que los taludes en los tres sectores cumplen con los umbrales de seguridad establecidos, pero con factores de seguridad cercanos al mínimo recomendado.

El sismo de diseño fue considerado en el análisis para evaluar el comportamiento de los taludes bajo cargas sísmicas. Los resultados demuestran que, aunque los taludes son relativamente estables bajo estas condiciones, la combinación de movimientos sísmicos con la saturación del suelo podría comprometer la seguridad, especialmente en áreas donde los depósitos residuales son más finos y tienen menor capacidad de drenaje.

5.3 Desempeño de las alternativas de estabilización

Las soluciones geotécnicas propuestas, tales como los muros de gaviones, muros de suelo reforzado y los sistemas de drenaje, mostraron un rendimiento adecuado en los modelos de simulación. El análisis de las alternativas de estabilización indica que el control del drenaje es una de las intervenciones más críticas para mitigar el riesgo de deslizamientos. La implementación de sistemas de drenaje eficientes podría reducir considerablemente el riesgo asociado a la saturación del suelo, especialmente en zonas con alta pluviosidad como la de este estudio.

5.4 Rol crítico del drenaje

El sistema de drenaje constituye un elemento fundamental en la estabilización de los sectores inestables evaluados, dado que el agua es uno de los principales factores condicionantes en la pérdida de resistencia al corte del suelo. La presencia de infiltración y acumulación de agua en el macizo incrementa las presiones intersticiales, reduce los esfuerzos efectivos y, en consecuencia, disminuye el factor de seguridad del talud.

En este contexto, las medidas de drenaje que son cuneta de coronación, cunetas en banqueta y zanja drenante; cumplen funciones complementarias dentro de un esquema integral de control hidráulico.

La cuneta de coronación, ubicada en la parte superior del talud, actúa como primera barrera hidráulica, interceptando la escorrentía superficial antes de que esta ingrese al macizo. Su función es principalmente preventiva, ya que limita la infiltración directa desde la parte alta y reduce el aporte hídrico hacia las zonas potencialmente inestables.

Las cunetas en banqueta, dispuestas en las bermas intermedias del talud escalonado, cumplen un rol de control progresivo del flujo superficial. Al interceptar y encauzar el agua proveniente de niveles superiores, disminuyen la longitud efectiva de escorrentía, reducen la velocidad del flujo y controlan procesos erosivos. Desde el punto de vista geotécnico, contribuyen a minimizar la carga hidráulica que actúa sobre los tramos inferiores del talud.

Por su parte, la zanja drenante, propuesta en el talud inferior y en el sector inferior del muro de suelo reforzado, desempeña un papel decisivo en la reducción de la presión de poros. A diferencia de las cunetas, esta medida actúa directamente sobre el agua infiltrada o subsuperficial, favoreciendo su captación y evacuación controlada. De esta manera, disminuye la saturación del terreno, reduce las presiones intersticiales y mejora el esfuerzo efectivo del suelo, conforme al principio de esfuerzos efectivos ($\sigma' = \sigma - u$). Esta condición resulta especialmente relevante en la zona de pie del talud, donde la acumulación de agua puede comprometer la estabilidad global y el desempeño estructural del muro.

En conjunto, el sistema de drenaje no solo controla la escorrentía superficial, sino que también interviene en el comportamiento hidráulico interno del terreno, configurándose como un componente crítico para garantizar la estabilidad a corto y largo plazo de los sectores analizados.

5.5 Limitaciones y líneas de mejora

El acceso restringido en pendientes altas, la ventana temporal de campo limitada introduce incertidumbre en la localización exacta de superficies críticas y en la variación estacional. Para ello se recomienda el monitoreo con instrumentación (piezómetros, inclinómetros) para capturar respuesta a lluvias y ensayos adicionales como el corte triaxial/edómetro en suelos finos) en los sectores de mayor variabilidad.

5.6 Contribuciones del presente estudio

Enfoque Localizado y Específico:

Este estudio se enfoca en un tramo particular de la carretera Quinua – San Francisco, abarcando los sectores entre los km 84+000 y km 95+000. Este enfoque geográfico preciso permite realizar un análisis detallado y generar recomendaciones adaptadas a las condiciones locales, lo que facilita la planificación de soluciones específicas para cada tramo.

Análisis Multidisciplinario:

El estudio integra una combinación de metodologías, incluyendo estudios de corte directo, refracción sísmica y tomografía Geoeléctrica. Este enfoque multidisciplinario proporciona una comprensión más profunda sobre la estabilidad de los taludes y la geodinámica local, aspectos fundamentales para diseñar intervenciones efectivas y adaptadas a las condiciones del terreno.

Propuestas de Soluciones Geotécnicas:

Se han propuesto soluciones geotécnicas adaptadas a los sectores inestables, tales como el uso de muros de gaviones, drenajes y refuerzos geosintéticos, que ofrecen beneficios combinados y complementarios para la estabilización del terreno. Al implementarse de forma conjunta, estas soluciones proporcionan un enfoque integral para manejar los problemas geotécnicos en la zona:

Sinergia en la protección: Los muros de gaviones y los sistemas de drenaje trabajan de manera conjunta para estabilizar el terreno y prevenir daños estructurales causados por la acumulación de agua.

Durabilidad y resistencia: Los refuerzos geosintéticos refuerzan la estructura del suelo, incrementando la resistencia a largo plazo frente a fuerzas naturales.

Reducción de costos a largo plazo: La aplicación conjunta de estas medidas disminuye la probabilidad de fallas recurrentes y, por tanto, reduce la necesidad de reparaciones constantes. Esto se traduce en una mayor vida útil de la infraestructura y en menores gastos de mantenimiento y rehabilitación con el tiempo. En conjunto, estas soluciones permiten un manejo más integral y sostenible de terrenos inestables, contribuyendo a mantener la estabilidad de las obras en el largo plazo.

Confirmación de la hipótesis inicial: Los resultados obtenidos a partir de los trabajos de campo, los ensayos geotécnicos y las simulaciones de estabilidad respaldan la hipótesis planteada en la tesis: los taludes en los sectores evaluados de la carretera Quinua – San Francisco presentan un alto riesgo de inestabilidad, asociado principalmente a la presencia de suelos residuales con elevada humedad/saturación y a las condiciones climáticas propias de la zona. En particular, los ensayos de corte directo y la información derivada de los perfiles sísmicos evidencian que la saturación, junto con la baja cohesión de los materiales, constituye un factor determinante en el desencadenamiento de inestabilidades. Estos hallazgos sustentan la necesidad de implementar medidas de mitigación, como sistemas de drenaje y técnicas de estabilización de taludes, para reducir el riesgo y proteger la infraestructura.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- ✓ El análisis de estabilidad realizado en los sectores Km 84+030–84+100, Km 85+940–86+160 y Km 94+050–94+100 evidencia la existencia de zonas críticas cuyos factores de seguridad se encuentran por debajo de los valores aceptables, tanto en condiciones estáticas como pseudoestáticas. Esto confirma la presencia de un riesgo significativo de deslizamiento, especialmente bajo escenarios de precipitación intensa o solicitación sísmica.
- ✓ En los tres sectores evaluados se identificaron como mecanismos predominantes de falla los deslizamientos rotacionales, coherentes con la geometría del talud, las características del suelo residual y el grado de meteorización del macizo.
- ✓ La investigación se sustentó en una base técnica integral que incluyó la ejecución de 6 calicatas, 1 ensayo en muestra de roca, 6 líneas de refracción sísmica y 3 líneas de tomografía geoeléctrica, focalizadas en los sectores críticos. Asimismo, se realizaron ensayos de laboratorio. Con esta información se modeló la estabilidad mediante métodos de equilibrio límite en Slide 6.0, considerando condiciones estáticas y pseudoestáticas.
- ✓ Los ensayos geofísicos permitieron correlacionar la configuración del subsuelo, identificando capas de sedimentos no consolidados, zonas de roca fracturada y sectores con mayor permeabilidad.
- ✓ Para el análisis pseudoestático se adoptó una PGA = 0,325 g, con un coeficiente horizontal k_h = 0,163, acorde con la normativa vigente y las condiciones sísmicas del área.

- ✓ En los tres sectores se diseñó un muro de gaviones de 6 m de altura, verificándose mediante análisis que cumple satisfactoriamente con los criterios de estabilidad externa e interna.
- ✓ En el sector Km 94+050–94+100 se diseñó adicionalmente un muro de suelo reforzado de 7 m de altura, con refuerzos de 5 m de longitud, el cual también cumple con los requisitos de estabilidad estructural y global.
- ✓ La cuneta de coronación cumple una función preventiva esencial al interceptar la escorrentía superficial antes de que infiltre en el talud.
- ✓ Las cunetas en banqueta permiten controlar progresivamente el flujo superficial, reduciendo la velocidad del agua y minimizando procesos erosivos.
- ✓ La zanja drenante, ubicada en el talud inferior y en la base del muro reforzado, constituye la medida geotécnicamente más relevante, ya que actúa directamente sobre el agua infiltrada, reduciendo la presión de poros.
- ✓ La estabilidad a corto y largo plazo dependerá no solo del diseño adecuado, sino también del mantenimiento periódico del sistema de drenaje, especialmente tras eventos de lluvias intensas.
- ✓ Los resultados obtenidos confirman la hipótesis inicial de la investigación: la inestabilidad en los sectores analizados está directamente asociada a la presencia de suelos residuales saturables, condiciones climáticas adversas y características geomecánicas desfavorables. La integración de estudios de campo, ensayos de laboratorio, análisis geofísicos y modelamiento numérico permitió validar esta relación y sustentar técnicamente las soluciones propuestas.

6.2 Recomendaciones

- ✓ Monitoreo geotécnico continuo:

Implementar un sistema de monitoreo permanente en los taludes ubicados en los km 84+030 – km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y km 94+050 – km 94+100, mediante instrumentación geotécnica que permita detectar desplazamientos incipientes.

- ✓ Modelación numérica avanzada:

Profundizar en el análisis de la interacción suelo–estructura a través de modelación numérica (métodos de elementos finitos), considerando escenarios con variación del nivel freático y eventos de precipitación extrema, a fin de evaluar el comportamiento no lineal y la evolución del factor de seguridad.

- ✓ Prioridad en la ejecución del drenaje:

Ejecutar las obras de drenaje antes o en paralelo a las soluciones de contención, dado que el control del agua constituye la medida más eficaz para incrementar el esfuerzo efectivo y mejorar la estabilidad global.

- ✓ Asegurar la continuidad hidráulica del sistema (cuneta de coronación → cunetas en banqueta → conducción/bajantes → puntos de descarga), evitando tramos sin salida, contrapendientes o zonas donde el agua pueda empozarse.
- ✓ Establecer un plan de mantenimiento periódico, que incluya:
    1. Limpieza de sedimentos y vegetación en cunetas y zanjas.
    2. Reposición de material drenante si existe colmatación.
    3. Verificar el comportamiento hidráulico del muro de suelo reforzado, asegurando que el entorno inferior mantenga condiciones de drenaje adecuadas.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS

Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2002). Slope stability and stabilization methods (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Aguilar, Z., & Tarazona, J. (2024). New seismicity-based seismic sources and hazard model for Peru. Ponencia presentada en la 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), Milán, Italia.

Archie, G. E. (1942). The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, 146(1), 54–62.

Baker, J. W., Bradley, B. A., & Stafford, P. J. (2015). Seismic Hazard and Risk Analysis. Cambridge University Press.

Bieniawski, Z. T. (1989). Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering. Wiley.

Bishop, A. W. (1955). The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Géotechnique, 5(1), 7–17.

Deere, D. U. (1963). Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mechanics and Engineering Geology, 1(1), 16–22.

Fellenius, W. (1927). Erdstatische Berechnungen mit Reibung und Kohäsion. Berlin: Ernst.

Hoek, E., & Bray, J. (1981). Rock Slope Engineering. CRC Press.

Hoek, E., & Brown, E. T. (1997). Practical estimates of rock mass strength. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 34(8), 1165–1186.

Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2002). Hoek–Brown failure criterion—2002 edition. Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium (NARMS-TAC 2002), 267–273.

Hough, B. K. (1957). Basic Soils Engineering. McGraw–Hill.

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET). (s. f.). Peligros geológicos en el Perú [Informe técnico]. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

Instituto Geofísico del Perú. (2019). Mapa de fuentes sismogénicas intermedias y profundas del Perú. IGP.

Janbu, N. (1973). Slope stability computations. En R. C. Hirschfeld & S. J. Poulos (Eds.), Embankment-Dam Engineering (pp. 47–86). John Wiley & Sons.

Kramer, S. L., & Stewart, J. P. (2024). Geotechnical Earthquake Engineering (2.ª ed.). Pearson.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (EG-2013). MTC, Lima.

Morgenstern, N. R., & Price, V. E. (1965). The analysis of the stability of general slip surfaces. Géotechnique, 15(1), 79–93.

Reynolds, J. M. (2011). An introduction to applied and environmental geophysics (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Romana, M. (1985). New adjustment rating for discontinuity orientations in slope mass rating (SMR). Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics (ISRM), Zacatecas, México.

Rocscience Inc. (s. f.). SLIDE v6.0: 2D Limit Equilibrium Slope Stability Analysis—User’s Guide. Rocscience Inc., Toronto.

Spencer, E. (1967). A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. Géotechnique, 17(1), 11–26. https://doi.org/10.1680/geot.1967.17.1.11 Suarez, J. (2002). Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Universidad Industrial de Santander.

Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). Applied geophysics (2nd ed.). Cambridge University Press.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). (1994). Peligro sísmico en el Perú [Informe técnico]. Castillo Aedo, J. L. Universidad Nacional de Ingeniería.

U.S. Army Corps of Engineers. (1970). Engineering and design: Stability of slopes (EM 1110-2-1902). Washington, D.C.: Department of the Army.

Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). Rock Slope Engineering: Civil and Mining. Spon Press (Taylor & Francis).

ANEXOS

Anexos 1 Matriz de Consistencia

Anexos 2 Mapa de Ubicación

Anexos 3 Mapa de Estratigrafía

Anexos 4 Mapa de Geología Estructural

Anexos 5 Mapa de Geomorfología

Anexos 6 Mapa de Geodinámica Externa

Anexos 7 Mapa de Hidrogeología

Anexos 8 Mapa de Geología local

Anexos 9 Registros de Calicatas

Anexos 10 Certificados de Laboratorio

Anexos 11 Ensayos Geofísicos

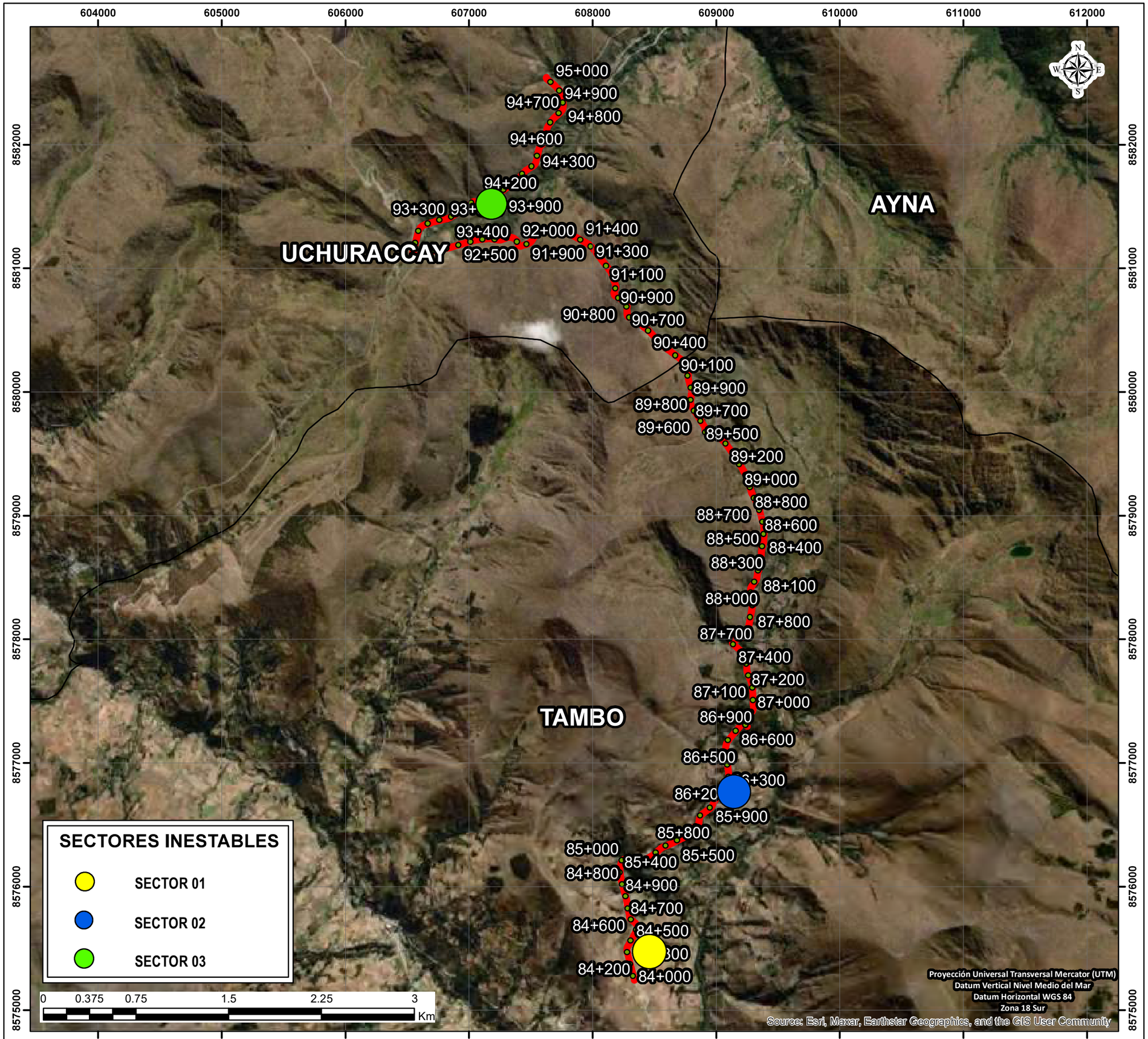
Anexos 12 Análisis de Estabilidad de Taludes

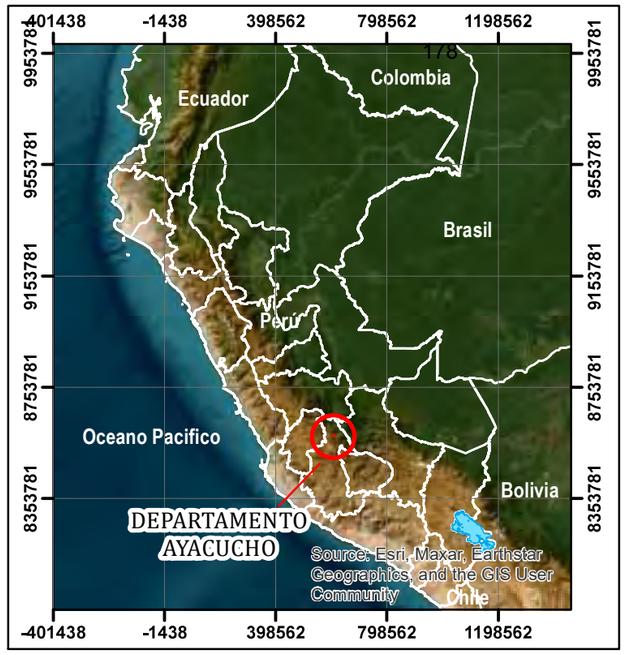
Anexos 13 Memoria de cálculo – Diseño de Muro de gaviones y Muro de Suelo Reforzado (Software Geo5)

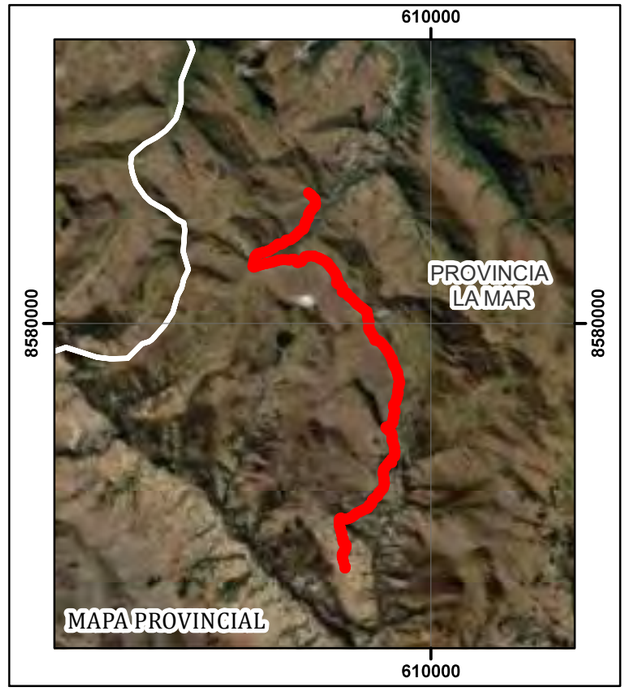
Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	**OBJETIVO GENERAL**	**HIPÓTESIS GENERAL**	**TIPO DE INVESTIGACIÓN**
La inestabilidad de los taludes en el tramo comprendido entre el Km 84+000 y el Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco, provocado por procesos de geodinámica externa.	Evaluar la estabilidad de los taludes en el tramo comprendido entre el Km 84+000 y el Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco, con el fin de proponer soluciones geotécnicas que sean eficaces, seguras, sostenibles y económicamente viables.	Los taludes ubicados entre las progresivas Km 84+000 y Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco, presentan condiciones de inestabilidad debido a las características geotécnicas de los suelos y a factores ambientales adversos; por lo tanto, la aplicación de soluciones geotécnicas adecuadas permitirá mejorar significativamente su estabilidad y la seguridad de la infraestructura vial.	**Aplicada de enfoque cuantitativo**
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**	**NIVEL DE INVESTIGACIÓN**
a. Falta de información sobre la caracterización geológica y geotécnica de los materiales que conforman los taludes entre el Km 84+000 y el Km 95+000, situación que dificulta entender las condiciones de inestabilidad.	a. Identificar y caracterizar geológica y geotécnicamente los materiales presentes en los taludes del tramo de estudio mediante ensayos de laboratorio y análisis in situ entre el Km 84+000 y el Km 95+000 de la carretera Quinua – San Francisco.	a. La baja cohesión, plasticidad de los suelos y el alto grado de meteorización de los afloramientos rocosos presentes en los taludes entre las progresivas Km 84+000 y Km 95+000 generan condiciones de inestabilidad en el tramo evaluado.	El presente trabajo de investigación corresponde a una investigación aplicada de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y alcance explicativo–correccional, orientada a la evaluación integral de la estabilidad de taludes en infraestructura vial. **Muestra:** - Sector 1: Progresivas 84+030 al 84+100 - Sector 2: Progresivas 85+940 al 86+160 - Sector 3: Progresivas 94+050 al 94+100
b. Incertidumbre sobre el nivel de estabilidad de los taludes entre los km 84+030– km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y el km 94+050– 94+100.	b. Analizar la estabilidad de los taludes de los km 84+030– km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y el km 94+050 – 94+100, utilizando métodos de equilibrio limite	b. El factor geodinámico externo asociado al agua de escorrentía constituye la principal causa de inestabilidad de los taludes, debido al incremento del contenido de humedad, la reducción de la resistencia al corte del suelo y el consecuente descenso del factor de seguridad en el tramo evaluado.	
c. Ausencia de un portafolio de soluciones geotécnicas para los problemas específicos de inestabilidad identificados en los taludes entre los km 84+030– km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y el km 94+050 – 94+100.	c. Plantear soluciones geotécnicas para los problemas de inestabilidad identificados en los taludes entre los km 84+030– km 84+100, km 85+940 – km 86+160 y el km 94+050 – 94+100, para mejorar la estabilidad de los taludes, considerando criterios de seguridad, durabilidad y costo-eficiencia.	c. La falta de un portafolio de soluciones geotécnicas para los problemas de inestabilidad en los taludes entre los km 84+030–km 84+100, km 85+940–km 86+160, y km 94+050–94+100 se debe a la falta de estudios geotécnicos detallados en esas áreas, lo que impide el desarrollo de soluciones específicas basadas en evidencia.	
d. Ausencia de lineamientos técnicos y recomendaciones basadas en evidencia que orienten intervenciones futuras.	d. Proponer recomendaciones técnicas a partir de los hallazgos, orientadas a optimizar futuras intervenciones e impulsar líneas de investigación complementaria.	d. La ausencia de lineamientos técnicos y recomendaciones basadas en evidencia está vinculada a la falta de monitoreo continuo de la estabilidad de los taludes y la falta de una base de datos histórica que permita la formulación de intervenciones técnicas adaptadas a las condiciones reales del terreno.	

Anexo 2. Mapa de Ubicación







Universida Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

E.A.P Ingeniería Geológica

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000 DE LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

MAPA DE UBICACIÓN

Mapa N°:	ASESOR :	Mg Jorge Capuñay Sosa
P-01	TESISTA :	Iván David Carhuallanqui Obregón
	FECHA DE ELABORACIÓN : Julio, 2025	ESCALA : 1:30,000

Anexo 3. Mapa de Geología Regional

606000
608000
610000
8582000
8580000
8578000
8576000
8574000

180
N
W
E
S

Qh-al
Q-glfl
Q-glfl
Q-glfl
Q-glfl
CpPEc-t,c
Qh-al
Qh-al
Ppe-t

45°
40°
45°
30°
30°
40°
40°
50°
75°
75°

95+000
94+800
94+900
94+600
94+700
94+400
94+500
94+200
94+300
93+900
94+100
93+500
93+800
94+000
93+300
93+400
91+900
91+400
92+400
91+300
93+000
92+900
91+200
91+000
90+900
90+800
90+600
90+400
90+100
89+900
89+700
89+800
89+600
89+400
89+100
89+000
88+800
88+700
88+600
88+500
88+400
88+200
88+100
87+900
87+800
87+600
87+500
87+200
87+100
87+000
86+900
86+600
86+700
86+400
86+500
86+300
86+200
86+000
85+900
85+600
85+100
85+500
85+000
84+900
84+800
84+700
84+600
84+300
84+500
84+100
84+200
84+000

Estratigrafia

- Depósito Aluvial
- Grupo Tarma, Copacabana
- Depósito Glaciar Fluvial
- Formación Ticllas

Universida Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

E.A.P Ingeniería Geológica

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000 DE LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

MAPA DE ESTRATIGRAFÍA

Mapa N°: **P-02**

ASESOR : Mg Jorge Capuñay Sosa

TESISTA : Iván David Carhuallanqui Obregón

FECHA DE ELABORACIÓN : Julio, 2025

ESCALA : 1:25,000

0 0.25 0.5 1 1.5 2 Km

Anexo 4. Mapa de Geología Estructural

606000 608000 610000

8582000 8580000 8578000 8576000 8574000

95+000 94+800 94+900 94+600 94+700 94+400 94+500 94+200 94+300 94+100 93+900 94+000 93+500 93+800 93+400 93+300 91+900 91+400 92+400 91+300 93+000 91+200 92+900 91+000 90+900 90+800 90+600 90+400 90+100 89+900 89+700 89+800 89+600 89+400 89+100 89+000 88+800 88+700 88+600 88+500 88+400 88+200 88+100 87+900 87+800 87+600 87+500 87+200 87+100 87+000 86+900 86+800 86+600 86+500 86+300 86+200 86+000 85+900 85+600 85+100 85+500 85+000 84+900 84+800 84+700 84+600 84+300 84+500 84+100 84+200 84+000

30°

40°

75°

Geología Estructural

- Rumbo y buzamiento de estratos
- Eje de sinclinal
- Falla normal
- Falla inferida

Universida Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

E.A.P Ingeniería Geológica

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000 DE LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

MAPA DE GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Mapa N°:	ASESOR : Mg Jorge Capuñay Sosa	
P-03	TESISTA : Iván David Carhuallanqui Obregón	
	FECHA DE ELABORACIÓN : Julio, 2025	ESCALA : 1:25,000

0 0.15 0.3 0.6 0.9 1.2 Miles

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

Anexo 5. Mapa de Geomorfología

606000 608000 610000

184

N W E S

8582000 8580000 8578000 8576000 8574000

V-gl

RM-rs

95+000 94+900 94+800 94+700 94+600 94+500 94+400 94+300 94+200 94+100 94+000 93+900 93+800 93+500 93+400 93+300 93+000 92+900 92+400 91+900 91+400 91+300 91+200 91+000 90+900 90+800 90+600 90+400 90+100 89+900 89+700 89+800 89+600 89+400 89+100 89+000 88+800 88+700 88+600 88+500 88+400 88+300 88+200 88+000 87+900 87+700 87+600 87+300 87+200 87+100 87+000 86+900 86+700 86+600 86+400 86+300 86+200 86+100 86+000 85+500 85+700 85+600 85+100 85+400 85+000 84+800 84+700 84+600 84+300 84+500 84+100 84+200 84+000

Unidades Geomorfológicas

- RM-rs, Montaña en roca sedimentaria
- V-gl, Vertiente glacial o de gelifracción
- Ti, Terraza indiferenciada

Universida Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

E.A.P Ingeniería Geológica

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000 DE LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

MAPA DE GEOMORFOLOGÍA

Mapa N°: **P-04**

ASESOR : Mg Jorge Capuñay Sosa

TESISTA : Iván David Carhuallanqui Obregón

FECHA DE ELABORACIÓN : Julio, 2025

ESCALA : 1:25,000

0 0.25 0.5 1 1.5 2 Km

Anexo 6. Mapa de Geodinámica Externa

606000
608000
610000
8582000
8580000
8578000
8576000
8574000

95+000
94+800
94+900
94+600
94+700
94+400
94+500
94+200
94+300
94+100
93+900
94+000
93+500
93+800
93+400
93+300
91+900
91+400
92+400
91+300
93+000
91+200
92+900
91+000
90+900
90+800
90+600
90+400
90+100
89+900
89+700
89+800
89+600
89+400
89+100
89+000
88+800
88+700
88+600
88+500
88+400
88+200
88+100
87+900
87+800
87+600
87+500
87+200
87+100
87+000
86+900
86+800
86+600
86+500
86+300
86+200
86+000
85+900
85+600
85+100
85+500
85+000
84+900
84+800
84+700
84+600
84+300
84+500
84+100
84+200
84+000

Geodinámica Externa

- Erosión de Ladera
- Inundación Fluvial
- Caida de rocas

Universida Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

E.A.P Ingeniería Geológica

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000 DE LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

MAPA DE GEODINÁMICA EXTERNA

Mapa N°: **P-05**

ASESOR : Mg Jorge Capuñay Sosa

TESISTA : Iván David Carhuallanqui Obregón

FECHA DE ELABORACIÓN : Julio, 2025

ESCALA : 1:25,000

0 0.15 0.3 0.6 0.9 1.2 Miles

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

Anexo 7. Mapa de Hidrogeología

606000 608000 610000 612000 614000

8586000 8584000 8582000 8580000 8578000 8576000 8574000 8572000

188

N W E S

ATM

ATI

AFS

95+000 94+900 94+800 94+500 94+400 94+000 93+900 93+300 92+000 93+200 93+100 91+900 91+100 92+700 91+000 90+900 90+800 90+500 90+100 89+800 89+700 89+600 89+200 88+900 88+800 88+600 88+500 88+400 88+200 87+900 87+800 87+500 87+400 87+100 87+000 86+900 86+700 86+400 86+300 86+000 85+900 85+500 85+400 84+800 84+700 84+600 84+300 84+200 84+000

Unidades Hidrogeológicas

- ATS (Acuitardo sedimentario)
- ATI (Acuitardo intrusivo)
- ACM (Acuicluido metamórfico)

Universida Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

E.A.P Ingeniería Geológica

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000 DE LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

MAPA DE HIDROGEOLOGIA

Mapa N°: **P-06**

ASESOR : Mg Jorge Capuñay Sosa

TESISTA : Iván David Carhuallanqui Obregón

FECHA DE ELABORACIÓN : Julio, 2025

ESCALA : 1:40,000

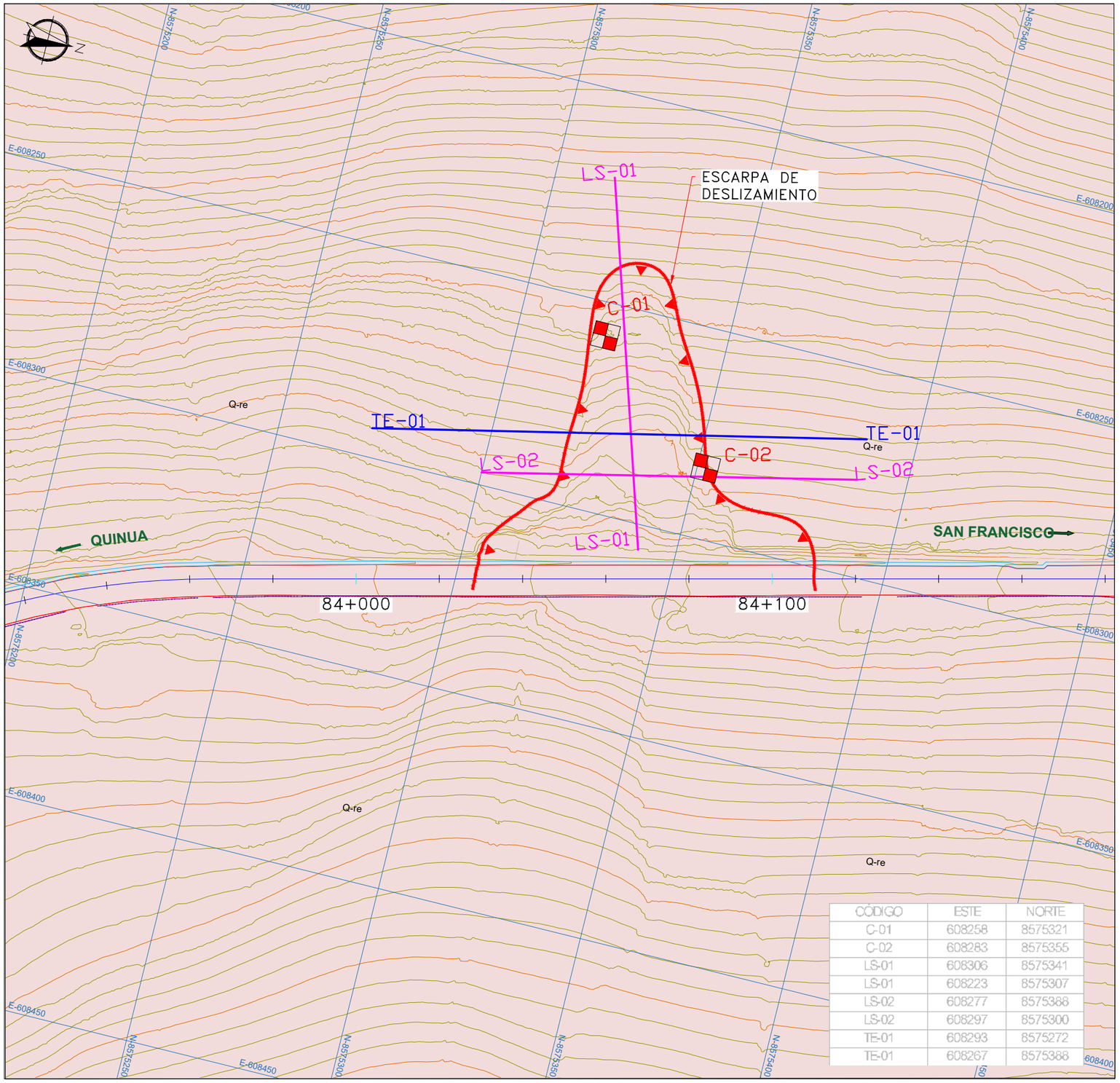
0 0.4 0.8 1.6 2.4 3.2 Km

AFS

Anexo 8. Mapa de Geología local

Anexo 8.1 Geología local del Sector del 84+030 - 84+100

SECTOR 1



CÓDIGO	ESTE	NORTE
C-01	608258	8575321
C-02	608283	8575355
LS-01	608306	8575341
LS-01	608223	8575307
LS-02	608277	8575388
LS-02	608297	8575300
TE-01	608293	8575272
TE-01	608267	8575388

PLANTA
1: 500

SIMBOLOGÍA

- CURVAS TOPOGRAFICAS
- CUNETAS/CANALES/QDAS
- EJE DE CARRETERA
- ESACARPA DE DESLIZAMIENTO
- TOMOGRAFÍA ELECTRICA
- REFRACCIÓN SÍSMICA
- CALICATA

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
Q-re	DEPÓSITOS RESIDUALES: cubren laderas y taludes de corte ,conformados de materailes sueltos,englobando gravas angulosas,abundante vegetacion y terreno de cultivo.

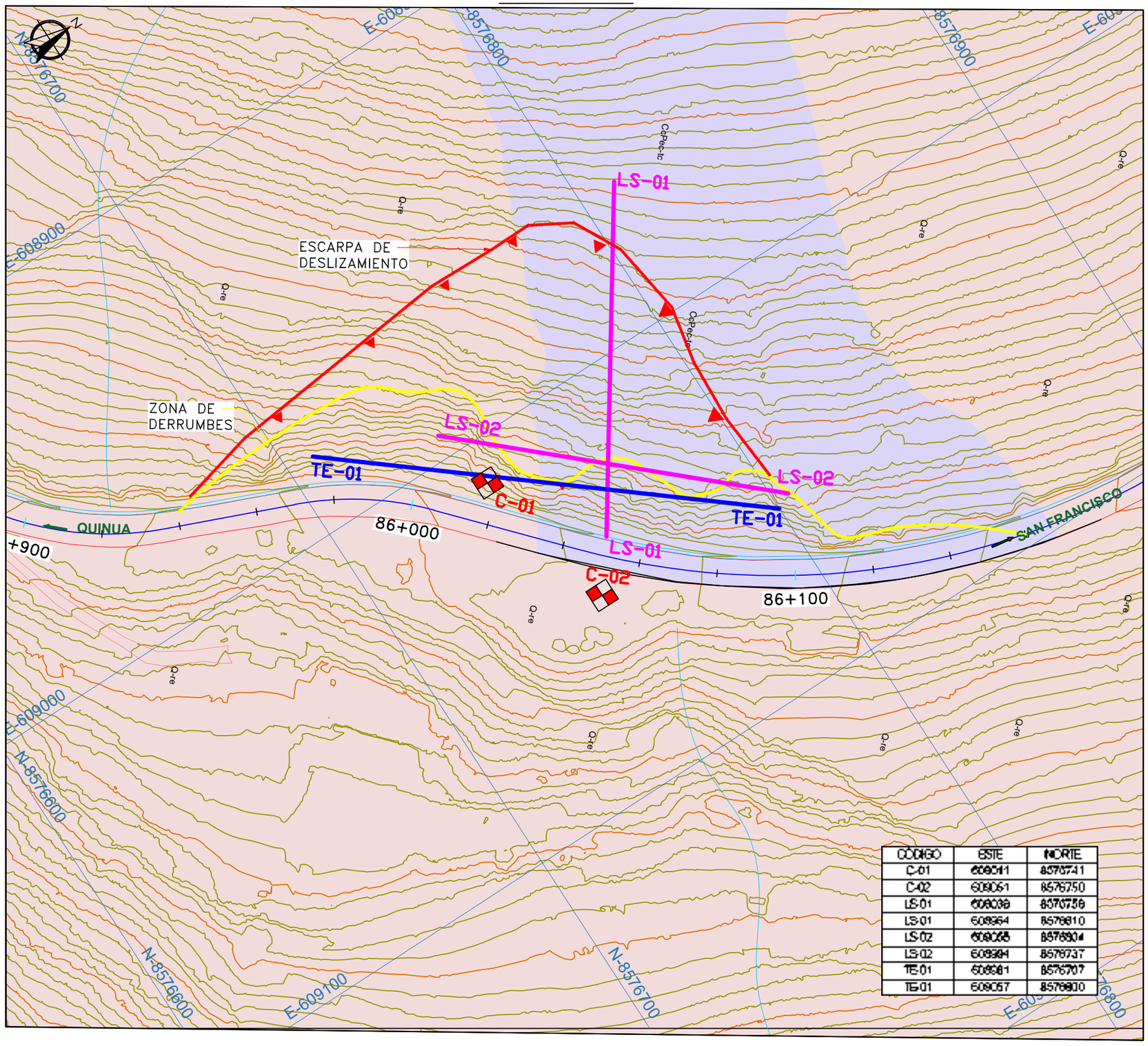
10 0 10 20 METROS

ESCALA = 1:500 (A1)
ESCALA = 1:1000 (A3)

NOTAS:
1.- LA ESCALA MOSTRADA ES PARA FORMATO A1, PARA A3 CONSIDERAR EL DOBLE.
2.- TODAS LAS DIMENSIONES Y NIVELES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS (S.I.C.).
3.- SISTEMA DE COORDENADAS TOPOGRAFICAS DATUM WGS84 – HUSO 18 SUR.

Anexo 8.2 Geología local del Sector del Km 85+940 al 86+160

SECTOR 2



CODIGO	ESTE	NORTE
C-01	609041	8576741
C-02	609061	8576750
LS-01	609039	8576756
LS-01	609064	8576810
LS-02	609065	8576804
LS-02	609084	8576737
TE-01	609081	8576707
TE-01	609057	8576800

SIMBOLOGÍA

- CURVAS TOPOGRAFICAS
- CUNETAS/CANALES/QDAS
- EJE DE CARRETERA
- ESCARPA DE DESLIZAMIENTO
- ZONA DE DERRUMBES
- TOMOGRAFÍA ELECTRICA
- REFRACCIÓN SÍSMICA
- CALICATA

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
Q-re	DEPÓSITOS RESIDUALES: Cubren laderas y taludes de corte ,conformados de materailes sueltos,englobando gravas angulosas,abundante vegetacion y terreno de cultivo.
CcpPec-tc	Roca lutita intensamente alterados en laminas que se vienen disgregando en forma de lajas y cubierto por guesas capas de suelos residuales.

10 0 10 20 METROS

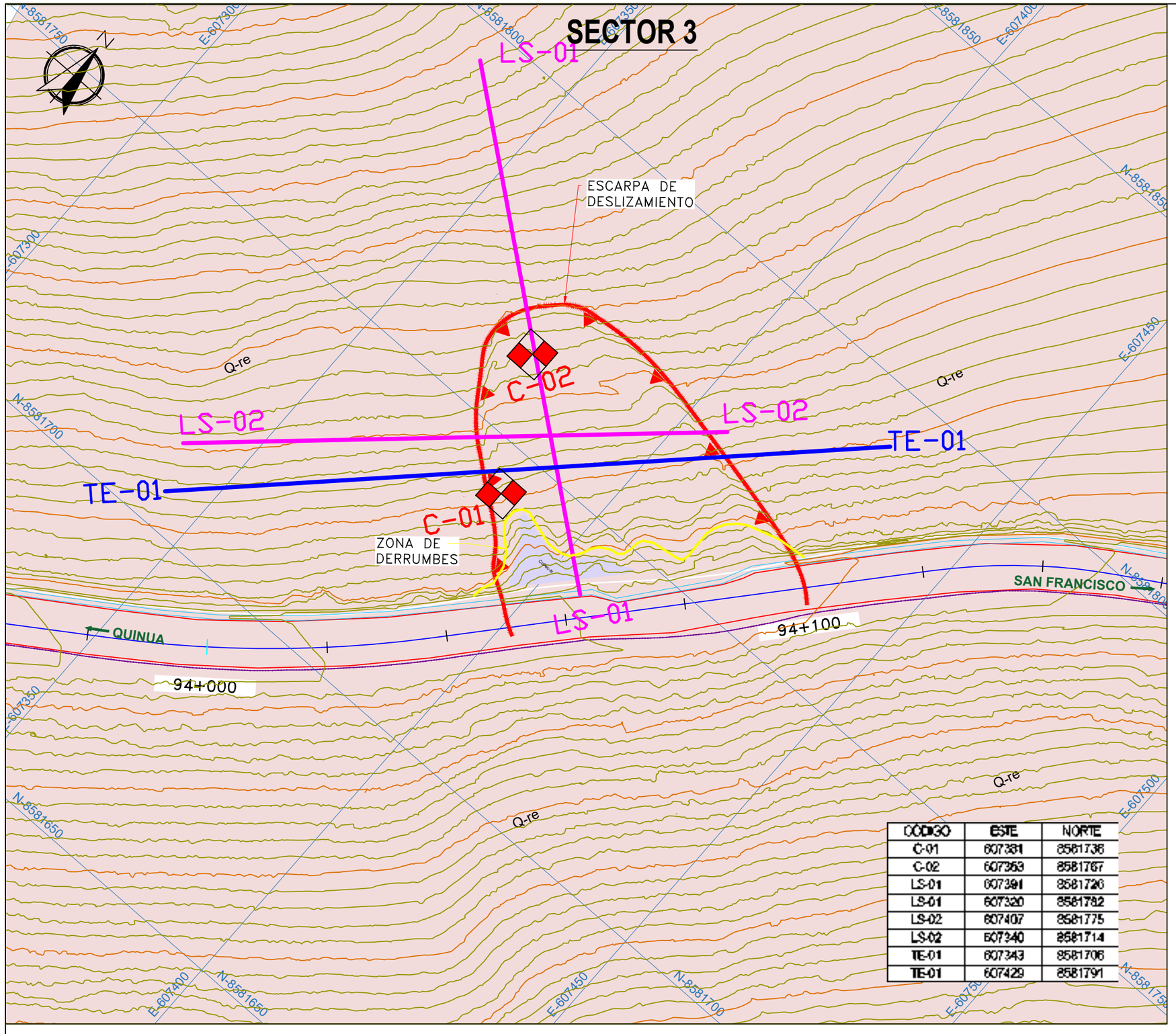
ESCALA = 1:500 (A1)
ESCALA = 1:1000 (A3)

NOTAS:
1.- LA ESCALA MOSTRADA ES PARA FORMATO A1, PARA A3 CONSIDERAR EL DOBLE.
2.- TODAS LAS DIMENSIONES Y NIVELES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS (S.I.C.).
3.- SISTEMA DE COORDENADAS TOPOGRAFICAS DATUM WGS84 – HUSO 18 SUR.

PLANTA
1: 500

Anexo 8.3 Geología local del Sector del Km 94+050 al 94+100

SECTOR 3



CÓDIGO	ESTE	NORTE
C-01	607381	8581736
C-02	607363	8581767
LS-01	607391	8581726
LS-01	607320	8581782
LS-02	607407	8581775
LS-02	607340	8581714
TE-01	607343	8581706
TE-01	607429	8581791

PLANTA
1: 500

SIMBOLOGÍA

- CURVAS TOPOGRAFICAS
- CUNETAS/CANALES/QDAS
- EJE DE CARRETERA
- ESCARPA DE DESLIZAMIENTO
- ZONA DE DERRUMBES
- TOMOGRAFÍA ELECTRICA
- REFRACCIÓN SÍSMICA
- CALICATA

L E Y E N D A

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
Q-re	DEPÓSITOS RESIDUALES: Cubren laderas y taludes de corte ,conformados de materailes sueltos,englobando gravas angulosas,abundante vegetacion y terreno de cultivo.
CcpPlec-tc	Roca lutita intensamente alterados en laminas que se vienen disgregando en forma de lajas y cubierto por guesas capas de suelos residuales.

10 0 10 20 METROS
ESCALA = 1:500 (A1)
ESCALA = 1:1000 (A3)

NOTAS:
1.- LA ESCALA MOSTRADA ES PARA FORMATO A1, PARA A3 CONSIDERAR EL DOBLE.
2.- TODAS LAS DIMENSIONES Y NIVELES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS (S.I.C.).
3.- SISTEMA DE COORDENADAS TOPOGRAFICAS DATUM WGS84 – HUSO 18 SUR.

Anexo 9. Registros de Calicatas

Anexo 9.1 Calicatas del Sector del Km 84+030 - 84+100

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

SOLICITANTE:	Iván David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO:	"ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTECNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 85+000"
CALICATA:	C-01
NIVEL DE AGUA (m):	No Presenta
UBICACION:	Sector III
COORDENADA UTM	8575321 N 608258 E
LEYENDA:	
ING. RESP.:	A.V.D.
TEC. RESP.:	J.L.C.
FECHA:	Agosto 2025



PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA
0.20		-	-		**Prof. (m): 0.00-0.20: Cobertura Vegetal** **Prof. (m): 0.20-1.90: Arena arcillosa** Arena arcillosa, SC, Grava fina no tiene cantos ni bolos que representan el 12% del suelo. Arena media de mediana plasticidad, humedad de consistencia firme que representa el 42.5% del suelo. Finos que representan el 45.5% del suelo. El estado de estructura intacta. Compacto, de color Marrón Oscuro. TM igual a 3/4", no presenta Bolonería ni presenta Bloques.	M-01
1.90		SC	A-4 (1)		**Prof. (m): 1.90-3.00: Arena arcillosa** Arena arcillosa, SC, Grava fina no tiene cantos ni bolos gravas que constituye que representan el 13% del suelo. Arena mediana mediana plasticidad, humedad de consistencia firme que representa el 44.5% del suelo. Finos que representan el 45.2% del suelo. El estado de estructura homogénea. Compacto, de color Marrón Rojizo. TM igual a 1", no presenta Bolonería, no presenta Bloques.	M-02
3.00		SC	A-4 (1)			
3.20						
3.40						
3.60						
3.80						
4.00						
4.20						
4.40						
4.60						
4.80						





OBSERVACIONES:

- Sondaje efectuado a cielo abierto tipo calicata.
- Sondaje efectuado de forma manual.
- Muestra (s) alteradas (s) protegidas dentro bolsas de polietileno.
- Muestreo efectuado por el personal técnico de laboratorio.
- No se evidencio la presencia de agua subterránea.

NOTA:

NP= No Plastico
SM= Sin Muestra
TM= Tamaño Maximo del Material
NF= Nivel de Agua Subterranea
Bolonería (Tamaño entre 3"-12")
Bloques (Tamaño mayor a 12")

ING. JUAN MANUEL LEON CHAMA
ESPECIALISTA EN LABORATORIO

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

SOLICITANTE:	Iván David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO:	"ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTECNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 96+000"
CALICATA:	C-02
NIVEL DE AGUA (m):	No Presenta
UBICACION:	Sector 01
COORDENADA UTM :	8575350N 608283 E
LEYENDA:	
ING. RESP.:	A.V.D.
TEC. RESP.:	J.L.C.
FECHA:	Agosto 2025



PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
0.20		-	-		**Prof. (m): 0.00-0.10: Cobertura Vegetal** **Prof. (m): 0.10-3.00: Arena arcillosa con grava** Arena arcillosa con grava, SC. Grava fina no tiene angulos ni bordes que resistieron el "rodillo del suelo", tiene media de medianas plasticidad, humedad con comportación seco! que representa el 10.1% del suelo. Finos que representan el 31% del suelo. El estrato ya esta seco, homogeneo. Compactacion Regular, color Marron Oscuro, TM igual a 1"/2", no presenta Boloneria, no presenta Bloques.	B-01
0.80						
0.60						
0.80						
1.00						
1.20						
1.40						
1.60		SC	A-2-4 (0)			
1.80						
2.00						
2.20						
2.40						
2.60						
2.80						
3.00						
3.20						
3.40						
3.60						
3.80						
4.00						
4.20						
4.40						
4.60						
4.80						





OBSERVACIONES:

- Sondaje efectuado a cielo abierto, tipo calicata.
- Sondaje efectuado de forma manual.
- Muestra (s) alterada (s), protegidas dentro bolsas de polietileno.
- Muestreo efectuado por el personal técnico de laboratorio.
- No se evidencio la presencia de agua subterránea.

NOTA:

NP= No Plastico
SM= Sin Muestra
TM= Tamaño Maximo del Material
NF= Nivel de Agua Subterránea
Boloneria (Tamaño entre 3"-12")
Bloques (Tamaño mayor a 12")





Anexo 9.2 Calicatas del Sector del Km 85+940 al 86+160

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

SOLICITANTE:	Ivan David Carhuallanqui Obregón		
PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"		
CALICATA:	**C-01**	**NIVEL DE AGUA (m):**	**No Presenta**
UBICACION:	Sector 02	**COORDENADA UTM**	8576741 N 609011 E
LEYENDA:		**ING. RESP.:**	A.V.D.
		TEC. RESP.:	J.L.C.
		FECHA:	Agosto 2025



PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60 1.80 2.00 2.20 2.40 2.60 2.80 3.00 3.20 3.40 3.60 3.80 4.00 4.20 4.40 4.60 4.80		GC	A-1-a (0)		**Prof. (m): 0.00-3.00 : Grava bien graduada con arcilla y arena.** Grava bien graduada con arcilla y arena, GC, Grava de angulosa de tamaños máximos de hasta 3" pulgadas que son fuertes que representan el 52.7% del suelo. Arena media de caja Presentan 1 poco de contenido de cohesión aproximadamente 20.1% Arcilla. Finos que presentan el 27% aproximado de estos constituyen los mejores. Compactado Medio de color Marrón. Húmedo a 2.0 m, se encuentra Suelos no presenta Bloques	M-01





OBSERVACIONES:

- Sondaje efectuado a cielo abierto, tipo calicata.
- Sondaje efectuado de forma manual.
- Muestra (s) alterada (s), protegidas dentro bolsas de polietileno.
- Muestreo efectuado por el personal técnico de laboratorio.
- No se evidencio la presencia de agua subterránea.

NOTA:

NP= No Plastico
SM= Sin Muestra
TM= Tamaño Maximo del Material
NF= Nivel de Agua Subterráneo
Bolonería (Tamaño entre 3"-12")
Bloques (Tamaño mayor a 12")

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

SOLICITANTE:	Iván David Carhuallanqui Obregón		
PROYECTO:	"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 64+000 AL KM 91+000"		
CALICATA:	C-02	NIVEL DE AGUA (m):	No Presenta
UBICACION:	Sector 02	COORDENADA UTM	8576750 N 609051 E
LEYENDA:		ING. RESP.:	A.V.D.
		TEC. RESP.:	J.L.C.
		FECHA:	Agosto 2025



PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	C-ESTRAT.
0.20 – 4.80		GC	A-2-4 (0)		**Prof. (m): 0.00-3.60: Grava limosa arcillosa con arena.** Grava limosa arcillosa con arena, GC / Grava Fina Subangulosa con Limo con Bloques. Lo conforman clastos que representan el <2.1% del suelo, Arena media de color Plomizo, material con consistencia rígida con resistencia al 40 % del suelo, Finos que representan el 15.8% del suelo. El suelo del afloramiento corresponde a Depósito Morrénico de color Marrón. TM igual a 2", no presenta finos en su contenido. Bolonería	M-01





OBSERVACIONES:

- Sondaje efectuado a cielo abierto, tipo calicata.
- Sondaje efectuado de forma manual.
- Muestra (s) alterada (s), protegidas dentro bolsas de polietileno.
- Muestreo efectuado por el personal técnico de laboratorio.
- No se evidencio la presencia de agua subterránea.

NOTA:

NP= No Plastico
SM= Sin Muestra
TM= Tamaño Maximo del Material
NF= Nivel de Agua Subterranea
Bolonería (Tamaño entre 3"-12")
Bloques (Tamaño mayor a 12")

Anexo 9.3 Calicatas del Sector del Km 94+050 al 94+100

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

SOLICITANTE:	Iván David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO:	"ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTECNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 54+000 AL KM 59+000"
CALICATA:	C-01
NIVEL DE AGUA (m):	No Presenta
UBICACION:	Sector 03
COORDENADA UTM	8581738 N 607381 E
LEYENDA:	
ING. RESP.:	A.V.O.
TEC. RESP.:	J.L.C.
FECHA:	Agosto 2025



PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA N°
0.20		-	-		**Prof. (m): 0.00-0.15: Cobertura Vegetal** **Prof. (m): 0.15-1.00: Arena limosa con grava**	
0.40					Arena limosa con grava, SM; Grava fina no tiene chatos ni largas que representan el 21.7% del suelo, Arena media no plastica, gradada que representa el 50.2% del suelo. Finos que representan el 28.1% del suelo Ejemplar de estructura homogenea, Consistencia Media, de color Marron Claro, TM grava 1 1/2", no presento Boloneria, no presento Bloques	M-01
0.60		SM	A-2-4 (0)			
0.80						
1.00					**Prof. (m): 1.00-2.10: Grava limosa con arena**	
1.20					Grava limosa con arena con materiales sobredimensionados: GM; Grava fina no tiene chatos ni largas gravas que son duras que representan el 58.4% del suelo, Arena gruesa de mediana plasticidad, humedad que representa el 27.3% del suelo, Finos que representan el 14.3% del suelo El ejemplar de estructura homogenea, Consistencia Media, de color Marron TM grava 3pulg, presento un 3% de boloneria, no presento Bloques	M-02
1.40		GM	A-2-4 (0)			
1.60						
1.80						S/M
2.00						
2.20						
2.40						
2.60						
2.80						
3.00						
3.20						
3.40						
3.60						
3.80						
4.00						
4.20						
4.40						
4.60						
4.80						





OBSERVACIONES:

- Sondaje efectuado a cielo abierto, tipo calicata.
- Sondaje efectuado de forma manual.
- Muestra (s) alterada (s), protegidas dentro bolsas de polietileno.
- Muestreo efectuado por el personal tecnico de laboratorio.
- No se evidencio la presencia de agua subterranea.

NOTA:

NP= No Plastico
S/M= Sin Muestra
TM= Tamaño Maximo del Material
NF= Nivel de Agua Subterranea
Boloneria (Tamaño entre 3"-12")
Bloques (Tamaño mayor a 12")

REGISTRO DE CALICATA (ASTM D 2488)

SOLICITANTE:	Iván David Carhuallanqui Obregon
PROYECTO:	"ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA CHANLA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 844+997 AL KM 85+000"
CALICATA:	C-02
NIVEL DE AGUA (m):	No Presenta
UBICACION:	Sector 03
COORDENADA UTM	8581797 N 607383 E
LEYENDA:	
ING. RESP.:	A.V.D.
TEC. RESP.:	J.L.C.
FECHA:	Agosto 2025



PROF. (m)	SIMBOLOGIA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	NIVEL DE AGUA	DESCRIPCION DEL ESTRATO	MUESTRA
0.20 – 0.40		-	-		**Prof. (m): 0.00-0.20: Cobertura Vegetal** **Prof. (m): 0.20-1.50: Arena limosa con grava** Arena limosa con grava, SM Grava fina con finos arcillosos de baja plasticidad (24.1% del suelo). Arena gruesa de baja Plasticidad, humeda que representa el 50.8% del suelo. Finos que representan el 24.9% del suelo. El estado de estructura homogenea, , de color Marron. TM con 3/4" no presenta Bolo nera, no presenta Bloques	M-01
0.40 – 1.50		SM	A-1-b (0)			
1.50 – 2.20		GM	A-2-5 (0)		**Prof. (m): 1.50-3.80: Grava limosa con arena** Grava limosa con arena con bolonerias subredondeados (GM) Grava fina sub angulosa no plastica, gravas que son tanto que representan el 50.1% del suelo. Arena gruesa de mediana plasticidad, humedo que representa el 26.9% del suelo. Finos que representan el 23% del suelo. El estado de estructura homogenea, Compacidad Media, de color Marron. TM que 4"pero presenta un 4% de Bolonerias no presenta Bloques	M-02
2.20 – 3.80						
3.80 – 4.80						





OBSERVACIONES:

- Sondaje efectuado a cielo abierto tipo calicata.
- Sondaje efectuado de forma manual.
- Muestra (s) alterada (s), protegidas dentro bolsas de polietileno.
- Muestreo efectuado por el personal tecnico de laboratorio.
- No se evidencio la presencia de agua subterránea.

NOTA:

NP= No Plastico
SM= Sin Muestra
TM= Tamaño Maximo del Material
NF= Nivel de Agua Subterranea
Bolonería (Tamaño entre 3"-12")
Bloques (Tamaño mayor a 12")

Anexo 10. Certificados de Laboratorio

Anexo 10.1 Calicatas del Sector del Km 84+030 - 84+100

GEO CENTER LAB	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-001-2025
SOLICITANTE: Ivan David Carhuallanqui Quiroga
PROYECTO: ANALISIS ESTADISTICO "ESTUDIO Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTECNICAS PARA LA CARRETERA QUAYA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, DEBIDO LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 64+060
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.30-1.60

ASTM D 422
MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
Serie Americana	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			100.0
1/2"	12.700	1.3	1.3	98.7
3/8"	9.525	1.9	3.2	96.8
1/4"	6.350	4.8	8.1	91.9
N° 4	4.750	3.9	12.0	88.0
N° 10	2.000	10.0	22.0	78.0
N° 20	0.850	15.0	37.0	63.0
N° 30	0.600	5.4	42.4	57.6
N° 40	0.425	3.6	45.9	54.1
N° 60	0.250	4.8	50.7	49.3
N° 100	0.150	2.6	53.3	46.7
N° 140	0.106	0.9	54.2	45.8
N° 200	0.075	0.3	54.5	45.5
<N° 200	ASTM D 1140	45.5	100.0	

CARACTERISTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4): 12.0 %
Arena: 42.0 %
Finos (Pas. N°200): 45.5 %

ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L): 28 %
Límite Plástico (L.P): 17 %
Indice Plástico (I.P): 9 %

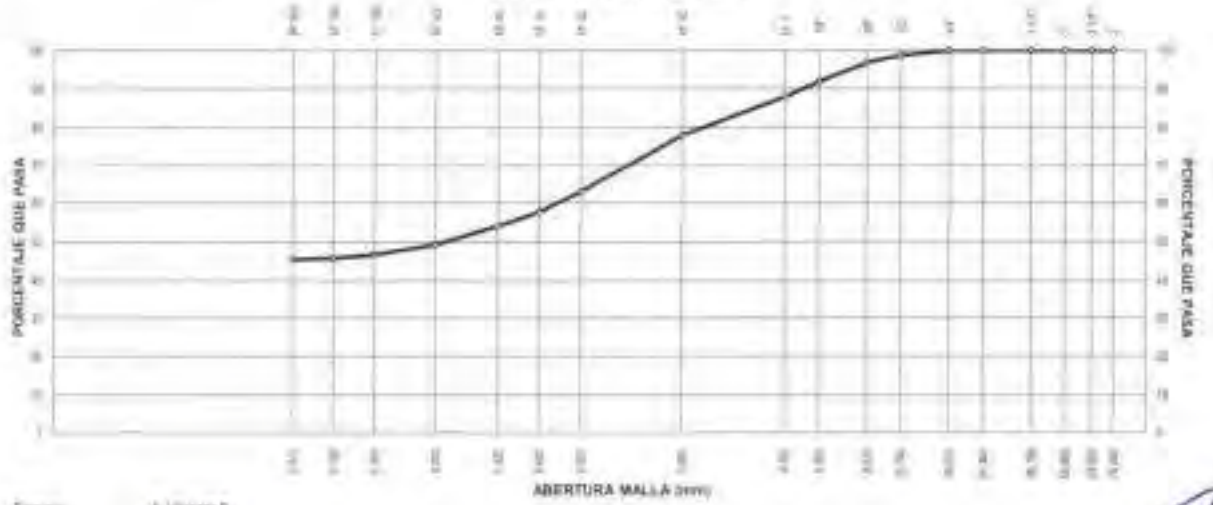
ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)
A-4 (1)

ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)
SC
Arena arcillosa

Cont. de Humedad: 14.0 %

Observaciones
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio
- Ensayo efectuado a suelo natural

CURVA GRANULOMETRICA



Ejecutó: A. Valencia D.
Aprobado: J. León C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

ING. JUAN GERARDO LEON CHARRA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y CONTROL DE MATERIALES

LABORATORIO GEOTECNICO

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Ortiggoz

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 84+050

IDENTIFICACIÓN: Nestor (1)

DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.20-1.60

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Cápsula N°		493	243
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	865.4	470.9
Peso cápsula + suelo seco	(g)	788.4	426.4
Peso del Agua	(g)	87.0	44.5
Peso de la cápsula	(g)	423.4	105.0
Peso del suelo seco	(g)	475.0	320.4
Contenido de Humedad	(%)	14.1	13.9
Contenido de Humedad (RESULTADO)	(%)	14.0	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Operador: A. Vásquez D.

Verificador: J. Léon C.

Fecha de Ensayo: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN GERARDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB

INFORME DE ENSAYO

Fecha: Octubre 2025
Versión: 01
Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE Nº: A-351-2025
SOLICITANTE: John David Cartuche Iriqui Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

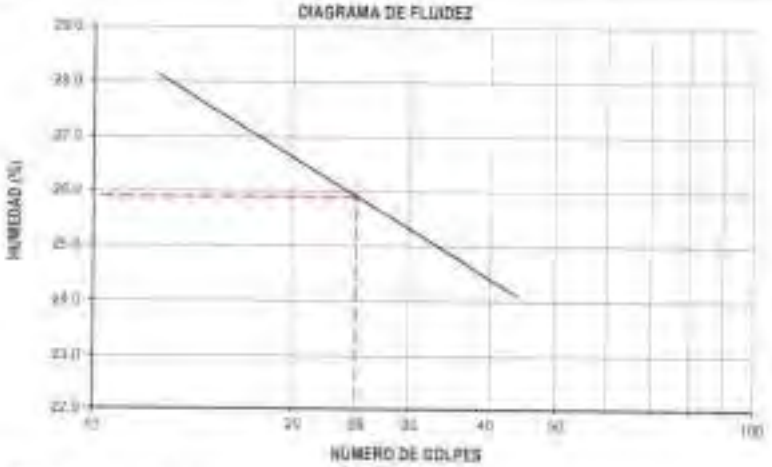
FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: [illegible]
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.20-1.50

ASTM D 4318
MTC E 110, MTC E 111

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN / ENSAYO Nº		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula Nº		187	304	187	238	95	141
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	35.77	35.43	35.3	27.84	29.31	30.48
Peso cápsula + suelo seco	(g)	32.55	31.61	31.41	25.11	28.87	29.66
Peso del Agua	(g)	4.22	5.82	3.89	2.73	1.44	1.82
Peso de la cápsula	(g)	17.12	17.08	16.16	14.22	19.38	17.1
Peso del suelo seco	(g)	15.43	14.53	15.25	10.89	9.49	12.95
Contenido de humedad	(%)	27.4	39.0	25.5	25.1	17.0	15.6
Número de golpes		18	22	29	33		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	26.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	17.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	9.0

COMENTARIOS
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "METODO DE MULTIPUNTO".

OBSERVACION
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Operador: A. Villacorta O.
Aprobado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

ING. JUAN PEDRO LEON CHAMA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
REGISTRO N° [illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 9+060

IDENTIFICACIÓN: Sector 01

DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-02, Profundidad (m): [illegible]

ASTM D 422 MTC E 107	**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
Serie Americana	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			100.0
3/4"	19.050	1.1	1.1	98.9
1/2"	12.700	1.4	2.4	97.6
3/8"	9.525	0.7	3.1	96.9
1/4"	6.350	2.2	5.3	93.7
N° 4	4.750	3.7	10.0	90.0
N° 10	2.000	9.6	19.6	80.4
N° 20	0.850	14.4	34.0	66.0
N° 30	0.600	6.1	40.2	59.8
N° 40	0.425	4.6	44.8	55.2
N° 60	0.250	5.7	50.5	49.5
N°100	0.150	2.9	53.4	46.6
N°140	0.106	1.1	54.4	45.6
N° 200	0.075	0.3	54.8	45.2
<N°200	ASTM D 1140	45.2	100.0	

CARACTERISTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4)	10.0 %
Arena	44.8 %
Fino (Pas. N°200)	45.2 %

ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L)	24 %
Límite Plástico (L.P)	16 %
Índice Plástico (I.P)	8 %

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)

A-4 (1)

ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)

SC

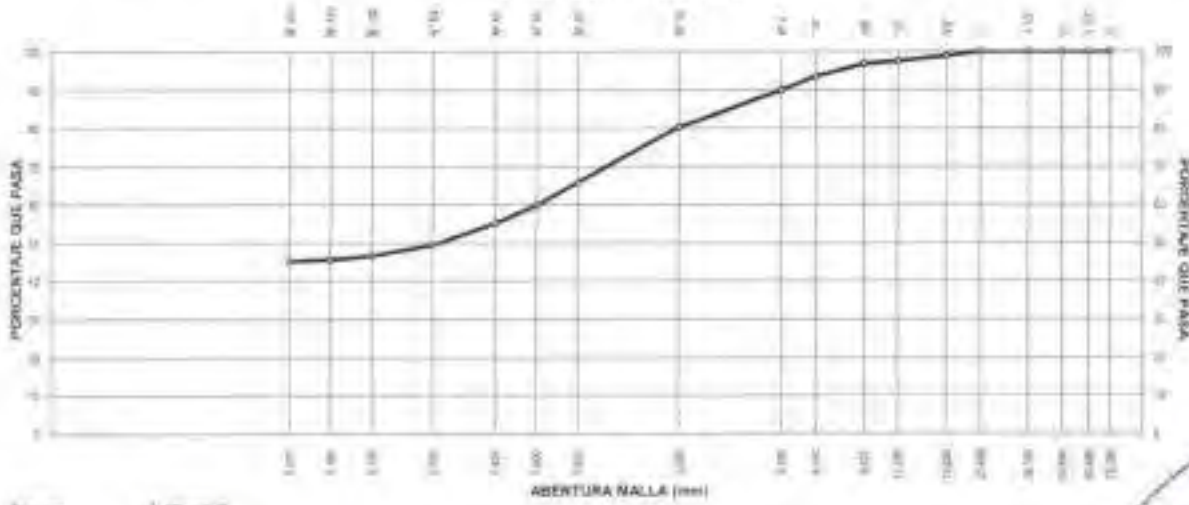
Arena arcillosa

Cont. de humedad: 16.1 %

Observaciones:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecutó: A. Villacorta C.

Revisó: J. Leon C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN CARLOS LEON CHANCA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECÁNICA Y SUELOS DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA Y SUELOS

LABORATORIO GEOTECNICO

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Version: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Ivar David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: ANALISIS DE ESTABILIZACION DE TALUDES Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES GEOTECNICAS PARA LA CARRETERA SIGNUL – SAN FRANCISCO PUENTE DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 00+000 AL KM 10+000

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 4+400
IDENTIFICACIÓN: Talud "E"
DESCRIPCIÓN: C-1 / Muestra M-02, Profundidad (m): 1.80-3.00

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Cápsula N°		51	44
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	576.8	496.0
Peso cápsula + suelo seco	(g)	505.7	437.4
Peso del Agua	(g)	71.1	58.6
Peso de la cápsula	(g)	68.8	98.8
Peso del suelo seco	(g)	436.9	356.6
Contenido de Humedad	(%)	16.3	16.4
Contenido de Humedad (RESULTADO)	(%)	16.1	

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico del laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Nauca C.
Aprobado: J. Leon C.
Fecha de Ensayo: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN BERARDO LEON CHAMAN
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECANICA Y SUELOS DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-251-2025

SOLICITANTE: Juan David Carhuallanqui Obregon

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 64+080

IDENTIFICACIÓN: Sector (1)

DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra (M-02, Progresiva (m): 7.00-8.00

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

DESCRIPCIÓN / ENSAYO N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		255	82	125	193	150	154
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	36.94	30.53	32.23	28.11	29.09	30.25
Peso cápsula + suelo seco	(g)	33.55	27.59	28.75	25.69	27.85	28.47
Peso del Agua	(g)	3.39	2.94	3.48	2.42	1.54	1.78
Peso de la cápsula	(g)	19.95	15.41	14.1	13.01	19.14	17.54
Peso del suelo seco	(g)	13.6	12.18	14.65	12.68	8.71	10.93
Contenido de Humedad	(%)	24.9	24.1	23.8	23.3	15.8	16.4
Número de golpes		18	24	27	32		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	24.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	16.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	8.0

COMENTARIOS:

- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "METODO DE MULTIPUNTO"

OBSERVACION:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de
- Ensayo efectuado a suelo natural.

[illegible]

[illegible]

ING. JUAN EDUARDO LEON CHAVEZ
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y CONCRETO

LABORATORIO GEOTECNICO

[illegible]

GEO CENTER LAB	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-081-2025
SOLICITANTE: Iván David Cahuallampi, Cáceres
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 99+560
IDENTIFICACIÓN: Calicata 01
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-02, Profundidad (m) 1.50-3.00

ASTM D 854 MTC E 109	MÈTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA

METODO DEL PICNOMETRO

DESCRIPCION		UND	Nº DE ENSAYO		PROMEDIO
			1	2	
Peso Material Seco (al horno)	Ww	gr	100.0	100.0	---
Peso Frasl + Agua	Wa	gr	689.1	650.4	---
Peso del Material Saturado + Agua + Peso Frasl	Wb	gr	751.4	712.6	---
Temperatura del agua		°C	18.4	18.6	---
Factor para corregir la densidad del H2O a 20°C	K	K	1.0002	1.0002	---
Gravedad Específica	Ge	(gr/cm³)	2.653	2.642	2.658

COMENTARIOS:

- Gravedad Específica, Ge= [illegible]

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al estado natural.

Ejecutado: V. Villacorta D.
Validado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. [illegible] LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
REGISTRO Y VALIDO DE INTEGRIDAD

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-391-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Coregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: [illegible]
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-01: Muestra M-03, Profundidad (+): 1.50 m.

NTP 339.176	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH), EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

IDENTIFICACIÓN	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)
Sector 01	8.5

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°)
- HUM = Cantidad de humedad (%)
- Conversión entre ppm y (%): 10,000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Elaborado: A. Villanueva Q.
Supervisado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN GERARDO LEON CAMERA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y CONCRETO

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-951-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Ortiz
PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN EN EL PROGRESIVA PARA LA CARRETERA CUNIA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 0+000 AL KM 0+100

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 0+000
IDENTIFICACIÓN: Sector (1)
DESCRIPCIÓN: C-01 Muestra M-02, Profundidad (+) 1.50-3.00

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 23 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	**SALES SOLUBLES TOTALES (%)**
Sector (1)	0.0650

COMENTARIOS

- T°= Temperatura en grados celsius (°C).
- HUM.= Contenido de humedad (%).
- Correlación entre (ppm) y (%): 10,000 ppm = 1(%).

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada con personal técnico de laboratorio.
- Ensayo realizado al suelo natural.

Elaborado: V. Vivanco C.
Aprobado: J. Ubillús
Fecha de Emisión: Octubre 2025

ING. JOSE BERARDO LEON DAMIAN
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y CONCRETO DE MATERIALES

LABORATORIO GEOTÉCNICO

El contenido incluye todas las responsabilidades del uso de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuatanco Quispe
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 52+000
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-02, Profundidad (m): 1.50-3.00

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	CLORUROS EXPRESADOS COMO ION Cl.- (ppm)
Sector 01	162

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (°C).
- HUM = Contenido de humedad (%).
- Concentración en mg/kg (ppm) y (%): 10,000 * (%) = (ppm).

OBSERVACIONES

- Muestra extraída e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecución: A. Villacorta D.
Supervisión: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. [illegible] LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECÁNICA Y ENSAYE DE MATERIALES

ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA Y ENSAYE DE MATERIALES

LABORATORIO GEOTECNICO

El laboratorio asume toda responsabilidad de uso de la información contenida en este informe.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Version: 01 Pagina: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Cañasbringa Obregón

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 84+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 01

DESCRIPCIÓN: C.T.I. Shahuindo M-02. Profundidad (m): 1.50-3.00

NTP 339.169	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C

T° DE MUESTRA: 20° C

HUM. RELATIVA: 62 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACION	SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO4 (ppm)
Sector 01	290

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°)
- Hum = Contenido de humedad (%)
- Correlación entre (ppm) a (%): 10,000 °(% = ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra brindada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Villacorta D.

Revisión: J. León C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN EDUARDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECANICA Y ENSAYE DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
MECANICA Y ENSAYE DE MATERIALES

El laboratorio no se hace responsable por el uso de la información otorgada en este informe.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2020 Versión: 01 Página: 1 de 3

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2020
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: "ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA DUBLIN - SAN FRANCISCO - PROVINCIA DE [illegible] DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2020
UBICACIÓN: Km 84+080
IDENTIFICACIÓN: Sondaje D1
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-02, Profundidad (m): 1.50-2.00

ASTM D 3080	**CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

DESCRIPCIÓN DEL SUELO

Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	--	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%)	--
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3282)	--	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%)	--
Tamaño Máximo (mm)	(NTP 400.012)	--	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140)	(%)	--
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.150)	--	Clasificación (Suelo Grueso)	(NTP 339.150)		--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

DESCRIPCIÓN		49.0 kPa	98.1 kPa	196.1 kPa
Diámetro	(cm)	6.356	6.359	6.358
Área	(cm^2)	31.75	31.75	31.72
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50
Altura Final	(cm)	2.37	2.31	2.24
Volumen Inicial	(cm^3)	79.35	79.33	79.36
Volumen Final	(cm^3)	75.30	73.34	71.09
Relación Diámetro / Altura	(D/H)	2.543	2.543	2.543
Condición de la Estructura del Suelo			REMOLDEADA	
Peso Húmedo Inicial	(g)	135.1	135.1	135.1
Peso Húmedo Final	(g)	137.1	153.4	148.5
Peso Seco	(g)	116.4	116.4	116.4
Humedad Inicial	(%)	16.1	16.1	16.1
Humedad Final	(%)	35.0	31.8	28.5
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm^3)	1.702	1.702	1.702
Densidad Húmeda Final	(g/cm^3)	2.080	2.097	2.195
Densidad Seca Inicial	(g/cm^3)	1.466	1.466	1.466
Densidad Seca Final	(g/cm^3)	1.543	1.587	1.634

Ensayado: A. Villalobos D.
Aprobado: J. Leon C.
Fecha de Ensayo: Octubre 2020

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECÁNICA Y SUELOS DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 2 de 5

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván Darío Carvajalino Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 84+080
IDENTIFICACIÓN: Sector 07
DESCRIPCIÓN: C-01- Muestra Inalt. Profundidad (m.): 1.80-3.00

ASTM D 3080	**CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

ESFUERZO NORMAL		68.1 kPa		98.1 kPa		196.1 kPa	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2.50	2.37	2.50	2.31	2.50	2.24
Volumen	(cm^3)	79.38	75.30	79.38	75.34	79.38	71.23
Humedad	(%)	19.1	33.5	19.1	31.8	19.1	28.5
Densidad Seca	(g/cm^3)	1.448	1.545	1.448	1.597	1.488	1.624
Esfuerzo Corte	(kPa)	47.4		72.4		95.8	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49.0 kPa				ESFUERZO NORMAL 98.1 kPa				ESFUERZO NORMAL 196.1 kPa			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.871	0.0	0.0	0.0	1.255	0.0	0.0	0.0	1.891	0.0	0.0	0.0
0.50	0.849	3.8	1.2	5.5	1.318	6.8	2.0	9.4	1.782	11.5	3.2	16.0
1.00	1.009	10.1	4.0	15.3	1.366	12.8	5.8	19.2	1.857	27.6	12.5	39.4
1.50	1.346	15.0	6.8	21.9	1.497	19.5	8.4	26.4	1.940	38.3	17.8	56.2
2.00	1.334	18.7	8.5	26.7	1.486	26.2	12.8	40.2	2.015	54.1	24.5	77.0
2.50	1.334	21.5	9.8	30.7	1.554	31.7	14.4	45.3	2.092	58.1	26.4	83.0
3.00	1.397	25.5	11.6	36.4	1.608	35.2	16.0	50.3	2.172	62.1	28.2	88.8
3.50	1.169	28.9	12.2	38.5	1.649	37.3	16.9	53.2	2.239	64.1	29.1	91.5
4.00	1.211	27.4	12.4	39.1	1.697	37.4	16.9	53.4	2.294	65.5	30.2	95.1
4.50	1.234	28.1	12.7	40.1	1.757	37.2	16.9	53.2	2.354	67.1	30.4	95.8
5.00	1.247	28.3	12.8	40.4	1.756	37.1	16.8	53.1	2.408	67.6	30.7	96.8
5.50	1.253	28.2	12.8	40.3	1.825	36.6	16.7	52.5	2.469	67.1	30.5	96.1
6.00	1.269	28.1	12.7	40.1	1.842	36.6	16.5	52.2	2.497	66.4	30.1	94.9
6.50	1.275	27.9	12.6	39.8	1.851	36.6	16.7	52.6	2.525	66.2	30.1	94.9
7.00	1.279	27.9	12.6	39.8	1.867	36.4	16.5	52.0	2.547	66.0	29.9	94.1
7.50	1.280	28.1	11.8	37.2	1.877	36.2	16.4	51.7	2.567	65.4	29.7	93.4
8.00	1.283	23.0	11.4	35.8	1.887	36.1	16.4	51.5	2.587	64.1	29.1	91.6
8.50	1.283	24.2	11.0	34.6	1.898	35.8	16.2	51.2	2.570	63.1	28.6	90.0
9.00	1.283	24.0	10.9	34.2	1.897	35.4	16.1	50.6	2.515	63.6	28.4	89.5
9.50	1.283	23.5	10.8	33.9	1.908	34.5	15.8	49.7	2.578	62.1	28.2	88.8
10.00	1.283	23.0	10.4	32.6	1.910	33.2	15.1	47.5	2.591	61.1	27.7	87.2
10.50	1.288	22.8	10.4	32.8	1.915	33.0	15.0	47.1	2.603	60.1	27.3	85.8
11.00	1.286	22.4	10.2	32.1	1.910	32.6	14.8	46.6	2.600	59.1	26.9	84.7

Elaboró: [illegible]
Ajustado: [illegible]
Fecha de Ensayo: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
[illegible]
JEFE DE LABORATORIO

GEO CENTER LAB
ING. JUAN GERARDO LEON ZAMBRA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYE DE MATERIALES

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Version: 01 Pagina: 3 de 3

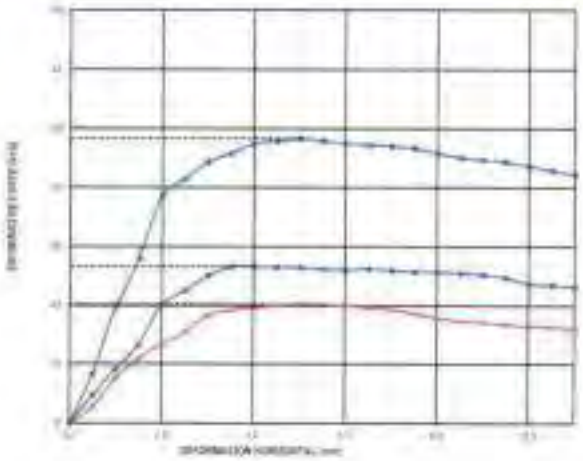
DATOS DEL SERVICIO

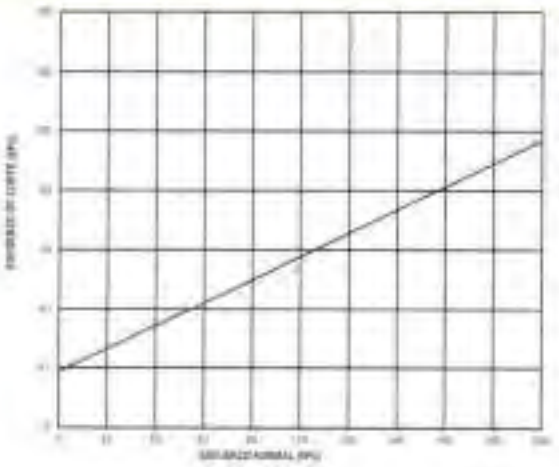
EXPEDIENTE N°: A-331-2025
SOLICITANTE: Iván David Campuzano Obregón
PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUIBDÓ – SAN FRANCISCO, REPÚBLICA DE [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 84+060
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra MAZ, Profundidad (m): 1.80–3.00

ASTM D 3080	CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS





RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	18.50	ANGULO DE FRICCION (°)	25.1
COHESION (kg/cm²)	0.18		

COMENTARIOS:

- El ensayo se realizó en una máquina Digital, marca FORNEY con una capacidad de 1500 LB, certificado de calibración N° LFP-026-2025

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e Identificada por Personal de Laboratorio.
- Ensayo efectuado con Muestra Remoldeada.
- La Humedad de trabajo con la cual se moldearon los especimenes, corresponde a la humedad con la cual se recepciono la muestra.
- La Densidad de trabajo con la cual se moldearon los especimenes, corresponde a la misma cual se pudo obtener durante el desarrollo del ensayo.
- Ensayo Efectuado con molde partido de Tomo N°4.

Revisión: A. Vizcaíno C.
Aprobado: I. Iván C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

ING. ALEJANDRO VIZCAINO CASTILLO
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

ING. IVAN ARMANDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Quispe
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 54+000
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.15-0.50

ASTM D 422 MTC E 107	**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			100.0
1"	25.400	0.4	0.4	99.6
3/4"	19.050	0.7	1.1	98.9
1/2"	12.700	2.2	3.3	96.7
3/8"	9.525	2.7	6.0	94.0
1/4"	6.350	8.1	14.2	85.8
N° 4	4.750	5.7	19.9	80.1
N° 10	2.000	15.6	35.5	64.5
N° 20	0.850	15.5	51.0	49.0
N° 30	0.600	5.7	56.6	43.4
N° 40	0.425	3.6	60.2	39.8
N° 60	0.250	4.7	64.9	35.1
N°100	0.150	2.7	67.6	32.4
N°140	0.106	1.8	69.4	31.4
N° 200	0.075	0.4	69.8	31.0
<N°200	ASTM D 1140	31.0	100.8	

CARACTERISTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4)	19.9 %
Arena	49.1 %
Fino (Pas. N°200)	31.0 %

ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L)	35 %
Límite Plástico (L.P)	17 %
Índice Plástico (I.P)	8 %

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)
A-2-4 (0)
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)
SC
Arena arcillosa con grava
Cont. de humedad: 15.7 %

Observaciones:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Emisión: A. Huaman C.
Aprobado: L. Cam C.
Fecha de Emisión: Octubre, 2025

LABORATORIO GEOTECNICO

ING. JUAN EDUARDO LEON CHANCA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y CENTRO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Cahuallanqui Quiroga

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 84+050

IDENTIFICACIÓN: Calicata 01

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.10-3.00

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Cápsula N°		158	47
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	462.8	633.2
Peso cápsula + suelo seco	(g)	410.0	556.8
Peso del Agua	(g)	52.8	76.4
Peso de la cápsula	(g)	72.5	69.7
Peso del suelo seco	(g)	337.5	487.1
Contenido de Humedad	(%)	15.7	15.7
Contenido de Humedad (RESULTADO)	(%)	15.8	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio
- Ensayo efectuado al estado natural

Ejecutado: A. Valderrama C.

Aprobado: J. León C.

Fecha de emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN GERARDO LEON CHAMBI
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECANICA Y SUELOS DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. JUAN GERARDO LEON CHAMBI
JEFE DE LABORATORIO
MECANICA Y SUELOS DE MATERIALES

El laboratorio no se hace responsable del uso de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-331-0525
SOLICITANTE: Iván David Castrillón Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 84+340
IDENTIFICACIÓN: Muestra 01
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.10-0.80

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

DESCRIPCIÓN / ENSAYO N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Capsula N°		38	132	8	243	159	391
Peso capsula + suelo humedo	(g)	35.46	37.82	31.35	34.25	28.44	27.38
Peso capsula + suelo seco	(g)	31.54	33.94	28.2	30.48	26.12	25.82
Peso del Agua	(g)	3.84	3.88	3.15	3.77	1.52	1.52
Peso de la cápsula	(g)	17.26	18.37	15.51	18.05	17.7	18.87
Peso del suelo seco	(g)	14.38	15.57	12.69	15.43	7.42	8.95
Contenido de humedad	(%)	26.7	25.6	24.8	24.4	17.8	17.0
Numero de golpes		16	23	29	34		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	25.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	17.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	8.0

COMENTARIOS:
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

OBSERVACIÓN:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: [illegible]
Aprobó: [illegible]
Fecha de Emisión: [illegible]

GEO CENTER LAB
ING. JUAN GERARDO LEON CHAVEZ
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y VIAS DE TRANSPORTE

LABORATORIO GEOTECNICO

El presente informe solo compromete [illegible] de la información contenida en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2023 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: 4-351-2025
SOLICITANTE: Ivan David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 84+980
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.10-0.30

ASTM D 854 MTC E 109	**MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA**

METODO DEL PICNOMETRO

DESCRIPCION		UND	N° DE ENSAYO		PROMEDIO
			1	2	
Peso Material Seco (al horno)	Ws	gr	100.0	100.0	-.-
Peso Frsco + Agua	Wa	gr	533.6	528.6	-.-
Peso del Material Saturado + Agua + Peso Frsco	Wb	gr	595.1	591.2	-.-
Temperatura del agua		C°	20.0	20.0	-.-
Factor para corrección de densidad del H2O a 20°C	K	K	1.0000	1.0000	-.-
Gravedad Especifica	Gs	(gr/cm³)	2.667	2.681	**2.675**

COMENTARIOS

- [illegible]

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Valverde O.
Verificó: J. Lazo C.
Fecha de Ensayo: Octubre 2025

[illegible]

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-251-2025
SOLICITANTE: Felix David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA CHANCA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, DEPARTAMENTO DE APURÍMAC, TRAMO: CHANCA – SAN FRANCISCO, KM 0+000 AL KM 34+000

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 34+000
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.10-3.00

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 83 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	**SALES SOLUBLES TOTALES (%)**
Sector 01	0.0483

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados Celsius (°C)
- HUM = Contenido de humedad (%)
- Corrección entre ppm y (%): 10,000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra cortada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado a la fuente indicada.

Ejecutado: A. Villacorta S.
Revisado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre, 2025





GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-551-2025

SOLICITANTE: Iván David Cuellar Urrego

PROYECTO: ANÁLISIS DE CABALGAMIENTO DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA ESTABILIDAD DE LA VÍA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LAMAS, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 84+000

IDENTIFICACIÓN: Talud 01

DESCRIPCIÓN: C-02, Vivanky M-01, Profundidad (m): 0.10-3.00

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 20 °C

T° DE MUESTRA: 22 °C

HUM. RELATIVA: 87 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	CLORUROS EXPRESADOS COMO ION Cl - (ppm)
Talud 01	195

COMENTARIOS

T°= Temperatura en grados celsius (°C)

HUM = Contenido de Humedad (%)

Conversión: ppm = (% x 10 000 * (%) = ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra remitida e identificada por personal técnico de laboratorio
- Ensayo efectuado al suelo natural

Elaboró: A. Vásconez D.

Aprobó: J. Lam C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN BERARDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y CONCRETO

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2023 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Camuallanqui Obregón
PROYECTO: ANALISIS DE ESTADO DE DETALLADO Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTECNICAS PARA LA CARRETERA LA SILLA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO DONDE SE PRESENTA EL DAÑO AL PAVIMENTO

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km [illegible]
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-02 Progresiva M-01, Profundidad (m): 0.10-1.50

NTP 339.169	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO4 (ppm)
Sector 01	191

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (°C)
- HUM = Contenido de humedad (%)
- Conversión: ppm y (%): 10,000 / 1% = 1ppm

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- El ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Vilcanqui D.
Revisado: J. Luna C.
Fecha de Ensayo: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. IVAN DAVID LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Version: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° A-351-2025
SOLICITANTE Iván David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA Octubre 2025
UBICACIÓN Km 84+650
IDENTIFICACIÓN Sector 01
DESCRIPCIÓN C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.10-3.00

NTP 339.176	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH), EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE 20 °C
T° DE MUESTRA 22 °C
HUM. RELATIVA 87 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACION	**POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**
Sector 01	7.6

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (°C)
- HUM = Contenido de Humedad (%)
- Conductividad eléctrica (µS/m) y (%): 10,000 * (%) = (µS/m)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado en suelo natural.

Ejecutado: A. Vasquez O.
Aprobado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

GEO CENTER LAB
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Camcallenga Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 84+000
IDENTIFICACIÓN: [illegible]
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.10-3.00

ASTM D 3080 NTP 339.171	**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

DESCRIPCIÓN DEL SUELO						
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	SC	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%)	25
Clasificación Clase Vial	(ASTM D 3282)	A-2-4 (0)	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%)	8
Tamaño Máximo	(NTP 400.012)	1 1/2"	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140)	(%)	31.0
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.129)	--	Cementación (Suelo Grueso)	(NTP 339.180)		--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		49.03 kPa	98.1 kPa	196.1 kPa
Diámetro	(cm)	6.356	6.356	6.356
Área	(cm^2)	31.75	31.75	31.75
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50
Altura Final	(cm)	2.44	2.42	2.40
Volumen Inicial	(cm^3)	79.38	79.38	79.38
Volumen Final	(cm^3)	77.49	76.71	76.33
Relación Diámetro / Altura	(D/H)	2.543	2.543	2.543
Condición de la Estructura del suelo			REMOLDEADA	
Peso Humedo Inicial	(g)	141.7	141.7	141.7
Peso Humedo Final	(g)	159.6	161.3	159.1
Peso Seco	(g)	122.5	122.5	122.5
Humedad Inicial	(%)	15.7	15.7	15.7
Humedad Final	(%)	13.6	31.5	30.0
Densidad Humeda Inicial	(g/cm^3)	1.785	1.785	1.785
Densidad Humeda Final	(g/cm^3)	2.114	2.102	2.085
Densidad Seca Inicial	(g/cm^3)	1.543	1.543	1.543
Densidad Seca Final	(g/cm^3)	1.862	1.598	1.604

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO

El laboratorio asume toda responsabilidad derivada de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° A-331-2025

SOLICITANTE Julio Cesar Carhuallanqui Obregón

PROYECTO "EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA DUNAS – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, CON LAS PROGRESIVAS KM 000+000 AL KM 000+000"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA Octubre 2025

UBICACIÓN Km 84+380

IDENTIFICACIÓN Sector 01

DESCRIPCIÓN C-02, Muestra (M01, Profundidad (m): 0.15-0.65

ASTM D 3080 NTP 339.171	**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

ESFUERZO NORMAL		49.03 kPa		98.1 kPa		196.1 kPa	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2.50	2.44	2.50	2.40	2.50	2.40
Volumen	(cm^3)	76.36	77.40	76.36	76.71	76.36	76.33
Humedad	(%)	15.7	32.6	15.7	31.5	15.7	30.9
Densidad Seca	(g/cm^3)	1.348	1.592	1.349	1.596	1.348	1.596
Esfuerzo Corte	(kPa)	28.7		47.3		85.2	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL: 49.03 kPa			ESFUERZO NORMAL: 98.1 kPa			ESFUERZO NORMAL: 196.1 kPa		
	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.457	0.0	0.0	0.686	0.0	0.0	0.884	0.0	0.0
0.50	0.468	2.2	7.3	0.690	4.3	13.5	0.885	8.2	28.1
1.00	0.473	4.7	14.7	0.701	9.3	29.7	0.890	14.9	46.9
1.50	0.481	8.2	25.4	0.719	15.8	48.0	0.899	23.2	54.2
2.00	0.517	7.2	22.5	0.748	12.2	38.4	0.914	23.8	75.2
2.50	0.562	7.9	25.3	0.758	13.2	41.6	0.919	26.2	82.4
3.00	0.585	8.5	27.1	0.775	13.9	43.8	0.928	28.6	90.8
3.50	0.603	8.8	27.9	0.794	14.5	45.6	0.937	27.8	87.4
4.00	0.607	9.0	28.4	0.809	14.7	46.2	0.943	28.6	90.7
4.50	0.610	9.2	28.9	0.812	14.9	46.7	0.946	29.1	91.8
5.00	0.613	9.3	29.3	0.817	14.9	46.7	0.949	29.3	92.2
5.50	0.615	9.4	29.7	0.821	14.9	46.8	0.951	29.3	92.0
6.00	0.616	9.4	29.6	0.820	15.0	47.1	0.952	29.5	93.1
6.50	0.616	9.3	29.3	0.830	15.0	47.3	0.955	29.7	93.3
7.00	0.617	9.4	29.5	0.834	14.8	46.7	0.957	29.8	93.5
7.50	0.617	9.3	29.2	0.838	14.7	46.2	0.959	29.5	93.7
8.00	0.621	9.2	29.0	0.838	14.5	45.7	0.959	29.4	93.6
8.50	0.621	9.0	28.5	0.841	14.5	45.7	0.960	29.5	93.6
9.00	0.623	9.0	28.5	0.841	14.5	45.8	0.960	29.3	93.1
9.50	0.622	8.8	28.0	0.841	14.4	45.3	0.960	29.2	93.0
10.00	0.622	8.8	28.0	0.843	14.3	45.1	0.960	27.6	87.6
10.50	0.620	8.1	25.5	0.843	14.4	45.3	0.963	27.7	87.9
11.00	0.620	7.8	24.4	0.843	14.2	44.8	0.965	27.5	87.2
11.50	0.627	7.8	24.7	0.846	14.3	44.9	0.965	27.6	87.1
12.00	0.627	7.8	24.4	0.849	14.2	44.7	0.964	27.5	86.8

ING. JUAN CARLOS LEON CHANCA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
REGISTRO N° 000000 DE METRADOS

GEO CENTER LAB	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° A-351-2025

SOLICITANTE Iván David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA CARRETERA OCAMPO - SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LAMAS, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 91+000

REFERENCIA DE LA MUESTRA

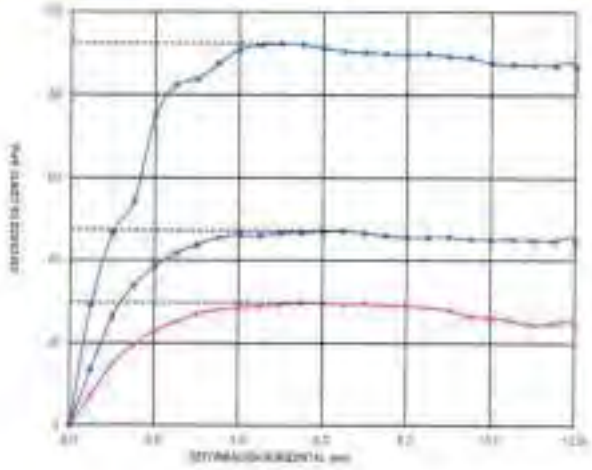
FECHA Octubre 2025

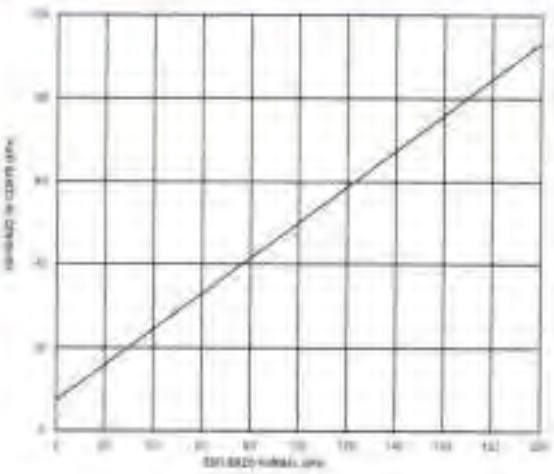
UBICACIÓN Km 84+080

IDENTIFICACIÓN Sector 01

DESCRIPCIÓN C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.10-3.00

ASTM D 3080 NTP 339.171	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS





RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	8.29	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	33.0
COHESIÓN (kg/cm²)	0.08		

COMENTARIOS:

-El ensayo se realizó en una Máquina Digital, marca FORNEY con una capacidad de 1000 Lb, certificado de calibración N° LFP-020-2022

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e identificada por Personal del Laboratorio
- Ensayo efectuado con Muestra Remoldeada
- La Humedad de trabajo con la cual se moldearon las especímenes, corresponde a la humedad con la que se recepcionó la muestra
- La Densidad de trabajo con la cual se moldearon los especímenes, corresponde a la mayor densidad que se pudo obtener durante el desarrollo del ensayo
- Ensayo efectuado con humedad saturada del Talud N°1

Ejecutado: K. Villanueva C.

Revisado: J. Lazo C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA | OBRAS VIALES

GEO CENTER LAB
ING. [illegible] LEÓN CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y OBRAS DE ARTE

El laboratorio asume toda responsabilidad de uso de la información contenida en este documento

Anexo 10.2 Calicatas del Sector del Km 85+940 al 86+160

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-951-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 86+000
IDENTIFICACIÓN: Sector 02
DESCRIPCIÓN: C-01; Muestra Nº01; Profundidad (m): 0.00-3.00

ASTM D 422 MTC E 107	**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.200			
2 1/2"	63.500			100.0
2"	50.800	4.9	4.9	95.1
1 1/2"	38.100	7.8	12.7	87.3
1"	25.400	9.4	22.1	77.9
3/4"	19.050	6.4	28.5	71.5
1/2"	12.700	6.7	35.2	64.8
3/8"	9.525	6.3	42.3	58.7
1/4"	6.350	9.1	52.4	47.6
N° 4	4.750	6.3	58.7	41.3
N° 10	2.000	11.3	70.0	30.0
N° 20	0.850	11.2	81.2	18.8
N° 30	0.600	3.5	84.7	15.3
N° 40	0.425	2.2	86.9	13.1
N° 60	0.250	2.6	89.5	10.5
N°100	0.150	1.5	91.0	9.0
N°140	0.106	0.5	91.5	8.5
N° 200	0.075	0.2	91.8	8.2
<N°200	ASTM D 1140	8.2	100.0	

CARACTERISTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4)	58.7 %
Arena	33.1 %
Fino (Pas. N°200)	8.2 %

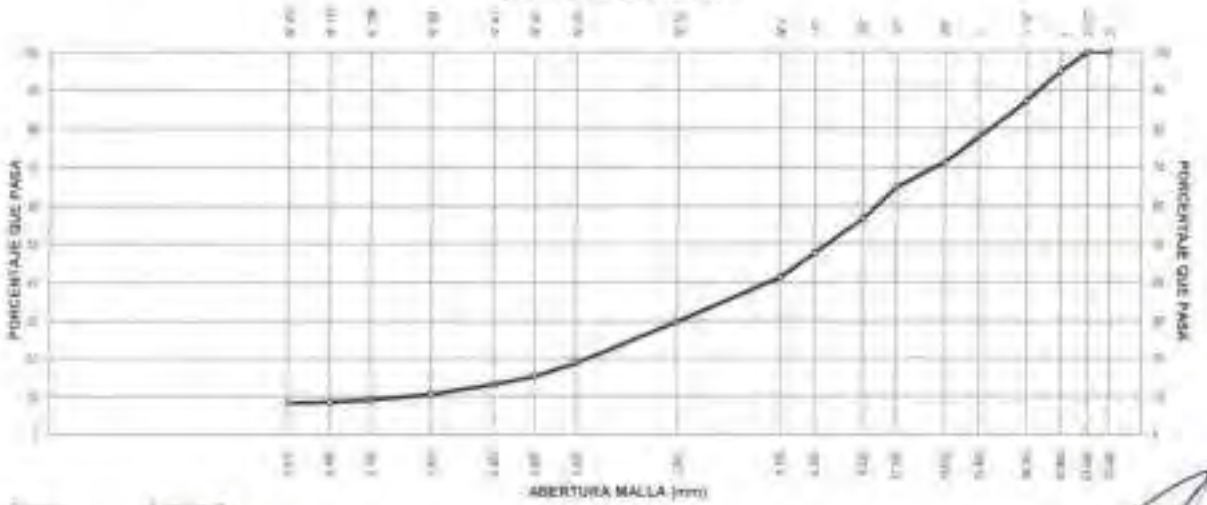
ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L)	23 %
Límite Plástico (L.P)	18 %
Índice Plástico (I.P)	5 %

ASTM D 3282. "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)
A-1-a (0)
ASTM D 2487. "Clasificación con propósito de Ingeniería" (SUCS)
GW-GC
Grava bien graduada con arcilla y arena
Cont. de humedad: 4.7 %

Observaciones:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo inicial.

CURVA GRANULOMETRICA



Operador: [illegible]
Aprobado: [illegible]
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
[illegible]
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECÁNICA Y ENSAYE DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
[illegible]
JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuazanyu Canaan

PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA [illegible] – [illegible] PROGRESIVA DE LA RED VECINAL [illegible] DISTRITO DE [illegible] – [illegible]"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km [illegible]

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-01 Muestra (M3): Poliestireno (PS) 2.00-3.00

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Capsula N°		106	205
Peso capsula + suelo húmedo	(g)	1585.7	1256.0
Peso capsula + suelo seco	(g)	1516.2	1228.4
Peso del Agua	(g)	69.5	50.6
Peso de la capsula	(g)	57.9	139.7
Peso del suelo seco	(g)	1448.9	1088.7
Contenido de Humedad	(%)	4.8	4.6
Contenido de Humedad (RESULTADO)	(%)	4.8	

OBSERVACIONES:

- Muestra extraída e identificada por personal técnico del laboratorio.
- Ensayos efectuados al suelo natural.

Elaboró: A. Villanueva D.
Revisado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN EDUARDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MATERIALES

El presente informe solo [illegible] de la información suministrada en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Cahuallampo Condori

PROYECTO: "ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA CUSCO – LIMA TRAMO EL VALLE – PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ESTUDIO DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, 2025-2026"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 84+030

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.00-3.00

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

DESCRIPCIÓN / ENSAYO N°		LIMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		50	228	107	147	21	245
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	29.7	29.26	33.14	31.5	30.45	28.17
Peso cápsula + suelo seco	(g)	25.77	25.48	30.03	28.43	28.41	26.51
Peso del Agua	(g)	3.93	3.78	3.11	3.07	2.04	1.66
Peso de la cápsula	(g)	14.64	14.63	16.51	15.18	19.88	17.27
Peso del suelo seco	(g)	12.13	11.85	13.52	13.33	11.52	9.24
Contenido de humedad	(%)	24.2	22.5	23.1	22.6	17.7	18.0
Número de golpes		15	24	26	33		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	23.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	18.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	5.0

COMENTARIOS:
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "METODO DE MULTIPUNTO"

OBSERVACION:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de
- Ensayo efectuado de acuerdo

Ejecutado: A. Villanueva D.
Revisado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN GERARDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y OBRAS DE ARTE

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
SUELOS Y OBRAS DE ARTE

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Camusalingui Obregon
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: [illegible]
UBICACIÓN: [illegible]
IDENTIFICACIÓN: [illegible]
DESCRIPCIÓN: [illegible]

ASTM D 854 MTC E 109	**MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA**

METODO DEL PICNOMETRO

DESCRIPCION		UND	N° DE ENSAYO		PROMEDIO
			1	2	
Peso Material Seco (al horno)	Ws	gr	100.0	100.0	—
Peso Frisk + Agua	Wa	gr	706.4	685.9	—
Peso del Material Saturado + Agua + Peso Frisk	Wb	gr	706.1	728.5	—
Temperatura del agua		°C	19.0	19.0	—
Factor para corrección la densidad del H2O a 20°C	K	S	1.0002	1.0002	—
Gravedad Específica	Gs	(gr/cm³)	2.681	2.674	**2.678**

COMENTARIOS

- [illegible]

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por persona [illegible]
- Ensayo efectuado de [illegible]

Ejecutado: [illegible]
Aprobado: [illegible]
Fecha de Ensaye: [illegible]

[illegible]
JEFE DE LABORATORIO

[illegible]
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Carbajalenga Cárdenas
PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA CUSCO – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DE CUSCO, 2025"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 89+020
IDENTIFICACIÓN: Sector 02
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra (M-01, Profundidad (m): 0.00-3.00

NTP 339.176	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH), EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 20 °C
HUM. RELATIVA: 67 %
T° DE MUESTRA: 22 °C

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

IDENTIFICACIÓN	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)
Sector 02	7.5

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°).
- HUM = Contenido de humedad (%).
- Conversión: entre (ppm) y (%): (0.000 * (%) = (ppm).

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Elaboró: B. V. Reyes D.
Aprobado: J. Lujan C.
Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-051-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 89+130
IDENTIFICACIÓN: Sector 02
DESCRIPCIÓN: C-01 Muestra Alt1, Profundidad (m): 0.00-3.00

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 23 °C
HUM. RELATIVA: 57 %

RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO

IDENTIFICACIÓN	SALES SOLUBLES TOTALES (%)
Sector 02	0.1536

COMENTARIOS

- TT = Temperatura en grados celsius (C°)
- HUM = Contenido de humedad (%)
- Conductividad (dS/m) y (%) = 10.000 * (S, = (ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio
- Ensayo efectuado en suelo natural

Elaborado: A. Villacorta D.
Aprobado: J. Lizo C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN CARLOS LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MEDIO AMBIENTE

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MEDIO AMBIENTE

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre-2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Carvajalino Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 88+320
IDENTIFICACIÓN: Sector 02
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra Nº01, Profundidad (m): 0.00-0.60

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	**CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl - (ppm)**
Sector 02	152

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (°C).
- HUM = Contenido de Humedad (%).
- Conversión ppm: ppm = (%) * 10 000 * (%) = ppm

OBSERVACIONES

- Muestra remitida e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Vásquez D.
Aprobado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
JEFE DE LABORATORIO

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Version: 01 Pagina: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-361-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Gonegón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: [illegible]
IDENTIFICACIÓN: Sector 02
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra N-01, Profundidad (m): 0.00-2.00

NTP 339.169	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO4 (ppm)
Sector 02	918

COMENTARIOS

- [illegible]
- HUM = Contenido de Humedad (%)
- Conversion entre ppm( ) y (%): 10,000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al cuarto inicial.

Ejecutor: A. Villacorta D.
Revisado: J. Leon C.
Fecha de Emision: Octubre, 2025

ING. JUAN GERARDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MATERIALES

LABORATORIO GEOTECNICO

El contenido adjunto tiene responsabilidad del uso de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 3

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-251-2025

SOLICITANTE: Adr. David Carhuallanqui Gonzales

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: [illegible]

UBICACIÓN: Km 89+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-01, [illegible]

ASTM D 3080	**CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

DESCRIPCIÓN DEL SUELO

Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	—	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%)	—	—
Clasificación Gpos Viales	(ASTM D 3282)	—	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%)	—	—
Tamaño Máximo (mm)	(NTP 400.012)	—	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140)	(%)	—	—
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.129)	—	Denominación (Suelo Grueso)	(NTP 339.150)		—	—

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

DESCRIPCIÓN		49.0 kPa	98.1 kPa	196.1 kPa
Diámetro	(cm)	8.358	8.358	8.358
Área	(cm^2)	51.75	51.75	51.75
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50
Altura Final	(cm)	2.44	2.42	2.41
Volumen Inicial	(cm^3)	79.38	79.38	79.38
Volumen Final	(cm^3)	77.70	76.72	76.53
Relación Diámetro / Altura	(Dim.)	3.343	3.343	3.343
Condición de la Estructura del Suelo			REMOLDEADA	
Peso Húmedo Inicial	(g)	134.1	134.1	134.1
Peso Húmedo Final	(g)	168.9	163.1	156.7
Peso Seco	(g)	128.1	128.1	128.1
Humedad Inicial	(%)	4.7	4.7	4.7
Humedad Final	(%)	32.9	27.0	22.3
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm^3)	1.690	1.690	1.690
Densidad Húmeda Final	(g/cm^3)	2.192	2.128	2.074
Densidad Seca Inicial	(g/cm^3)	1.614	1.614	1.614
Densidad Seca Final	(g/cm^3)	1.653	1.675	1.674

Revisión: A. Villasante G.

Aprobación: J. Leon G.

Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB — ING. JUAN EDUARDO LEON CHARRA — ESPECIALISTA DE LABORATORIO — GEOTECNIA Y MEDIO AMBIENTALES

GEO CENTER LAB — ING. [illegible] — JEFE DE LABORATORIO — GEOTECNIA Y MEDIO AMBIENTALES

LABORATORIO GEOTECNICO

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información consignada en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 2 de 3

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-051-2025

SOLICITANTE: Iván David Cartagena Obregón

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 89+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.30-3.00

ASTM D 3080

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

ESFUERZO NORMAL		98.1 kPa		98.1 kPa		196.1 kPa	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2.51	2.44	2.51	2.42	2.51	2.41
Volumen	(cm^3)	79.38	77.51	79.38	76.83	79.38	76.62
Humedad	(%)	4.7	30.6	4.7	27.3	4.7	33.6
Densidad Seca	(g/cm^3)	1.574	1.653	1.574	1.676	1.574	1.578
Esfuerzo Corte	(kPa)	80.5		82.6		114.7	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49.1 kPa				ESFUERZO NORMAL 98.1 kPa				ESFUERZO NORMAL 196.1 kPa			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.442	0.0	0.0	0.0	0.594	0.0	0.0	0.0	0.678	0.0	0.0	0.0
0.50	0.472	4.7	2.1	8.6	0.621	14.8	6.6	20.0	2.719	32.9	14.9	48.9
1.00	0.478	9.1	4.1	13.1	0.641	30.5	13.8	43.5	0.727	56.2	25.5	80.2
1.50	0.483	16.5	7.5	23.8	0.663	37.4	17.0	53.4	0.747	61.4	27.8	87.7
2.00	0.512	19.2	8.7	27.4	0.684	39.4	17.9	56.2	0.778	67.2	30.5	96.0
2.50	0.527	20.9	9.5	29.9	0.704	42.8	19.5	58.4	0.788	74.9	34.0	107.3
3.00	0.539	21.6	9.8	30.8	0.729	41.3	18.8	59.9	0.811	77.2	35.0	110.3
3.50	0.553	21.4	9.7	30.6	0.745	42.5	19.3	60.9	0.837	78.6	35.7	112.5
4.00	0.561	21.2	9.6	30.3	0.756	42.0	19.1	63.1	0.849	80.0	36.4	114.7
4.50	0.571	21.1	9.6	30.2	0.774	41.9	19.0	59.8	0.864	79.8	36.2	114.0
5.00	0.578	20.9	9.5	29.9	0.788	41.1	18.7	59.8	0.875	79.0	35.7	112.7
5.50	0.591	20.6	9.3	29.4	0.802	39.4	17.9	56.2	0.882	76.3	34.6	109.3
6.00	0.599	19.9	9.0	28.4	0.812	39.8	18.0	56.9	0.893	76.4	34.6	109.6
6.50	0.599	19.4	8.8	28.4	0.815	39.6	18.0	56.6	0.899	77.7	35.2	111.5
7.00	0.590	19.4	8.8	27.7	0.825	39.1	17.7	55.5	0.902	76.1	34.5	109.0
7.50	0.590	18.6	8.4	26.6	0.828	38.7	17.6	55.3	0.903	75.1	34.1	107.5
8.00	0.591	17.0	7.7	24.0	0.831	37.8	17.1	53.7	0.904	75.0	34.4	106.3
8.50	0.591	16.8	7.6	23.9	0.832	37.3	16.9	53.0	0.905	74.0	34.0	107.0
9.00	0.592	16.8	7.6	24.0	0.833	37.0	16.8	52.8	0.905	73.0	33.1	105.0
9.50	0.592	16.6	7.5	23.8	0.833	37.5	17.0	53.5	0.905	74.0	33.6	106.0
10.00	0.592	16.5	7.5	23.7	0.833	37.2	16.9	53.2	0.905	73.2	33.2	104.8

Elaboró: A. Valenzuela C.

Aprobado: J. Ledo G.

Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB — ING. [illegible] — ESPECIALISTA EN LABORATORIO GEOTECNIA Y MECÁNICA DE MATERIALES

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 3 de 3

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-361-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Olivegón

PROYECTO: ANÁLISIS DE FALLA EN TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA CHINCHA – SAN FRANCISCO, MEDIANTE EL USO DE SOFTWARE GEOTÉCNICO, EVALUANDO DIFERENTES ESCENARIOS CRÍTICOS

REFERENCIA DE LA MUESTRA

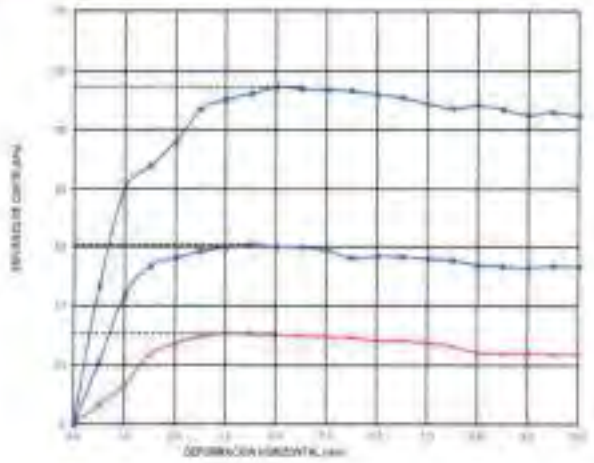
FECHA: Octubre 2025

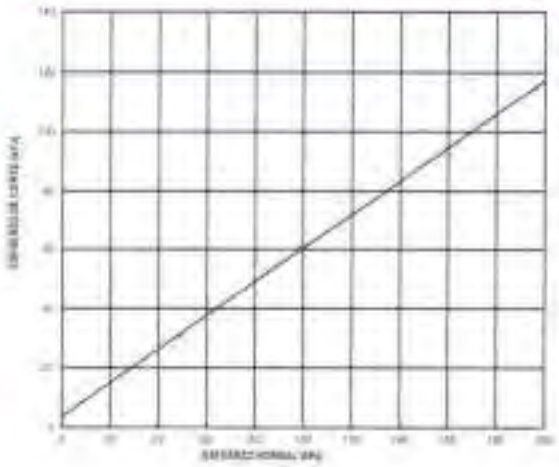
UBICACIÓN: Km 98+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.00-3.00

ASTM D 3080	CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS





RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	3.91	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	29.8
COHESIÓN (kg/cm²)	0.04		

OBSERVACIONES:

COMENTARIOS:

- El ensayo se realizó en una máquina Digital marca FORNEY con una capacidad de 1500 Lb, certificado de calibración N° LFP-025-2025

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e identificada por Personal de Laboratorio.
- Ensayo efectuado con Muestra Remoldeada.
- La Humedad de trabajo con la cual se moldearon las especímenes, corresponde a la humedad con la que se transportó la muestra.
- La Densidad de trabajo con la cual se moldearon los especímenes, corresponde a la muestra cuya se pudo obtener durante el desarrollo del ensayo.
- Ensayo Efectuado con material pasante del Tamiz N°4

Ejecución: E. Villarroel Q.

Verificación: J. Llerena C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

ING. JUAN GERARDO LEON CHAVEZ
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
SUELOS Y CONCRETO

LABORATORIO GEOTECNICO

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB

INFORME DE ENSAYO

Fecha: Octubre 2025
Versión: 01
Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-331-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Olivera
PROYECTO: "EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA SUCRE – LAS PALMAS DEL DISTRITO DE ... AMBIENTAL DE ..."

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 08+090
IDENTIFICACIÓN: Grava (3)
DESCRIPCIÓN: C-02| Muestra M-01| Profundidad (m): 2.00-3.00

ASTM D 422
MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			100.0
1 1/2"	38.100	2.9	2.9	97.1
1"	25.400	5.8	8.7	91.3
3/4"	19.050	3.2	11.9	88.1
1/2"	12.700	7.8	19.7	80.3
3/8"	9.525	6.2	26.0	74.0
1/4"	6.350	10.3	36.3	63.7
N° 4	4.750	6.8	43.1	56.9
N° 10	2.000	15.3	58.4	41.6
N° 20	0.850	12.5	70.9	29.1
N° 30	0.600	3.8	74.8	25.2
N° 40	0.425	2.8	77.4	22.6
N° 60	0.250	3.5	80.8	19.2
N° 100	0.150	3.1	82.9	17.1
N° 140	0.106	0.9	83.8	16.2
N° 200	0.075	0.4	84.2	15.8
<N°200	ASTM D 1140	15.8	100.0	

CARACTERÍSTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4): 43.1 %
Arena: 41.1 %
Fino (Pas. N°200): 15.8 %

ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L): 24 %
Límite Plástico (L.P): 17 %
Índice Plástico (I.P): 7 %

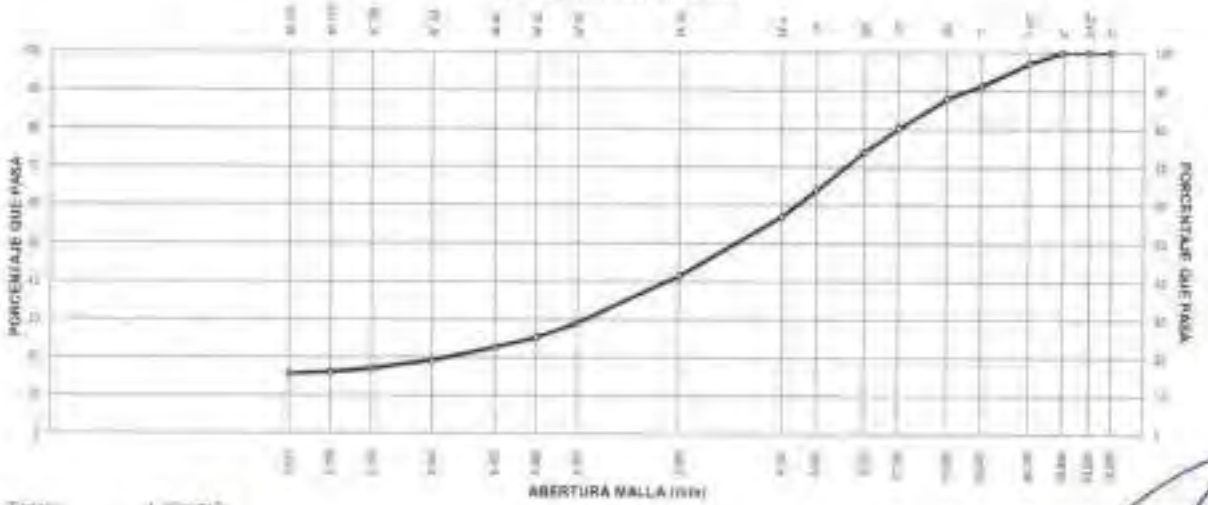
ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)
A-2-4 (0)

ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)
GM-GC
Grava limosa arcillosa con arena

Cont. de Humedad: 7.6 %

Observaciones:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al cuarto natural.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaboró: A. Vásquez D.
Aprobado: J. León C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTÉCNICO

El contenido de este informe no puede ser reproducido sin la autorización escrita de GEO CENTER LAB

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

ESPECIFICACIÓN N°: A-381-2025

SOLICITANTE: Vial Devir Contratistas Generales

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE TALUDES Y PROTECCIÓN DE OBRAS DE ARTE MEDIANTE GAVIONES EN LA CARRETERA DUNIA – SAN FRANCISCO, ANCHIRAYA DE LA ZONA - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 98+080

IDENTIFICACIÓN: Sector (3)

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.00-3.00

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Cápsula N°		500	122
Peso cápsula + suelo humedo	(g)	766.1	623.6
Peso cápsula + suelo seco	(g)	760.4	587.8
Peso del Agua	(g)	23.7	35.8
Peso de la cápsula	(g)	430.4	140.0
Peso del suelo seco	(g)	330.0	447.8
Contenido de Humedad	(%)	7.2	8.0
Contenido de Humedad (RESULTADO)	(%)	7.9	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico del laboratorio.
- Ensayo efectuado a suelo natural.

Ejecutó: R. Valenzuela C.
Apoderado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN EDUARDO LEON CHAFLA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECANICA DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. OSCARMIRO DIAZ ALBAN
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECANICA DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-001-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 00+000

IDENTIFICACIÓN: Calicata 02

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, (Profundidad (m): 0.00-3.00)

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

DESCRIPCIÓN / ENSAYO N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Capsula N°		212	230	81	216	27	20
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	35.18	36.72	37.78	29.89	25.94	27.36
Peso cápsula + suelo seco	(g)	31.84	31.87	34.02	26.76	24.2	25.9
Peso del Agua	(g)	3.34	3.85	3.75	2.53	1.74	1.46
Peso de la cápsula	(g)	18.55	16.09	16.28	15.34	16.48	13.01
Peso del suelo seco	(g)	13.29	15.78	17.77	11.42	7.72	12.89
Contenido de humedad	(%)	25.1	24.4	23.8	23.0	17.4	16.7
Número de golpes		17	22	27	35		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	24.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	17.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	7.0

COMENTARIOS:
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "METODO DE MULTIPUNTO"

OBSERVACIÓN:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: [illegible]
Aprobado: J. Vidal C.
Fecha de Ensayo: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

GEO CENTER LAB
JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO

[illegible]

GEO CENTER LAB	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Diciembre 2020 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Consultoría y Obregón

PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES ANTE FENÓMENOS DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE CHACHAPOYAS – AMAZONAS, 2025"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Diciembre 2025

UBICACIÓN: Km 86+092

IDENTIFICACIÓN: Muestra Q

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.00-3.00

ASTM D 854 MTC E 109	MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA

MÉTODO DEL PICNOMETRO

DESCRIPCIÓN		UND	N° DE ENSAYO		PROMEDIO
			1	2	
Peso Material Seco (al horno)	Ws	g	100.2	100.3	---
Peso Frasi + Agua	Wa	g	625.8	645.8	---
Peso del Material Saturado + Agua + Peso Frasi	Wb	g	686.2	749.0	---
Temperatura del agua		C°	19.0	19.0	---
Factor para corrección la densidad del H2O a 20°C	K	K	1.0000	1.0002	---
Gravedad Específica	Gs	(g/cm³)	2.651	2.654	**2.653**

COMENTARIOS:

- Corrected Specific Gravity (At 20°C) = Gs x K

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Calculado: X. Alejandro G.
Verificado: J. León C.
Fecha de Emisión: Diciembre 2025

GEO CENTER LAB
ING. [illegible] LEÓN CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECÁNICA Y PAVIMENTOS

GEO CENTER LAB
[illegible]
JEFE DE LABORATORIO
MECÁNICA Y PAVIMENTOS

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información presentada en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-0025
SOLICITANTE: Iván David Consultores (Consejo)
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: [illegible]
UBICACIÓN: Km 86+000
IDENTIFICACIÓN: Sector 02
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra MAT1, PROFUNDIDAD (m): 0.00-0.50

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO

IDENTIFICACIÓN	SALES SOLUBLES TOTALES (%)
Sector 02	0.1618

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (°C)
- HUM = Contenido de humedad (%)
- Conductividad eléctrica (dS/m) a 1°C: 10.000 * (%) = (dS/m)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo realizado al estado natural.

Ejecutó: J. Villasante D.
Aprobación: J. Leyva C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
Ing. Juan Gerardo León Chamba
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
Ing. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Carbajalino Obregón

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTABILIZACIÓN TALUDES Y MEJORAMIENTO DE SUELOS MEDIANTE LA ADICIÓN QUÍMICA – VÍA PANAMERICO, PROGRESIVA 00+000 DE LA VÍA, DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 80+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.30-3.00

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C

T° DE MUESTRA: 22 °C

HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl⁻ (ppm)
Sector 02	181

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°)
- H.R = Contenido de humedad (%)
- Conversión entre (ppm) y (%): 10.000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra traída e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado a suelo natural.

Ejecutó: E. Higuera O.

Revisó: L. Lozo C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN GERARDO LEON CHARRIA
ESPECIALISTA EN LABORATORIO
GEOTECNIA Y MEDIO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-031-2025

SOLICITANTE: Iván David Camuendaisa Obregón

PROYECTO: "EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES ANTE FENÓMENOS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, ANTE LA OCURRENCIA DE FENÓMENOS DE GEODINÁMICA EXTERNA, LAS PROGRESIVAS KM 88+000 AL KM 89+000"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 88+032

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-02 Material M-01, Profundidad (m): 0.00-0.60

NTP 339.169	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C

T° DE MUESTRA: 22 °C

HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO ION SO4 (ppm)
Sector 02	328

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°)
- HUM = Contenido de humedad (%)
- Conversión entre (ppm) y (%): 10,000 * (%) =(ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al estado natural.

Ejecutó: A. Vásconez D.

Revisión: J. Lozar C.

Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN CARLOS LEON CHAVEZ
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

LABORATORIO GEOTECNICO

El documento cuenta con Responsabilidad de uso de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Quiroga

PROYECTO: "ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TALUDES Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO MEDIANTE GEOMALLA BIAXIAL EN EL KM 88+080 DE LA CARRETERA HUÁNUCO – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2025"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 88+080

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-02 Muestra M-01 Profundidad (m): 0.00-3.00

NTP 339.176	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH), EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C

T° DE MUESTRA: 22 °C

HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	**POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**
Sector 02	7.9

COMENTARIOS

- T° = Temperatura de grados celsius (C°)
- HUM = Contenido de humedad (%)
- Conexión entre (ppm) y (%): 10,000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra brindada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutado: A. Vásquez Q.

Verificado: J. Leon C.

Fecha de Emisión: Octubre, 2025

ING. ROLANDO DIAZ RUIZ Y
JEFE DE LABORATORIO
SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

GEO CENTER LAB
ING. JHON ROBERTO LEON CHAVEZ
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván Calvo Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 96+000
IDENTIFICACIÓN: Bache 02
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.00-3.00

ASTM D 3080 NTP 339.171	**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

DESCRIPCIÓN DEL SUELO						
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	GW-GC	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%)	24
Clasificación Otras Vías	(ASTM D 3282)	A-2-4 (0)	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%)	7
Tamaño Máximo	(NTP 400.012)	2"	Malla más Fina N° 200	(ASTM D 1140)	(%)	19.3
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.129)	—	Cementación (Suelo Grueso)	(NTP 339.152)		—

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		49.03 kPa	98.1 kPa	196.1 kPa
Diámetro	(cm)	6.350	6.350	6.350
Área	(cm^2)	31.73	31.73	31.73
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50
Altura Final	(cm)	2.45	2.44	2.43
Volumen Inicial	(cm^3)	79.39	79.39	79.39
Volumen Final	(cm^3)	77.76	77.53	77.07
Relación Diámetro - Altura	(D/H)	2.540	2.540	2.540
Condición de la Estructura del suelo			REMOLDEADA	
Peso Húmedo Inicial	(g)	142.3	142.3	142.3
Peso Húmedo Final	(g)	256.0	257.7	260.0
Peso Seco	(g)	131.5	131.5	131.5
Humedad Inicial	(%)	7.9	7.9	7.9
Humedad Final	(%)	56.8	46.0	47.0
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm^3)	1.793	1.793	1.793
Densidad Húmeda Final	(g/cm^3)	2.849	2.591	2.618
Densidad Seca Inicial	(g/cm^3)	1.662	1.662	1.662
Densidad Seca Final	(g/cm^3)	1.820	1.770	1.777

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Gonzalo

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: [illegible]

UBICACIÓN: Km 86+080

IDENTIFICACIÓN: Bandeja (2)

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.30-3.00

ASTM D 3080 NTP 339.171	**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

ESFUERZO NORMAL		49.03 kPa		98.1 kPa		196.1 kPa	
Datos		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2.53	2.46	2.50	2.44	2.50	2.43
Volumen	(cm³)	130.58	77.98	18.39	77.53	76.06	77.07
Humedad	(%)	7.9	68.6	7.9	44.6	7.9	47.0
Densidad Seca	(g/cm³)	1.682	1.681	1.680	1.701	1.680	1.711
Esfuerzo Corte	(kPa)	34.4		58.7		112.7	

Distancia Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49.03 kPa			ESFUERZO NORMAL 98.1 kPa			ESFUERZO NORMAL 196.1 kPa		
	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.340	0.0	0.0	0.321	0.0	0.0	0.681	0.0	0.0
0.50	0.370	2.7	8.4	0.352	5.4	17.0	0.690	11.0	35.6
1.00	0.397	5.4	17.0	0.339	10.2	33.0	0.685	18.2	57.4
1.50	0.400	7.1	22.5	0.349	13.6	43.9	0.688	21.1	66.3
2.00	0.407	8.4	26.4	0.358	15.8	49.5	0.688	23.1	91.6
2.50	0.414	8.2	26.0	0.360	16.8	52.8	0.707	32.0	100.8
3.00	0.418	9.0	31.2	0.364	17.5	55.2	0.711	32.5	102.5
3.50	0.424	10.3	50.4	0.368	18.3	57.8	0.717	34.0	106.9
4.00	0.427	10.5	32.9	0.370	18.6	58.5	0.718	35.2	111.0
4.50	0.430	10.8	33.5	0.374	18.5	58.1	0.719	35.7	112.3
5.00	0.432	10.9	33.8	0.376	18.7	58.8	0.719	35.6	112.0
5.50	0.434	10.9	34.1	0.377	18.8	59.2	0.720	35.7	112.5
6.00	0.435	10.9	34.2	0.378	18.8	59.4	0.720	35.4	111.4
6.50	0.436	10.8	33.9	0.378	18.6	58.7	0.720	35.1	110.5
7.00	0.436	10.8	34.1	0.378	18.7	58.8	0.724	35.2	110.8
7.50	0.437	10.7	33.8	0.379	18.5	58.3	0.724	34.8	109.7
8.00	0.437	10.7	33.8	0.379	18.5	58.2	0.724	34.8	109.6
8.50	0.437	10.5	33.0	0.382	18.3	57.7	0.726	34.8	109.7
9.00	0.439	10.3	32.4	0.382	18.4	57.8	0.726	34.6	109.0
9.50	0.439	10.7	33.6	0.382	18.1	57.1	0.729	34.6	108.8
10.00	0.439	9.8	30.7	0.384	18.1	57.0	0.729	34.0	107.3
10.50	0.440	9.4	29.5	0.384	18.1	57.1	0.729	33.8	106.4
11.00	0.442	9.6	30.2	0.387	18.1	56.9	0.732	33.9	106.7
11.50	0.442	9.7	29.5	0.387	18.0	56.7	0.732	33.9	106.5
12.00	0.442	9.6	30.3	0.387	17.9	56.4	0.732	33.9	106.9

ING. IVAN [illegible]
ESPECIALISTA EN LABORATORIO
GEOTECNIA Y MATERIALES

LABORATORIO GEOTECNICO

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-851-2025

SOLICITANTE: Yeiri David Carhuaricra Obregon

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

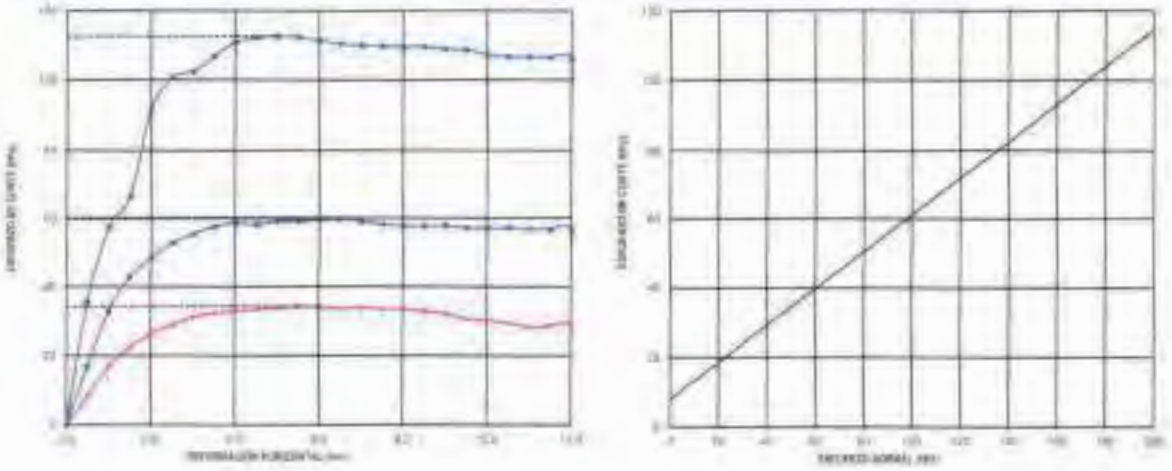
FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km [illegible]

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Arena[illegible]

ASTM D 3080 NTP 339.171	**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	7.90	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	28.0
COHESIÓN (kg/cm²)	0.08		

COMENTARIOS:

-El ensayo se realizó en una máquina Digital, marca FORNEY con una capacidad de 1500 Lb, certificado de calibración N° LFP-020-2022.

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e identificada por Personal de Laboratorio.
- Ensayo efectuado con Muestra Remoldeada.
- La Humedad de trabajo con la cual se moldearon los especímenes, corresponde a la humedad con la que se realizaron la muestra.
- La Densidad de trabajo con la cual se moldearon los especímenes, corresponde a la más conflictiva que se pudo obtener durante el desarrollo del ensaye.
- Ensaye Efectuado con material pasante del Tamiz N° 4.

Ejecutor: A. Vilacorta D.

Verificador: J. Leon C.

Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. JOSE GERARDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECANICA DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECANICA DE MATERIALES

LABORATORIO GEOTECNICO

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Version: 01 Pagina: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-361-2025

SOLICITANTE: Iván Cerro Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 86+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: Muestra de roca, Muestra M-01, Perforación [illegible]

ASTM D 2938	ENSAYO DE COMPRESION UNIAXIAL (UCS)

Descripcion	Fecha de Extraccion Diamantina	Fecha de Ensayo	Carga de Rotura (Kg)	Altura (H) (cm)	Diametro (D) (cm)	Area (cm2)	Relacion H/D	Factor de Correccion	Resistencia a la Compresion (kg/cm2)	Resistencia a la Compresion (Mpa)
Sector 02	24/07/2018	25/07/2018	6,660	12.0	5.2	21.2	1.8	1.0	325.9	31.9

COMENTARIOS:

- El Ensayo se realizó en una Prensa Digital, marca PINZUAR con una capacidad de 150 KN, certificado de calibración N° LFP-054-2022

OBSERVACIONES:

- Extracción de Nucleo (s). Efectuado por Personal de Laboratorio.
- Refrentado de Nucleo (s). Efectuado por personal de Laboratorio, segun Norma ASTM C 617/C 617M
- Talleado de Nucleo (s). Efectuado por personal de Laboratorio, segun Norma ASTM C 42/C 42M

Elaborado: E. Villacorta O.

Aprobado: J. Lazo C.

Fecha de Emision: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA EN LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
JEFE DE LABORATORIO

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

GEO CENTER LAB	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-051-2025

SOLICITANTE: Kevin David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 86+080

IDENTIFICACIÓN: Sector 02

DESCRIPCIÓN: Muestra de roca, Muestra M-01, Profundidad (m): >9.00 (Roca)

ASTM C 97	PROPIEDADES FÍSICAS DE ROCAS

DESCRIPCION	DENSIDAD (gr/cm^3)	ABSORCION (%)	POROSIDAD APARENTE (%)	PESO ESPECIFICO APARENTE (KN/m^3)
Sector 02	2.602	1.5	3.7	25.513

OBSERVACIONES:

Muestras de Roca (s): Tomadas por Personal del Laboratorio

Material triturado en laboratorio

Ejecutor: J. Villacorta C.

Aprobado: I. Leon C.

Fecha de Ensayo: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA EN LABORATORIO GEOTECNIA Y MATERIALES

LABORATORIO GEOTECNICO

El laboratorio asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento

Anexo 10.3 Calicatas del Sector del Km 94+050 al 94+100

GEO CENTER LAB

INFORME DE ENSAYO

Fecha: Octubre 2025
Versión: 01
Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-001-2025
SOLICITANTE: Iván David Carbajalenco Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 94+250
IDENTIFICACIÓN: Sector 03
DESCRIPCIÓN: Calicata M-01, Profundidad (m): 0.15-1.50

ASTM D 422
MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			100.0
1"	25.400	1.3	1.3	98.7
3/4"	19.050	1.9	3.2	96.8
1/2"	12.700	3.2	6.3	93.7
3/8"	9.525	3.3	9.6	90.4
1/4"	6.350	6.5	16.1	83.9
N° 4	4.750	4.6	20.7	79.3
N° 10	2.000	18.2	38.9	61.1
N° 20	0.850	15.4	54.2	45.8
N° 30	0.600	4.6	58.8	41.2
N° 40	0.425	3.3	62.1	37.9
N° 60	0.250	4.2	66.3	33.7
N°100	0.150	2.5	69.3	30.7
N°140	0.106	1.2	70.5	29.5
N° 200	0.075	0.4	70.9	29.1
<N°200	ASTM D 1140	29.1	100.0	

CARACTERÍSTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4)	20.7 %
Arena	50.2 %
Finos (Pas. N°200)	29.1 %

ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

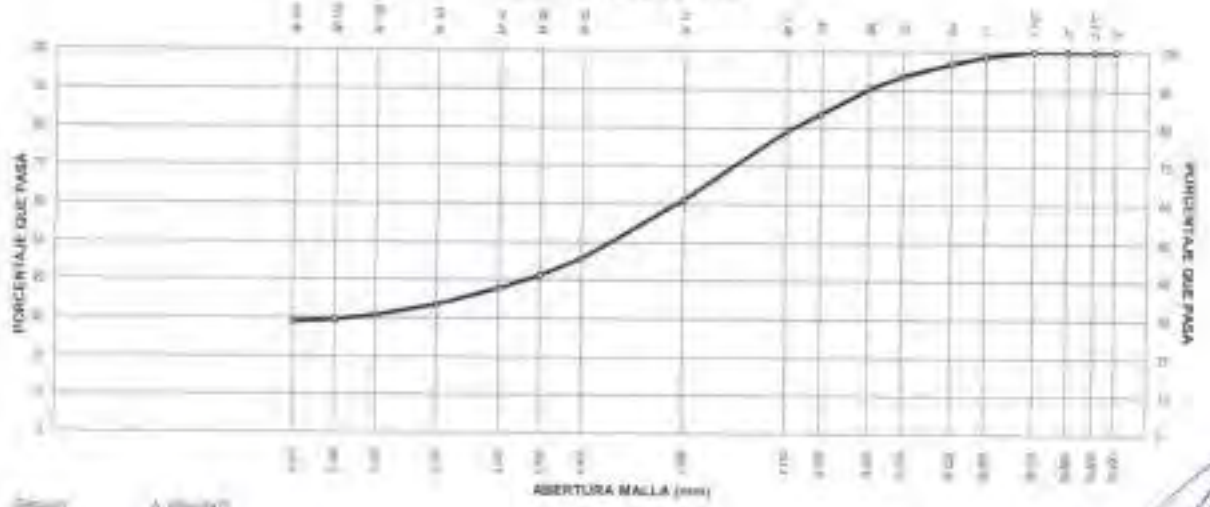
Límite Líquido (L.L)	37 %
Límite Plástico (L.P)	NP
Índice Plástico (I.P)	NP

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)
A-2-4 (0)
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de Ingeniería" (SUCS)
SM
Arena limosa con grava

Cont. de humedad: 21.8 %

Observaciones:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaboró: [illegible]
Revisión: [illegible]
Fecha de emisión: [illegible]

ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO

ING. [illegible]
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° A 361-2025

SOLICITANTE Iván David Carhuallanqui Quispe

PROYECTO [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA Octubre 2025

UBICACIÓN Km 94+550

IDENTIFICACIÓN Sector 05

DESCRIPCIÓN C-01, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.70-1.00

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Cápsula N°		340	386
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	724.3	517.6
Peso cápsula + suelo seco	(g)	588.3	412.8
Peso del Agua	(g)	136.2	104.8
Peso de la cápsula	(g)	87.4	84.3
Peso del suelo seco	(g)	498.9	328.5
Contenido de Humedad	(%)	31.7	31.9
Contenido de Humedad (RESULTADO)	(%)	**31.8**	

OBSERVACIONES:

- Muestra remitida e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado en suelo natural.

Ejecutó: E. Valverde D.

Aprobado: J. León C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JOSE GERARDO LEON CHAVEZ
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECANICA DE MATERIALES

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este protocolo.

	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Gamvalencia Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: KM 84+050
IDENTIFICACIÓN: Bordo 03
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.15/1.00

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN / ENSAYO N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Capsula N°		178	181	84	156	---	---
Peso capsula + suelo humedo	(g)	37.53	36.96	35.90	29.63	---	---
Peso capsula + suelo seco	(g)	31.95	31.30	30.37	25.8	---	---
Peso del Agua	(g)	5.58	5.67	5.53	3.83	---	---
Peso de la capsula	(g)	17.47	15.8	15.24	15.07	---	---
Peso del suelo seco	(g)	14.48	15.49	15.13	10.73	---	---
Contenido de humedad	(%)	38.5	37.9	36.8	35.7	---	---
Numero de golpes		18	21	29	34		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	37.8
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

COMENTARIOS:
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "METODO DE MULTIPUNTO".

OBSERVACION:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico del
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Valderrama O.
Aprobado: J. Leon O.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

ING. JUAN EDUARDO LEON CHARRIA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

LABORATORIO GEOTECNICO

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2023 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-331-2020
SOLICITANTE: Alin Steid Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2023
UBICACIÓN: Km 94+050
IDENTIFICACIÓN: Sector 03
DESCRIPCIÓN: Calicata M-01, Profundidad (m): 0.15-1.00

ASTM D 854 MTC E 109	**MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA**

METODO DEL PICNOMETRO

DESCRIPCION		UND	N° DE ENSAYO		PROMEDIO
			1	2	
Peso Material Seco (al horno)	Ws	gr	100.0	89.5	---
Peso Frasc + Agua	Wa	gr	668.0	668.0	---
Peso del Material Saturado + Agua + Peso Frasc	Wb	gr	620.4	636.5	---
Temperatura del agua		C°	18.6	18.6	---
Factor para corrección la densidad del H2O a 20°C	K	K	1.0003	1.0003	---
Gravedad Específica	Ge	(gr/cm³)	2.647	2.672	**2.660**

COMENTARIOS

- Gravedad Específica Sólidos (NTP 339.131 / ASTM D854)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico del laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutor: A. Vásquez G.
Validación: [illegible]
Fecha de Emisión: Octubre 2023

GEO CENTER LAB
DIC. JUAN [illegible] LEÓN CHÁVEZ
ESPECIALISTA EN LABORATORIO
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

[illegible]
JEFE DE LABORATORIO
REGISTRO N° [illegible]

LABORATORIO GEOTECNICO

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: 4-301-2025
SOLICITANTE: Iván Gilver Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 94+850
IDENTIFICACIÓN: Sector 01
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-02, Profundidad (m): 1.00±0.10

ASTM D 422 MTC E 107	**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			100.0
2"	50.800	7.9	7.9	92.1
1 1/2"	38.100	4.3	12.2	87.8
1"	25.400	6.0	18.2	81.8
3/4"	19.050	7.3	25.5	74.5
1/2"	12.700	11.5	36.9	63.1
3/8"	9.525	7.3	44.2	55.8
1/4"	6.350	9.2	53.3	46.7
N° 4	4.750	5.1	58.4	41.6
N° 10	2.000	12.5	70.9	29.1
N° 20	0.850	8.0	78.8	21.1
N° 30	0.600	2.1	81.0	19.0
N° 40	0.425	1.4	82.4	17.6
N° 60	0.250	1.7	84.1	15.9
N°100	0.150	1.0	85.1	14.9
N°140	0.106	0.6	85.6	14.5
N° 200	0.075	0.2	85.7	14.3
<N°200	ASTM D 1140	14.3	100.0	

CARACTERISTICAS GENERALES

ASTM D 3488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4)	58.4 %
Arena	27.3 %
Finos (Pas. N°200)	14.3 %

ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

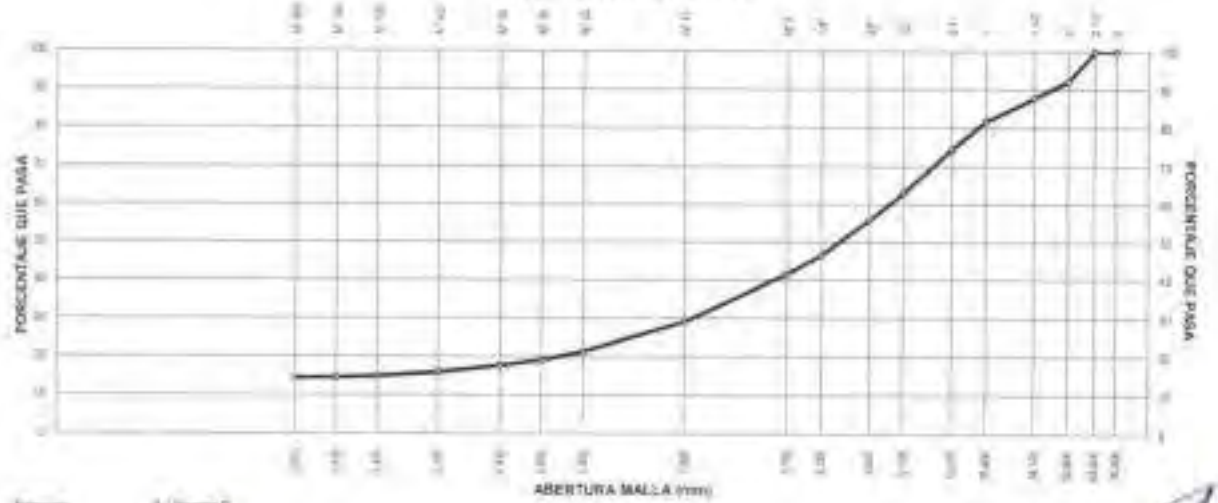
Límite Líquido (L.L)	38 %
Límite Plástico (L.P)	27 %
Índice Plástico (I.P)	8 %

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)
A-2-4 (0)
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)
GM
Grava limosa con arena

Cont. de humedad: 14.0 %

Observaciones:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al cuarto hábito.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución: A. Vásquez O.
Aprobación: Lcdo. C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
JEFE DE LABORATORIO
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO

El solicitante asume total responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Idin David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA LA CARRETERA QUIRUVILCA - SANTIAGO DE CHUCO, PROGRESIVA 101+000 - 104+000, DISTRITO DE QUIRUVILCA, PROVINCIA DE SANTIAGO DE CHUCO, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 94+050

IDENTIFICACIÓN: Sector 01

DESCRIPCIÓN: C-01 (Muestra Nº02) (Intemperizado) (m): 1.00 a 1.50

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Cápsula N°		150	396
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	1633.5	1620.2
Peso cápsula + suelo seco	(g)	1439.4	1417.8
Peso del Agua	(g)	194.1	185.4
Peso de la cápsula	(g)	133.9	84.0
Peso del suelo seco	(g)	1305.0	1333.8
Contenido de Humedad	(%)	14.9	13.9
Contenido de Humedad (RESULTADO)	(%)	**14.0**	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico del laboratorio.
- Ensayo efectuado sobre suelo natural.

Ensayo: A. Ramos D.

Verificado: J. Leon C.

Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. JUAN HERMOD LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
MECANICA DE SUELOS

El solicitante es responsable del uso de la información contenida en este informe.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Version: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-031-2025
SOLICITANTE: Alan David Carhuallanqui Obregon
PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA DUMUS – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 0+000 AL KM 5+000

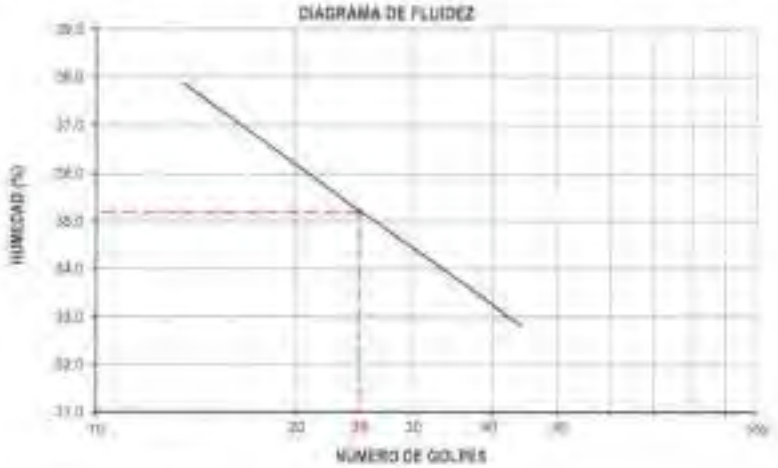
REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 3+450
IDENTIFICACIÓN: Sector 02
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-02, Profundidad (m): 1.00-2.10

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

DESCRIPCIÓN / ENSAYO N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		106	198	226	251	282	2
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	35.09	32.48	35.32	36.24	29.44	32.1
Peso cápsula + suelo seco	(g)	32.34	29.25	32.48	31.61	28.6	29.35
Peso del Agua	(g)	2.75	4.24	4.85	4.63	2.84	2.75
Peso de la cápsula	(g)	16.76	16.4	16.59	18.02	16.26	16.98
Peso del suelo seco	(g)	15.58	11.85	13.9	12.59	10.62	13.37
Contenido de humedad	(%)	36.9	35.8	34.7	34.1	27.0	26.5
Número de golpes		17	22	28	33		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	35.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	27.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	8.0

COMENTARIOS:
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "METODO DE MULTIPUNTO"

OBSERVACION:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de Geo Center Lab.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Revisado: A. Villacorta D.
Aprobado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. JHONNY LEON CHARRA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
SUELOS Y CONCRETO Y MATERIALES

El laboratorio no se hace responsable del uso de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-091-2025
SOLICITANTE: Iván David Camuallanca Quispe
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 94+000
IDENTIFICACIÓN: Muestra C2
DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-02, Profundidad (m): 1.00-3.00

ASTM D 854 MTC E 109	**MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA**

METODO DEL PICNOMETRO

DESCRIPCION		UND	N° DE ENSAYO		PROMEDIO
			1	2	
Peso Material Seco (al horno)	Ws	gr	102.6	102.4	---
Peso Frola + Agua	Wa	gr	516.3	516.3	---
Peso del Matraz Saturado + Agua + Peso Frola	Wb	gr	680.5	621.3	---
Temperatura del agua		C°	18.6	18.6	---
Factor para corregir la densidad del H2O a 20°C	K	K	1.0005	1.0003	---
Gravedad Especifica	Gs	gr/cm³	2.673	2.699	**2.686**

COMENTARIOS

Gravedad Especifica, Gs: [illegible]

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado en suelo natural.

Ejecutado: A. Valentin C.
Aprobado: J. Leon C.
Fecha de Ensayo: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. [illegible] LEON CHAMBA
ESPECIALISTA EN LABORATORIO
MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Version: 01 Pagina: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Kilm David Cachuelamoy Cornejo

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 84+850

IDENTIFICACIÓN: Sector 03

DESCRIPCIÓN: C.U.Y. (Arenoso Mal Gr. Profundidad (m): 1.00-2.50

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 20 °C

T° DE MUESTRA: 20 °C

HUM. RELATIVA: 87 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACION	SALES SOLUBLES TOTALES (%)
Sector 03	0.0000

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°).
- HUM = Contenido de humedad (%).
- Correlación entre (sem.) y (%): "0.000 " (%) + (sem).

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutor: A. (Asesino C.

Verificación: J. (Jefe C.

Fecha de Emisión: Octubre, 2025

GEO CENTER LAB
ING. JOHN RONALD LEON CHAVEZ
ESPECIALISTA EN LABORATORIO
SUELOS Y AREAS DE INTEGRALES

JEFE DE LABORATORIO

El contenido cuenta con la responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Mtr. David Samuelangui Obregón
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES INGENIERILES PARA LA SEGURIDAD VIAL EN LA CARRETERA PACASMAYO – SAN PEDRO DE LLOC, EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL DISTRITO DE GUADALUPE Y EL DISTRITO DE SAN PEDRO DE LLOC, LA PROVINCIA DE PACASMAYO, EN EL KM 83+000"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 84+050
IDENTIFICACIÓN: Sector 03
DESCRIPCIÓN: Calicata M-02, Profundidad (m): 1.20-2.10

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T°DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 87 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	**CLORUROS EXPRESADOS COMO ION Cl - (ppm)**
Sector 03	155

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (°C)
- HUM = Contenido de humedad (%)
- Contaminación ppm = (%) *10,000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado a suelo natural.

Ejecutó: A. Vásquez D.
Verificó: J. Lozano C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

LABORATORIO GEOTECNICO

Los resultados aquí indicados son responsabilidad del laboratorio y no comprometen a terceros.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2020 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° A-351-2020

SOLICITANTE Iván David Cohuillanca Obregón

PROYECTO ANÁLISIS ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO EN LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO PROVINCIA DE HUAMANGA DEPARTAMENTO AYACUCHO, PARA LAS PROGRESIVAS KILÓMETRO 30 AL KILÓMETRO

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA Octubre 2020

UBICACIÓN Km 94+050

IDENTIFICACIÓN Sector 03

DESCRIPCIÓN Of.01 /Muestra M-02 /Profundidad (m): 1.50-2.10

NTP 339.188	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE 22 °C

T° DE MUESTRA 22 °C

HUM. RELATIVA 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO4 (ppm)
Sector 03	326

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°)
- Hum = Contenido de humedad (%)
- Correlación entre (ppm) y (%): 10,000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES

Muestra tomada e identificada por personal técnico del laboratorio

Ensayo efectuado al estado natural

Ejecutado: A. Vilcapoma E.

Revisado: J. Leon C.

Fecha de Emisión: Octubre, 2020

GEO CENTER LAB
ING. [illegible] LEON CHAMPA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y CIENCIAS DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y CIENCIAS DE MATERIALES

El cliente es responsable de la información que proporciona en este documento

GEO CENTER LAB	INFORME DE ENSAYO	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-051-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 94+100
IDENTIFICACIÓN: Sector 03
DESCRIPCIÓN: Cant. Muestra MAZ. Profundidad (m): 0.00-0.10

NTP 339.176	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH), EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T°AMBIENTE: 22 °C
T°DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)
Sector 03	8.8

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°)
- Hum = Contenido de humedad (%)
- Correlacion entre (ppm) y (%): 10,000 °(%) = (ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado en suelo natural.

Ejecutado: Ing. [illegible]
Aprobado: J. LAB/TC
Fecha de Ensayo: Octubre 2025

[illegible]

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Luis David Carhuallanqui Gonzaga

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 94+662

IDENTIFICACIÓN: Sector 03

DESCRIPCIÓN: Calic. Muestra M-02, Profundidad (m): 1.00-2.10

ASTM D 3080 NTP 339.171	**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

DESCRIPCIÓN DEL SUELO						
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	GW	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%)	[illegible]
Clasificación Street Wales	(ASTM D 3282)	A-2-4 (0)	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%)	[illegible]
Tamaño Máximo	(NTP 400.012)	2 1/2"	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140)	(%)	14.2
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.129)	-	Cementación (Suelo Grueso)	(NTP 339.152)		-

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		49.03 kPa	98.1 kPa	196.1 kPa
Diámetro	(cm)	6.350	6.350	6.350
Área	(cm^2)	31.75	31.75	31.75
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50
Altura Final	(cm)	2.40	2.38	2.36
Volumen Inicial	(cm^3)	79.38	79.38	79.38
Volumen Final	(cm^3)	76.13	75.58	74.88
Relación Diámetro / Altura	(D/H)	2.540	2.540	2.540
Condición de la Estructura del suelo			REMOLDEADA	
Peso Humedo Inicial	(g)	147.2	147.2	147.2
Peso Humedo Final	(g)	202.3	193.6	189.9
Peso Seco	(g)	129.2	129.2	129.2
Humedad Inicial	(%)	14.0	14.0	14.0
Humedad Final	(%)	56.6	49.9	47.0
Densidad Humeda Inicial	(g/cm^3)	1.855	1.855	1.855
Densidad Humeda Final	(g/cm^3)	2.657	2.562	2.530
Densidad Seca Inicial	(g/cm^3)	1.627	1.627	1.627
Densidad Seca Final	(g/cm^3)	1.696	1.709	1.720

[illegible]

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-261-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Gonegón

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA CARRETERA HUARAZ – SAN FRANCISCO, APLICADO EN LA ZONA CRÍTICA PK 204+000 – PK 205+000, DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ANCASH

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 94+650

IDENTIFICACIÓN: Sector 03

DESCRIPCIÓN: C-01, Muestra M-02, Profundidad (m): 1.00-2.10

ASTM D 3080 NTP 339.171	**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

ESFUERZO NORMAL		49.03 kPa		98.1 kPa		196.1 kPa	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2.50	2.40	2.50	2.38	2.50	2.35
Volumen	(cm^3)	79.38	76.13	79.38	75.56	79.38	74.60
Humedad	(%)	14.0	39.8	14.0	40.6	14.0	47.7
Densidad Seca	(g/cm^3)	1.407	1.006	1.407	1.709	1.407	1.705
Esfuerzo Corte	(kPa)	51.3		98.1		159.8	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49.03 kPa			ESFUERZO NORMAL 98.1 kPa			ESFUERZO NORMAL 196.1 kPa		
	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplazamiento Vertical (mm)	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.819	0.0	0.0	1.130	0.0	0.0	1.229	0.0	0.0
0.50	0.833	2.4	7.5	1.124	3.8	19.6	1.348	11.0	34.7
1.00	0.853	4.9	15.5	1.128	11.4	35.9	1.355	17.9	56.9
1.50	0.899	6.5	22.4	1.134	19.9	66.7	1.357	20.5	64.8
2.00	0.843	7.8	24.6	1.152	18.8	52.9	1.368	26.4	83.4
2.50	0.880	8.4	26.3	1.173	18.0	37.5	1.369	31.2	98.2
3.00	0.819	8.0	25.4	1.199	19.1	60.2	1.391	31.7	99.8
3.50	0.843	8.3	26.4	1.152	19.8	62.7	1.381	33.1	104.2
4.00	0.859	8.5	26.8	1.195	20.2	63.7	1.399	34.3	108.1
4.50	0.867	8.7	30.4	1.186	20.7	65.3	1.405	34.7	109.4
5.00	0.870	9.0	30.9	1.185	20.4	64.3	1.405	34.9	109.8
5.50	0.887	8.9	31.2	1.189	20.8	64.4	1.408	34.8	109.6
6.00	0.899	9.0	31.1	1.196	20.6	64.7	1.413	34.8	109.8
6.50	1.008	9.8	30.9	1.209	20.7	65.1	1.417	34.2	107.8
7.00	1.019	9.8	31.0	1.209	20.4	64.2	1.416	34.1	107.3
7.50	1.016	9.8	30.7	1.209	20.2	63.6	1.421	33.9	106.9
8.00	1.020	9.7	30.6	1.209	20.0	62.9	1.422	33.8	106.6
8.50	1.022	9.5	30.0	1.209	20.0	62.9	1.422	33.8	106.6
9.00	1.022	9.3	29.4	1.209	20.0	63.0	1.422	33.7	106.1
9.50	1.022	8.8	27.9	1.209	19.8	62.2	1.422	33.7	106.0
10.00	1.023	8.8	27.5	1.209	19.7	62.1	1.422	33.7	106.0
10.50	1.024	8.6	26.9	1.204	19.9	62.7	1.425	33.8	106.0
11.00	1.024	8.2	25.7	1.204	19.7	61.9	1.425	33.8	105.9
11.50	1.024	8.3	26.0	1.204	19.8	61.9	1.425	33.8	105.8
12.00	1.024	8.2	25.7	1.204	19.8	61.9	1.425	33.8	105.8

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO

Los resultados aquí consignados corresponden únicamente a las muestras ensayadas en este laboratorio.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-361-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUIRUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

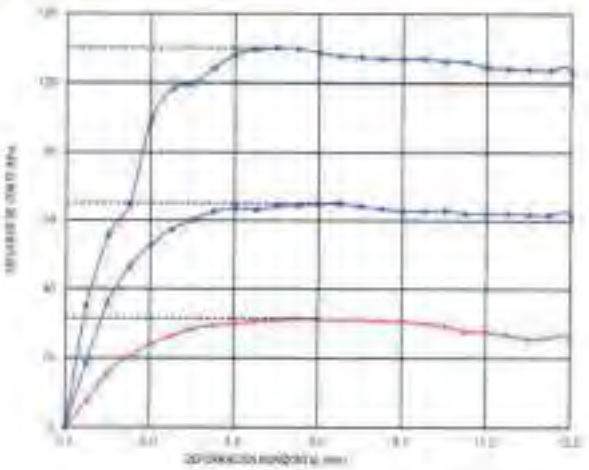
FECHA: Octubre 2025

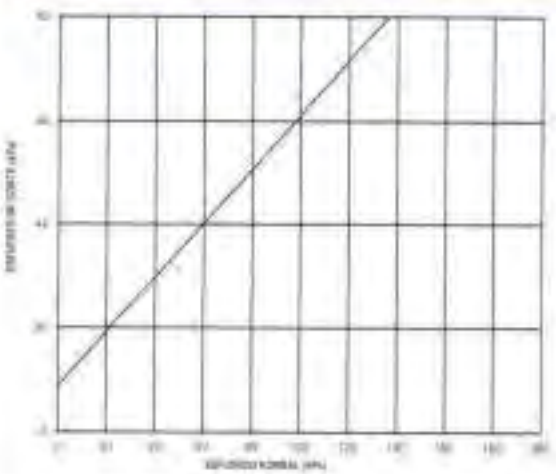
UBICACIÓN: Km 94+050

IDENTIFICACIÓN: Bache 03

DESCRIPCIÓN: C-01 Muestra M-02, Profundidad (m): 1.00-2.10

ASTM D 3080 NTP 339.171	**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**





RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	0.69	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	27.6
COHESIÓN (kg/cm²)	0.69		

COMENTARIOS

- El ensayo se realizó en una máquina Digital, marca FERMEV con una capacidad de 1500 Lb, certificado de calibración N° LFP-028-2025

OBSERVACIONES

- Muestra Tomada e Identificada por Personal de Laboratorio
- Ensayo efectuado con Muestra Remoldeada
- La Humedad de trabajo con la cual se moldearon las especímenes, corresponde a la Humedad con la cual se reportaron la muestra
- La Densidad de trabajo con la cual se moldearon los especímenes, corresponde a la mayor densidad seca que se pudo obtener durante el desarrollo del Ensayo
- Ensayo Efectuado con máquina prestada por Tercero N° 1

Ejecutado: A. Villacorta G.

Alcalculo: J. Leon C.

Fecha de Ensaye: Octubre 2025

ING. CARHUALLANQUI OBREGON
JEFE DE LABORATORIO
GEO CENTER LAB

ING. JOSE GERARDO LEON CHAMBA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEO CENTER LAB

Los resultados mostrados son responsabilidad del cliente de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB

INFORME DE ENSAYO

Fecha: Octubre 2025
Version: 01
Pagina: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Quispe
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 64+080
IDENTIFICACIÓN: Sector 03
DESCRIPCIÓN: C-01 Muestra M-01 Profundidad (m): 0.20-1.50

ASTM D 422
MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			100.0
1/2"	12.700	1.4	1.4	98.6
3/8"	9.525	2.4	3.8	96.2
1/4"	6.350	10.3	14.0	86.0
N° 4	4.750	10.3	24.3	75.7
N° 10	2.000	28.8	53.1	46.9
N° 20	0.850	13.7	66.8	33.2
N° 30	0.600	3.3	70.1	29.9
N° 40	0.425	1.7	71.8	28.2
N° 60	0.250	1.7	73.5	26.5
N°100	0.150	1.0	74.5	25.5
N°140	0.106	0.4	74.8	25.1
N° 200	0.075	0.1	75.1	24.9
<N°200	ASTM D 1140	24.9	100.0	

CARACTERISTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos":

Gravas (Ret. N°4)	24.3 %
Arena	50.8 %
Finos (Pas. N°200)	24.9 %

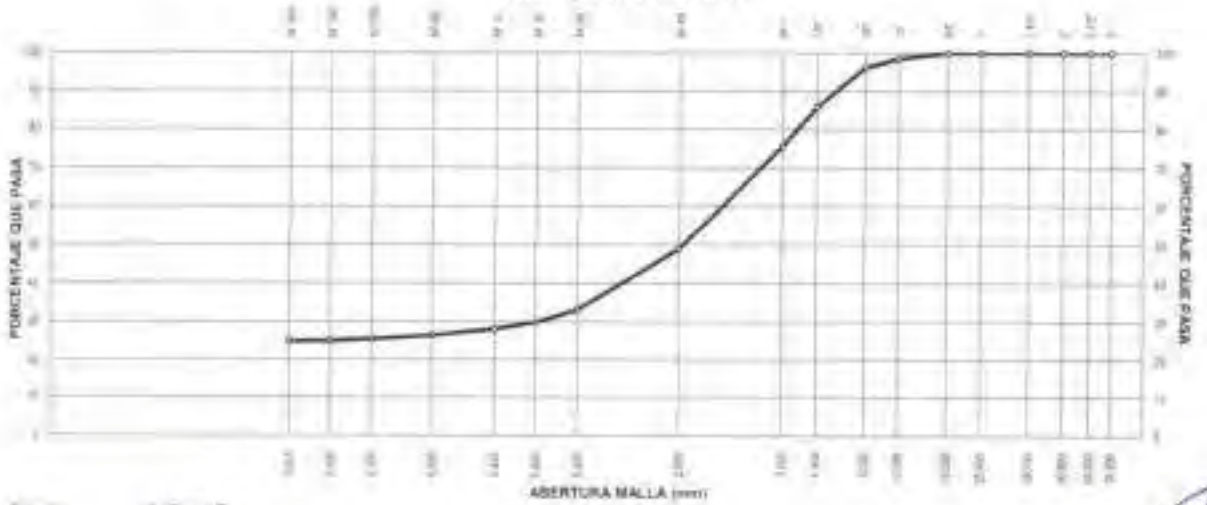
ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

Límite Líquido (L.L)	30 %
Límite Plástico (L.P)	24 %
Índice Plástico (I.P)	6 %

ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)
A-1-b (0)
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)
SM
Arena limosa con grava
Cont. de humedad: 17.4 %

Observaciones:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaboró: [illegible]
Revisado: [illegible]
Fecha de Emisión: Octubre 2025

LABORATORIO GEOTECNICO

El cliente asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este informe.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2020 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-231-2020

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregon

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2020

UBICACIÓN: Km 94+980

IDENTIFICACIÓN: Sector 03

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra(M-01, Profundidad (m): 0.20-1.50

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Cápsula N°		139	303
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	534.6	479.9
Peso cápsula + suelo seco	(g)	486.7	416.9
Peso del Agua	(g)	48.8	61.9
Peso de la cápsula	(g)	87.8	60.3
Peso del suelo seco	(g)	398.9	351.7
Contenido de Humedad	(%)	17.2	17.8
Contenido de Humedad (RESULTADO)	(%)	17.4	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Villavicencio D.

Revisado: J. Leon C.

Fecha de Ensayo: Octubre 2020

GEO CENTER LAB

ING. [illegible] LEON CHANGA
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS

GEO CENTER LAB

ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECANICA DE SUELOS

[illegible]

GEO CENTER LAB

INFORME DE ENSAYO

Fecha: Octubre 2025
Versión: 01
Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° A-351-2025
SOLICITANTE Iván David Contreras Obregón
PROYECTO [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

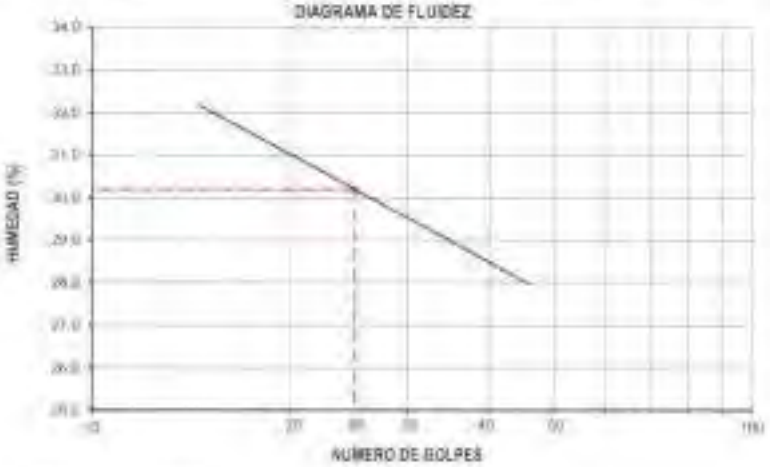
FECHA Octubre 2025
UBICACIÓN Km 54+060
IDENTIFICACIÓN Sector 03
DESCRIPCIÓN C-02, Muestra M-01 (Profundidad (m): 0.20+1.20)

ASTM D 4318
MTC E 110, MTC E 111

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN / ENSAYO N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		254	43	172	15	306	277
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	32.28	31.96	29.14	31.19	27.28	25.83
Peso cápsula + suelo seco	(g)	29.32	28.68	26.95	27.51	25.5	23.95
Peso del Agua	(g)	2.77	3.37	3.19	3.67	1.78	1.88
Peso de la cápsula	(g)	17.31	17.49	15.2	14.83	18.07	15.91
Peso del suelo seco	(g)	12.01	11.1	10.75	12.68	7.43	8.37
Contenido de humedad	(%)	31.4	30.4	29.7	28.9	24.0	22.5
Número de golpes		18	24	28	35		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	30.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	24.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	6.0

COMENTARIOS:
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".

OBSERVACIÓN:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutado: [illegible]
Aprobado: J. León C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
Ing. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB
Ing. Juan Alejandro León Chávez
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB

INFORME DE ENSAYO

Fecha: Octubre 2025
Versión: 01
Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Cumbicushpi Obregón
PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES ADECUADAS PARA LA CARRETERA QUÉVEDO - SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LOS RÍOS, DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS DE OBRAS, LAB. INGENIERÍA MECÁNICA EL ...

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 94+560
IDENTIFICACIÓN: Estrato 03
DESCRIPCIÓN: E-02: Muestra MAZ. Profundidad (m): 1.50-3.00

ASTM D 422 MTC E 107	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			100.0
2"	50.800	4.7	4.7	95.3
1 1/2"	38.100	2.9	7.6	92.4
1"	25.400	9.3	16.8	83.1
3/4"	19.050	3.6	20.3	79.7
1/2"	12.700	6.6	27.2	72.8
3/8"	9.520	5.7	32.9	67.1
1/4"	6.350	10.4	43.2	56.7
N° 4	4.750	6.8	50.1	49.9
N° 10	2.000	16.4	66.5	33.5
N° 20	0.850	6.7	73.1	26.9
N° 30	0.600	1.4	74.5	25.5
N° 40	0.425	0.8	75.3	24.7
N° 60	0.250	0.9	76.1	23.9
N° 100	0.150	0.6	76.7	23.3
N° 140	0.106	0.2	76.9	23.1
N° 200	0.075	0.1	77.0	23.0
<N° 200	ASTM D 1140	23.0	100.0	

CARACTERÍSTICAS GENERALES

ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"

Grava (Ret. N°4)	50.1 %
Arena	26.8 %
Finos (Pas. N°200)	23.0 %

ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"

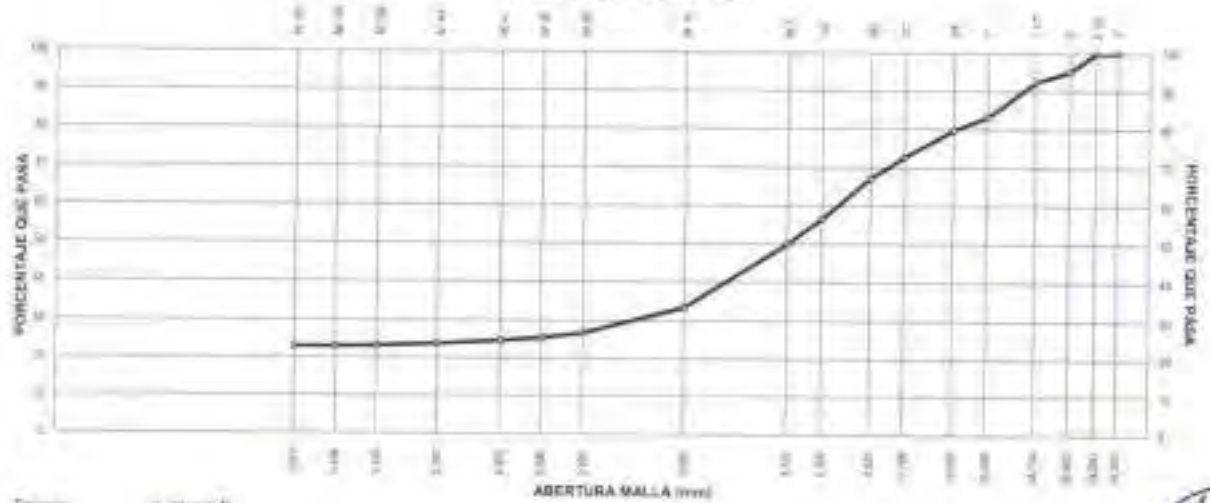
Límite Líquido (L.L)	41 %
Límite Plástico (L.P)	32 %
Índice Plástico (I.P)	9 %

ASTM D 3282 "Clasificación para el uso en vías transporte" (AASHTO)
A-2-5 (0)
ASTM D 2487 "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)
GM
Grava limosa con arena

Cont. de humedad	21.2 %

Observaciones:
- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado en suelo natural.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Elaborado: R. Vivanco D.
Revisado: J. León C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. [illegible] LEÓN CHAVEZ
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MECÁNICA DE MATERIALES

LABORATORIO GEOTÉCNICO

El presente informe queda prohibido su reproducción total o parcial sin la autorización escrita de este laboratorio.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 94+980

IDENTIFICACIÓN: Medio 01

DESCRIPCIÓN: C-03, Muestra M-03, Profundidad (m): 1.50-3.00

ASTM D 2216 MTC E 108	**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD	
		E - 1	E - 2
Cápsula N°		357	35
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	1771.4	1731.0
Peso cápsula + suelo seco	(g)	1478.3	1439.2
Peso del Agua	(g)	293.1	292.8
Peso de la cápsula	(g)	82.4	70.8
Peso del suelo seco	(g)	1395.9	1368.2
Contenido de Humedad	(%)	21.0	21.4
Contenido de Humedad: [RESULTADO]	(%)	**21.2**	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por personal técnico del laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Villacorta C.

Aprobado: I. León C.

Fecha de Ensayo: Octubre 2025

GEO CENTER LAB S.A.C. — ING. [illegible] — ESPECIALISTA EN LABORATORIO — GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

GEO CENTER LAB S.A.C. — ING. [illegible] — JEFE DE LABORATORIO — GEOTECNIA Y ENSAYO DE MATERIALES

[illegible]

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Ivan David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: "ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DETALLADO Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA CUBICA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 84+360

IDENTIFICACIÓN: Sector (I)

DESCRIPCIÓN: D-01, Muestra ALT, Profundidad (m): 1.50-3.00

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111	**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**

DESCRIPCIÓN / ENSAYO N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		103	4	290	218	108	194
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	30.09	31.40	36.09	33.74	32.97	30.2
Peso cápsula + suelo seco	(g)	25.45	26.76	31.93	28.52	29.15	26.98
Peso del Agua	(g)	4.64	4.64	6.16	5.22	3.72	3.24
Peso de la cápsula	(g)	14.64	15.47	16.84	15.34	17.47	17
Peso del suelo seco	(g)	10.81	11.29	15.09	13.18	11.68	9.98
Contenido de humedad	(%)	42.9	41.5	40.8	39.6	31.8	32.5
Número de golpes		16	24	29	35		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	41.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	32.0
INDICE DE PLASTICIDAD	(%)	9.0

COMENTARIOS:

- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO"

OBSERVACIÓN

- Muestra remitida e identificada por personal técnico de
- Ensayo efectuado al suelo natural

Elaboró: A. Villanueva C.

Apoderado: J. Lozano C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. CIP N° 220784
ESPECIALISTA DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

GEO CENTER LAB
ING. CIP N° 220784
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

LABORATORIO GEOTECNICO

El laboratorio asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-551-2025
SOLICITANTE: Iván David Carballango Obregón
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 84+060
IDENTIFICACIÓN: Sector 13
DESCRIPCIÓN: C-02 Muestra M-02, Profundidad (m): 1.50-3.00

ASTM D 854 MTC E 109	**MÉTODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA**

METODO DEL PICNOMETRO

DESCRIPCION		UND	N° DE ENSAYO		PROMEDIO
			1	2	
Peso Material Seco [al horno]	Ws	gr	100.0	100.0	---
Peso Fiola + Agua	Wa	gr	648.5	697.7	---
Peso del Material Saturado + Agua + Peso Fiola	Wb	gr	711.0	760.1	---
Temperatura del agua		C°	18.8	18.8	---
Factor para corregir la densidad del H2O a 20 °C	K		1.0002	1.0002	---
Gravedad Específica	Gs	gr/cm³	2.587	2.659	**2.663**

COMENTARIOS

- Gravedad Específica. Son [illegible]

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado según norma vigente.

Supervisó: A. Valencia G.
Ejecutó: J. Mori C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: 4-351-2025
SOLICITANTE: Iván David Carhuallo Ccahuana Ortega
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025
UBICACIÓN: Km 04+260
IDENTIFICACIÓN: Sector 03
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-02, Prof.(m/pies): h/ 1.50+0.60

NTP 339.176	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH), EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	**POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**
Sector 03	6.0

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°)
- HUM = Contenido de humedad (%).
- Corrección entre (corr) y (%): (0.045 * (%) + corr)

OBSERVACIONES

- Muestra tal cual, e Identificado por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutado: A. Valdivia D.
Verificado: J. Leon C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025





GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025
SOLICITANTE: Nilo David Carhuallanqui Gregorio
PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre-2025
UBICACIÓN: Km 94+000
IDENTIFICACIÓN: Sector 03
DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra Mod. Perturbada) (+) 1.50-3.00

NTP 339.152	MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C
T° DE MUESTRA: 22 °C
HUM. RELATIVA: 87 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	SALES SOLUBLES TOTALES (%)
Sector 03	0.1216

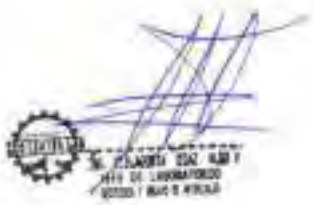
COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°)
- HUM = Contenido de humedad (%)
- Correlación entre: (ppm) y (%): 10,000 ? (%) = 100%

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada y identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado en suelo natural.

Elaboró: A. [illegible]
Aprobado: J. Leal C.
Fecha de Emisión: Octubre 2025





GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Ader David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN GEOTÉCNICA PARA LA CARRETERA CUSCO – SAN TOMÁS DEL PROGRESIVA 00 DE LA RUTA DEPARTAMENTAL DE LA ACUOSO HASTA LAS PROGRESIVAS 140 KM DE LA MISMA RUTA

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 94+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 03

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-02, Profundidad (m): 1.50-3.00

NTP 339.177	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 20 °C

T° DE MUESTRA: 20 °C

HUM. RELATIVA: 67 %

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	**CLORUROS EXPRESADOS COMO IÓN Cl⁻ (ppm)**
Sector 03	180

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (°C)
- HUM = Porcentaje de humedad (%)
- Conversión entre (ppm) y (%): 10,000 * (%) = (ppm)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio
- Ensayo realizado a suelo natural

Ejecutó: A. Valcarcel C.

Aprobó: J. Leon C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

GEO CENTER LAB
JEFE DE LABORATORIO

El cliente es responsable del uso de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: Wilo David Carhuallanqui Quispe

PROYECTO: [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 94+060

IDENTIFICACIÓN: Sector 03

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-02, Profundidad (m): 1.50-3.00

NTP 339.189	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE SULFATOS SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA

CONDICIONES AMBIENTALES

T° AMBIENTE: 22 °C

T°DE MUESTRA: 22 °C

HUM. RELATIVA: 67%

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO	
IDENTIFICACIÓN	SULFATOS EXPRESADOS COMO IÓN SO4 (ppm)
Sector 03	675

COMENTARIOS

- T° = Temperatura en grados celsius (C°).
- Hum = Contenido de Humedad (%).
- Conversión entre (ppm) y (%): 10,000 * (%) = (ppm).

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal técnico de laboratorio.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecutó: A. Valladares D.

Apróbó: J. Leon C.

Fecha de Ensayo: Octubre 2025

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
ESPECIALISTA EN LABORATORIO
GEOTECNIA Y MATERIALES

GEO CENTER LAB
ING. [illegible]
JEFE DE LABORATORIO
GEOTECNIA Y MATERIALES

El presente sólo se refiere a las especies sometidas a ensayo. Prohibida su reproducción parcial sin autorización.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2020 Versión: 01 Página: 1 de 3

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2020

SOLICITANTE: Iván David Carhuallanqui Obregón

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA SIERRA - SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, EN TRES (03) PROGRESIVAS (KM 0+000 AL KM 10+000)

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2020

UBICACIÓN: Km 9+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 03

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.00-1.50

ASTM D 3080	**CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**

DESCRIPCIÓN DEL SUELO						
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	-	Límite Líquido	(ASTM D 4318)	(%)	-
Clasificación Ohsta Vales	(ASTM D 3282)	-	Índice Plástico	(ASTM D 4318)	(%)	-
Tamaño Máximo (mm)	(NTP 400.012)	-	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140)	(%)	-
Consistencia (Suelo Fino)	(NTP 339.150)	-	Cementación (Suelo Grueso)	(NTP 339.180)		-

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		49.0 kPa	98.1 kPa	196.1 kPa
Diámetro	(cm)	6.350	6.350	6.350
Área	(cm^2)	31.75	31.75	31.75
Altura Inicial	(cm)	2.50	2.50	2.50
Altura Final	(cm)	2.42	2.38	2.38
Volumen Inicial	(cm^3)	79.39	79.39	79.39
Volumen Final	(cm^3)	76.80	75.74	75.04
Relación Diámetro / Altura	(Cm)	2.543	2.540	2.543
Condición de la Estructura del suelo			REMOLDEADA	
Peso Húmedo Inicial	(g)	129.4	129.4	129.4
Peso Húmedo Final	(g)	144.1	138.8	135.7
Peso Seco	(g)	106.7	106.7	106.7
Humedad Inicial	(%)	21.2	21.2	21.3
Humedad Final	(%)	35.0	30.0	27.1
Densidad Humeda Inicial	(g/cm^3)	1.630	1.630	1.630
Densidad Humeda Final	(g/cm^3)	1.674	1.632	1.658
Densidad Seca Inicial	(g/cm^3)	1.345	1.345	1.343
Densidad Seca Final	(g/cm^3)	1.386	1.499	1.422

Ejecutado: [illegible]

Revisado: J. Leiva Q.

Fecha de Emisión: Octubre 2020

GEO CENTER LAB
ESPECIALISTA DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTÉCNICO

El operador asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 2 de 3

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N°: A-351-2025

SOLICITANTE: John Cenni Carhuaranga Ormeño

PROYECTO: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA CUNYA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA UNIÓN, CON GARANTÍA DE ANÁLISIS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL KILÓMETRO 64+000 AL KM 65+000

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA: Octubre 2025

UBICACIÓN: Km 64+000

IDENTIFICACIÓN: Sector 03

DESCRIPCIÓN: C-02, Muestra M-01, Profundidad (m): 0.20-1.50

ASTM D 3080

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

ESFUERZO NORMAL		98.1 kPa		196.1 kPa		392.4 kPa	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2.50	2.43	2.50	2.38	2.50	2.39
Volumen	(cm^3)	79.38	76.95	79.38	75.76	79.38	75.84
Humedad	(%)	21.2	35.1	21.2	33.2	21.2	27.1
Densidad Seca	(g/cm^3)	1.345	1.589	1.345	1.400	1.345	1.422
Esfuerzo Corte	(kPa)	58.0		90.5		171.8	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 49.0 kPa				ESFUERZO NORMAL 98.1 kPa				ESFUERZO NORMAL 196.1 kPa			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.0
0.50	0.005	4.6	2.2	8.0	0.846	9.6	4.9	15.4	0.947	20.3	9.3	29.8
1.00	0.021	11.2	5.1	18.0	0.870	20.7	9.4	29.6	1.034	44.2	20.7	65.4
1.50	0.056	16.3	7.6	26.8	0.900	28.5	12.9	40.4	1.082	59.2	26.8	84.1
2.00	0.064	19.8	9.0	28.3	0.937	31.1	14.1	44.4	1.135	62.7	28.5	89.6
2.50	0.107	22.1	10.0	31.5	0.943	35.6	16.1	50.8	1.171	70.8	32.1	101.2
3.00	0.716	23.8	10.8	34.1	0.977	36.5	16.5	52.1	1.210	72.2	32.7	103.1
3.50	0.720	24.3	11.0	35.1	1.016	38.2	17.3	54.5	1.247	73.5	33.3	105.0
4.00	0.726	26.3	11.9	37.4	1.049	38.8	15.0	56.6	1.266	74.4	33.7	106.3
4.50	0.749	26.4	12.0	37.7	1.067	41.0	18.6	58.6	1.286	75.3	34.1	107.6
5.00	0.755	26.9	12.2	38.5	1.093	42.1	19.1	60.2	1.310	76.8	34.8	109.8
5.50	0.762	24.8	13.2	36.0	1.109	42.2	19.1	60.3	1.323	77.6	35.2	110.9
6.00	0.768	26.8	13.2	38.4	1.107	42.1	19.1	60.2	1.320	78.0	35.5	111.2
6.50	0.771	27.0	12.4	39.0	1.131	42.9	19.5	60.6	1.341	77.9	35.2	111.2
7.00	0.773	26.8	12.2	38.4	1.156	42.1	19.1	60.2	1.349	77.6	35.2	110.7
7.50	0.774	26.6	12.1	38.2	1.139	41.8	19.0	59.4	1.356	77.4	35.1	110.4
8.00	0.779	26.2	11.9	37.5	1.142	40.6	18.4	58.0	1.361	76.9	34.9	109.8
8.50	0.777	25.9	11.8	37.0	1.143	40.3	18.2	57.8	1.360	76.6	34.8	109.4
9.00	0.778	25.6	11.6	36.6	1.144	39.7	18.0	56.7	1.364	76.2	34.6	108.8
9.50	0.779	25.3	11.5	36.1	1.146	38.9	17.6	55.5	1.367	75.8	34.4	107.6
10.00	0.778	25.0	11.4	36.0	1.151	38.8	17.6	55.4	1.372	74.7	33.9	106.5
10.50	0.779	25.2	11.4	36.0	1.152	37.8	17.1	54.0	1.372	74.1	33.6	105.6
11.00	0.780	24.8	11.3	35.5	1.153	37.4	16.9	53.4	1.374	73.6	33.5	105.0
11.50	0.785	24.7	11.2	35.3	1.163	37.1	16.8	53.0	1.374	73.2	33.2	104.5
12.00	0.783	24.7	11.2	35.2	1.158	37.2	16.8	53.1	1.377	73.1	33.2	104.5

Ejecutor: A. Villanueva D.

Aprobador: J. Leiva C.

Fecha de Emisión: Octubre 2025

GEO CENTER LAB — ING. GIOVANNA DEL AGUILA V. — JEFE DE LABORATORIO

GEO CENTER LAB — ING. JOSE LEON CHAVEZ — ESPECIALISTA DE LABORATORIO

LABORATORIO GEOTECNICO

El proponente asume la responsabilidad de la información contenida en este documento

GEO CENTER LAB	**INFORME DE ENSAYO**	Fecha: Octubre 2025 Versión: 01 Página: 3 de 3

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : A-551-2025

SOLICITANTE : Iván David Cornejo Arroyo Obregón

PROYECTO : [illegible]

REFERENCIA DE LA MUESTRA

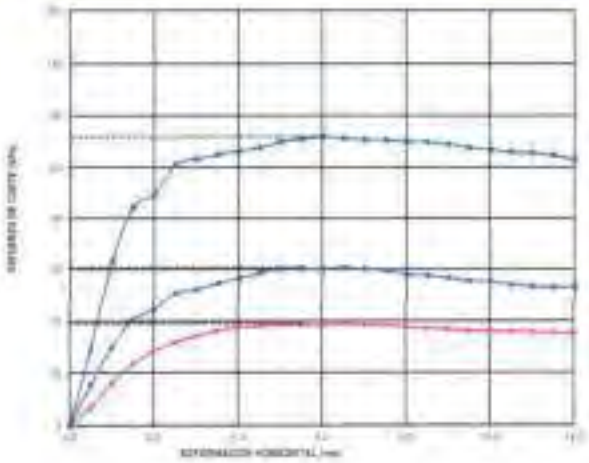
FECHA : Octubre 2025

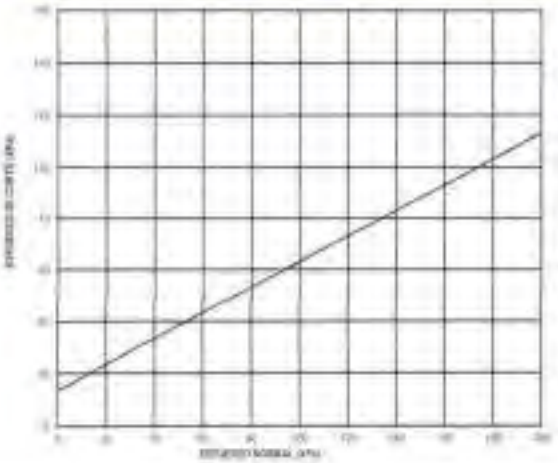
UBICACIÓN : Km 98+060

IDENTIFICACIÓN : Sector 03

DESCRIPCIÓN : Calic. Muestra M-01, Profundidad (m): 0.20 - 1.50

ASTM D 3080	**CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**





RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kPa)	13.40	ANGULO DE FRICCION ( )	26.6
COHESIÓN (kg/cm²)	0.13		

COMENTARIOS:

- El ensayo se realizo en una máquina Digital, marca FORNEY con una capacidad de 1500 Lb, certificado de calibración N° LFP-129-2022.

OBSERVACIONES:

- Muestra Tomada e identificada por Personal de Laboratorio.
- Ensayo efectuado con Muestra Remoldeada.
- La Humedad de trabajo con la cual se moldearon los especimenes, corresponde a la humedad con la que se recepciono la muestra.
- La Densidad de trabajo con la cual se moldearon los especimenes, corresponde a la maxima que se pudo obtener durante el ensayo de proctor.
- Ensayo Efectuado con material pasante del Tamiz N°4.

Elaboración : A. Villacorta D.

Aprobación : J. León C.

Fecha de Emisión : Octubre 2025

LABORATORIO GEOTECNICO

El laboratorio asume toda responsabilidad por uso de la información contenida en este documento

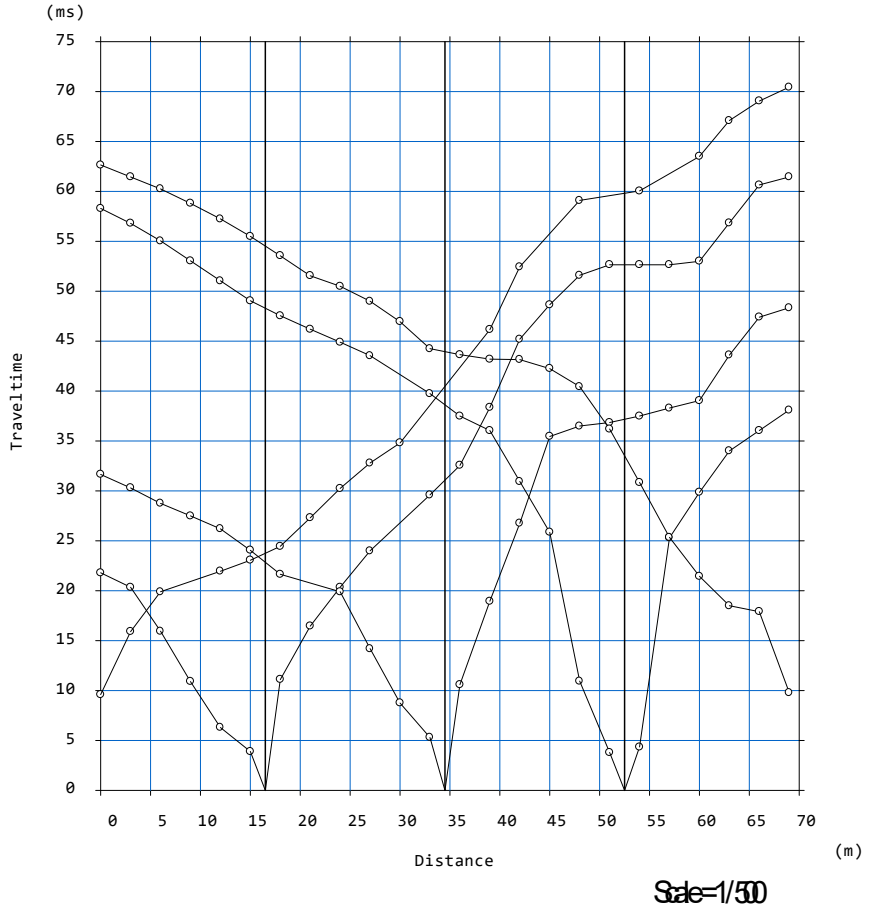
Anexo 11. Ensayos Geofísicos

Anexo 11.1 Refracción sísmica y Tomografía Eléctrica del Sector del Km 84+030 - 84+100

Refracción Sísmica

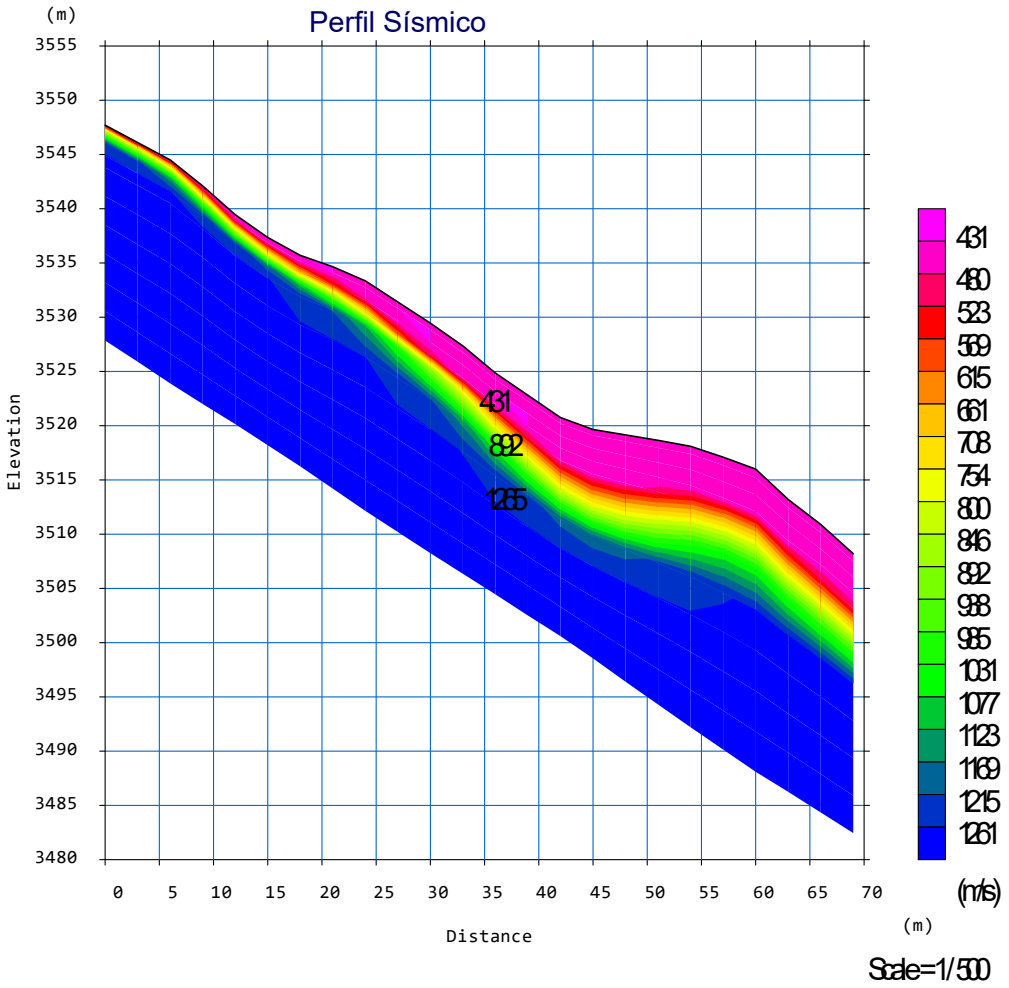
LÍNEA SÍSMICA LS-01

Dromocrónica



GEO CENTER LAB	PROYECTO: **"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	ESCALA: **Gráfica**	LÍNEA SÍSMICA: **LS-01**	LAMINA: **01**

LÍNEA SÍSMICA LS-01

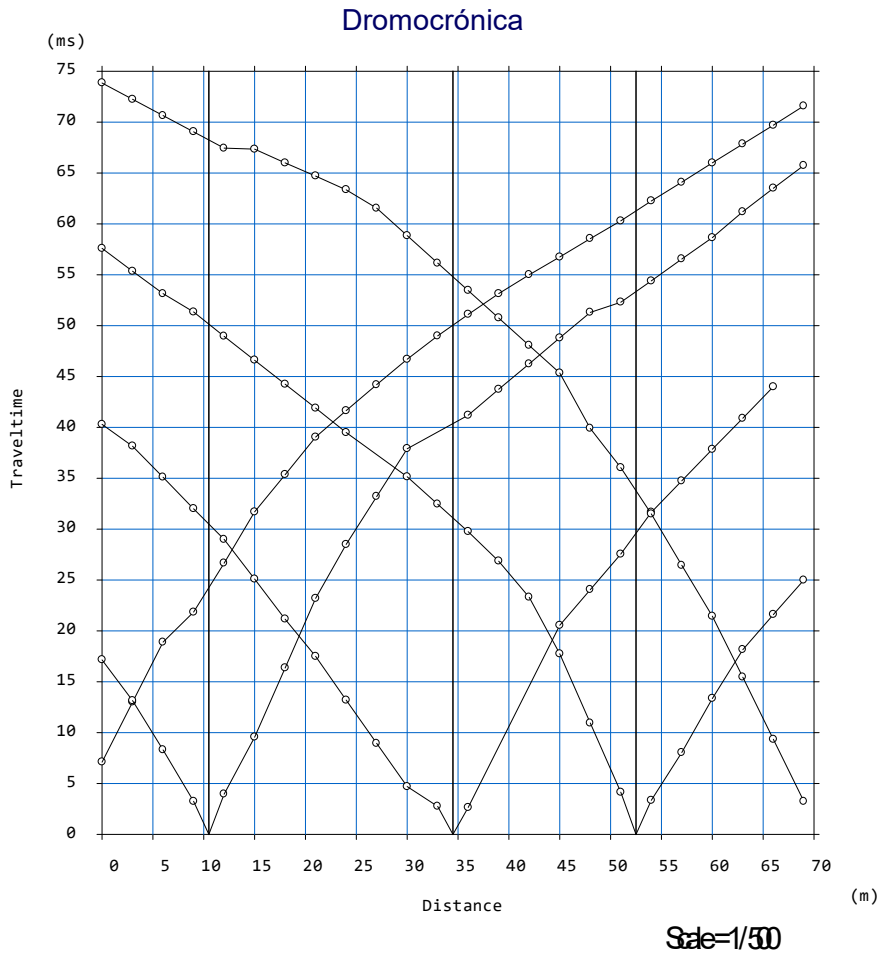


Descripción	Vp (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy alterada o aluvión compacta	1000 – 2000
Roca alterada o aluvión muy compacta	2000 – 4000
Roca poco alterada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

Arce Helberg (1990)

	PROYECTO:	ESCALA:	LÍNEA SÍSMICA:	LAMINA:
GEO CENTER LAB	**"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	**Gráfica**	**LS-01**	**02**

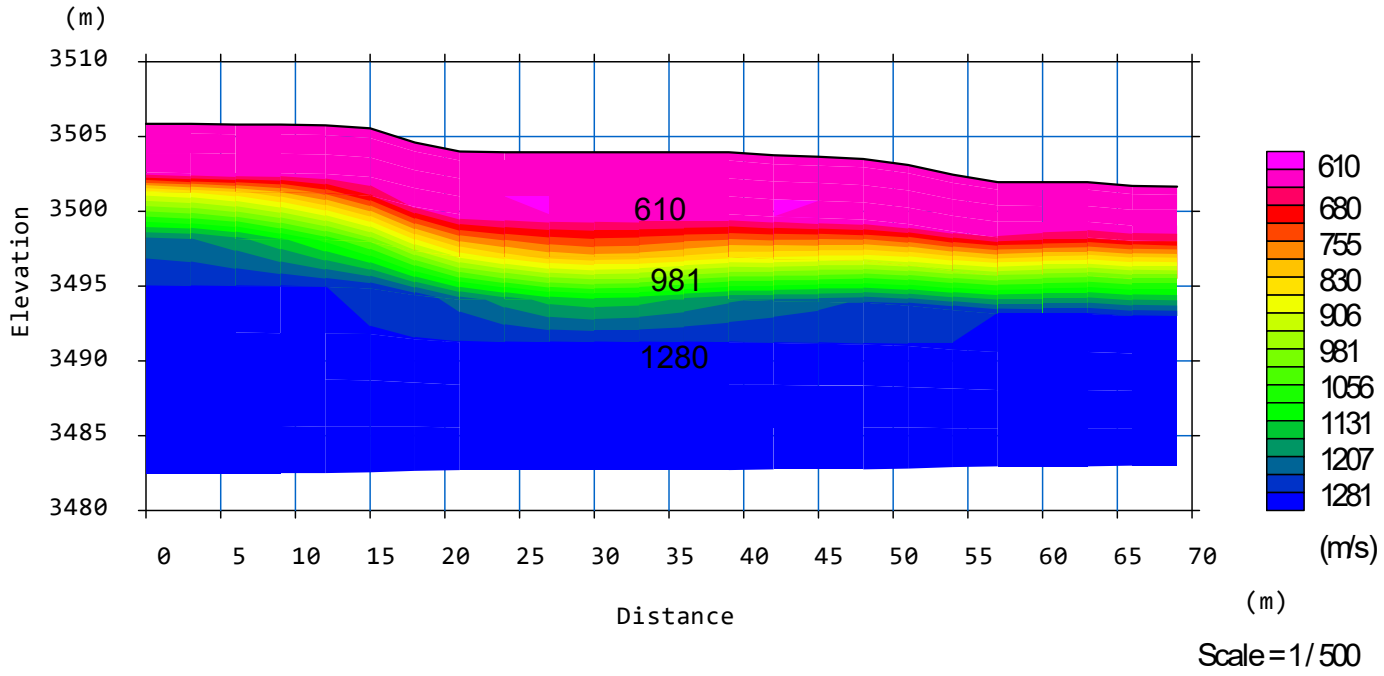
LÍNEA SÍSMICA LS-02



	PROYECTO: **"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	ESCALA: **Gráfica**	LÍNEA SÍSMICA: **LS-02**	LAMINA: **03**

LÍNEA SÍSMICA LS-02

Perfil Sísmico

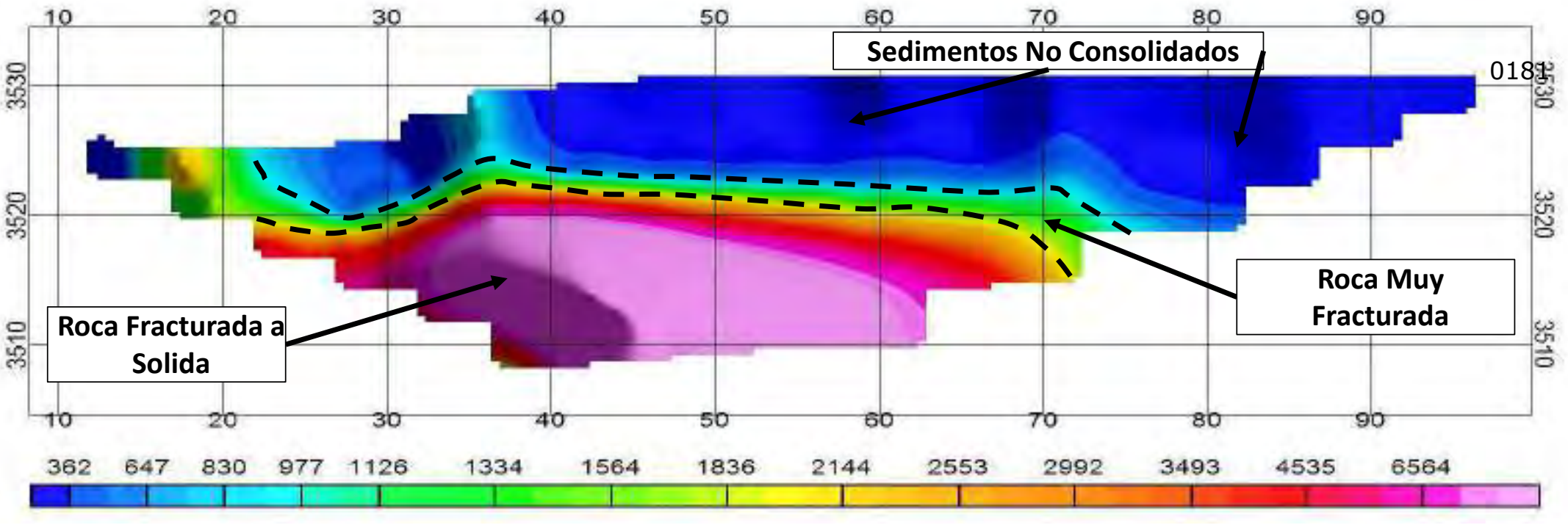


Descripción	Vp (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy alterada o aluvión compacta	1000 – 2000
Roca alterada o aluvión muy compacta	2000 – 4000
Roca poco alterada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

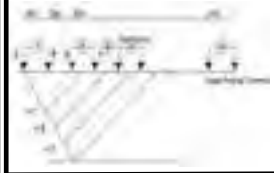
Arce Helberg (1990)

	PROYECTO:	ESCALA:	LÍNEA SÍSMICA:	LAMINA:
GEO CENTER LAB	**"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	**Gráfica**	**LS-02**	**04**

Tomografía Eléctrica



CONFIGURACIÓN DIPOLO - DIPOLO



Sedimentos No Consolidados (ρ: ρ:100-975 Ω.m)

Está representado por colores azules claros a oscuros. Debido a sus valores de resistividades se trata de un suelo no consolidado permeable. Se observan en la mayoría de la superficie de la sección, es importante destacar que en el medio de la línea se encuentra una zona inestable. El espesor de esta zona seria de 8 a 12 metros de espesor.

Roca Muy Fracturada (ρ: 975-2142 Ω.m)

Está representado por colores verdes. Son permeables. En esta sección solo se muestra como zona de transición al estrato más consolidado.

Roca Fracturada a Dura (ρ:2142-6564 Ω.m)

Está representado por colores amarillo a morado. Podemos asociar este estrato a una roca que hacia profundidades mayores se encontrará menos alterada. Se extiende constante a lo largo de la sección, encuentra a 10 metros aprox de la superficie.

CLIENTE

IVAN CARHUALLANQUI

PROYECTO:

"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"

UBICACIÓN:

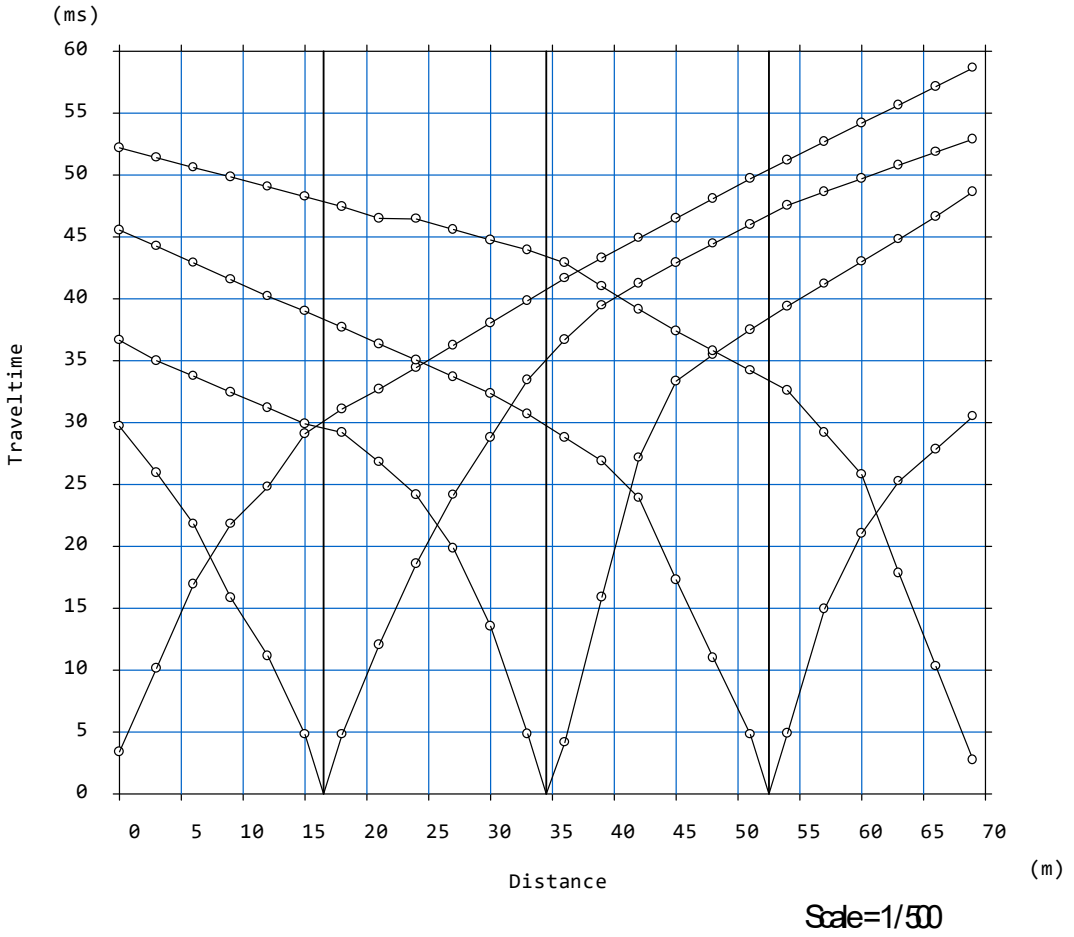
SECTOR INESTABLE 01

Anexo 11.2 Refracción sísmica y Tomografía Eléctrica del Sector del Km 85+940 al 86+160

Refracción Sísmica

LÍNEA SÍSMICA LS-01

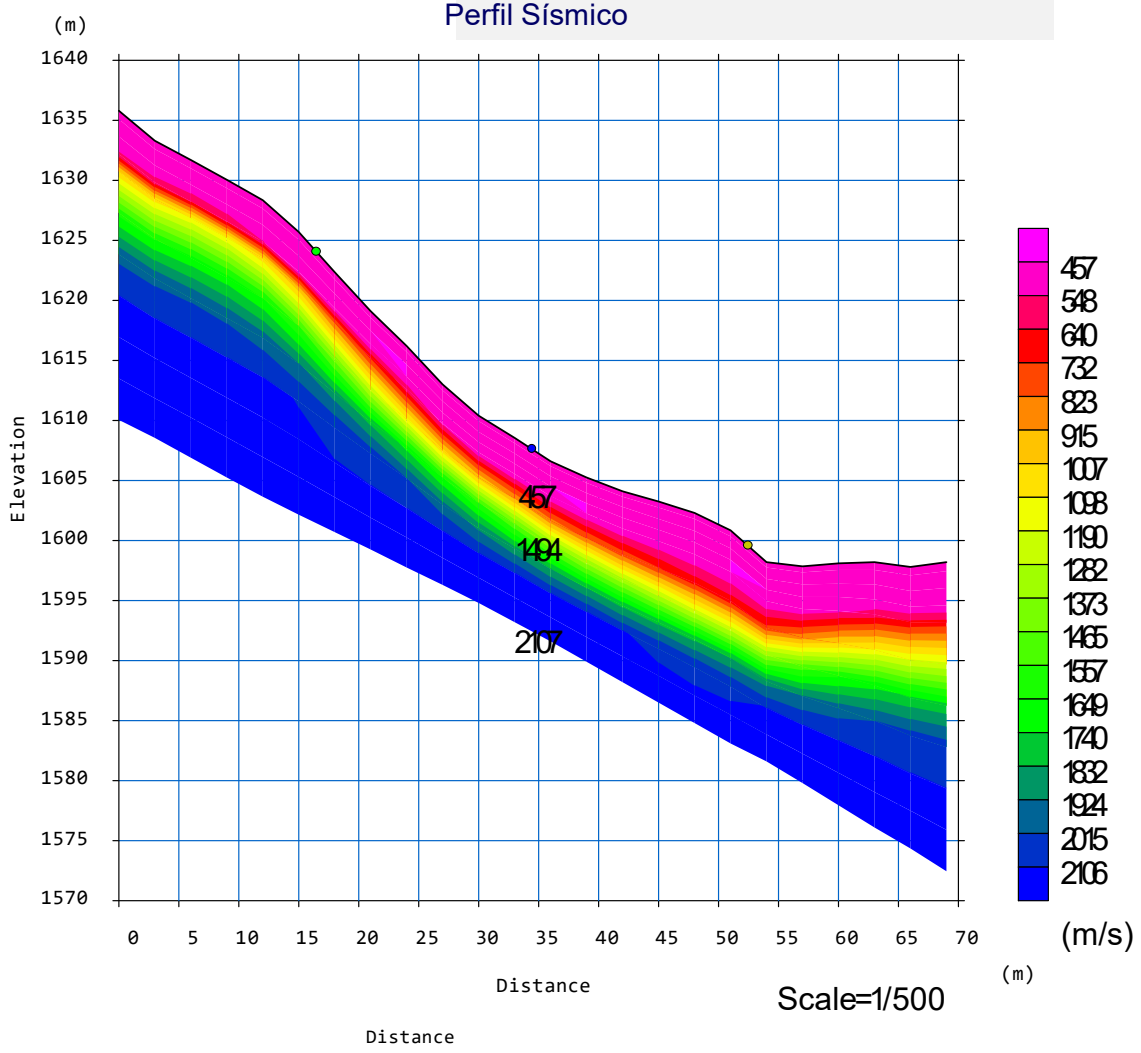
Dromocrónica



	PROYECTO:	ESCALA:	LÍNEA SÍSMICA:	LAMINA:
GEO CENTER LAB	**"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	**Gráfica**	**LS-01**	**05**

LÍNEA SÍSMICA LS-01

Perfil Sísmico



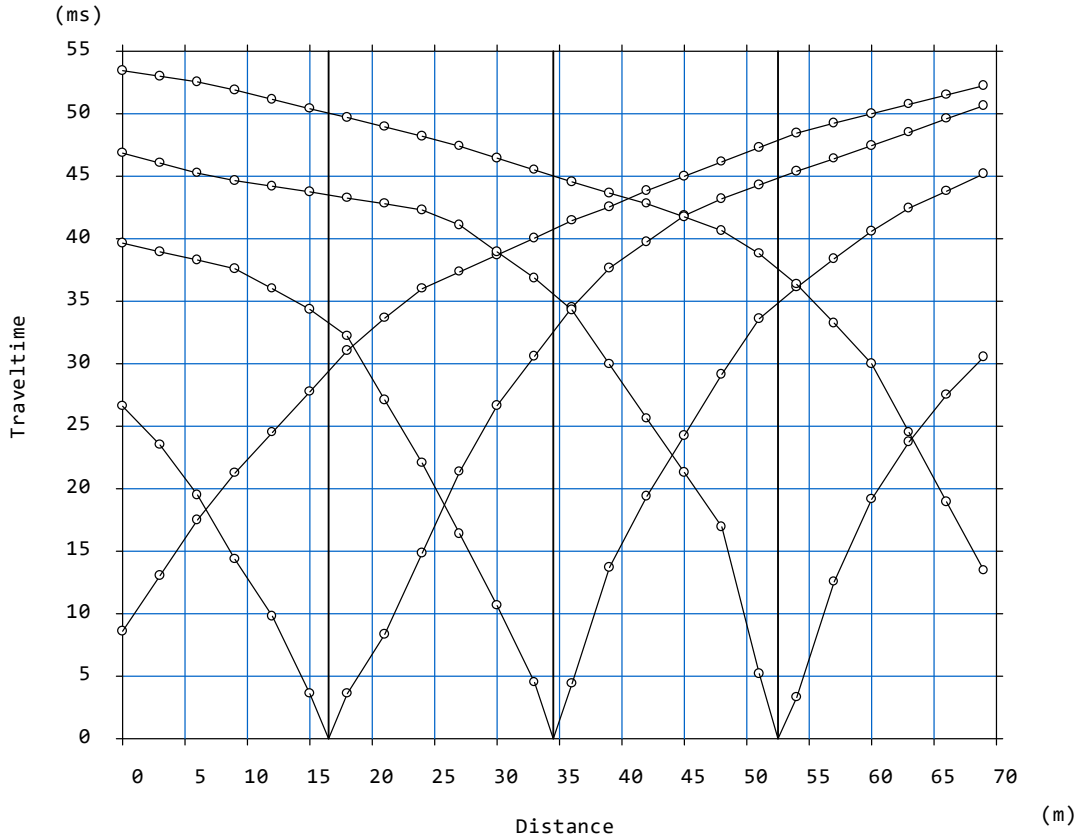
Descripción	Vp (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy alterada o aluvión compacta	1000 – 2000
Roca alterada o aluvión muy compacta	2000 – 4000
Roca poco alterada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

Arce Helberg (1990)

	PROYECTO:	ESCALA:	LÍNEA SÍSMICA:	LAMINA:
GEO CENTER LAB	**"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	**Gráfica**	**LS-01**	**06**

LÍNEA SÍSMICA LS-02

Dromocrónica

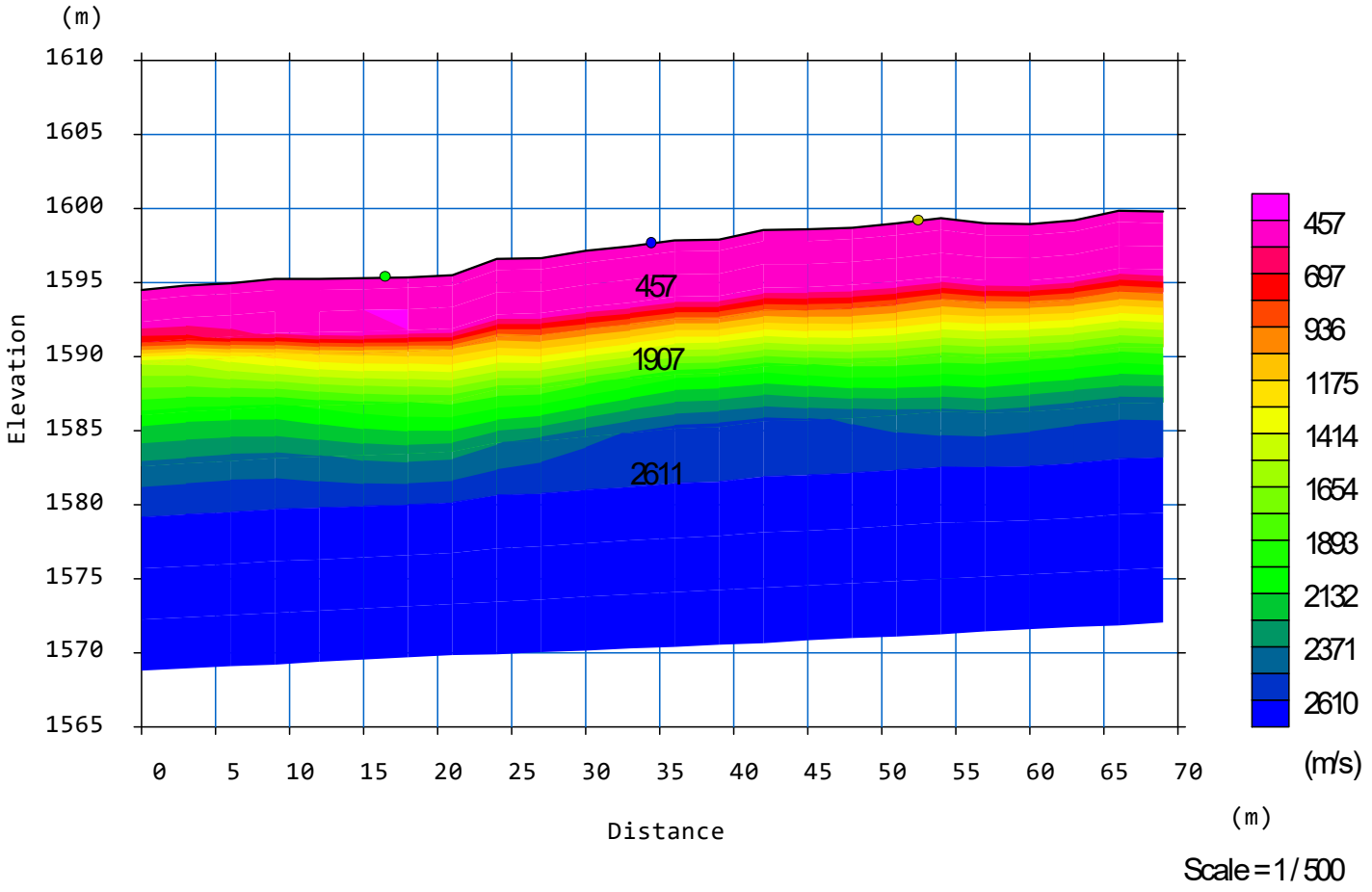


Scale=1/500

GEO CENTER LAB	PROYECTO: **"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	ESCALA: **Gráfica**	LÍNEA SÍSMICA: **LS-02**	LAMINA: **07**

LÍNEA SÍSMICA LS-02

Perfil Sísmico

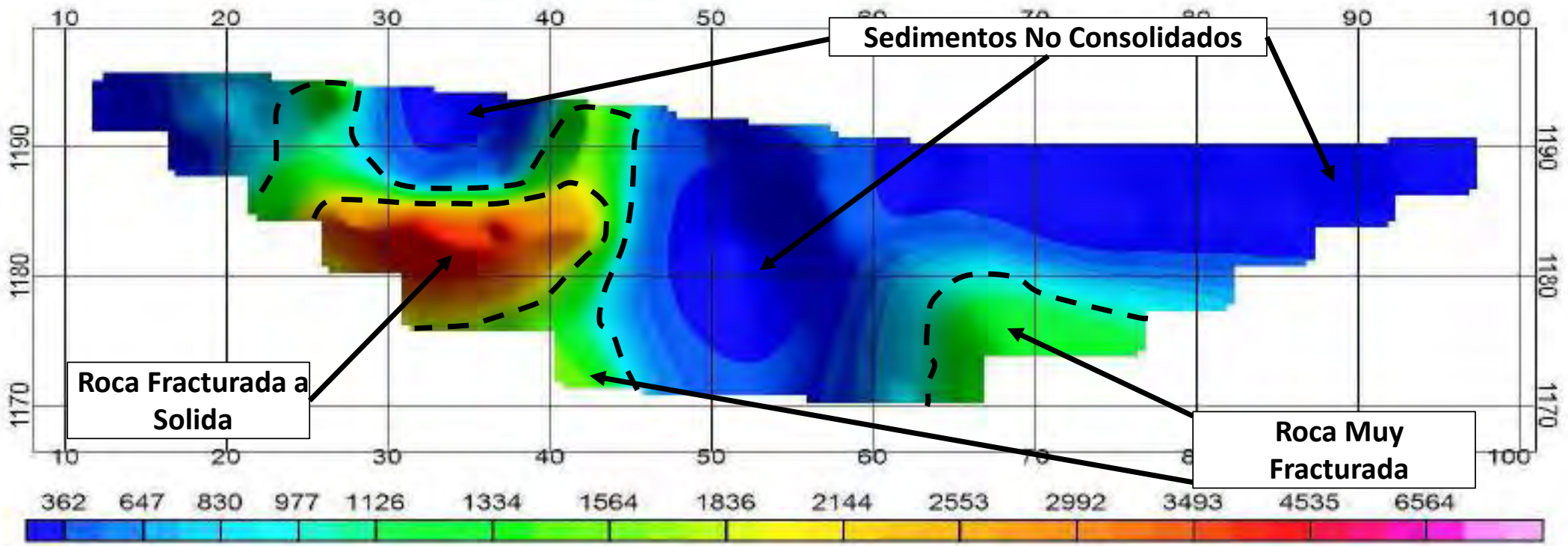


Descripción	Vp (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy alterada o aluvión compacta	1000 – 2000
Roca alterada o aluvión muy compacta	2000 – 4000
Roca poco alterada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

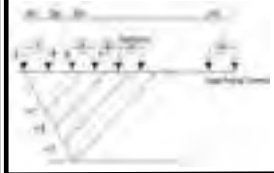
Arce Helberg (1990)

PROYECTO:	ESCALA:	LÍNEA SÍSMICA:	LAMINA:
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"	**Gráfica**	**LS-02**	**08**

Tomografía Eléctrica



CONFIGURACIÓN DIPOLO - DIPOLO



Sedimentos No Consolidados (ρ:100-975 Ω.m)

Está representado por colores azules claros a oscuros. Debido a sus valores de resistividades se trata de un suelo no consolidado permeable. Se observa la mayoría de la sección afectada por saturación de agua, es importante destacar que la línea tomográfica se realizó cercana a un baden lateral por el que pasa agua comúnmente.

Roca Muy Fracturada (ρ: 975-2142 Ω.m)

Está representado por colores verdes. Son permeables. El estrato sirve de matriz para los sedimentos saturados que almacena. Tiene espesor variable.

Roca Fracturada a Dura (ρ:2142-6564 Ω.m)

Está representado por colores amarillo a morado. Podemos asociar este estrato a una roca que hacia profundidades mayores se encontrará menos alterada. En esta sección solo hay una pequeña parte a 10 metros de la superficie hacia la parte izquierda.

CLIENTE

IVAN CARHUALLANQUI

PROYECTO

"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"

UBICACIÓN:

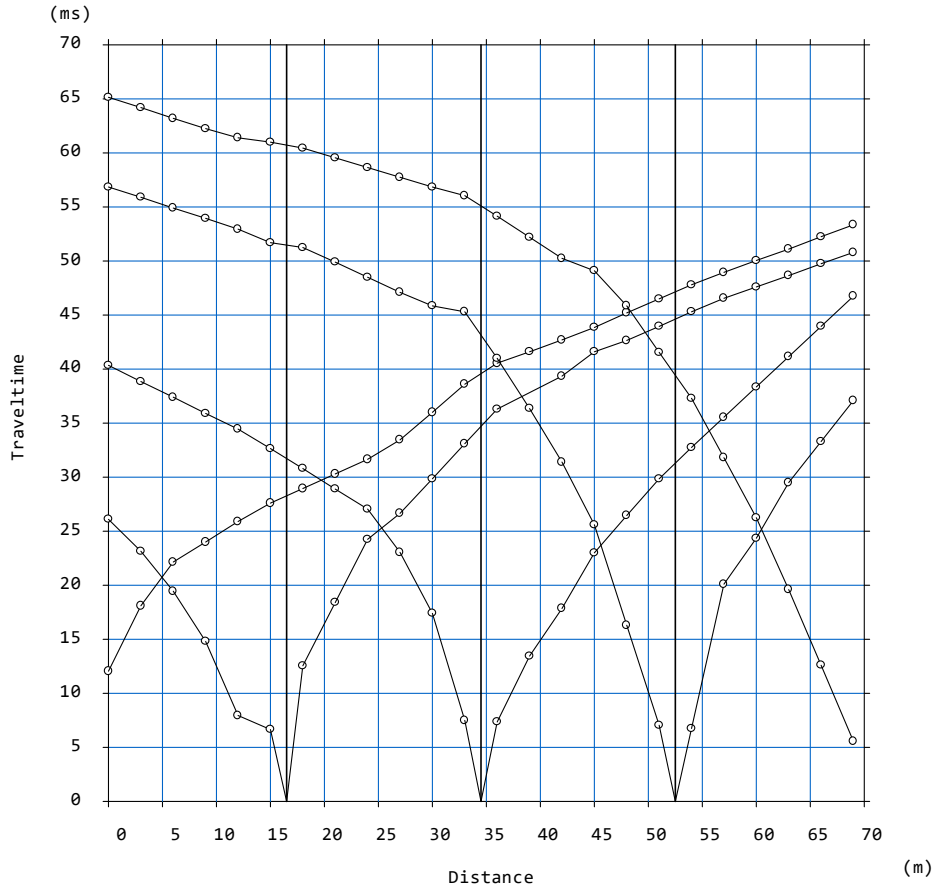
SECTOR INESTABLE 02

Anexo 11.3 Refracción sísmica y Tomografía Eléctrica del Sector del Km 94+050 al 94+100

Refracción Sísmica

LÍNEA SÍSMICA LS-01

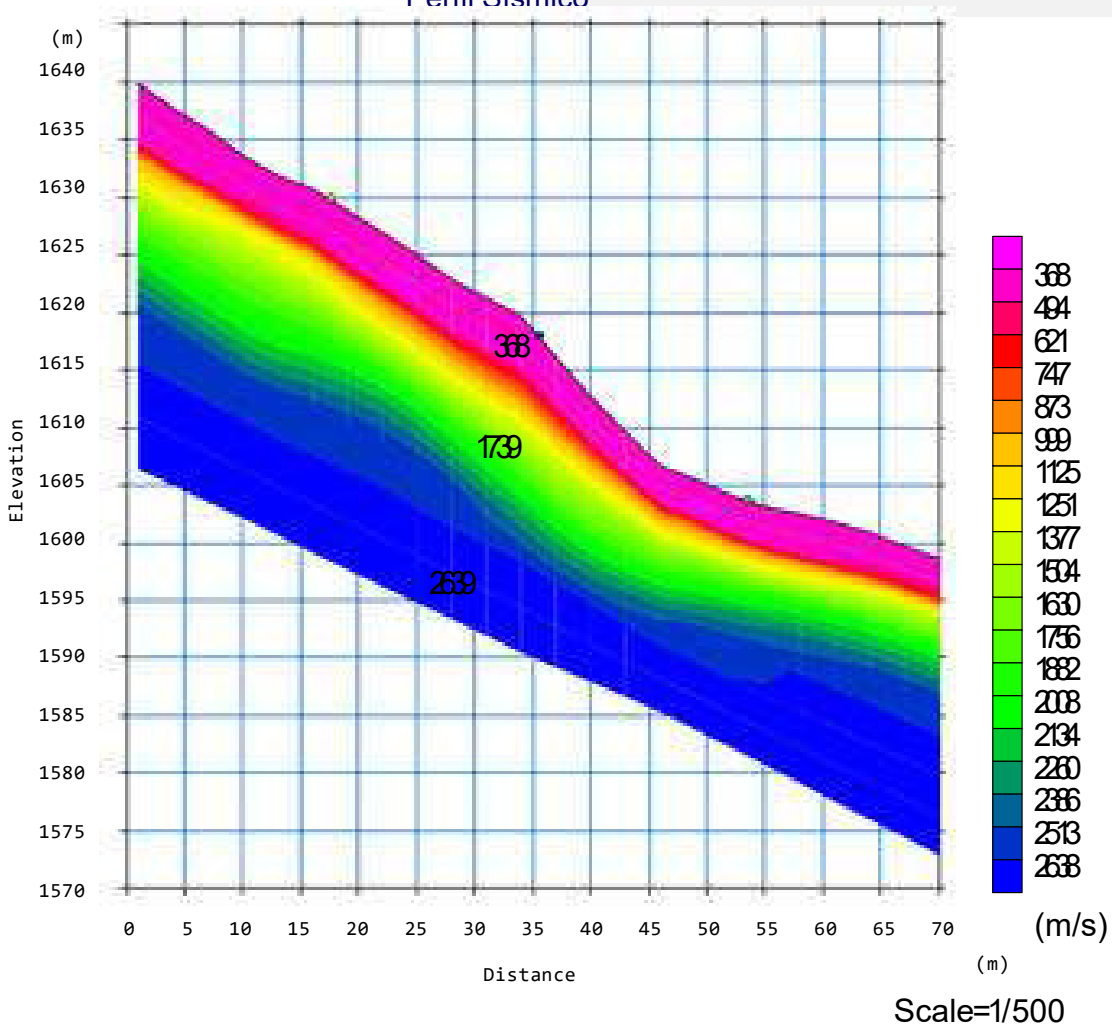
Dromocrónica



Scale=1/500

GEO CENTER LAB	PROYECTO: **"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	ESCALA: **Gráfica**	LÍNEA SÍSMICA: **LS-01**	LAMINA: **09**

LÍNEA SÍSMICA LS-01



Scale=1/500

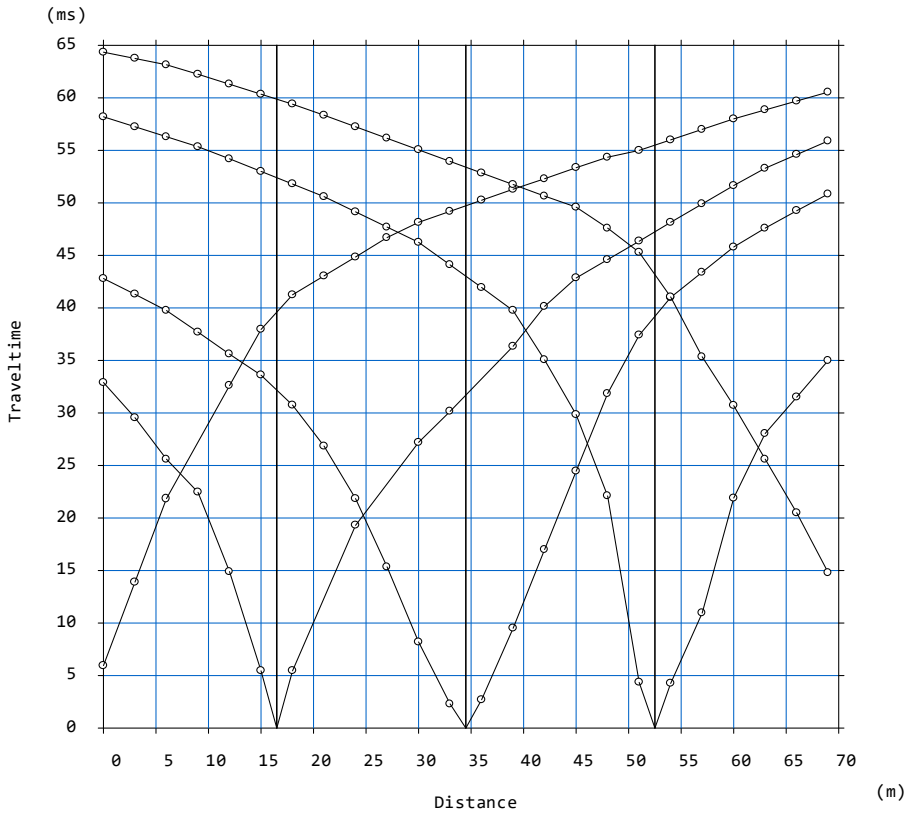
Descripción	Vp (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy alterada o aluvión compacta	1000 – 2000
Roca alterada o aluvión muy compacta	2000 – 4000
Roca poco alterada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

Arce Helberg (1990)

	PROYECTO:	ESCALA:	LÍNEA SÍSMICA:	LAMINA:
GEO CENTER LAB	**"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	**Gráfica**	**LS-01**	**10**

LÍNEA SÍSMICA LS-02

Dromocrónica

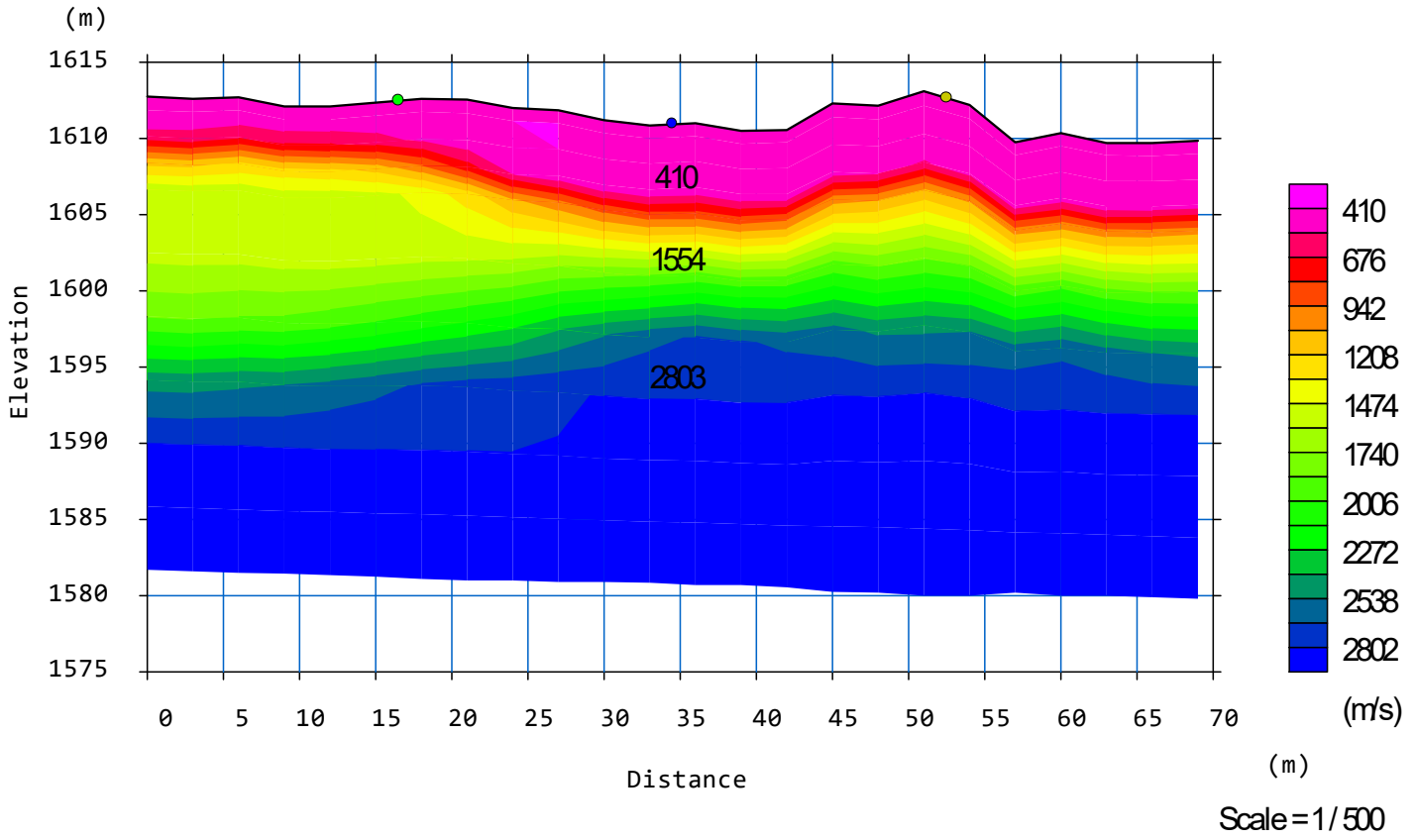


Scale=1/500

	PROYECTO:	ESCALA:	LÍNEA SÍSMICA:	LAMINA:
GEO CENTER LAB	**"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	**Gráfica**	**LS-02**	**11**

Perfil Sísmico

LÍNEA SÍSMICA LS-02

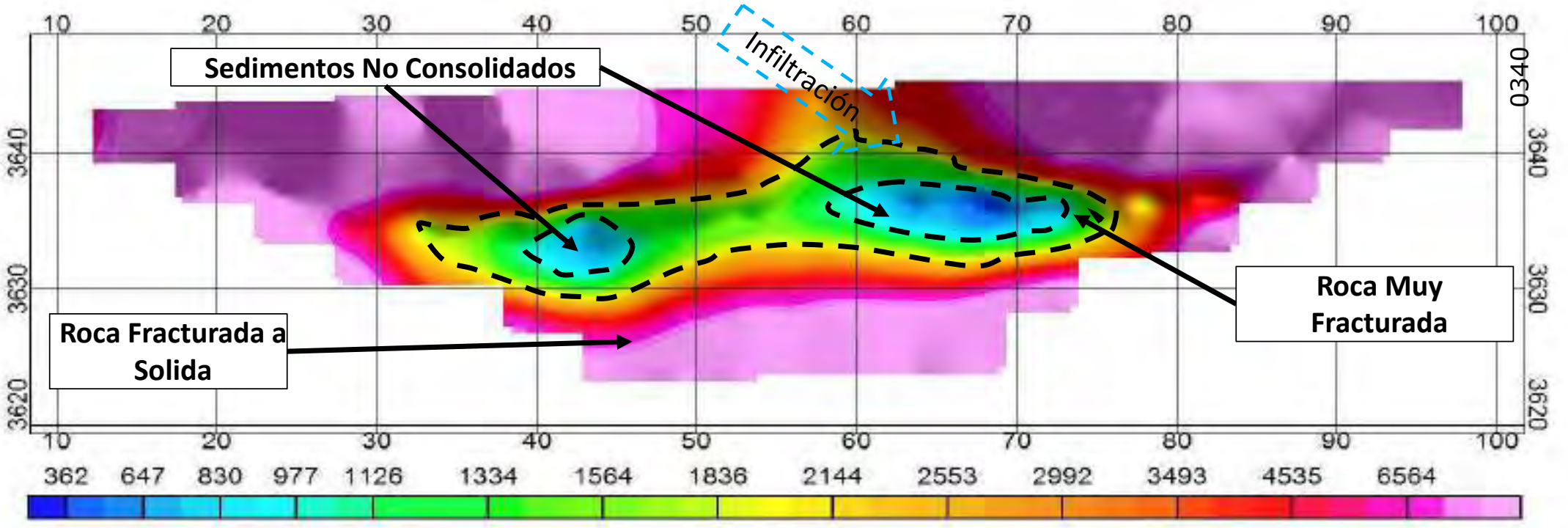


Descripción	Vp (m/s)
Suelo de cobertura	< 1000
Roca muy alterada o aluvión compacta	1000 – 2000
Roca alterada o aluvión muy compacta	2000 – 4000
Roca poco alterada	4000 – 5000
Roca firme	> 5000

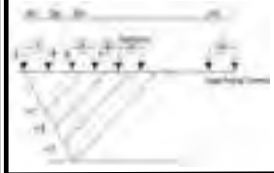
Arce Helberg (1990)

GEO CENTER LAB	PROYECTO: **"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"**	ESCALA: **Gráfica**	LÍNEA SÍSMICA: **LS-02**	LAMINA: **12**

Tomografía Eléctrica



CONFIGURACIÓN DIPOLO - DIPOLO



Sedimentos No Consolidados (ρ: ρ:100-975 Ω.m)

Está representado por colores azules claros a oscuros. Debido a sus valores de resistividades se trata de un suelo no consolidado permeable. Se observan en el centro de la sección, es importante destacar que en el medio de la línea se encuentra una zona inestable. El espesor de esta zona seria de 5 a 8 metros de espesor.

Roca Muy Fracturada (ρ: 975-2142 Ω.m)

Está representado por colores verdes. Son permeables. En esta sección solo se muestra como zona de transición al estrato más consolidado.

Roca Fracturada a Dura (ρ:2142-6564 Ω.m)

Está representado por colores amarillo a morado. Podemos asociar este estrato a una roca que hacia profundidades mayores se encontrará menos alterada. Se extiende en toda la sección a excelcion del centro, aqui se evidencia infiltración de agua, lo que nos revela la alta permeabilidad de esta roca.

CLIENTE

IVAN CARHUALLANQUI

PROYECTO

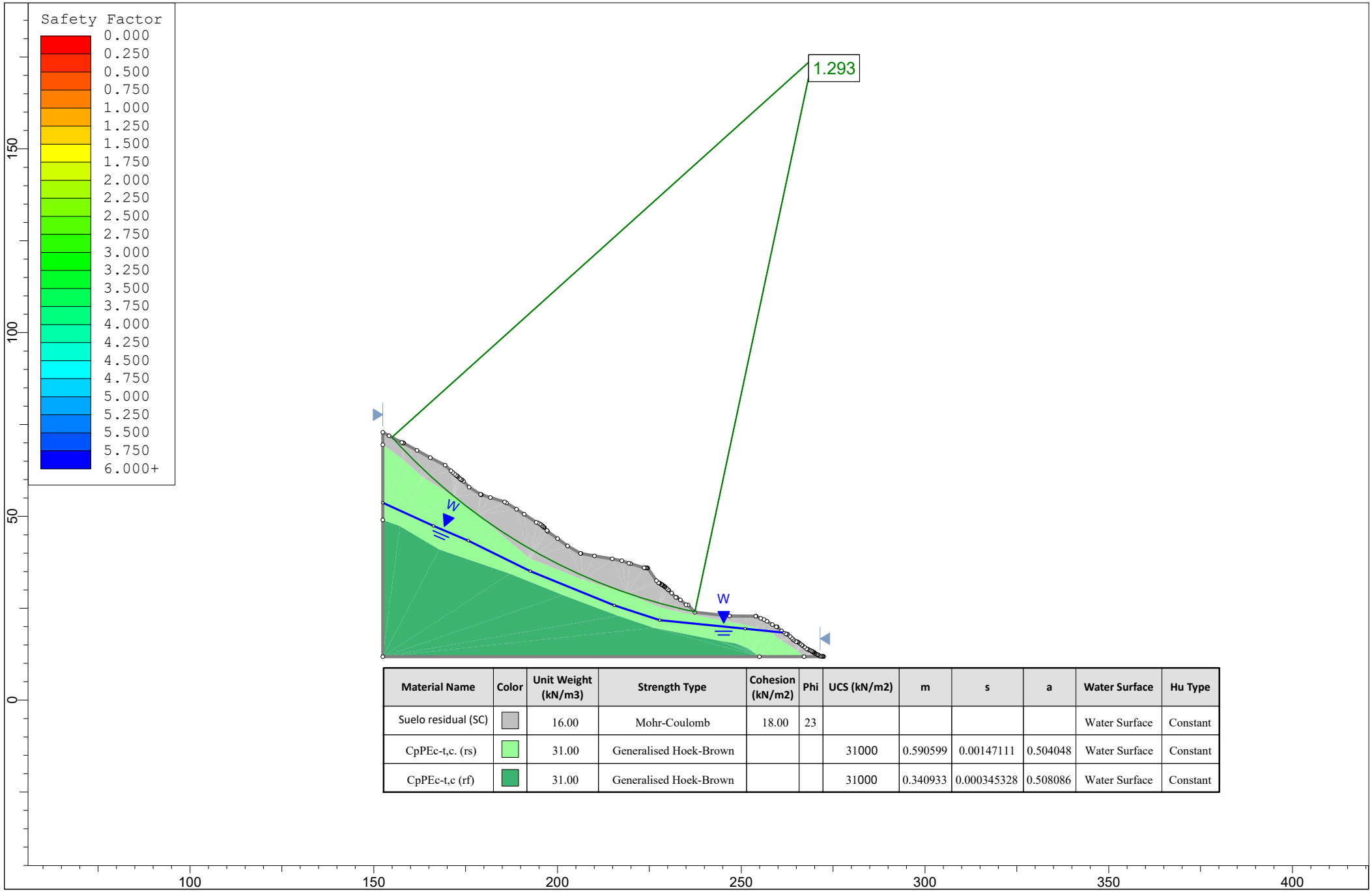
"ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y PROPUESTA DE SOLUCIONES GEOTÉCNICAS PARA LA CARRETERA QUINUA – SAN FRANCISCO, PROVINCIA DE LA MAR, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 84+000 AL KM 95+000"

UBICACIÓN:

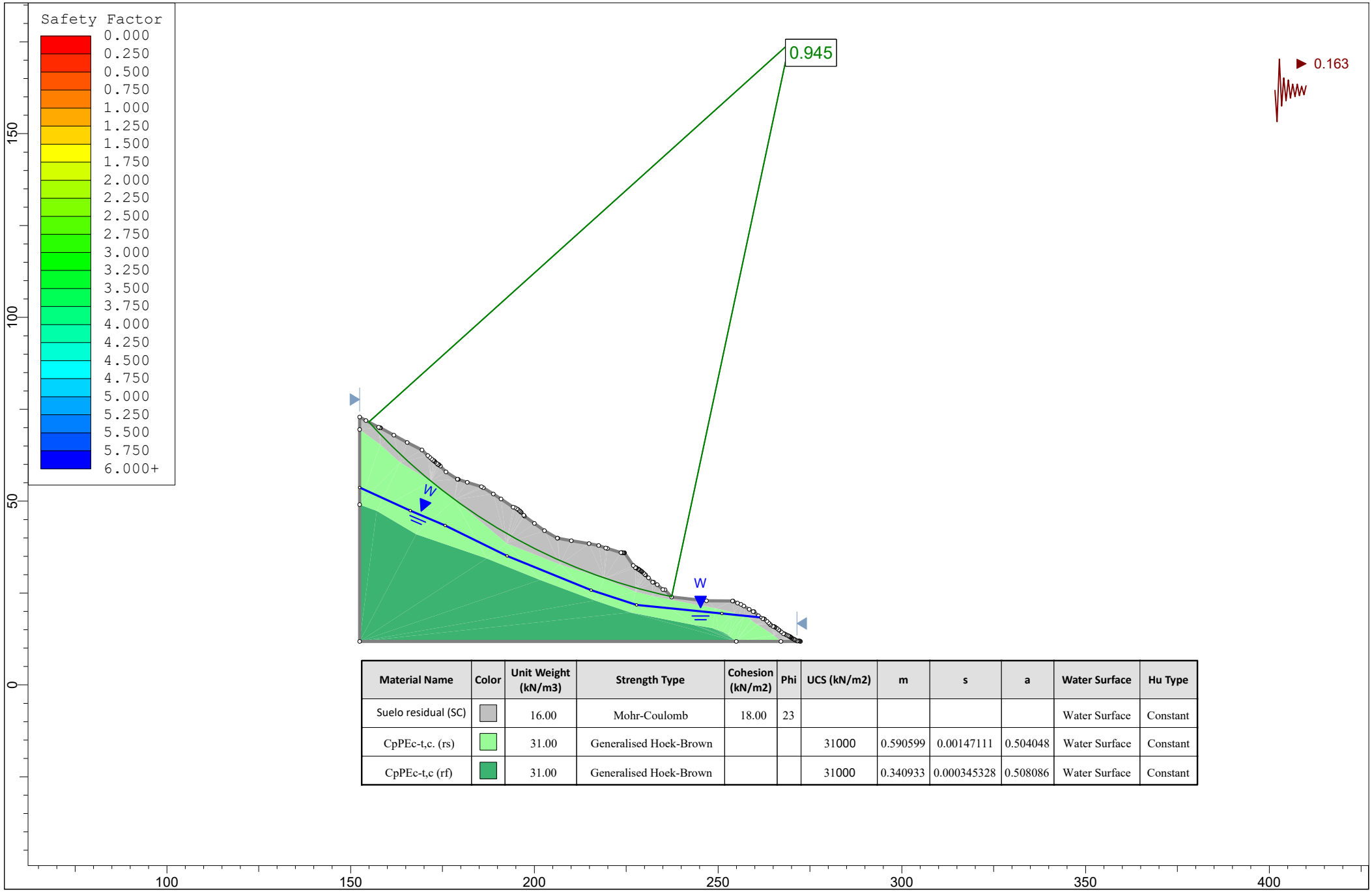
SECTOR INESTABLE 03

Anexo 12. Análisis de Estabilidad de Taludes

Anexo 12.1 Análisis de Estabilidad de taludes del Sector del Km 84+030 - 84+100

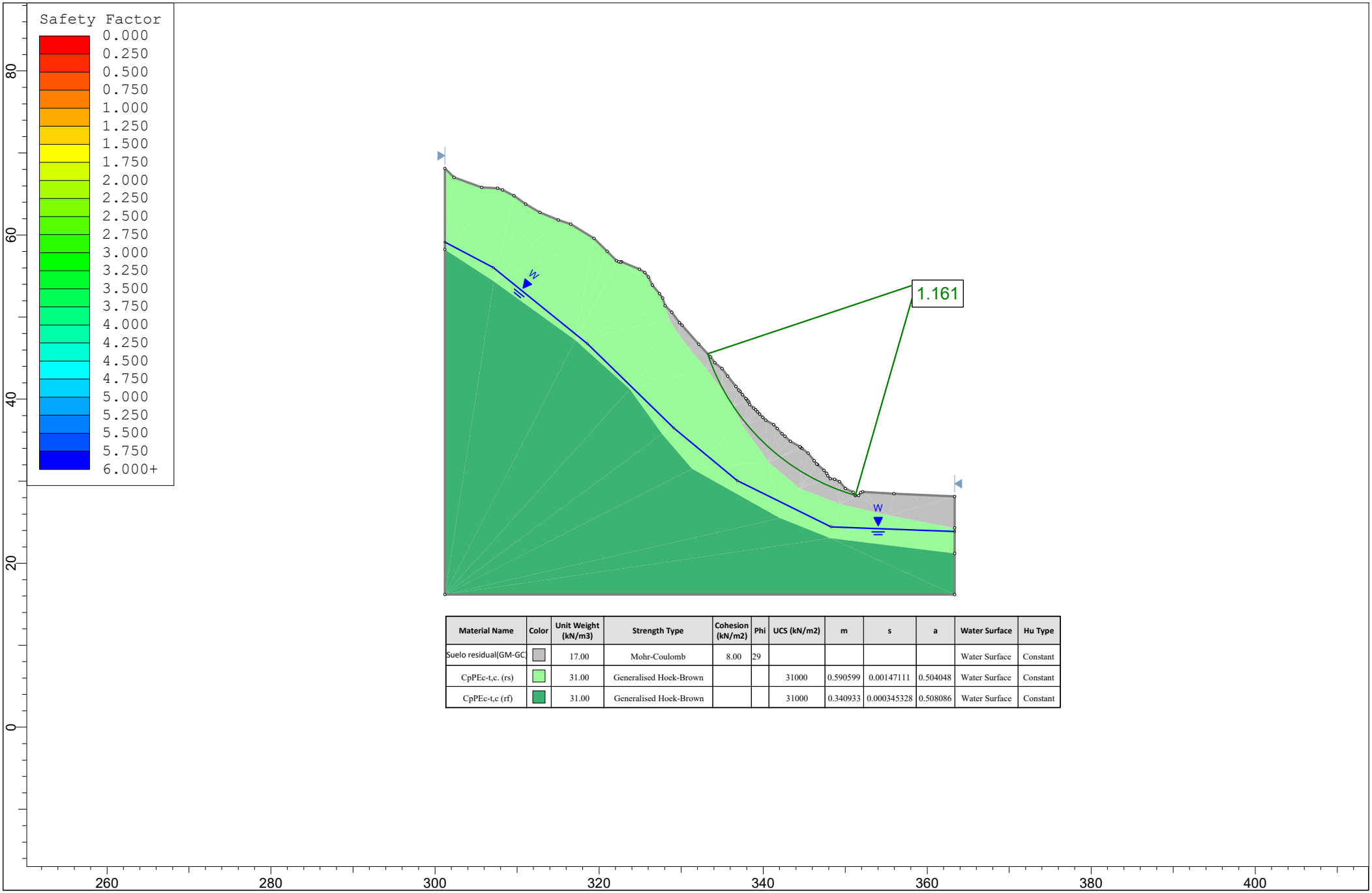


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (SC)		16.00	Mohr-Coulomb	18.00	23					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant

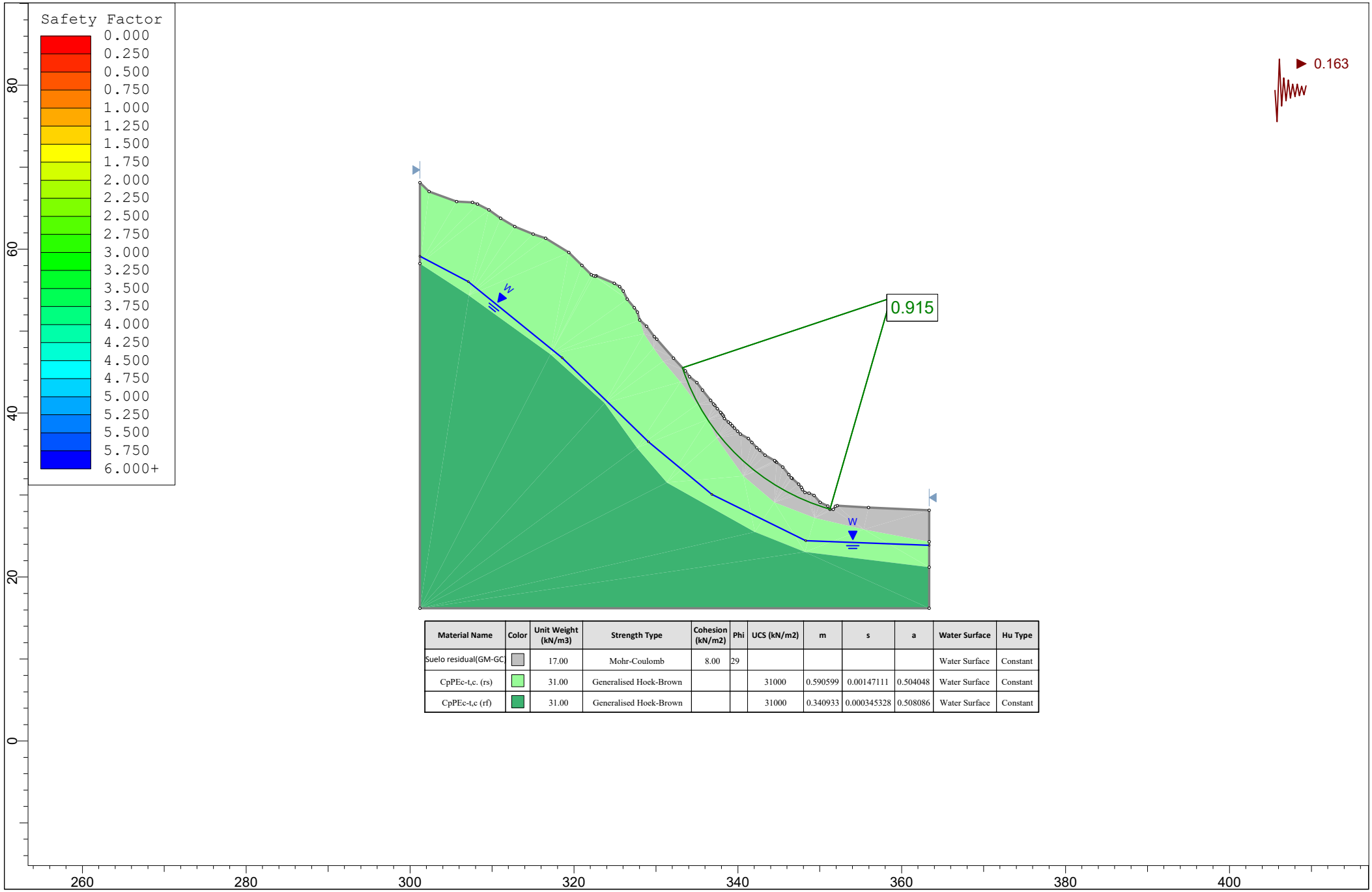


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (SC)		16.00	Mohr-Coulomb	18.00	23					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant

Anexo 12.2 Análisis de Estabilidad de taludes del Sector del Km 85+940 al 86+160

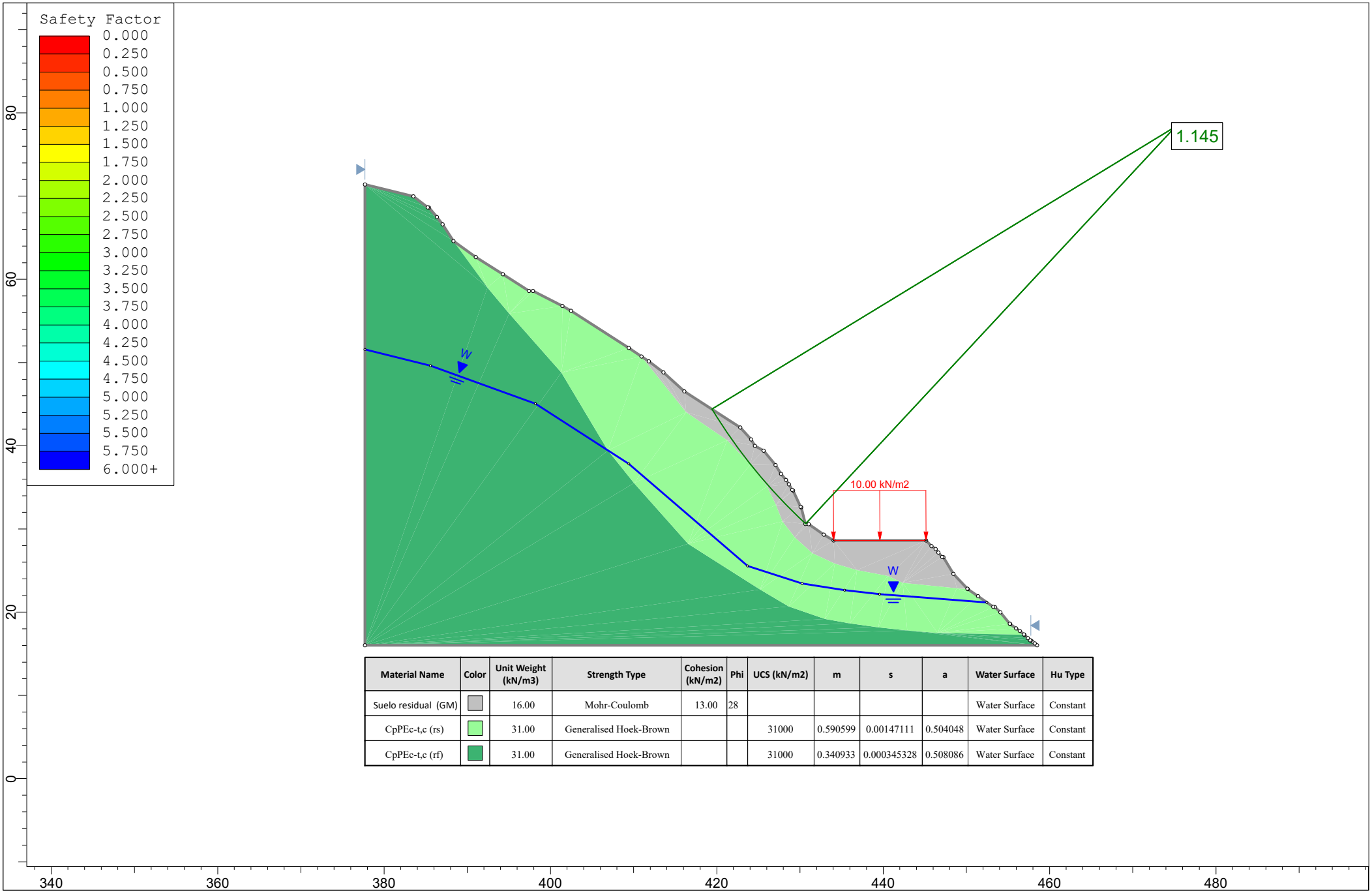


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual(GM-GC)		17.00	Mohr-Coulomb	8.00	29					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant

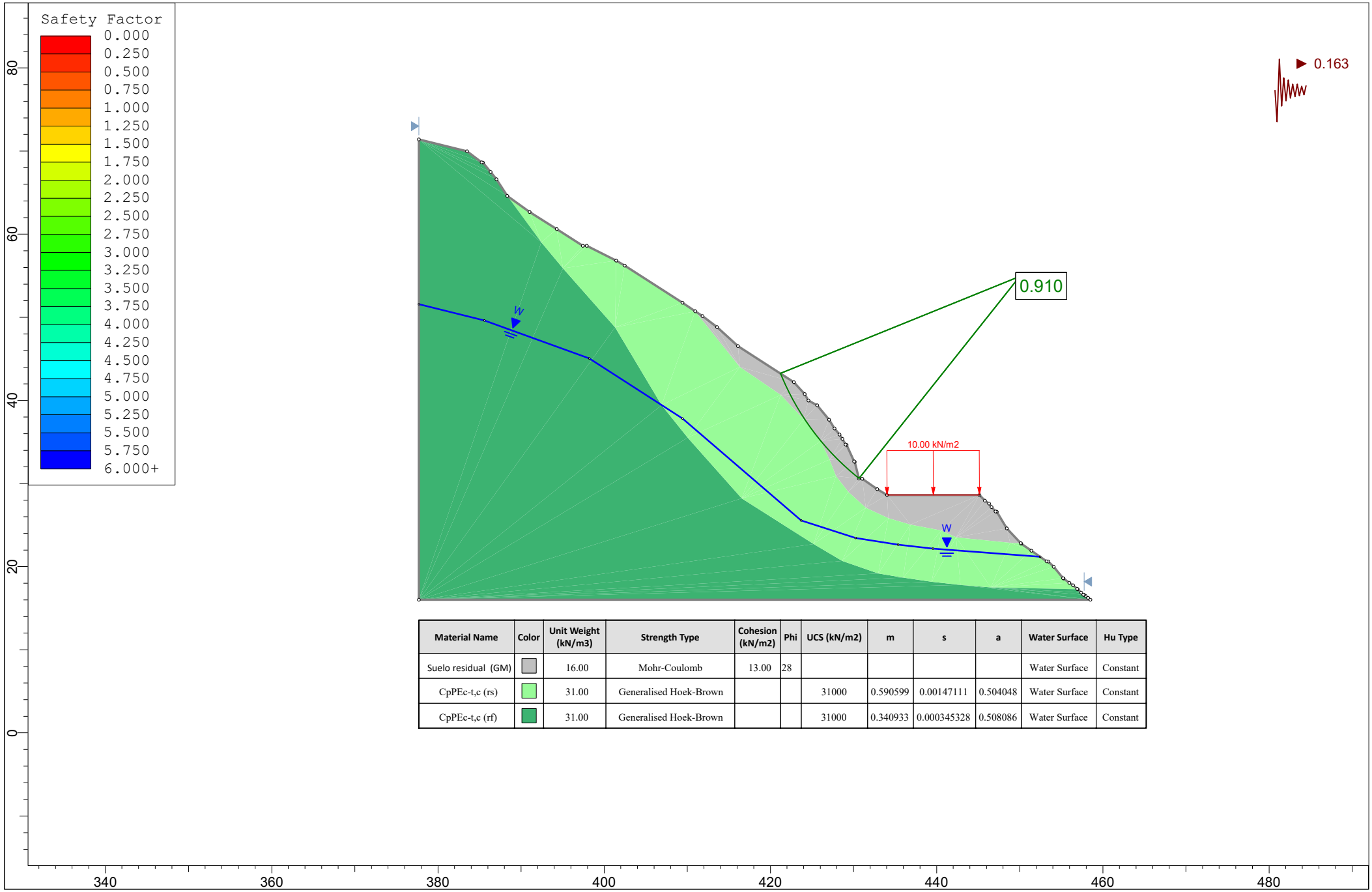


Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual(GM-GC)		17.00	Mohr-Coulomb	8.00	29					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant

Anexo 12.3 Análisis de Estabilidad de taludes del Sector del Km 94+050 al 94+100



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM)		16.00	Mohr-Coulomb	13.00	28					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM)		16.00	Mohr-Coulomb	13.00	28					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant

Anexo 13. Memoria de cálculo – Diseño de Muro de gaviones y Muro de Suelo Reforzado (Software Geo5)

Anexo 13.1 Memoria de Cálculo del Sector del Km 84+030 - 84+100

Análisis de Muro gavión h = 6.0m

Análisis: Estado Estático

Proyecto : Estabilización Sector 1. La Mar, Ayacucho, Perú
Parte : Sector 1. Km 84+030 - Km 84 +100
Fecha : 31/10/2025

Análisis de muro

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)
Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb
Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Mazindrani (Rankine)
Análisis sísmico : Mononobe-Okabe
Forma de la cuña de la tierra : Calcular oblicuo
Excentricidad permitida : 0.333

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Frente al vuelco :	SF_o =	2.00	[–]
Para resistencia al deslizamiento :	SF_s =	2.00	[–]
Para capacidad portante :	SF_b =	2.50	[–]
Para fuerza de malla :	SF_n =	1.50	[–]

Coeficientes de reducción			
Situación de diseño permanente			
Para fricción entre bloques :	γ_f =	1.50	[–]

Factores de seguridad			
Situación de diseño sísmico			
Frente al vuelco :	SF_o =	1.50	[–]
Para resistencia al deslizamiento :	SF_s =	1.50	[–]
Para capacidad portante :	SF_b =	2.00	[–]
Para fuerza de malla :	SF_n =	1.13	[–]

Coeficientes de reducción			
Situación de diseño sísmico			
Para fricción entre bloques :	γ_f =	1.13	[–]

Material de bloques - relleno

Número	Nombre	γ [kN/m³]	φ [°]	c [kPa]
1	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C	18.00	36.00	0.00

Material de bloques - malla

Número	Nombre	Resistencia Sobresalir R_t [kN/m]	Espacio de malla vert. v [m]	Cap.port. de diaclasa frontal R_s [kN/m]
1	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C	60.00	1.00	40.80

Geometría de la estructura

Número	Ancho b [m]	Altura h [m]	Corrimiento a [m]	Material
6	1.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C

Número	Ancho b [m]	Altura h [m]	Corrimiento a [m]	Material
5	2.00	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
4	2.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
3	3.00	1.00	0.50	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
2	3.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
1	3.50	1.00	-	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C

Pendiente Gavión = 0.00 °
Altura completa = 6.00 m
Volumen completo del muro = 16.00 m³/m

Datos básicos del suelo

Número	Nombre	Trama	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	Suelo residual (SC)		29.00	6.00	16.00	7.00	20.00
2	CpPEc-t,c. (rs)		33.00	350.00	31.90	22.00	22.00
3	RELLENO ESTRUCTURAL		36.00	0.00	19.00	10.00	24.00

Datos del suelo para calcular la presión en reposo

Número	Nombre	Trama	Tipo Calcular	φ_{ef} [°]	v [–]	OCR [–]	K_0 [–]
1	Suelo residual (SC)		cohesivo	-	0.30	-	-
2	CpPEc-t,c. (rs)		granular	33.00	-	-	-
3	RELLENO ESTRUCTURAL		granular	36.00	-	-	-

Datos del suelo

Depósito residual

Datos básicos

Peso unitario : γ = 16.00 [kN/m³]
Estado de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 29.00 [°]
Cohesión : c_{ef} = 6.00 [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : δ = 20.00 [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo cohesivo
Coeficiente de Poisson : v = 0.30 [-]

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 17.00 [kN/m³]

Vista

Muestra :

CpPEc-t,c. (rs)

Datos básicos

Peso unitario : $\gamma = 31.90$ [kN/m³]
Estado de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 33.00$ [°]
Cohesión : $c_{ef} = 350.00$ [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 22.00$ [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo granular

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 32.00$ [kN/m³]

Vista

Muestra :

RELLENO ESTRUCTURAL

Datos básicos

Peso unitario : $\gamma = 19.00$ [kN/m³]
Estado de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 36.00$ [°]
Cohesión : $c_{ef} = 0.00$ [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 24.00$ [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo granular

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 20.00$ [kN/m³]

Vista

Muestra :

Relleno

Terreno asignado : RELLENO ESTRUCTURAL
Talud = 60.00 °

Perfil geológico y suelos asignados

Número	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	5.50	0.00 .. 5.50	Suelo residual (SC)	
2	-	5.50 .. ∞	CpPEc-t,c. (rs)	

Cimentación

Tipo de cimentación : suelo desde perfil geológico

Perfil de terreno

Número	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
1	0.00	0.00
2	6.50	0.00
3	9.00	-2.50
4	11.00	-2.50

Número	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
5	13.50	-5.00
6	14.50	-5.00

El origen [0,0] está colocado en el borde superior derecho de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva
Suelo sobre la cara frontal de la estructura - Depósito residual
Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura h = 0.50 m

Forma del terreno en el frente de la estructura

Número	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-0.50
3	-12.00	-0.50
4	-19.94	4.79
5	-20.94	4.79

El origen [0,0] está colocado en el borde inferior izquierdo de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Configuraciones generales

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño: permanente
Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1 (Etapa de construcción 1)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.53	288.00	1.72	1.000
Resistencia del frente	-15.95	-0.22	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-5.33	4.66	2.17	1.000
Presión activa	77.14	-2.10	67.60	3.18	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco
Momento estabilizador M_{res} = 747.23 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 158.45 kNm/m

Factor de seguridad = 4.72 > 2.00
Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento
Fuerza horizontal resistente H_{res} = 1355.17 kN/m

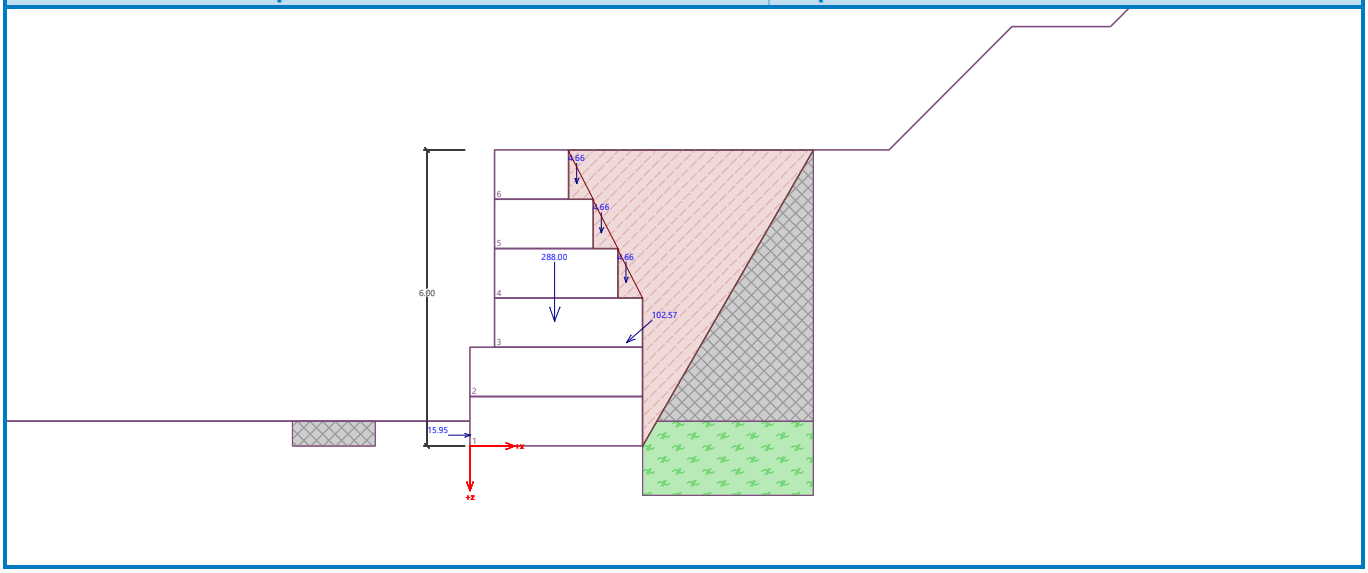
Fuerza horizontal activa H_{act} = 61.19 kN/m

Factor de seguridad = 22.15 > 2.00

Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 1 - 1



Capacidad portante del terreno de cimentación (Etapa de Análisis Estático)

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [–]	Tensión [kPa]
1	58.00	369.58	61.19	0.045	116.00

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	58.00	369.58	61.19

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata: Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal e = 0.045
Máxima excentricidad permitida e_{alw} = 0.333

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

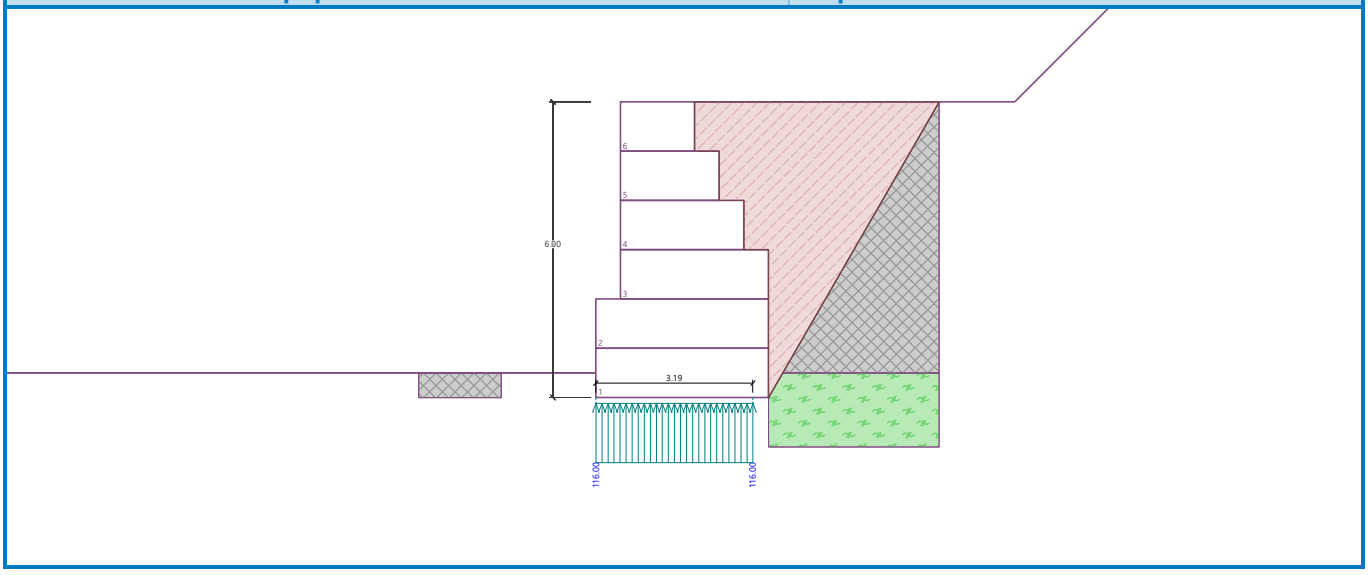
Max. tensión en el fondo de la zapata σ = 116.00 kPa
Capacidad portante permitida del terreno de cimentación R_d = 650.00 kPa

Factor de seguridad = 5.60 > 2.50

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 1 - -1



Dimensionamiento Nro.1 (Análisis Estático)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.10	225.00	1.71	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-2.33	4.66	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.17	1.000
Presión activa	54.76	-1.76	57.64	3.12	1.000

Verificación de la tensión máxima de junta constructiva - por encima del bloque Nro. 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 602.11 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 96.32 kNm/m

Factor de seguridad = 6.25 > 2.00
Conjunto para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 215.51 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 54.76 kN/m

Factor de seguridad = 3.94 > 2.00
Junta para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Máxima presión en la base del bloque = 86.98 kPa
Coef. de Red. para corrimiento del bloque superior = 1.00
Valor promedio de la presión en el frente = 32.24 kPa
Resistencia al corte transmitida por fricción = 143.67 kN/m

Capacidad portante contra presión transversal:

Capacidad portante de la junta = 40.80 kN/m

Cálculo de estado de tensión = 16.12 kN/m

Factor de seguridad = 2.53 > 1.50

Comprobar la presión transversal ES SATISFACTORIA

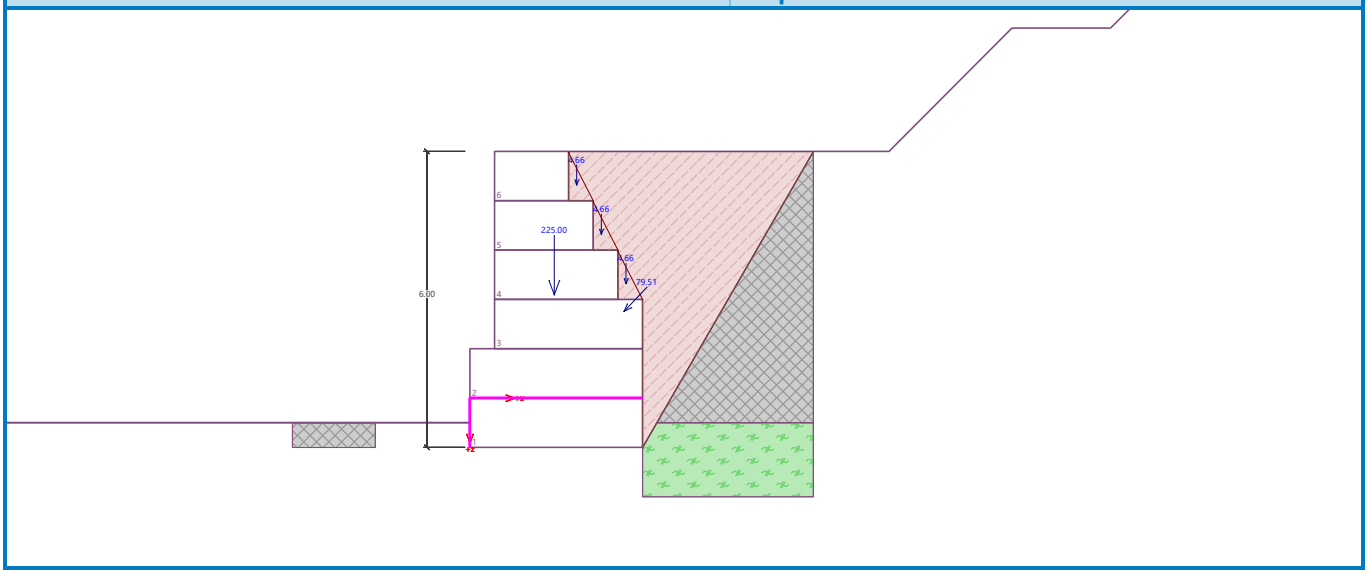
Comprobar la diaclasa entre bloques::

Malla de la capacidad port. del material = 60.00 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 16.12 kN/m

Factor de seguridad = 3.72 > 1.50

Junta entre bloques ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 1 - 1



Análisis Pseudo-Estático.

Perfil geológico y suelos asignados

Número	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	5.50	0.00 .. 5.50	SC	
2	-	5.50 .. ∞	CpPEc-t,c. (rs)	

Cimentación

Tipo de cimentación : suelo desde perfil geológico

Perfil de terreno

Número	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
1	0.00	0.00
2	6.50	0.00
3	9.00	-2.50
4	11.00	-2.50
5	13.50	-5.00

Número	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
6	14.50	-5.00

El origen [0,0] está colocado en el borde superior derecho de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva
Suelo sobre la cara frontal de la estructura - Depósito residual
Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura h = 0.50 m

Forma del terreno en el frente de la estructura

Número	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-0.50
3	-12.00	-0.50
4	-19.94	4.79
5	-20.94	4.79

El origen [0,0] está colocado en el borde inferior izquierdo de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Sismo

Factor de aceleración horizontal K_h = 0.1630
Factor de aceleración vertical K_v = 0.0000

El agua debajo del NF está confinada.

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño: sísmico
Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1 (Análisis Pseudo-Estático)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.53	288.00	1.72	1.000
Sismo - construcción	46.94	-2.53	0.00	1.72	1.000
Resistencia del frente	-15.95	-0.22	0.00	0.00	1.000
Sismo - frente	0.59	-0.33	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	3.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-3.33	0.00	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.67	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-4.33	0.00	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-5.33	4.66	2.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-5.33	0.00	2.17	1.000
Presión activa	77.14	-2.10	67.60	3.18	1.000
Sismo - presión activa	37.50	-4.07	60.21	2.72	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 910.81 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 440.14 kNm/m

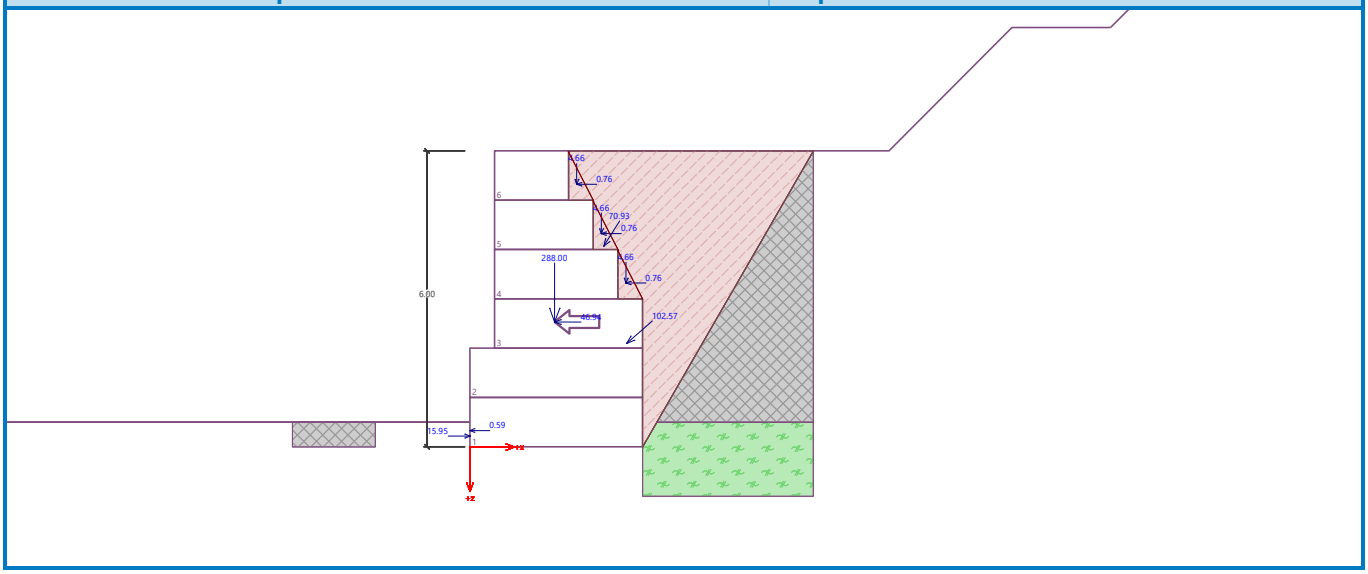
Factor de seguridad = 2.07 > 1.50
Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento
Fuerza horizontal resistente H_{res} = 1045.70 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 148.50 kN/m

Factor de seguridad = 7.04 > 1.50
Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 2 - 1



Capacidad portante del terreno de cimentación (Etapa de construcción 2)

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [–]	Tensión [kPa]
1	281.46	429.79	148.50	0.187	196.23

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Número	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	281.46	429.79	148.50

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad
Máx. excentricidad de fuerza normal e = 0.187
Máxima excentricidad permitida e_{alw} = 0.333

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

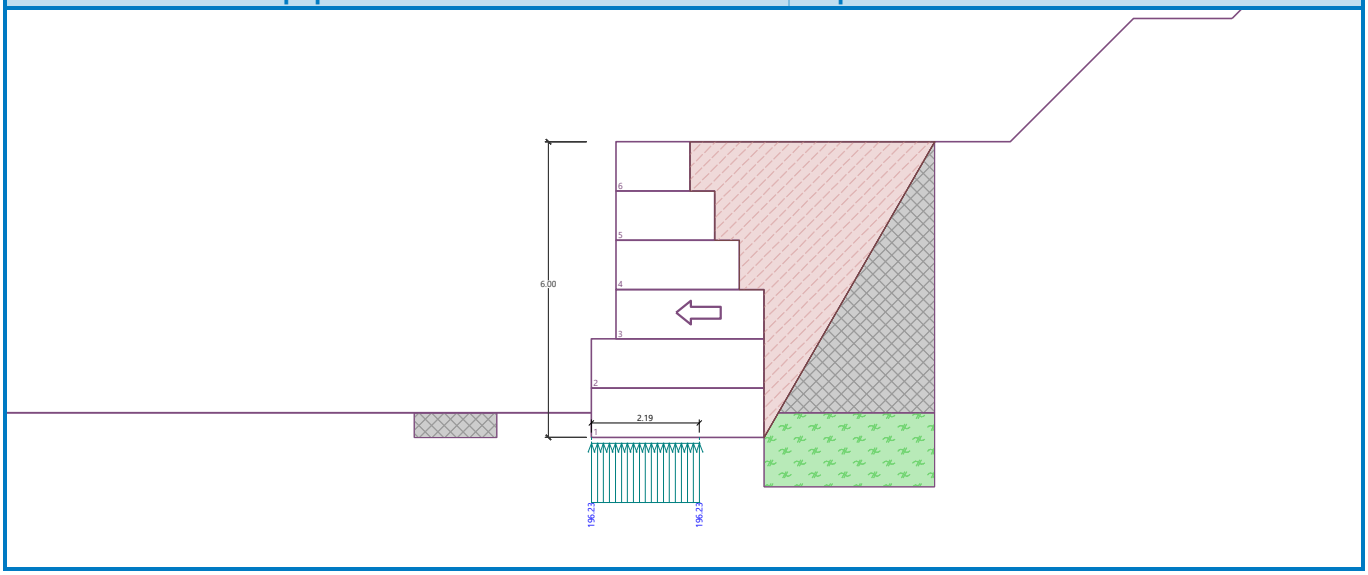
Max. tensión en el fondo de la zapata σ = 196.23 kPa
Capacidad portante permititda del terreno de cimentación R_d = 600.00 kPa

Factor de seguridad = 3.06 > 2.00

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 2 - -1



Dimensionamiento Nro.1 (Análisis Pseudo-Estático)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.10	225.00	1.71	1.000
Sismo - construcción	36.68	-2.10	0.00	1.71	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-2.33	4.66	3.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-2.33	0.00	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	2.67	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-3.33	0.00	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-4.33	0.00	2.17	1.000
Presión activa	54.76	-1.76	57.64	3.12	1.000
Sismo - presión activa	26.39	-3.38	45.56	2.67	1.000

Verificación de la tensión máxima de junta constructiva - por encima del bloque Nro. 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 723.88 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 270.11 kNm/m

Factor de seguridad = 2.68 > 1.50

Conjunto para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 248.61 kN/m

Fuerza horizontal activa H_{act} = 120.10 kN/m

Factor de seguridad = 2.07 > 1.50
Junta para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Máxima presión en la base del bloque = 129.02 kPa
Coef. de Red. para corrimiento del bloque superior = 1.00
Valor promedio de la presión en el frente = 46.36 kPa
Resistencia al corte transmitida por fricción = 220.01 kN/m

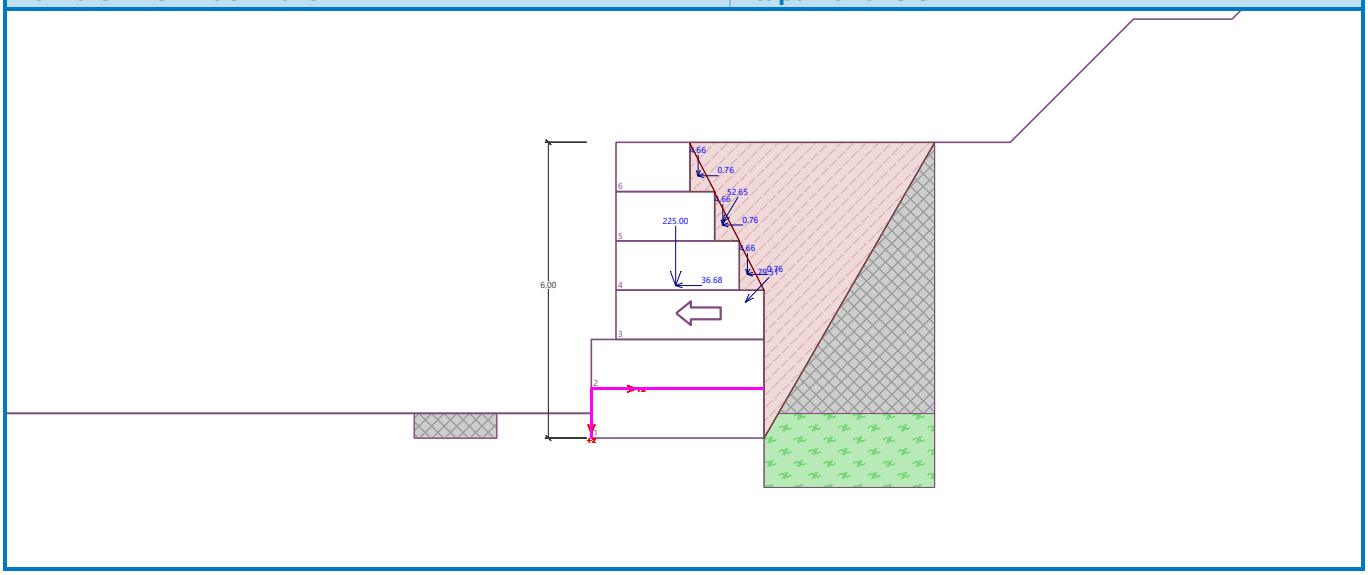
Capacidad portante contra presión transversal:
Capacidad portante de la junta = 40.80 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 23.18 kN/m

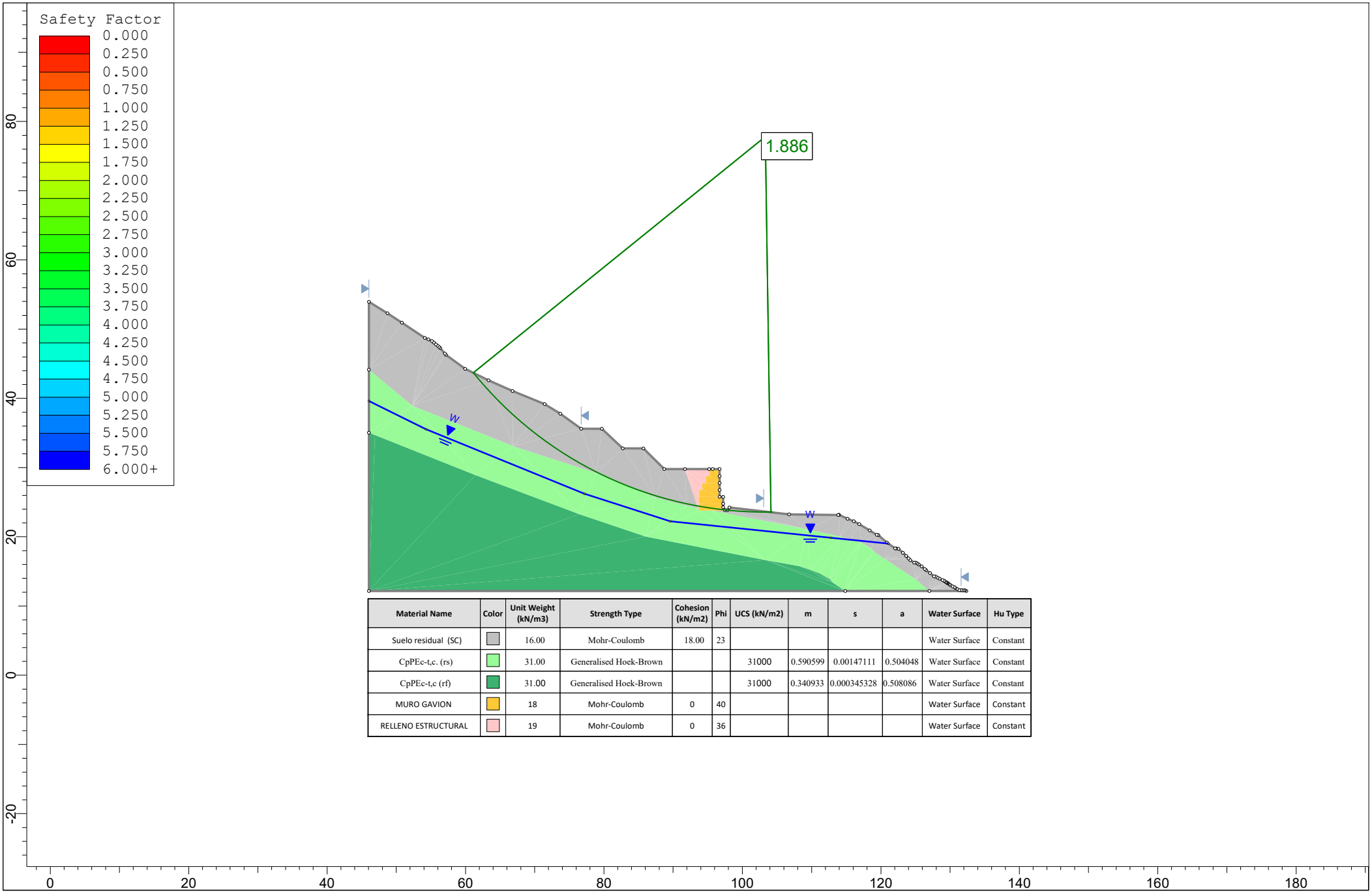
Factor de seguridad = 1.76 > 1.13
Comprobar la presión transversal ES SATISFACTORIA

Comprobar la diaclasa entre bloques::
Malla de la capacidad port. del material = 60.00 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 23.18 kN/m

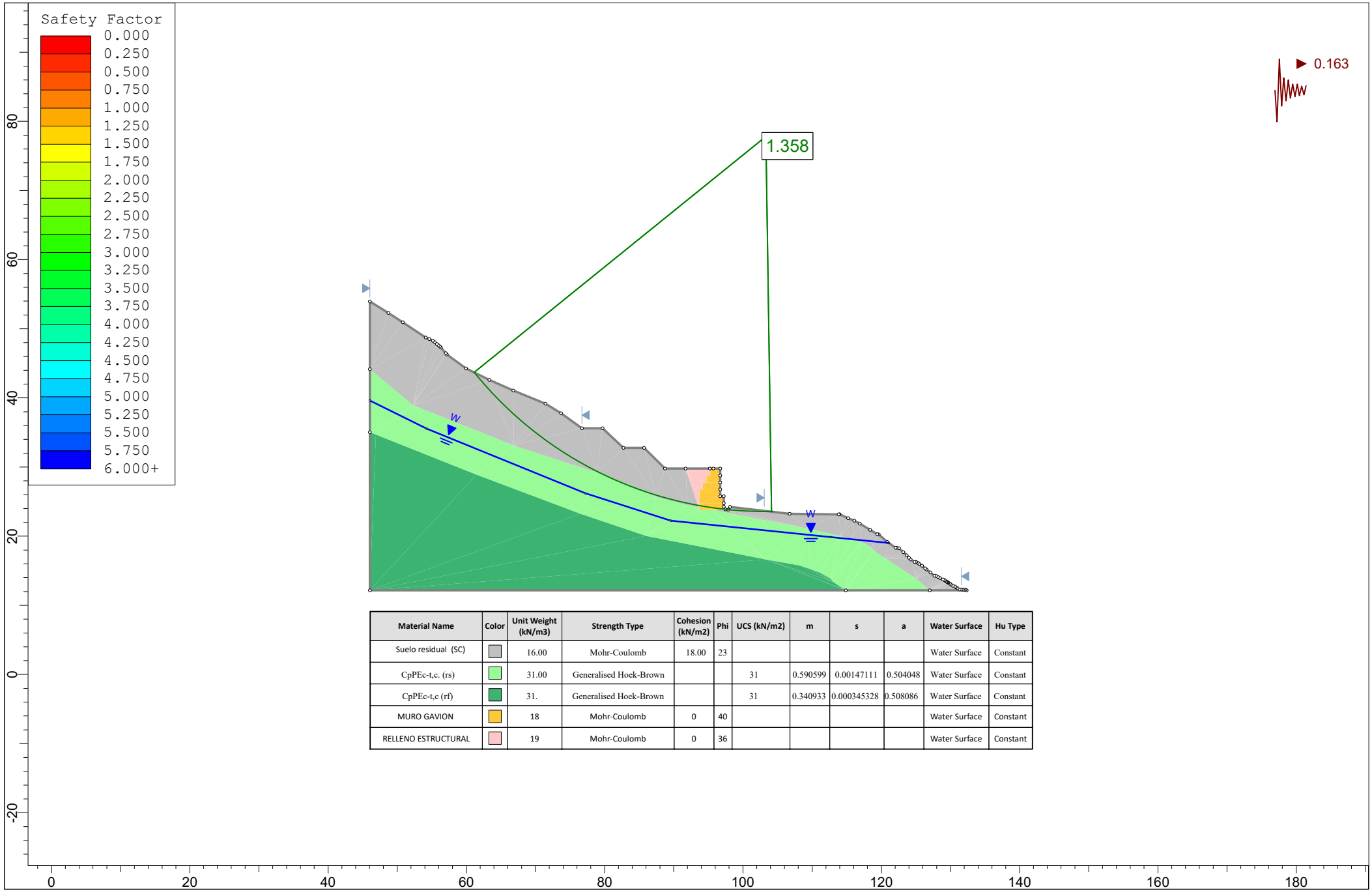
Factor de seguridad = 2.59 > 1.13
Junta entre bloques ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 2 - 1





Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (SC)		16.00	Mohr-Coulomb	18.00	23					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant
MURO GAVION		18	Mohr-Coulomb	0	40					Water Surface	Constant
RELLENO ESTRUCTURAL		19	Mohr-Coulomb	0	36					Water Surface	Constant



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (SC)		16.00	Mohr-Coulomb	18.00	23					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.	Generalised Hoek-Brown			31	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant
MURO GAVION		18	Mohr-Coulomb	0	40					Water Surface	Constant
RELLENO ESTRUCTURAL		19	Mohr-Coulomb	0	36					Water Surface	Constant

Anexo 1**3**.2 Memoria de Cálculo del Sector del Km 85+940 al 86+160

Análisis de Muro gavión h = 6.0m

Análisis: Estado Estático

Proyecto : Estabilización Sector 2. La Mar, Ayacucho, Perú
Parte : Sector 1. Km 84+030 - Km 84 +100
Fecha : 31/10/2025

Análisis de muro

Metodología de verificación :	Factores de seguridad (ASD)
Cálculo de la presión activa de la tierra :	Coulomb
Cálculo de la presión pasiva de la tierra :	Mazindrani (Rankine)
Análisis sísmico :	Mononobe-Okabe
Forma de la cuña de la tierra :	Calcular oblicuo
Excentricidad permitida :	0.333

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Frente al vuelco :	SF_o =	2.00	[–]
Para resistencia al deslizamiento :	SF_s =	2.00	[–]
Para capacidad portante :	SF_b =	2.50	[–]
Para fuerza de malla :	SF_n =	1.50	[–]

Coeficientes de reducción			
Situación de diseño permanente			
Para fricción entre bloques :	γ_f =	1.50	[–]

Factores de seguridad			
Situación de diseño sísmico			
Frente al vuelco :	SF_o =	1.50	[–]
Para resistencia al deslizamiento :	SF_s =	1.50	[–]
Para capacidad portante :	SF_b =	2.00	[–]
Para fuerza de malla :	SF_n =	1.13	[–]

Coeficientes de reducción			
Situación de diseño sísmico			
Para fricción entre bloques :	γ_f =	1.13	[–]

Material de bloques - relleno

Nro.	Nombre	γ [kN/m³]	φ [°]	c [kPa]
1	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C	18.00	36.00	0.00

Material de bloques - malla

Nro.	Nombre	Resistencia Sobresalir R_t [kN/m]	Espacio de malla vert. v [m]	Cap.port. de diaclasa frontal R_s [kN/m]
1	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C	60.00	1.00	40.80

Geometría de la estructura

Nro.	Ancho b [m]	Altura h [m]	Corrimiento a [m]	Material
6	1.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C

Nro.	Ancho b [m]	Altura h [m]	Corrimiento a [m]	Material
5	2.00	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
4	2.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
3	3.00	1.00	0.50	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
2	3.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
1	3.50	1.00	-	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C

Pendiente Gavión = 0.00 °
Altura completa = 6.00 m
Volumen completo del muro = 16.00 m^3/m

Datos básicos del suelo

Nro.	Nombre	Trama	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m^3]	γ_{su} [kN/m^3]	δ [°]
1	Suelo residual (GM-GC)		29.00	6.00	16.00	6.50	20.00
2	CpPEc-t,c. (rs)		33.00	350.00	31.90	22.00	22.00
3	Relleno Estructural		36.00	0.00	19.00	10.00	24.00

Datos del suelo para calcular la presión en reposo

Nro.	Nombre	Trama	Tipo Calcular	φ_{ef} [°]	v [–]	OCR [–]	K_0 [–]
1	Suelo residual (GM-GC)		cohesivo	-	0.30	-	-
2	CpPEc-t,c. (rs)		granular	33.00	-	-	-
3	Relleno Estructural		granular	36.00	-	-	-

Datos del suelo

Depósito residual

Datos Básicos

Peso unitario : γ = 16.00 [kN/m^3]
Análisis de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 29.00 [°]
Cohesión : c_{ef} = 6.00 [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : δ = 20.00 [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo cohesivo
Coeficiente de Poisson : v = 0.30 [-]

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 16.50 [kN/m^3]

Vista

Patrón de suelo :

CpPEc-t,c. (rs)

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma = 31.90$ [kN/m³]
Análisis de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 33.00$ [°]
Cohesión : $c_{ef} = 350.00$ [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 22.00$ [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo granular

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 32.00$ [kN/m³]

Vista

Patrón de suelo :

Relleno Estructural

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma = 19.00$ [kN/m³]
Análisis de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 36.00$ [°]
Cohesión : $c_{ef} = 0.00$ [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 24.00$ [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo granular

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 20.00$ [kN/m³]

Vista

Patrón de suelo :

Relleno

Terreno asignado : Relleno Estructural
Talud = 60.00 °

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	5.50	0.00 .. 5.50	Suelo residual (GM-GC)	
2	-	5.50 .. ∞	CpPEc-t,c. (rs)	

Cimentación

Tipo de cimentación : suelo desde perfil geológico

Perfil de terreno

Nro.	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
1	0.00	0.00
2	6.00	0.00
3	7.00	-2.00

Nro.	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
4	7.10	-2.00
5	12.10	-7.00
6	13.10	-7.00

El origen [0,0] está colocado en el borde superior derecho de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva
Suelo sobre la cara frontal de la estructura - Depósito residual
Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura h = 0.50 m

Forma del terreno en el frente de la estructura

Nro.	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-0.50
3	-12.00	-0.50
4	-19.94	4.79
5	-20.94	4.79

El origen [0,0] está colocado en el borde inferior izquierdo de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Configuraciones generales

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente
Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1 (Etapa de construcción 1)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.53	288.00	1.72	1.000
Resistencia del frente	-15.95	-0.22	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-5.33	4.66	2.17	1.000
Presión activa	99.09	-1.77	77.37	3.22	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco
Momento estabilizador M_{res} = 781.43 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 171.98 kNm/m

Factor de seguridad = 4.54 > 2.00
Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

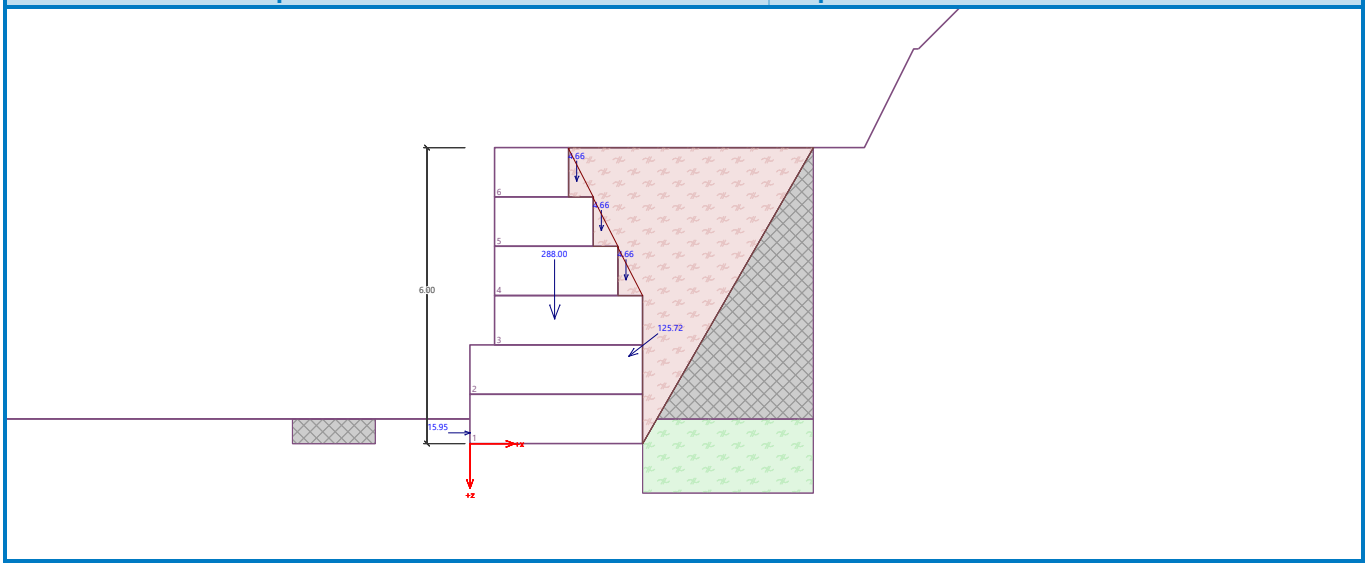
Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 1370.94 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 83.14 kN/m

Factor de seguridad = 16.49 > 2.00
Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 1 - 1



Capacidad portante del terreno de cimentación (Etapa de construcción 1)

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [–]	Tensión [kPa]
1	54.42	379.36	83.14	0.041	118.07

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	54.42	379.36	83.14

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal e = 0.041
Máxima excentricidad permitida e_{alw} = 0.333

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

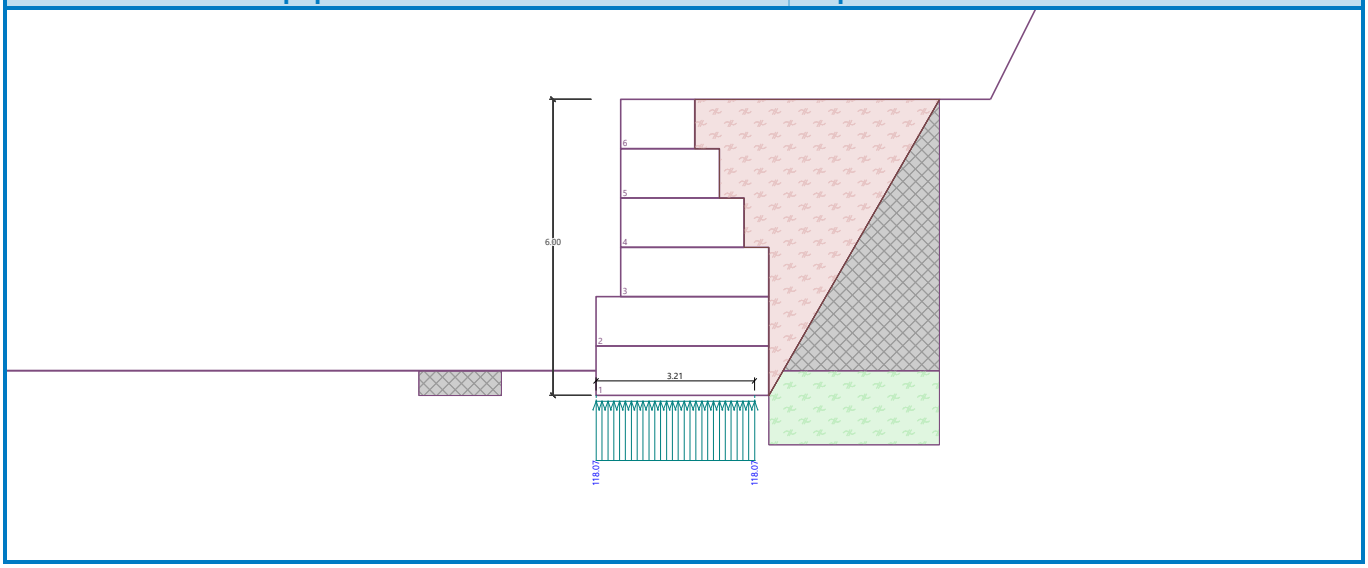
Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

Max. tensión en el fondo de la zapata σ = 118.07 kPa
Capacidad portante permititda del terreno de cimentación R_d = 650.00 kPa

Factor de seguridad = 5.51 > 2.50
Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 1 - -1



Dimensionamiento Nro.1 (Etapa de construcción 1)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.10	225.00	1.71	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-2.33	4.66	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.17	1.000
Presión activa	59.38	-1.64	59.69	3.14	1.000

Verificación de la tensión máxima de junta constructiva - por encima del bloque Nro. 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 609.30 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 97.62 kNm/m

Factor de seguridad = 6.24 > 2.00

Conjunto para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 217.00 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 59.38 kN/m

Factor de seguridad = 3.65 > 2.00

Junta para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Máxima presión en la base del bloque = 87.17 kPa
Coef. de Red. para corrimiento del bloque superior = 1.00
Valor promedio de la presión en el frente = 32.31 kPa
Resistencia al corte transmitida por fricción = 144.67 kN/m

Capacidad portante contra presión transversal:

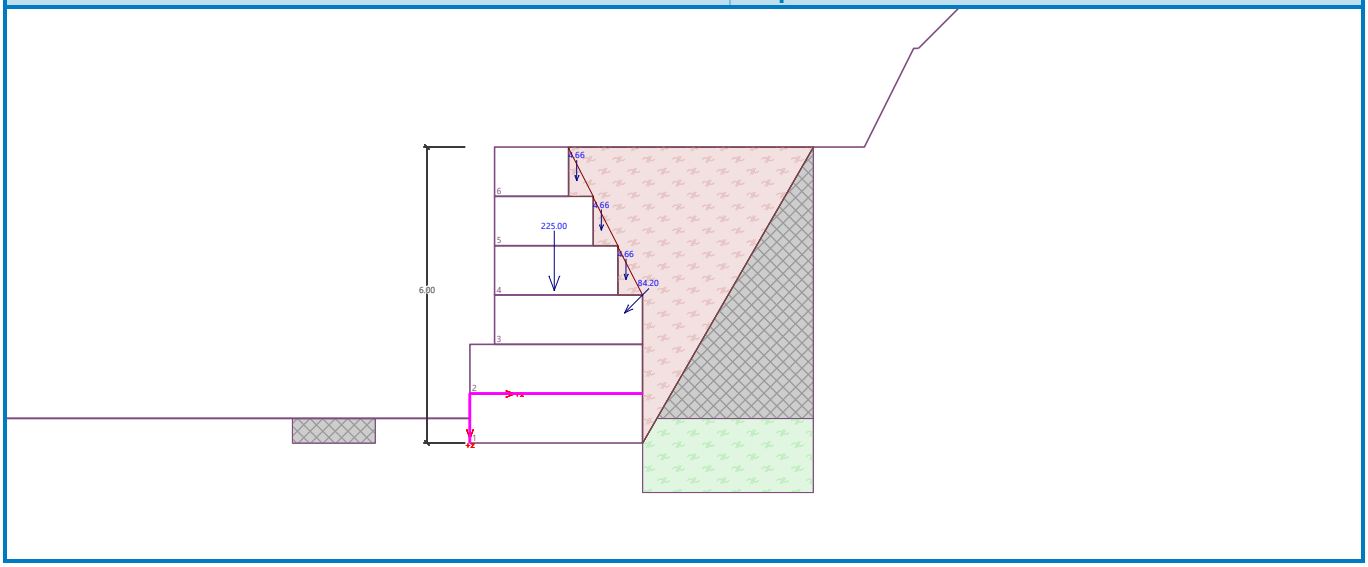
Capacidad portante de la junta = 40.80 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 16.15 kN/m

Factor de seguridad = 2.53 > 1.50
Comprobar la presión transversal ES SATISFACTORIA

Comprobar la diaclasa entre bloques::
Malla de la capacidad port. del material = 60.00 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 16.15 kN/m

Factor de seguridad = 3.71 > 1.50
Junta entre bloques ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 1 - 1



Análisis: Estado Pseudo-estático

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	5.50	0.00 .. 5.50	Suelo residual (GM-GC)	
2	-	5.50 .. ∞	CpPEc-t,c. (rs)	

Cimentación

Tipo de cimentación : suelo desde perfil geológico

Perfil de terreno

Nro.	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
1	0.00	0.00
2	6.00	0.00
3	7.00	-2.00
4	7.10	-2.00
5	12.10	-7.00

Nro.	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
6	13.10	-7.00

El origen [0,0] está colocado en el borde superior derecho de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva
Suelo sobre la cara frontal de la estructura - Depósito residual
Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura h = 0.50 m

Forma del terreno en el frente de la estructura

Nro.	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-0.50
3	-12.00	-0.50
4	-19.94	4.79
5	-20.94	4.79

El origen [0,0] está colocado en el borde inferior izquierdo de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Sismo

Factor de aceleración horizontal K_h = 0.1630
Factor de aceleración vertical K_v = 0.0000

El agua debajo del NF está confinada.

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : sísmico
Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1 (Etapa de construcción 2)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.53	288.00	1.72	1.000
Sismo - construcción	46.94	-2.53	0.00	1.72	1.000
Resistencia del frente	-15.95	-0.22	0.00	0.00	1.000
Sismo - frente	0.59	-0.33	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	3.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-3.33	0.00	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.67	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-4.33	0.00	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-5.33	4.66	2.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-5.33	0.00	2.17	1.000
Presión activa	99.09	-1.77	77.37	3.22	1.000
Sismo - presión activa	37.50	-4.07	60.20	2.72	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 945.00 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 453.65 kNm/m

Factor de seguridad = 2.08 > 1.50
Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

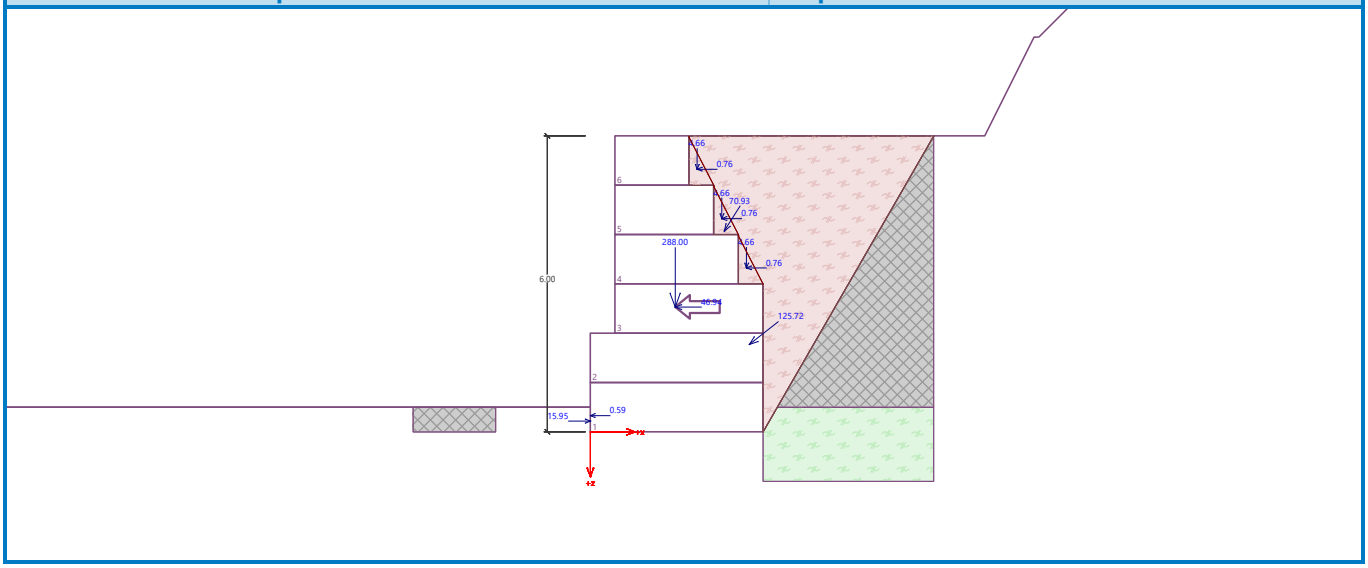
Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 1067.94 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 170.44 kN/m

Factor de seguridad = 6.27 > 1.50
Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 2 - 1



Capacidad portante del terreno de cimentación (Etapa de construcción 2)

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [–]	Tensión [kPa]
1	277.87	439.56	170.44	0.181	196.61

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	277.87	439.56	170.44

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal e = 0.181
Máxima excentricidad permitida e_{alw} = 0.333

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

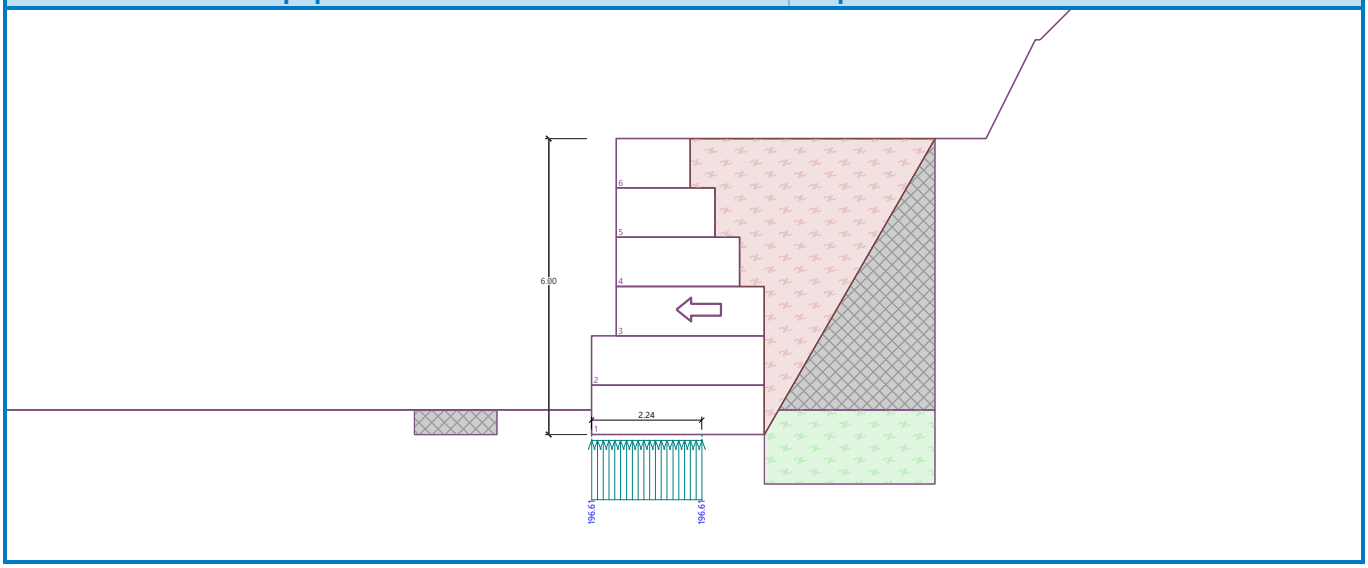
Max. tensión en el fondo de la zapata σ = 196.61 kPa
Capacidad portante permititda del terreno de cimentación R_d = 600.00 kPa

Factor de seguridad = 3.05 > 2.00

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 2 - -1



Dimensionamiento Nro.1 (Etapa de construcción 2)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.10	225.00	1.71	1.000
Sismo - construcción	36.68	-2.10	0.00	1.71	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-2.33	4.66	3.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-2.33	0.00	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	2.67	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-3.33	0.00	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-4.33	0.00	2.17	1.000
Presión activa	59.38	-1.64	59.69	3.14	1.000
Sismo - presión activa	26.38	-3.38	45.55	2.67	1.000

Verificación de la tensión máxima de junta constructiva - por encima del bloque Nro. 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 731.06 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 271.40 kNm/m

Factor de seguridad = 2.69 > 1.50

Conjunto para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 250.10 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 124.71 kN/m

Factor de seguridad = 2.01 > 1.50
Junta para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Máxima presión en la base del bloque = 128.89 kPa
Coef. de Red. para corrimiento del bloque superior = 1.00
Valor promedio de la presión en el frente = 46.32 kPa
Resistencia al corte transmitida por fricción = 221.33 kN/m

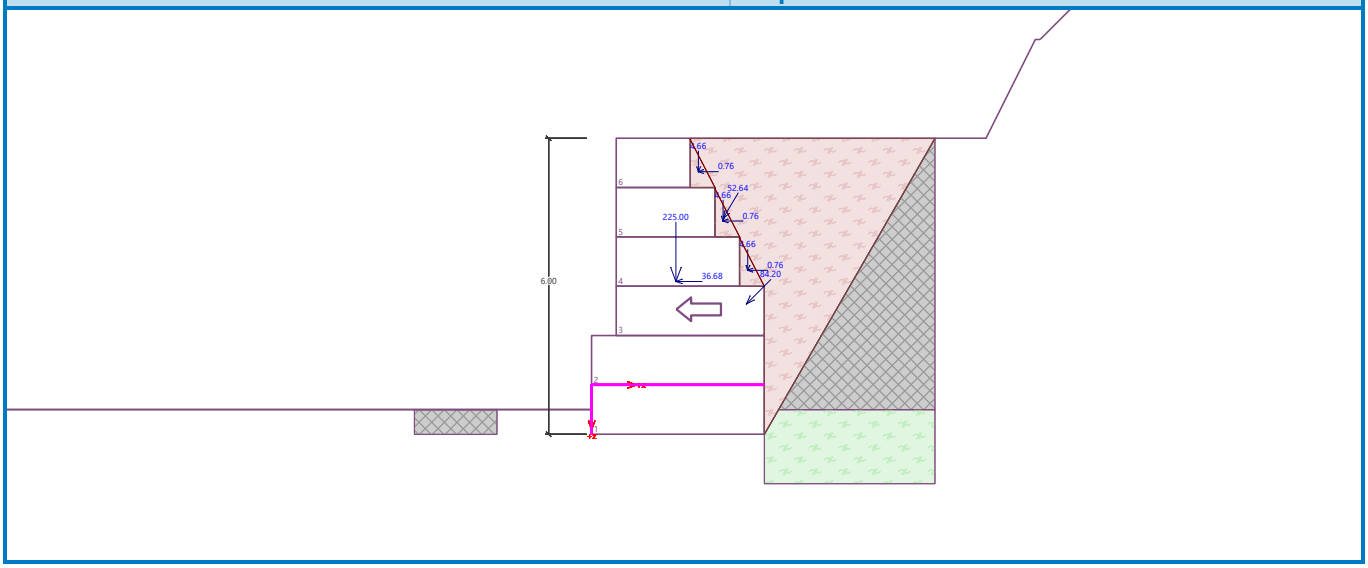
Capacidad portante contra presión transversal:
Capacidad portante de la junta = 40.80 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 23.16 kN/m

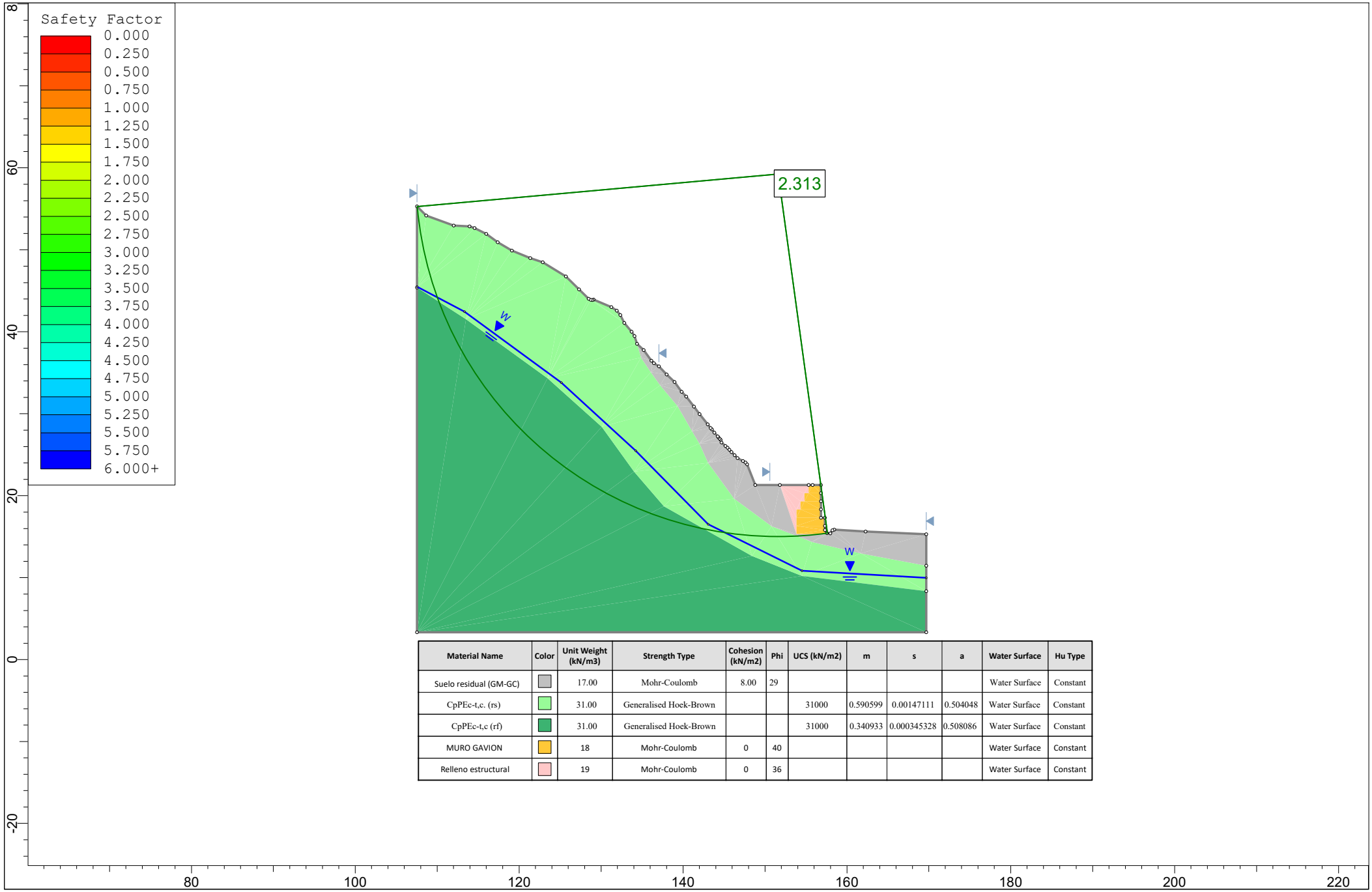
Factor de seguridad = 1.76 > 1.13
Comprobar la presión transversal ES SATISFACTORIA

Comprobar la diaclasa entre bloques::
Malla de la capacidad port. del material = 60.00 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 23.16 kN/m

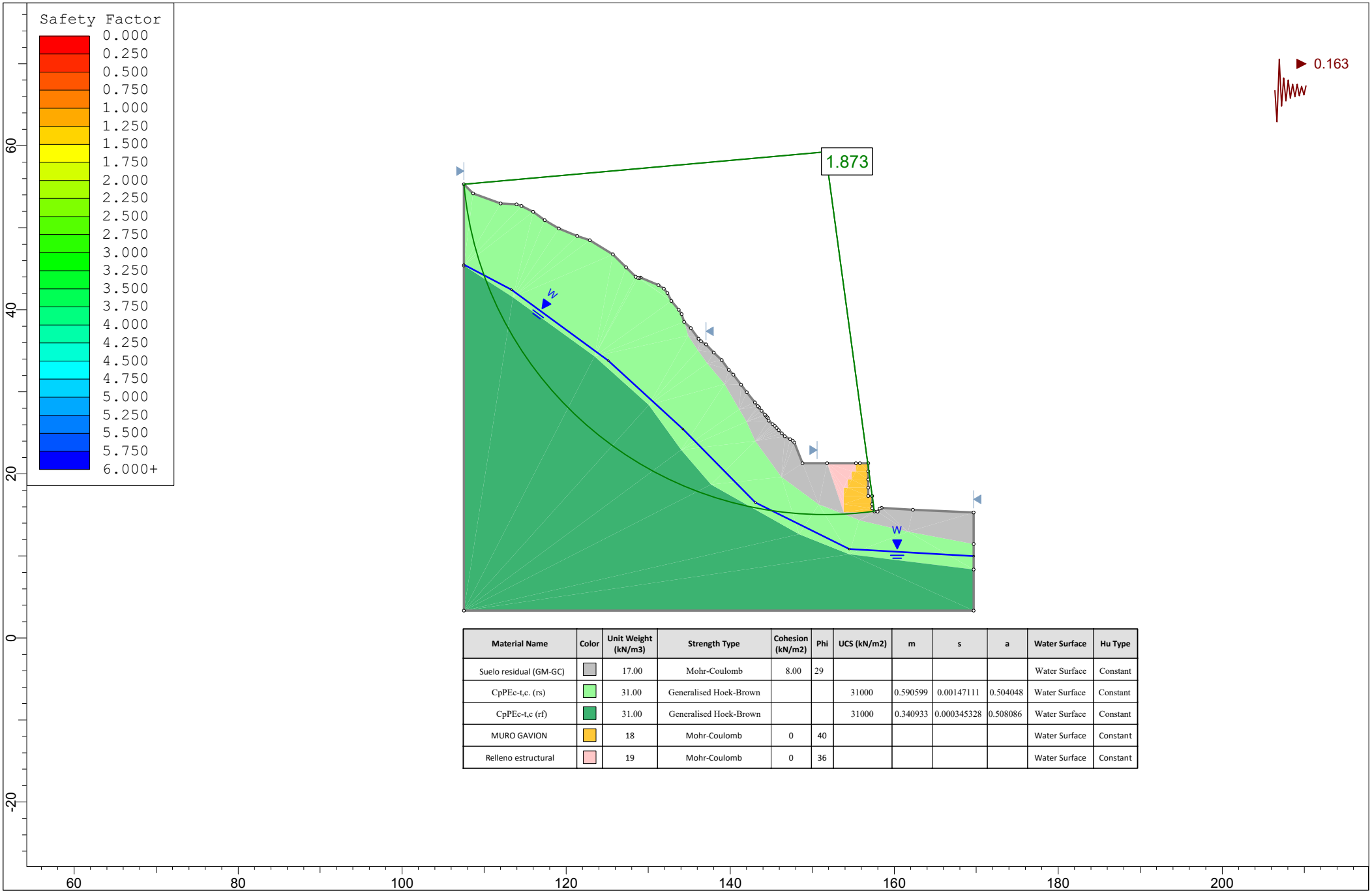
Factor de seguridad = 2.59 > 1.13
Junta entre bloques ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 2 - 1





Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM-GC)		17.00	Mohr-Coulomb	8.00	29					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant
MURO GAVION		18	Mohr-Coulomb	0	40					Water Surface	Constant
Relleno estructural		19	Mohr-Coulomb	0	36					Water Surface	Constant



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM-GC)		17.00	Mohr-Coulomb	8.00	29					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c. (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant
MURO GAVION		18	Mohr-Coulomb	0	40					Water Surface	Constant
Relleno estructural		19	Mohr-Coulomb	0	36					Water Surface	Constant

Anexo 13.3 Memoria de Cálculo del Sector del Km 94+050 al 94+100

Análisis de Muro gavión h = 6.0m

Análisis: Estado Estático

Proyecto : Estabilización Sector 3. La Mar, Ayacucho, Perú
Parte : Sector 3. Km 94+050 al 94+100
Fecha : 31/10/2025

Análisis de muro

Metodología de verificación :	Factores de seguridad (ASD)
Cálculo de la presión activa de la tierra :	Coulomb
Cálculo de la presión pasiva de la tierra :	Mazindrani (Rankine)
Análisis sísmico :	Mononobe-Okabe
Forma de la cuña de la tierra :	Calcular oblicuo
Excentricidad permitida :	0.333

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Frente al vuelco :	SF_o =	2.00	[–]
Para resistencia al deslizamiento :	SF_s =	2.00	[–]
Para capacidad portante :	SF_b =	2.50	[–]
Para fuerza de malla :	SF_n =	1.50	[–]

Coeficientes de reducción			
Situación de diseño permanente			
Para fricción entre bloques :	γ_f =	1.50	[–]

Factores de seguridad			
Situación de diseño sísmico			
Frente al vuelco :	SF_o =	1.50	[–]
Para resistencia al deslizamiento :	SF_s =	1.50	[–]
Para capacidad portante :	SF_b =	2.00	[–]
Para fuerza de malla :	SF_n =	1.13	[–]

Coeficientes de reducción			
Situación de diseño sísmico			
Para fricción entre bloques :	γ_f =	1.13	[–]

Material de bloques - relleno

Nro.	Nombre	γ [kN/m³]	φ [°]	c [kPa]
1	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C	18.00	36.00	0.00

Material de bloques - malla

Nro.	Nombre	Resistencia Sobresalir R_t [kN/m]	Espacio de malla vert. v [m]	Cap.port. de diaclasa frontal R_s [kN/m]
1	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C	60.00	1.00	40.80

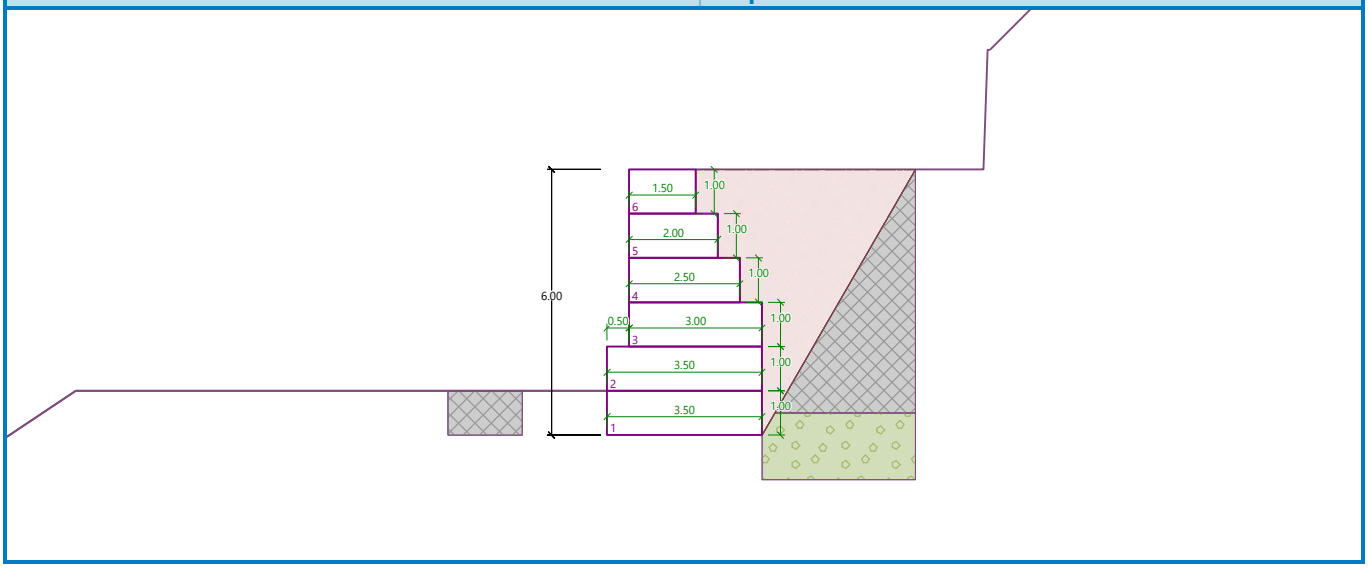
Geometría de la estructura

Nro.	Ancho b [m]	Altura h [m]	Corrimiento a [m]	Material
6	1.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C

Nro.	Ancho b [m]	Altura h [m]	Corrimiento a [m]	Material
5	2.00	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
4	2.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
3	3.00	1.00	0.50	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
2	3.50	1.00	0.00	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C
1	3.50	1.00	-	GAVIÓN 6X8 (3.70X4.40) 90%Zn/10%Al + P.V.C

Pendiente Gavión = 0.00 °
Altura completa = 6.00 m
Volumen completo del muro = 16.00 m³/m

Nombre : Geometría | **Etapa - análisis : 1 - 0**



Datos básicos del suelo

Nro.	Nombre	Trama	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m³]	γ_{su} [kN/m³]	δ [°]
1	Suelo residual (GM)		27.00	10.00	15.00	6.50	22.00
2	CpPEc-t,c (rs)		33.00	350.00	31.90	22.00	22.00
3	Relleno Estructural		36.00	0.00	19.00	10.00	24.00

Datos del suelo para calcular la presión en reposo

Nro.	Nombre	Trama	Tipo Calcular	φ_{ef} [°]	v [–]	OCR [–]	K_0 [–]
1	Suelo residual (GM)		cohesivo	-	0.30	-	-
2	CpPEc-t,c (rs)		granular	33.00	-	-	-
3	Relleno Estructural		granular	36.00	-	-	-

Datos del suelo

Depósito residual

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma = 15.00$ [kN/m3]
Análisis de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 27.00$ [°]
Cohesión : $c_{ef} = 10.00$ [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 22.00$ [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo cohesivo
Coeficiente de Poisson : v = 0.30 [-]

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 16.50$ [kN/m3]

Vista

Patrón de suelo :



CpPEc-t,c (rs)

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma = 31.90$ [kN/m3]
Análisis de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 33.00$ [°]
Cohesión : $c_{ef} = 350.00$ [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 22.00$ [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo granular

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 32.00$ [kN/m3]

Vista

Patrón de suelo :



Relleno Estructural

Datos Básicos

Peso unitario : $\gamma = 19.00$ [kN/m3]
Análisis de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{ef} = 36.00$ [°]
Cohesión : $c_{ef} = 0.00$ [kPa]
Ángulo de fricción estructura-suelo : $\delta = 24.00$ [°]

Presión en reposo

Presión en reposo : suelo granular

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{sat} = 20.00$ [kN/m3]

Vista

Patrón de suelo :

Relleno

Terreno asignado : Relleno Estructural
Talud = 60.00 °

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	5.50	0.00 .. 5.50	Suelo residual (GM)	
2	-	5.50 .. ∞	CpPEc-t,c (rs)	

Cimentación

Tipo de cimentación : suelo desde perfil geológico

Perfil de terreno

Nro.	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
1	0.00	0.00
2	6.50	0.00
3	6.60	-2.70
4	6.65	-2.70
5	9.15	-5.20
6	10.15	-5.20

El origen [0,0] está colocado en el borde superior derecho de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva
Suelo sobre la cara frontal de la estructura - Depósito residual
Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura h = 1.00 m

Forma del terreno en el frente de la estructura

Nro.	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-1.00
3	-12.00	-1.00
4	-19.94	4.29
5	-20.94	4.29

El origen [0,0] está colocado en el borde inferior izquierdo de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Configuraciones generales

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente
Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1 (Etapa de construcción 1)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.53	288.00	1.72	1.000

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Resistencia del frente	-52.61	-0.44	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-5.33	4.66	2.17	1.000
Presión activa	127.21	-1.76	89.90	3.26	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 825.26 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 200.43 kNm/m

Factor de seguridad = 4.12 > 2.00
Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

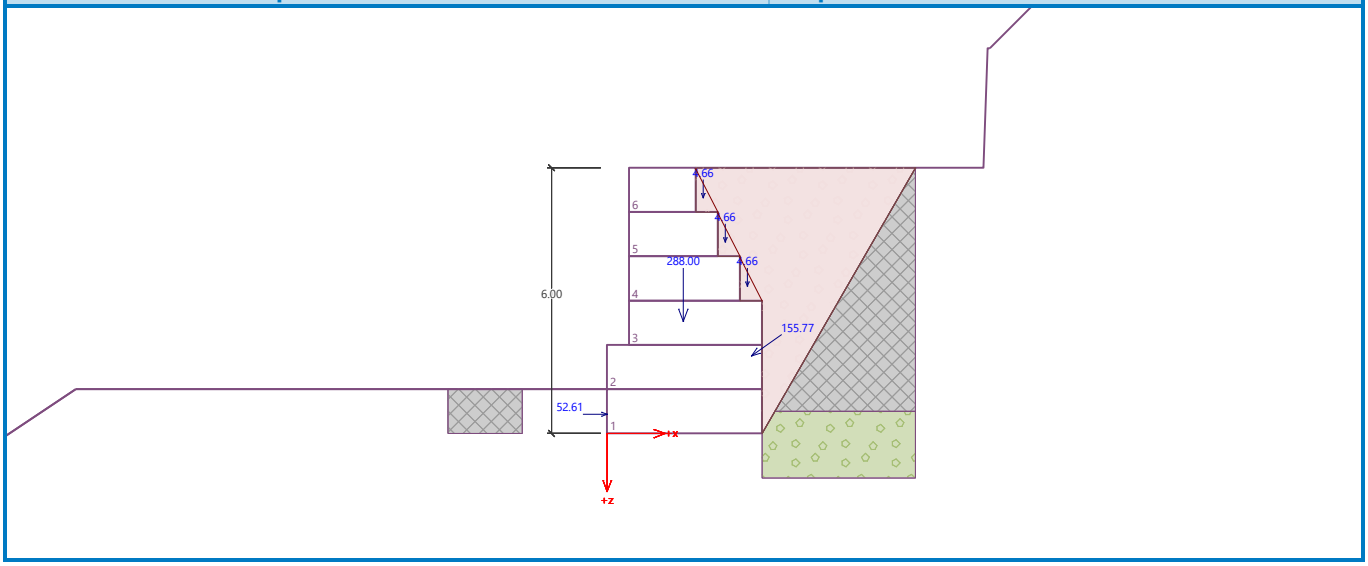
Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 1370.61 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 74.60 kN/m

Factor de seguridad = 18.37 > 2.00
Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 1 - 1



Capacidad portante del terreno de cimentación (Etapa de construcción 1)

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [–]	Tensión [kPa]
1	60.95	391.88	74.60	0.044	122.89

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	60.95	391.88	74.60

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.044$
Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.333$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

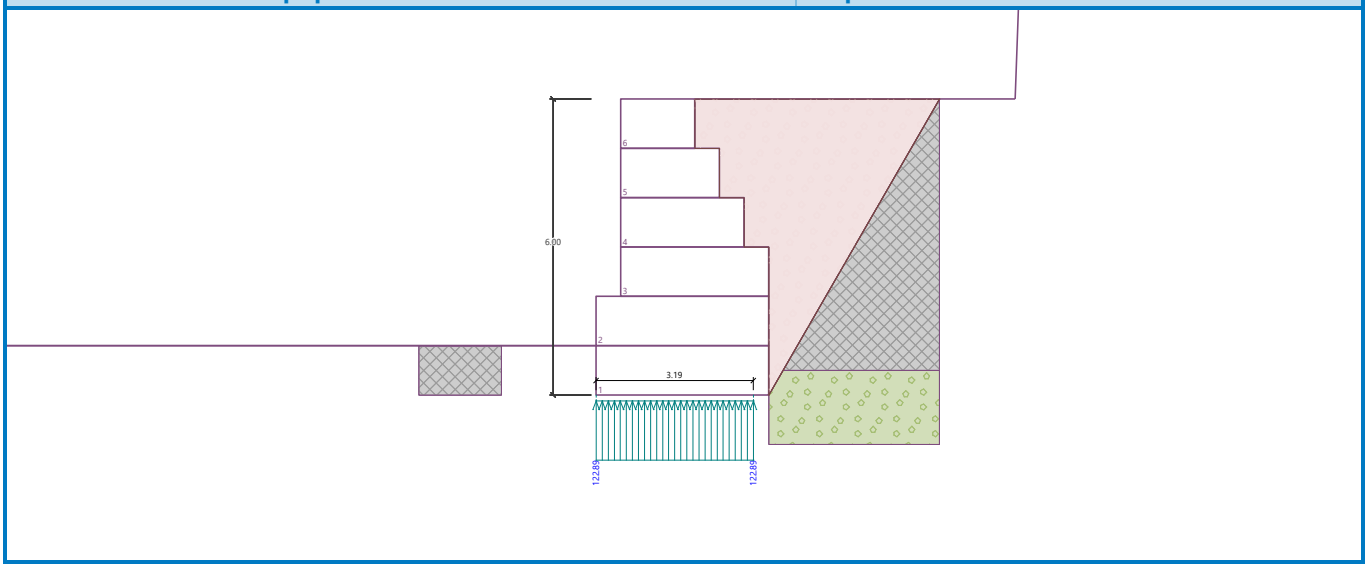
Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 122.89$ kPa
Capacidad portante permititda del terreno de cimentación $R_d = 650.00$ kPa

Factor de seguridad = 5.29 > 2.50

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 1 - 1



Dimensionamiento Nro.1 (Etapa de construcción 1)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.10	225.00	1.71	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-2.33	4.66	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.17	1.000
Presión activa	83.68	-1.41	70.51	3.19	1.000

Verificación de la tensión máxima de junta constructiva - por encima del bloque Nro. 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador $M_{res} = 647.18$ kNm/m

Momento de vuelco M_{ovr} = 118.25 kNm/m

Factor de seguridad = 5.47 > 2.00
Conjunto para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento
Fuerza horizontal resistente H_{res} = 224.86 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 83.68 kN/m

Factor de seguridad = 2.69 > 2.00
Junta para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Máxima presión en la base del bloque = 90.55 kPa
Coef. de Red. para corrimiento del bloque superior = 1.00
Valor promedio de la presión en el frente = 33.44 kPa
Resistencia al corte transmitida por fricción = 149.91 kN/m

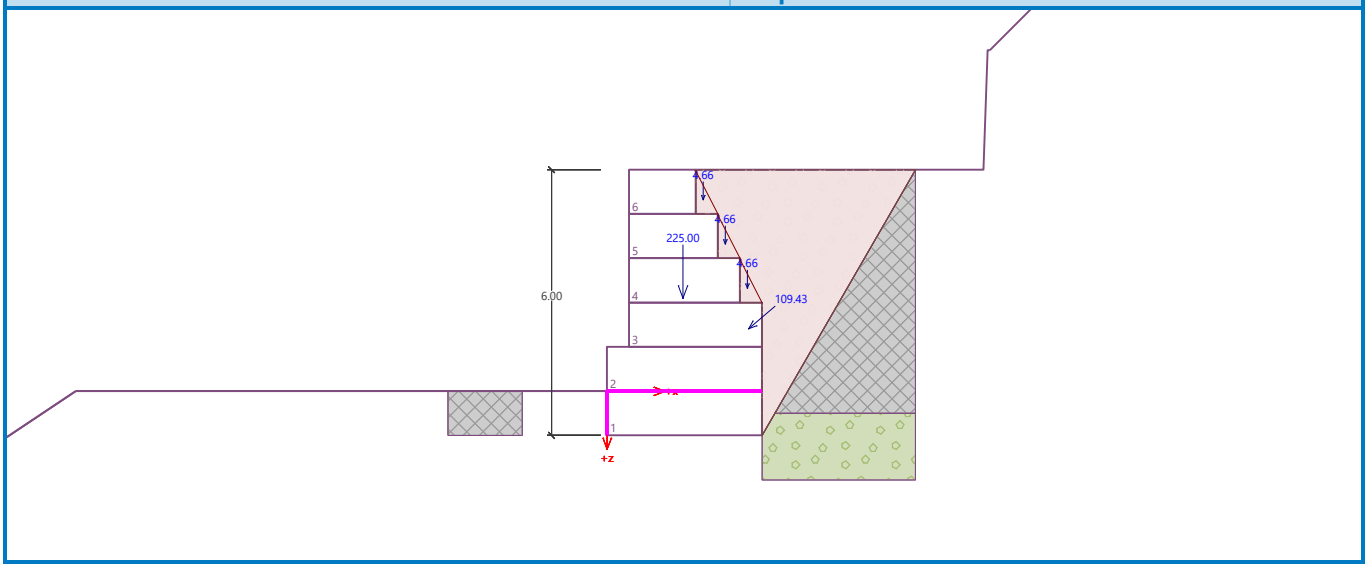
Capacidad portante contra presión transversal:
Capacidad portante de la junta = 40.80 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 16.72 kN/m

Factor de seguridad = 2.44 > 1.50
Comprobar la presión transversal ES SATISFACTORIA

Comprobar la diaclasa entre bloques::
Malla de la capacidad port. del material = 60.00 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 16.72 kN/m

Factor de seguridad = 3.59 > 1.50
Junta entre bloques ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 1 - 1



Análisis: Estado Pseudo-estático

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	5.50	0.00 .. 5.50	Suelo residual (GM)	
2	-	5.50 .. ∞	CpPEc-t,c (rs)	

Cimentación

Tipo de cimentación : suelo desde perfil geológico

Perfil de terreno

Nro.	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
1	0.00	0.00
2	6.50	0.00
3	6.60	-2.70
4	6.65	-2.70
5	9.15	-5.20
6	10.15	-5.20

El origen [0,0] está colocado en el borde superior derecho de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva
Suelo sobre la cara frontal de la estructura - Depósito residual
Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura h = 1.00 m

Forma del terreno en el frente de la estructura

Nro.	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-1.00
3	-12.00	-1.00
4	-19.94	4.29
5	-20.94	4.29

El origen [0,0] está colocado en el borde inferior izquierdo de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Sismo

Factor de aceleración horizontal K_h = 0.1630
Factor de aceleración vertical K_v = 0.0000

El agua debajo del NF está confinada.

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : sísmico
Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce

Verificación Nro.1 (Etapa de construcción 2)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.53	288.00	1.72	1.000
Sismo - construcción	46.94	-2.53	0.00	1.72	1.000
Resistencia del frente	-52.61	-0.44	0.00	0.00	1.000
Sismo - frente	2.13	-0.67	0.00	0.00	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	3.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-3.33	0.00	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.67	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-4.33	0.00	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-5.33	4.66	2.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-5.33	0.00	2.17	1.000
Presión activa	127.21	-1.76	89.90	3.26	1.000
Sismo - presión activa	37.50	-4.07	60.19	2.72	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 988.80 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 483.30 kNm/m

Factor de seguridad = 2.05 > 1.50
Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

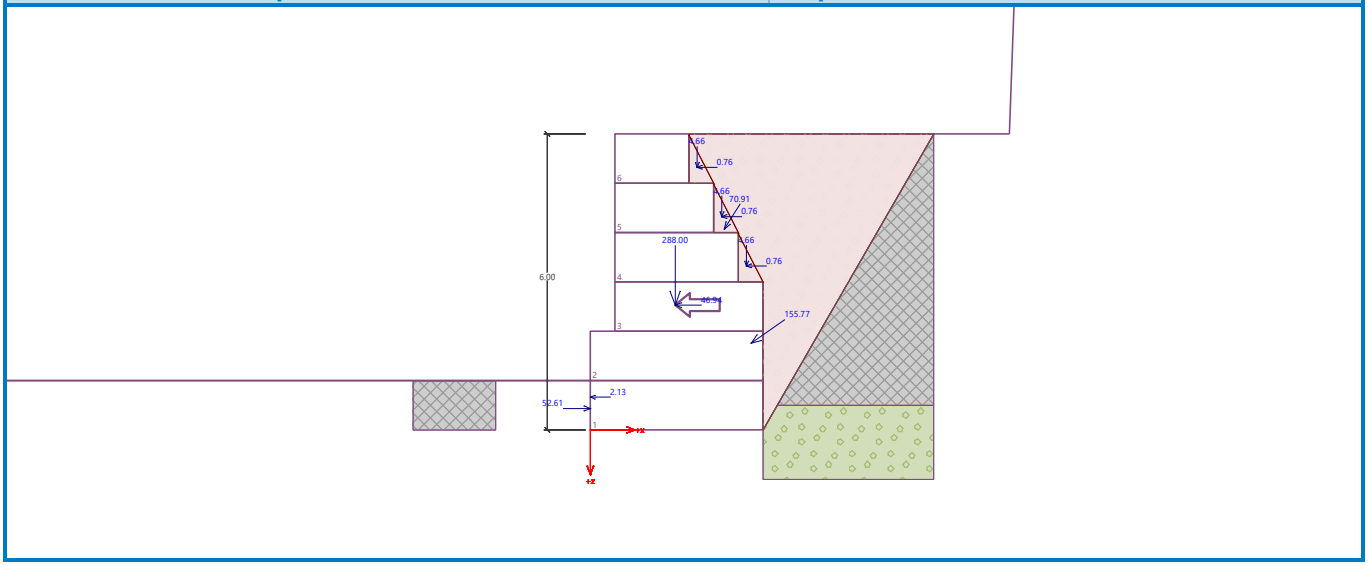
Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 1076.30 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 163.45 kN/m

Factor de seguridad = 6.58 > 1.50
Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 2 - 1



Capacidad portante del terreno de cimentación (Etapa de construcción 2)

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [–]	Tensión [kPa]
1	285.63	452.07	163.45	0.181	202.15

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	285.63	452.07	163.45

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.181$
Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.333$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

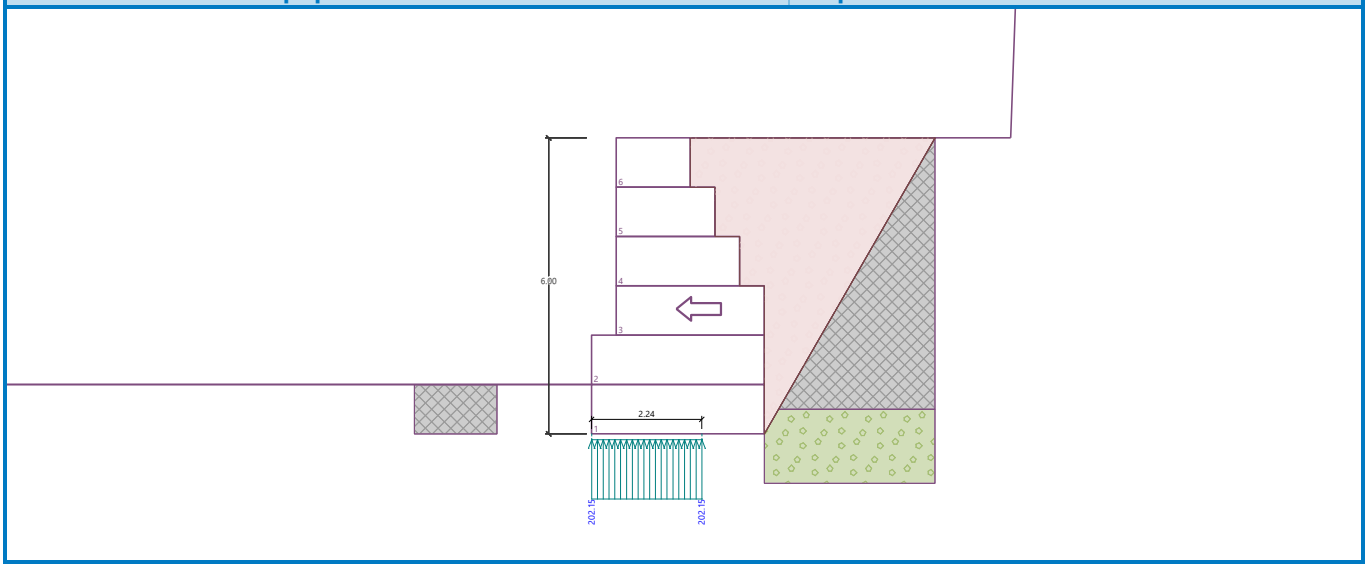
Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 202.15$ kPa
Capacidad portante permititda del terreno de cimentación $R_d = 600.00$ kPa

Factor de seguridad = 2.97 > 2.00

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 2 - -1



Dimensionamiento Nro.1 (Etapa de construcción 2)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-2.10	225.00	1.71	1.000
Sismo - construcción	36.68	-2.10	0.00	1.71	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-2.33	4.66	3.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-2.33	0.00	3.17	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-3.33	4.66	2.67	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-3.33	0.00	2.67	1.000
Peso - cuña de tierra	0.00	-4.33	4.66	2.17	1.000
Sismo - cuña de suelo	0.76	-4.33	0.00	2.17	1.000
Presión activa	83.68	-1.41	70.51	3.19	1.000
Sismo - presión activa	26.38	-3.38	45.54	2.67	1.000

Verificación de la tensión máxima de junta constructiva - por encima del bloque Nro. 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 768.90 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 292.02 kNm/m

Factor de seguridad = 2.63 > 1.50
Conjunto para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 257.95 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 149.02 kN/m

Factor de seguridad = 1.73 > 1.50
Junta para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Máxima presión en la base del bloque = 132.16 kPa
Coef. de Red. para corrimiento del bloque superior = 1.00

Valor promedio de la presión en el frente = 47.42 kPa
Resistencia al corte transmitida por fricción = 228.28 kN/m

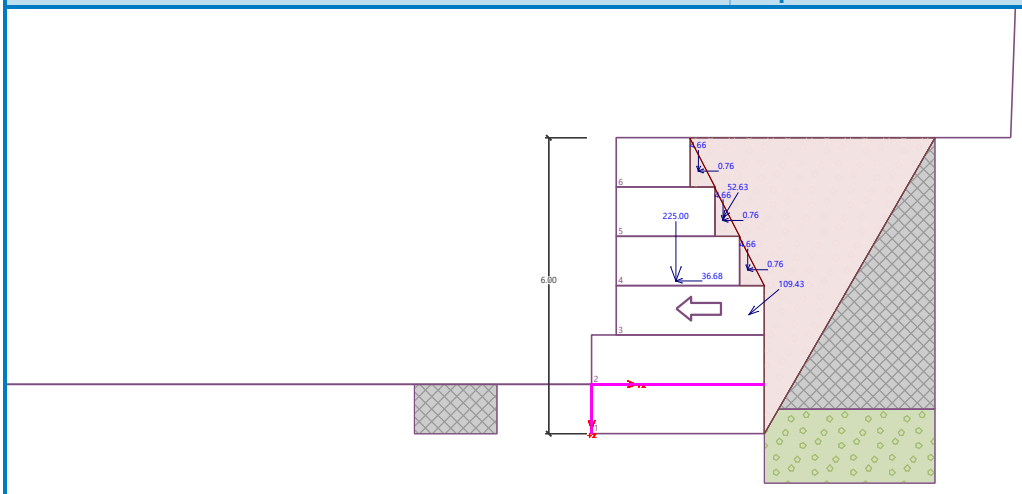
Capacidad portante contra presión transversal:
Capacidad portante de la junta = 40.80 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 23.71 kN/m

Factor de seguridad = 1.72 > 1.13
Comprobar la presión transversal ES SATISFACTORIA

Comprobar la diaclasa entre bloques::
Malla de la capacidad port. del material = 60.00 kN/m
Cálculo de estado de tensión = 23.71 kN/m

Factor de seguridad = 2.53 > 1.13
Junta entre bloques ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 2 - 1



Análisis de pendientes reforzadas

Entrada de datos (Etapa Estática)

Proyecto : Sector 3. La Mar. Ayacucho-Perú
Parte : Km 94+050 al 94+100
Fecha : 31/10/2025

Materiales y estándares

Estructuras de hormigón : EN 1992-1-1 (EC2)
Coeficientes EN 1992-1-1 : Estándar

Análisis de muro

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)
Cálculo de la presión activa de la tierra : Coulomb
Cálculo de la presión pasiva de la tierra : Mazindrani (Rankine)
Análisis sísmico : Mononobe-Okabe
Forma de la cuña de la tierra : Calcular oblicuo
Excentricidad permitida : 0.167
Estabilidad interna : FHWA NHI-10-024

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Frente al vuelco :	SF_o =	2.00	[–]
Para resistencia al deslizamiento :	SF_s =	2.00	[–]
Para capacidad portante :	SF_b =	2.50	[–]
Para deslizamiento a lo largo del geo-refuerzo :	SF_{sr} =	1.50	[–]
Para fuerza de geo-refuerzo :	SF_{st} =	1.50	[–]
Para la resistencia a la extracción del geo-refuerzo :	SF_{po} =	1.50	[–]
Factor de seguridad para resistencia de conexiones :	SF_{con} =	1.50	[–]

Factores de seguridad			
Situación de diseño sísmico			
Frente al vuelco :	SF_o =	1.50	[–]
Para resistencia al deslizamiento :	SF_s =	1.50	[–]
Para capacidad portante :	SF_b =	1.75	[–]
Para deslizamiento a lo largo del geo-refuerzo :	SF_{sr} =	1.13	[–]
Para fuerza de geo-refuerzo :	SF_{st} =	1.13	[–]
Para la resistencia a la extracción del geo-refuerzo :	SF_{po} =	1.13	[–]
Factor de seguridad para resistencia de conexiones :	SF_{con} =	1.13	[–]

Análisis de estabilidad

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Factor de seguridad :	SF_s =	1.50	[–]

Factores de seguridad			
Situación de diseño sísmico			
Factor de seguridad :	SF_s =	1.25	[–]

Geometría de la estructura

Cantidad de bloques n = 7
Altura h = 1.00 m
Ancho b = 1.00 m
Desplaz. entre bloques o_1 = 0.50 m

Material

Materia de bloque

Peso unitario γ = 18.00 kN/m^3
Cohesión c = 40.00 kPa
Fricción f = 0.533
Resistencia al corte de la junta R_s = 40.80 kN/m

Suelo reforzado - Relleno estructural

Tipos de refuerzos

Nro.	Nombre	Tipo de refuerzo	Tipo de línea	Refuerzo de resistencia		Coeficiente	
				T_{ult}[kN/m]	R_t[kN/m]	C_{ds}[–]	C_i[–]
1	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	configuración de usuario		60.00	46.00	0.60	0.70

Detalles de refuerzos

1. Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)

Caract.de resistencia a corto plazo T_{ult} = 60.00 kN/m
Diseño de resistencia a largo plazo R_t = 46.00 kN/m

Refuerzo

Número total de refuerzos ingresados: 7.

Detalles de refuerzo

Bloque Nro.	Tipo de refuerzo	Origen l_1[m]	Fin l_2[m]	Altura desde la parte inferior y[m]	Longitud l[m]
1	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-3.00	2.00	0.00	5.00
2	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-2.50	2.50	1.00	5.00
3	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-2.00	3.00	2.00	5.00
4	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-1.50	4.50	3.00	6.00
5	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-1.00	5.00	4.00	6.00
6	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-0.50	5.50	5.00	6.00
7	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	0.00	6.00	6.00	6.00

Datos del suelo

Deposito Residual

Datos Básicos

Peso unitario : γ = 15.00 [kN/m^3]
Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 27.00 [°]
Cohesión : c_{ef} = 10.00 [kPa]

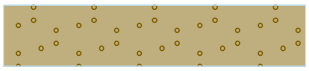
Ángulo de fricción estructura-suelo : δ = 25.00 [°]

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar

Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 16.00 [kN/m³]

Vista

Patrón de suelo : 

Js-ch (rs)

Datos Básicos

Peso unitario : γ = 27.00 [kN/m³]

Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 25.84 [°]

Cohesión : c_{ef} = 400.00 [kPa]

Ángulo de fricción estructura-suelo : δ = 24.00 [°]

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar

Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 27.80 [kN/m³]

Vista

Patrón de suelo : 

Relleno estructural

Datos Básicos

Peso unitario : γ = 19.00 [kN/m³]

Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 36.00 [°]

Cohesión : c_{ef} = 0.00 [kPa]

Ángulo de fricción estructura-suelo : δ = 24.00 [°]

Presión de elevación

Cálculo de elevación : estándar

Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 20.00 [kN/m³]

Vista

Patrón de suelo :

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	6.50	0.00 .. 6.50	Suelo residual (GM)	
2	-	6.50 .. ∞	CpPEC-t,c (rs)	

Perfil de terreno

Nro.	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
1	0.00	0.00
2	12.00	0.00
3	27.00	-10.00
4	28.00	-10.00

El origen [0,0] está colocado en el borde superior derecho de la construcción.

La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Entrada de cargas de superficie

Nro.	Sobrecarga nueva	Sobrecarga cambiar	Acción	Mag.1 [kN/m²]	Mag.2 [kN/m²]	Ord.x x [m]	Longitud l [m]	Profundidad z [m]
1	Si		Permanente	10.00		0.00	10.00	sobre el terreno

Nro.	Nombre
1	CV

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva
Suelo sobre la cara frontal de la estructura - Deposito Residual
Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura h = 0.50 m

Forma del terreno en el frente de la estructura

Nro.	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-0.50
3	-0.30	-0.50
4	-5.30	4.50
5	-6.30	4.50

El origen [0,0] está colocado en el borde inferior izquierdo de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Configuraciones de la etapa de construcción

Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce
Situación de diseño : permanente

Verificación Nro.1 (Etapa Estática)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Resistencia del frente	-18.81	-0.24	0.00	0.00	1.000
Peso - Suelo reforzado	0.00	-3.58	798.00	5.54	1.000
Presión activa	3.70	-0.90	-0.84	6.75	1.000
CV	0.11	-3.10	1.19	10.35	1.000
Peso - Muro	0.00	-3.50	126.00	2.00	1.000
CV	0.00	-7.00	60.00	7.00	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 5103.29 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = -0.93 kNm/m

Factor de seguridad = 1000.00 > 2.00
Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 2876.70 kN/m

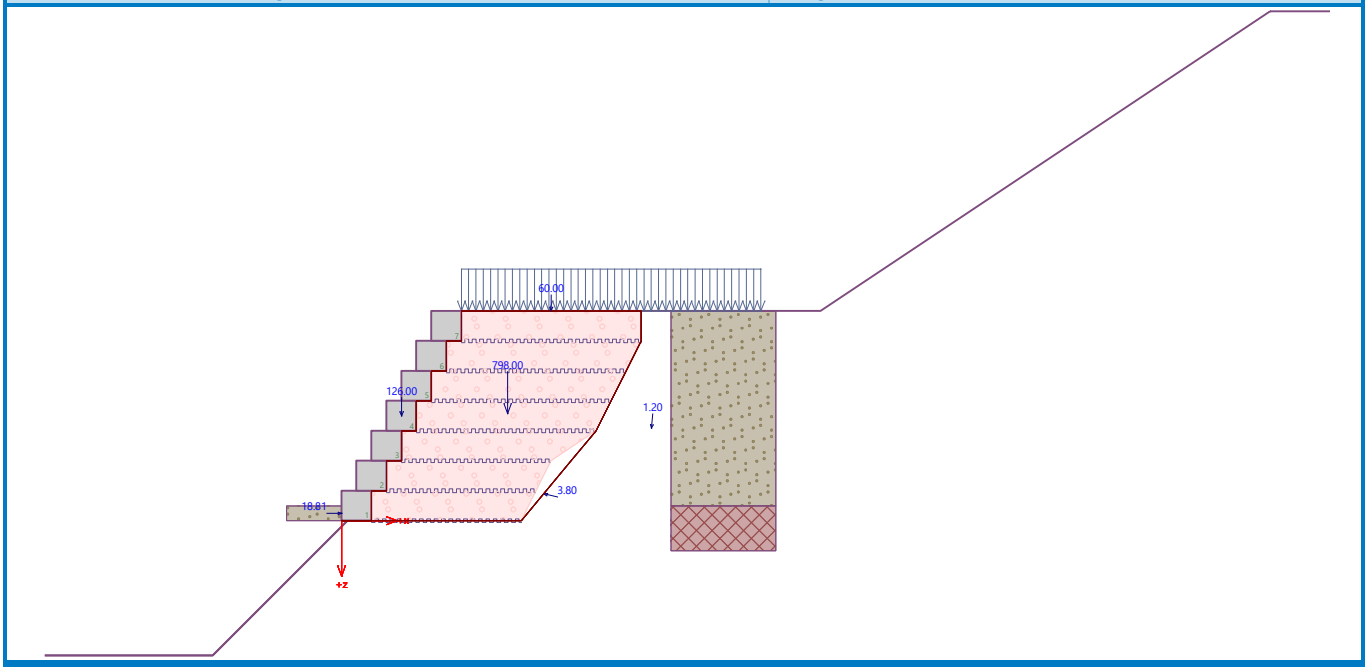
Fuerza horizontal activa H_{act} = -15.00 kN/m

Factor de seguridad = 1000.00 > 2.00

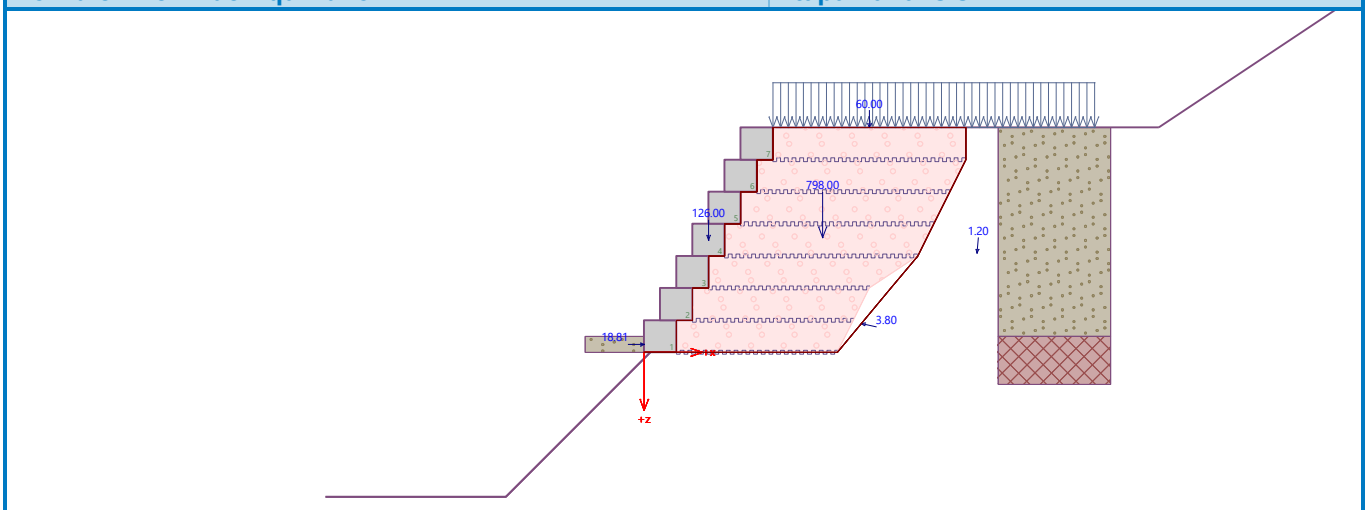
Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 1 - 1



Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 1 - 1



Dimensionamiento Nro.1 (Etapa Estática)

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-3.00	108.00	1.75	1.000
Presión activa	73.39	-2.00	32.67	1.76	1.000

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
CV	12.80	-2.98	5.70	2.24	1.000
Refuerzo	-46.00	-1.00	0.00	1.68	1.000
Refuerzo	-46.00	-2.00	0.00	2.26	1.000
Refuerzo	-46.00	-3.00	0.00	2.85	1.000
Refuerzo	-46.00	-4.00	0.00	3.44	1.000
Refuerzo	-46.00	-5.00	0.00	4.03	1.000

Verificación de la junta constructiva sobre el bloque más utilizado Nro.: 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 949.42 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 184.97 kNm/m

Factor de seguridad = 5.13 > 2.00
Junta para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

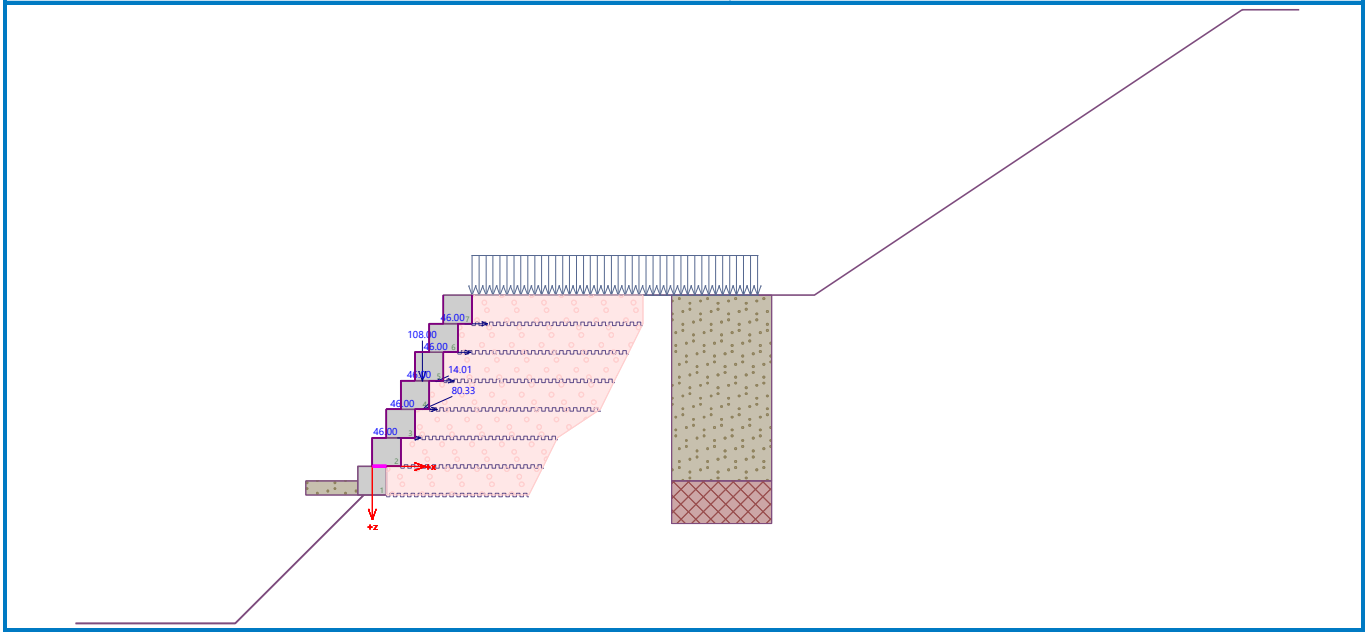
Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 368.82 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 86.19 kN/m

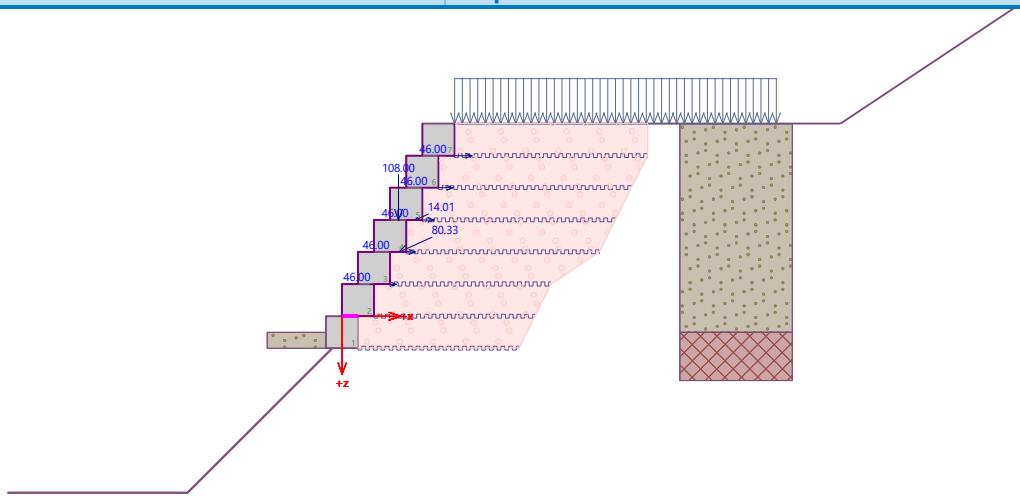
Factor de seguridad = 4.28 > 2.00
Diaclasa para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Junta ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 1 - 1



Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 1 - 1



Capacidad portante del terreno de cimentación (Etapa Estática)

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [–]	Tensión [kPa]
1	-2151.17	984.35	-15.00	0.000	164.06

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	-2151.17	984.35	-15.00

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.000$
Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.167$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

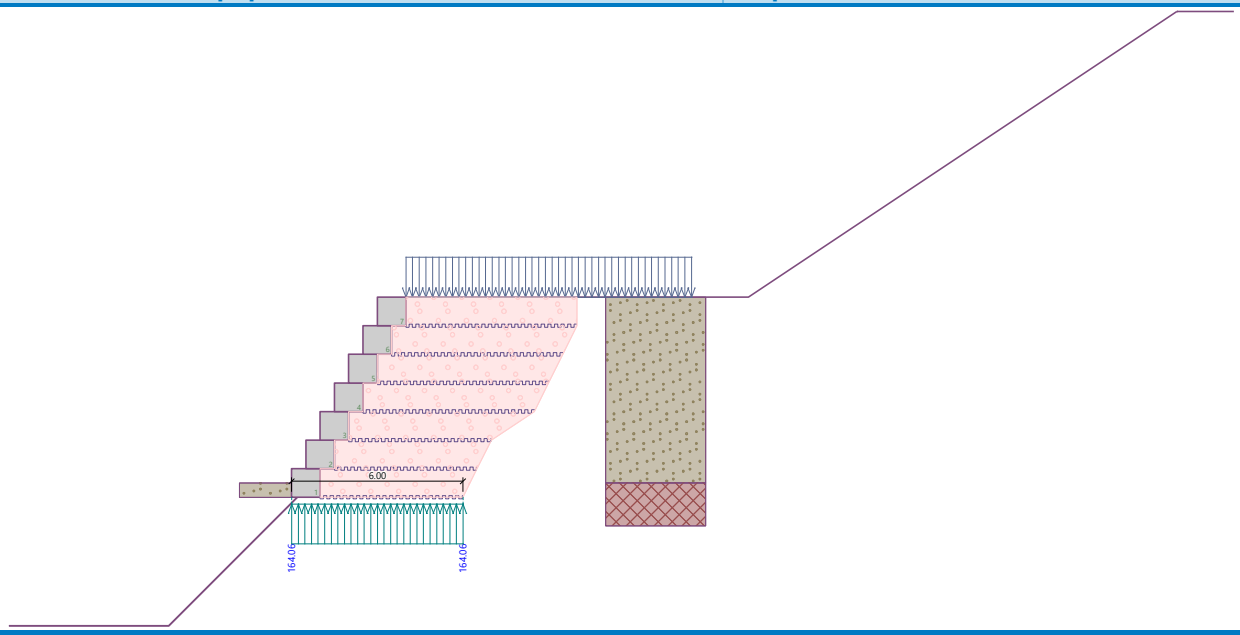
Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 164.06$ kPa
Capacidad portante permititda del terreno de cimentación $R_d = 450.00$ kPa

Factor de seguridad = 2.74 > 2.50

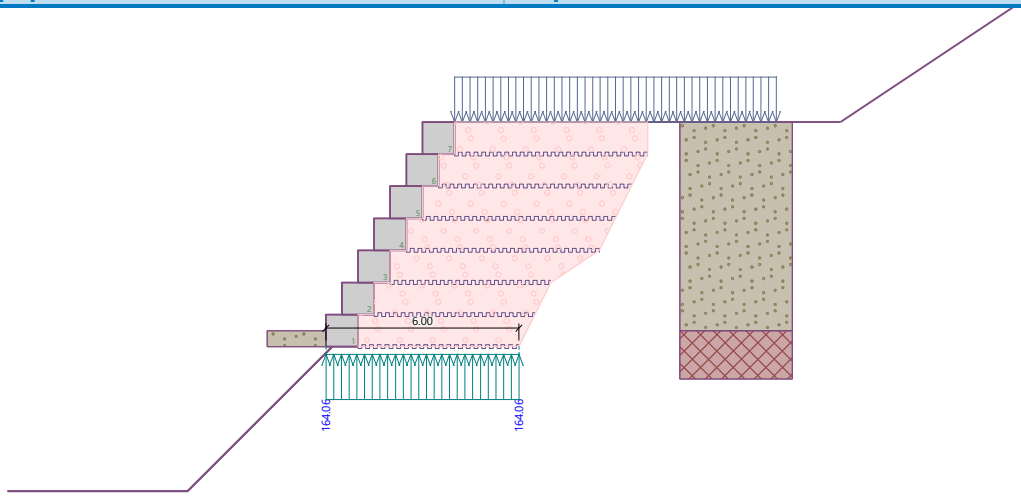
Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 1 - -1



Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 1 - -1



Verificación del desliz del georefuerzo Nro.1 (Etapa Estática)

Fuerzas que actúan sobre la construcción (verificación del refuerzo más utilizado)

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-3.00	108.00	1.25	1.000
Presión activa	35.54	-1.34	18.11	5.00	1.000
CV	12.66	-2.17	8.86	5.00	1.000
Peso - Suelo reforzado	0.00	-2.61	427.40	3.03	1.000
CV	0.00	-6.00	25.00	4.25	1.000
Refuerzo	-46.00	-1.00	0.00	5.00	1.000
Refuerzo	-46.00	-2.00	0.00	5.00	1.000
Refuerzo	-46.00	-3.00	0.00	5.00	1.000
Refuerzo	-46.00	-4.00	0.00	5.00	1.000

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Refuerzo	-46.00	-5.00	0.00	5.00	1.000

Controlar el deslizamiento a lo largo del geo-refuerzo con utilización máxima (Refuerzo Nro.: 2)

Inclinación de superficie de deslizamiento = 90.00 °
Fuerza total normal actuando en el refuerzo = 479.38 kN/m
Coeficiente de reducción de deslizamiento a lo largo del geotextil = 0.60
Resistencia a lo largo del geo-refuerzo = 208.97 kN/m
Muro de resistencia = 118.36 kN/m
Capacidad portante total de refuerzos = 230.00 kN/m

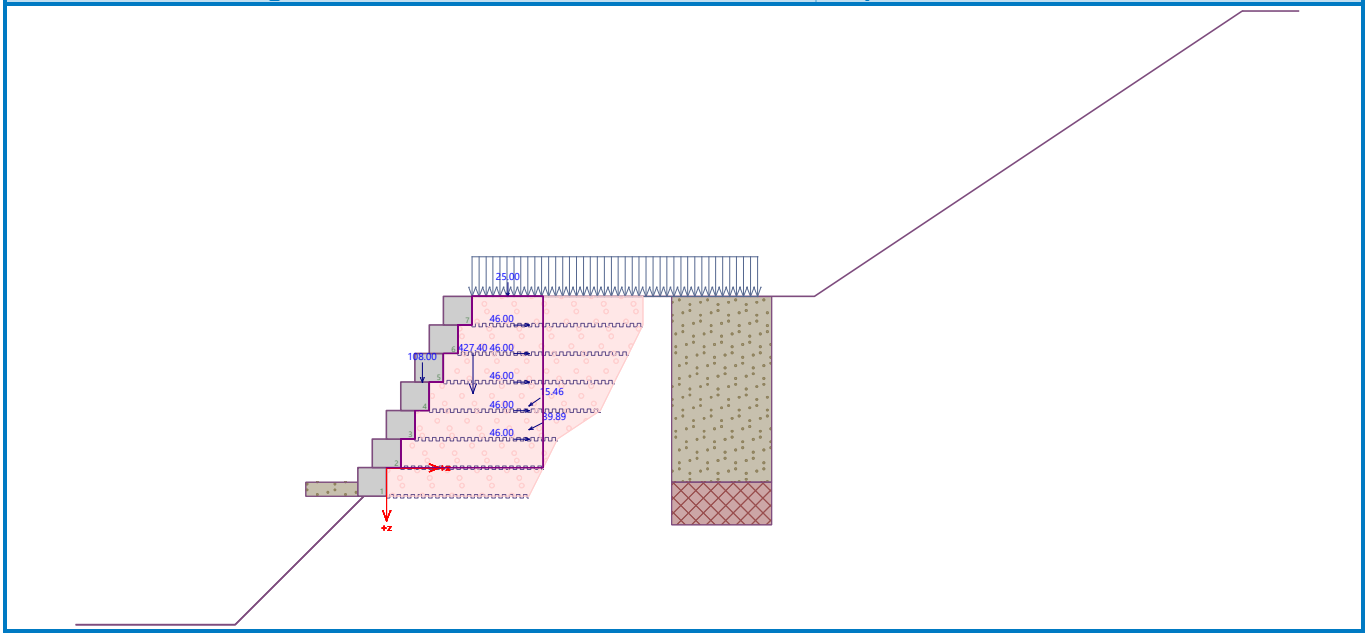
Comprobar si hay deslizamiento:

Fuerzas de resistencia horizontal H_{res} = 557.34 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 48.20 kN/m

Factor de seguridad = 11.56 > 1.50

Deslizamiento a lo largo de un geotextil ES SATISFACTORIA

Nombre : Desliz. en georefuerzo	Etapa - análisis : 1 - 1



Cálculo de estabilidad interna Nro.1 (Etapa Estática)

Fuerzas calculadas y tensión de los refuerzos

Nro.	Nombre	F_x [kN/m]	Profundidad z[m]	R_t [kN/m]	Utiliz. [%]	T_p [kN/m]	Utiliz. [%]
1	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-6.51	7.00	46.00	21.22	676.41	1.44
2	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-11.79	6.00	46.00	38.44	539.48	3.28
3	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-10.15	5.00	46.00	33.11	415.99	3.66
4	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-8.52	4.00	46.00	27.78	383.23	3.33
5	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-6.88	3.00	46.00	22.44	267.27	3.86
6	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-5.25	2.00	46.00	17.11	164.75	4.78
7	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-6.12	1.00	46.00	19.96	75.66	12.13

Verificación de resistencia a la tracción (refuerzo Nro.2)

Resistencia a la tracción R_t = 46.00 kN/m

Fuerza en refuerzo F_x = 11.79 kN/m

Factor de seguridad = 3.90 > 1.50

Refuerzo para resistencia a la tracción ES SATISFACTORIA

Verificación de la resistencia a la extracción (refuerzo Nro.7)

Resistencia a la extracción T_p = 75.66 kN/m

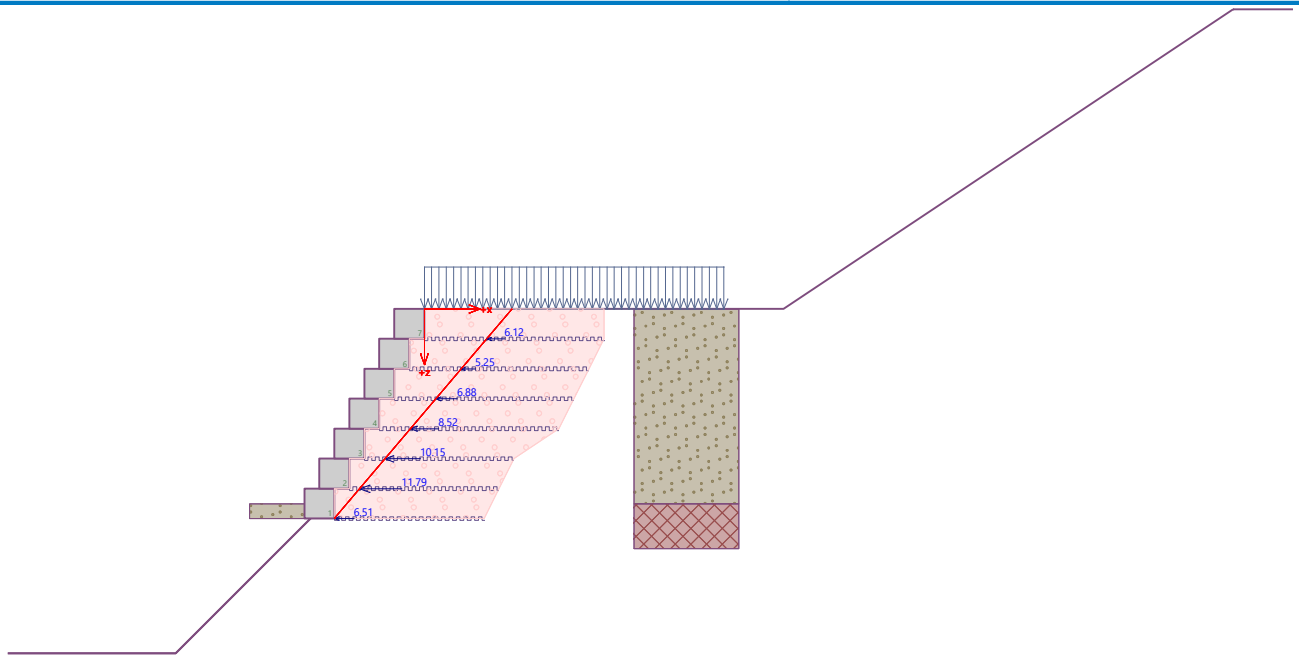
Fuerza en refuerzo F_x = 6.12 kN/m

Factor de seguridad = 12.36 > 1.50

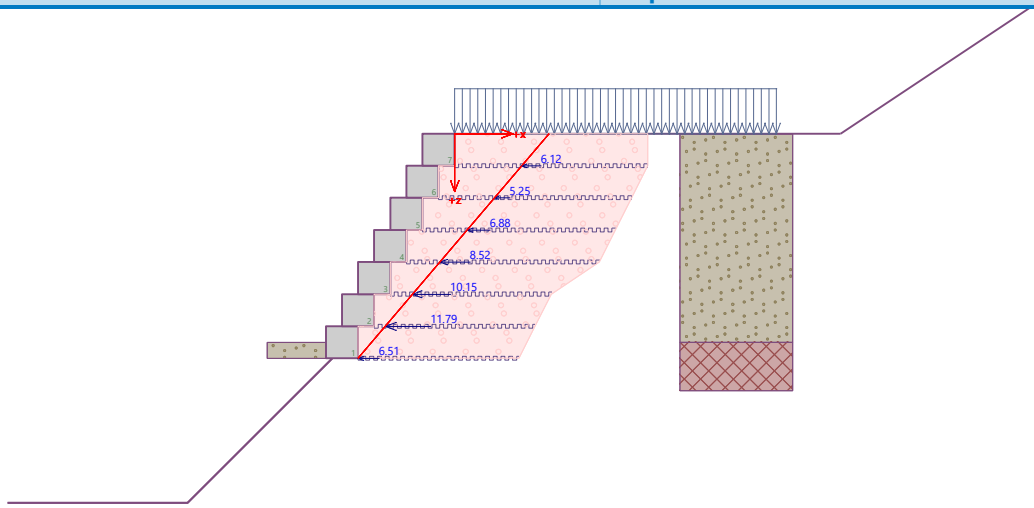
Refuerzo para resistencia a la extracción ES SATISFACTORIA

Verificación global - refuerzo ES SATISFACTORIA

Nombre : Verificación Est. Interna	Etapa - análisis : 1 - 1



Nombre : Verificación Est. Interna	Etapa - análisis : 1 - 1



Análisis de estabilidad global Nro.1 (Etapa Estática)

Datos de la superficie de deslizamiento

(superficie de deslizamiento luego de la optimización)

Centro S = (13.54;-9.42) m
Radio r = 9.55 m
Ángulo α_1 = -9.46 °
α_2 = 76.70 °

Restricciones de los puntos de la superficie de deslizamiento circular

Mantener el punto extremo derecho de la superficie de deslizamiento

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

FS = 1.91 > 1.50

Estabilidad de taludes ES SATISFACTORIA

Entrada de datos (Etapa Pseudoestática))

Perfil geológico y suelos asignados

Nro.	Espesor de capas t [m]	Profundidad z [m]	Suelo asignado	Trama
1	6.50	0.00 .. 6.50	Deposito Residual (GM)	
2	-	6.50 .. ∞	CpPEC-t,c (rs)	

Perfil de terreno

Nro.	Coordenadas x [m]	Profundidad z [m]
1	0.00	0.00
2	12.00	0.00
3	27.00	-10.00
4	28.00	-10.00

El origen [0,0] está colocado en el borde superior derecho de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Influencia del agua

El nivel freático está ubicado debajo de la estructura.

Entrada de cargas de superficie

Nro.	Sobrecarga		Acción	Mag.1 [kN/m²]	Mag.2 [kN/m²]	Ord.x x [m]	Longitud l [m]	Profundidad z [m]
	nueva	cambiar						
1	No	No	Permanente	10.00		0.00	10.00	sobre el terreno

Nro.	Nombre
1	CV

Resistencia en la cara frontal de la estructura

Resistencia en la cara frontal de la estructura pasiva
Suelo sobre la cara frontal de la estructura - Deposito Residual
Espesor del suelo en la cara frontal de la estructura h = 0.50 m

Forma del terreno en el frente de la estructura

Nro.	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
1	0.00	0.00
2	0.00	-0.50

Nro.	Coordenada x[m]	Profundidad z[m]
3	-0.30	-0.50
4	-5.30	4.50
5	-6.30	4.50

El origen [0,0] está colocado en el borde inferior izquierdo de la construcción.
La coordenada positiva +z tiene la dirección hacia abajo

Sismo

Factor de aceleración horizontal K_h = 0.1630
Factor de aceleración vertical K_v = 0.0000

El agua debajo del NF está confinada.

Configuraciones de la etapa de construcción

Reducción de suelo /del ángulo de fricción suelo : no reduce
Situación de diseño : sísmico

Verificación Nro.1 (Etapa Pseudoestática))

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Resistencia del frente	-18.81	-0.24	0.00	0.00	1.000
Sismo - frente	0.53	-0.33	0.00	1.00	1.000
Peso - Suelo reforzado	0.00	-3.58	798.00	5.54	1.000
Sismo - cuña de suelo	107.78	-3.42	0.00	5.45	1.000
Presión activa	3.70	-0.90	-0.84	6.75	1.000
Sismo - presión activa	47.97	-4.65	4.84	10.98	1.000
CV	0.11	-3.10	1.19	10.35	1.000
Peso - Muro	0.00	-3.50	126.00	2.00	1.000
Sismo - construcción	20.54	-3.50	0.00	2.00	1.000
CV	0.00	-7.00	60.00	7.00	1.000

Verificación del muro completo

Verificación de la estabilidad de vuelco
Momento estabilizador M_{res} = 5156.49 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 663.04 kNm/m

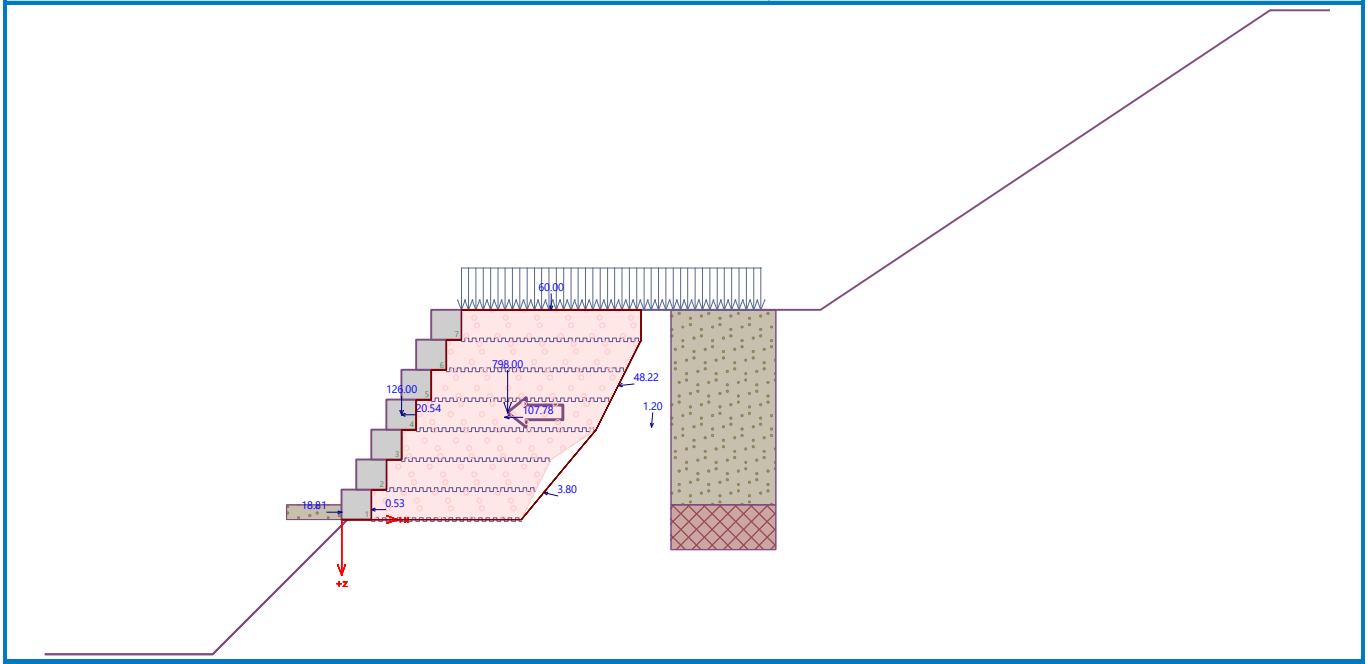
Factor de seguridad = 7.78 > 1.50
Muro para vuelco ES SATISFACTORIA

Verificación del deslizamiento
Fuerza horizontal resistente H_{res} = 2879.05 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 161.83 kN/m

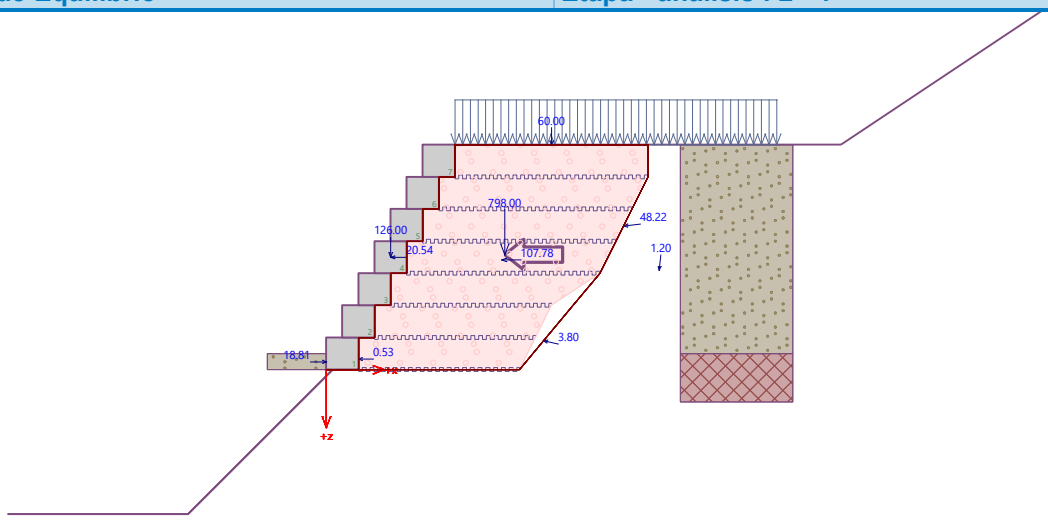
Factor de seguridad = 17.79 > 1.50
Muro para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Verificación completa - MURO ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 2 - 1



Nombre : Verif. de Equilibrio	Etapa - análisis : 2 - 1



Dimensionamiento Nro.1 (Etapa Pseudoestática))

Fuerzas que actúan sobre la construcción

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-3.00	108.00	1.75	1.000
Sismo - construcción	22.49	-3.00	0.00	1.75	1.000
Presión activa	73.39	-2.00	32.67	1.76	1.000
Sismo - presión activa	33.24	-4.00	14.80	2.74	1.000
CV	12.80	-2.98	5.70	2.24	1.000
Refuerzo	-46.00	-1.00	0.00	1.68	1.000
Refuerzo	-46.00	-2.00	0.00	2.26	1.000
Refuerzo	-46.00	-3.00	0.00	2.85	1.000

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Refuerzo	-46.00	-4.00	0.00	3.44	1.000
Refuerzo	-46.00	-5.00	0.00	4.03	1.000

Verificación de la junta constructiva sobre el bloque más utilizado Nro.: 1

Verificación de la estabilidad de vuelco

Momento estabilizador M_{res} = 989.91 kNm/m
Momento de vuelco M_{ovr} = 385.41 kNm/m

Factor de seguridad = 2.57 > 1.50
Junta para estabilidad de vuelco ES SATISFACTORIA

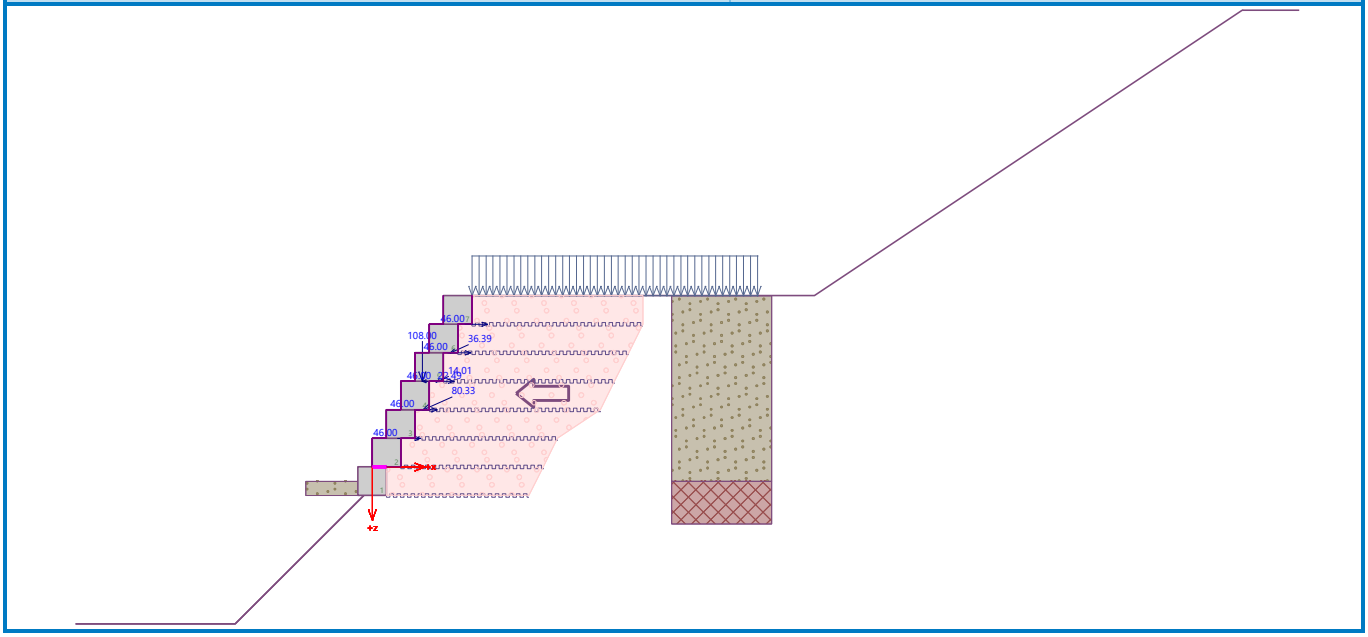
Verificación del deslizamiento

Fuerza horizontal resistente H_{res} = 376.71 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 141.92 kN/m

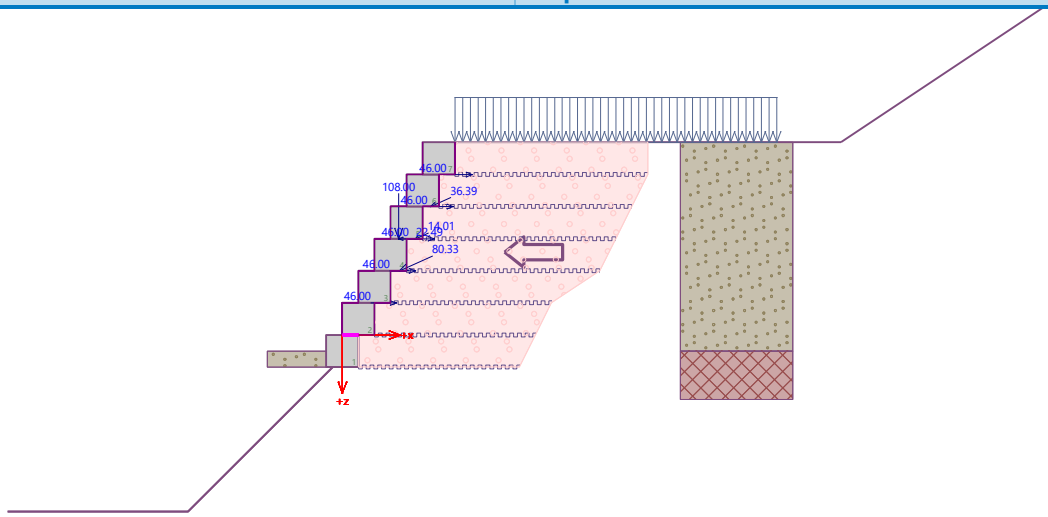
Factor de seguridad = 2.65 > 1.50
Diaclasa para deslizamiento ES SATISFACTORIA

Junta ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 2 - 1



Nombre : Verif. del Muro	Etapa - análisis : 2 - 1



Capacidad portante del terreno de cimentación (Etapa Pseudoestática))

Carga de diseño actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]	Excentricidad [–]	Tensión [kPa]
1	-1525.87	989.20	161.83	0.000	164.87

Carga de servicio actuando en el centro del fondo de la zapata

Nro.	Momento [kNm/m]	Fuerza Normal [kN/m]	Resistencia al corte [kN/m]
1	-1525.87	989.20	161.83

Verificación de la capacidad portante del terreno de cimentación

Tensión en el fondo de la zapata : Rectángulo

Verificación de excentricidad

Máx. excentricidad de fuerza normal $e = 0.000$
Máxima excentricidad permitida $e_{alw} = 0.167$

Excentricidad de la fuerza normal ES SATISFACTORIA

Verificación de la capacidad portante del fondo de la zapata

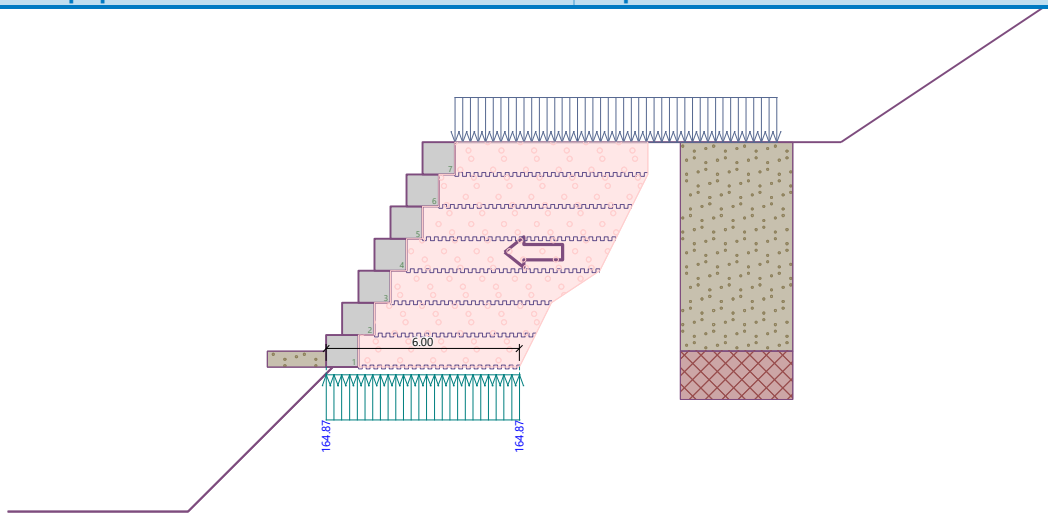
Max. tensión en el fondo de la zapata $\sigma = 164.87$ kPa
Capacidad portante permititda del terreno de cimentación $R_d = 350.00$ kPa

Factor de seguridad = 2.12 > 1.75

Capacidad portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Estabilidad global - Cap. portante del terreno de cimentación ES SATISFACTORIA

Nombre : Verif. de Cap. portante	Etapa - análisis : 2 - -1



Verificación del desliz del georefuerzo Nro.1 (Etapa Pseudoestática))

Fuerzas que actúan sobre la construcción (verificación del refuerzo más utilizado)

Nombre	F_{hor} [kN/m]	Pto.Apl. z [m]	F_{vert} [kN/m]	Pto.Apl. x [m]	Diseño Coeficiente
Peso - Muro	0.00	-3.00	108.00	1.25	1.000
Sismo - construcción	17.60	-3.00	0.00	1.25	1.000
Presión activa	35.54	-1.34	18.11	5.00	1.000
Sismo - presión activa	34.19	-4.00	17.42	5.00	1.000
CV	12.66	-2.17	8.86	5.00	1.000
Peso - Suelo reforzado	0.00	-2.61	427.40	3.03	1.000
Sismo - cuña de suelo	55.00	-2.61	0.00	3.03	1.000
CV	0.00	-6.00	25.00	4.25	1.000
Refuerzo	-46.00	-1.00	0.00	5.00	1.000
Refuerzo	-46.00	-2.00	0.00	5.00	1.000
Refuerzo	-46.00	-3.00	0.00	5.00	1.000
Refuerzo	-46.00	-4.00	0.00	5.00	1.000
Refuerzo	-46.00	-5.00	0.00	5.00	1.000

Controlar el deslizamiento a lo largo del geo-refuerzo con utilización máxima (Refuerzo Nro.: 2)

Inclinación de superficie de deslizamiento = 90.00 °
Fuerza total normal actuando en el refuerzo = 496.80 kN/m
Coeficiente de reducción de deslizamiento a lo largo del geotextil = 0.60
Resistencia a lo largo del geo-refuerzo = 216.57 kN/m
Muro de resistencia = 118.36 kN/m
Capacidad portante total de refuerzos = 230.00 kN/m

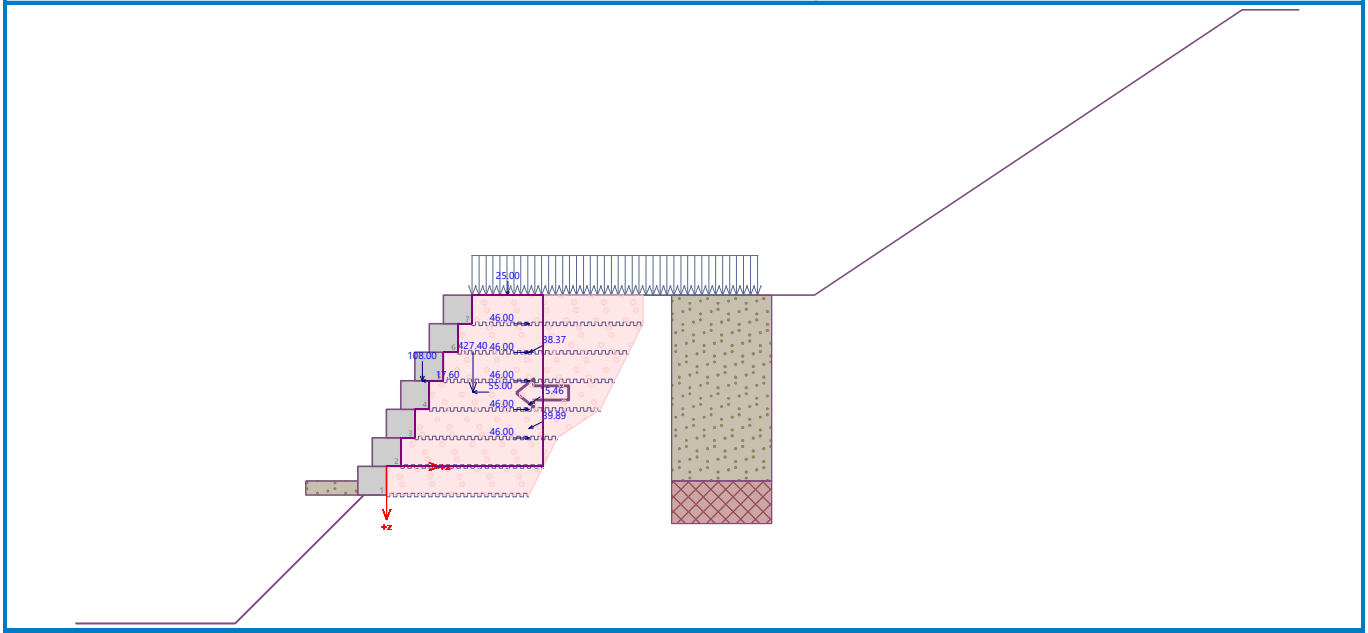
Comprobar si hay deslizamiento:

Fuerzas de resistencia horizontal H_{res} = 564.93 kN/m
Fuerza horizontal activa H_{act} = 82.39 kN/m

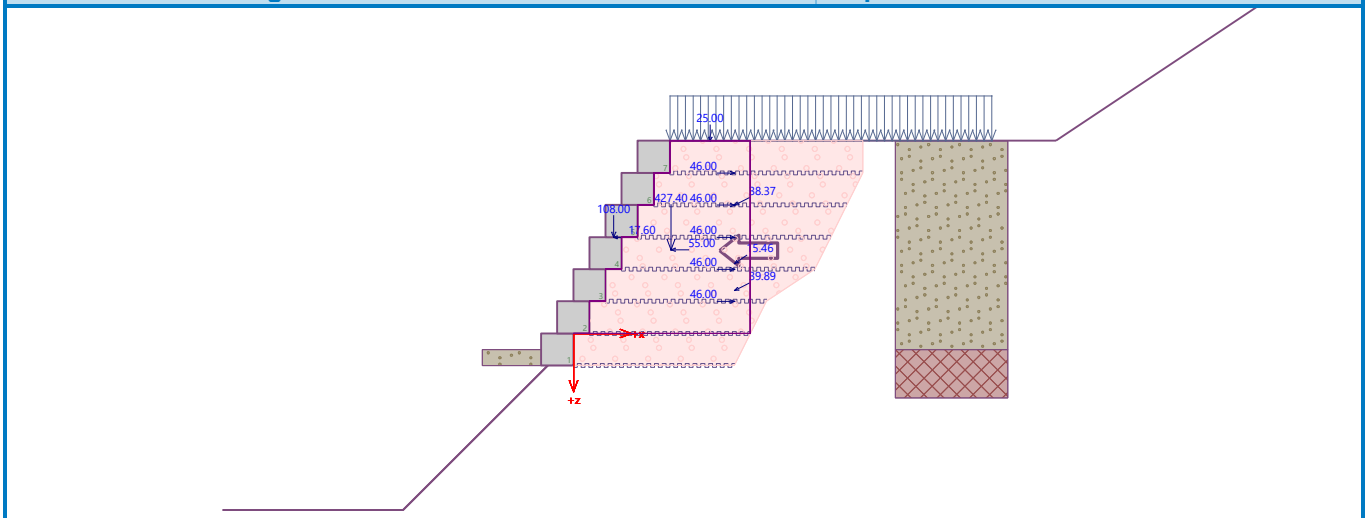
Factor de seguridad = 6.86 > 1.13

Deslizamiento a lo largo de un geotextil ES SATISFACTORIA

Nombre : Desliz. en georefuerzo	Etapa - análisis : 2 - 1



Nombre : Desliz. en georefuerzo	Etapa - análisis : 2 - 1



Cálculo de estabilidad interna Nro.1 (Etapa Pseudoestática))

Fuerzas calculadas y tensión de los refuerzos

Nro.	Nombre	F_x [kN/m]	Profundidad z[m]	R_t [kN/m]	Utiliz. [%]	T_p [kN/m]	Utiliz. [%]
1	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-6.69	7.00	46.00	16.45	676.41	1.12
2	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-13.28	6.00	46.00	32.62	539.48	2.78
3	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-13.13	5.00	46.00	32.26	415.99	3.57
4	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-12.99	4.00	46.00	31.91	383.23	3.83
5	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-12.84	3.00	46.00	31.55	267.27	5.43
6	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-12.70	2.00	46.00	31.19	164.75	8.71
7	Malla 6x8 2.7x3.4 +PVC (configuración de usuario)	-22.41	1.00	46.00	55.05	75.66	33.47

Verificación de resistencia a la tracción (refuerzo Nro.7)

Resistencia a la tracción R_t = 46.00 kN/m

Fuerza en refuerzo F_x = 22.41 kN/m

Factor de seguridad = 2.05 > 1.13

Refuerzo para resistencia a la tracción ES SATISFACTORIA

Verificación de la resistencia a la extracción (refuerzo Nro.7)

Resistencia a la extracción T_p = 75.66 kN/m

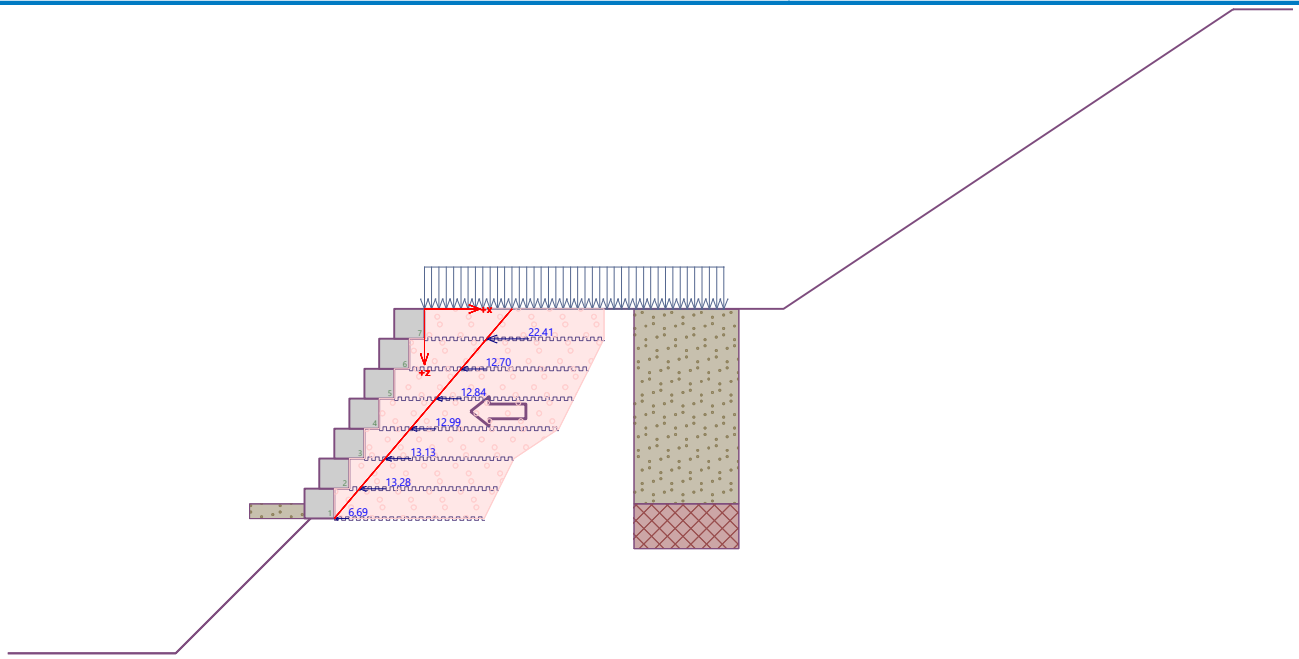
Fuerza en refuerzo F_x = 22.41 kN/m

Factor de seguridad = 3.38 > 1.13

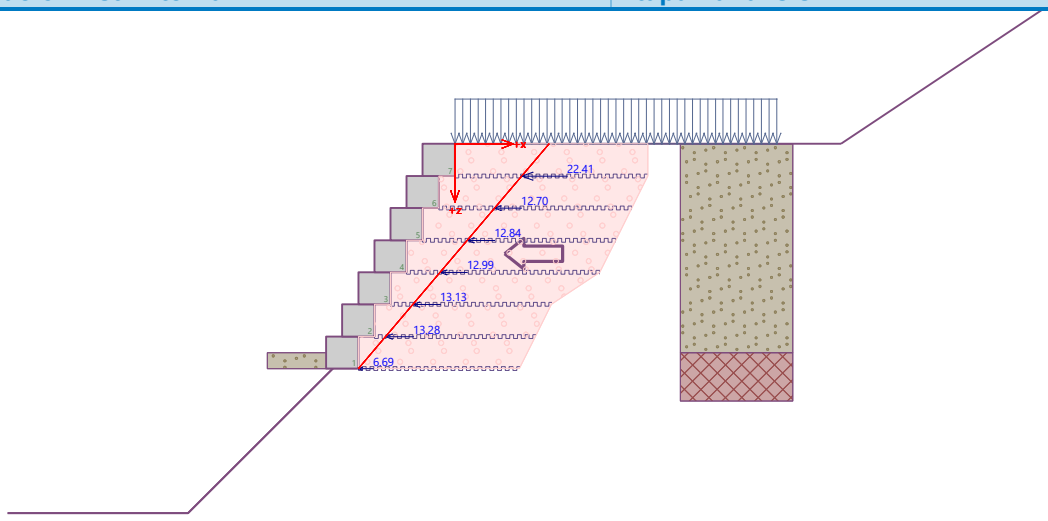
Refuerzo para resistencia a la extracción ES SATISFACTORIA

Verificación global - refuerzo ES SATISFACTORIA

Nombre : Verificación Est. Interna	Etapa - análisis : 2 - 1



Nombre : Verificación Est. Interna	Etapa - análisis : 2 - 1



Análisis de estabilidad global Nro.1 (Etapa Pseudoestática))

Datos de la superficie de deslizamiento

(superficie de deslizamiento luego de la optimización)

Centro	S	=	(13.47;-8.94)	m
Radio	r	=	9.07	m
Ángulo	α_1	=	-9.71	°
	α_2	=	76.78	°

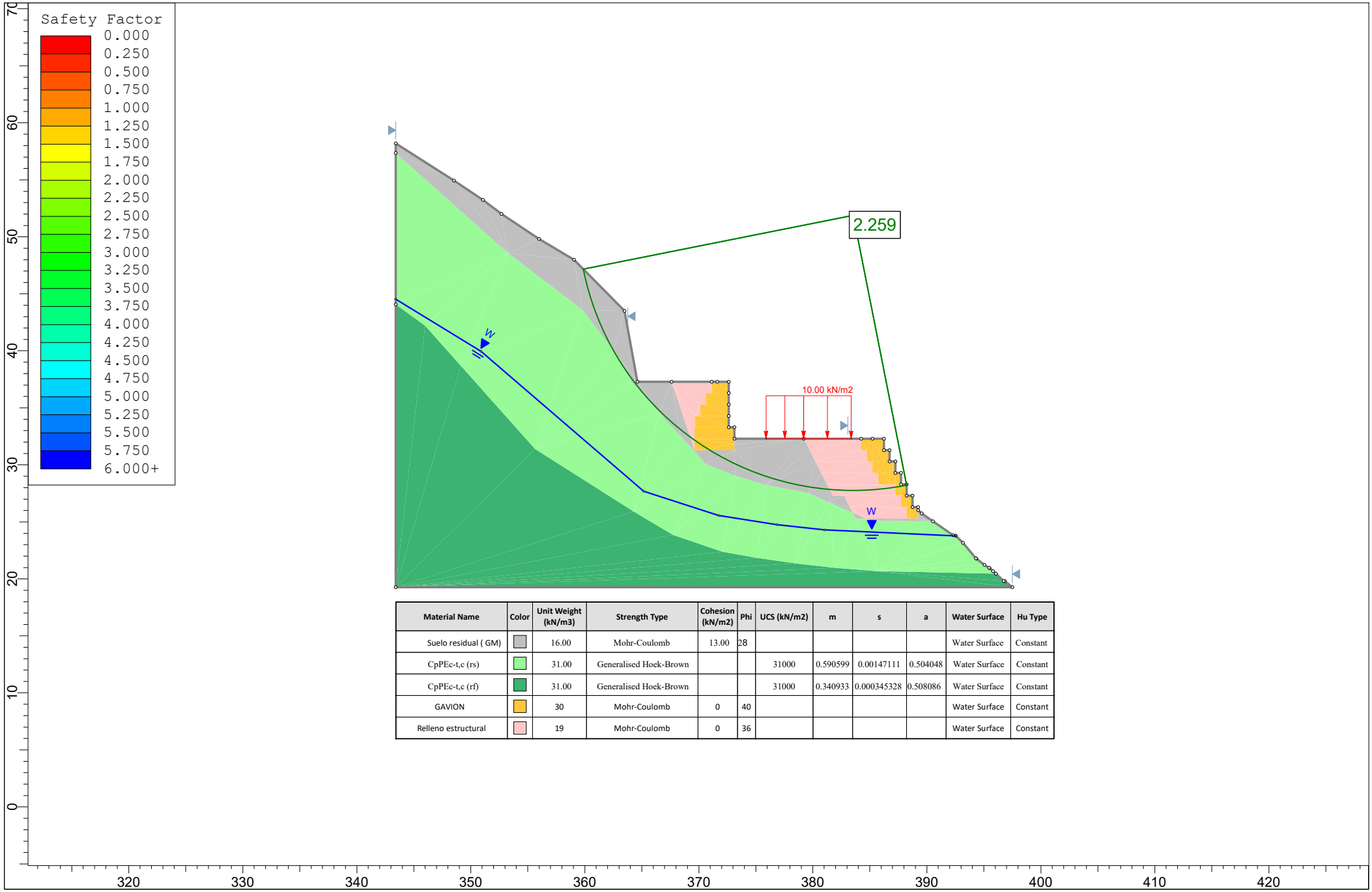
Restricciones de los puntos de la superficie de deslizamiento circular

Mantener el punto extremo derecho de la superficie de deslizamiento

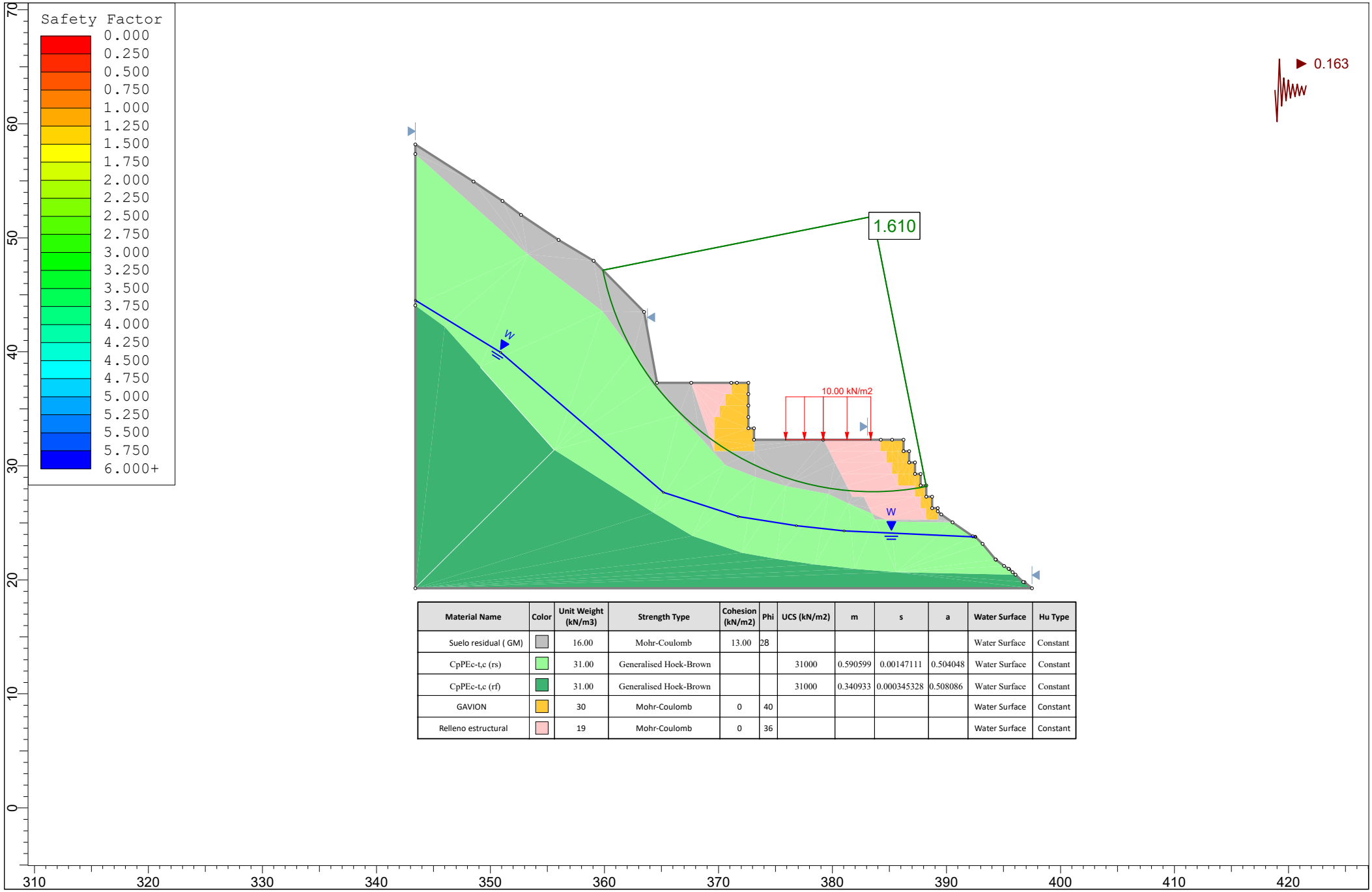
Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

FS = 1.51 > 1.25

Estabilidad de taludes ES SATISFACTORIA



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM)		16.00	Mohr-Coulomb	13.00	28					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant
GAVION		30	Mohr-Coulomb	0	40					Water Surface	Constant
Relleno estructural		19	Mohr-Coulomb	0	36					Water Surface	Constant



Material Name	Color	Unit Weight (kN/m3)	Strength Type	Cohesion (kN/m2)	Phi	UCS (kN/m2)	m	s	a	Water Surface	Hu Type
Suelo residual (GM)		16.00	Mohr-Coulomb	13.00	28					Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rs)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.590599	0.00147111	0.504048	Water Surface	Constant
CpPEc-t,c (rf)		31.00	Generalised Hoek-Brown			31000	0.340933	0.000345328	0.508086	Water Surface	Constant
GAVION		30	Mohr-Coulomb	0	40					Water Surface	Constant
Relleno estructural		19	Mohr-Coulomb	0	36					Water Surface	Constant